

(19)



(11)

EP 2 276 583 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

26.08.2015 Bulletin 2015/35

(51) Int Cl.:

B06B 1/06 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2009/050842

(21) Numéro de dépôt: **09750050.8**

(22) Date de dépôt: **06.05.2009**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2009/141569 (26.11.2009 Gazette 2009/48)

(54) **ANTENNE ACOUSTIQUE A CIRCUITS IMPRIMES INTEGRES**

AKUSTISCHE ANTENNE MIT INTEGRIERTEN BESTÜCKTEN LEITERPLATTEN

ACOUSTIC ANTENNA WITH INTEGRATED PRINTED CIRCUITS

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **07.05.2008 FR 0802548**

(43) Date de publication de la demande:

26.01.2011 Bulletin 2011/04

(73) Titulaire: **IXBLUE**

78160 Marly-le-Roi (FR)

(72) Inventeurs:

- **GROSSO, Gilles**
F-83140 Six Fours Les Plages (FR)
- **MOSCA, Frédéric**
F-13005 Marseille (FR)

(74) Mandataire: **Michelet, Alain et al**

Cabinet HARLE et PHELIP
14-16, rue Ballu
75009 Paris (FR)

(56) Documents cités:

US-A- 4 373 143 US-A- 4 545 041
US-B1- 6 181 052

EP 2 276 583 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention se rapporte à une antenne acoustique à circuits imprimés intégrés, et en particulier à une antenne acoustique à bas coût.

[0002] La technologie de transduction acoustique utilisée classiquement dans les applications sous-marines et présentant le meilleur compromis entre puissance acoustique rayonnée et bande passante utilisable est le "Tonpilz". Ce système est un convertisseur électro-acoustique de type masse-ressort-masse à symétrie de révolution fonctionnant généralement en dilatation/compression.

[0003] On a schématiquement représenté en figure 1 un tel transducteur de type Tonpilz. Il comporte essentiellement un empilement 1 de disques de céramique piézoélectriques (ou à effet électrostrictif) serrés entre un disque épais 2 formant contre-masse et un disque 3 moins épais que le disque 2 et formant pavillon. Tous ces disques sont percés d'une ouverture centrale permettant le passage d'une tige de serrage 4 qui assure leur serrage avec un écrou 5.

[0004] Chacun des éléments représentés en figure 1 assure un rôle bien particulier : la fonction motrice est assurée par le pilier 1 de céramiques piézoélectriques reliées entre elles électriquement par des électrodes 1 A formées sur leurs faces planes en vis-à-vis. Les céramiques sont câblées en parallèle. Le pavillon 3 assure le couplage acoustique avec le milieu et permet aussi d'élargir la bande par mode propre dit de "papillonnage". C'est lui qui détermine la géométrie du champ rayonné (diagramme de directivité). La contremasse 2 stabilise le système et canalise l'énergie rayonnée dans une seule direction de l'espace. La tige de précontrainte 4 et l'écrou de serrage 5 garantissent le fonctionnement du dispositif (transducteur) en dilatation/compression.

[0005] La quantité de câblage par soudure à réaliser est donc très rapidement rhédictoire pour des antennes hautes fréquences (supérieure à 50kHz), composées d'un grand nombre de transducteurs de petites dimensions, par exemple, et à titre non limitatif, 128 transducteurs élémentaires à 150kHz. Ce poste de câblage, de soudage et de repérage, très difficilement automatisable, s'avère être très souvent dans la pratique le poste le plus lourd du processus de montage d'une antenne acoustique.

[0006] Une antenne acoustique comportant un réseau de transducteurs élémentaires montés sur un circuit imprimé est présenté dans le document US 6 181 052 B1.

[0007] La présente invention a pour objet une antenne acoustique à bas coût nécessitant le minimum possible d'opérations d'assemblage, ces opérations pouvant être facilement automatisées. On emploie ici, pour simplifier, le terme « acoustique », mais il est bien entendu que la bande de fréquences de fonctionnement de l'antenne de l'invention peut être supérieure aux fréquences sonores et même nettement supérieures à celles-ci ; elle peut s'étendre par exemple de 20 kHz à plusieurs centaines de kHz, et typiquement, mais non limitativement, ce peut

être la bande de fréquences de 140-160 kHz.

[0008] L'antenne acoustique conforme à l'invention est caractérisée en ce qu'elle comporte un réseau de transducteurs élémentaires, chaque transducteur élémentaire comprenant, entre une contre-masse et un pavillon, au moins une céramique, tous les transducteurs élémentaires étant montés sur un circuit imprimé commun de liaison électrique entre les transducteurs et de positionnement des transducteurs les uns par rapport aux autres, et au moins un connecteur fixé sur ce circuit imprimé, chacun des transducteurs étant monté de façon que le circuit imprimé soit serré entre sa (ses) céramique(s) et sa contre-masse.

[0009] Selon une caractéristique de l'invention, les transducteurs élémentaires sont de l'un des types électro-acoustiques suivants : piézo-électrique ou électrostrictif.

[0010] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1, mentionnée ci-dessus, est une vue en coupe simplifiée d'un élément d'antenne du type « Tonpilz » de l'art antérieur,
- la figure 2 est une vue en coupe d'un transducteur élémentaire monté sur un circuit imprimé, conformément à l'invention,
- les figures 3 à 7 sont respectivement des représentations en perspective en vue de dessus, de face et en perspective en vue de dessous, en vue de dessous et en vue de dessus d'un exemple de réalisation, conforme à la présente invention, d'un circuit imprimé portant huit transducteurs élémentaires, les pistes des circuits imprimés étant représentées schématiquement et partiellement, et
- la figure 8 est une vue de dessus partielle en perspective du circuit imprimé et des transducteurs d'une antenne à 64 transducteurs, conforme à l'invention.

[0011] Un objet de la présente invention consiste à éliminer, lors du processus de fabrication, les postes de positionnement des transducteurs sur leur support et de soudure de leurs électrodes de connexion (fils d'alimentation des transducteurs) du processus de fabrication des antennes type tonpilz à haute fréquence à grand nombre d'éléments.

[0012] L'invention prévoit, selon un mode de réalisation préféré, de réduire le pilier de céramiques du Tonpilz à une seule céramique et de fixer les différents piliers sur un circuit imprimé commun à toute l'antenne dans la structure du tonpilz, entre la céramique et la contremasse, afin d'assurer la connexion électrique de tous les éléments de l'antenne et de fixer de façon stable la disposition des transducteurs les uns par rapport aux autres. Il est bien entendu que l'invention n'est pas limitée à des transducteurs à une seule céramique, et que ces transducteurs peuvent en comporter davantage.

[0013] On a représenté en figure 2 un transducteur élémentaire 6 conforme à l'invention et fixé sur un circuit imprimé 7. Selon l'invention, le matériau isolant du circuit imprimé est choisi en fonction des caractéristiques des transducteurs utilisés, par exemple, et à titre non limitatif, ce matériau peut être du verre époxy ou tout support sérigraphiable. Le transducteur 6 comporte essentiellement une céramique tubulaire 8, un pavillon 9 en forme de disque et une contre-masse 10. Ces trois éléments 8 à 10 sont assemblés de la façon suivante sur le circuit imprimé 7 à l'aide d'une vis 11 traversant un perçage de ce circuit imprimé: la contre-masse 10 est appliquée sur une face du circuit imprimé, tandis que la céramique 8 est appliquée sur l'autre face de ce circuit, et le pavillon 9 est appliqué sur la face plane libre de la céramique 8. La vis 11 (vis d'assemblage et de précontrainte) traverse donc librement les éléments 10, 7, et 8 et est vissée dans un alésage axial fileté du pavillon 9. L'axe commun de tous ces éléments est référencé 12. Bien entendu, un grand nombre (une centaine ou plus) d'autres transducteurs peuvent être fixés sur le circuit imprimé 7, et à titre d'exemple, on a représenté un perçage 13 formé dans ce circuit imprimé pour la fixation d'un transducteur voisin du transducteur 6. La topologie d'implantation des différents transducteurs sur le circuit imprimé 7 est déterminée de façon connue en soi en vue d'obtenir un diagramme de rayonnement recherché et, le cas échéant, pour pouvoir mettre en oeuvre un système de formation et d'orientation de faisceaux.

[0014] Les connexions électriques sont assurées de la façon suivante. Le circuit imprimé 7 récupère chacun des points positif et négatif du transducteur sur ses deux faces principales. La connexion positive est obtenue par le contact direct d'une face plane de la céramique sur le circuit imprimé 7. La connexion négative est obtenue de façon indirecte: l'autre face plane de la céramique est en contact direct avec le pavillon (électriquement conducteur), et la vis 11 relie électriquement le pavillon à la contre-masse, et la contre-masse est en contact direct avec le circuit imprimé 7. La vis 11 est isolée électriquement de la céramique à l'aide d'un fourreau (non représenté), en matière plastique par exemple.

[0015] La topographie des conducteurs formés sur le circuit imprimé 7 et partant des transducteurs est optimisée et ces conducteurs sont reliés à un connecteur (non représenté) fixé sur le circuit imprimé. Ces conducteurs véhiculent l'énergie d'excitation des voies en émission depuis les dispositifs d'électronique de puissance et de pilotage (non représentés), et en phase de réception, ils véhiculent les signaux vers les circuits électroniques de traitement (non représentés).

[0016] Pour simplifier le dessin, on a représenté sur les figures 3 à 7 un mode de réalisation d'une antenne 14 (sans son boîtier de protection) conforme à l'invention avec seulement huit transducteurs, référencés 15 dans leur ensemble, mais il est bien entendu que dans la réalité, une antenne comporte généralement un plus grand nombre de transducteurs, par exemple au moins 64. Ces

transducteurs 15 ont été représentés alignés, mais il est également bien entendu que dans la réalité, ils ne sont pas nécessairement alignés, et que leur disposition sur le circuit imprimé les supportant est fonction, de façon connue en soi, des caractéristiques du faisceau acoustique à obtenir.

[0017] Les transducteurs 15 sont fixés sur une plaque 16 sur laquelle sont imprimés des conducteurs de liaison électrique entre les différents transducteurs et un connecteur (non représenté) assurant, avec un autre connecteur (non représenté non plus) la connexion avec des circuits de réception et de traitement de signal appropriés, bien connus en soi et non décrits ici.

[0018] Les conducteurs 17 imprimés sur la face supérieure de la plaque 16 (celle contre laquelle sont appliquées les céramiques telles que la céramique 8 de la figure 2) comportent chacune une partie circulaire entourant le perçage de fixation du transducteur, assurant le contact avec une première électrode frontale de la céramique correspondante, et se prolongeant par une partie filiforme s'étendant jusqu'à une zone 18A où ces conducteurs 17 sont reliés à travers la plaque 16, dans une zone 18B (en vis-à-vis de la zone 18A) de la face inférieure de la plaque 16, à des tronçons de conducteurs 19 dont les extrémités sont soudées à un connecteur (non représenté, dont on a uniquement représenté la trace 20 sur la plaque 16). Des conducteurs 21 sont imprimés sur la face inférieure de la plaque 16. Ils assurent la connexion électrique avec une seconde électrode de chaque céramique, et ont une forme similaire à celle des conducteurs 17, avec cette différence que leurs extrémités sont soudées à un deuxième connecteur (non représenté, dont on a uniquement représenté la trace 22 sur la plaque 16. Bien entendu, les conducteurs imprimés sur la plaque 16 peuvent avoir d'autres parcours et être reliés différemment au(x) connecteur(s).

[0019] L'antenne 23 représentée en figure 8 comporte essentiellement une plaque 24 à circuits imprimés sur laquelle sont fixés 64 transducteurs référencés 25 dans leur ensemble. Quatre connecteurs (dont seulement deux, référencés 26, 27 sont visibles sur la figure) sont fixés sur la plaque 24. Le circuit imprimé 24 est du type double face, et ne voit donc sur la figure que les pistes 28 imprimées sur une seule de ses faces. L'ensemble est fixé dans un boîtier étanche (non représenté). De même, on n'a pas représenté non plus les circuits électroniques (préamplification, amplification, pré-traitement,...) pouvant être inclus dans ce boîtier.

[0020] Les avantages de la présente invention sont de cinq ordres :

- 1- Facilité du montage des tonpils de type empilage/serrage.
- 2- Positionnement mutuel très précis des transducteurs par nature (déterminé par le circuit imprimé), ce qui garantit une bonne répétabilité des caractéristiques de rayonnement de l'antenne ainsi constituée.

3- Suppression de la dispersion de performances, sur de petits transducteurs, due au soudage (déformation thermique, dérive des caractéristiques des pièces assemblées).

4- Repérage automatique du câblage des transducteurs par le circuit imprimé;

5- Le contrôle électro-acoustique de l'antenne (contrôle individuel de chaque transducteur) devient automatisable. En effet, le (les) connecteur(s) peut (peuvent) être également relié(s) à un circuit de test disposé dans le boîtier de l'antenne et télécommandé pour effectuer les tests appropriés directement *in situ*.

6- L'ensemble des avantages mentionnés ci-dessus amène une réduction du coût de production, car il permet un gain de temps considérable.

[0021] Les couplages vibratoires entre voies ("cross-talking") susceptibles d'apparaître par l'intermédiaire du circuit imprimé sont minimisés par optimisation du fonctionnement par la méthode des éléments finis, en optimisant la masse de chaque élément de chaque transducteur, en particulier les contre-masses (10), de façon à ramener le point nodal de vibration de la structure au niveau du circuit imprimé afin de réduire le plus possible la déformation de ce dernier et les éventuels déplacements infimes des transducteurs sur leur plaque de support (généralement, la tige de fixations des transducteurs sur la plaque de circuit imprimé est bien plus élastique que la céramique, et la précontrainte qu'elle exerce sur le transducteur n'est pas suffisante pour le brider, mais suffit à assurer le contact électrique entre les éléments des transducteurs et le circuit imprimé). Pour mettre en oeuvre l'optimisation des transducteurs, la structure de chaque transducteur est représentée comme un maillage de petits éléments volumiques dans lequel chacune des grandeurs acoustiques est calculée, connaissant les conditions initiales et les conditions aux limites et en appliquant le théorème de Kirchhoff.

Revendications

1. Antenne acoustique à montage facilité et comportant un réseau de transducteurs élémentaires (15), chaque transducteur élémentaire comprenant, entre une contre-masse (10) et un pavillon (9), au moins une céramique (8), tous les transducteurs élémentaires étant montés sur un circuit imprimé (7, 16) commun de liaison électrique entre les transducteurs et de positionnement des transducteurs les uns par rapport aux autres, et au moins un connecteur (26, 27) fixé sur ce circuit imprimé, ladite antenne acoustique étant **caractérisée en ce que** chacun des transducteurs est monté de façon que le circuit imprimé soit serré entre sa (ses) céramique(s) et sa contre-masse et **en ce que** la masse de chaque élément de chaque transducteur est optimisée de façon

à ramener le point nodal de vibration de la structure au niveau du circuit imprimé.

2. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les transducteurs élémentaires sont de l'un des types électro-acoustiques suivants : piézo-électrique ou électrostrictif.

3. Antenne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les transducteurs élémentaires sont alignés.

4. Antenne selon l'une des revendications 1 à 2, **caractérisée en ce que** les transducteurs élémentaires ne sont pas alignés, leur disposition sur le circuit imprimé les supportant étant fonction des caractéristiques du faisceau acoustique à obtenir.

Patentansprüche

1. Akustische Antenne für vereinfachte Montage und mit einem Netzwerk von elementaren Wandlern (15), wobei jeder elementare Wandler zwischen einer Gegenmasse (10) und einem Schalltrichter (9) wenigstens eine Keramik (8) aufweist, wobei alle elementaren Wandler auf einer gemeinsamen gedruckten Schaltung (7, 16) mit elektrischer Verbindung zwischen den Wandlern und gegenseitiger Positionierung der Wandler angebracht sind, und mit wenigstens einem auf der elektrischen Schaltung angebrachten Anschluß, wobei die akustische Antenne **dadurch gekennzeichnet ist, dass** jeder der Wandler derart montiert ist, dass die elektrische Schaltung zwischen dessen (oder deren) Keramik und dessen Gegenmasse eingeklemmt ist und dass die Masse jedes Elements jedes Wandlers derart optimiert ist, dass der Schwingungsknoten der Struktur auf die gedruckte Schaltung gebracht ist.

2. Antenne gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elementaren Wandler eines der folgenden elektroakustischen Typen sind: piezoelektrisch oder elektrostriktiv.

3. Antenne gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elementaren Wandler ausgerichtet sind.

4. Antenne gemäß einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elementaren Wandler nicht ausgerichtet sind, wobei deren Anordnung auf der diese tragenden elektrischen Schaltung von den Merkmalen des zu erhaltenden akustischen Bündels abhängt.

Claims

1. An easy-mounting acoustic antenna comprising an array of elementary transducers (15), each elementary transducer comprising, between a counterweight (10) and a horn (9), at least one ceramic (8), all the elementary transducers being mounted on a common printed circuit (7, 16) for electrical connection between the transducers and for positioning the transducers relative to one another, and at least one connector (26, 27) fixed to said printed circuit, the said acoustic antenna being **characterized in that** each of the transducers is mounted in such a way that the printed circuit is clamped between the ceramic(s) and the counterweight thereof and **in that** the weight of each element of each transducer is optimized so as to bring back the nodal point of vibration of the structure at the level of the printed circuit..

5
10
15
20
2. An antenna according to claim 1, **characterized in that** the elementary transducers are of one of the following electro-acoustic types: piezoelectric or electrostrictive.

25
3. An antenna according to one of the preceding claims, **characterized in that** the elementary transducers are aligned relative to one another.

30
4. An antenna according to one of the claims 1 to 2, **characterized in that** the elementary transducers are not aligned relative to one another, their arrangement on the printed circuit carrying them being based on the characteristics of the acoustic beam to be obtained.

35

40

45

50

55

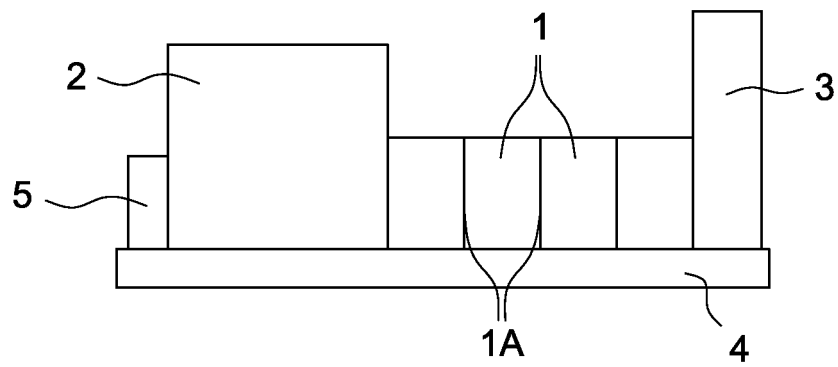


FIG.1

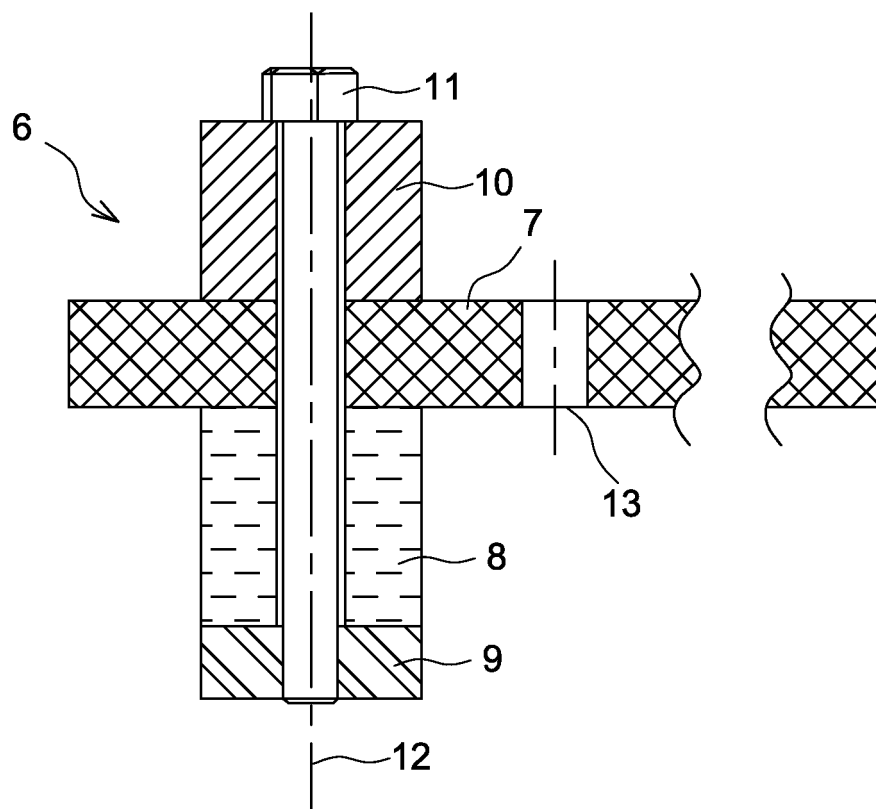


FIG.2

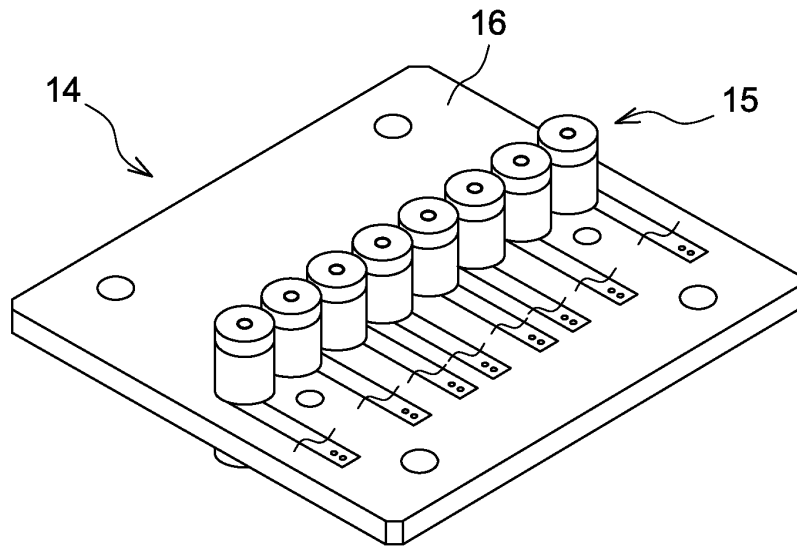


FIG.3

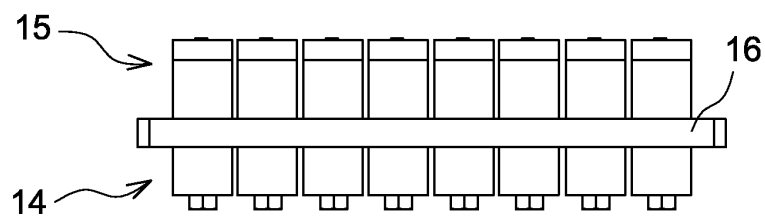


FIG.4

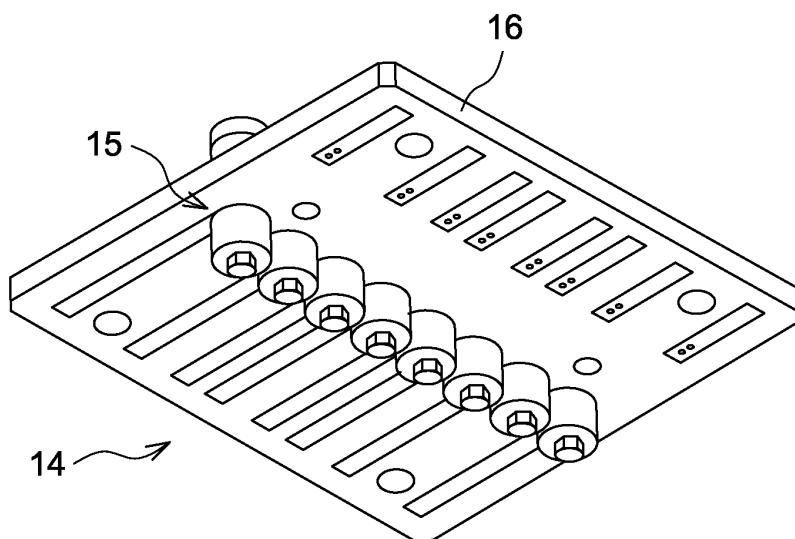


FIG.5

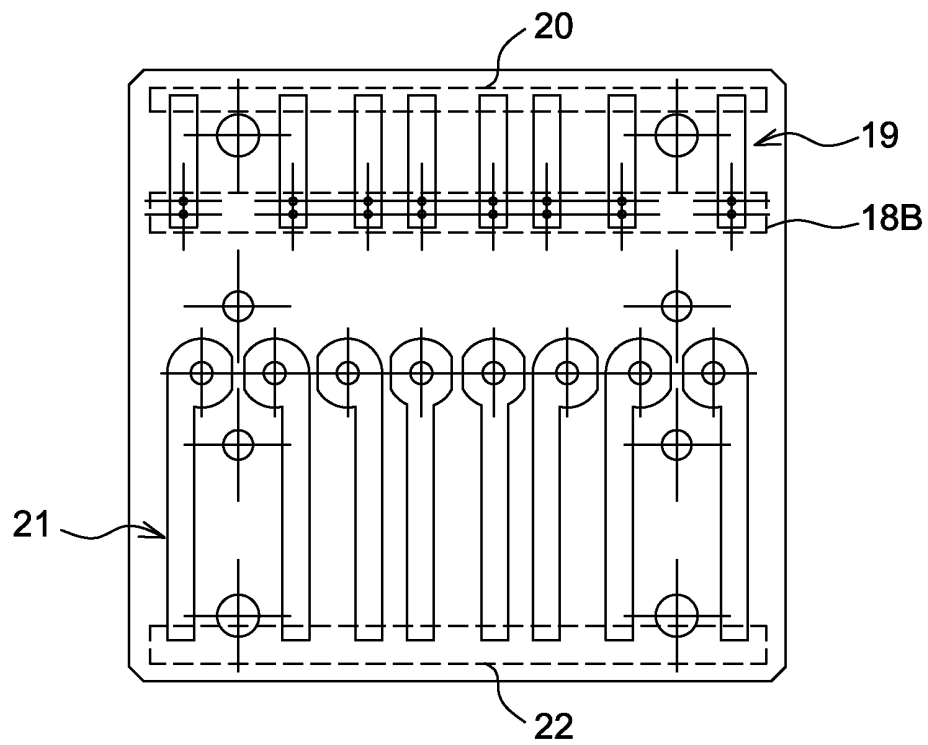


FIG. 6

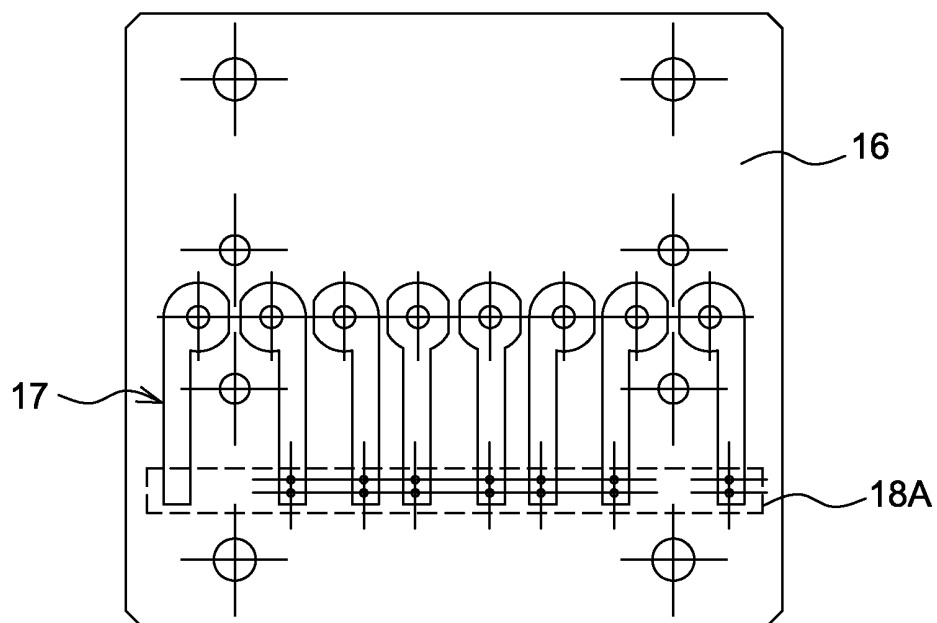


FIG. 7

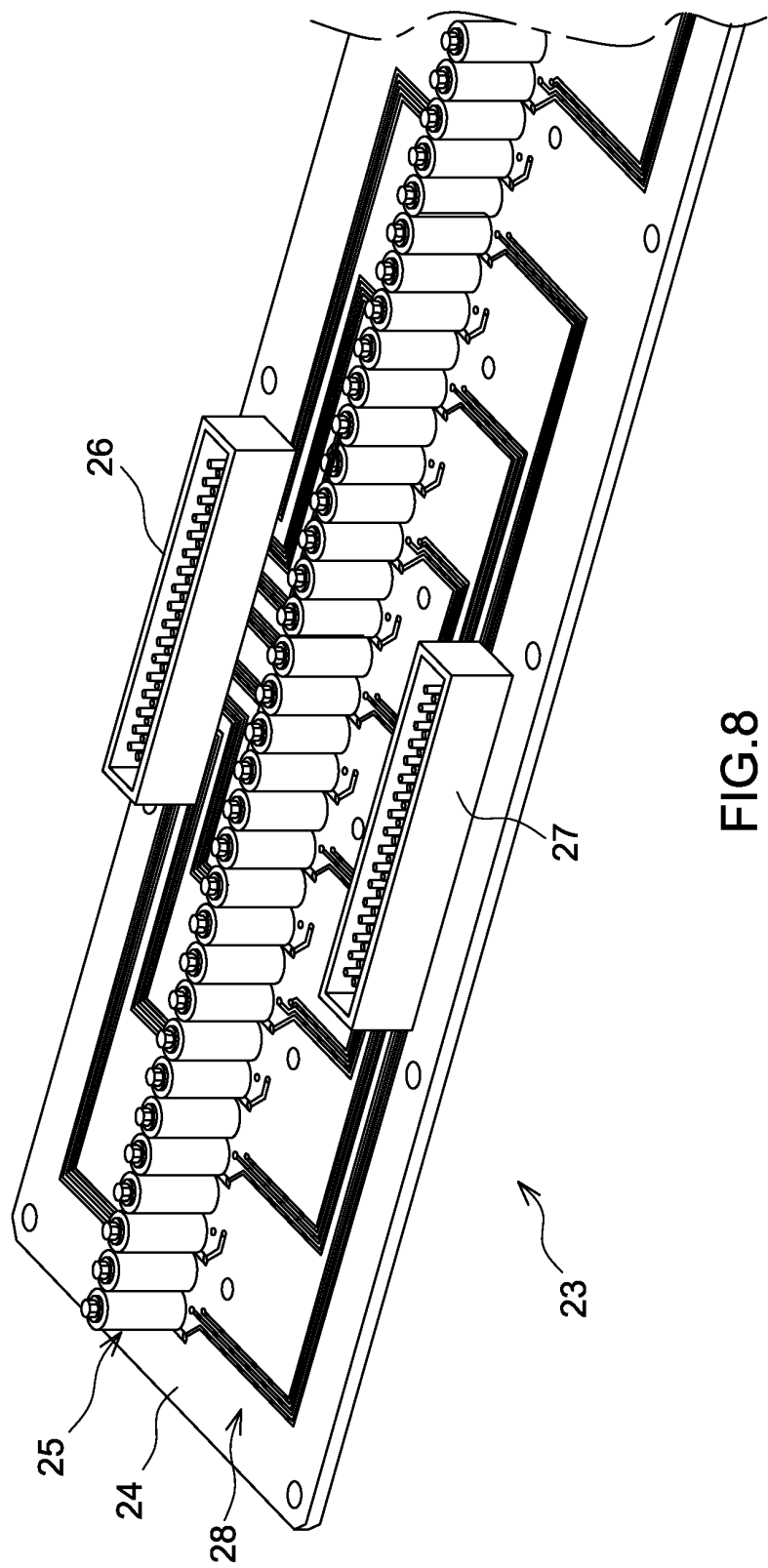


FIG.8

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 6181052 B1 [0006]