

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 478 319

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 04951

(54) Capteur de vitesse de rotation à laser en anneau.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 P 9/00; G 01 C 19/64.

(22) Date de dépôt..... 12 mars 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 14 mars 1980, n° P 30 09 796.2.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 18-9-1981.

(71) Déposant : Société dite : DEUTSCHE FORSCHUNGS- UND VERSUCHSANSTALT FÜR LUFT-
UND RAUMFAHRT E.V., résidant en RFA.

(72) Invention de : Rüdiger Rodloff et Hans Bentlage.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Bonnet-Thirion, G. Foldés,
95, bd Beaumarchais, 75003 Paris.

La présente invention concerne un capteur de vitesse de rotation à laser en anneau, dans lequel les composantes de rayonnement respectives des trains d'ondes se propageant en sens inverses sont extractibles, comportant des éléments de mesure recueillant les composantes de rayonnement extraites dits ci-après "photorécepteurs" et des moyens de génération de signaux correspondant respectivement aux intensités différentes des composantes de rayonnement extraites.

Dans les capteurs de vitesse de rotation connus de ce type (également dénommés "gyromètres à laser"), (brevet US n° 3 373 650, brevets britanniques n° 1 086 898 et 1 406 730), les composantes de rayonnement des trains d'ondes se propageant en sens inverses sont extraites chacune par un miroir d'angle semi-transparent. Les composantes de rayonnement extraites sont alors superposées au moyen d'un prisme déviateur. Ces composantes de rayonnement superposées sont dirigées sur un photorécepteur, sur lequel apparaît alors un système de franges d'interférence qui défile devant lui en fonction de la vitesse de rotation ω .

Le nombre des franges d'interférence que le photorécepteur enregistre par unité de temps est proportionnel à la valeur absolue de la vitesse de rotation ω . L'information relative au sens de rotation peut être déduite du sens de déplacement des franges. A cet effet, le photorécepteur contient deux photodiodes. Les signaux émis par les photodiodes traversent des conformateurs d'impulsions puis sont appliqués à un compteur. Le sens du déphasage des impulsions indique le sens de rotation du capteur.

Le prisme déviateur superposant les composantes de rayonnement est un composant optique de précision et l'ajustage du système de détection de sens doit s'effectuer avec une précision interférométrique. Il est en outre nécessaire de s'assurer qu'après l'ajustage, le prisme déviateur reste en permanence à sa position ajustée. En conséquence, le système de lecture sélective est, dans les capteurs de vitesse de rotation connus, d'un coût de fabrication élevé.

L'invention a pour objet de créer un capteur de vitesse de rotation du type défini ci-dessus, d'une construction et d'une fabrication beaucoup plus simples et dans lequel, en

particulier, on peut renoncer au prisme déviateur.

A cet effet, suivant l'invention, un photorécepteur individuel est prévu pour chacune des composantes de rayonnement extraites et il est en outre prévu des détecteurs, au moyen
5 desquels les signaux de sortie des photorécepteurs peuvent être analysés en amplitude et en fréquence.

Suivant d'autres caractéristiques et agencements avantageux du capteur suivant l'invention :

les détecteurs comprennent un soustracteur, un conforma-
10 teur d'impulsions et un compteur ;

il est prévu pour les signaux de sortie des photorécepteurs un additionneur dont le signal de sortie peut être transformé en signal de régulation d'une cavité résonnante ;

les composantes de rayonnement sont extraites par l'
15 intermédiaire d'un miroir d'angle semi-transparent ;

les photorécepteurs sont fixés sur le côté arrière dudit miroir d'angle ;

les photorécepteurs sont disposés de telle manière qu'ils soient frappés par des composantes de rayonnement, qui appa-
20 raissent aux extrémités d'un tube à gaz disposé entre deux miroirs d'angle ;

il est prévu un mécanisme de vibration agissant autour de l'axe de rotation et un détecteur de sens de rotation ;

il est prévu des moyens permettant d'exercer une influen-
25 ce magnéto-optique et/ou électro-optique sur le temps de propagation des trains d'ondes tournants ;

il est prévu des détecteurs de la déformation de modulation en fonction du sens de rotation ;

il est prévu des détecteurs pour l'analyse en grandeur
30 et en signe de la modulation d'amplitude à l'intérieur de la région de blocage.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit et à l'examen du dessin joint qui en représente, à titre d'exemple non limitatif, une forme d'
35 exécution.

Sur ce dessin :

la figure 1 représente un schéma de montage d'un capteur de vitesse de rotation suivant l'invention, et

la figure 2 représente sous forme de diagrammes la vites-

se de rotation et la différence des intensités de rayonnement en fonction du temps.

Le laser en anneau représenté sur la figure 1 est constitué par trois miroirs d'angle 2, 4 et 6 et par le milieu laser 8. Pour la présente invention, l'agencement de la cavité résonnante (type et nombre des miroirs utilisés), le mode de réalisation des guides d'ondes optiques ainsi que la nature du milieu laser utilisé et le type d'intégration de ce milieu dans la cavité résonnante sont sans importance. La cavité résonnante peut être configurée et optimisée de manière connue.

Le fonctionnement du laser en anneau est universellement connu et il n'est pas nécessaire de le décrire en détail ici.

Dans l'exemple d'exécution représenté, le miroir d'angle 6 est semi-transparent. Dans le prolongement des faisceaux de rayonnement venant frapper ce miroir d'angle sont disposés des photorécepteurs respectifs 10 et 12, qui recueillent chacun l'une des composantes de rayonnement traversant le miroir d'angle 6. Le photorécepteur 6 mesure la composante de rayonnement qui tourne dans le sens horaire dans le laser en anneau et le photorécepteur 12, la composante de rayonnement qui tourne dans le sens antihoraire. A partir des signaux émis par les deux photorécepteurs 10 et 12 est formée dans le soustracteur 14 la différence ($I_1 - I_2$). A partir de cette différence est formée dans un conformateur d'impulsions 16 une impulsion qui est transmise à un compteur 18. Du conformateur d'impulsions 16 est tiré un signal qui est traité dans un détecteur de sens de rotation 20 pour déterminer le sens de rotation. A partir du détecteur de sens de rotation 20, le sens de rotation est alors interdit directement sous forme de signe dans le compteur. L'indication du compteur affectée de ce signe, indication qui détermine la vitesse de rotation en grandeur et en sens, est ensuite introduite dans une mémoire 22, à partir de laquelle un calculateur est alimenté.

Les signaux émis par les deux photorécepteurs 10 et 12 peuvent en même temps être utilisés pour créer un signal auxiliaire destiné à un circuit régulateur de stabilisation de la longueur de la cavité résonnante. A cet effet, les signaux I_1 et I_2 sont appliqués à un additionneur 24, dont le signal de

sortie actionne, par l'intermédiaire d'un amplificateur haute-tension 26, une commande piézo-électrique 28 disposée sur le miroir d'angle 4 et qui déplace ce miroir 4 parallèlement à lui-même pour faire varier la longueur de la cavité résonnante.

Les photorécepteurs 10 et 12 ne sont pas nécessairement des composants séparés éloignés du miroir d'angle 6. Au contraire, ils peuvent être intégrés à ce miroir lui-même, par exemple en étant fixés sur son côté arrière, auquel cas une incidence oblique du rayonnement est sans importance, car l'angle d'incidence est toujours le même pour les deux photorécepteurs.

Au lieu d'une extraction de composantes de rayonnement par l'intermédiaire d'un miroir d'angle tel que décrit ci-dessus, l'extraction peut également être effectuée aux extrémités du tube à gaz 8 disposé entre les deux miroirs d'angle 4 et 6. Une telle extraction des composantes de rayonnement est représenté sur la figure 1 en trait interrompu avec les photorécepteurs 10' et 12'. Une telle disposition offre l'avantage qu'aucun prélèvement d'énergie n'est pratiquement nécessaire à partir du laser en anneau. Pour le traitement ultérieur, il suffit d'utiliser des composantes de rayonnement perdues inévitables. Il suffit donc pour le maintien du fonctionnement de compenser les pertes internes du laser en anneau. Un autre avantage est le faible dimensionnement constructif résultant.

D'une manière connue en soi, il est prévu, pour surmonter l'effet de verrouillage interne, de faire exécuter au capteur et au laser en anneau associé un mouvement de rotation périodiquement alterné, ou d'introduire, par un procédé magnéto-optique ou électro-optique, une polarisation périodique dans le laser en anneau. On obtient alors ainsi sous forme de différence des deux intensités mesurées I_1 et I_2 l'allure de courbe représentée en haut sur la figure 2 de la vitesse de rotation en fonction du temps. Les intensités I_1 et I_2 contiennent chacune en soi les informations relatives à la vitesse de rotation et peuvent également, en principe, être évaluées séparément. Toutefois, l'évaluation de la différence des intensités présente des avantages au point de vue techni-

que de mesure.

Tant que la vitesse de rotation du capteur est située dans la région morte (ou "région de verrouillage interne"), un signal modulé en amplitude est émis et la valeur $(I_1 - I_2)$ varie proportionnellement à la vitesse de rotation, et cela en grandeur et en signe. A l'intérieur de la région morte, le signal fourni par le soustracteur 14 peut, en conséquence, être interprété comme étant un signal de gyromètre.

A l'extérieur de la région de verrouillage interne, le signal $(I_1 - I_2)$ passe d'une modulation d'amplitude à une modulation de fréquence, la fréquence de modulation étant identique à la fréquence-différence Δf et, par conséquent, proportionnelle à la vitesse de rotation ω . Dans cette gamme de vitesse de rotation, le capteur fonctionne en gyromètre intégré à signal de sortie numérique.

Le comportement du capteur à l'intérieur de la région de verrouillage interne peut être utilisé, suivant l'invention, comme indicateur du sens de rotation, tandis que la fréquence de modulation à l'extérieur de la région de verrouillage interne ne fournit une information sur la valeur absolue de la vitesse de rotation.

Comme le capteur, à chaque changement de sens de rotation, doit traverser la région de verrouillage interne et émet alors un signal $(I_1 - I_2)$ à partir duquel le sens de rotation peut être déterminé, il est possible d'indiquer sans information complémentaire aussi bien le sens que la valeur de la vitesse de rotation.

Parmi les nombreuses possibilités de conception du détecteur de sens de comptage ou de sens de rotation 20, une seule sera examinée ici.

Au moyen d'un détecteur de largeur d'impulsion, on détermine tout d'abord si le capteur se trouve ou non dans la région de verrouillage interne. Dans l'affirmative, le signe de la pente $d(I_1 - I_2)/dt$ est déterminé et l'on en déduit le sens de la vitesse de rotation.

Etant donné qu'il suffit pour connaître le sens de rotation de déterminer le signe de $d(I_1 - I_2)/dt$, le détecteur de sens de comptage 20 peut être réalisé sous une forme plus simple qu'un détecteur de sens de rotation dans les capteurs

connus. En effet, dans ces derniers, il est nécessaire pour obtenir l'indication du sens de rotation, de déterminer le sens du déphasage entre deux trains d'impulsions.

D'autres modes de réalisation du capteur suivant l'in-
5 vention sont également possibles.

Au lieu d'une combinaison des effets de modulation de $(I_1 - I_2)$ à l'extérieur et à l'intérieur de la région de verrouillage interne, l'effet de modulation peut également être complété par d'autres informations sur le sens de rotation
10 présentes dans l'ensemble du système, pour former un circuit de lecture sélective complet. A ces informations appartient, par exemple, la polarisation périodique, qui doit être introduite dans tout laser en anneau pour surmonter l'effet de verrouillage interne. Le signe de la polarisation est connu et
15 peut, par conséquent, être utilisé pour commander le sens de comptage du compteur d'impulsions 18. Des circuits de correction doivent alors être prévus pour le cas où la vitesse de rotation de l'ensemble du système devient plus grande que la polarisation appliquée.

20 En outre, on peut utiliser pour la détection du sens de rotation le fait que la modulation des intensités des deux trains d'ondes se propageant en sens inverses présente des asymétries typiques connues fonction du sens de rotation.

On peut également envisager de renoncer complètement à
25 une polarisation périodique pour surmonter l'effet de verrouillage interne et d'effectuer la lecture sélective des signaux, à l'intérieur de la région de blocage, au moyen de la modulation d'amplitude de $(I_1 - I_2)$ et, à l'extérieur de la région de verrouillage interne, par mesure de la fréquence de
30 modulation de $(I_1 - I_2)$.

Le point de commutation entre les deux modes de lecture sélective est le seuil de verrouillage interne représenté sur la figure 2. Une difficulté dans ce procédé peut résulter du fait que le facteur d'échelle au voisinage du seuil de ver-
35 rouillage interne, tant pour le signal modulé en amplitude au-dessous du seuil de verrouillage interne que pour le signal modulé en fréquence au-dessus du seuil de verrouillage interne, n'est pas linéaire.

En effet, le seuil de verrouillage interne ne peut pas

être rapproché à volonté du point zéro (jusqu'à présent la valeur optimale obtenue a été de $30^\circ/\text{h}$. Par contre, il est possible, par des mesures relativement simples, de décaler le seuil de verrouillage interne dans un laser en anneau presque qu'aussi loin qu'on le désire vers le haut. Il est ainsi possible de faire fonctionner le capteur dans une large gamme de vitesse de rotation au-dessous du seuil de verrouillage interne et d'utiliser pour mesurer la vitesse de rotation exclusivement le signal $(I_1 - I_2)$ modulé en amplitude.

- 10 L'avantage de ce procédé de lecture sélective réside en ce qu'on évite tous les problèmes qui s'attachent à l'effet de verrouillage interne. Des capteurs de ce type sont d'une construction extrêmement simple car on peut renoncer pour éviter l'effet de verrouillage interne aussi bien à une technique de polarisation qu'à une optique de lecture sélective du genre connu. Un capteur de ce type appartient par conception aux "capteurs bon marché" d'une catégorie de précision relativement faible et peut bien être comparé au mieux aux détecteurs de vitesse de rotation optique passif du type Sagnac.
- 15
- 20 Avec un capteur de ce type, on a pu mettre en évidence des vitesses de rotation de $2 \times 10^{-2} \text{ }^\circ/\text{s}$, une valeur qui est nettement meilleure que toutes les valeurs obtenues jusqu'à présent avec des interféromètres à fibre de verre et des résonateurs en anneau passifs.

REVENDICATIONS

1. Capteur de vitesse de rotation à laser en anneau, dans lequel les composantes de rayonnement respectives des trains d'ondes se propageant en sens inverses sont extractibles, 5 comportant des photorécepteurs pour les composantes de rayonnement extraites et des moyens de génération de signaux, qui correspondent aux intensités respectives différentes des composantes de rayonnement extraites, ledit capteur étant caractérisé en ce qu'il est prévu un photorécepteur individuel 10 (10,12) pour chacune des composantes de rayonnement extraites, et en ce qu'il est prévu des détecteurs (14,16,18), au moyen desquels les signaux de sortie des photorécepteurs (10,12) peuvent être analysés en amplitude et en fréquence.

2. Capteur suivant la revendication 1, caractérisé en ce 15 que les détecteurs comportent un soustracteur (14), un conformateur d'impulsions (16) et un compteur (18).

3. Capteur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que, pour les signaux de sortie des photorécepteurs (10,12), il est prévu un additionneur (24), dont le signal de sortie 20 peut être transformé (26,28) en signal de régulation d'une cavité résonnante.

4. Capteur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les composantes de rayonnement sont extraites par l'intermédiaire d'un miroir d'angle semi-transparent (6).

25 5. Capteur suivant la revendication 4, caractérisé en ce que les photorécepteurs (10,12) sont fixés sur le côté arrière dudit miroir d'angle (6).

6. Capteur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les photorécepteurs (10,12) sont disposés de telle manière 30 qu'ils recueillent les composantes de rayonnement, qui apparaissent aux extrémités d'un tube à gaz (8) disposé entre deux miroirs d'angle (4,6).

7. Capteur suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est prévu un mécanisme de vibration agissant autour de 35 l'axe de rotation et un détecteur de sens de rotation (20).

8. Capteur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que des moyens (28) sont prévus pour exercer une influence magnéto-optique et/ou électro-optique sur le temps de propagation des trains d'ondes tour-

nants.

9. Capteur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est prévu des détecteurs de la déformation de modulation en fonction du sens de rotation.

10. Capteur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est prévu des détecteurs pour analyser en grandeur et en signe la modulation d'amplitude à l'intérieur de la région de verrouillage interne.

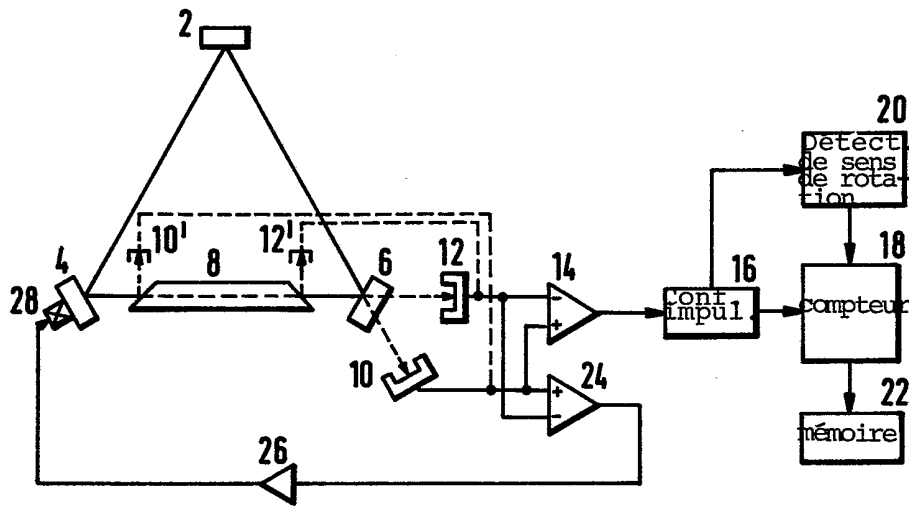


FIG. 1

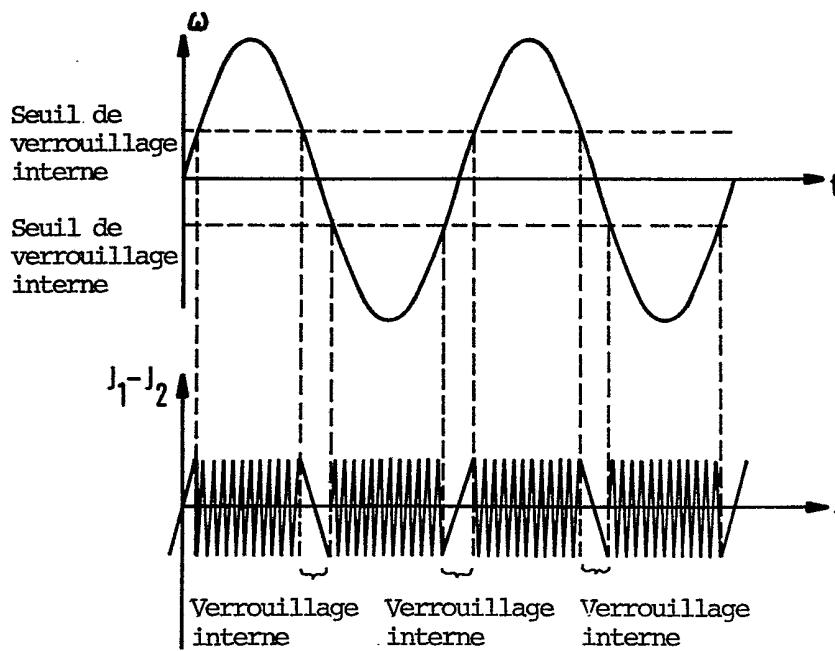


FIG. 2