

DESCRIPTION

Titre de l'invention : Composant Magnétique Encapsulé

[0001] La présente invention concerne les composants magnétiques planaires, tels que les inductances, les inductances couplées et les transformateurs. Plus
5 précisément, l'invention porte sur une technique innovante d'encapsulation des composants magnétiques planaires.

[0002] Les composants magnétiques traditionnels présentent souvent des limitations en termes de taille, de poids et de performances dans les environnements extrêmes de l'espace. Les solutions actuellement disponibles sont souvent basées sur des
10 configurations conventionnelles qui ne sont pas optimisées pour les contraintes spécifiques de l'espace, notamment la réduction de la taille et du poids, la résistance aux radiations, et la stabilité thermique.

[0003] La présente invention concerne des composants magnétiques planaires conçus spécifiquement pour répondre aux exigences rigoureuses du domaine
15 spatial. Ces composants exploitent des technologies avancées de conception et de fabrication pour offrir des performances améliorées, une réduction significative de la taille et du poids, une consommation d'énergie réduite, une diminution des pertes électriques et magnétiques et une stabilité thermique accrue.

[0004] De manière générale, un composant magnétique planaire selon l'état de l'art
20 comprend un élément inductif réalisé sur un circuit imprimé et composé d'enroulements constitués de plusieurs tours. Ces enroulements sont conçus pour générer un champ magnétique qui peut être utilisé à des fins de stockage d'énergie (inductance) ou de transfert (transformateur). Le composant magnétique planaire intègre également un noyau ferromagnétique qui sert à canaliser le champ
25 magnétique, formant ainsi un circuit magnétique. Ce noyau peut être fabriqué à partir de différents matériaux en fonction de l'application spécifique visée, prenant en compte des critères tels que la puissance, la fréquence, le prix, l'encombrement et les performances requises. L'ensemble formé par le circuit imprimé, l'élément inductif, et le noyau ferromagnétique sont moulés dans une structure d'encapsulation
30 en une résine rigide solidifiée. Ce type de composant magnétique planaire présente un problème technique relatif à l'intégration du noyau ferromagnétique dans une résine d'encapsulation rigide. Lors de son fonctionnement, le noyau ferromagnétique

subit des variations de formes au niveau de sa surface externe par effet magnétostrictif. L'effet magnétostrictif est un phénomène physique dans lequel un matériau change de forme en réponse à un champ magnétique appliqué. Lorsqu'un matériau magnétostrictif est exposé à un champ magnétique, les domaines

5 magnétiques du matériau se réalignent, entraînant une modification de sa structure cristalline. Ce changement de structure provoque une déformation mécanique du matériau, ce qui se traduit par un changement de forme observable à l'échelle macroscopique. Cependant, le noyau ferromagnétique subit une contrainte mécanique, appliquée par la surface de contact avec la structure d'encapsulation

10 rigide, en réponse aux déformations par effet magnétostrictif. Ladite contrainte mécanique dégrade considérablement les performances du composant magnétique planaire lors de son fonctionnement. La dégradation de performance du composant magnétique se traduit par :

- une augmentation considérable de la résistance magnétique et donc des
- 15 pertes fer ;
- et une diminution considérable de l'inductance équivalente du composant magnétique, pouvant atteindre 90% par rapport à une valeur d'inductance théorique calculée lors de la conception.

[0005] Pour pallier les limitations des solutions existantes, l'invention propose un

20 composant magnétique planaire moulé dans une structure d'encapsulation innovante. La structure d'encapsulation selon l'invention est composée par un boîtier rigide rempli par un matériau ayant une grande élasticité de manière à relâcher la contrainte mécanique appliquée par la structure d'encapsulation sur le noyau ferromagnétique moulé. Le matériau élastique assure en outre une compatibilité

25 thermique avec le boîtier rigide.

[0006] De plus, le boîtier rigide de la structure d'encapsulation est dimensionné de sorte que le circuit imprimé et le noyau ferromagnétique puissent s'insérer dans le boîtier rigide et ainsi avoir liaison mécanique d'encastrement sans contact entre le boîtier rigide et le noyau ferromagnétique. Cela permet d'éliminer la contrainte

30 mécanique appliquée sur le noyau ferromagnétique en réaction aux déformations résultant de l'effet magnétostrictif. Ainsi, le composant magnétique selon l'invention permet de résoudre les problèmes de dégradation de performances

électromagnétiques précités (guidage magnétique et inductance équivalente) sans diminuer la robustesse du composant magnétique face aux contraintes (radiations, températures, particules...) relatives à une application spatiale.

[0007] L'invention a pour objet un composant magnétique comprenant :

- 5 - une partie active comprenant :
 - un circuit imprimé s'étendant selon un premier plan ;
 - un premier élément inductif réalisé par un premier enroulement d'un conducteur électrique déposé sur le circuit imprimé ;
 - un noyau ferromagnétique positionné par rapport audit premier élément
- 10 inductif de manière à former un circuit magnétique fermé apte à guider un champ magnétique induit par le premier élément inductif ;
 - et une structure d'encapsulation configurée pour encapsuler la partie active et comprenant un boîtier solide réalisé en un premier matériau ayant un premier module de Young ; le boîtier étant rempli par une résine de remplissage ayant un second
- 15 module de Young inférieur au premier module de Young ;

le noyau ferromagnétique étant moulée dans ladite résine à l'intérieur dudit boîtier de manière à séparer le noyau ferromagnétique dudit boîtier.

[0008] Selon un aspect particulier de l'invention, le premier module de Young est compris entre 10GPa et 20GPa.

- 20 [0009] Selon un aspect particulier de l'invention, le second module de Young est compris entre 1MPa et 20MPa.

[0010] Selon un aspect particulier de l'invention, le premier matériau est un polymère époxyde solidifiée.

- 25 [0011] Selon un aspect particulier de l'invention, la résine de remplissage est un polysiloxane ou un acrylique.

[0012] Selon un aspect particulier de l'invention, le boîtier comprend :

- une première encoche réalisée dans une première face du boîtier ;
- une seconde encoche réalisée dans une seconde face du boîtier parallèle à ladite première face ;

la première face et la seconde face étant orthogonaux au premier plan ; le circuit imprimé ayant une première extrémité insérée en glissière dans la première encoche et ayant une seconde extrémité insérée en glissière dans la seconde encoche.

[0013] Selon un aspect particulier de l'invention, le composant magnétique comprend

5 en outre une couche d'étanchéité en un matériau adhésif déposée entre :

- d'une part la première extrémité et d'autre part le pourtour de première encoche ;
- et entre d'une part la seconde extrémité et d'autre part le pourtour de seconde encoche ;

10 [0014] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un composant magnétique comprenant les étapes suivantes :

- fournir une partie active comprenant :
 - o un circuit imprimé s'étendant selon un premier plan ;
 - o un premier élément inductif réalisé par un premier enroulement d'un
- 15 conducteur électrique déposé sur le circuit imprimé ; le premier enroulement définissant une zone centrale du circuit imprimé délimitée par ledit premier enroulement ; le circuit imprimé comprenant une première ouverture située dans la zone centrale ;
 - o un noyau ferromagnétique formant un circuit magnétique fermé et comprenant
- 20 une tige traversant la première ouverture ;
- fabriquer un boîtier solide réalisé en un premier matériau ayant un premier module de Young ; le boîtier comprenant :
 - o une première encoche réalisée dans une première face du boîtier ; une
- 25 seconde encoche réalisée dans une seconde face du boîtier parallèle à ladite première face ; et une seconde ouverture sur une troisième face du boîtier orthogonale à la ladite première face ;
- placer la partie active dans le boîtier à travers la seconde ouverture en insérant le circuit intégré en glissière à travers la première et la seconde encoche ;
- remplir le boîtier solide à travers la seconde ouverture par une résine de
- 30 remplissage ayant un second module de Young supérieur au premier module de Young de manière à mouler au moins le noyau ferromagnétique.

[0015] Selon un aspect particulier de l'invention, le procédé de fabrication comprend en outre l'étape suivante :

- déposer une couche d'étanchéité en un matériau adhésif entre :
 - o d'une part la première extrémité et d'autre part le pourtour de première encoche ;
 - o et entre d'une part la seconde extrémité et d'autre part le pourtour de seconde encoche ;

de manière à rendre la première face et la seconde face étanches.

[0016] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit en relation aux dessins annexés suivants.

[0017] la figure 1 illustre une vue en perspective du composant magnétique selon l'invention.

[0018] la figure 2a illustre une vue en perspective éclatée d'un premier exemple de la partie active du composant magnétique selon l'invention.

[0019] la figure 2b illustre une vue en perspective éclatée d'un second exemple de la partie active du composant selon l'invention.

[0020] la figure 3 illustre une vue en perspective du boîtier rigide du composant magnétique selon l'invention.

[0021] la figure 4a illustre une vue en perspective du composant magnétique coupé selon le plan (X,Z) selon l'invention.

[0022] la figure 4b illustre une vue en coupe selon le plan (X,Z) du composant magnétique selon l'invention.

[0023] la figure 5 illustre une vue en coupe selon le plan (Y,Z) du composant magnétique selon l'invention.

[0024] la figure 6 illustre une vue en de dessus du composant magnétique selon l'invention.

[0025] la figure 7 illustre un organigramme du procédé de fabrication du composant magnétique selon l'invention.

[0026] La figure 1 illustre une vue en perspective du composant magnétique D1 selon l'invention assemblé. Le composant magnétique D1 assemblé est placé dans un

référentiel spatial orthogonal (X,Y,Z) et la vue en perspective décrite sur la figure 1 est prise du côté du plan (X,Z).

[0027] Le composant magnétique D1 comprend une partie active 1 encapsulé dans une structure d'encapsulation 2. La partie active 1 comprend un circuit imprimé 10, au moins un élément inductif 11 et un noyau ferromagnétique 12. Le circuit imprimé 10 s'étend selon un premier plan P1 parallèle au plan (X,Y). Au moins un élément inductif 11 est réalisé par un premier enroulement 11 d'un conducteur électrique déposé sur le circuit imprimé 10. Le noyau ferromagnétique 12 est un corps en un matériau ferromagnétique formant un circuit magnétique fermé. Le noyau ferromagnétique 12 est placé par rapport au premier enroulement 11 de manière à guider un champ magnétique induit par le premier élément inductif 11.

[0028] La structure d'encapsulation 2 comprend un boîtier 21 solide réalisé en un premier matériau ayant un premier module de Young. Le boîtier 21 est rempli par une résine de remplissage 22 ayant un second module de Young inférieur au premier module de Young. La partie active 1 est moulée dans la résine de remplissage 22 à l'intérieur du boîtier 22. Le boîtier 22 comprend une première encoche 21a réalisée dans une première face 211 du boîtier 22. Le boîtier 22 comprend en outre une seconde encoche 21b réalisée dans une seconde face 212 du boîtier parallèle à ladite première face 211. Le boîtier 22 présente une ouverture 21c sur une troisième face 213 orthogonale aux deux faces 211 et 212. La partie active 1 est placée à l'intérieur du boîtier 22, à travers l'ouverture 21c, en insérant le circuit imprimé 10 en glissière dans les encoches 21a,21b. Le circuit imprimé 10 s'étend ainsi selon un plan P1 orthogonal à la première face 211, à la deuxième face 212 et à la troisième face 213.

[0029] Le noyau ferromagnétique 12 est moulé dans la résine de remplissage 22 ayant un second module de Young inférieur au premier module de Young. Le noyau ferromagnétique 12 est ainsi séparé du boîtier 21 rigide par la résine de remplissage 22. Cela permet de relâcher la contrainte mécanique appliquée sur les surfaces externes du noyau ferromagnétique 12 et ainsi absorber les déformations mécaniques relatives à l'effet magnétostrictif. Il en résulte une réduction de la résistance magnétique par rapport aux solutions de l'état de l'art mais aussi une augmentation de la valeur d'inductance équivalente de la partie active 1. D'autre

part, le boîtier 22 rigide assure la protection mécanique et électrique de la partie active par rapport à l'environnement extérieur.

[0030] Le premier matériau formant le boîtier 22 présente un premier module de Young compris entre 10GPa et 20GPa. La résine de remplissage 22 présente un second module de Young compris entre 1MPa et 20MPa. Avantageusement, le premier module de Young est supérieur de 500 à 1000 fois le second module de Young. A titre d'exemple indicatif et non limitatif, le boîtier 22 est réalisé en un polymère époxyde solidifié de préférence un polymère époxy chargé avec des billes de silice pour améliorer sa rigidité. A titre d'exemple indicatif et non limitatif, la résine de remplissage 22 est réalisée en un polysiloxane ou en un acrylique. Ces matériaux sont compatibles avec une application spatiale : ils présentent un taux de dégazage réduits et résistent à plusieurs cycles thermiques de caractérisation selon les normes du domaine spatial.

[0031] Ainsi, l'utilisation de la résine de remplissage dans la structure d'encapsulation permet d'une part une magnétostriction nécessaire au bon fonctionnement du composant magnétique et d'autre part une bonne interface thermique avec le boîtier.

[0032] En outre, le premier matériau formant le boîtier 22 présente un premier coefficient de dilatation thermique et la résine de remplissage 22 présente un second coefficient de dilatation supérieur au premier coefficient de dilatation thermique. Cela permet d'éviter l'apparition de délamination au niveau de l'interface entre la résine de remplissage 22 et les parois intérieures du boîtier 22.

[0033] La figure 2a illustre une vue en perspective éclatée d'un premier exemple de la partie active 1 du composant magnétique D1 selon l'invention. Le premier élément inductif 11 est réalisé par un premier enroulement 11 d'un conducteur électrique déposé sur le circuit imprimé 10. Par exemple, le premier enroulement 11 est réalisé par des pistes en cuivre imprimées. Avantageusement, le circuit imprimé 11 est un circuit imprimé multi-couches permettant d'obtenir un composant magnétique D1 compacte sur plusieurs niveaux.

[0034] Le premier enroulement 11 définit une zone centrale 101 du circuit imprimé 10. La zone centrale 101 est délimitée par les pistes intérieures du premier enroulement 11. Le circuit imprimé 10 comprend une première ouverture 102 située dans la zone centrale 101. Le noyau ferromagnétique 12 est formé par deux corps

12a, 12b, en ferrite par exemple, joints l'un à l'autre à l'aide d'une couche adhésive. La jonction des deux corps 12a, 12b forme un noyau ferromagnétique 12 sous forme d'un circuit magnétique fermé apte à guider un champ magnétique. Le noyau ferromagnétique 12 assemblé est constitué ainsi d'un cadre et d'une tige centrale

5 121. La tige centrale 121 résulte de l'assemblage de la tige 121a et la tige 121b. La tige centrale 121 est insérée dans la première ouverture 102 située dans la zone centrale 101. Le cadre du noyau ferromagnétique 12 entoure le premier enroulement 11. En effet, le circuit imprimé comprend en outre deux ouvertures latérales 102' et 102'' placées de part et d'autre des pistes extérieures du premier enroulement 11.

10 Les deux corps ferromagnétiques 12a et 12b sont assemblés de manière à obtenir un cadre ayant deux côtes insérées dans lesdites ouvertures latérales 102' et 102''. On obtient ainsi un circuit magnétique fermé apte à guider un champ magnétique induit par le premier élément inductif (11).

[0035] La figure 2b illustre une vue en perspective éclatée d'un second exemple de

15 la partie active 1 du composant magnétique D1 selon l'invention. Les caractéristiques et les avantages techniques décrits pour le premier exemple restent valables pour le second exemple. Le second exemple diffère du premier exemple par l'absence des ouvertures latérales dans le circuit imprimé 10. En effet, le cadre du noyau ferromagnétique 12 entoure le circuit imprimé 10. Il s'agit d'une implémentation

20 alternative à l'implémentation décrite au premier exemple.

[0036] La figure 3 illustre une vue en perspective du boîtier rigide 21 du composant magnétique D1 selon l'invention. Le boîtier 21 comprend une première encoche 21a réalisée dans une première face 211 du boîtier 22. Le boîtier 22 comprend en outre une seconde encoche 21b réalisée dans une seconde face 212 du boîtier parallèle à

25 ladite première face 211. Le boîtier 22 présente une ouverture 21c sur une troisième face 213 orthogonale aux deux faces 211 et 212. La partie active 1 est placée à l'intérieur du boîtier 22, à travers l'ouverture 21c, en insérant le circuit imprimé 10 en glissière dans les encoches 21a, 21b. Le circuit imprimé 10 s'étend ainsi selon un plan P1 orthogonal à la première face 211, à la deuxième face 212 et à la troisième

30 face 213. L'épaisseur des parois du boîtier rigide 21 est supérieure ou égale à 1mm pour assurer sa robustesse mécanique.

[0037] De plus, la profondeur de chaque encoche 21a, 21b selon l'axe Y est choisie de sorte que : lorsque le circuit imprimé 10 est inséré totalement en glissière à

travers les deux encoches 21a, 21b, le noyau ferromagnétique 12 assemblé avec ledit circuit imprimé 10 n'est pas en contact avec aucune interne du boîtier 21.

[0038] La figure 4a illustre une vue en perspective du composant magnétique D1 coupé selon le plan (X,Z) selon l'invention. La figure 4b illustre une vue en coupe
5 selon le plan (X,Z) du composant magnétique D1 selon l'invention.

[0039] La tige centrale 121 du noyau ferromagnétique 12 est insérée dans la première ouverture 102 située dans la zone centrale 102. Les surfaces externes du noyau ferromagnétique 12 sont en contact avec la résine remplissage 22 élastiques et non avec le boîtier rigide 21. (à l'exception de l'interface avec le pourtour de
10 l'ouverture 102). Cela permet les déformations par effet magnétostrictif et donc une adaptation de la structure cristalline du noyau ferromagnétique 12 selon le réaligement des domaines magnétiques dans ledit noyau ferromagnétique 12. Le circuit imprimé 10 présente une première extrémité 10a insérée en glissière dans la première encoche 21a et une seconde extrémité 10b insérée en glissière dans la
15 seconde encoche 21a. La largeur L1 du circuit imprimé 10 est supérieure à la largeur L2 du boîtier rigide 21. Ainsi, les deux extrémités 10a, 10b dépassent le boîtier rigide 21 selon l'axe X à travers les encoches 21a, 21b. Au moins l'une des extrémités 10a, 10b comprend des points de contact électrique permettant l'intégration électrique du composant magnétique D1 dans un circuit et/ou dispositif externe. A titre
20 d'exemple, le circuit externe est un circuit imprimé plus large comprenant d'autres composants électroniques analogiques ou numériques ou des composants optoélectroniques ou des composants de puissance.

[0040] Le composant magnétique D1 comprend en outre une couche d'étanchéité 3, 3' en un matériau adhésif déposée entre d'une part la première extrémité 10a et
25 d'autre part le pourtour de première encoche 21a ; et entre d'une part la seconde extrémité 10b et d'autre part le pourtour de seconde encoche 21b.

[0041] La figure 5 illustre une vue en coupe selon le plan (Y,Z) du composant magnétique D1 selon l'invention. Selon cette coupe, on observe le cadre du noyau ferromagnétique 12 entourant le circuit imprimé 10 de manière à former un circuit
30 magnétique fermé. Le champ magnétique induit par le premier élément inductif 11 est guidé dans une première boucle formée par la tige centrale 121 et la partie gauche du cadre selon Y. De plus, le champ magnétique induit par le premier

élément inductif 11 est guidé dans une seconde boucle formée par la tige centrale 121 et la partie droite du cadre selon Y. L'ouverture 21c est bouchée par la résine de remplissage 22.

[0042] La figure 6 illustre une vue en de dessus du composant magnétique D1 selon l'invention. Chacune des extrémités 10a,10b du circuit imprimé 10 dépasse le boîtier 10 à travers les encoches latérales 21a,21b. Chacune des extrémités 10a,10b du circuit imprimé 10 comprend une pluralité de vias castéllisés V1. Les vias castéllisés VA sont des vias de connexion en demi-cercle au bord du circuit imprimé 10. Les vias castéllisés V1 permettent d'une part l'interconnexion entre les différentes couches du circuit imprimé 10 et d'autre part de faciliter le report du composant magnétique sur un dispositif externe en permettant la brasure.

[0043] La figure 7 illustre un organigramme du procédé de fabrication P1 du composant magnétique D1 selon l'invention.

[0044] La première étape E1 consiste à fournir une partie active 1 comprenant :

- un circuit imprimé 10 s'étendant selon un premier plan P1 ;
- un premier élément inductif 11 réalisé par un premier enroulement 11 d'un conducteur électrique déposé sur le circuit imprimé 10. Le premier enroulement 11 définit une zone centrale 101 du circuit imprimé 10 délimitée par le premier enroulement 11. Le circuit imprimé 10 comprend une première ouverture 102 située dans la zone centrale 101.
- un noyau ferromagnétique 12 formant un circuit magnétique fermé et comprenant une tige 121 traversant la première ouverture 102.

[0045] La deuxième étape E2 consiste à fabriquer un boîtier 21 solide réalisé en un premier matériau ayant un premier module de Young. Le boîtier 21 comprend une première encoche 21a réalisée dans une première face 211 du boîtier. Le boîtier comprend en outre une seconde encoche 21b réalisée dans une seconde face 212 du boîtier parallèle à ladite première face 211. Le boîtier comprend en outre une ouverture 21c sur une troisième face 213 du boîtier 21 orthogonale à ladite première face 211.

[0046] Pour fabriquer le boîtier 21, il est possible de fabriquer chaque face dudit boîtier de manière séparé en une résine. Les faces du boîtier sont réalisées à titre

d'exemple en époxy. La première et la seconde face 211,212 sont usinés afin de réaliser les encoches 21a,21b. Afin de réaliser l'ouverture 21c, la fabrication de la troisième face 213 est omise (l'absence de la troisième face 213 correspond à l'ouverture 21c). Ensuite, les différentes faces sont assemblée l'une à l'autre de
5 manière à obtenir la forme du boîtier 21. Ensuite, la structure assemblée est solidifié par un recuit thermique pour obtenir le boîtier rigide 21.

[0047] Alternativement, il est possible de fabriquer le boîtier 21 par des techniques de fabrication additives telles que l'impression 3D.

[0048] La troisième étape E3 consiste à placer la partie active 1 dans le boîtier 21 à
10 travers la seconde ouverture 21c en insérant le circuit intégré 10 en glissière à travers la première et la seconde encoche 21a, 21b.

[0049] Optionnellement, la quatrième étape E4 consiste à déposer une couche d'étanchéité 3 en un matériau adhésif entre d'une part la première extrémité 10a et d'autre part le pourtour de première encoche 21a. Une autre couche adhésive 3' est
15 déposée entre d'une part la seconde extrémité 10b et d'autre part le pourtour de seconde encoche 21b. Cela permet rendre la première face 211 et la seconde face 212 du boîtier 21 étanches.

[0050] La dernière étape E5 consiste à remplir le boîtier rigide 21 par une résine de remplissage 22 à travers la seconde ouverture 21c. La résine de remplissage 22
20 présente un second module de Young inférieur au premier module de Young. L'ensemble des éléments de la partie active 1 placés à l'intérieur du boîtier rigide 21 sont ainsi moulés dans la résine de remplissage 22.

REVENDEICATIONS**1. Composant magnétique (D1) comprenant :**

- une partie active (1) comprenant :
 - o un circuit imprimé (10) s'étendant selon un premier plan (P1) ;
 - 5 o un premier élément inductif (11) réalisé par un premier enroulement (11) d'un conducteur électrique déposé sur le circuit imprimé (10) ;
 - o un noyau ferromagnétique (12) positionné par rapport audit premier élément inductif (11) de manière à former un circuit magnétique fermé apte à guider un champ magnétique induit par le premier élément
 - 10 inductif (11) ;
- et une structure d'encapsulation (2) configurée pour encapsuler la partie active (1) et comprenant un boîtier (21) réalisé en un premier matériau ayant un premier module de Young ; le boîtier (21) étant rempli par une résine de remplissage (22) ayant un second module de Young inférieur au premier
- 15 module de Young ;

le noyau ferromagnétique (12) étant moulée dans ladite résine (22) à l'intérieur dudit boîtier de manière à séparer le noyau ferromagnétique (12) dudit boîtier (21).

2. Composant magnétique (D1) selon la revendication 1 dans lequel le premier module de Young est compris entre 10GPa et 20GPa.

3. Composant magnétique (D1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 dans lequel le second module de Young est compris entre 1MPa et 20MPa.

4. Composant magnétique (D1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel le premier matériau est un polymère époxyde solidifiée.

5. Composant magnétique (D1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel la résine de remplissage (22) est un polysiloxane ou un acrylique.

6. Composant magnétique (D1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel le boîtier (21) comprend :

- une première encoche (21a) réalisée dans une première face (211) du boîtier ;
- 30 - une seconde encoche (21b) réalisée dans une seconde face (212) du boîtier parallèle à ladite première face (211);

la première face (211) et la seconde face (212) étant orthogonaux au premier plan (P1) ; le circuit imprimé (10) ayant une première extrémité (10a) insérée en glissière dans la première encoche (21a) et ayant une seconde extrémité (10b) insérée en glissière dans la seconde encoche (21a).

57. Composant magnétique (D1) selon la revendication 6 comprenant en outre une couche d'étanchéité (3, 3') en un matériau adhésif déposée entre :

- d'une part la première extrémité (10a) et d'autre part le pourtour de première encoche (21a) ;
- et entre d'une part la seconde extrémité (10b) et d'autre part le pourtour de seconde encoche (21b) ;

10

8. Procédé de fabrication (P1) d'un Composant magnétique (D1) comprenant les étapes suivantes :

- fournir (E1) une partie active (1) comprenant :
 - o un circuit imprimé (10) s'étendant selon un premier plan (P1) ;
 - o un premier élément inductif (11) réalisé par un premier enroulement (11) d'un conducteur électrique déposé sur le circuit imprimé (10) ; le premier enroulement (11) définissant une zone centrale (101) du circuit imprimé (10) délimitée par ledit premier enroulement (11) ; le circuit imprimé (10) comprenant une première ouverture (102) située dans la zone centrale (101) ;
 - o un noyau ferromagnétique (12) formant un circuit magnétique fermé et comprenant une tige (121) traversant la première ouverture (102) ;
- fabriquer (E2) un boîtier (21) solide réalisé en un premier matériau ayant un premier module de Young ; le boîtier (21) comprenant :
 - o une première encoche (21a) réalisée dans une première face (211) du boîtier ; une seconde encoche (21b) réalisée dans une seconde face (212) du boîtier parallèle à ladite première face (211) ; et une seconde ouverture (21c) sur une troisième face (213) du boîtier (21) orthogonale à la ladite première face (211) ;
- placer (E3) la partie active (1) dans le boîtier (21) à travers la seconde ouverture (21c) en insérant le circuit intégré (10) en glissière à travers la première et la seconde encoche (21a, 21b) ;

15

20

25

30

- remplir (E5) le boîtier (21) solide à travers la seconde ouverture (21c) par une résine de remplissage (22) ayant un second module de Young supérieur au premier module de Young de manière à mouler au moins le noyau ferromagnétique (12).

59. Procédé de fabrication (P1) d'un Composant magnétique (D1) selon la revendication 8 comprenant en outre l'étape suivante :

- déposer (E4) une couche d'étanchéité (3) en un matériau adhésif entre :
 - o d'une part la première extrémité (10a) et d'autre part le pourtour de première encoche (21a) ;
 - 10 o et entre d'une part la seconde extrémité (10b) et d'autre part le pourtour de seconde encoche (21b) ;

de manière à rendre la première face (211, 212) et la seconde face étanches.