



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 669 271 A5

⑤① Int. Cl.⁴: G 02 B 27/64
G 03 B 41/00

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

②① Numéro de la demande: 3291/86

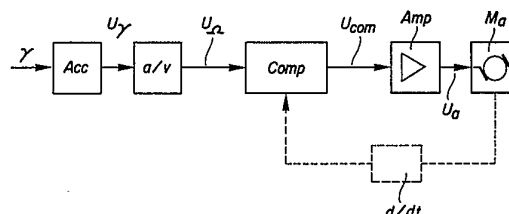
②② Date de dépôt: 15.08.1986

②④ Brevet délivré le: 28.02.1989

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 28.02.1989⑦③ Titulaire(s):
Canon Kabushiki Kaisha, Ohta-ku/Tokyo (JP)⑦② Inventeur(s):
Gross, Daniel, Carouge
Revillet, Georges, Onex
Vasey, François, Genève
Arditi, Marcel, Genève⑦④ Mandataire:
Blasco Dousse, Carouge GE

⑤④ Procédé pour stabiliser une image focalisée par un objectif photographique et dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

⑤⑦ Une unité de mesure de l'accélération angulaire (Acc) délivre à sa sortie une tension U_γ proportionnelle à l'accélération γ mesurée. L'unité suivante (a/v) intègre cette tension U_γ pour produire une tension U_Ω proportionnelle à la vitesse de l'appareil Ω , résultant de cette intégration. Cette tension U_Ω alimente un compensateur (Comp) qui délivre une tension de compensation U_{com} proportionnelle à la vitesse instantanée de l'appareil qui est amplifiée par un amplificateur (Amp) dont la tension de sortie U_a sert à commander un moteur d'actionnement (M_a) relié au groupe optique qui doit être déplacé pour compenser les mouvements de l'appareil pour stabiliser l'image focalisée sur le plan du film. Un détecteur de position (d/dt) forme une boucle fermée entre le moteur (M_a) et le compensateur (Comp).



REVENDEICATIONS

1. Procédé pour stabiliser une image focalisée par un objectif photographique, sur le plan d'un élément photosensible, caractérisé par le fait que l'on monte un élément optique qui définit la position de l'image sur le plan de l'élément photosensible sur des organes de guidage qui déterminent deux degrés de liberté situés dans au moins un plan parallèle à celui de l'élément photosensible, que l'on détecte les déplacements de l'objectif en fonction du temps et que l'on communique audit élément optique des déplacements de compensation proportionnels aux déplacements détectés selon lesdits degrés de liberté respectifs.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit élément optique est constitué par le dernier élément optique avec pouvoir de réfraction.

3. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit élément optique est directement solidaire de premiers moyens de guidage définissant un desdits degrés de liberté, ces premiers moyens de guidage étant eux-mêmes cinématiquement solidaires de seconds moyens de guidage selon le second desdits degrés de liberté dont la direction est perpendiculaire à celle du premier degré de liberté dans ledit plan parallèle à celui de l'élément photosensible.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par le fait que lesdits moyens de guidage sont constitués par deux parallélogrammes déformables dans deux plans respectifs perpendiculaires, l'un de ces parallélogrammes étant fixé par un de ses côtés au bâti de l'appareil photographique et son côté opposé parallèle étant cinématiquement solidaire de l'un des côtés du second parallélogramme dont le côté opposé parallèle est solidaire dudit élément optique.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que le côté du premier parallélogramme solidaire du bâti de l'appareil est sensiblement coplanaire avec le côté du second parallélogramme solidaire dudit dernier élément optique.

6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que les côtés déformables des parallélogrammes sont constitués par des éléments dont la largeur est choisie pour assurer la rigidité de ces parallélogrammes en cas de déformation de l'autre parallélogramme dans un plan perpendiculaire à leurs plans de déformation respectifs.

7. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que les côtés déformables des parallélogrammes sont constitués par des plaquettes articulées à chacune de leurs extrémités respectives par une languette de polyéthylène-téréphtalate sertie, d'une part, à l'extrémité de la plaquette et, d'autre part, à l'organe auquel cette extrémité est reliée, un ressort de rappel étant associé à chacun de ces parallélogrammes pour le maintenir appliqué contre un organe d'actionnement.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que ledit ressort est un ressort à force sensiblement constante et calculée pour s'opposer à tout déplacement dudit parallélogramme sous l'effet d'une accélération inférieure à un seuil déterminé.

9. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que ledit organe d'actionnement contre lequel chaque parallélogramme est appliqué par ledit ressort de rappel est constitué par une came solidaire de l'arbre d'un moteur à courant continu.

10. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que la longueur des bras des parallélogrammes est choisie pour que l'écartement entre le plan de l'élément photosensible et celui dudit dernier élément optique pour une amplitude de déplacement de 0,7 mm de part et d'autre de l'axe optique, selon lesdits degrés de liberté, n'excède pas 10 μ m.

DESCRIPTION

La présente invention se rapporte à un procédé pour stabiliser une image focalisée par un objectif photographique sur le plan d'un élément photosensible et à un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé.

On sait que plus la longueur focale d'un objectif photographique augmente, plus la netteté de l'image focalisée sur le plan du film photographique est influencée par les mouvements oscillants de l'appareil pendant l'exposition du film photographique. Suivant les personnes, l'amplitude et la fréquence de ces mouvements varie et nuit à la netteté de la photo à des longueurs focales plus ou moins grandes. Il n'existe cependant aucun photographe susceptible de faire une photo nette à 1/60 s avec un téléobjectif de plus de 100 mm, sans l'utilisation d'un pied. Il est évident que le pied constitue une contrainte pour le photographe. Si cette contrainte est peu gênante dans le cas où l'on photographie un sujet fixe, un paysage ou un monument par exemple, elle l'est davantage pour un sujet en mouvement tel qu'un oiseau en vol.

Il a déjà été proposé un grand nombre de dispositifs de stabilisation destinés à rendre un élément indépendant des oscillations de l'organe dont il est par ailleurs solidaire. Cela s'applique aussi bien à un canon monté sur un véhicule blindé qu'à un périscope de sous-marin soumis aux vagues. Dans le domaine des appareils optiques destinés à être utilisés à la main, on a déjà proposé plusieurs solutions applicables aux lunettes d'approche, tel que décrit par exemple dans le DE-C3-1.772.827 qui a recours à une articulation à cardan et à un gyroscope. Ce mécanisme, qui commande des déplacements angulaires, n'est pas applicable à un objectif photographique portatif.

Un mécanisme à capteur inductif commandant l'alimentation d'un organe d'actionnement électromagnétique est décrit dans le DE-C2-2.336.867. Cette solution est fondée sur le déplacement angulaire d'un miroir et n'est donc pas applicable non plus à un objectif photographique.

Dans le DE-A-2.152.085, il s'agit d'un dispositif flottant. Il est évident que, théoriquement, une solution de ce genre est idéale, compte tenu de la réduction de l'inertie des parties mobiles plongées dans un liquide, mais pratiquement elle est difficilement utilisable, compte tenu des coefficients de dilatation entre le liquide et son boîtier, un appareil photographique pouvant être soumis à des variations de température de l'ordre de 80° C. En outre, dans la solution proposée dans ce document, la correction se fait par déplacement angulaire. Il ne faut en effet pas oublier que, dans un objectif photographique, toutes les lentilles sont alignées sur un axe commun. Tout déplacement du faisceau lumineux par rapport à cet axe crée des défauts, notamment dans le chromatisme de l'image. Il est évident qu'il n'y aurait aucun sens à concevoir un dispositif susceptible de stabiliser l'image si ce dispositif engendre par ailleurs d'autres déplacements, notamment des distorsions et des aberrations chromatiques.

On a également proposé dans le EP-B1-0.025.335 un dispositif de stabilisation optique comprenant deux prismes que l'on fait tourner en sens contraires autour d'un axe commun. Étant donné que ces prismes sont disposés entre deux lentilles, le faisceau lumineux qui sort des prismes est plus ou moins désaxé par rapport à la lentille située en aval de ces deux prismes.

Dans le cas de la stabilisation d'image pour un appareil photographique, il y a lieu de satisfaire à un ensemble de contraintes non seulement optiques, telles que celles susmentionnées, mais encore mécaniques, énergétiques, d'encombrement, de poids et de prix. C'est ainsi que le mécanisme de correction doit travailler sans jeu et avec un frottement minimal, compte tenu de l'énergie disponible. L'inertie des masses en mouvement doit être faible. L'énergie consommée doit être compatible avec les sources d'énergie déjà existantes sur les appareils photographiques. L'encombrement doit permettre au mécanisme de prendre place dans un téléobjectif.

Le but de la présente invention est d'apporter une solution qui réalise un compromis apte à satisfaire à l'ensemble de ces exigences.

A cet effet, cette invention a pour objet un procédé pour stabiliser une image focalisée par un objectif photographique sur le plan d'un élément photosensible, selon la revendication 1. Elle a également pour objet un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé, selon la revendication 2.

Le dessin annexé illustre, schématiquement et à titre d'exemple, différentes variantes du dispositif pour la mise en œuvre du procédé objet de l'invention.

La figure 1 est un schéma-bloc de ce dispositif.

La figure 2 est une vue schématique en coupe axiale d'un appareil photographique.

La figure 3 est une vue en perspective d'un appareil muni d'un téléobjectif.

La figure 4 est une vue en coupe selon la ligne IV-IV de la figure 3.

La figure 5 est une vue en élévation latérale de la figure 4.

La figure 6 est une vue en perspective d'une forme d'exécution préférée du mécanisme de stabilisation.

La figure 7 est une autre vue en perspective de cette forme d'exécution.

La figure 8 est une vue en perspective d'une autre variante de la figure 6.

La figure 9 est une vue en perspective d'une autre variante encore.

La figure 10 est une vue en coupe diamétrale de la variante de la figure 9.

La figure 11 est une vue en perspective d'une variante des figures 6 et 7.

La figure 12 est une vue en élévation partielle d'une autre variante des figures 6 et 7.

L'élaboration du mécanisme de stabilisation d'image selon l'invention a été réalisée consécutivement à la mesure de la fréquence angulaire, de l'amplitude et de la vitesse des mouvements d'un appareil photographique équipé d'un téléobjectif de 300 mm f/2,8 sur un échantillon d'individus des deux sexes. L'analyse de ces résultats a montré que la largeur de la bande de la fréquence des mouvements à stabiliser se situe entre 1 et 10-12 Hz. Les amplitudes moyennes de déplacement pendant le temps d'exposition de 1/60 s est de 60 à 80 µm avec des pointes maximales de 200 à 260 µm qui peuvent aller jusqu'à 300 µm si l'on tient compte du temps total de déplacement du rideau qui est de 24 µs. Pour que le mécanisme de stabilisation soit efficace, il ne faut pas que les oscillations résiduelles dépassent 20 µm pendant 1/60 s. Le déplacement linéaire maximal pendant 1/60 s est $\pm 0,7$ mm, et la vitesse instantanée maximale à compenser est de 25 mm/s, les accélérations maximales étant de 0,5 g.

Pour une vitesse angulaire Ω_c de l'appareil photographique, un grossissement angulaire K_θ de l'objectif et une vitesse linéaire V_{lc} de la lentille, il faudra donc satisfaire la relation

$$\Omega_c \cdot K_\theta - V_{lc} \leq 20 \mu\text{m}/(1/60 \text{ s})$$

Le schéma-bloc de la figure 1 illustre les composants du mécanisme angulaire de stabilisation qui comportent une unité de mesure de l'accélération Acc, délivrant à sa sortie une tension U_γ , proportionnelle à l'accélération γ mesurée. L'unité suivante a/v intègre la tension U_γ qu'elle reçoit de l'unité de mesure de l'accélération Acc, pour produire une tension $U\Omega$ proportionnelle à la vitesse de l'appareil Ω_c , résultant de cette intégration. Cette tension $U\Omega$ alimente un compensateur Comp. qui délivre à sa sortie une tension de compensation U_{com} proportionnelle à la vitesse instantanée de l'appareil qui est amplifiée par un amplificateur Amp dont la tension de sortie U_a sert à commander un moteur d'actionnement M_a à courant continu, qui est relié au groupe optique que l'on doit déplacer pour compenser les mouvements de l'appareil pour stabiliser l'image focalisée sur le plan du film. Un détecteur de position d/dt forme une boucle fermée entre le moteur d'actionnement M_a et le compensateur Comp. En fait, tous les signaux susmentionnés sont doubles, l'accélération angulaire étant détectée selon deux axes orthogonaux.

La figure 3 montre une vue en perspective de l'appareil photographique muni d'un téléobjectif 4. Les axes ϕ et θ montrent les déplacements angulaires à mesurer en vue d'effectuer la compensation nécessaire. La coupe de la figure 4 montre l'emplacement de quatre accéléromètres linéaires A, B, C, D autour d'un cercle de diamètre d qui correspond à la distance séparant ces accéléromètres autour de

l'objectif. La figure 5 montre par des doubles flèches F_1 , F_2 et F_3 les directions sensibles des accéléromètres linéaires A, C et D.

Pour mesurer les accélérations angulaires selon les axes ϕ et θ , on a recours à la différence des signaux d'accélération linéaire divisée par la distance d :

$$\theta = (a_A - a_B)/d$$

$$\phi = (a_C - a_D)/d$$

D'autres dispositions des accéléromètres permettaient de déduire les composantes linéaires aussi bien qu'angulaires à partir de quatre accéléromètres linéaires. L'avantage de la configuration illustrée est l'isolation des accéléromètres des composantes linéaires importantes selon x et y , la différence étant alors nulle.

La coupe axiale de la figure 2 est essentiellement destinée à montrer la disposition du dispositif optique de stabilisation de l'image par rapport au reste de l'objectif et du film. On voit sur cette coupe le plan du film 1, le dispositif optique de stabilisation constitué par une lentille ou un groupe optique 2 séparé du film par un rideau 3 et formant donc le dernier groupe optique de l'objectif. Ce groupe optique 2 reçoit les rayons lumineux provenant du sujet et ayant traversé les différents autres groupes optiques usuels dont est formé un téléobjectif 4. De ce fait, la correction effectuée par l'élément optique de stabilisation n'a aucune autre répercussion sur l'image focalisée sur le plan du film que de réduire le mouvement relatif entre cette image et le film pendant l'exposition de ce film.

Elle n'induit aucune distorsion ni aucune aberration chromatique de cette image, pour autant que ce groupe optique 2 soit déplacé rigoureusement parallèlement au plan du film et à une distance pratiquement constante de ce plan.

Les figures 6 et 7 illustrent en détail la partie de l'objectif relative au dispositif optique de stabilisation. Le dernier groupe optique 2 est fixé dans une bague 5 articulée aux extrémités respectives de deux plaquettes parallèles et diamétralement opposées 6 et 7 par deux languettes souples 8 et 9 découpées dans une feuille de polyéthylène-téréphtalate vendue sous la marque de Mylar® et insérées dans des fentes ménagées dans la bague 5 et dans l'épaisseur de chacune des plaquettes 6 et 7. Ces languettes 8 et 9 sont introduites dans ces fentes en laissant un jeu de quelques dixièmes de millimètre entre la bague et l'extrémité de chaque plaquette 6 et 7 et sont collées à l'intérieur de ces fentes.

Les extrémités opposées de ces plaquettes 6 et 7 sont articulées de manière identique à une seconde bague 10, parallèle à la bague 5 dans laquelle est monté le groupe optique 2. De ce fait, ces bagues 5 et 10 et les plaquettes 6 et 7 qui les relient par l'intermédiaire d'articulations forment un élément déformable dont la section droite perpendiculaire à ses côtés parallèles constitue un parallélogramme. Par souci de simplification, ces éléments déformables seront appelés ci-après «parallélogrammes».

Cette seconde bague 10 est encore articulée à deux autres plaquettes parallèles et diamétralement opposées 11 et 12, de la même manière que décrit précédemment pour les plaquettes 6 et 7. Le plan diamétral perpendiculaire à ces plaquettes 11 et 12 est lui-même perpendiculaire au plan diamétral perpendiculaire aux plaquettes 6 et 7. Les autres extrémités de ces plaquettes 11 et 12 sont également articulées, toujours par l'intermédiaire de languettes de Mylar®, à deux pièces de fixation 13 et 14 destinées à relier le dispositif à un carter tubulaire 15 solidaire du bâti de l'objectif. La seconde bague 10 et les plaquettes 11 et 12 avec leurs extrémités articulées sur le carter tubulaire 15 forment un second parallélogramme déformable perpendiculaire au premier parallélogramme déformable. La seconde bague 10 fait donc partie à la fois du premier parallélogramme déformable et du second, ces deux parallélogrammes étant disposés en série et étant reliés par la seconde bague 10. L'une des extrémités de chaque plaquette 11 et 12 étant fixe, la bague 10 articulée à l'autre extrémité de ces mêmes plaquettes peut donc se déplacer dans le plan diamétral perpendiculaire aux plaquettes 11 et 12 de ce parallélogramme, provoquant le déplacement correspondant sans déformation du premier parallélogramme 5, 6, 7 et 10. Les plaquettes 6 et 7 de ce premier parallélogramme, étant articulées à l'anneau 10, lui-

même articulé aux plaquettes 11 et 12 du second parallélogramme perpendiculaire au premier parallélogramme, il s'ensuit que cet anneau ne peut bouger que dans le plan de déformation du parallélogramme 10, 11, 12 en raison de la rigidité conférée dans un plan perpendiculaire à ce plan de déformation par les plaquettes 11 et 12. Par conséquent, la bague 10, dans le plan de déformation du premier parallélogramme 5, 6, 7 et 10, joue le même rôle que le carter tubulaire 15 dans le parallélogramme déformable, de sorte que cette bague 10 permet de déplacer la bague 5 porteuse du groupe optique 2 uniquement dans le plan de déformation du parallélogramme 5, 6, 7, 10, perpendiculaire au plan de déformation de l'autre parallélogramme 10, 11, 12.

De ce fait, en agissant sur la bague 10 dans un plan perpendiculaire au plan de déformation du parallélogramme 10, 11, 12, on déplace dans ce plan la bague 10 et la bague 5 en raison de la rigidité du parallélogramme 5, 6, 7, 10 dans ce plan et, en agissant sur la bague 5 dans le plan de déformation du parallélogramme 5, 6, 7, 10, on ne déplace que la bague 5 dans un plan perpendiculaire au premier plan de déformation, sans influencer l'autre parallélogramme 10, 11, 12 en raison de sa rigidité dans ce plan.

Cela dit, nous allons décrire le reste du dispositif de stabilisation et en particulier les moyens d'actionnement permettant de déformer ces deux parallélogrammes.

Un premier moteur à courant continu 16 est fixé dans un logement ménagé dans la pièce de fixation 13. L'arbre de ce moteur porte une came linéaire 17, qui se trouve vis-à-vis d'une partie du bord de la bague 10 qui porte un roulement à billes 18 destiné à réduire au maximum le frottement entre la came linéaire 17 et la bague 10. Cette came 17 et ce roulement 18 sont pressés l'un contre l'autre par un ressort 19 à force sensiblement constante fixé, d'une part, sur la bague 10 et, d'autre part, sur le carter tubulaire 15.

Une palette à face réfléchissante 20 fait saillie de la bague 10 et se situe dans un plan perpendiculaire au plan dans lequel cette bague 10 peut se déplacer. Un détecteur de position photoélectrique 21, 22 est disposé de chaque côté de la palette 20. La position d'équilibre correspond à celle dans laquelle chaque détecteur reçoit la même quantité de lumière réfléchie par la palette 20 et émise par une diode électroluminescente associée à chaque détecteur. Cette position d'équilibre est choisie lorsque le milieu de la came linéaire 17 et le roulement à billes 18 sont en contact.

La bague 10 porte elle aussi un moteur à courant continu 23 dont l'arbre porte une came linéaire 24. Ce moteur 23 est disposé à 90° du moteur 16 par rapport à l'axe optique, c'est-à-dire que cette came 24 agit dans le plan de déformation du parallélogramme 5, 6, 7 et 10. Un roulement à billes 25 est monté sur la partie du bord de la bague 5 située en face de cette came 24 et il est pressé contre elle par un ressort 26 à force sensiblement constante fixé, d'une part, à la bague 5 et, d'autre part, à une partie du carter tubulaire 15. La force de ce ressort et celle du ressort 19 sont choisies pour empêcher le décollement entre les comes respectives 17 et 24 et les roulements à billes 18 respectivement 25 sous l'effet d'une certaine accélération, et notamment sous l'effet de l'accélération la plus élevée qui peut être communiquée aux bagues 5 et 10 par les comes 25 respectivement 17 et qui est de l'ordre de 0,5 g.

Une palette 28 fait saillie de la bague 5 et s'étend dans un plan perpendiculaire au plan de déplacement de cette bague. Les surfaces opposées de cette palette 28 sont réfléchissantes et sont disposées chacune vis-à-vis d'un photodétecteur 29 respectivement 30 associé chacun à une source de lumière constituée par une diode électroluminescente. Il est évident que ces détecteurs 29, 30 aussi bien que les détecteurs 21 et 22 pourraient être fondés sur d'autres principes physique, magnétique, capacitif, inductif, etc.

La conception du dispositif d'actionnement du groupe optique 2 de stabilisation d'image permet de supprimer les jeux, de réduire les frottements et d'avoir une inertie des masses en mouvement acceptable.

Le seul défaut inhérent au dispositif décrit réside dans le fait que le déplacement du groupe optique 2 s'effectue bien en restant rigou-

reusement dans un plan parallèle au plan du film, mais ce plan parallèle se déplace selon des arcs de cercle décrits par chacun des côtés parallèles déformables 6, 7, 11, 12 des parallélogrammes, de sorte que la distance focale entre le plan du film et le groupe optique n'est pas rigoureusement constante.

L'écart Δ maximal tolérable entre le rayon R de l'arc de cercle décrit par les plaquettes 6, 7, 11, 12 et la position du plan du groupe optique pour un déplacement angulaire donné maximal correspondant à une distance y de l'extrémité de ce rayon R par rapport à l'axe optique de 0,7 mm est de 10 μ m. Si l'on considère le triangle isocèle dont l'hypoténuse est formée par ce rayon R écarté de y par rapport à l'axe optique, le troisième côté correspondant à la projection du rayon R sur l'axe optique étant L, on a :

$$L^2 + y^2 = R^2$$

$$(R - \Delta)^2 + y^2 = R^2$$

$$R^2 - 2\Delta R + \Delta^2 + y^2 = R^2$$

$$R = \frac{y^2 + \Delta^2}{2\Delta} \quad \Delta \ll y$$

$$\approx y^2/2\Delta$$

$$\approx \frac{(0,7 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 10^{-5}} = 24,5 \text{ mm}$$

Ce calcul montre qu'avec des parallélogrammes de 25 mm de longueur pour les côtés parallèles déformables, l'erreur Δ de distance focale est maintenue dans la tolérance indiquée. Cette dimension est parfaitement compatible avec un téléobjectif de 300 mm.

La forme d'exécution qui vient d'être décrite constitue la solution qui semble le mieux adaptée au problème posé parmi celles qui ont été étudiées. Il est certes possible d'éliminer complètement le déplacement du plan du groupe optique 2 de stabilisation d'image par rapport au plan du film comme on le verra par la suite; on pourrait aussi réduire l'inertie en immergeant les masses en mouvement dans un liquide. Toutefois, ces différentes solutions alternatives présentent d'autres inconvénients qui ne sont pas compensés par les avantages qu'elles apportent. C'est la raison pour laquelle ces solutions alternatives ne seront que brièvement décrites ci-après à titre d'exemple, leur principe général étant identique à celui de la forme d'exécution décrite en relation avec la figure 3.

En ce qui concerne encore cette forme d'exécution, on relèvera que les côtés déformables 6, 7, 11, 12 des parallélogrammes n'ont pas été réalisés à l'aide de lames-ressorts, ce qui aurait entraîné une simplification dans l'exécution du dispositif, étant donné la suppression des ressorts de rappel 19 et 26 et des articulations par les languettes 8 et 9 de Mylar®. Une telle solution a été abandonnée en raison de l'augmentation sensible de la force d'un tel ressort lorsqu'il est soumis à une flexion. Or, en position de repos, il est nécessaire d'avoir une force suffisante pour que le ressort s'oppose au déplacement des masses mobiles sous l'effet de l'accélération qui peut leur être communiquée, ce qui suppose une lame-ressort susceptible de produire au repos une force équivalente à celle des ressorts 19 et 26, mais qui croîtra rapidement dès que ces lames-ressorts sont écartées de cette position de repos, alors que la force des ressorts 19 et 26 reste, elle, sensiblement constante.

La variante de la figure 8 illustre une solution dans laquelle le dernier groupe optique 2 est monté dans une bague interne 31 montée coulissant verticalement à l'intérieur d'une bague externe 32 par l'intermédiaire d'une tige 33 solidaire de la bague interne, montée coulissant dans la bague externe 32. Un guide 34 opposé à la tige 33 est fixé à la bague externe 32 et maintient constamment la bague 31 dans le plan de la bague externe 32.

Cette dernière comporte deux pattes 35 et 36 de part et d'autre d'un organe de guidage fixe 37. Une tige 38 est fixée à ces deux

pattes 35 et 36 et coulisse dans l'organe de guidage 37. Un autre guide 39, opposé à l'organe de guidage 37 et solidaire de celui-ci, sert à maintenir les déplacements de la bague externe 32 dans son plan.

Chacune des bagues 31 et 32 est associée à un ressort 40 respectivement 41 qui sert à fixer la position de chaque bague par rapport à son plan de coulissement, en appliquant élastiquement une extrémité des tiges coulissantes 33 et 38 contre une came linéaire 42 respectivement 43 solidaire de l'arbre d'un moteur à courant continu 44 respectivement 45. Le moteur 44 qui sert à déplacer la bague interne 31 est solidaire de la bague externe 32, alors que le moteur 45 qui sert à déplacer la bague externe 32 par rapport au bâti est fixé au bâti et est donc solidaire de l'organe de guidage 37.

D'autres variantes d'une solution utilisant des coulisses de guidage déplaçant le groupe optique 2 de stabilisation dans un même plan peuvent être imaginées par l'homme du métier. Pour obtenir un guidage précis, de telles solutions engendrent cependant des frottements plus importants que la solution précédente, dans laquelle le guidage est donné par la rigidité des parallélogrammes dans tout autre plan que le plan de déformation de ces parallélogrammes. Or, l'énergie disponible dans ce cas est forcément beaucoup plus faible et constitue un élément primordial dans le choix des moyens d'actionnement.

La variante illustrée par la figure 9 est fondée sur le concept des parallélogrammes déformables de la figure 6, les plaquettes formant ces parallélogrammes étant constituées par des éléments piézoélectriques bimorphes 46, 47, 48 et 49, qui permettent de remplacer à la fois les moteurs et les ressorts. Avec un tel dispositif, les forces nécessaires à équilibrer le poids des éléments en mouvement peuvent être avantageusement diminuées en immergeant le tout dans un boîtier étanche 50 rempli de liquide et dont la paroi présente un soufflet 51 pour absorber les variations de volume, comme illustré par la figure 10. Le groupe optique de correction 2 est alors logé

dans un carter tubulaire étanche 52 fixé dans la bague interne 53 du dispositif de correction, c'est-à-dire dans la bague mobile du parallélogramme déformable 46, 47 monté en série avec le parallélogramme déformable 48, 49 dont une extrémité est fixée au bâti par l'intermédiaire d'une bague 54 concentrique à la bague interne 53 en position de repos. La complexité de cette solution en raison de l'immersion des masses en mouvement et les questions de fiabilité constituent les principaux inconvénients de cette solution.

La variante de la figure 11 diffère essentiellement de la forme d'exécution des figures 6 et 7 par le fait que les deux moteurs 16a et 23a sont fixés au carter de l'objectif, le moteur 23a n'étant plus solidaire de la bague mobile 10, comme l'était le moteur 23 dans la forme d'exécution susmentionnée.

Pour éviter les déplacements entre la came 24a et le galet 25a, comme cela se produirait lorsque la bague 10a serait déplacée selon la double flèche F4 par la came (non visible) du moteur 16a agissant sur le bord de la bague 5a, le galet 25a est monté sur une plaquette intermédiaire 5a articulée sur un support 55 sur lequel le moteur 23a est fixé par une languette de Mylar® 56. Cette plaquette repose contre le bord rectiligne de la bague 10a par l'intermédiaire de deux galets 57.

Enfin, la figure 12 illustre une vue en élévation représentant le moteur 23 des figures 6 et 7 vu en bout. Etant donné que ce moteur est solidaire de la bague 10 et qu'il est susceptible de se déplacer dans le sens de la double flèche F_s, on peut appuyer ce moteur contre le carter 58 de l'objectif par l'intermédiaire d'un galet ou d'un roulement à billes 59 coulissant contre un rail 60 solidaire de ce carter 58. De ce fait, on évite que le moteur 23 puisse se mettre à vibrer. Cette variante constitue en quelque sorte une alternative entre le moteur mobile 23 des figures 6 et 7 et le moteur fixe de la figure 11.

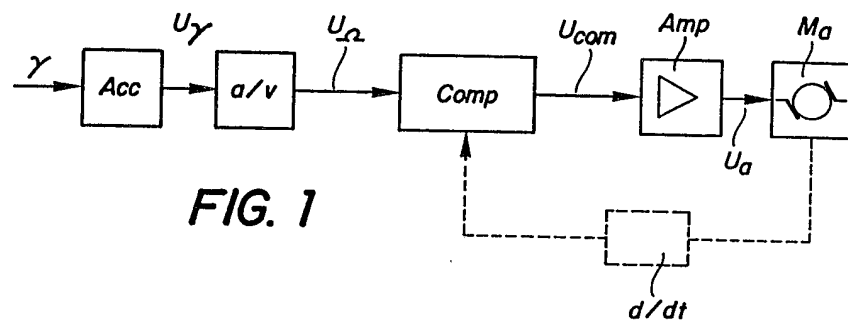


FIG. 1

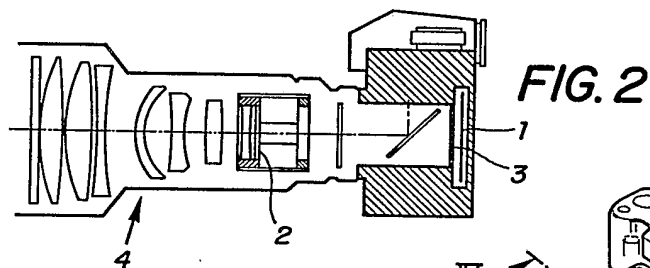


FIG. 2

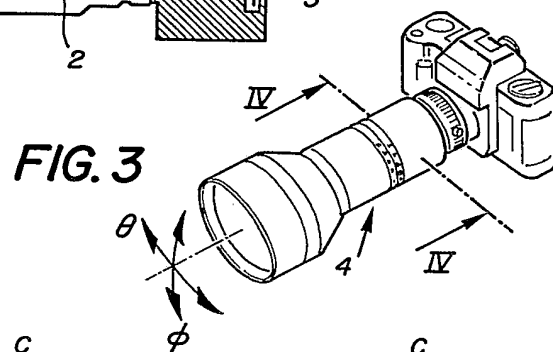


FIG. 3

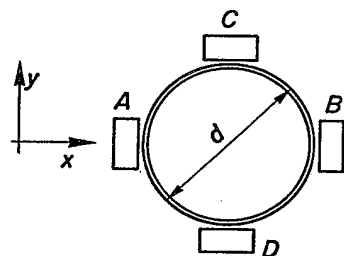


FIG. 4

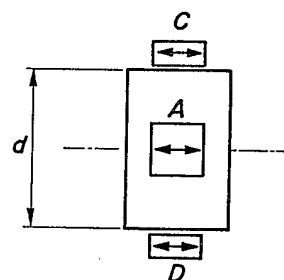


FIG. 5

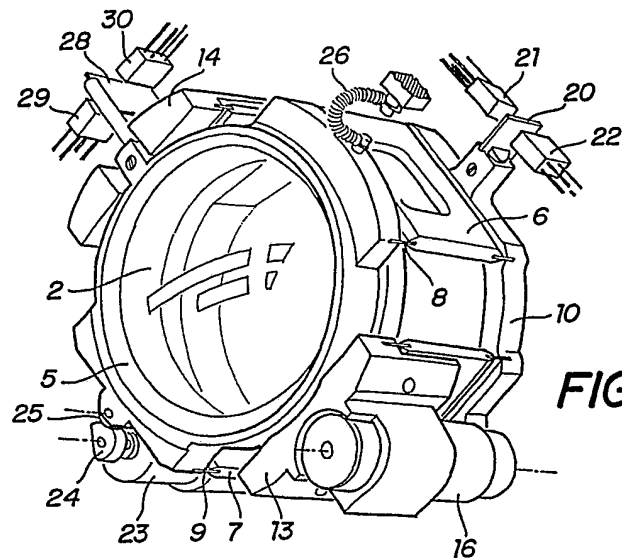


FIG. 6

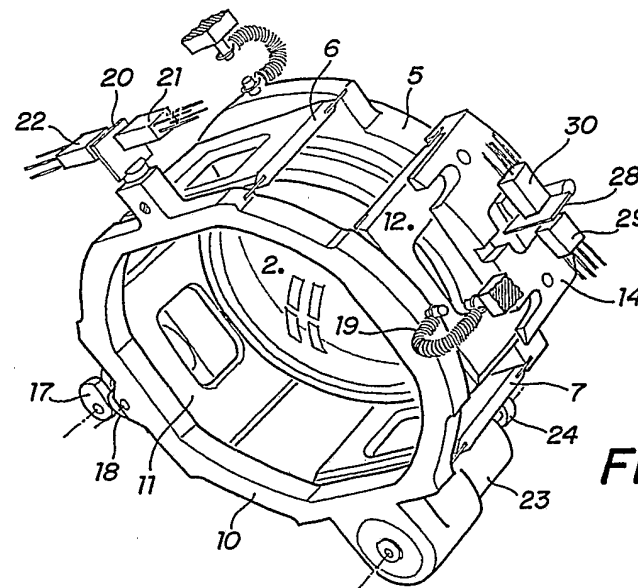


FIG. 7

