

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 553 884

②① N° d'enregistrement national : **83 16993**

⑤① Int Cl⁴ : G 01 L 3/10, 1/10; G 01 P 15/02, 15/08.

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 25 octobre 1983.

③⑦ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 17 du 26 avril 1985.

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CSF, société
anonyme. — FR.

⑦② Inventeur(s) : Paul-Louis Meunier et Alain Jacobelli.

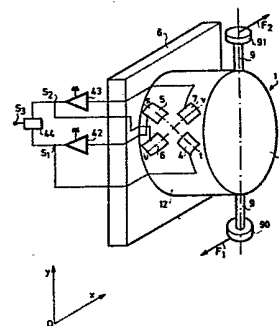
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Philippe Guilguet.

⑤④ Capteur de forces à ondes élastiques de surface.

⑤⑦ L'invention a pour objet un capteur comportant un bar-
reau cylindrique 1 portant sur sa partie périphérique des
moyens détecteurs 4 à 7 permettant de détecter les
contraintes de torsion subies par le barreau.

L'invention s'applique notamment à la mesure d'une compo-
sante d'accélération selon une direction déterminée.



FR 2 553 884 - A1

CAPTEUR DE FORCES A ONDES ELASTIQUES DE SURFACE

La présente invention se rapporte aux capteurs de forces à ondes élastiques de surface et plus particulièrement à ceux qui comportent au moins un oscillateur relié à deux transducteurs situés sur une face d'une pièce mécanique soumise à des efforts de torsion. Elle est particulièrement utilisable dans les accéléromètres et permet de mesurer une composante de l'accélération produisant un couple de forces sur le capteur. Plus généralement, elle fournit un système permettant de mesurer une force agissant sous la forme d'un couple.

On connaît des systèmes dans lesquels on utilise les contraintes de flexion, créées par une force à mesurer, dans une lamelle souple. Des moyens oscillateurs de mesure à ondes élastiques de surface sont disposés sur des faces parallèles de la lamelle et détectent les contraintes créées dans ces faces parallèles par la force à mesurer. Dans ces systèmes on doit prévoir des dispositions permettant d'obtenir dans la lamelle des zones d'égales résistances et dans lesquelles les vitesses de propagation des ondes élastiques de surface sont uniformes.

L'invention propose un capteur permettant de mesurer une force agissant sous forme d'un couple de forces sur un barreau et fournissant sans disposition particulière des zones de mesure isocontraintes.

L'invention a donc pour objet un capteur de forces à ondes élastiques de surface caractérisé en ce qu'il comporte un barreau comprenant une première face d'extrémité, une deuxième face d'extrémité, une partie périphérique ; des moyens d'immobilisation de la première face d'extrémité du barreau ; des moyens d'application de forces de torsion à la deuxième face d'extrémité du barreau ; des moyens oscillateurs de mesure à ondes élastiques de surface disposés sur la partie périphérique du barreau et détectant des contraintes de torsion créées sur la partie périphérique.

L'invention sera mieux comprise au moyen de la description qui va suivre et des figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente un barreau simplifié d'un capteur selon l'invention ;
- la figure 2 représente un exemple de réalisation simplifié d'un

capteur selon l'invention ne comprenant qu'un seul oscillateur ;

- la figure 3 représente un exemple de réalisation simplifié d'un capteur selon l'invention comprenant deux oscillateurs permettant de faire des mesures par différence de fréquences ;

5 - la figure 4 représente une variante du système de l'invention dans lequel on prévoit deux couples d'oscillateurs tels que ceux de la figure 3 ;

- la figure 5 représente un exemple de réalisation selon l'invention.

Dans la description qui va suivre, les contraintes mécaniques sont engendrées par un couple de forces exerçant un effort de torsion sur un
10 barreau. Selon les modes de réalisation la section du barreau pourra être de différentes formes. Néanmoins pour obtenir des contraintes de torsion uniforme dans le barreau, comme on le verra dans la description qui va suivre, on adoptera un barreau de forme cylindrique tel que le barreau 1 de la figure 1. Ce barreau possède une première face d'extrémité 10 immobi-
15 lisée par des moyens non représentés et une deuxième face d'extrémité 11 située dans un plan xOy perpendiculaire à l'axe du barreau. Des moyens non représentés sur la figure 1 exercent sur cette deuxième face 11, en deux points C et D diamétralement opposés de cette face, un couple de forces F1 et F2 situées dans le plan xOy et appliquant un effort de torsion au
20 barreau 1. Le barreau a tendance à se déformer de telle façon que les différentes sections du barreau restent planes et parallèles au plan xOy. Un point A situé à la périphérie de la face 11 se déplace en A'. Un point B de la face 10, et situé sur la même génératrice du barreau 1 que le point A, reste fixe du fait de l'immobilisation de la face 10. Les différents points de la génératrice
25 BA se déplacent à la surface périphérique 12 du barreau 1 de telle façon que la génératrice BA prenne la forme d'une hélice faisant en tout point un angle constant avec la génératrice passant par ce point. Les contraintes à la surface du barreau sont uniformes.

Par ailleurs, on démontre, qu'à la surface périphérique 12 du barreau 1
30 subissant un couple de torsion, un élément matériel est soumis à des contraintes de tension superficielles orientées à $\pi/4$ radians par rapport à la génératrice du cylindre et à des contraintes de compression superficielles perpendiculaires aux forces de tension précédentes et de même valeur σ . Si

l'on trace à la surface du barreau cylindrique deux hélices faisant un angle de $\pi/4$ avec les génératrices du barreau, l'une ayant un sens direct et l'autre un sens inverse, on a donc, au point d'intersection, des contraintes de tension et des contraintes de compression dirigées selon ces hélices.

5 Le système de l'invention utilise ces propriétés de la torsion dans le capteur de forces représenté en figure 2.

Ce capteur comporte un barreau cylindrique 1 solidaire par sa première face d'extrémité 10 d'une embase fixe 6 perpendiculaire à l'axe du barreau. Sensiblement au niveau de sa deuxième face d'extrémité 11 sont
10 fixées des masselottes 90 et 91. Selon l'exemple de réalisation de la figure 2, ces masselottes sont reliées à l'extrémité du barreau 1 par une tige 9 traversant le barreau de part en part. Les centres de gravité des masselottes 90 et 91 sont situés sur l'axe de la tige 9. L'axe de la tige 9 est situé dans un plan xOy perpendiculaire à l'axe du barreau. Sous l'action de moyens
15 extérieurs au capteur de force de l'invention, les masselottes 90 et 91 exercent des forces F1 et F2. A titre d'exemple ces forces sont égales et leur point d'application sont situés à égale distance du centre du barreau O. Elles agissent donc sous la forme d'un couple de forces.

La partie périphérique 12 du barreau 1 comporte des moyens transduc-
20 teurs d'ondes élastiques de surface 4 et 5. Ces moyens transducteurs sont réalisés par des électrodes interdigités 40, 41 et 50, 51. Ces électrodes sont disposées selon une hélice circulaire et faisant en tout point un angle α de 45° par rapport à la génératrice du barreau. Elles délimitent des intervalles rayonnants. Les électrodes 40 et 41 forment un transducteur d'émission
25 d'ondes élastiques de surface qui progressent selon l'hélice et avant d'être captées par les électrodes 50 et 51 qui constituent un transducteur de réception. Les électrodes 40 et 50 sont connectées à une masse électrique M. Les électrodes 51 et 41 sont connectées respectivement à l'entrée et à la sortie d'un amplificateur 42. L'ensemble des éléments conducteurs portés sur
30 la partie périphérique 12 du barreau forme donc une ligne à retard à ondes élastiques de surface qui fait office de boucle de l'amplificateur 42.

En l'absence de contraintes créées par les masselottes 90, 91 et la tige 9 à l'extrémité 11 du barreau, l'amplificateur 42 fournit sur la sortie S un signal de fréquence f_0 . L'application d'un couple de forces de torsion F1 et

F2 par les masselottes 90 et 91 à l'extrémité 11 du barreau entraîne l'apparition de contraintes mécaniques dans le barreau 1. Comme on l'a vu dans la description de la figure 1, des contraintes superficielles sont créées suivant l'hélice st. Selon l'hélice st de la figure 2, ces contraintes sont des
5 contraintes de compression. Ces contraintes ont pour effet de modifier le temps de propagation t1 des ondes élastiques de surface. Il en résulte une nouvelle fréquence d'oscillation dont la valeur est donnée par une formule de la forme $f_1 = f_0 + K_1 \sigma f_0$ dans laquelle σ est la contrainte selon l'hélice st et K_1 est un coefficient de sensibilité selon cette même hélice.

10 Le capteur de forces de l'invention permet donc de mesurer le couple de forces de torsion en mesurant la différence des fréquences du signal de sortie S1 avant et après application du couple de forces F1, F2.

En se reportant à la figure 3, on va maintenant décrire un exemple de réalisation de l'invention comportant deux oscillateurs.

15 L'arrangement mécanique du barreau 1 et du système de masselottes 90, 91 est le même sur la figure 3 que sur la figure 2. On retrouve sur la partie périphérique 12 du barreau les transducteurs 4 et 5 représentés de façon simplifiée et disposés selon une hélice st inclinée à 45° par rapport à toute génératrice du barreau 1. Un deuxième couple de transducteurs 6, 7
20 est prévu à la surface du barreau, disposés selon une hélice uv faisant également 45° avec toute génératrice du barreau mais orientées en sens inverse par rapport à l'hélice st.

Les transducteurs 5 et 4 sont connectés respectivement aux entrée et sortie de l'amplificateur 42. Les transducteurs 7 et 6 sont eux connectés
25 respectivement aux entrée et sortie d'un amplificateur 43. Les connexions à la terre des transducteurs 4 à 7 n'ont pas été représentées pour simplifier la figure. Le couple de transducteurs 6, 7 fonctionne de la même manière que les transducteurs 4, 5 et forment une ligne à retard à ondes élastiques de surface qui fait office de boucle de l'amplificateur 43. Les sorties des
30 amplificateurs sont connectées à un mélangeur soustractif 44 dont la sortie S3 fournit un signal alternatif de fréquence f3 égale à la différence des fréquences f1 - f2 des signaux de sortie S1 et S2.

Les deux oscillateurs sont conçus de telle façon qu'en l'absence d'effort de torsion appliqué au barreau 1, ils délivrent tous deux un signal de

fréquence f_0 .

Sous l'effet d'un couple de forces F_1, F_2 appliqué à l'extrémité du barreau 1 par les masselottes 90, 91 et la tige 9, le couple de torsion donne lieu à des contraintes de compression selon l'une des hélices (st) et à des
 5 contraintes de tension selon l'autre hélice (uv). Les contraintes selon les deux hélices st et uv sont donc de sens contraire ; elles sont par ailleurs de valeurs égales σ . Les temps de propagation t_1 et t_2 des ondes élastiques de surface échangées entre les transducteurs 4 et 5 d'une part et entre les transducteurs 6 et 7 sont modifiées. Il en résulte de nouvelles fréquences
 10 d'oscillation. Comme on l'a vu précédemment, la fréquence d'oscillation de l'oscillateur constitué par les transducteurs 4, 5 et l'amplificateur 42, devient $f_1 = f_0 - K_1 \sigma f_0$. La fréquence d'oscillation de l'oscillateur, constitué par les transducteurs 6, 7 et l'amplificateur 43, devient $f_2 = f_0 + K_2 \sigma f_0$ dans laquelle K_2 est un coefficient de sensibilité selon
 15 l'hélice uv. Le mélangeur soustractif 44 reçoit les signaux S1 et S2 de fréquences respectives $f_0 - K_1 \sigma f_0$ et $f_0 + K_2 \sigma f_0$. Il fournit en échange sur sa sortie S3 un signal de fréquence $K_1 + K_2 \sigma f_0$. Le capteur de la fréquence 3 réalisé selon l'invention permet donc, par la mesure de fréquences, de mesurer la contrainte de torsion appliquée au barreau 1. Le
 20 capteur ainsi conçu permet d'accroître la sensibilité de mesure par rapport au capteur de la figure 2. Il permet de plus d'obtenir directement un résultat de mesure proportionnel aux contraintes appliquées au barreau 1.

En choisissant pour la fabrication du barreau 1, un matériau isotrope, on a des coefficients de sensibilité K_1 et K_2 , selon les hélices st et uv, de
 25 même valeur K. Le signal sur la sortie S3 a donc une valeur $2K \sigma f_0$ égale à deux fois les variations de fréquence selon les hélices st et uv.

Le capteur de la figure 4 représente une variante d'un exemple de réalisation selon l'invention fournissant une sensibilité de mesure accrue. Pour cela, il possède sur sa périphérie plusieurs couples d'oscillateurs tels
 30 que ceux de la figure 3. Sur la figure 4, on a représenté deux couples d'oscillateurs, d'une part les oscillateurs 4-5 et 6-7 et leurs amplificateurs associés 42 et 43, d'autre part les oscillateurs 24-25 et 26-27 et leurs amplificateurs associés 242 et 243. Les sorties, telles que S3, des mélangeurs soustractifs 44 et 244 sont connectées à un additionneur 45 qui fournit

sur sa sortie S4 un signal de fréquence égal à la somme des fréquences des signaux issus des circuits 44 et 244. Conformément au fonctionnement des oscillateurs, tel que cela a été décrit précédemment, lors d'une variation de contrainte, on obtient sur la sortie S4 un signal dont la fréquence varie dans
5 le rapport de quatre fois la variation de fréquence d'un seul oscillateur. Il est bien évident que pour accroître encore la sensibilité, il serait possible d'augmenter le nombre de paires d'oscillateurs.

Par ailleurs, on prévoit également de fournir une gamme de sensibilité en disposant les transducteurs d'un oscillateur à des distances différentes les
10 uns des autres. Selon l'oscillateur les ondes acoustiques de surface ont des distances différentes à parcourir et les contraintes agissent différemment. Selon la valeur du couple de forces à mesurer, on fonctionne alors avec l'un, l'autre ou l'ensemble des couples d'oscillateurs.

Pour des questions de facilités de réalisation des transducteurs, la
15 partie périphérique du barreau 1 est munie de pistes hélicoïdales circulaires telles que 13 et 14 comme représenté en figure 5. Sur ces pistes 13 et 14 sont déposés les transducteurs 4, 5, 6, 7. Avec un rayon r du barreau suffisamment grand, les pistes ainsi pratiquées n'affectent pas la forme générale cylindrique du barreau 1. Il est alors possible de prévoir plusieurs
20 pistes sur la périphérie du barreau pour réaliser une configuration du type de la figure 4. C'est ainsi que pour un barreau de 20mm de diamètre, des pistes de 1mm de largeur ne modifieraient pas le comportement à la torsion du barreau.

En se reportant aux figures 6a et 6b, on va décrire un mode de
25 réalisation du capteur de l'invention.

La figure 6a représente une coupe aa transversale du capteur. La figure 6b représente une coupe bb longitudinale du capteur.

Le barreau 1 est de forme cylindrique. Il est collé par sa face 10 à la face 60 d'un bâti 6. De plus, il comporte un évidement central cylindrique
30 permettant de réduire le moment d'inertie polaire de la section du cylindre et à augmenter les contraintes tangentielles. Il comporte également, selon une génératrice, une fente 64. Dans cette fente est placée et collée une lamelle 65 à une distance L de la face d'extrémité 10 du barreau 1. A la lamelle 65 est appliquée une force F dirigée comme indiqué sur la figure 6a.

Cette force F donne lieu à des contraintes de torsion dans la portion du barreau 1 de longueur L comprise entre la lamelle 65 et la face 10 du barreau 1.

Un axe 66 comporte une partie 68 de diamètre sensiblement égal au diamètre de l'évidement 15. La partie 68 est emmanchée à force dans l'évidement 15. L'autre extrémité de l'axe 66 traverse une ouverture 63 d'une pièce support 62. Un roulement à aiguilles 67 placé sur l'axe 66 est calé dans un évidement 70 de la pièce 62. Le roulement à aiguilles 67 supporte donc l'extrémité de l'axe 66 et évite un travail à la flexion du barreau 1 tout en autorisant un mouvement en rotation.

La pièce 62 est fixée sur une face 61 du bâti support 6 par des moyens de fixation non représentés. Ces moyens de fixation permettent un réglage de la position de la pièce 62 sur le bâti 6 de façon à aligner l'axe du roulement à aiguilles 67 avec l'axe 66.

La partie 68 de l'axe 64 comporte des évidements tel que l'évidement 69 pour alléger la pièce.

Le barreau 1 est réalisé en quartz. Dans ce cas, les coefficients de sensibilité K_1 et K_2 selon les deux spirales st et uv des figures 2 et 3 sont de valeurs différentes.

Pour avoir des coefficients K_1 et K_2 de même valeur on choisit un matériau isotrope tel que tungstène ou aluminium.

Le capteur de forces des figures 6a et 6b peut fonctionner en accéléromètre. Dans ce cas, la lamelle 65 est munie de masselottes dont la masse est choisie en fonction de l'ordre de grandeur de l'accélération à mesurer. Le capteur est orienté de telle façon que l'accélération agisse perpendiculairement au plan de la lamelle comme la force F représentée en figure 6a.

Dans un mode de réalisation préféré les dimensions du barreau 1 sont de l'ordre de 10mm pour la longueur L ainsi que pour le rayon r .

REVENDICATIONS

1. Capteur de forces à ondes élastiques de surface caractérisé en ce qu'il comporte : un barreau (1) comprenant une première face d'extrémité (10) et une deuxième face d'extrémité (11) toutes deux perpendiculaires à un axe du barreau, ainsi qu'une partie périphérique (12) ; des moyens d'immobilisation (2) de la première face d'extrémité (10) du barreau (1) ; des moyens d'application (3) de forces de torsion à la deuxième face d'extrémité (11) du barreau (1) et agissant selon le plan de cette deuxième face (11); des moyens oscillateurs de mesure (4, 5) à ondes élastiques de surface disposés sur la partie périphérique (12) du barreau (1) et détectant des contraintes de torsion créées sur la partie périphérique (12).

2. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon la revendication 1, caractérisé en ce que le barreau (1) est cylindrique, les moyens oscillateurs de mesure (4) étant disposés sur la partie périphérique.

3. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens oscillateurs de mesure (4, 5) sont disposés chacun selon une ligne de contraintes de tension maximale.

4. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens oscillateurs (4, 5) sont disposés chacun selon une ligne de contraintes de compression maximale.

5. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon les revendications 2, 3 ou 4, caractérisé en ce que les moyens oscillateurs (4, 5) sont disposés chacun selon une hélice de la périphérie faisant un angle de $\pi/4$ avec une génératrice du cylindre.

6. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un premier moyen oscillateur (4) disposé selon une ligne de contraintes de tension maximale et au moins un deuxième moyen oscillateur (5) disposé selon une ligne de contraintes de compression maximale.

7. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un premier moyen oscillateur (4) disposé selon une hélice décrivant la périphérie dans le sens direct et au moins un deuxième moyen oscillateur (5) disposé selon une

hélice décrivant la périphérie dans le sens inverse.

8. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon les revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il comprend un mélangeur soustracteur (44) connecté aux premier et deuxième moyens oscillateurs et fournissant
5 sur une sortie un signal dont la fréquence est égale à la différence des fréquences d'oscillation des deux oscillateurs.

9. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie périphérique (12) comporte des parties planes aux emplacements des moyens oscillateurs
10 (4, 5).

10. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon les revendications 3 et 8, caractérisé en ce que la largeur des parties planes est faible comparé au rayon (r) du barreau de telle façon que les parties planes n'affectent pas la forme générale cylindrique du barreau.

15 11. Capteur de forces à ondes élastiques de surface selon l'une des revendications 2 à 10, caractérisé en ce que le diamètre du barreau et sa longueur sont sensiblement dans un rapport unité.

1/5

FIG. 1

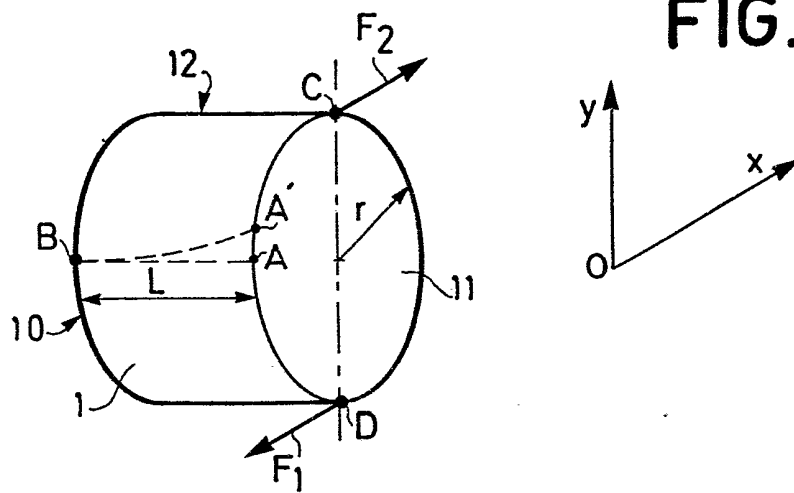


FIG. 2

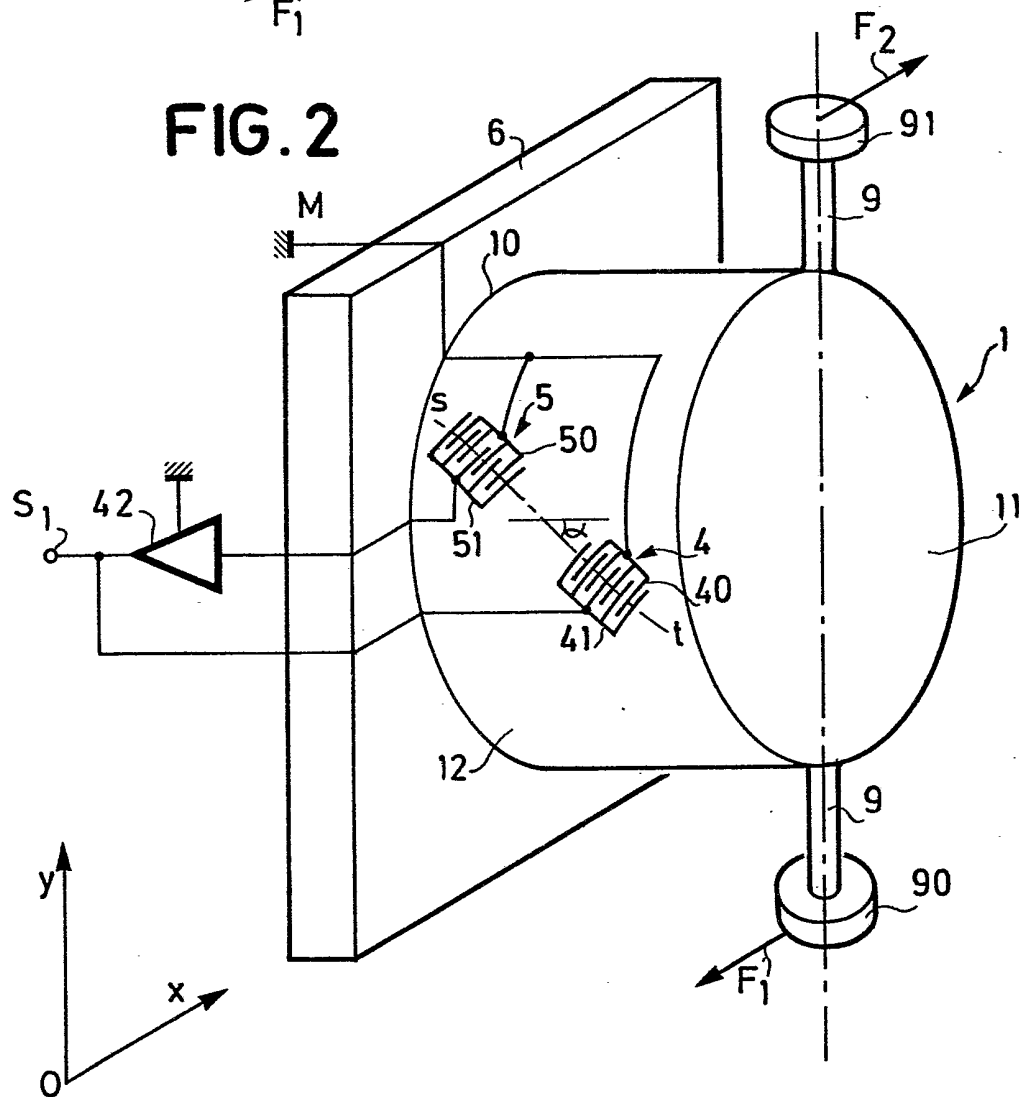


FIG. 3

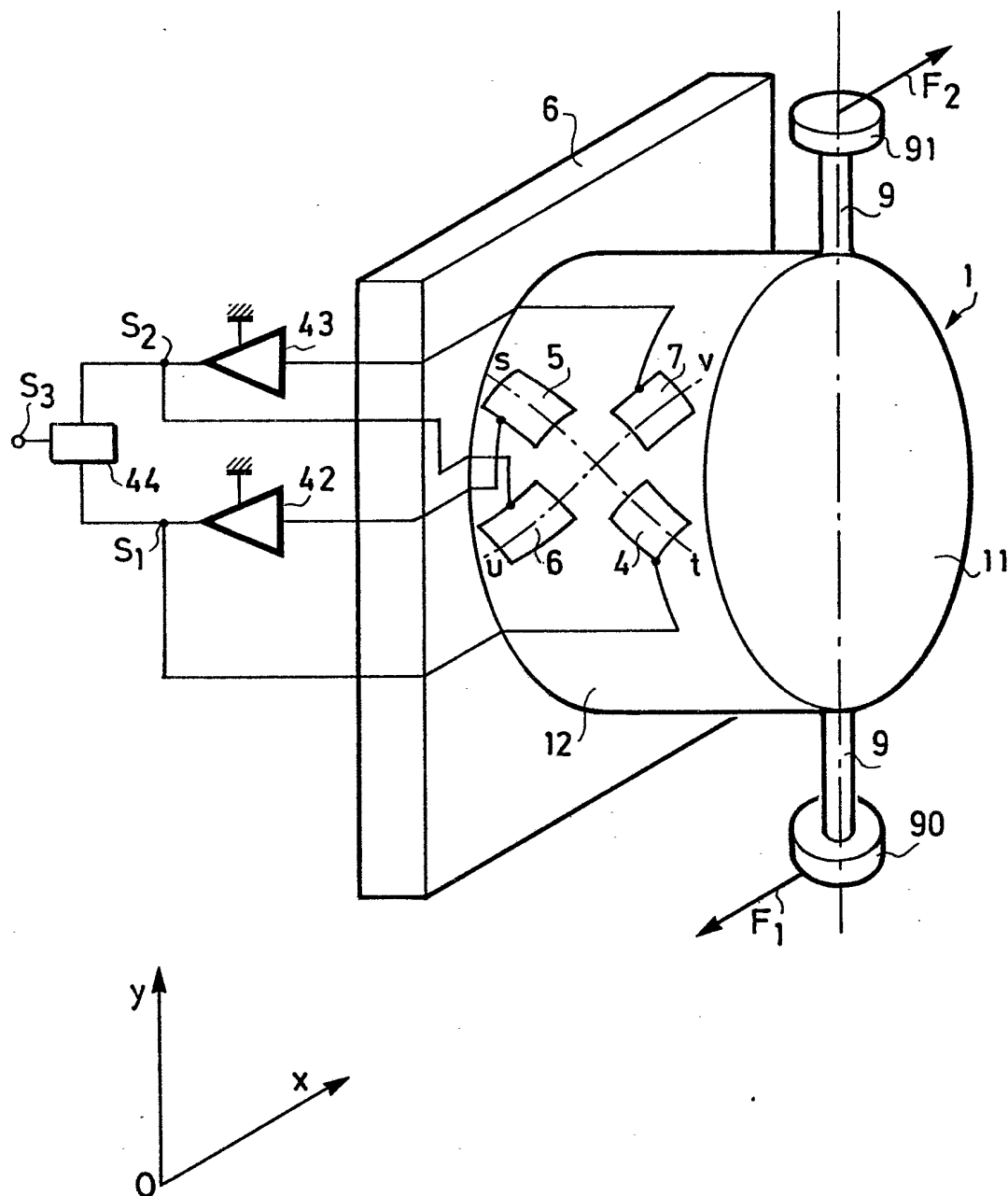


FIG. 4

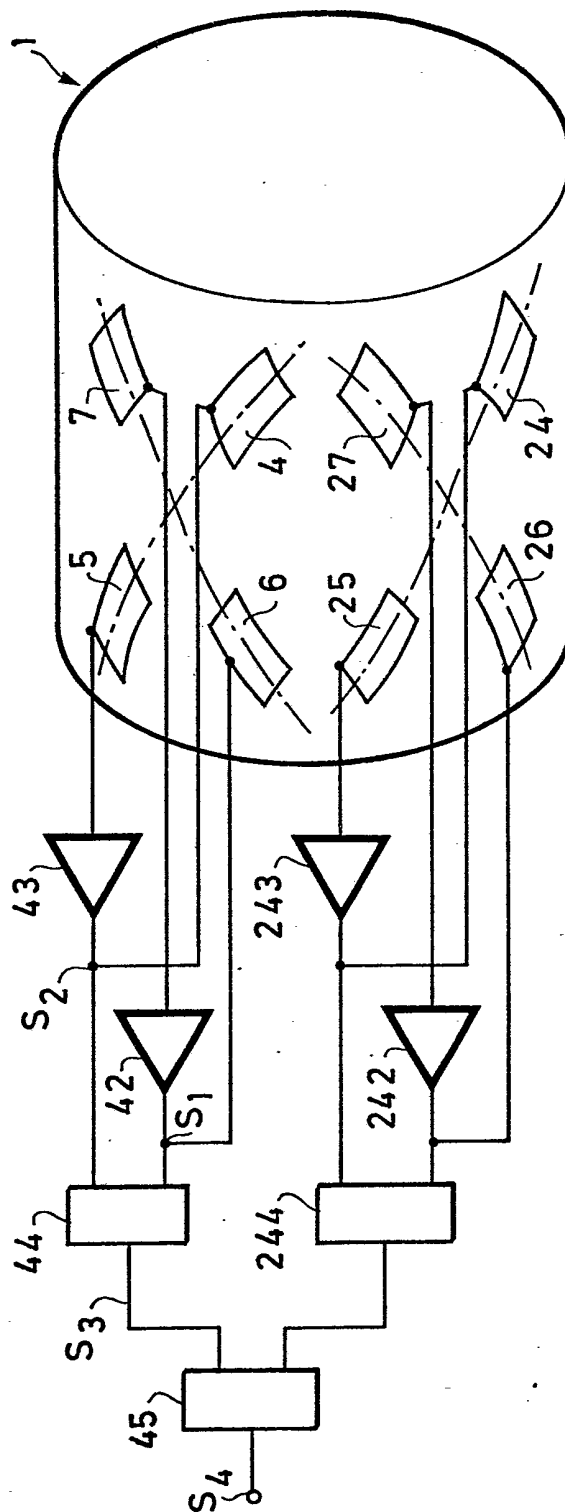


FIG. 5

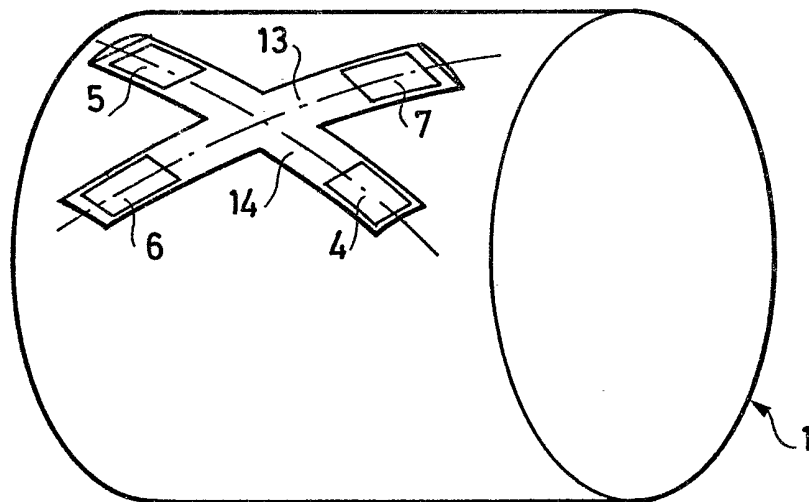


FIG. 6b

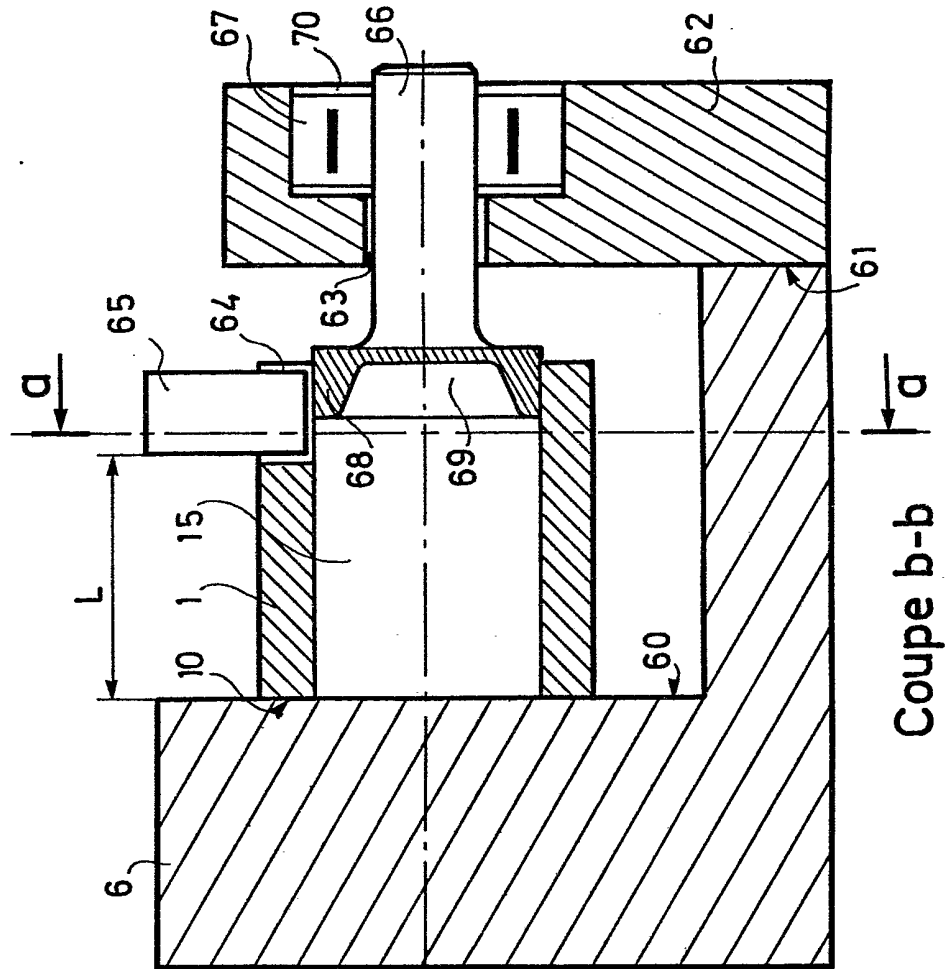


FIG. 6a

