

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 2 octobre 1987.

⑫③ Priorité : DE, 3 octobre 1986, n° P 36 33 681.5.

⑫④ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPi « Brevets » n° 14 du 8 avril 1988.

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : Société dite : MESSERSCHMITT-BOL-
KOW-BLOHM GMBH. — DE.

⑦② Inventeur(s) : Reinhard Czichy.

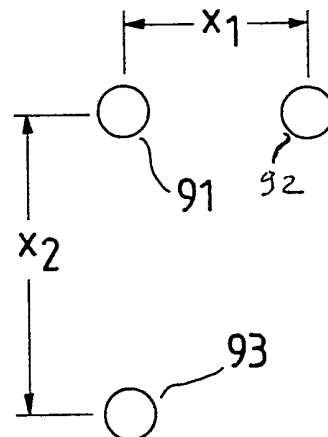
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Bureau D. A. Casalona-Josse.

⑤④ Dispositif de détermination de la distance entre deux corps.

⑤⑦ Dispositif de détermination de la distance entre deux
corps dont l'un comprend un ensemble de rétroreflecteurs et
l'autre un dispositif d'éclairage et une unité de commande.

Les différents rétroreflecteurs 91, 92, 93 réfléchissent de la
lumière de longueurs d'ondes différentes, tandis que le dispo-
sitif d'éclairage émet successivement dans le temps de la
lumière de longueurs d'ondes différentes qui est respective-
ment réfléchi par l'un des rétroreflecteurs 91, 92, 93 et l'unité
de commande détermine la distance à partir des images,
arrivant séparément dans le temps, des rétroreflecteurs.



DISPOSITIF DE DETERMINATION DE LA DISTANCE ENTREDEUX CORPS

L'invention se rapporte à un dispositif de détermination de la distance entre deux corps dont l'un
5 comprend un ensemble de rétroréfecteurs comportant au moins deux réflecteurs disposés à distance les uns des autres, et l'autre un dispositif d'éclairage pour l'ensemble de rétroréfecteurs, un système de détecteurs sur lequel les différents réflecteurs de l'ensemble de
10 rétroréfecteurs peuvent être reproduits au moyen d'un objectif de telle sorte que le diamètre de leurs images soit plus grand que le diamètre d'un capteur, et une unité de commande qui définit le centre de gravité des images des réflecteurs et détermine la distance à partir
15 de l'écart entre les centres de gravité des images.

Les dispositifs du type mentionné ci-dessus sont fondés sur le fait connu que, par interpolation, on peut

déterminer le centre de gravité d'un spot lumineux apparaissant sur un système de détecteurs avec une précision qui est sensiblement plus petite que le diamètre d'un capteur, dans la mesure où le diamètre du spot lumineux est plus grand que le diamètre d'un capteur. Pour donner un ordre d'idée, le centre de gravité peut être déterminé avec une définition de 10% à 2% du diamètre d'un capteur. Une "extension appropriée du spot lumineux sur plusieurs capteurs" peut par exemple être obtenue par une reproduction correspondante, par défocalisations et/ou par introduction volontaire d'aberrations.

Lors de la détermination du centre de gravité de plusieurs spots lumineux, il est bien entendu nécessaire que les différents spots lumineux ne se chevauchent pas : en cas de chevauchement de plusieurs spots lumineux, en effet, on ne déterminerait pas les différents centres de gravité des spots lumineux, mais le centre de gravité commun des spots lumineux se chevauchant.

Par conséquent, dans les dispositifs de détermination de la distance entre deux corps du type précité, le fait que les différentes images des rétroréfecteurs ne doivent absolument pas se chevaucher limite la distance maximale à déterminer pour un champ optique donné du système de détecteurs et un écartement donné entre les différents réflecteurs. Ainsi, par exemple, avec un système de détecteurs comprenant

385 x 288 capteurs ayant chacun une dimension de $22\text{ }\mu\text{m}$ x $22\text{ }\mu\text{m}$ et un champ optique de $0,67^\circ$ x $0,5^\circ$, la distance maximale susceptible d'être déterminée entre les corps ne peut pas dépasser 4400 m avec un écartement de 0,8 m
5 entre les rétroréfecteurs. De plus grandes distances ne peuvent plus être définies, attendu que les images des rétroréfecteurs se chevaucheraient alors.

Pour la détermination de la distance entre deux corps, l'invention a pour objet de mettre au point un
10 dispositif qui permette la détermination de plus grandes distances qu'avec les dispositifs du type mentionné au début.

Ce résultat est atteint selon l'invention par le fait que les différents rétroréfecteurs réfléchissent
15 de la lumière de longueurs d'ondes différentes, que le dispositif d'éclairage émet successivement dans le temps de la lumière de longueurs d'ondes différentes qui est respectivement réfléchi par l'un des rétroréfecteurs, et que l'unité de commande détermine la distance à
20 partir des images, arrivant séparément dans le temps, des rétroréfecteurs.

L'idée maîtresse de l'invention est de différencier par un codage optique des images de rétroréfecteurs qui ne seraient plus définissables
25 angulairement avec une configuration donnée du système de détecteurs.

Avec un dispositif du type précité, ce codage

optique peut être réalisé par le fait que le dispositif d'éclairage éclaire l'ensemble de rétroréflecteurs successivement avec de la lumière de différentes longueurs d'ondes et que chacun des rétroréflecteurs ne
5 réfléchit que de la lumière d'une seule longueur d'onde. De cette façon, les images des différents rétro-réflecteurs apparaissent les unes après les autres sur le système de détecteurs. Aucune des images ne pouvant ainsi se chevaucher, le centre de gravité de chaque
10 image peut être déterminé sans difficulté avec la définition maximale possible, même en cas de grande distance entre les objets. La distance maximale mesurable n'est donc plus limitée que par le pouvoir de résolution du système de détecteurs pour le centre de
15 gravité d'un spot lumineux ou, exprimé en d'autres termes, par les différences de position des images des rétroréflecteurs qui peuvent encore être définies. A titre indicatif, avec le système de détecteurs précédemment pris comme exemple et les mêmes données
20 concernant les angles optiques et les écartements des rétroréflecteurs, on obtient une distance limite de 132 km avec un dispositif selon l'invention. La distance maximale encore déterminable doit donc être multipliée par le facteur 30 par rapport aux dispositifs du type
25 mentionné au début.

Dans le dispositif selon l'invention, pour la détermination supplémentaire de la position relative des

deux corps, l'un des corps comporte au moins trois rétro-
réflecteurs disposés à distance les uns des autres et
dont la distance et/ou le pouvoir de réflexion sont
différents. En utilisant, par exemple, au moins trois
5 rétroréflecteurs qui sont réalisés de façon à pouvoir
être facilement identifiés, il est possible de
déterminer non seulement la distance entre les deux
corps, mais aussi leur position relative.
L'identification des différents rétroréflecteurs peut
10 par exemple se faire en les disposant avec des
écartements différents entre eux et/ou en leur conférant
un pouvoir de réflexion différent pour la lumière
incidente.

Le codage optique selon l'invention peut être
15 utilisé non seulement pour différencier les différents
rétroréflecteurs de l'ensemble de rétroréflecteurs, mais
aussi pour identifier différents corps. Pour
l'identification de différents corps, chaque corps peut
comporter, par exemple, moins de rétroréflecteurs que
20 le dispositif d'éclairage n'émet de la lumière de
longueurs d'ondes différentes. Bien entendu, d'autres
possibilités d'identification peuvent aussi être
utilisées en se basant sur les principes mêmes de
l'invention qui permettent une détermination extrêmement
25 précise des centres de gravité des images des différents
rétroréflecteurs. On peut, par exemple, recourir à des
configurations déterminées des rétroréflecteurs pour

l'identification.

Selon une autre particularité avantageuse de l'invention, le codage optique peut aussi être obtenu de façon simple en plaçant devant chaque rétrorélecteur un
5 filtre dont la transmission spectrale n'autorise que la réflexion de lumière d'une gamme d'onde déterminée.

L'idée maîtresse de l'invention du codage optique peut être avantageusement perfectionnée par l'emploi d'une optique à focale variable, par exemple d'un
10 zoom ou d'une optique de commutation ; avec une telle optique, on peut adapter l'angle optique du capteur à la distance à mesurer de façon à pouvoir procéder à la mesure avec une résolution particulièrement élevée dans une plage de distances déterminée.

15 L'invention peut avantageusement servir à déterminer la distance et la position relative de corps dans l'espace. Elle peut permettre ainsi non seulement la détermination de la distance entre deux satellites, mais aussi de leur position relative, ainsi que la
20 différenciation de plusieurs corps différents.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description d'un mode de réalisation pris comme exemple, mais non limitatif, et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

25 *la figure 1* est une coupe d'un dispositif d'éclairage et d'un capteur réalisés selon l'invention ;

la figure 2a représente la disposition des

rétroreflecteurs ;

la figure 2b représente la caractéristique de longueur d'onde du dispositif d'éclairage ;

la figure 2c représente la caractéristique de
5 longueur d'onde des rétroreflecteurs ;

les figures 3a, 3b représentent différentes images des rétroreflecteurs sur le système de détecteurs.

La figure 1 représente une coupe d'un dispositif d'éclairage, réalisé selon l'invention, pour des rétro-
10 reflecteurs non représentés à la figure 1, ainsi que d'un capteur pour la lumière réfléchiée par les rétro-reflecteurs.

Le dispositif d'éclairage comprend quatre sources lumineuses 11, 12, 13 et 14 dont la lumière est réunie
15 en un rayon commun 4 par un groupe de prismes 2 et un objectif de projection 3. Le rayon 4 est dirigé sur un ensemble de rétroreflecteurs qui est installé sur un autre corps. La lumière 5 réfléchiée par l'ensemble de rétroreflecteurs est reproduite sur un système de
20 détecteurs 7 au moyen d'un objectif 6 seulement représenté schématiquement à la figure 1.

Le système de détecteurs 7 et les différentes sources lumineuses 11 à 14 sont raccordés par des lignes 81, 82, 83, 84 et 85 à une unité de commande non
25 représentée.

La figure 2a représente la disposition de trois rétroreflecteurs 91, 92 et 93. Les rétroreflecteurs sont

disposés à différentes distances x_1 et x_2 sur les sommets d'un triangle rectangle. Devant les rétroreflecteurs se trouvent des filtres, non représentés en détail, qui ont une caractéristique de transmission qui confère aux différentes unités rétroreflecteur/filtre la caractéristique de réflexion $\tau_1(\lambda)$ reproduite à la figure 2c.

Le mode de fonctionnement du dispositif illustré aux figures 1 et 2a-2c est décrit ci-après en référence aux figures 3a, 3b.

L'unité de commande, non représentée, active les sources lumineuses 11 à 14 par l'intermédiaire des lignes 81 à 84 de manière que les sources lumineuses émettent de la lumière successivement les unes après les autres. Les flux lumineux I des différentes sources lumineuses ayant des longueurs d'ondes différentes - comme illustré à la figure 2b - la lumière de la source lumineuse 11 n'est réfléchiée que par le rétroreflecteur 91, celle de la source lumineuse 12 que par le rétroreflecteur 92 et celle de la source lumineuse 13 que par le rétroreflecteur 93. La lumière de la source lumineuse 14 n'est pas réfléchiée du tout.

Selon la distance de l'unité éclairage/capteur, représentée à la figure 1, par rapport à l'ensemble de rétroreflecteurs, représenté à la figure 2a, on obtient les images, illustrées sur les figures 3a, 3b, des rétroreflecteurs sur le système de détecteurs 7. Les

images 91', 92' et 93' des rétrorélecteurs 91, 92 et 93 apparaissent successivement les unes après les autres conformément aux émissions de lumière des sources lumineuses 11 à 13. De cette façon, non seulement en cas
5 de petites distances pour lesquelles les différentes images sont séparées (figure 3a), mais aussi en cas de grandes distances pour lesquelles les différentes images se chevauchent - comme illustré à la figure 3b - il est possible de déterminer au moyen de l'unité de commande
10 non représentée, les centres de gravité, symbolisés par "x", des spots lumineux sur le système de détecteurs 7.

La détermination du centre de gravité des différents spots lumineux s'effectue ici d'après les formules d'interpolation connues qui sont analogues aux
15 formules utilisées en mécanique pour la détermination du centre de gravité massique, si bien qu'il n'est pas nécessaire d'y revenir en détail ici.

A partir des positions déterminées des centres de gravité des images des rétrorélecteurs, l'unité de
20 commande, non représentée, - par exemple un micro-ordinateur ou un circuit calculeur incorporé - pour une distance entre rétrorélecteurs et une distance focale donnée de l'objectif de reproduction, peut calculer par les lois de la géométrie la distance entre
25 le capteur et l'ensemble de rétrorélecteurs : par exemple avec un système de détecteurs comptant 385×288 capteurs d'une dimension de $22 \mu\text{m} \times 22 \mu\text{m}$ chacun et un

angle optique de $0,67^\circ \times 0,5^\circ$ et avec une distance de 0,8 m entre les rétrorélecteurs, il est possible de déterminer la distance de corps jusqu'à un maximum de 132 km.

5 Par ailleurs, en interprétant la forme géométrique de la disposition des rétrorélecteurs en cas d'utilisation de plus de deux réflecteurs et/ou en interprétant la caractéristique de réflexion de ceux-ci, il est possible d'identifier le corps dont la distance
10 est mesurée :

Les différents rétrorélecteurs 91 à 93 peuvent être identifiés sans aucun doute sur la base du codage optique, ou en d'autres termes, par l'instant de leur réponse à un rayon lumineux incident.

15 Ainsi, par exemple, en cas d'utilisation de quatre sources lumineuses de différentes longueurs d'ondes et de trois rétrorélecteurs sur chaque corps dont on veut déterminer la distance et l'identité, il est possible d'identifier quatre corps différents, par exemple en cas
20 de rendez-vous spatial, pour un satellite.

Par une évaluation supplémentaire du degré de réflexion et/ou de la disposition géométrique, on peut identifier un nombre encore plus important de corps : la figure 2c représente schématiquement le pouvoir de
25 réflexion différent des rétrorélecteurs.

Dans ce qui précède, on a représenté l'invention à l'aide d'un exemple de réalisation schématique. Dans la

réalisation pratique on peut, bien entendu, apporter les modifications les plus diverses :

Par exemple, l'objectif 6 peut être un objectif à distance focale variable, par exemple un zoom ou un
5 objectif avec organes formant lentilles interposés pour obtenir une plus grande résolution dans une plage de de distances à mesurer déterminée.

Comme sources lumineuses, on peut utiliser les sources lumineuses les plus diverses, par exemple un
10 laser. Il est, en outre, aussi possible d'utiliser une source lumineuse devant laquelle sont montés différents filtres.

Le nombre des sources lumineuses et celui des rétroréfecteurs n'est pas non plus limité à ceux de
15 l'exemple de réalisation.

Comme système de détecteurs, on peut utiliser, par exemple, les composants semi-conducteurs les plus divers.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de détermination de la distance entre deux corps dont l'un comprend un ensemble de rétroréfecteurs comportant au moins deux réflecteurs
5 (91, 92, 93), disposés à distance les uns des autres, et l'autre un dispositif d'éclairage (11, 12, 13, 14, 2, 3) pour l'ensemble de rétroréfecteurs, un système de détecteurs 7 sur lequel les différents réflecteurs de l'ensemble de rétroréfecteurs peuvent être reproduits
10 au moyen d'un objectif (6) de telle sorte que le diamètre de leurs images soit plus grand que le diamètre d'un capteur, et une unité de commande qui définit le centre de gravité des images des réflecteurs et détermine la distance à partir de l'écart entre les
15 centres de gravité des images, *caractérisé* par le fait que les différents rétroréfecteurs (91, 92, 93) réfléchissent de la lumière de longueurs d'ondes différentes, que le dispositif d'éclairage émet successivement dans le temps de la lumière de longueurs
20 d'ondes différentes qui est respectivement réfléchi par l'un des rétroréfecteurs, et que l'unité de commande détermine la distance à partir des images, arrivant séparément dans le temps, des rétroréfecteurs.

2. Dispositif selon la revendication 1,
25 *caractérisé* par le fait que pour la détermination supplémentaire de la position relative des deux corps, l'un des corps comporte au moins trois rétroréfecteurs

(91, 92, 93) disposés à distance les uns des autres et dont la distance et/ou le pouvoir de réflexion sont différents.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2,
5 *caractérisé* par le fait que pour l'identification de différents corps, chaque corps comporte moins de rétrorélecteurs que le dispositif d'éclairage n'émet de la lumière de longueurs d'ondes différentes.

4. Dispositif selon l'une quelconque des
10 revendications 1 à 3, *caractérisé* par le fait que devant chaque rétrorélecteur est placé un filtre dont la transmission spectrale n'autorise que la réflexion de lumière d'une gamme d'onde déterminée.

5. Dispositif selon l'une quelconque des
15 revendications 1 à 4, *caractérisé* par le fait que la distance focale du système de lentilles peut être modifiée pour adapter le champ optique du capteur à différentes distances à mesurer.

6. Utilisation d'un dispositif selon l'une des
20 revendications 1 à 5 pour déterminer la distance et la position relative de corps dans l'espace.

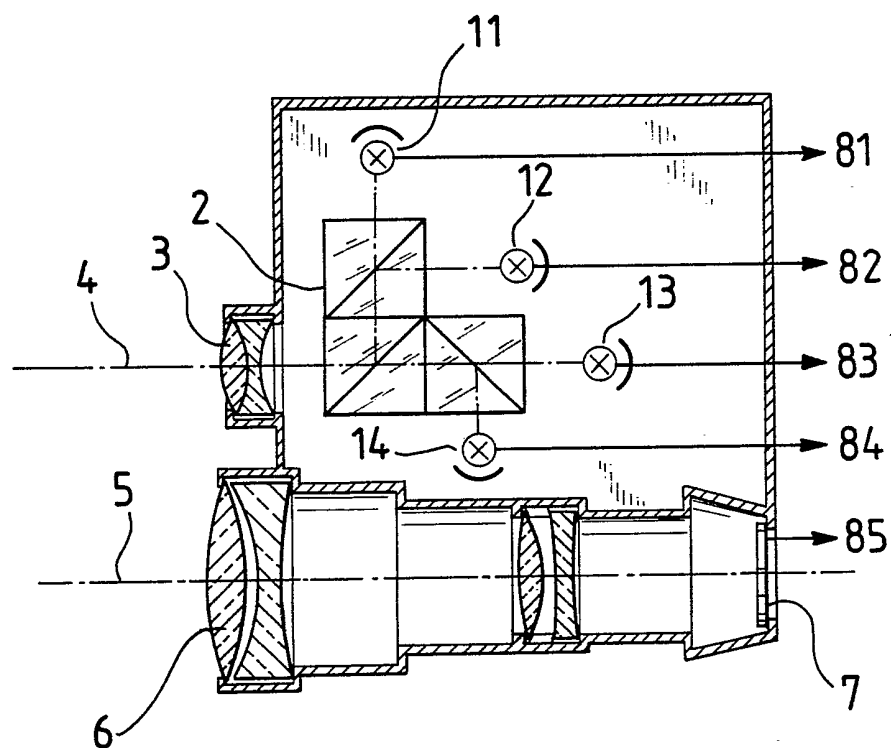


FIG. 1

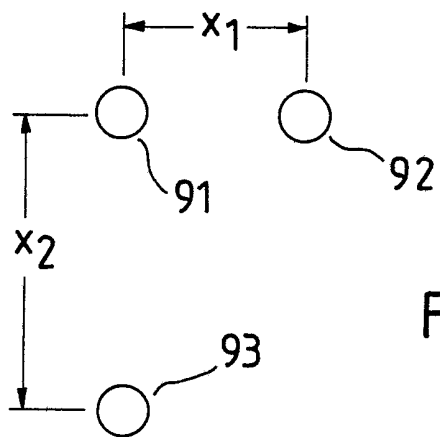


FIG. 2a

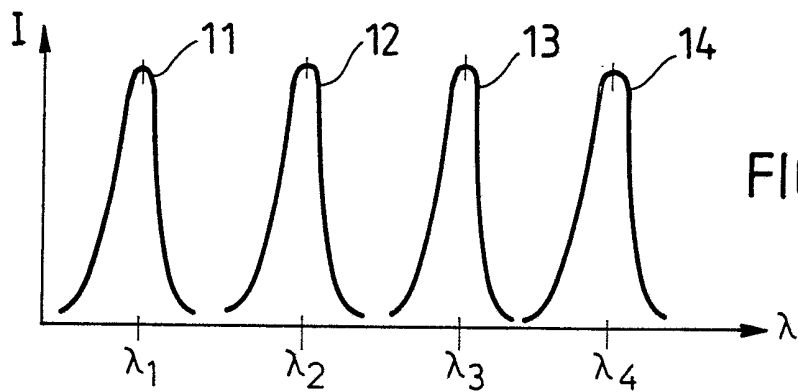


FIG. 2b

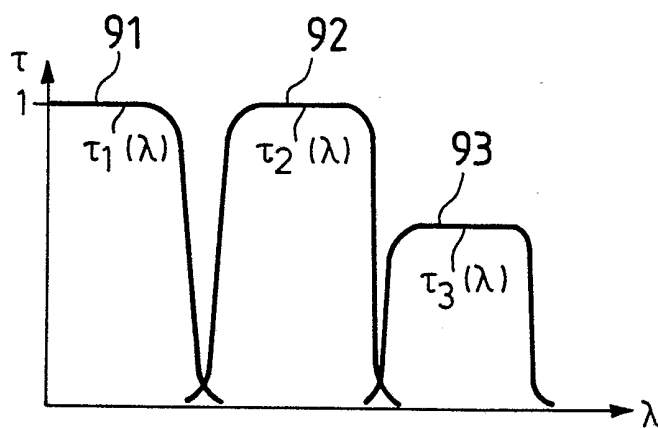


FIG. 2c

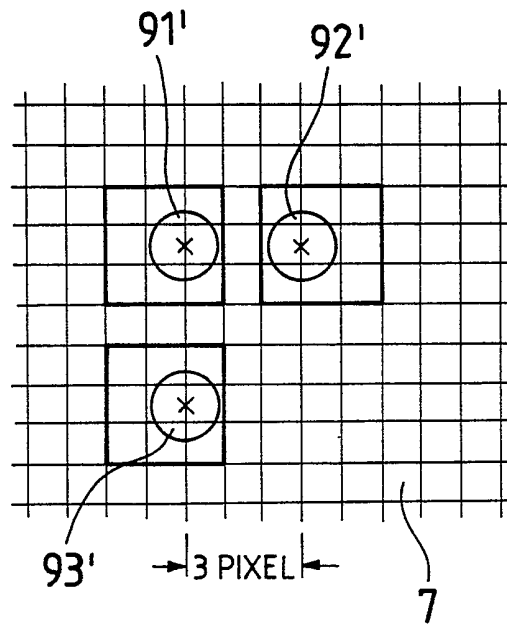


FIG. 3a

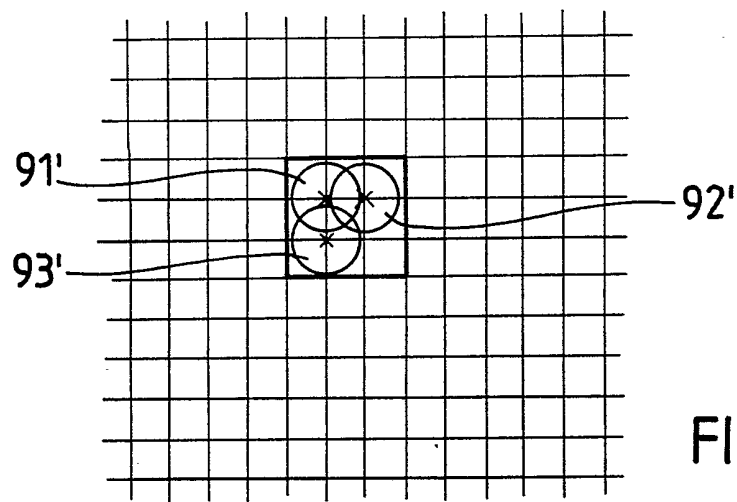


FIG. 3b