

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2024/042020 A1

(43) Date de la publication internationale
29 février 2024 (29.02.2024)

(51) Classification internationale des brevets :
G01D 5/20 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2023/072899

(22) Date de dépôt international :
21 août 2023 (21.08.2023)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2208543 26 août 2022 (26.08.2022) FR

(71) Déposant : VITESCO TECHNOLOGIES GMBH
[DE/DE] ; Siemensstraße, 12, 93055 Regensburg (DE).

(72) Inventeurs : FONTANET, Alain ; c/o Vitesco Technologies France, Intellectual Property Department, 40 avenue du Général de Crouette, 31100 Toulouse (FR). BLANC, Jérémie ; c/o Vitesco Technologies France, Intellectual Property Department, 40 avenue du Général de Crouette, 31100 Toulouse (FR).

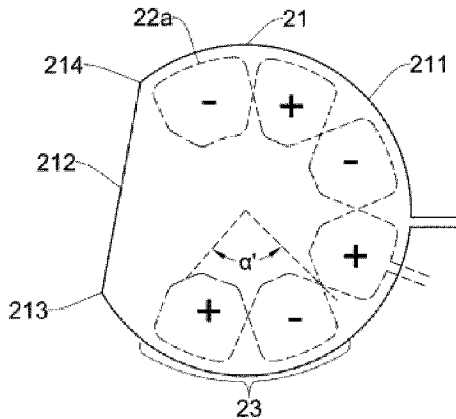
(74) Mandataire : VITESCO TECHNOLOGIES - ASSOCIATION NO. 1137 ; Landsberger Straße 187, Haus D, 80687 München (DE).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: COMPACT PRINTED CIRCUIT BOARD FOR AN INDUCTIVE SENSOR FOR MEASURING ANGULAR POSITION

(54) Titre : CARTE DE CIRCUIT IMPRIMÉ POUR UN CAPTEUR INDUCTIF DE MESURE DE POSITION ANGULAIRE, D'ENCOMBREMENT RÉDUIT

FIG. 2A



(57) Abstract: The invention relates to a printed circuit board for an inductive sensor for measuring the angular position of a target, the printed circuit board comprising: - at least two secondary windings (22a) each consisting of at least one pair of poles (23), each pair of poles extending along an arc of a circle equal to $360^\circ/N_{\text{tot}}$, where N_{tot} is an integer greater than or equal to 2; and - a primary winding (21) surrounding the secondary windings. According to the invention: - each secondary winding (22a) comprises a number N_0 of pairs of poles, where $1 \leq N_0 \leq (N_{\text{tot}}-1)$; and - the primary winding (21) delimits a surface of interest inscribed inside a so-called useful disc, with a ratio between the area of the surface of interest and the area of the useful disc of between 70% and 99%. The invention is particularly useful in the field of motor vehicles, for measuring the angular position of an electric motor rotor. It makes it possible to offer optimum coupling between the coils and the target, while complying with severe constraints in terms of the space available for integrating the coils.

(57) Abrégé : Carte de circuit imprimé pour un capteur inductif destiné à mesurer la position angulaire d'une cible, la carte de circuit imprimé comportant : - au moins deux bobinages secondaires (22a) constitués chacun d'au moins une paire de pôles (23), chaque paire de pôle s'étendant selon un arc de cercle égal à $360^\circ/N_{\text{tot}}$, avec N_{tot} un entier supérieur ou égal à 2; et - un bobinage primaire (21), entourant les bobinages secondaires. Selon l'invention : - chaque bobinage secondaire (22a) comporte un nombre N_0 de paires de pôles, avec $1 \leq N_0 \leq (N_{\text{tot}}-1)$; et - le bobinage primaire (21) délimite une surface d'intérêt inscrite à l'intérieur d'un disque dit utile, avec



WO 2024/042020 A1

MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.

un rapport entre l'aire de la surface d'intérêt et l'aire du disque utile qui est compris entre 70% et 99%. L'invention trouve à s'appliquer notamment dans le domaine automobile, pour la mesure de position angulaire d'un rotor de moteur électrique. Elle permet d'offrir un couplage optimal entre les bobinages et la cible, tout en respectant des contraintes fortes en termes d'espace disponible pour l'intégration des bobinages.

Description

Carte de circuit imprimé pour un capteur inductif de mesure de position angulaire, d'encombrement réduit

5 **Domaine technique**

[0001] Le domaine de l'invention est celui de la détection de la position d'une structure mécanique en mouvement, notamment un rotor d'une machine tournante, à l'aide d'une cible montée solidaire de ladite structure.

10 [0002] L'invention se rapporte plus particulièrement à un capteur inductif, configuré pour réaliser la mesure d'une position d'une pièce tournante, notamment, mais pas uniquement, un axe de rotation ou un rotor de machine électrique tournante.

Etat de la technique

15 [0003] De façon connue en soi, les capteurs inductifs angulaires ont une structure similaire à celle des capteurs inductifs linéaires : ils comprennent une partie fixe, nommée « transformateur », et comportant un bobinage primaire fixe et au moins deux bobinages secondaires fixes, et une partie mobile constituée par une cible métallique qui est reliée rigidement à la pièce mécanique à contrôler angulairement.

20 [0004] Le bobinage primaire fixe et les bobinages secondaires fixes sont généralement réalisés sur une carte de circuit imprimé, et constitués chacun de pistes électriquement conductrices tracées sur la carte de circuit imprimée.

25 [0005] Le principe de fonctionnement d'un tel capteur repose sur la variation de couplage entre le bobinage primaire et les bobinages secondaires, formant ensemble un transformateur fonctionnant à haute fréquence et sans utiliser de circuit magnétique. En utilisation, des courants induits dans la cible viennent modifier des tensions induites dans les bobinages secondaires par le bobinage primaire. Dit
30 autrement, le couplage entre les bobinages primaire et secondaires varie en fonction de la position de la cible. En adaptant la configuration des bobinages et le cas échéant en connaissant le courant injecté dans le bobinage primaire, la mesure de la tension induite dans les bobinages secondaires permet de déterminer la position de la cible.

[0006] De manière plus détaillée, en utilisation, un courant alternatif haute fréquence circule dans le bobinage primaire, produisant un champ magnétique à la même fréquence.

35 [0007] Chaque bobinage secondaire est entouré par le bobinage primaire, et forme au moins deux boucles. Les boucles successives entourent chacune une surface sensiblement identique. Les boucles successives se croisent et ont donc une orientation opposée d'un point de vue trigonométrique. Chaque bobinage secondaire est constitué d'une ou plusieurs paires de ces boucles, chaque paire de boucle comportant deux boucles successives ayant des orientations opposées. On nomme

« paire de pôles » une paire de boucles, l'une des boucles formant un pôle positif et l'autre des boucles formant un pôle négatif.

5 [0008] Du fait des couplages entre le bobinage primaire et les boucles de chaque bobinage secondaire, le flux primaire crée des flux magnétiques vus comme inversés d'une boucle à l'autre de chaque circuit secondaire.

10 [0009] Les bobinages primaire et secondaire sont configurés pour être utilisés avec une cible métallique telle que mentionnée ci-dessus, qui est reliée rigidement à la pièce mécanique à contrôler angulairement. Le mouvement de la cible modifie le couplage entre le bobinage primaire et chaque boucle de chaque bobinage secondaire.

15 [0010] En particulier, les positions successives de la cible devant les boucles de chaque bobinage secondaire produisent, dans ces boucles, une quantité de flux magnétique qui varie en fonction du temps à la fréquence du courant passant dans le bobinage primaire. Il apparaît donc une tension aux bornes de ces bobinages secondaires. Le signe de cette tension dépend du sens de la boucle. La somme algébrique de ces tensions varie en fonction du déplacement de la cible devant ces boucles, selon une courbe assez proche d'une sinusoïde.

[0011] Une mesure de la tension induite aux bornes des bobinages secondaires permet donc de connaître la position de la pièce mécanique.

20 [0012] Lorsque le capteur inductif est un capteur de mesure de position angulaire, il est connu d'agencer les bobinages primaire et secondaire selon un cercle. Un exemple d'un tel capteur est décrit par exemple dans la demande de brevet US 2014/0167788 A1.

25 [0013] On a illustré, aux figures 1A et 1B les bobinages d'un capteur inductif de mesure de position angulaire selon l'art antérieur. Les bobinages comportent ici un bobinage primaire et deux bobinages secondaires. Pour faciliter la compréhension, la figure 1A montre le bobinage primaire et un premier bobinage secondaire, et la figure 1B montre un second bobinage secondaire.

30 [0014] Le bobinage primaire 11 est en forme de cercle, avec une ouverture pour l'arrivée et la sortie d'un courant électrique. Il peut être formé de plusieurs cercles concentriques, superposés sur différentes couches et/ou faces d'une carte de circuit imprimé. Il entoure les bobinages secondaires 12a et 12b.

35 [0015] Chacun des bobinages secondaires 12a et 12b entoure une surface en forme de disque ouvert au centre, et présente une ouverture pour l'arrivée et la sortie d'un courant électrique. Les bobinages secondaires 12a et 12b sont agencés de manière concentrique avec le bobinage primaire 11.

[0016] Chacun des bobinages secondaires 12a et 12b est formé d'au moins une paire de pôles 120, ici deux paires de pôles. Chaque paire de pôle s'étend selon un arc de

cercle d'angle α , avec $\alpha=360^\circ/N$, et N un entier supérieur ou égal à l'unité correspondant au nombre total de paires de pôles dans chaque bobinage secondaire.

[0017] Comme mentionné ci-avant, chaque paire de pôles 120 est formé de deux boucles de mêmes dimensions, 121 et 122, orientées dans des sens opposés. Les
5 boucles peuvent être constituées chacune de plusieurs spires, non représentées, décalées angulairement les unes par rapport aux autres pour permettre leur réalisation sur une même carte de circuit imprimé.

[0018] Les deux bobinages secondaires 12a, 12b sont sensiblement identiques, et ne diffèrent l'un de l'autre que par une rotation d'un angle β , avec $\beta=360^\circ/(4*N)$.

10 [0019] Les bobinages primaire et secondaires sont généralement intégrés sur une même carte de circuit imprimé, avec un composant électronique présentant une fonction d'alimentation électrique du bobinage primaire et/ou une fonction de mesure de valeurs de tension aux bornes des bobinages secondaires.

[0020] Ce composant électronique est généralement disposé à côté des bobinages,
15 sur la carte de circuit imprimé.

[0021] La distance entre ce composant électronique et les bobinages doit être suffisamment élevée, pour éviter un couplage électromagnétique entre les bobinages et le composant électronique, en utilisation. En outre, les contraintes de fabrication imposent un espacement minimal, afin d'éviter de détériorer les pistes électriques
20 formant les bobinages, lors de l'intégration du composant électronique

[0022] Cette contrainte oblige parfois à réduire le dimensionnement des bobinages, qui s'étendent alors selon un disque de diamètre réduit afin de garantir un espacement suffisant relativement audit composant électronique. Un inconvénient est alors que le facteur de couplage entre les bobinages et la cible est diminué, et peut
25 s'avérer insuffisant compte tenu des éventuelles autres contraintes en termes de distance entre la cible et les bobinages (air gap).

[0023] Un objectif de la présente invention est de proposer une solution pour s'affranchir des inconvénients précités.

[0024] En particulier, un but de l'invention est de proposer une carte de circuit
30 imprimé pour un capteur inductif de mesure de la position angulaire d'une cible, offrant à la fois un couplage optimal avec ladite cible, et une souplesse optimale en termes d'encombrement.

Exposé de l'invention

[0025] Cet objectif est atteint avec une carte de circuit imprimé pour un capteur
35 inductif destiné à mesurer la position angulaire d'une cible, la carte de circuit imprimé comportant :

- au moins deux bobinages secondaires constitués chacun d'au moins une paire de pôles, chaque paire de pôle s'étendant selon un arc de cercle égal à $360^\circ/N_{\text{tot}}$,

avec N_{tot} un entier supérieur ou égal à 2 ; et

- un bobinage primaire, entourant les bobinages secondaires

[0026] Selon l'invention :

- chaque bobinage secondaire comporte un nombre N_0 de paires de pôles, avec
5 $1 \leq N_0 \leq (N_{\text{tot}} - 1)$; et
- le bobinage primaire délimite une surface d'intérêt inscrite à l'intérieur d'un disque dit utile, avec un rapport entre l'aire de la surface d'intérêt et l'aire du disque utile qui est compris entre 70% et 99%

[0027] En variante, ce rapport est supérieur à 80%, voire 90%, voire même 95%. Ce rapport peut en outre être inférieur à 99%, voire 98%, voire même 96%.

[0028] Dit autrement, partant des bobinages d'un capteur inductif selon l'art antérieur, et tel qu'illustré aux figures 1A et 1B, on retire une, voire plusieurs paires de pôles aux bobinages secondaires, et on ajuste le chemin suivi par le bobinage secondaire, de manière à se rapprocher au maximum d'une forme de disque tout en passant à
15 distance d'un obstacle déterminé.

[0029] L'invention permet donc à la fois :

- que les bobinages passent à distance d'un éventuel obstacle sur la carte de circuit imprimé ; et
- que les bobinages s'étendent selon une forme proche d'un disque, avec un
20 diamètre du disque suffisamment élevé pour garantir un couplage optimal avec la cible, sans qu'il soit nécessaire de réduire une distance entre la cible et les bobinages.

[0030] Il y a un compromis à trouver entre :

- la proximité entre la forme des bobinages et un disque, une forme de disque offrant une symétrie de rotation qui rend le capteur inductif peu sensible à des défauts
25 d'alignement de la cible (la mesure de position étant une moyenne des réponses des plusieurs paires de pôles de chacun des bobinages), et
- le diamètre d'un disque définissant la forme des bobinages, le facteur de couplage avec la cible, et donc la précision du capteur, étant d'autant plus élevés que ce diamètre est grand.

[0031] Le disque définissant la forme des bobinages est nommé « disque utile ». Selon l'invention, le bobinage primaire entoure les bobinages secondaires, et délimite une surface d'intérêt inscrite à l'intérieur de ce disque utile, avec un rapport d'aires % et compris entre 70% et 90% entre l'aire de ladite surface d'intérêt et l'aire du disque utile.

[0032] L'invention offre ainsi un couplage optimal entre les bobinages et la cible, tout en permettant de respecter des contraintes mécaniques d'intégration telles que la présence d'un composant électronique en un emplacement déterminé sur la carte de circuit imprimé.

[0033] L'invention offre également une grande robustesse, et une faible sensibilité à
40 un désalignement entre les bobinages et la cible, grâce à la forme des bobinages

proche d'une forme de disque. A cet égard, elle se distingue de solutions alternatives, dans lesquelles les bobinages secondaires ne comporteraient chacun qu'une seule paire de pôles, avec le bobinage primaire qui suit exactement le contour des bobinages secondaires.

5 [0034] Dans l'introduction, on a mentionné la présence d'un composant électronique sur la carte de circuit imprimé, comme exemple de contrainte mécanique d'intégration des bobinages sur la carte de circuit imprimé. On comprend que l'invention n'est pas limitée à cet exemple, et trouve à s'appliquer dans de nombreuses autres situations dans lesquelles toute la surface idéalement souhaitée pour les bobinages n'est pas
10 disponible.

[0035] Le bobinage primaire comporte au moins une portion en forme d'arc de cercle, qui peut suivre un contour externe des bobinages secondaires, et au moins une ligne reliant deux extrémités de l'au moins une portion en arc de cercle. En outre, selon
15 l'invention, la surface d'intérêt délimitée par le bobinage primaire passe par le centre du disque utile. Ainsi, le bobinage primaire suit un contour externe des bobinages secondaires, mais passe à distance d'un contour intérieur des bobines secondaires.

[0036] Le diamètre du disque utile est avantageusement inférieur ou égal à 30 mm.

[0037] De manière avantageuse, le bobinage primaire comporte au moins une portion en forme d'arc de cercle, qui suit le pourtour des bobinages secondaires.

20 [0038] Le bobinage primaire peut comporter en outre au moins une portion rectiligne, reliant ensemble deux extrémités de ladite portion en forme d'arc de cercle.

[0039] De préférence, les bobinages secondaires s'étendent ensemble selon un arc de cercle compris entre 200° et 340°.

[0040] Le nombre N_0 de paires de pôles est avantageusement supérieur ou égal à 2.

25 [0041] Les au moins deux paires de pôles peuvent être agencées directement à la suite les unes des autres. Le bobinage primaire peut alors être constitué par :
une portion en arc de cercle ; et
une portion rectiligne, reliant ensemble les extrémités de la portion en arc de cercle.

30 [0042] Selon une variante avantageuse, le nombre N_0 de paires de pôles est un multiple de 2, et les paires de pôles sont réparties en deux groupes espacés l'un de l'autre. Les deux groupes sont avantageusement agencés selon une symétrie de rotation, avec un angle de rotation de 180°. Le bobinage primaire peut alors être constitué par :

35 deux portions en arc de cercle ; et
deux portions rectilignes, reliant deux à deux les extrémités des portions en arc de cercle.

[0043] La carte de circuit imprimé selon l'invention peut comporter en outre une électronique présentant une fonction d'alimentation électrique du bobinage primaire et/ou une fonction de mesure de valeurs de tension aux bornes des bobinages secondaires, ladite électronique étant agencée à l'extérieur du bobinage primaire, et
5 pour partie au moins à l'intérieur du disque utile.

Description des figures

[0044] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore à la lecture de la description qui va suivre. Celle-ci est purement illustrative et doit être lue
10 en regard des dessins annexés sur lesquels :

[0045] [Fig. 1A] ; et

[0046] [Fig. 1B] illustrent les bobinages d'un capteur inductif de mesure de position angulaire, selon l'art antérieur ;

[0047] [Fig. 2A] ; et

15 [0048] [Fig. 2B] illustrent les bobinages d'une carte de circuit imprimé pour un capteur inductif de mesure de position angulaire, selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

[0049] [Fig. 3] illustre de manière schématique la surface d'intérêt selon l'invention et le disque utile selon l'invention ;

20 [0050] [Fig. 4] illustre de manière schématique les bobinages d'une carte de circuit imprimé selon l'invention, en utilisation avec une cible correspondante ;

[0051] [Fig. 5A] ; et

25 [0052] [Fig. 5B] illustrent les bobinages d'une carte de circuit imprimé pour un capteur inductif de mesure de position angulaire, selon une variante du premier mode de réalisation de l'invention ;

[0053] [Fig. 6] illustre le bobinage primaire et l'un des bobinages secondaires d'une carte de circuit imprimé pour un capteur inductif de mesure de position angulaire, selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ; et

30 [0054] [Fig. 7] illustre une carte de circuit imprimé selon l'invention, comportant en outre un composant électronique occupant une partie d'un disque définissant la forme des bobinages.

Description détaillée d'au moins un mode de réalisation

35 [0055] Pour faciliter la compréhension de l'invention, seuls les bobinages sont représentés sur les figures 1A à 6, ces derniers étant constitués par des pistes métalliques formés sur une carte de circuit imprimé. Les pistes métalliques peuvent s'étendre selon les deux faces opposées de la carte de circuit imprimé, avec des vias traversant localement la carte de circuit imprimé dans le sens de l'épaisseur. En

variante, les pistes métalliques peuvent s'étendre en outre dans des couches intermédiaires d'une carte de circuit imprimé multicouches.

5 [0056] On décrit tout d'abord, en référence aux figures 2A et 2B, les bobinages d'une carte de circuit imprimé selon l'invention. La figure 2A illustre le bobinage primaire 21 et un premier bobinage secondaire 22a. La figure 2B illustre un second bobinage secondaire 22b.

[0057] Les figures 2A et 2B ne seront décrites que pour leurs différences relativement aux bobinages des figures 1A et 1B.

10 [0058] Sur les figures 2A et 2B, les bobinages sont représentés selon une vue de dessus, dans un plan parallèle au plan de la carte de circuit imprimé.

[0059] Chaque bobinage secondaire 22a, 22b est constitué d'au moins une paire de pôles 23, chaque paire de pôles 23 s'étendant selon un arc de cercle α' égal à $360^\circ/N_{\text{tot}}$, avec N_{tot} un entier supérieur ou égal à 2. Ici, on a $N_{\text{tot}} = 4$.

15 [0060] Sur les figures 2A et 2B, les paires de pôles 23 sont représentées de façon schématique, et comportent chacune une boucle orientée dans un premier sens, symbolisée par le signe « + », et une boucle orientée dans le sens opposé, symbolisé par le signe « - ». Pour des raisons de lisibilité des figures, on n'a pas représenté le détail des spires formant chacune des boucles, lesdites spires pouvant être réparties sur une ou plusieurs couches, cet aspect étant un élément connu de l'art antérieur et
20 ne constituant pas le cœur de l'invention.

[0061] Chaque bobinage secondaire 22a, 22b comporte un nombre N_0 de paires de pôles 23, avec $1 \leq N_0 \leq (N_{\text{tot}} - 1)$. Ici, on a $N_0 = 3$.

[0062] Les deux bobinages secondaires 22a et 22b sont sensiblement identiques, et ne diffèrent l'un de l'autre que par une rotation d'un angle β' , avec $\beta' = 360^\circ / (4 * N_{\text{tot}})$.

25 [0063] Les deux bobinages secondaires 22a et 22b sont entourés par le bobinage primaire 21.

[0064] Le bobinage primaire 21 présente une portion 211, en forme d'arc de cercle, et une ligne 212 située à l'emplacement de l'au moins une paire de pôles manquante et qui relie les deux extrémités 213 et 214 de la portion en arc de cercle 211.

30 [0065] Le bobinage primaire 21 peut être constitué de plusieurs spires concentriques réparties sur une ou plusieurs couches. Là encore, pour des raisons de lisibilité, on n'a pas représenté séparément chacune de ces spires.

35 [0066] Ici, la ligne 212 est une ligne droite. Dans des variantes non représentées, les deux extrémités 213 et 214 sont reliées par une ligne courbe, ou tout autre tracé non rectiligne formant une ligne ouverte. En tout état de cause, la ligne 212 est configurée pour contourner un obstacle prédéterminé.

[0067] La portion en arc de cercle 211 s'étend ici selon un angle compris entre 270° et 330° , en suivant le contour extérieur des bobinages secondaires 22a et 22b.

40 [0068] En tout état de cause, le bobinage primaire délimite une surface d'intérêt S1 (voir figure 3, zone hachurée), inscrite à l'intérieur d'un disque dit utile D1. Ici, la

surface d'intérêt S1 a la forme d'un disque tronqué, de même diamètre que le disque utile D1.

[0069] Un rapport entre l'aire de la surface d'intérêt S1 et l'aire du disque utile D1 est compris entre 70% et 99%, ici de l'ordre de 98%.

- 5 [0070] En outre, de manière avantageuse, la surface d'intérêt S1 passe par le centre du disque utile D1. On s'assure ainsi que la forme de la surface d'intérêt S1 ne s'éloigne pas trop de la forme du disque utile D1.

10 [0071] La figure 4 illustre de manière schématique, et selon une vue en perspective, les bobinages d'une carte de circuit imprimé selon l'invention, en utilisation avec une cible correspondante 40.

[0072] La cible 40 est une cible métallique, agencée solidaire d'un élément mécanique mobile en rotation, et dont on souhaite mesurer la position angulaire.

15 [0073] La cible 40 comporte une pluralité de pales agencées selon une forme générale circulaire. En particulier le nombre de pales est égal à N_{tot} tel que défini ci-avant. Ici, on a donc quatre pales. Chaque pale s'étend sur un secteur angulaire de même étendue, et la répartition angulaire des pales est régulière.

[0074] La cible 40 est agencée concentrique avec le disque utile tel que défini ci-avant.

20 [0075] La cible 40 est identique avec la cible destinée à coopérer avec une carte de circuit imprimé selon l'art antérieur, comportant un nombre N_{tot} de paires de pôles.

[0076] Dans le mode de réalisation de la figure 4, les bobinages de la carte de circuit imprimé comportent :

25 un bobinage primaire 41, formé ici par quatre spires : deux spires concentriques situées sur une première face de la carte de circuit imprimé, superposées à deux autres spires concentriques situées sur une face opposée de la carte de circuit imprimé ; et

30 trois bobinages secondaires 42a, 42b, 42c, composés chacun de plusieurs spires qui s'étendent chacune sur la première face et sur la face opposée de la carte de circuit imprimé, chaque bobinage secondaire comportant deux paires de pôles, avec chaque paire de pôle qui s'étend sur un angle de 120°

[0077] Les figures 5A et 5B illustrent les bobinages d'une carte de circuit imprimé pour un capteur inductif de mesure de position angulaire, selon une variante du premier mode de réalisation de l'invention. La figure 5A illustre le bobinage primaire 51 et un premier bobinage secondaire 52a. La figure 5B illustre un second bobinage secondaire 52b.

40 [0078] Ici, afin de réduire l'encombrement total des bobinages secondaires 52a et 52b, le deuxième bobinage secondaire 52b comporte, à ses extrémités, deux demi-boucles 521 de même orientation. Ainsi, une surface occupée par le premier bobinage secondaire 52a se superpose exactement avec une surface occupée par le second bobinage secondaire 52b, malgré le décalage angulaire entre leurs paires de pôles respectives. Au niveau du deuxième bobinage secondaire, on peut définir une paire de pôles 53, comme une boucle entière et deux demi-boucles situées de part et d'autre de la boucle entière.

[0079] Dans les variantes décrites ci-dessus, dans chaque bobinage secondaire les paires de pôles sont agencées les unes directement à la suite des autres.

5 [0080] La figure 6 illustre le bobinage primaire 61 et l'un des bobinages secondaires 62a d'une carte de circuit imprimé pour un capteur inductif de mesure de position angulaire, selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0081] Ce mode de réalisation ne sera décrit que pour ses différences relativement au mode de réalisation des figures 2A et 2B.

10 [0082] Dans ce mode de réalisation, le nombre N_0 de paires de pôles dans chacun des bobinages secondaires est un multiple de deux. Dans chaque bobinage secondaire, les paires de pôles sont réparties en deux groupes 630c, 630d. Chaque groupe 630c, 630d comporte un même nombre de paires de pôles. Ici, mais de manière non limitative, chaque groupe 630c, 630d comporte une unique paire de pôles.

15 [0083] Dans chacun des bobinages secondaires, les deux groupes 630c, 630d sont agencés espacés l'un de l'autre. Ici, et de manière avantageuse, ils sont symétriques l'un de l'autre, selon une symétrie de rotation d'un angle de 180° . Cette symétrie offre, par construction, une compensation au moins partielle d'éventuelles décalages mécaniques à l'intégration (notamment entre les bobinages et la cible).

20 [0084] Les groupes respectifs 630c, 630d des plusieurs bobinages secondaires se superposent entre eux, pour former deux blocs de spires.

[0085] Le bobinage primaire 61 entoure les plusieurs bobinages secondaires. Le bobinage primaire 61 présente :

25 une première portion 611c, en forme d'arc de cercle, qui suit le contour de l'un premier desdits blocs de spires ;

une deuxième portion 611d, en forme d'arc de cercle, qui suit le contour de l'autre desdits blocs de spires ;

une première ligne 612c, reliant deux extrémités respectivement de la première portion 611c en forme d'arc de cercle et de la deuxième portion 611d en forme d'arc de cercle ; et

30 une deuxième ligne 612d, reliant deux autres extrémités respectivement de la première portion 611c en forme d'arc de cercle et de la deuxième portion 611d en forme d'arc de cercle.

35 [0086] Ici, les première et deuxième lignes 612c, 612d sont chacune rectilignes. Dans des variantes non représentées, il peut s'agir de lignes courbes, ou tout autre tracé non rectiligne formant une ligne ouverte. Les premières et deuxièmes lignes ne sont pas nécessairement similaires, l'une pouvant être rectiligne et l'autre non.

[0087] Dans ce mode de réalisation, les bobinages secondaires 62a s'étendent ensemble selon un arc de cercle cumulé compris entre 200° et 340° .

[0088] La figure 7 illustre enfin une carte de circuit imprimé 700 selon l'invention.

40 [0089] La carte de circuit imprimé 700 comporte :

un substrat 701, pour recevoir les bobinages primaire et secondaires, qui comporte au moins une couche électriquement isolante dont les deux faces opposées sont recouvertes de pistes métalliques ; et

des bobinages primaire 71 et secondaires 72a tels que ceux décrits ci-

dessus (un seul bobinage secondaire 72a est représenté sur la figure 7, pour des raisons de lisibilité de la figure).

5 [0090] Dans le mode de réalisation de la figure 7, la carte de circuit imprimé 700 comporte en outre un composant électronique 770 présentant une fonction d'alimentation électrique du bobinage primaire 71 et une fonction de mesure de valeurs de tension aux bornes des bobinages secondaires 72a.

[0091] Le composant électronique 770 comporte par exemple au moins un microcontrôleur.

10 [0092] Le composant électronique 770 s'étend à proximité du bobinage primaire 71, à l'extérieur de la surface d'intérêt délimitée par ce dernier, et pour partie à l'intérieur du disque utile D1 tel que défini en référence à la figure 3.

15 [0093] Grâce à l'invention, le bobinage primaire 71 reste à distance suffisante du composant électronique 770, sans qu'il soit nécessaire de déplacer le composant électronique 770 (ce qui augmenterait un encombrement global de la carte de circuit imprimé), et sans qu'il soit nécessaire non plus de diminuer un diamètre d'un disque définissant la forme des bobinages. Comme expliqué en introduction, ce grand diamètre permet de maintenir un couplage élevé entre ces bobinages et la cible.

20 [0094] L'invention n'est pas limitée aux exemples et variantes décrits ci-dessus. Les différents exemples et variantes peuvent être combinés entre eux. Les bobinages secondaires peuvent être au nombre de deux, de trois, ou même plus. Les bobinages secondaires peuvent comprendre chacun plusieurs paires de pôles, voire même une unique paire de pôles.

25 [0095] De manière avantageuse, le diamètre du disque utile D1 (figure 3), définissant la forme des bobinages, est inférieur ou égal à 50 mm, voire inférieur ou égal à 30 mm. Pour ces diamètres, le couplage inductif est élevé entre le bobinage primaire et les bobinages secondaires, ainsi qu'entre les bobinages et la cible. On peut donc éloigner localement le bobinage primaire relativement aux bobinages secondaires, sans conséquences gênantes sur les performances du capteur. On peut aussi éloigner la cible relativement aux bobinages, pour faciliter la réalisation mécanique.

30 [0096] De manière avantageuse, l'invention trouve à s'appliquer dans le domaine de l'automobile, notamment pour la mesure de position angulaire d'un rotor de moteur électrique. La carte de circuit imprimé selon l'invention est avantageusement configurée pour venir se placer à une extrémité d'un arbre de rotation. Dans une variante moins préférée, la carte de circuit imprimé selon l'invention peut être configurée pour être traversée par l'arbre de rotation. En tout état de cause, elle se distingue de cartes de circuit imprimé destinées à venir se placer en périphérie de l'arbre de rotation, à distance de l'axe de rotation de l'arbre.

40 [0097] L'invention est particulièrement avantageuse, pour adapter un capteur inductif sur une carte de circuit imprimé préexistante, sur laquelle l'espace disponible pour les bobinages est imposé. L'invention permet en particulier d'offrir un couplage optimal entre les bobinages et la cible telle que mentionnée ci-avant, tout en respectant des contraintes fortes en termes d'espace disponible pour l'intégration des bobinages.

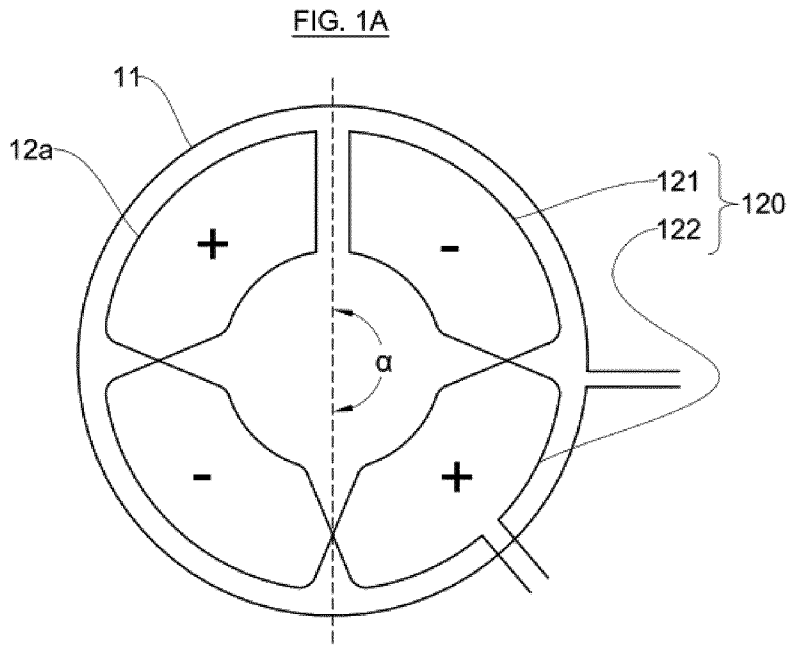
45 [0098] De préférence, chaque paire de pôle s'étendant selon un arc de cercle égal à $360^\circ/N_{\text{tot}}$, et chaque bobinage secondaire comporte un nombre N_0 de paires de pôles, avec $N_0=N_{\text{tot}}-1$ ou $N_0=N_{\text{tot}}-2$.

Revendications

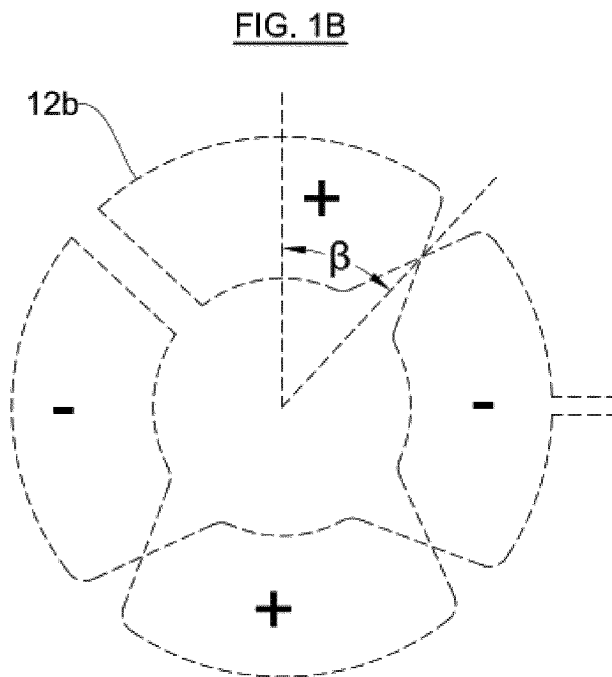
- 5 **[Revendication 1]** Carte de circuit imprimé (700) pour un capteur inductif destiné à mesurer la position angulaire d'une cible, la carte de circuit imprimé (700) comportant :
- 10 - au moins deux bobinages secondaires (22a, 22b ; 42, 42b, 42c ; 52a, 52b ; 62a ; 72a) constitués chacun d'au moins une paire de boucles nommée paire de pôles (23 ; 53), lesdites boucles entourant des surfaces respectives de mêmes dimensions tout en étant orientées dans des sens opposés et en étant composées chacune d'une ou plusieurs spires, et chaque paire de pôle s'étendant selon un arc de cercle égal à $360^\circ/N_{\text{tot}}$, avec N_{tot} un entier supérieur ou égal à 2 ; et
- 15 - un bobinage primaire (21 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71), entourant les bobinages secondaires ; dans lequel :
- 20 - chaque bobinage secondaire (22a ; 22b ; 42 ; 42b ; 42c ; 52a ; 52b ; 62a ; 72a) comporte un nombre N_0 de paires de pôles, avec $1 \leq N_0 \leq (N_{\text{tot}} - 1)$; caractérisé en ce que le bobinage primaire (21 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71) :
- 25 - présente au moins une portion (211 ; 611c, 611d) en forme d'arc de cercle et au moins une ligne (212 ; 612c, 612d) qui relie deux extrémités (213, 214) de l'au moins une portion en arc de cercle, et
- 30 - délimite une surface d'intérêt (S1) inscrite à l'intérieur d'un disque dit utile (D1), avec un rapport entre l'aire de la surface d'intérêt et l'aire du disque utile qui est compris entre 70% et 99% la surface d'intérêt (S1) passant par le centre du disque utile (D1).
- 35 **[Revendication 2]** Carte de circuit imprimée (700) selon la revendication 1, dans laquelle le diamètre du disque utile (D1) est inférieur ou égal à 30 mm.
- 40 **[Revendication 3]** Carte de circuit imprimé (700) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans laquelle l'au moins une portion en forme d'arc de cercle (211 ; 611c, 611d) suit le pourtour des bobinages secondaires.
- 45 **[Revendication 4]** Carte de circuit imprimé (700) selon la revendication 3, dans laquelle l'au moins une ligne (212 ; 612c, 612d) qui relie deux extrémités (213, 214) de portion en arc de cercle, est une portion rectiligne (212 ; 612c, 612d) du bobinage primaire (21 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71).

- 5
- [Revendication 5]** Carte de circuit imprimé (700) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle les bobinages secondaires (22a, 22b ; 42, 42b, 42c ; 52a, 52b ; 62a ; 72a) s'étendent ensemble selon un arc de cercle compris entre 200° et 340°.
- 10
- [Revendication 6]** Carte de circuit imprimé (700), selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle le nombre N_0 de paires de pôles est supérieur ou égal à 2.
- 15
- [Revendication 7]** Carte de circuit imprimé (700) selon la revendication 6, dans laquelle les au moins deux paires de pôles (23 ; 53) sont agencées directement à la suite les unes des autres.
- 20
- [Revendication 8]** Carte de circuit imprimé (700) selon la revendication 7, dans laquelle le bobinage primaire (21 ; 41 ; 51 ; 71) est constitué par :
- une portion en arc de cercle (211) ; et
 - une portion rectiligne (212), reliant ensemble les extrémités (213, 214) de la portion en arc de cercle.
- 25
- [Revendication 9]** Carte de circuit imprimé selon la revendication 6, dans laquelle le nombre N_0 de paires de pôles est un multiple de 2, et les paires de pôles sont réparties en deux groupes (630c, 630d) espacés l'un de l'autre.
- 30
- [Revendication 10]** Carte de circuit imprimé selon la revendication 9, dans laquelle les deux groupes (630c, 630d) sont agencés selon une symétrie de rotation, avec un angle de rotation de 180°.
- 35
- [Revendication 11]** Carte de circuit imprimé selon la revendication 9 ou 10, dans laquelle le bobinage primaire (61) est constitué par :
- deux portions en arc de cercle (611c, 611d) ; et
 - deux portions rectilignes (612c, 612d), reliant deux à deux les extrémités des portions en arc de cercle.
- 40
- [Revendication 12]** Carte de circuit imprimé (700) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comportant en outre une électronique (770) présentant une fonction d'alimentation électrique du bobinage primaire (71) et/ou une fonction de mesure de valeurs de tension aux bornes des bobinages secondaires (72a), ladite électronique (770) étant agencée à l'extérieur du bobinage primaire (71), et pour partie au moins à l'intérieur du disque utile.

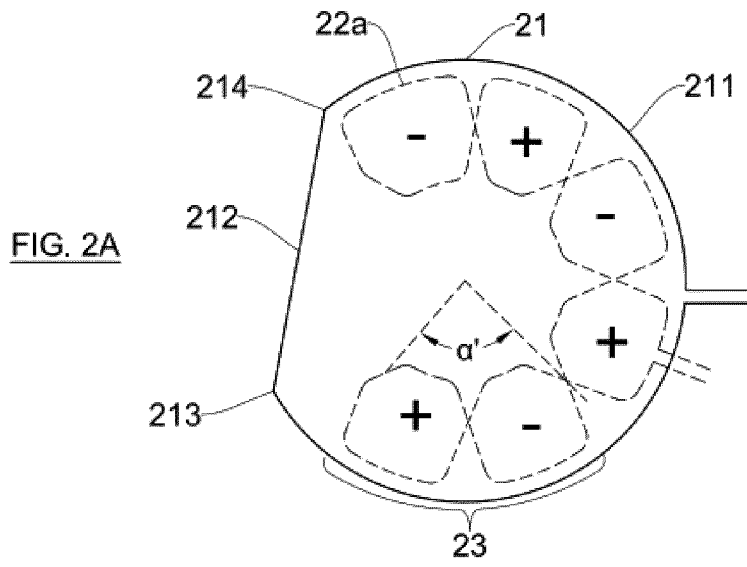
[Fig 1A]



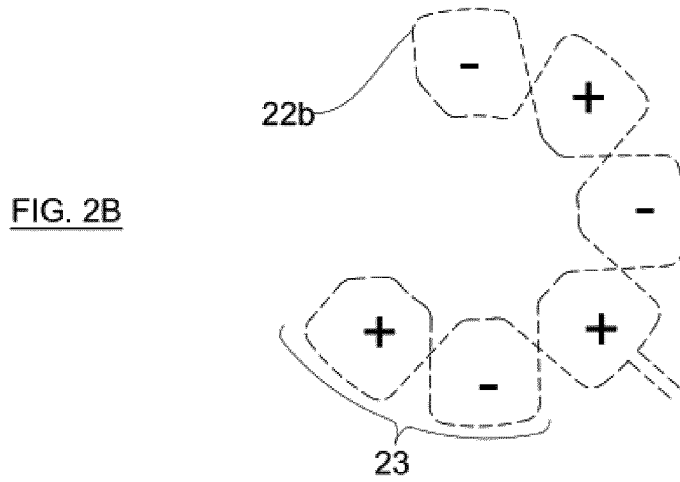
[Fig 1B]



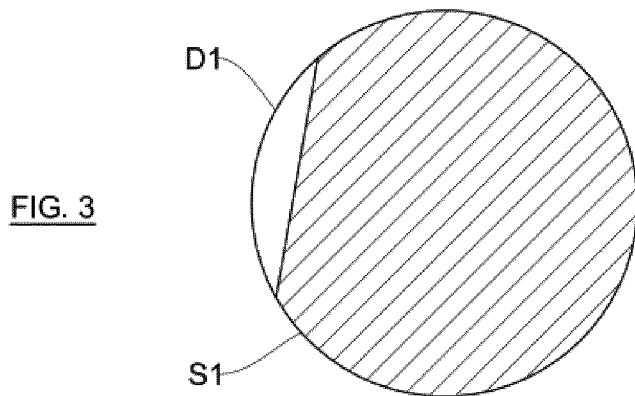
[Fig 2A]



[Fig 2B]



[Fig 3]



[Fig 4]

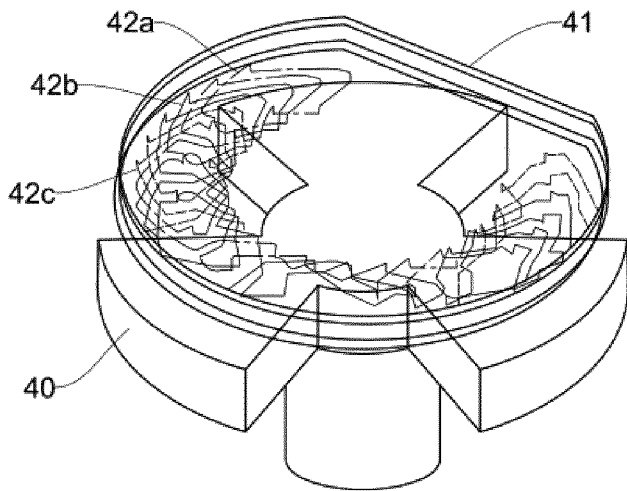


FIG. 4

[Fig 5A]

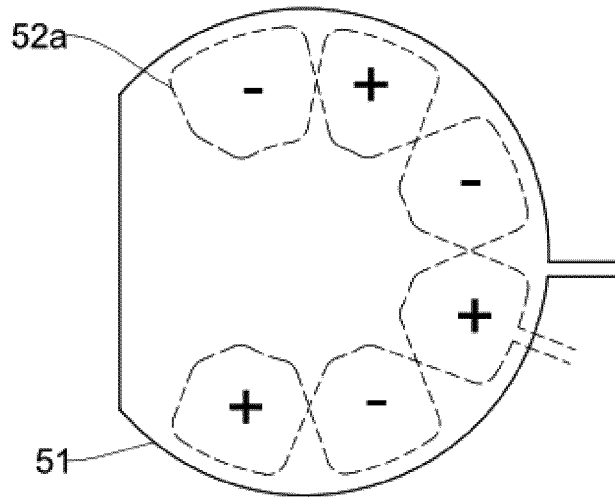


FIG. 5A

[Fig 5B]

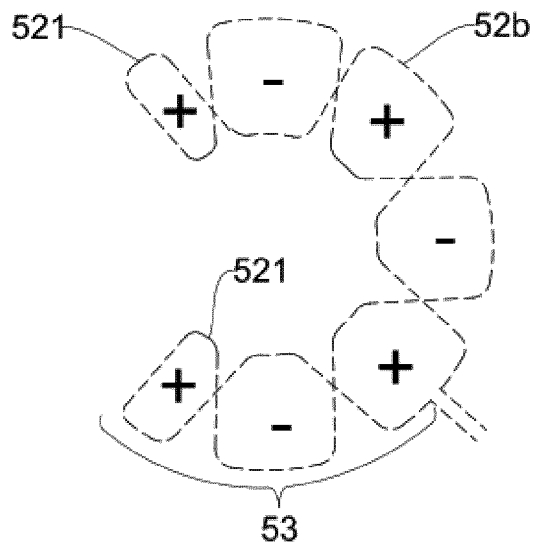
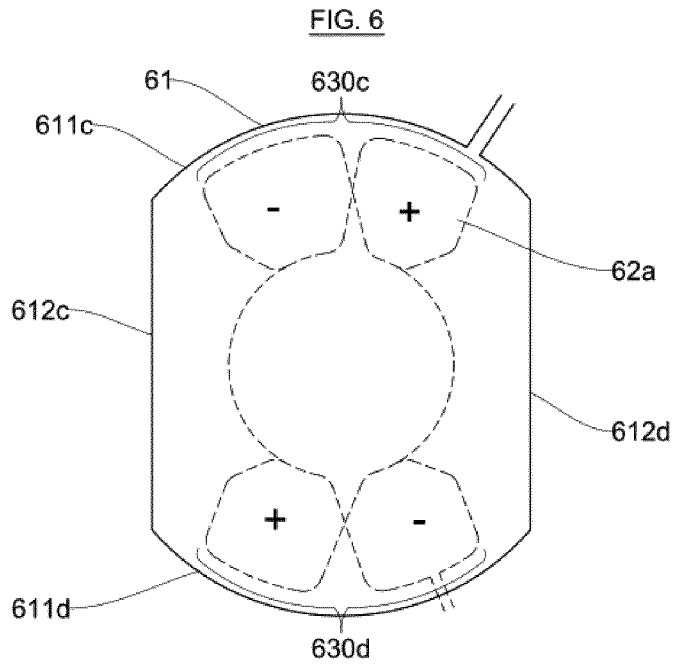
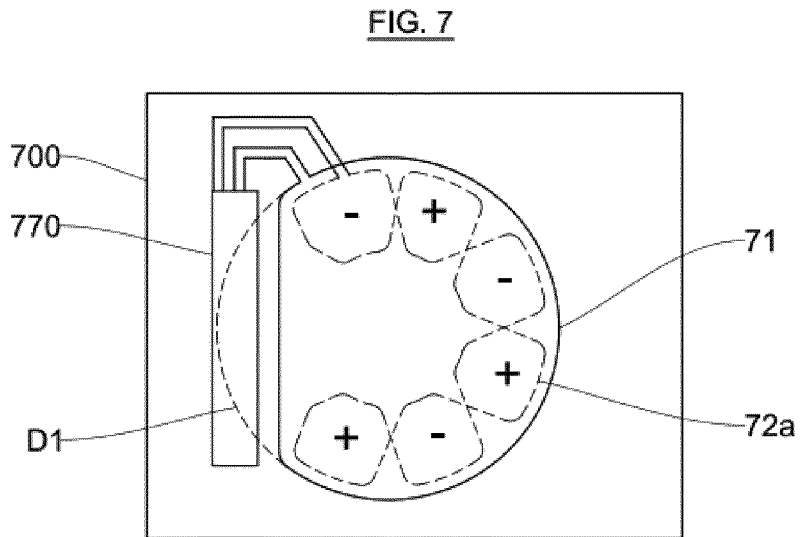


FIG. 5B

[Fig 6]



[Fig 7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/072899

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01D 5/20</i> (2006.01)i | | |
|---|---|--|
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED | | |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01D | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X A | US 2018259362 A1 (HOPPE ET AL) 13 September 2018 (2018-09-13) abstract; figures paragraphs [0002] - [0008], [0029] - [0032] | 1-8,12 9-11 |
| A | US 2019128702 A1 (QAMA ET AL) 02 May 2019 (2019-05-02) abstract; figures 12,13A,13B,14 paragraphs [0060] - [0066] | 1-12 |
| A | WO 2021180535 A1 (BOSCH GMBH ROBERT) 16 September 2021 (2021-09-16) the whole document | 1-12 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> | | |
| Date of the actual completion of the international search 19 October 2023 | | Date of mailing of the international search report 26 October 2023 |
| Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016 | | Authorized officer Barthélemy, Matthieu Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

| |
|---|
| International application No. PCT/EP2023/072899 |
|---|

| Patent document cited in search report | | | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|--|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| US | 2018259362 | A1 | 13 September 2018 | CN 108351223 | A 31 July 2018 |
| | | | | DE 102015119530 | A1 18 May 2017 |
| | | | | US 2018259362 | A1 13 September 2018 |
| | | | | WO 2017081282 | A1 18 May 2017 |
| ----- | | | | | |
| US | 2019128702 | A1 | 02 May 2019 | CN 111433555 | A 17 July 2020 |
| | | | | EP 3704439 | A1 09 September 2020 |
| | | | | US 2019128702 | A1 02 May 2019 |
| | | | | WO 2019089095 | A1 09 May 2019 |
| ----- | | | | | |
| WO | 2021180535 | A1 | 16 September 2021 | CN 115210535 | A 18 October 2022 |
| | | | | DE 102020203275 | A1 16 September 2021 |
| | | | | EP 4118398 | A1 18 January 2023 |
| | | | | JP 2023517656 | A 26 April 2023 |
| | | | | KR 20220153611 | A 18 November 2022 |
| | | | | US 2023043918 | A1 09 February 2023 |
| | | | | WO 2021180535 | A1 16 September 2021 |
| ----- | | | | | |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2023/072899

| | | | | |
|---|--|-------------------------------|---|--|
| A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01D5/20 ADD. | | | | |
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB | | | | |
| B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE | | | | |
| Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01D | | | | |
| Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche | | | | |
| Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal | | | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | | | |
| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées | | |
| X | US 2018/259362 A1 (HOPPE ET AL) 13 septembre 2018 (2018-09-13) | 1-8, 12 | | |
| A | abrégé; figures alinéas [0002] - [0008], [0029] - [0032] ----- | 9-11 | | |
| A | US 2019/128702 A1 (QAMA ET AL) 2 mai 2019 (2019-05-02) abrégé; figures 12, 13A, 13B, 14 alinéas [0060] - [0066] ----- | 1-12 | | |
| A | WO 2021/180535 A1 (BOSCH GMBH ROBERT) 16 septembre 2021 (2021-09-16) le document en entier ----- | 1-12 | | |
| <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table> | | | <input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents | <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe |
| <input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents | <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe | | | |
| * Catégories spéciales de documents cités: | | | | |
| "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent | "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention | | | |
| "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date | "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément | | | |
| "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) | "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier | | | |
| "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens | "&" document qui fait partie de la même famille de brevets | | | |
| "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée | | | | |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale | | | |
| 19 octobre 2023 | 26/10/2023 | | | |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale | Fonctionnaire autorisé | | | |
| Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Barthélemy, Matthieu | | | |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2023/072899

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| US 2018259362 A1 | 13-09-2018 | CN 108351223 A | 31-07-2018 |
| | | DE 102015119530 A1 | 18-05-2017 |
| | | US 2018259362 A1 | 13-09-2018 |
| | | WO 2017081282 A1 | 18-05-2017 |
| ----- | | | |
| US 2019128702 A1 | 02-05-2019 | CN 111433555 A | 17-07-2020 |
| | | EP 3704439 A1 | 09-09-2020 |
| | | US 2019128702 A1 | 02-05-2019 |
| | | WO 2019089095 A1 | 09-05-2019 |
| ----- | | | |
| WO 2021180535 A1 | 16-09-2021 | CN 115210535 A | 18-10-2022 |
| | | DE 102020203275 A1 | 16-09-2021 |
| | | EP 4118398 A1 | 18-01-2023 |
| | | JP 2023517656 A | 26-04-2023 |
| | | KR 20220153611 A | 18-11-2022 |
| | | US 2023043918 A1 | 09-02-2023 |
| | | WO 2021180535 A1 | 16-09-2021 |
| ----- | | | |