



CONFÉDÉRATION SUISSE  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 683303 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: H 01 B 7/08  
G 01 C 19/04  
H 02 G 11/00

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑳ Numéro de la demande: 1121/90

⑦③ Titulaire(s):  
Société d'Applications Générales d'Electricité et de  
Mécanique SAGEM, Paris 16e (FR)

㉒ Date de dépôt: 03.04.1990

③⑩ Priorité(s): 04.04.1989 FR 89 04416

⑦② Inventeur(s):  
Aubert, Christian, Le Mesnil-le-Roi (FR)

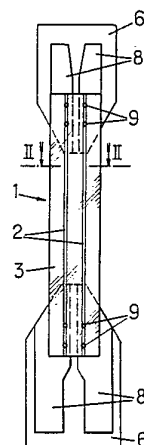
㉔ Brevet délivré le: 15.02.1994

④⑤ Fascicule du brevet  
publié le: 15.02.1994

⑦④ Mandataire:  
E. Blum & Co., Zürich

⑤④ **Elément composite conducteur souple apte à supporter des efforts de flexion et de torsion et gyroscope en faisant application.**

⑤⑦ Le conducteur électrique est constitué par un ruban (2) en un alliage de cuivre et d'un métal précieux bon conducteur électrique, cet alliage ayant une résistivité électrique inférieure à  $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$  et une résistance mécanique d'au moins  $1500 \text{ N/mm}^2$ . La gaine isolante est constituée par deux rubans isolants (3) assemblés sans possibilité de glissement face contre face en enserrant le ruban conducteur (2) auquel ils sont également assemblés sans possibilité de glissement face contre face, le matériau constitutif de chaque ruban isolant étant souple et non cassant.



## Description

La présente invention concerne un élément composite conducteur souple formant câble électrique apte à supporter des efforts combinés de flexion et de torsion, pour raccorder électriquement deux organes animés l'un par rapport à l'autre d'un mouvement d'oscillation angulaire à grande vitesse avec des amplitudes importantes, cet élément composite étant conformé sous la forme générale d'un ruban comportant au moins une âme métallique électriquement conductrice entourée d'une gaine électriquement isolante, un procédé de fabrication de cet élément composite conducteur, ainsi qu'un gyroscope comprenant cet élément composite conducteur.

Un exemple – non exclusif – d'application visé par l'invention consiste en l'établissement d'une liaison électrique entre le stator et le second étage de la suspension à cardan dans un gyroscope, et en particulier dans un type de gyroscope dit «à grand dépointage» (ou à grand débattement) dans lequel les deux étages de la suspension à cardan ont des oscillations angulaires relatives de très grande amplitude (par exemple  $\pm 35^\circ$  maximum), au rythme d'environ 20 à 30 fois par seconde. L'établissement d'une liaison électrique entre le stator et le second étage de la suspension à cardan présente donc des difficultés d'autant plus grandes, consécutives aux conditions de fonctionnement précitées, qu'en outre cette liaison est très courte (de l'ordre de 10 à 15 mm) compte tenu des dimensions générales modestes des gyroscopes.

Dans un tel contexte général, une liaison électrique mettant en œuvre des moyens à collecteur électrique tournant et balais semble être difficile à retenir pour des raisons de coût, d'encombrement, et de complexité électro-mécanique.

Une liaison par des câbles conducteurs de structure traditionnelle n'a pas donné satisfaction en raison des efforts combinés trop importants de flexion et de torsion auxquels sont soumis les câbles: de nombreux essais menés avec des câbles électriques de structures diverses (notamment câbles à gaines de Téflon, câbles à conducteurs tubulaires en fils de cuivre torsadés, câbles à conducteurs de section carrée ou rectangulaire, etc.) ont tous conduit à des échecs dans un temps très inférieur à la durée de vie normalement prévue pour ces composants (rupture des gaines, rupture des conducteurs, effilochage des conducteurs tressés, etc.).

L'invention a donc essentiellement pour but de proposer une nouvelle structure d'élément apte à assurer une liaison électrique dans des conditions difficiles, en particulier une liaison de faible longueur et soumise à des efforts combinés de torsion et de flexion à grande vitesse.

Ce but est atteint selon l'invention par un élément composite du type précité qui se caractérise en ce que le conducteur électrique est un ruban en un alliage de cuivre et d'un métal précieux bon conducteur électrique choisi parmi l'or et le platine, cet alliage ayant une résistivité électrique inférieure à  $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$  et une résistance mécanique d'au moins  $1500 \text{ N/mm}^2$ , et en ce que la gaine isolante est constituée par deux rubans isolants assemblés

sans possibilité de glissement face contre face en enserrant le ruban conducteur auquel ils sont également assemblés sans possibilité de glissement face contre face, le matériau constitutif de chaque ruban isolant étant souple et non cassant.

Grâce à cet agencement, on combine les avantages procurés par un matériau qui est électriquement très bon conducteur, avec une excellente résistivité électrique, et qui est mécaniquement plus résistant aux efforts de torsion et de flexion que le cuivre ou l'aluminium traditionnellement utilisés dans cette fonction, avec les avantages procurés par une gaine isolante en forme générale de ruban en un matériau souple et non cassant qui supporte bien les déformations de torsion et de flexion, et dans laquelle le ou les conducteurs électriques – eux-mêmes en forme de ruban – sont rigidement solidarisés aux deux rubans isolants qui l'enserrent. Une telle structure possède la souplesse requise pour se déformer librement, même dans le cas de tronçons de relativement faible longueur. En outre le couple résistant opposé par la structure conforme à l'invention est faible et stable, ce qui permet de l'inclure dans un système asservi (cas d'un dispositif gyroscopique) sans perturbation du fonctionnement de celui-ci.

Dans un exemple de réalisation, s'appliquant notamment à l'équipement d'un gyroscope, la largeur de ce ruban conducteur est comprise entre 0,1 et 0,2 mm et son épaisseur entre 5 et  $10 \mu\text{m}$ ; avantageusement l'épaisseur de chaque ruban isolant est comprise entre 127 et  $254 \mu\text{m}$ .

De façon souhaitable le ruban conducteur est laminé et écroui.

Pour ce qui est des rubans isolants, chaque ruban isolant est muni d'une face adhésive et les deux rubans isolants sont assemblés par leurs faces adhésives; de préférence chaque ruban isolant est choisi parmi un support polyimide, un support polyester, un tissu de verre (avantageusement le matériau étant du MYLAR ou du KAPTON).

Dans un mode de réalisation particulier, qui est pratique en raison de sa simplicité structurelle et de la facilité de mise en place qu'il procure, les extrémités de l'élément composite conducteur selon l'invention comprennent respectivement une plaquette de raccordement en un matériau rigide ou semi-rigide sur les deux faces de laquelle sont solidarisés les deux rubans isolants, l'extrémité du ruban conducteur étant enserrée entre l'un des rubans isolants et la plaquette, la plaquette de raccordement pouvant être munie d'au moins une piste électriquement conductrice imprimée sur une de ses faces, piste sur laquelle l'extrémité du ruban conducteur est maintenue en appui de contact électriquement conducteur.

L'invention propose également un gyroscope comportant un stator et un rotor supporté par ce stator par l'intermédiaire d'une suspension à cardan, dans lequel une liaison électrique est établie entre le stator et le second étage de la suspension à cardan, qui se caractérise en ce que la liaison électrique qu'il inclut est établie à l'aide d'un élément composite conducteur conforme à l'invention. Dans un tel gyroscope, notamment pour un gyros-

cope à capacité de dépointage angulaire importante, il est avantageux qu'un demi-arbre de rotation du second étage de la suspension à cardan soit creux et que l'élément composite conducteur passe à travers ce demi-arbre creux.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit de certains modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples illustratifs et non limitatifs, description dans laquelle on se préfère aux dessins ci-joints, sur lesquels:

- la fig. 1 est une vue de dessus d'un élément composite conducteur conforme à l'invention;
- les fig. 2A à 2C sont des vues en section transversale selon la ligne II-II de la fig. 1, montrant plusieurs variantes possibles;
- la fig. 3 est une vue en coupe montrant une extrémité de l'élément composite conducteur de la fig. 1 en position de montage, l'élément composite conducteur étant montré en coupe axiale longitudinale;
- la fig. 4 est une vue schématique partielle, en coupe longitudinale, d'un gyroscope incorporant une liaison électrique établie conformément à l'invention entre le stator et le second étage de la suspension; et
- les fig. 5A et 5B sont des vues schématiques à plus grande échelle illustrant le comportement de l'élément de la fig. 1 dans un exemple de montage tel que celui de la fig. 4.

En se référant tout d'abord aux fig. 1 et 2A, un élément conducteur composite conforme à l'invention, désigné dans son ensemble par la référence 1, est constitué essentiellement par un ou plusieurs (deux sur ces fig. 1 et 2A) conducteurs électriques 2 enserrés entre deux rubans 3 en un matériau électriquement isolant et solidarisés face contre face. De ce fait, l'élément conducteur composite 1 se présente lui-même sous la forme générale d'un ruban, avec au moins une âme métallique électriquement conductrice entourée d'une gaine isolante.

De façon plus spécifique, chaque conducteur électrique 2 est lui aussi en forme de ruban, en un alliage de cuivre et d'un métal précieux bon conducteur électrique, tel que l'or ou le platine; de ce fait, cet alliage possède une bonne résistivité électrique, inférieure à  $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ , ce qui autorise la réalisation de conducteurs de relativement faible section tout en étant aptes à accepter des intensités relativement élevées. En outre, un ruban réalisé en un tel alliage, ayant subi une opération de laminage et d'écrouissage, peut avoir une résistance mécanique d'au moins  $1500 \text{ N/mm}^2$ .

De plus, l'alliage considéré se travaille très bien et le ruban peut avoir des dimensions assez faibles, par exemple une largeur comprise entre 0,1 et 0,2 mm et une épaisseur comprise entre 5 et  $10 \mu\text{m}$ , pour satisfaire aux exigences imposées dans l'application aux gyroscopes dont il est question plus loin.

La gaine isolante entourant le ou les conducteurs est constituée par deux rubans isolants 3, qui sont assemblés rigidement face contre face en enserrant

le ou les rubans conducteurs 2 auxquels ils sont également assemblés rigidement (par exemple collés) face contre face, le matériau constitutif de chaque ruban isolant étant souple et non cassant.

Chaque ruban isolant est choisi parmi un support polyimide, un support polyester, un tissu de verre; en particulier les produits commercialisés sous les noms MYLAR et KAPTON semblent donner entière satisfaction pour les applications envisagées.

Chaque ruban isolant peut avoir une épaisseur comprise entre 127 et  $254 \mu\text{m}$ .

De préférence, on pourra utiliser des rubans isolants à face auto-adhésive, soit simple face, soit double face selon les réalisations (les couches d'adhésif sont désignées par la référence 4 sur la fig. 2A).

Dans l'exemple représenté à la fig. 1, prévu pour équiper le gyroscope montré à la fig. 4, la largeur des rubans isolants est de l'ordre de 1,5 mm et leur longueur de l'ordre de 12 mm (10 à 15 mm).

Bien entendu, une structure conforme à l'invention peut conduire à des réalisations incluant un nombre quelconque de rubans conducteurs soit disposés côte à côte, soit de préférence disposés par couches successives isolées les unes des autres. A la fig. 2B, un ruban isolant à deux faces adhésives, situé en position centrale, est associé de part et d'autre respectivement avec deux rubans à une seule face adhésive. A la fig. 2C, deux rubans isolants à une seule face adhésive sont réunis face contre face avec interposition d'une couche adhésive intermédiaire 5, les rubans conducteurs 2 étant enserrés entre les couches adhésives 4 et 5.

En se référant maintenant aux fig. 1 et 3 (sur lesquelles l'élément conducteur composite 1 est supposé comporter deux rubans conducteurs 2), les extrémités de l'élément peuvent être agencées de la manière suivante. A chaque extrémité est prévue une plaquette 6 de liaison mécanique avec une pièce de support 7. La plaquette 6 est une plaquette rigide du type utilisé pour la réalisation des circuits imprimés, sur laquelle ont été dégagées deux pistes conductrices 8 électriquement isolées l'une de l'autre. Au voisinage de leur extrémité, les deux rubans isolants 3 ne sont pas solidarisés l'un à l'autre, mais sont solidarisés (notamment collés) respectivement sur les deux faces de la plaquette 6 (voir fig. 3). Les rubans conducteurs 2, solidarisés à l'un des rubans, sont donc enserrés à leur extrémité entre le ruban isolant correspondant et la face en regard de la plaquette 6, en étant maintenus appliqués contre les pistes conductrices respectives 8. Une confirmation mécanique de l'assemblage peut être obtenue au moyens de points de soudure électrique 9 ou moyens analogues. Les plaquettes 6 peuvent être fixées sur leur pièce de support 7 par tous moyens appropriés, par exemple par collage ou bridage, et des conducteurs électriques (non montrés) de liaison avec des dispositifs extérieurs peuvent être soudés aux pistes 8.

La fig. 4 montre une partie de gyroscope faisant application d'un élément conducteur composite conforme à l'invention. Du gyroscope seuls sont montrés les éléments nécessaires à la compréhension. Un bras fixe 10, faisant partie du stator du gyrosco-

pe, supporte une bague 11 montée à pivotement sur un axe 12 et constituant le premier étage d'une suspension à cardan. Sur la bague 11 est montée à rotation, par l'intermédiaire de demi-axes 13 perpendiculaires à l'axe 12 précité et à l'axe 14 du bras 10, une seconde bague 15 constituant le second étage de la suspension à cardan, bague 15 qui est entourée par le rotor 16 du gyroscope qu'elle supporte à libre rotation. Les doubles flèches 18 et 19 schématisent les oscillations angulaires respectives des premier et second étages de la suspension à cardan. Les organes représentés sont supposés appartenir à un gyroscope du type dit «à grand dépointage», c'est-à-dire agencé pour que le rotor puisse avoir par rapport au stator des débattements de grande amplitude angulaire (par exemple  $\pm 35^\circ$ ), et ceci avec une vitesse élevée (par exemple 22 fois par seconde).

Pour établir une liaison électrique fiable entre la bague 15 constituant le second étage de la suspension à cardan et le bras fixe 10, un des demi-axes 13 est réalisé creux et un élément conducteur composite 20 constitué conformément à l'invention comme indiqué précédemment s'étend entre la bague 15 et l'arbre fixe 10 en traversant le demi-axe creux 13. Comme représenté à la fig. 4, une extrémité de l'élément conducteur 20 est fixée à plat, par exemple par l'intermédiaire de la plaquette 6, sur la surface externe de la bague 15, au voisinage du demi-axe 13; puis l'élément conducteur 20 est coudé à angle droit avec un rayon de courbure très court pour traverser sensiblement centralement l'évidement 21 du demi-axe 13 qu'il quitte par une boucle 22 de rayon de courbure relativement important (par exemple 2 mm) pour venir s'appuyer librement sur la surface externe du bras 10 sur laquelle est fixée son autre extrémité.

La fig. 5A montre, à échelle agrandie, la déformation de la boucle 22 de l'élément conducteur 20 lorsque la bague 15 subit des débattements angulaires entre deux angles extrêmes de  $\pm \alpha$  (par exemple  $\pm 35^\circ$ ) selon la double flèche 18 de la fig. 4. On constate que, au cours de ces débattements, la partie de l'élément conducteur 20 engagée dans l'évidement 21 reste en position sensiblement centrale dans ce dernier, tandis que la boucle 22 roule sur la surface du bras 10 en restant appuyée sur celle-ci (mouvement de flexion imprimé à l'élément conducteur 20).

La fig. 5B montre, également à échelle agrandie, la déformation de l'élément conducteur 20 lorsque la bague 11 subit des débattements angulaires  $\pm \beta$  comme indiqué par la double flèche 19 de la fig. 4. Dans ce cas, le coude supérieur 23 de la boucle 22 constitue un pseudo point fixe souple, et la partie de l'élément conducteur 20 engagée dans l'évidement 21 subit une déformation de torsion autour de ce pseudo point fixe 23 entre deux positions extrêmes, de part et d'autre de l'axe de l'évidement 21, comme montré sur la fig. 5B.

Dans un exemple typique de réalisation, les rubans isolants ont une largeur de 1,5 mm, la largeur des plaquettes 6 étant de 2,5 mm, et la longueur de l'élément conducteur 20 est de l'ordre de 10 à 15 mm, par exemple de 12 mm. La configuration

géométrique donnée au ruban (grande largeur pour une faible épaisseur) conduit au pseudo point fixe 23 précité. Ce «point fixe», n'étant pas rigide puisque formé par une lame déformable, amortit les effets de fatigue engendrés par le phénomène de torsion.

Il en résulte que ce type d'agencement de l'élément conducteur est capable d'accepter une grande déformation simultanée de torsion et de flexion dans les conditions d'amplitude et de fréquence précitées, avec une durée de vie relativement longue compatible avec l'application envisagée.

En outre, on peut noter que le couple parasite dû à la présence de l'élément conducteur composite 20, entraîné par les mouvements angulaires relatifs des pièces qu'il relie, reste faible (par exemple ordre de grandeur de 2 g. cm. rad) et stable, ces qualités étant conférées par la qualité des matériaux employés et le dimensionnement des organes constitutifs.

Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes d'application et de réalisation qui ont été plus particulièrement envisagés; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

#### Revendications

1. Élément composite conducteur souple formant câble électrique apte à supporter des efforts combinés de flexion et de torsion, pour raccorder électriquement deux organes animés l'un par rapport à l'autre d'un mouvement d'oscillation angulaire à grande vitesse avec des amplitudes importantes, cet élément composite étant conformé sous la forme générale d'un ruban (1) comportant au moins un conducteur électrique métallique entouré d'une gaine électriquement isolante, caractérisé en ce que le conducteur électrique est un ruban (2) en un alliage de cuivre et d'un métal précieux bon conducteur électrique choisi parmi l'or et le platine, cet alliage ayant une résistivité électrique inférieure à  $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$  et une résistance mécanique d'au moins  $1500 \text{ N/mm}^2$ , et en ce que la gaine isolante est constituée par deux rubans isolants (3) assemblés sans possibilité de glissement face contre face en enserrant le ruban conducteur (2) auquel ils sont également assemblés sans possibilité de glissement face contre face, le matériau constitutif de chaque ruban isolant étant souple et non cassant.

2. Élément composite conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la largeur de ce ruban conducteur (2) est comprise entre 0,1 et 0,2 mm et son épaisseur entre 5 et  $10 \mu\text{m}$ .

3. Élément composite conducteur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'épaisseur de chaque ruban isolant (3) est comprise entre 127 et  $254 \mu\text{m}$ .

4. Élément composite conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chaque ruban isolant (3) est muni d'une face adhésive (4) et en ce que les deux rubans isolants sont assemblés par leurs faces adhésives.

5. Élément composite conducteur selon l'une

quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que chaque ruban isolant (3) est choisi parmi un support polyimide, un support polyester, un tissu de verre.

6. Élément composite conducteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que le matériau constitutif de chaque ruban est du polytéréphtalate d'éthylène. 5

7. Élément composite conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ses extrémités comprennent respectivement une plaquette de raccordement (6) en un matériau rigide ou semi-rigide sur les deux faces de laquelle sont solidarités les deux rubans isolants (3), l'extrémité du ruban conducteur (2) étant ensermée entre l'un des rubans isolants (3) et la plaquette (6). 10 15

8. Élément composite conducteur selon la revendication 7, caractérisé en ce que la plaquette de raccordement (6) est munie d'au moins une piste électriquement conductrice (8) imprimée sur une de ses faces, piste sur laquelle l'extrémité du ruban conducteur (2) est maintenue en appui de contact électriquement conducteur. 20

9. Procédé de fabrication d'un élément composite conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le ruban conducteur (2) est obtenu par laminage et écrouissage. 25

10. Gyroscope comportant un stator (10) et un rotor (16) supporté par ce stator par l'intermédiaire d'une suspension à cardan à deux étages (11, 15), dans lequel une liaison électrique est établie entre le stator (10) et le second étage (15) de la suspension à cardan, caractérisé en ce que cette liaison électrique comprend un élément composite conducteur (20) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8. 30 35

11. Gyroscope à grand débattement selon la revendication 10, caractérisé en ce que sa capacité de dépointage angulaire est inférieure ou égale à  $\pm 35^\circ$ . 40

12. Gyroscope selon une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce qu'un demi-arbre de rotation (13) du second étage (15) de la suspension à cardan est creux (21) et en ce que l'élément composite conducteur (20) passe à travers ce demi-arbre creux. 45

50

55

60

65

5

FIG.1.

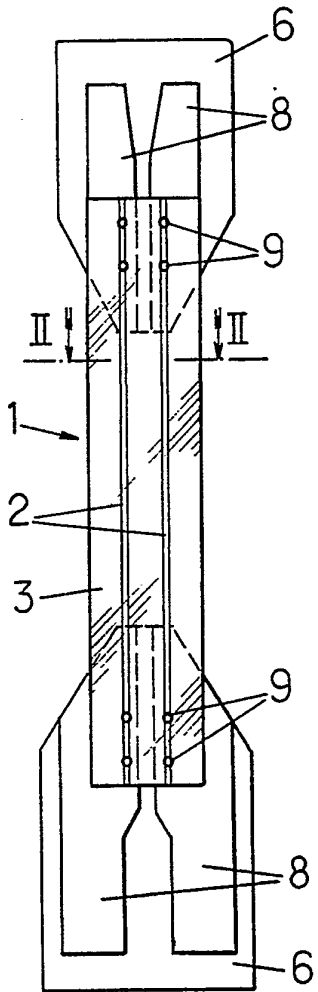


FIG.2A.

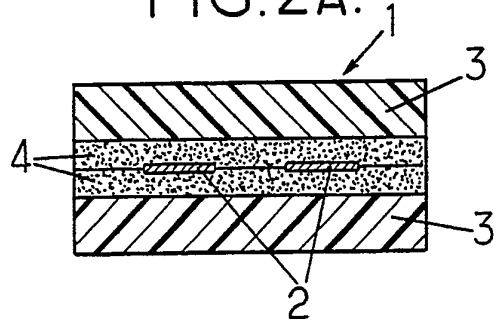


FIG.2B.

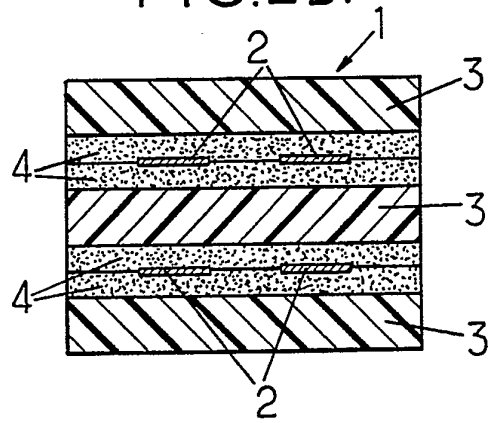


FIG.2C.

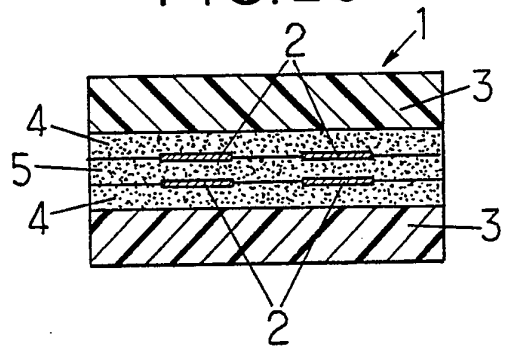
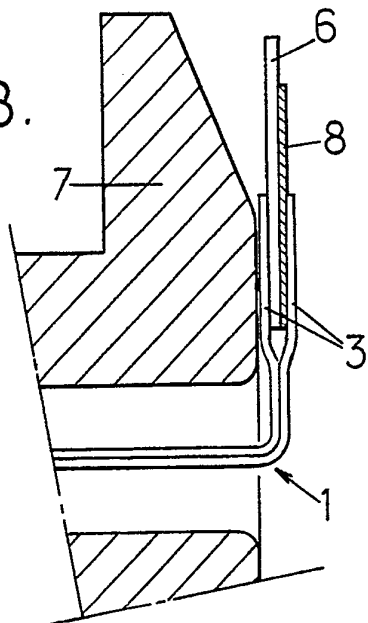


FIG.3.



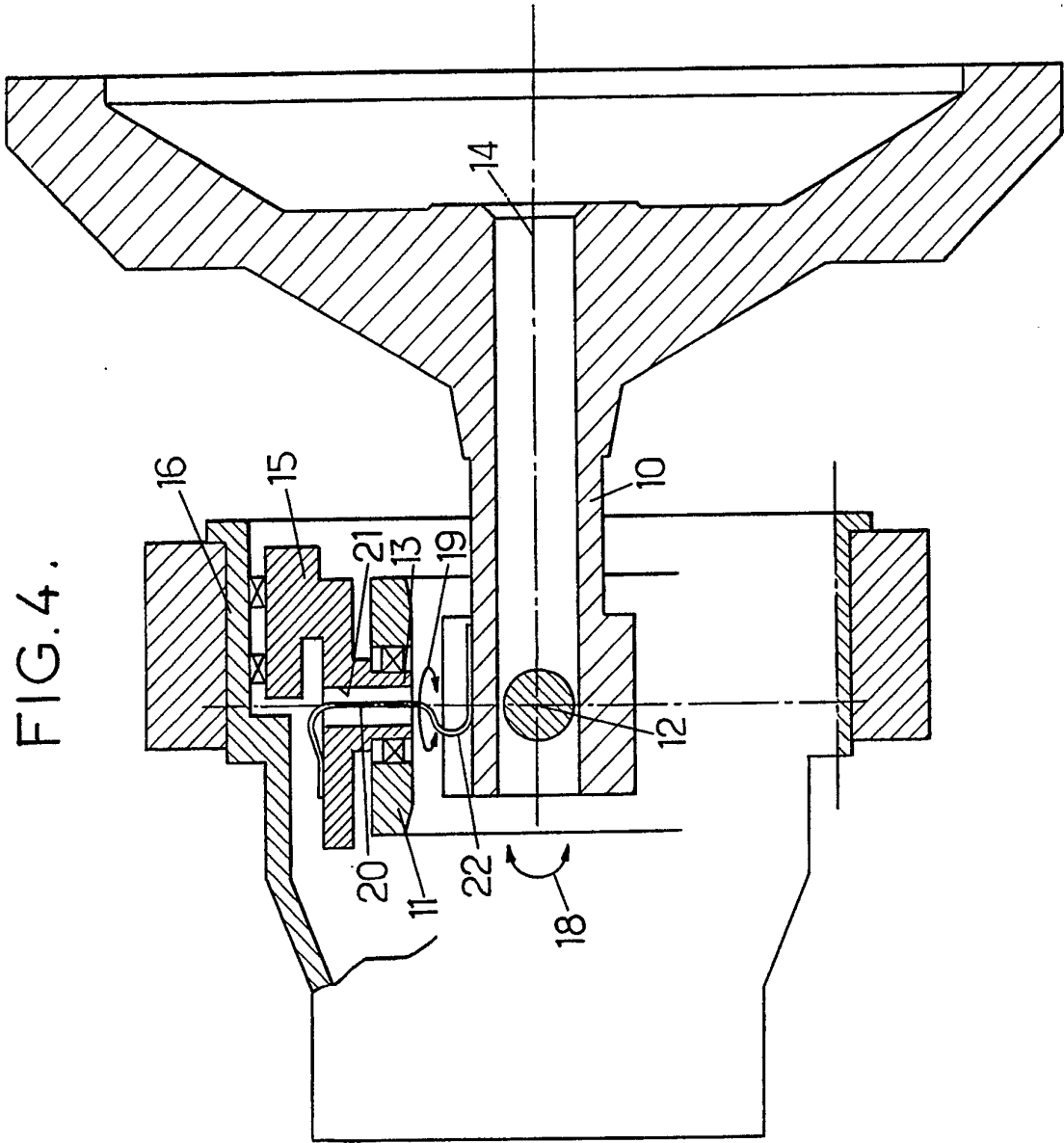


FIG. 5A.

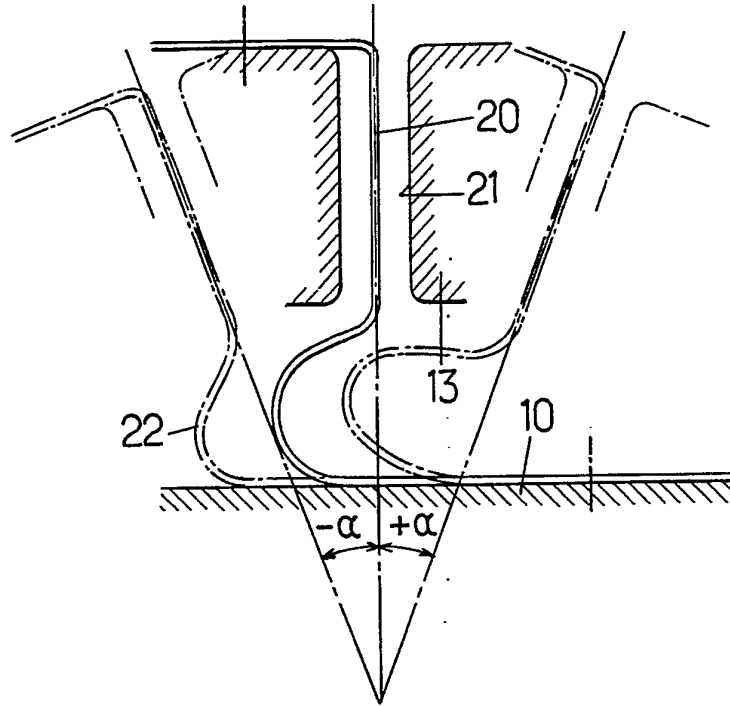


FIG. 5B.

