



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets⁴ : B24B 13/06	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 89/09680 (43) Date de publication internationale: 19 octobre 1989 (19.10.89)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR89/00154 (22) Date de dépôt international: 5 avril 1989 (05.04.89) (30) Données relatives à la priorité: 88/04519 6 avril 1988 (06.04.88) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): BERTIN & CIE [FR/FR]; B.P. N° 3, F-78373 Plaisir Cédex (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement) : VOLAT, Jean-Pierre [FR/FR]; 29, rue Irma Moreau, F-13100 Aix-en-Provence (FR). (74) Mandataire: CABINET ORES; 6, avenue de Messine, F-75008 Paris (FR).		(81) Etats désignés: JP, SU, US. Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>
(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR POLISHING AN OPTICAL COMPONENT (54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF DE POLISSAGE D'UN COMPOSANT OPTIQUE (57) Abstract Process and device for polishing the surface of an optical component by means of a polisher (12) carried by a support (24) pivotally mounted at the end of a robot arm (10) and comprising means for uniformly distributing the action of the polisher on the surface of the optical component (14) as well as means for controlling said action. The invention makes it possible to speed up and to automate the polishing of optical components. (57) Abrégé Procédé et dispositif de polissage de la surface d'un composant optique, au moyen d'un polissoir (12) porté par un support (24) monté pivotant à l'extrémité d'un bras-robot (10) et comprenant des moyens à répartition uniforme de l'action du polissoir sur la surface du composant optique (14) ainsi que des moyens de réglage de cette action. L'invention permet d'accélérer et d'automatiser le polissage des composants optiques.		

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	FR	France	ML	Mali
AU	Australie	GA	Gabon	MR	Mauritanie
BB	Barbade	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BE	Belgique	HU	Hongrie	NL	Pays-Bas
BG	Bulgarie	IT	Italie	NO	Norvège
BJ	Bénin	JP	Japon	RO	Roumanie
BR	Brésil	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République Centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	LI	Liechtenstein	SN	Sénégal
CH	Suisse	LU	Luxembourg	SU	Union soviétique
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	TD	Tchad
DE	Allemagne, République fédérale d'	MC	Monaco	TG	Togo
DK	Danemark	MG	Madagascar	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande				

PROCEDE ET DISPOSITIF DE POLISSAGE D'UN COMPOSANT OPTIQUE

L'invention concerne un procédé et un dispositif de polissage d'un composant optique.

La technique classique de fabrication des composants optiques du type lentille ou miroir comporte des opérations successives d'ébauche, de doucissage et de polissage. La réalisation de l'ébauche se fait par usinage, au
5 moyen d'un outil diamanté en forme de cloche. Le doucissage et le polissage sont réalisés à l'aide d'un polissoir et d'un abrasif. Le doucissage est une opération de dégrossissage relativement aisée et rapide, mais le polissage est une opération très longue, coûteuse et dont dépend toute la qualité
10 optique du composant.

Actuellement, le polissage est caractérisé à la fois par la rusticité et l'ancienneté des machines utilisées, et par la subtilité du savoir-faire artisanal du personnel spécialisé chargé de cette opération. Les machines traditionnelles de polissage comprennent essentiellement un tour à axe
15 vertical de rotation, sur lequel est fixé le composant à polir, un polissoir en contact avec la surface à polir du composant, ce polissoir étant supporté en son centre par une rotule et entraîné en mouvement orbital avec une force d'appui sur la surface à polir, et des moyens mécaniques à bielle et manivelle de positionnement du polissoir et de génération de son mouve-
20 ment.

Le procédé de polissage consiste à interposer un abrasif pulvérulent, de granulométrie déterminée, et un liquide de mouillage entre le polissoir et le composant à polir. L'alimentation en abrasif, le type de polissoir, son diamètre, sa pression d'appui, les réglages de position, d'amplitude et de
25 vitesse de ses mouvements orbitaux, ainsi que la rotation du tour constituent les paramètres de polissage. Il est nécessaire de procéder avec d'autant plus de prudence que l'on ne maîtrise pas précisément la localisation et l'amplitude des opérations de polissage. On procède donc, au cours du polissage, à une alternance d'opérations de contrôle et d'enlèvement très limité de matière.
30 En effet, un enlèvement excessif de matière en un point particulier, avec dépassement de la cote vers laquelle convergeaient les opérations successives de polissage, nécessite une reprise de toute la surface du composant optique. Ce risque est permanent et, chaque fois qu'il se produit, il entraîne

une augmentation importante du coût.

Pour éviter ces inconvénients, le personnel spécialisé procède donc à un grand nombre d'opérations de contrôle, entre lesquelles sont réalisées des opérations de polissage qui n'enlèvent à chaque fois qu'une petite partie des défauts de surface (par excès) à corriger.

Il en résulte par exemple que le polissage d'un miroir d'un diamètre de 600 mm, avec une précision du $1/8$ de la longueur d'onde, nécessite environ 400 heures de machine et 150 heures de personnel spécialisé. Dans la seule période de finition (qui dure de 10 à 15 jours), deux à trois contrôles de l'état de surface du composant sont nécessaires chaque jour. Il faut environ 40 opérations successives de polissage pour faire passer l'amplitude des défauts de surface de 5 microns au $1/8$ de la longueur d'onde.

La multiplication des opérations élémentaires de polissage tient à la limitation volontaire de leur efficacité à environ 10 %, chaque opération élémentaire laissant environ 90 % de l'amplitude des défauts à traiter. Il est clair que si l'on pouvait améliorer sans risques cette efficacité, on réduirait considérablement le nombre des opérations nécessaires de polissage des composants optiques, et donc leur prix de revient.

Corollairement, la maîtrise des conditions de polissage permettrait une automatisation de ces opérations.

L'invention a notamment pour objet un procédé et un dispositif de polissage de composants optiques, qui répondent à ces besoins.

L'invention propose donc un procédé de polissage d'un composant optique, au moyen d'un polissoir monté sur un support de guidage et de génération de mouvement, caractérisé en ce qu'il consiste à reporter du côté du polissoir et de son support les paramètres définissant des opérations élémentaires de polissage et à les quantifier, à rendre le polissoir et son support insensibles aux réactions perturbatrices apparaissant à l'interface polissoir-surface du composant, à donner auxdits paramètres des valeurs ou des groupes successifs de valeurs qui correspondent respectivement à une ou plusieurs plages à polir du composant et qui sont obtenues par comparaison de la surface finale souhaitée du composant et d'un relevé précis de ses défauts de surface, à exécuter la ou les opérations élémentaires de polissage définies par ces valeurs de paramètres, puis à refaire un relevé précis des défauts de surface du composant et à en déduire de nouvelles valeurs des paramètres de polissage.

Selon l'invention, l'interaction mal définie entre le polissoir et la surface du

composant optique, que l'on rencontrait dans la technique antérieure, est remplacée par une action précise et bien maîtrisée du polissoir sur la surface du composant optique, grâce au report du côté de l'outil des paramètres de polissage et à l'insensibilité de l'outil aux réactions de son

5 interface avec le composant optique.

Le procédé selon l'invention est encore caractérisé en ce qu'il consiste à donner aux paramètres des valeurs permettant, dans une plage déterminée de polissage et par une opération élémentaire de polissage, de retirer au moins 50 % de l'amplitude des défauts de surface à traiter.

10 En pratique, l'efficacité des opérations élémentaires de polissage peut atteindre une valeur de 70 à 80 % ce qui permet d'obtenir, après trois ou quatre opérations élémentaires de polissage le même résultat et la même précision d'état de surface qu'après 40 opérations de polissage selon la technique antérieure. L'invention permet de diviser par un facteur de l'ordre
15 de dix le nombre des opérations de finition, et donc le nombre des opérations de contrôle.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé consiste également à répartir uniformément l'action du polissoir sur le composant optique dans leur aire de contact, et à conserver cette répartition uniforme lors des
20 mouvements et déplacements du polissoir sur ladite surface.

Avantageusement, l'invention prévoit de créer un centre virtuel de rotation du polissoir sur son support en un point sensiblement confondu avec le point d'application de la résultante des forces de frottement entre le polissoir et la surface du composant dans leur aire de contact.

25 De cette façon, les mouvements et déplacements du polissoir sur la surface du composant ne peuvent nuire à l'uniformité d'action du polissoir sur le composant optique.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé consiste également à polir la surface du composant plage par plage, en modifiant d'une plage à
30 l'autre les valeurs de certains au moins des paramètres de polissage, lesdites plages étant par exemple des calottes sphériques d'axe indifférent, des zones sphériques, ou autres fractions quelconques de surface sphérique.

La maîtrise des paramètres de polissage permet en effet de faire varier leurs valeurs d'une plage à l'autre de la surface à polir, pour obtenir plus
30 rapidement le résultat recherché.

Dans le cas où le composant optique présente un axe de révolution, le procédé consiste également à asservir le composant en rotation autour de

cet axe, pour le positionner ou l'entraîner en rotation continue, discontinue ou à vitesse variable, ralentir, inverser ou arrêter la rotation du composant pour le polissage d'une plage de sa surface, ou reprendre cette rotation pour déplacer le polissoir de cette plage à une autre.

- 5 En variante, ou pour certaines opérations élémentaires de polissage, il est bien entendu possible d'entraîner le composant en rotation continue autour de son axe de révolution, pour le polissage d'une zone en segment de sphère. L'invention propose également un dispositif de polissage d'un composant optique, comprenant un polissoir et un support de guidage et de génération
- 10 de mouvement du polissoir sur la surface du composant, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de montage du polissoir sur son support à rotation autour d'un point qui coïncide sensiblement avec le point d'application de la résultante des forces tangentielles de frottement entre le polissoir en déplacement et la surface du composant dans leur aire de contact.
- 15 Selon une autre caractéristique de l'invention, le dispositif comprend des moyens pneumatiques de contrôle et de réglage de la pression d'appui du polissoir sur la surface du composant.

Avantageusement, ces moyens pneumatiques de contrôle et de réglage constituent un moyen de suspension pneumatique du polissoir sur son

20 support, permettant d'absorber les vibrations de ce support.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le dispositif comprend des moyens d'entraînement du polissoir en rotation autour de son axe, des moyens de déplacement du polissoir en translation par exemple circulaire

25 autour de l'axe de son support, et des moyens de déplacement relatif du composant optique par rapport au polissoir.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, le support du polissoir forme le dernier élément articulé d'un bras-robot à trois degrés de liberté asservis en position.

De façon plus précise, le support comprend un plateau tournant auquel le

30 polissoir est fixé par deux paires de lames de flexion disposées en cascade à 90° l'une de l'autre, ces lames définissant à leurs intersections deux axes de rotation du polissoir, qui sont perpendiculaires et se croisent en un point formant le centre virtuel de rotation du polissoir.

Le plateau est monté coulissant et libre en rotation sur un arbre coaxial au

35 polissoir, et est relié à un moyen moteur par les moyens précités de suspension pneumatique et de réglage de la pression d'appui du polissoir sur le composant.

Par ailleurs, le plateau tournant est supporté par un cadre guidé en translation circulaire, de façon à rester parallèle à lui-même, autour d'un axe parallèle à l'axe du polissoir, au moyen d'un système bielle-manivelle à excentration réglable.

- 5 L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront au cours de la description explicative qui suit, faite à titre d'exemple en référence aux dessins annexés, dans lesquels :
- La figure 1 représente schématiquement un dispositif de polissage selon l'invention.
 - 10 - La figure 2 est une vue schématique, à plus grande échelle, du support de polissoir ;
 - La figure 3 est une vue schématique en coupe, à plus grande échelle, de la partie inférieure de ce support ;
 - La figure 4 est une vue schématique de dessus du support de polissoir de la
 - 15 figure 2 ;
 - Les figures 5 et 6 représentent schématiquement les moyens de montage du polissoir sur son support ;
 - La figure 7 illustre schématiquement l'action du polissoir sur la surface d'un composant optique.
 - 20 - La figure 8 représente schématiquement un mode de réalisation d'un bras-robot.

Le dispositif de polissage selon l'invention représenté schématiquement en figure 1 comprend essentiellement un bras-robot 10 à trois degrés de liberté asservis en position, portant un polissoir 12 déplacé sur la surface à polir

25 d'un composant optique 14 monté sur le plateau d'un tour 16 à axe de rotation 18 vertical.

Plus précisément, le bras-robot 10 comprend un élément vertical 20 muni de moyens de déplacement vertical d'un élément horizontal 22, déplaçable horizontalement en translation, et à l'extrémité duquel un troisième élément

30 24 de support du polissoir 12 est monté à rotation autour d'un axe horizontal transversal 26.

La structure de ce troisième élément du bras-robot 10 est représentée plus en détail, pour une forme de réalisation particulière, dans les figures 2 à 6.

Ce troisième élément 24 comprend (figure 2) un châssis 28 monté en

35 rotation autour de l'axe 26 du deuxième élément 22 du bras-robot, et qui porte notamment un moteur électrique 30 dont l'arbre de sortie 32 est relié à un réducteur à engrenage 34 à arbre de sortie creux 36 qui est vertical en

figure 2. Cet arbre de sortie 36 est solidaire en rotation de deux bras manivelle 38 parallèles, qui sont horizontaux en figure 2 et qui portent un cadre 40 à contour carré ou rectangulaire, disposé dans un plan vertical en figure 2. Le cadre 40 est monté pivotant autour d'un axe vertical médian sur les bras 38, au moyen de deux articulations appropriées 42 disposées au milieu des côtés horizontaux du cadre 40.

Le réducteur 34, qui supporte les bras 38 et le cadre 40, est lui-même supporté par le châssis 28.

Le cadre 40 est de préférence guidé selon un mouvement de translation circulaire autour de l'axe 44 de l'arbre de sortie 36 du réducteur 34. Pour cela (figures 2 et 4), la partie supérieure du cadre 40 est reliée par deux biellettes articulées 46 parallèles et de même longueur à un chariot 48 monté coulissant sur un rail horizontal 50 porté par le châssis 28. De cette façon, la rotation des bras 38 autour de l'axe 44 des arbres de sortie du réducteur 34 est transformée en mouvement de translation circulaire du cadre 40 (qui reste tout le temps parallèle à lui-même), centré sur l'axe 44.

Avantageusement, l'excentration de ce mouvement circulaire, c'est-à-dire la distance entre l'axe 44 et les axes des articulations 42 du cadre 40 sur les bras 38, est réglable, par exemple de la façon suivante : chaque bras 38 contient une crémaillère 52 (figure 3) qui engrène avec une roue dentée 54 reliée par un arbre 56 à la roue dentée 54 correspondante de l'autre bras 38. L'arbre 56 est coaxial à l'arbre 36 du réducteur 34, cet arbre 36 étant tubulaire de façon à ce que l'arbre 56 reliant les deux roues dentées 54 puisse y être logé. Chaque crémaillère 52 est solidaire en translation d'un arbre vertical 58 dont une extrémité filetée est vissée dans un trou fileté de la crémaillère 52, dont une partie intermédiaire filetée reçoit un écrou 60 de blocage sur le bras 38 correspondant, et dont l'extrémité opposée est reliée au côté correspondant du cadre 40 par l'intermédiaire d'une butée à billes ou à rouleaux 62 pour former l'articulation 42 précitée. L'une des crémaillères 52 présente un orifice fileté parallèle à la direction du bras correspondant 38 et dans lequel est engagée une vis 64 de réglage, accessible depuis une extrémité du bras 38. La rotation de la vis 64 dans un sens ou dans l'autre permet de déplacer la crémaillère correspondante 52 dans un sens ou dans l'autre par rapport au bras 38. Ce déplacement de la crémaillère 52 se traduit par une rotation de la roue dentée 54, transmise par l'arbre 56 à la roue dentée 54 associée à la crémaillère 52 de l'autre bras 38. On réalise ainsi un déplacement synchrone des crémaillères 52 dans les

bras 38, ce qui permet de régler, en une seule opération, la distance entre l'axe 44 et les articulations 42. En pratique, cette distance est réglable, par exemple, entre 0 et 100 mm.

Le côté horizontal inférieur du cadre 40 est relié par un tronçon d'arbre 66 à
5 une poulie 68 reliée par une courroie crantée 70 à l'arbre de sortie d'un motoréducteur 72 porté par un côté vertical du cadre 40 (figure 4).

La poulie 68, qui est supportée par le tronçon d'arbre 66 et qui est montée libre en rotation sur celui-ci au moyen de paliers 74 (figure 3) est rendue solidaire en rotation, au moyen de lames de couple non représentées, d'un
10 plateau 76 guidé en rotation et en translation, par l'intermédiaire d'une douille à billes 78, sur l'extrémité inférieure du tronçon d'arbre 66.

Le plateau 76 est en outre relié à la poulie 68 par des moyens de suspension pneumatique à raideur sensiblement constante. A cet effet, la poulie 68 et le plateau 76 délimitent entre eux une chambre de fluide 80 reliée à une
15 source de gaz sous pression par l'intermédiaire notamment d'un canal ou passage traversant 82 de l'arbre 66.

Plus précisément, la poulie 68 et le plateau 76 comprennent deux rebords cylindriques coaxiaux 84, 86 respectivement qui sont raccordés l'un à l'autre par une membrane annulaire 88 élastiquement déformable, fermant de façon
20 étanche la chambre 80. L'extrémité inférieure de l'arbre 66, logée dans un puits 90 du plateau 76, est munie d'un détecteur de proximité 92, détectant la position du fond 94 du puits 90, correspondant à la venue en butée du plateau 76 sur l'extrémité de l'arbre 66. Ce détecteur permet un réglage en hauteur, pour un fonctionnement à mi-course. Le déplacement du plateau 76
25 dans l'autre sens en direction verticale est limité par une butée 96 portée par la poulie 68.

Le plateau 76 supporte le polissoir 12, par l'intermédiaire des moyens qui vont maintenant être décrits, en référence aux figures 3, 5 et 6.

Ces moyens comprennent une poutre horizontale 98 à section en U orienté
30 vers le bas, et deux paires de lames de flexion 100, 106 qui sont montées en cascade, une paire de lames 100 reliant le plateau 76 à la poutre, l'autre paire de lames 106 reliant la poutre au polissoir. Pour plus de clarté dans le dessin, on a représenté une paire de lames 100 en figure 5, et l'autre paire de lames 106 en figure 6. Les deux lames de flexion 100 sont opposées et
35 symétriques par rapport à l'axe de l'arbre 66, et chacune est encastree à ses extrémités sur le plateau 76 et sur l'extrémité inférieure 102 d'une paroi verticale de la poutre 98. Les deux lames 100 sont orientées en oblique de

façon à ce que leurs prolongements se coupent selon une ligne 104 qui est perpendiculaire à l'axe de l'arbre 66 et qui est située sous la poutre 98. Cette ligne 104 constitue un premier axe de rotation de la poutre 98.

Les deux autres lames de flexion 106, du même type que les précédentes, sont solidaires par une extrémité des extrémités longitudinales de la paroi horizontale de la poutre 98 et s'étendent symétriquement en oblique entre les parois verticales de cette poutre, pour être solidaires à leur autre extrémité du polissoir 12. Les prolongements de ces lames de flexion 106 se coupent selon une ligne 108 qui est perpendiculaire à l'axe de l'arbre 66 et à l'axe 104 de rotation de la poutre 98. Cette ligne 108 constitue un second axe de rotation du polissoir 12 par rapport à la poutre 98. En outre, les hauteurs et les inclinaisons de la poutre 98 et des lames de flexion 100 et 106 sont conçues de telle sorte que les axes de rotation 104 et 108 sont coplanaires. Ils se coupent en un point qui constitue un centre virtuel de rotation, équivalent à un joint de cardan, du polissoir 12 par rapport au plateau 76. Ce centre de rotation, désigné par la référence 110 en figure 2, coïncide avec le point d'application de la résultante des forces de frottement du polissoir 12 sur la surface à polir du composant optique 14, comme cela est expliqué ci-dessous en référence à la figure 7.

Dans cette figure, on a représenté schématiquement le polissoir 12 appliqué sur la surface concave 112 à polir du composant optique 14. Le polissoir 12 est de constitution classique, c'est-à-dire qu'il comprend en surface inférieure une plaque usinée avec une courbure égale à celle localement souhaitée pour la surface 112. Cette plaque inférieure est garnie d'un revêtement en une matière permettant la rétention de l'abrasif et présentant une certaine plasticité pour adaptation à la surface à polir.

Quand un tel polissoir est déplacé sur la surface à polir du composant optique, les forces de frottement entre le polissoir et la surface 112 sont en tout point tangentiels à la surface 112 et orientées dans la direction contraire à celle du déplacement du polissoir 12 sur la surface 112. Le point 116 d'application de leur résultante se trouve sur l'axe vertical 114 du polissoir, en dessous de la surface 112, c'est-à-dire du côté convexe de l'interface et à l'intérieur du composant optique. Comme indiqué plus haut, le centre virtuel de rotation 110 du polissoir sur son support coïncide avec ce point 116. Il en résulte que, lorsque le polissoir 12 est déplacé sur la surface 112 à polir, ce déplacement ne crée aucun moment de basculement du polissoir et donc ne modifie nullement la répartition des efforts normaux

et tangentiels du polissoir 12 sur la surface à polir, contrairement à ce qui se passerait si le polissoir 12 était monté sur son support par l'intermédiaire d'une rotule mécanique réelle dont le centre serait nécessairement situé du côté concave de l'interface et donc écarté du point 116, d'où il résulterait un couple de basculement du polissoir 12, entre la force de déplacement appliquée au centre de la rotule et la résultante des efforts de frottement appliquée au point 116, et une modification non contrôlable de l'action du polissoir sur la surface à polir.

Lorsque la surface à polir du composant optique est convexe, le point d'application de la résultante des forces de frottement entre le polissoir et la surface à polir se trouve au-dessus de la surface à polir, et le polissoir est alors conçu pour que son centre virtuel de rotation se trouve également en ce point.

De façon générale, le polissage selon l'invention d'un composant optique est réalisé de la façon suivante.

Les moyens de suspension pneumatique du plateau 76 portant le polissoir 12 permettent, au moyen d'un régulateur pneumatique et d'un système d'asservissement, de contrôler la pression de gaz dans la chambre 80. Une dépression dans cette chambre permet d'alléger ou de soulever le polissoir, pour le déplacer d'une zone à une autre de la surface à polir. Inversement, une pression supérieure à la pression atmosphérique dans la chambre 80 augmente la force d'appui du polissoir sur la surface à polir.

Le montage du polissoir sur le plateau 76 par l'intermédiaire d'un centre virtuel de rotation qui coïncide avec le point d'application de la résultante des forces de frottement du polissoir sur la surface à polir, permet de déplacer le polissoir sur cette surface en conservant une répartition uniforme de l'action du polissoir sur la surface du composant optique, cette action étant due à la force d'appui du polissoir et à ses mouvements sur cette surface.

La suspension pneumatique du plateau 76 par rapport à la poulie 68 présente en outre l'avantage de ne pas transmettre au polissoir les vibrations axiales de la poulie. Les trois degrés de liberté des éléments du bras-robot (translation verticale, translation horizontale et inclinaison autour de l'axe 26) permettent de déterminer la zone de la surface du composant optique qui va être soumise à une opération de polissage. La vitesse de rotation du cadre 40 autour de l'axe 44 du réducteur 34, la valeur de l'excentration, la vitesse de rotation du plateau 76 autour de l'axe de la poulie 68, la pression

d'appui du polissoir 12 sur la surface du composant optique, le type d'abrasif utilisé, la rotation du composant optique 14 autour de son axe de révolution, et la durée constituent les autres paramètres d'une opération de polissage.

La maîtrise de ces paramètres et leur quantification d'une part, et la

5 connaissance précise de la localisation et de l'amplitude des défauts de surface à corriger permettent de réaliser des opérations élémentaires de polissage ayant une efficacité de l'ordre de 70 à 80 % sans risque de dépassement de la cote souhaitée. Il en résulte que, par rapport à la

technique antérieure, le nombre des opérations élémentaires de polissage
10 nécessaires pour obtenir un état de surface avec une précision déterminée, par exemple de l'ordre du 1/8 de la longueur d'onde de la lumière, est divisé par un facteur de l'ordre de 10. La localisation des défauts de surface et la mesure de leur amplitude sont réalisables à l'aide d'équipements disponibles sur le marché, tels que celui commercialisé sous la marque ZYGO et qui

15 peuvent être couplés à un micro-ordinateur. Il en résulte une automatisation programmable des opérations de polissage, basée sur le principe suivant:

- Relevé cartographique précis des défauts de surface de composant
- Transmission de ce relevé au micro-ordinateur
- Eventuellement, visualisation de ces défauts de surface à l'attention d'un
20 opérateur,
- Choix de l'outil et de l'abrasif appropriés à l'enlèvement des défauts par excès mesurés
- Programmation des déplacements de l'outil permettant de corriger la plus grosse part de ces défauts, détermination prévisionnelle des résultats
25 attendus, et mise au point du programme,
- Exécution du polissage,
- Nouveau relevé cartographique des défauts de surface du composant.

Contrairement à la technique antérieure, l'invention permet le polissage de la surface d'un composant optique en procédant plage par plage, sans que ces
30 plages soient nécessairement des zones sphériques. L'utilisation du tour 16 entraînant le composant optique en rotation autour de son axe de révolution permet de passer d'une plage à l'autre.

Eventuellement, la rotation continue du tour permet de limiter le travail de l'outil au polissage de zones sphériques ou de calottes sphériques.

35 Corollairement, il en découle que l'invention s'applique également au polissage de surfaces qui ne sont pas des surfaces de révolution.

On notera enfin que tous les mouvements du polissoir et du bras-robot, ainsi

que la rotation du composant optique autour de son axe de révolution sont asservis en position afin d'éviter un couplage harmonique entre les divers mouvements et garantir qu'aucun point du polissoir ne repassera cycliquement sur les mêmes points de la surface à polir.

- 5 A titre d'exemple, les caractéristiques d'un dispositif de polissage selon l'invention peuvent être les suivantes :

Déplacement vertical du premier élément du bras-robot : 200 mm

Déplacement horizontal du second élément du bras-robot : 1000 mm

Angle d'inclinaison autour de l'axe 26, par rapport à la verticale : 0 à 30°

- 10 Vitesse de déplacement par rapport à ces trois axes : environ 1/10^e de la course en une seconde

Vitesse de rotation du polissoir autour de son axe : 2 tours par minute environ

- 15 Excentration du mouvement de translation circulaire du cadre 40 : de 0 à 100 mm environ

Force d'appui du polissoir sur la surface du composant : de 0 à quelques dizaines de kg.

Un tel dispositif permet par exemple le polissage de composants de moyenne et grande taille (diamètres allant de 600 mm à 2 m environ).

- 20 La structure du bras-robot est par exemple celle représentée en figure 8. Dans cet exemple, les trois éléments du bras-robot sont montés pivotants autour d'axes horizontaux et font partie de parallélogrammes déformables.

Le premier élément 120 et le deuxième élément 122 du bras-robot sont articulés l'un sur l'autre autour d'un axe 118 et font partie d'un même parallélogramme 124 articulé en 126 sur un bâti fixe 128.

- 25 Le premier élément 120 est entraîné autour de l'axe 126 par un moteur 130. Un troisième côté 132 du parallélogramme, parallèle à l'élément 122, est entraîné autour de l'axe 126 par un moteur 134 et fait tourner l'élément 122 autour de l'axe 118. Le troisième élément du bras-robot, qui est le support 30 24 du polissoir 12, est articulé en 136 sur l'extrémité du deuxième élément 122, et fait partie d'un parallélogramme 138 relié, par un triangle indéformable 140 articulé en 118 et un parallélogramme 142 articulé en 126, à un moteur 144 monté sur le bâti fixe, à la base du bras-robot.

- 35 Les rotations combinées du premier élément 120 autour de l'axe 126 et du deuxième élément 122 autour de l'axe 118 permettent à l'extrémité du deuxième élément d'être placée en tout point voulu dans le plan du dessin par rapport à la surface d'un composant à polir. La rotation du support 24

autour de l'axe 136 détermine l'orientation de l'axe du polissoir par rapport à la surface à polir.

REVENDICATIONS

- 1) Procédé de polissage d'un composant optique, au moyen d'un polissoir (12) monté sur un support (24) de guidage et de génération de mouvement, caractérisé en ce qu'il consiste à reporter du côté du polissoir et de son support les paramètres définissant les opérations élémentaires de polissage et à les quantifier, à rendre le polissoir et son support insensibles aux réactions perturbatrices apparaissant à l'interface polissoir-surface du composant, à donner auxdits paramètres des valeurs ou des groupes successifs de valeurs qui correspondent respectivement à une ou à plusieurs plages à polir du composant et qui sont obtenus par comparaison de la surface finale souhaitée du composant et d'un relevé précis de ses défauts de surface, à exécuter la ou les opérations élémentaires de polissage définies par ces valeurs de paramètre, puis à refaire un relevé précis des défauts de surface du composant et à en déduire de nouvelles valeurs des paramètres de polissage.
- 2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à donner aux paramètres des valeurs permettant, dans une plage déterminée de polissage et par une opération élémentaire de polissage, de retirer au moins 50 % de l'amplitude des défauts de surface traités.
- 3) Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste à répartir uniformément l'action du polissoir sur la surface du composant optique dans leur aire de contact et à conserver cette répartition uniforme lors des mouvements et déplacements du polissoir sur ladite surface.
- 4) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à créer un centre virtuel (110) de rotation du polissoir sur son support en un point sensiblement confondu avec le point (116) d'application de la résultante des forces de frottement entre le polissoir (12) et la surface (112) du composant dans leur aire de contact.
- 5) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à interposer entre le polissoir (12) et son support (24) une suspension pneumatique et à contrôler et régler la force d'appui du polissoir sur la surface du composant par contrôle et réglage de la pression de gaz dans ladite suspension.
- 6) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il

consiste à polir la surface du composant plage par plage, en modifiant d'une plage à l'autre les valeurs de certains au moins des paramètres de polissage, lesdites plages étant par exemple des calottes sphériques d'axe indifférent, des zones sphériques ou toutes autres fractions de surface sphériques.

- 5 7) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour le polissage d'un composant dont la surface présente un axe de révolution, il consiste à asservir le composant en rotation pour le positionner ou l'entraîner en rotation continue, discontinue ou à vitesse variable autour de cet axe, ralentir, inverser ou arrêter la rotation du composant pour le
10 polissage d'une plage de sa surface, ou reprendre cette rotation pour déplacer le polissoir de cette plage à une autre.

- 8) Dispositif de polissage d'un composant optique, en particulier par exécution du procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant un polissoir (12) et un support (24) de guidage et de génération de mouvement
15 du polissoir sur la surface du composant, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de montage du polissoir (12) sur son support à rotation autour d'un point (110) qui coïncide sensiblement avec le point (116) d'application de la résultante des forces de frottement entre le polissoir et la surface du composant dans leur aire de contact.

- 20 9) Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pneumatiques de contrôle et de réglage de la force d'appui du polissoir sur la surface du composant.

- 10) Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que ces moyens pneumatiques de contrôle et de réglage constituent un moyen de suspension
25 pneumatique du polissoir sur son support, permettant également d'absorber les vibrations de ce support.

- 11) Dispositif selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (68,70,72) d'entraînement du polissoir (12) en rotation autour de son axe, des moyens (30,32,34,38,40) de déplacement du polissoir
30 en translation autour de l'axe de son support, et des moyens (16) de déplacement relatif du composant optique par rapport au polissoir.

- 12) Dispositif selon l'une des revendications 8 à 11, caractérisé en ce que le support comprend un plateau tournant (76) auquel le polissoir est fixé par deux paires de lames de flexion (100,106) disposées en cascade à 90° l'une de
35 l'autre, ces lames définissant à leurs intersections deux axes (104,108) de rotation du polissoir, qui sont perpendiculaires et se croisent en un point (110) formant le centre virtuel de rotation du polissoir sur son support.

- 13) Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que le plateau (76) est monté coulissant et libre en rotation sur un arbre (66) coaxial au polissoir, et est relié à un moyen moteur (68,72) par les moyens de suspension pneumatique et de réglage de la force d'appui du polissoir sur le composant.
- 14) Dispositif selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que le plateau tournant (76) est supporté par un cadre (40) guidé en translation circulaire, de façon à rester parallèle à lui-même, autour d'un axe (44) parallèle à l'axe du polissoir, au moyen d'un système bielle-manivelle (36,38,42) à excentration réglable.
- 15) Dispositif selon l'une des revendications 8 à 14, caractérisé en ce que le support (24) forme le dernier élément articulé d'un bras-robot (10) à trois degrés de liberté asservis en position.
- 16) Dispositif selon l'une des revendications 8 à 15, caractérisé par des moyens d'asservissement en position des mouvements du polissoir, de son support (24), et d'un plateau de tour (16) portant le composant optique.
- 17) Dispositif selon l'une des revendications 8 à 16, caractérisé en ce qu'il comprend un bras-robot articulé, dont un premier élément (120) est monté à rotation autour d'un axe horizontal (126) sur un bâti fixe (128), dont un deuxième élément (122) est monté à rotation sur le premier autour d'un axe (118) parallèle à l'axe de rotation de ce premier élément, et dont un troisième élément, monté à rotation sur le deuxième autour d'un axe parallèle aux deux axes précités, forme le support (24) du polissoir (12).
- 18) Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que les premier, deuxième et troisième éléments (120, 122, 24) du bras-robot sont des côtés de parallélogrammes déformables (124, 138, 142), dont deux sont articulés autour du même axe horizontal (126) sur le bâti fixe (128).

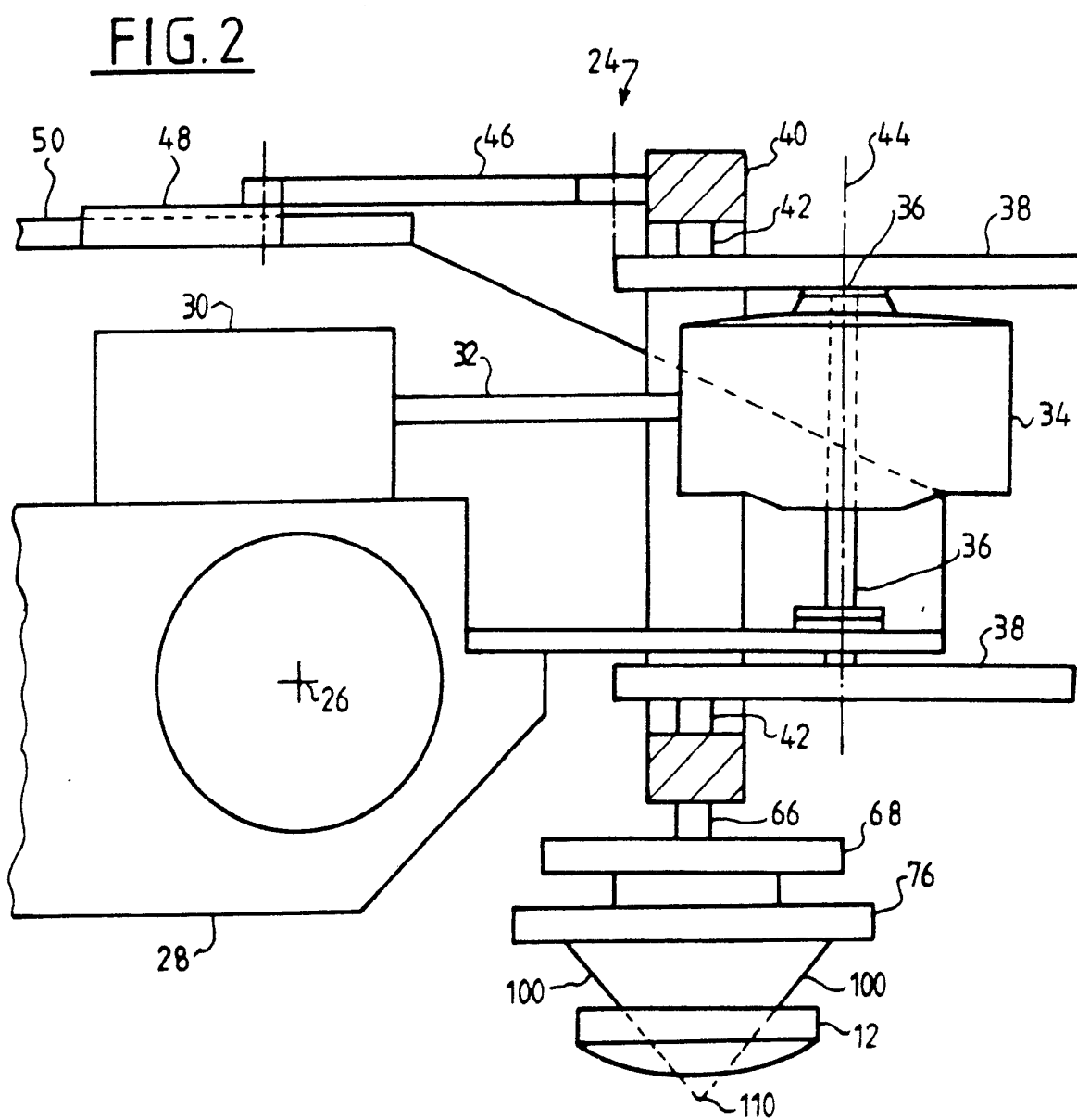
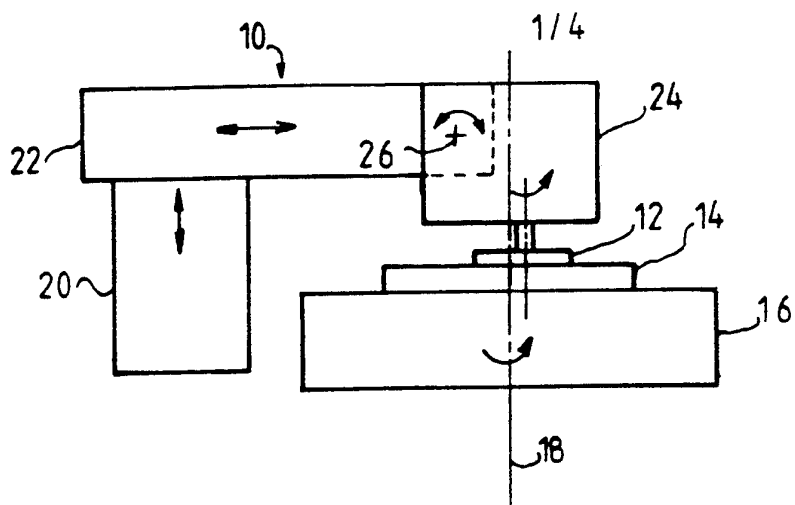


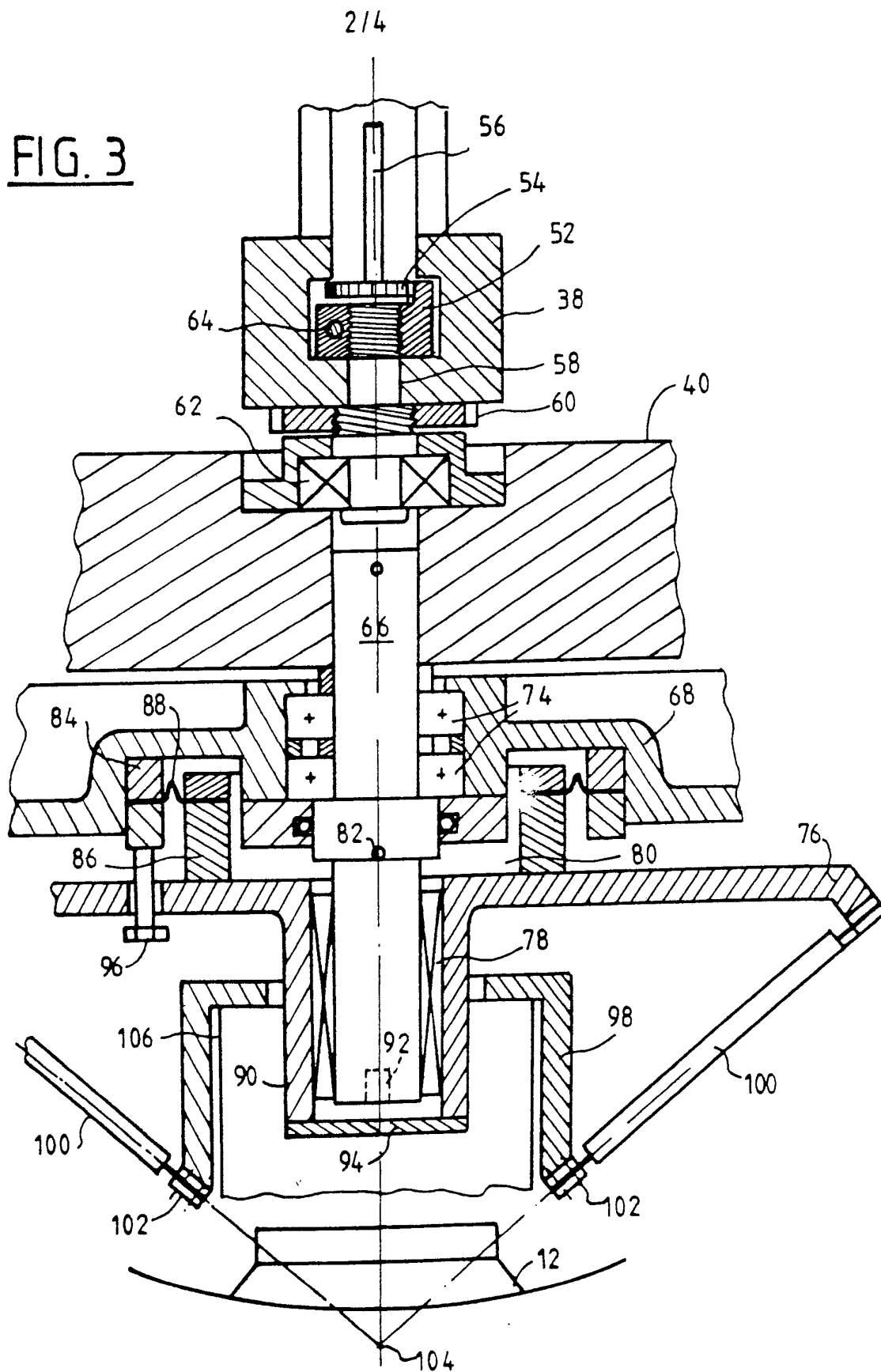
FIG. 3

FIG.4

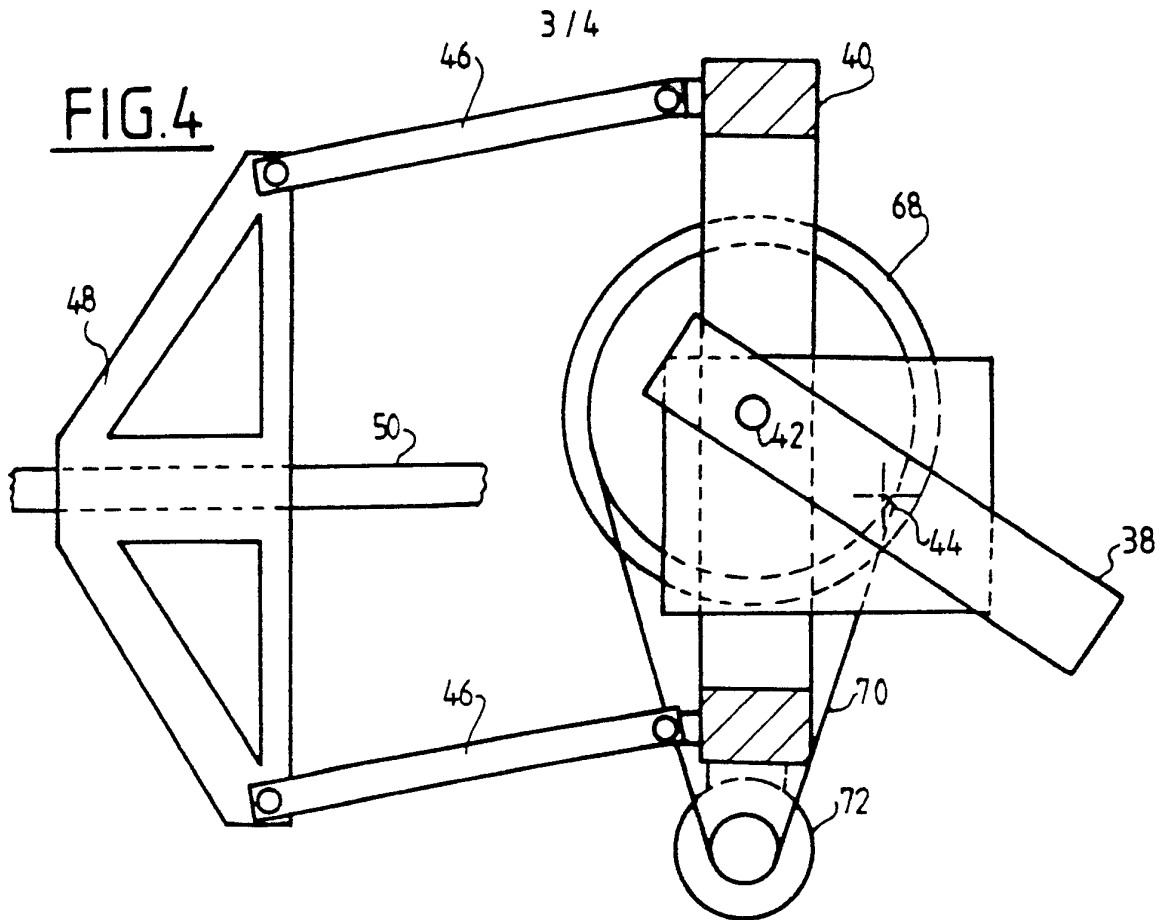


FIG.5

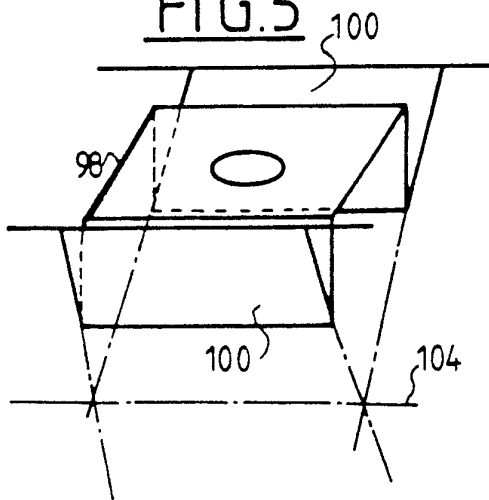


FIG.6

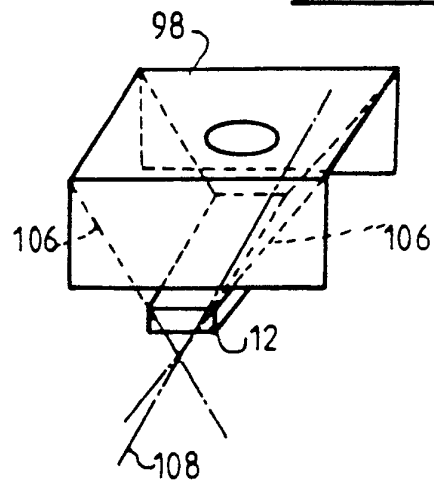
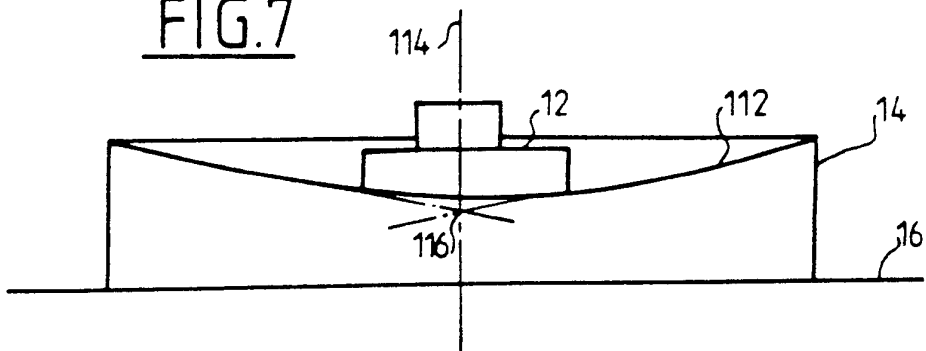
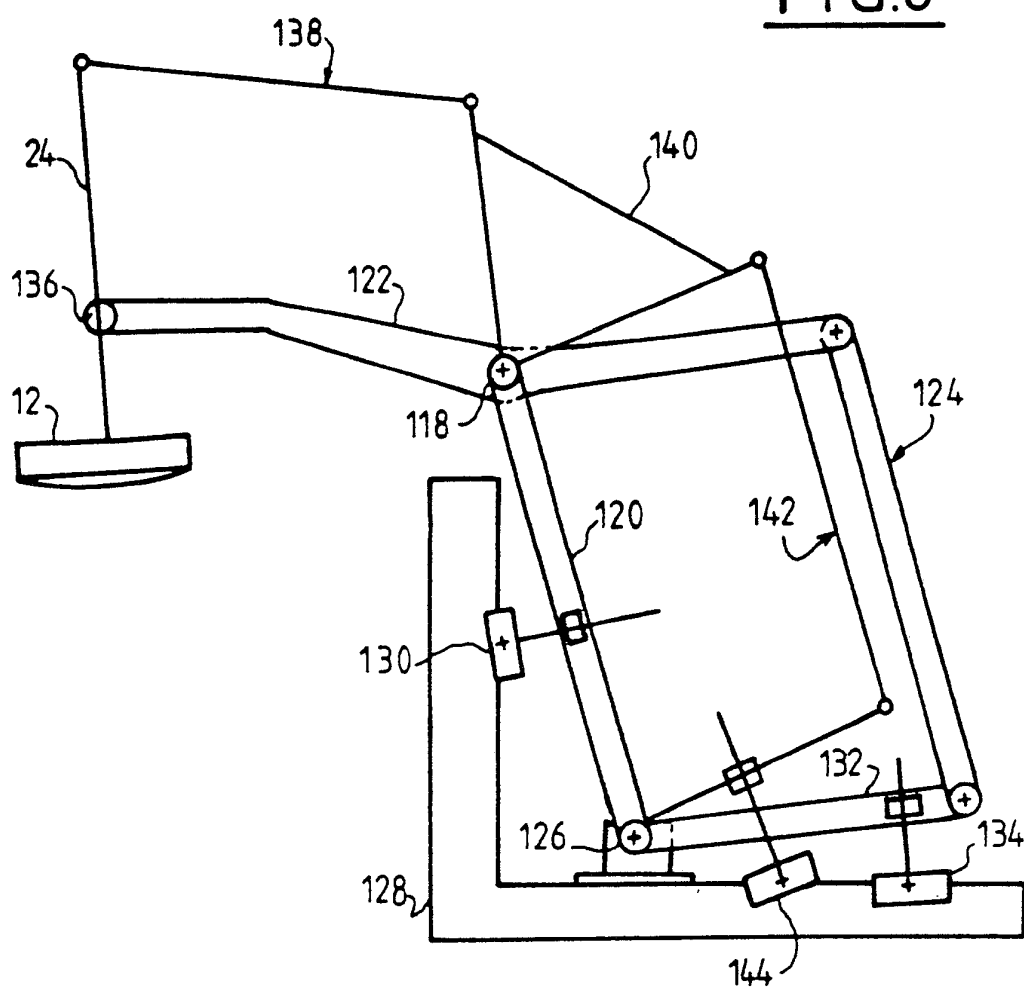


FIG.7



4/4

FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR 89/00154

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl ⁴ B 24 B 13/06		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl ⁴	B 24 B	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT *		
Category *	Citation of Document, ¹¹ with Indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	FR, A, 2448417 (INSTITUT KOSMICHESKIKH ISSLEDOVANY AKADEMII NAUK SSSR) 5 September 1980, see claims --	1,8
A	US, A, 3769762 (MAYO) 6 November 1973 see abstract; figures --	1,8
A	DE, A, 1938004 (ITEK CORP.) 29 January 1970 --	
A	FR, A, 2365409 (THE PERKIN-ELMER CORP.) 21 April 1978 --	
A	Applied Optics, volume 21, No. 3, 1st February 1982, Optical Society of America, (New York, US), R.A. Jones: "Segmented mirror polishing experiment", pages 561-564 --	
A	Optical Engineering, volume 22, No. 2, March/April 1983, Society of Photo- Optical Instrumentation Engineers, (Bellingham, Washington, US), R.A. Jones: "Computer-controlled	
* Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
5 July 1989 (05.07.89)	19 July 1989 (19.07.89)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPAEN PATENT OFFICE		

IN. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
	polishing of telescope mirror segments", pages 236-240	
	--	
A	Applied Optics, volume 26, No. 12, 15 June 1987, Optical Society of America, (New York, N.Y., US), G. Doughty et al.: "Microcomputer- controlled polishing machine for very smooth and deep aspherical surfaces", pages 2421-2426	
	--	
A	NTIS Technical Notes, No. 12, part F, December 1985, (Springfield, Virginia, US), "Programmed optical surfacing equipment", page 1375	

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

FR 8900154

SA 28109

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 14/07/89
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR-A- 2448417	05-09-80	DE-A, C 3004386 JP-A- 55125972	14-08-80 29-09-80
US-A- 3769762	06-11-73	None	
DE-A- 1938004	29-01-70	BE-A- 736591 FR-A- 2014734 GB-A- 1279871 NL-A- 6911443 US-A- 3589078	26-01-70 17-04-70 28-06-72 29-01-70 29-06-71
FR-A- 2365409	21-04-78	US-A- 4128968 DE-A- 2742307 GB-A- 1560434 JP-A- 53039593	12-12-78 23-03-78 06-02-80 11-04-78

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale N° PCT/FR 89/00154

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ⁷		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB CIB ⁴ : B 24 B 13/06		
II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ		
Documentation minimale consultée ⁸		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB ⁴	B 24 B	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté ⁹		
III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS ¹⁰		
Catégorie [*]	Identification des documents cités, ¹¹ avec indication, si nécessaire, des passages pertinents ¹²	N° des revendications visées ¹³
A	FR, A, 2448417 (INSTITUT KOSMICHESKIKH ISSLEDOVANY AKADEMII NAUK SSSR) 5 septembre 1980 voir revendications --	1,8
A	US, A, 3769762 (MAYO) 6 novembre 1973 voir résumé; figures --	1,8
A	DE, A, 1938004 (ITEK CORP.) 29 janvier 1970 --	
A	FR, A, 2365409 (THE PERKIN-ELMER CORP.) 21 avril 1978 --	
A	Applied Optics, vol. 21, no. 3, 1er février 1982, Optical Society of America, (New York, US), R.A. Jones: "Segmented mirror polishing experiment", pages 561-564 --	
	./.	
[*] Catégories spéciales de documents cités: ¹¹ « A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent « E » document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date « L » document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) « O » document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens « P » document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée « T » document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention « X » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive « Y » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier. « & » document qui fait partie de la même famille de brevets		
IV. CERTIFICATION		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 5 juillet 1989		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 19 JUL. 1989
Administration chargée de la recherche internationale OFFICE EUROPEEN DES BREVETS		Signature du fonctionnaire autorisé P.C.G. VAN DER PUTTEN

III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS			(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUÉS SUR LA DEUXIÈME FEUILLE)
Catégorie *	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, des passages pertinents	N° des revendications visées	
A	Optical Engineering, vol. 22, no. 2, mars/avril 1983, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, (Bellingham, Washington, US), R.A. Jones: "Computer-controlled polishing of telescope mirror segments", pages 236-240		
A	Applied Optics, vol. 26, no. 12, 15 juin 1987, Optical Society of America, (New York, N.Y., US), G. Doughty et al.: "Microcomputer-controlled polishing machine for very smooth and deep aspherical surfaces", pages 2421-2426		
A	NTIS Technical Notes, no. 12, partie F, décembre 1985, (Springfield, Virginia, US), "Programmed optical surfacing equipment", page 1375		

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.**

FR 8900154
SA 28109

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 14/07/89
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR-A- 2448417	05-09-80	DE-A, C 3004386	14-08-80
		JP-A- 55125972	29-09-80

US-A- 3769762	06-11-73	Aucun	

DE-A- 1938004	29-01-70	BE-A- 736591	26-01-70
		FR-A- 2014734	17-04-70
		GB-A- 1279871	28-06-72
		NL-A- 6911443	29-01-70
		US-A- 3589078	29-06-71

FR-A- 2365409	21-04-78	US-A- 4128968	12-12-78
		DE-A- 2742307	23-03-78
		GB-A- 1560434	06-02-80
		JP-A- 53039593	11-04-78
