

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 601 443**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **86 10085**
⑤1 Int Cl⁴ : G 01 B 11/03; B 25 J 19/00.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** A1

②2 Date de dépôt : 10 juillet 1986.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 2 du 15 janvier 1988.

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

⑦1 Demandeur(s) : *CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPA-
TIALES. — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : Christian Buil.

⑦3 Titulaire(s) :

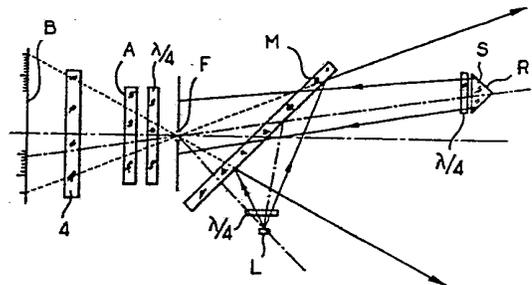
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin,
Schrumpf, Warcoin et Ahner.

⑤4 Capteur de position et son application à la télémétrie, notamment pour la robotique spatiale.

⑤7 L'invention concerne un capteur de position.

Le capteur comprend trois couples constitués chacun d'un détecteur photoélectrique rectiligne et d'une fente rectiligne associée. Chaque fente F et le détecteur associé B sont dans des plans parallèles mais la direction de la fente est orthogonale à celle du détecteur. Les sources de lumière sont associées aux fentes. La lumière L réfléchie par l'objet atteint la fente associée à la source de lumière et forme sur le détecteur associé une tâche de diffraction. Le détecteur produit un signal électrique correspondant à la position de la tâche.

Application à la télémétrie, notamment à la robotique spatiale.



FR 2 601 443 - A1

La présente invention concerne un capteur de position et son application à la télémétrie, notamment pour la robotique spatiale et, en particulier, pour équiper un bras télémanipulateur.

5 Un but de la présente invention est de fournir un capteur ne comportant que des éléments statiques.

Un autre but de l'invention est de fournir un capteur essentiellement constitué de moyens optiques et de moyens électroniques simples.

10 Encore un but de l'invention est de fournir un capteur d'encombrement et de poids réduits.

D'autres buts de l'invention apparaîtront dans la suite de la description.

15 Le capteur de l'invention comprend essentiellement trois couples constitués chacun d'un détecteur photo-électrique rectiligne et d'une fente rectiligne associée, les détecteurs et les fentes étant situés dans des positions relatives définies, chaque fente et le détecteur associé étant placés dans des plans parallèles mais en
20 sorte que la direction de la fente soit orthogonale à celle du détecteur, et des sources de lumière étant associées aux fentes pour l'objet dont on veut connaître la position en sorte que la lumière réfléchi par l'objet atteigne la
25 détecteur placé derrière la fente une tâche de diffraction dont l'emplacement sur la barrette correspond à l'angle d'incidence sur la fente, ledit détecteur étant apte à produire un signal électrique correspondant à la position de la tâche sur le détecteur.

30 Un tel capteur fournit trois informations d'angle de visée de l'objet indépendantes à partir desquelles, connaissant les positions relatives des barrettes et des fentes, il est possible de calculer les coordonnées de l'objet, ce calcul consistant en la résolution d'un système de trois
35 équations à trois inconnues.

Les calculs des coordonnées de l'objet à partir des informations fournies par le capteur sont de préférence réalisés au moyen d'un calculateur mais la présente invention porte sur le capteur et non sur le
5 calculateur qui ne sera pas décrit en détails.

On décrira ci-après une réalisation d'un dispositif de télémanipulation équipé d'un capteur conformément à la présente invention sans, bien entendu, que l'invention soit limitée à cet exemple de réalisation.

10 Cette description et les figures auxquelles elle fait référence montreront d'autres particularités avantageuses de la présente invention.

Sur les figures :

15 La figure 1 est un schéma d'un dispositif de télémanipulation équipé d'un capteur conformément à la présente invention ;

La figure 2 est un schéma en plan des dispositions respectives des photodétecteurs et des fentes associées ;
20

La figure 3 est un schéma en perspective d'un photodétecteur et de la fente associée ;

La figure 4 est un schéma en plan d'un photodétecteur, de la fente et de la source de lumière associés ;
25

La figure 5 est une variante du schéma de la figure 4 ;

La figure 6 est un schéma d'une autre réalisation d'une fente et de la source de lumière associée ;

30 La figure 7 est une coupe d'une réalisation de capteur par un plan perpendiculaire au plan des détecteurs ;

La figure 8 est une vue de la face avant du capteur de la figure 7, et

35 Les figures 9 et 10 sont des schémas optiques, respectivement, de deux détecteurs et du troisième détecteur lorsque le capteur est en service.

Dans la réalisation décrite à titre d'exemple, le capteur C est destiné à équiper une pince de télémanipulation P et doit servir à déterminer, à tout instant, les positions relatives de la pince et d'un objet S que la pince doit saisir, pour guider la pince vers l'objet (figure 1). Selon l'invention, le capteur C est monté sur la pince P tandis que l'objet à saisir S est associé à un rétroreflécteur R constitué par un coin de cube à faces réfléchissantes. Le dispositif comprend des moyens électromécaniques M pour commander le déplacement et le fonctionnement de la pince à partir notamment des signaux délivrés par le capteur.

L'invention ne concerne que le capteur et ce dernier, dont seule la position est représentée schématiquement par un petit cercle sur la figure 1, sera décrit en détails ci-après.

Le capteur C comprend essentiellement trois détecteurs rectilignes photo-sensibles B1, B2, B3, auxquels sont associées respectivement trois fentes rectilignes F1, F2, F3 et trois sources de lumière L1, L2, L3, respectivement conjuguées optiques ou très proches des fentes F1, F2 et F3.

Chaque détecteur photo-sensible B est constitué, de façon en soi connue, par une barrette de semi-conducteurs, par exemple des capacités MOS, où l'information est présente sous forme de charges électriques dans des puits de potentiel ("Dispositif à transfert de charges" ou CCD). L'injection de charges électriques sera réalisée par effet photoélectrique. L'électron créé demeurera piégé dans le puits de potentiel. Il sera rejoint par de nouveaux électrons à mesure que l'exposition à la lumière se poursuit et la quantité de charges créées est proportionnelle au nombre de photons piégés par le semi-conducteur. Ces charges seront déplacées vers un circuit de sortie où elles seront converties en tension.

A titre d'exemple, on utilise une barrette dont une longueur photosensible est de 22 mm environ et qui comporte 1728 pixels jointifs ayant une longueur unitaire de 13 μm .

5 Les barrettes B1, B2 sont coplanaires et alignées. On suppose que leur axe commun est l'axe y'y d'un système de coordonnées trirectangulaires. Elles sont distantes de \underline{d} le long de cet axe.

10 La barrette B3 est dirigée perpendiculairement aux barrettes B1 et B2 et se trouve à distance égale de ces deux barrettes, passant au milieu de l'intervalle entre les barrettes B1 et B2. On la suppose dirigée selon l'axe x'x.

15 Ces trois barrettes sont coplanaires et l'on a représenté sur la figure 2 le plan Π des barrettes.

La fente F associée à une barrette B est située en avant de la barrette à une distance f de la barrette ; elle est parallèle au plan Π des barrettes mais orthogonale à la barrette à laquelle elle est associée (figure 3).
Les trois fentes sont dans un même plan Π .

20 La source de lumière L, conjuguée optique de la fente F, est de préférence une diode laser placée près de la fente (figure 4) ou mieux, un couple de diodes laser (figure 5) placées de part et d'autre de la fente, ce qui permet d'augmenter la puissance lumineuse et d'élargir
25 le champ de vue de l'instrument. Pour éviter que la lumière produite par la ou les diodes passe directement dans la fente, il est judicieux de placer un cache E entre la fente et la diode (figure 4).

30 En variante, on utilise une source de lumière placée à distance de la fente et conjuguée de la fente par un miroir semi-réfléchissant M (figure 6).

L'invention n'est pas limitée à l'utilisation d'une source de lumière particulière ni à l'utilisation d'un moyen particulier pour conjuguer la source et la fente.

5 Si l'on désire pallier les inconvénients dus à des lumières parasites, on peut utiliser des moyens optiques, comme cela est représenté à titre d'exemple sur la figure 6 :

10 - Filtre passe-bande étroit 4 placé devant chaque barrette B, accordé à la diode laser, prenant en compte les dérives thermiques de cette dernière et la divergence du faisceau lumineux. Le rôle de ce filtre est de minimiser la lumière parasite externe (Soleil, albedo terrestre).

15 - Ensemble de lames $\lambda/4$ d'ordre faible (fortes inclinaisons des rayons), d'analyseur A et polariseur, placées devant les sources de lumière L, le coin rétroréfecteur R et derrière les fentes F, pour discriminer la lumière parasite émise par la diode laser et réfléchiée par les revêtements thermiques de l'objet à saisir.

Les figures 7 et 8 sont relatives à une réalisation typique de capteur conforme à l'invention.

25 Ce capteur comprend sur une platine 1, un boîtier qui supporte trois barrettes B1, B2, B3 sur un circuit imprimé commun 2 qui supporte, au-dessus et à distance des barrettes, des couples de plaquettes 3, 3', 3" qui constituent les fentes F1, F2 et F3.

30 Par exemple, les lèvres de chaque fente sont fabriquées à partir de plaques d'aluminium de 2 mm d'épaisseur biseautées puis dressées sur une fine pierre à meuler. Les deux lèvres de chaque fente sont guidées par des rainures. L'écartement des fentes est réglé par interposition d'une cale entre les lèvres (figure 4).

L'ensemble est protégé par un couvercle à fenêtres 5.

5 Le capteur a une dimension de 130 x 50 x 50 mm et un poids de 500 g. Le boîtier est réalisé par usinage dans la masse d'un bloc d'aluminium.

La tâche lumineuse obtenue sur la barrette associée à une fente est fonction de la largeur de la fente.

10 Il est important que la fente ne soit pas trop fine pour éviter que la tâche soit étalée par un effet de diffraction. On a déterminé qu'une largeur de fente comprise dans la gamme 0,1-0,14 mm, de préférence voisine de 0,12 mm, constitue un bon compromis pour une distance barrette-fente de l'ordre de 20 mm.
Fonctionnement.-

15 Le principe de la mesure utilise les propriétés de la triangulation. On observe le coin rétro-rélecteur R dans des directions angulaires différentes que l'on repère sur des règles graduées constituées par les barrettes B1, B2, B3.

20 Le dispositif d'éclairage du coin rétro-rélecteur, et permettant d'obtenir un signal lumineux sur chaque barrette B, est constitué par la diode laser L conjuguée optiquement de la fente.

25 Le schéma de la marche des rayons lumineux issus d'une diode laser, réfléchis par le coin R et traversant la fente d'analyse F de chaque détecteur, est représenté sur la figure 6. On a choisit cette figure parce qu'il est plus facile de représenter les rayons lumineux dans le cas où la source de lumière est
30 éloignée de la fente.

La lumière réfléchié par le coin et traversant la fente éclaire un pixel de la barrette placée derrière la fente.

Si l'on désigne par :

- j le numéro du pixel éclairé par le barycentre
de la tâche image sur la barrette B1
- 5 k le numéro du pixel éclairé par le barycentre
de la tâche image sur la barrette B2
- l le numéro du pixel éclairé par le barycentre
de la tâche image sur la barrette B3
- Δ la largeur d'un pixel
- f la distance d'une barrette à la fente correspondante
- 10 d la distance des fentes F1, F2
- x la distance du coin rétroréfecteur au plan qui passe
par la fente F3 et qui est orthogonal à la barrette B3
- y la distance du coin rétroréfecteur au plan qui passe
par la fente F1 et qui est orthogonal à la barrette B1
- 15 z la distance du coin rétroréfecteur au plan commun
des fentes F1, F2, F3,
- la considération des triangles semblables de la figure 9
relative aux barrettes B1 et B2 montre que :

20 (1) $y = \frac{j}{k-j} d$

(2) $z = \frac{f}{(k-j)\Delta} d$

et la considération des triangles semblables de la figure
10 relative à la barrette B3 montre que :

25 (3) $x = \frac{1z\Delta}{f}$

d'où, compte tenu de (2) :

(4) $x = \frac{1}{(k-j)} d$

30 Il est donc facile de calculer les coordonnées
du cube à partir des données mesurées et des caractéris-
tiques de construction du capteur.

Pour s'affranchir de lumières parasites (plein soleil dans l'espace), il est judicieux de réaliser les mesures diodes allumées et diodes éteintes.

5 Si $V(j)$ et $V_0(j)$ représentent la part d'énergie intégrée par le pixel n° j , lorsqu'il reçoit la lumière, respectivement lorsque la diode est allumée et lorsque la diode est éteinte, le signal utile est obtenu par la différence $V(j) - V_0(j)$.

10 On peut aussi utiliser la propriété de modulation rapide de la diode pour adapter et synchroniser le temps de lecture des barrettes à l'impulsion laser. Ceci permet de minimiser les flux parasites externes.

REVENDEICATIONS

1. 1. Capteur de position, caractérisé en ce qu'il comprend
trois couples constitués chacun d'un détecteur photo-
électrique rectiligne et d'une fente rectiligne associée,
les détecteurs et les fentes étant situés dans des posi-
5 tions relatives définies, chaque fente et le détecteur
associé étant placés dans des plans parallèles mais en
sorte que la direction de la fente soit orthogonale à celle
du détecteur, et des sources de lumière étant associées aux
fentes pour l'objet dont on veut connaître la position en
10 sorte que la lumière réfléchie par l'objet atteigne la
fente associée à la source de lumière et forme sur le
détecteur placé derrière la fente une tâche de diffraction
dont l'emplacement sur la barrette correspond à l'angle
d'incidence sur la fente, ledit détecteur étant apte à
15 produire un signal électrique correspondant à la position
de la tâche sur le détecteur.
2. 2. Capteur de position selon la revendication 1,
caractérisé en ce que les détecteurs sont situés dans un
même plan (Π').
- 20 3. Capteur de position selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que les fentes sont situées dans un même
plan (Π').
4. 4. Capteur de position selon l'une des revendications
1 à 3, caractérisé en ce que deux des détecteurs (B_1, B_2)
25 sont alignés.
5. 5. Capteur de position selon la revendication 4,
caractérisé en ce que le troisième détecteur (B_3) est
perpendiculaire aux détecteurs alignés (B_1, B_2) et placé
entre eux.
- 30 6. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en
ce que les détecteurs photoélectriques (B) sont des
dispositifs à transfert de charge.

7. Capteur selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les sources d'éclairage (L) sont des diodes laser.

5 8. Capteur selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les sources d'éclairage (L) sont conjuguées optiquement des fentes.

9. Capteur selon la revendication 8, caractérisé en ce que la source d'éclairage (L) conjuguée optiquement d'une fente (F) est placée à distance de la fente et
10 conjuguée optiquement de la fente par un miroir semi-réfléchissant (L).

10. Capteur selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la source d'éclairage associée à une fente est constituée par une diode (L) placée à
15 proximité immédiate de la fente ou par deux diodes (L) placées de part et d'autre de la fente, éventuellement avec interposition d'un cache (E) entre la diode et la fente.

11. Capteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque fente (F) est constituée par
20 un intervalle entre deux plaques, de préférence biseautées.

12. Capteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que des filtres passe-bande étroits (4) sont placés devant chaque détecteur (B).

13. Capteur selon l'une des revendications précédentes,
25 caractérisé en ce que des lames quart d'onde sont placées devant les sources d'éclairage, derrière les fentes et devant l'objet à détecter.

14. Dispositif de télémétrie, notamment pour la robotique spatiale et, en particulier, pour équiper un bras télé-
manipulateur (P), caractérisé en ce qu'il comprend un
30 capteur (C) selon l'une des revendications 1 à 13 pour détecter la position d'un objet (S) des moyens constituant sur l'objet un coin de cube rétro-réflécteur (R).

1/4

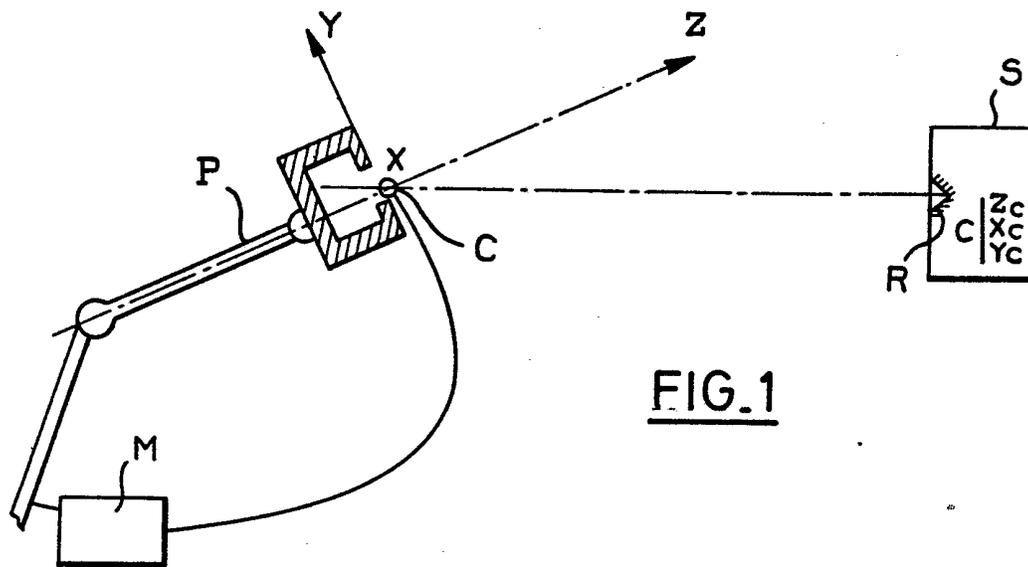


FIG. 1

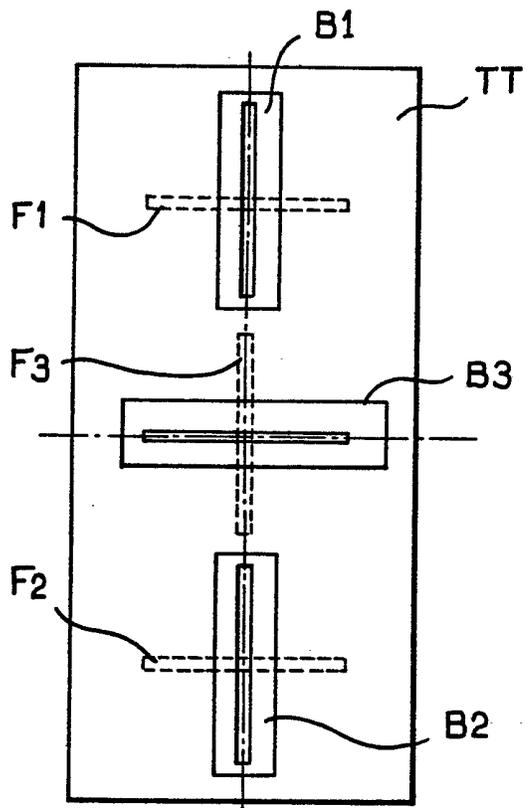


FIG. 2

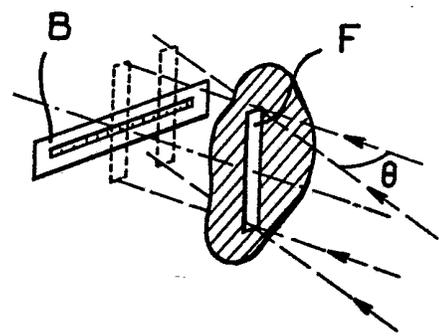
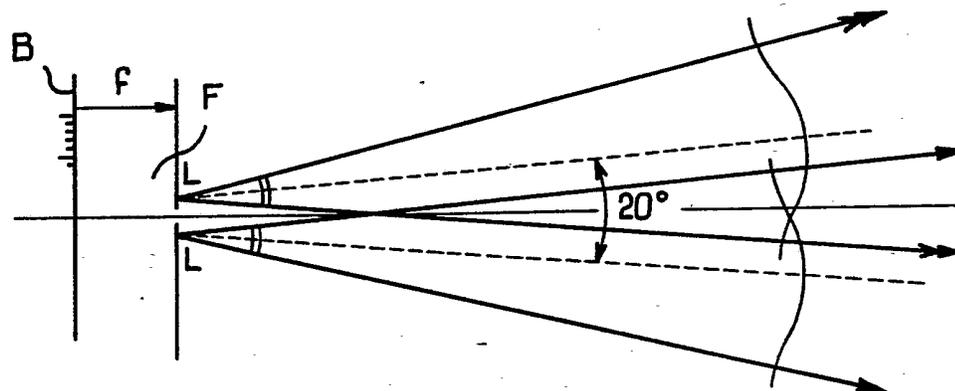
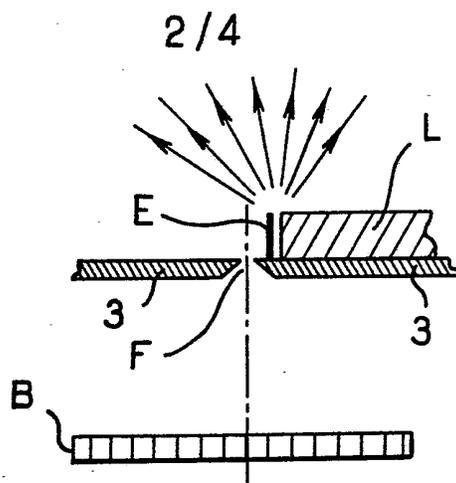
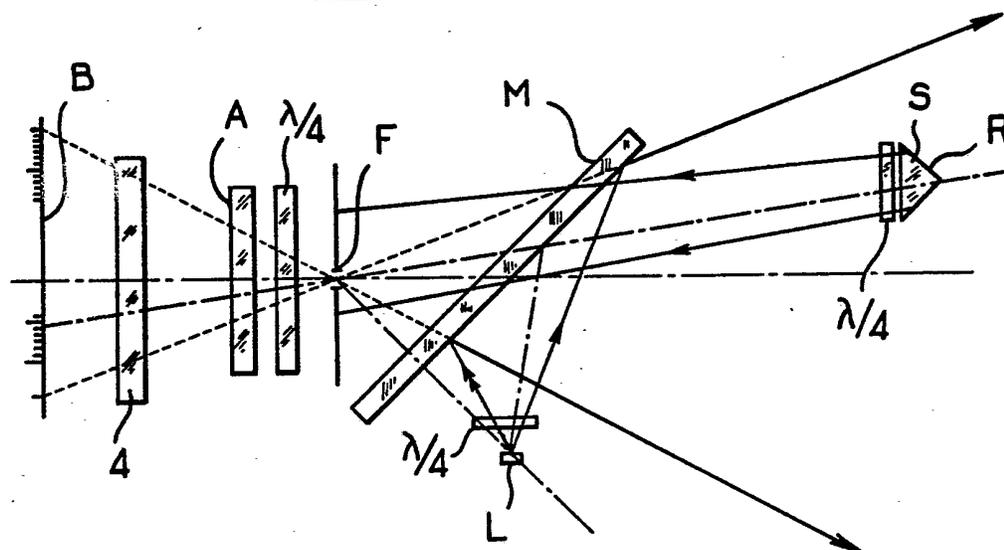


FIG. 3

FIG. 4FIG. 5FIG. 6

3/4

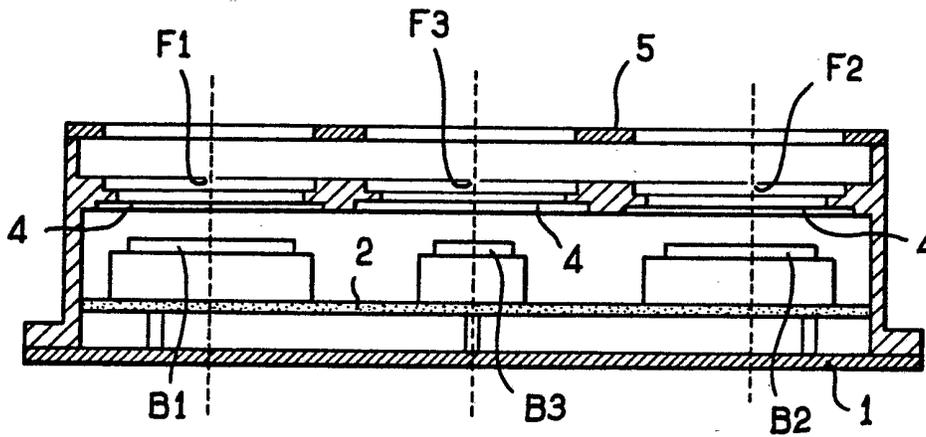


FIG. 7

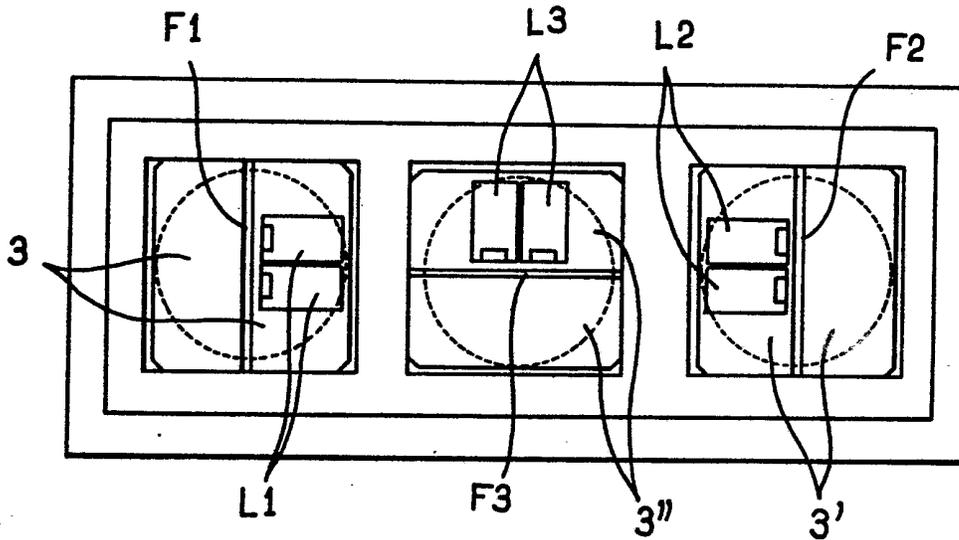


FIG. 8

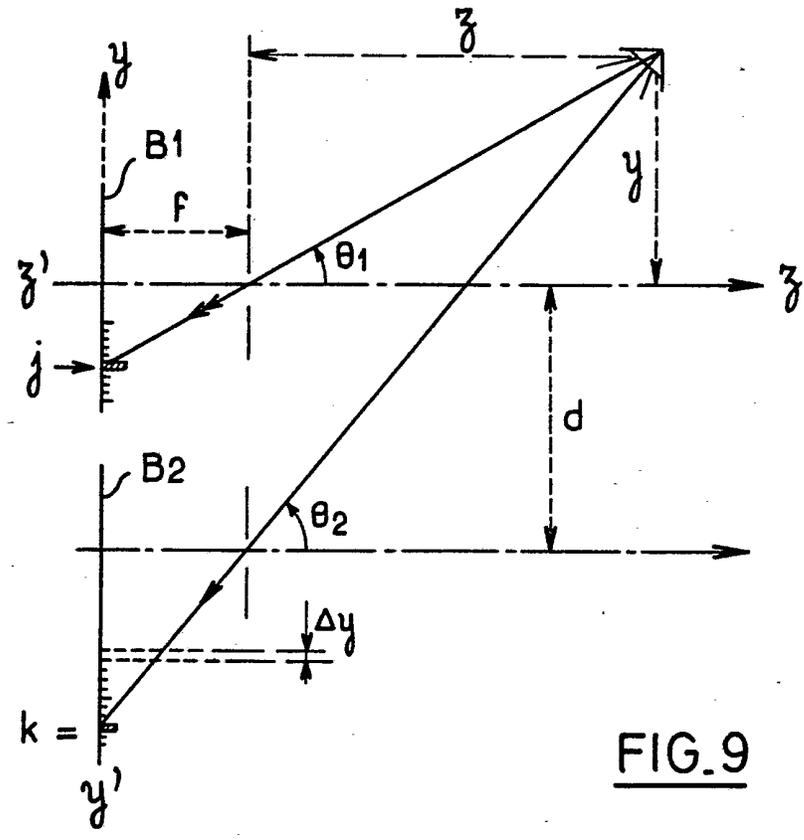


FIG. 9

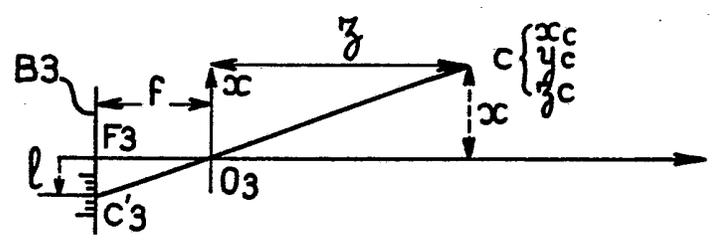


FIG. 10