

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Februar 2007 (15.02.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/017013 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 7/02 (2006.01) **G03F 7/20** (2006.01)

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/006353

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHÖPPACH, Armin** [DE/DE]; Schlehenweg 50, 73431 Aalen (DE). **ZENGERLING, Christian** [DE/DE]; Rodemannstrasse 9d, 99974 Mühlhausen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juni 2006 (30.06.2006)

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CARL ZEISS SMT AG**; Carl-Zeiss-Str. 22, 73447 Oberkochen (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
60/696,432 1. Juli 2005 (01.07.2005) US

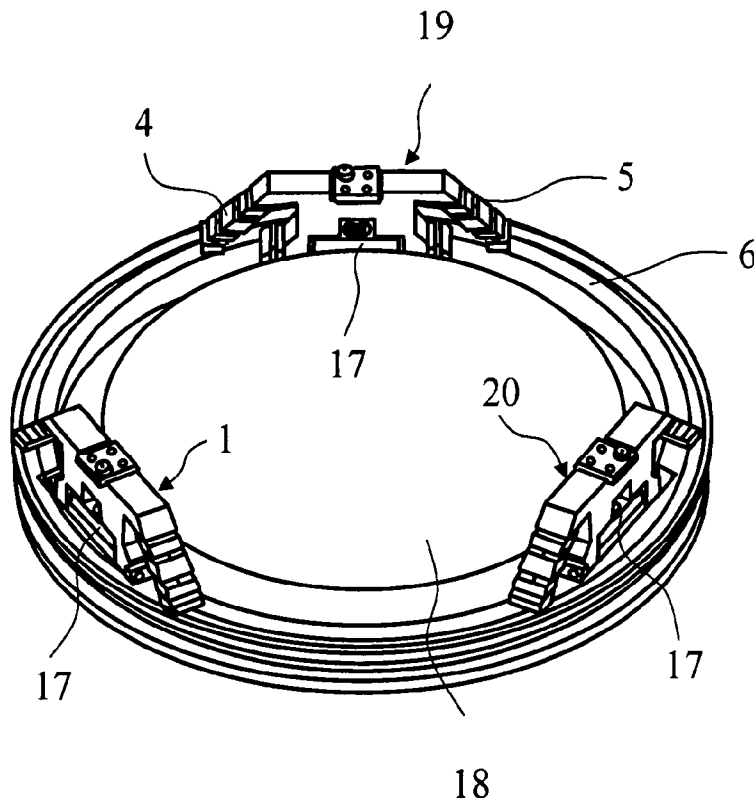
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SMT AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Str. 22, 73447 Oberkochen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ARRANGEMENT FOR MOUNTING AN OPTICAL COMPONENT

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG ZUR LAGERUNG EINES OPTISCHEN BAUELEMENTS



(57) Abstract: The invention relates to an arrangement for mounting an optical element (18, 21) having an outer peripheral area, particularly a lens or a mirror, relative to a support (6) via at least three coupling locations (17) located on the outer peripheral area of the optical element (18, 21). The optical element (18, 21) is held in a non-positive manner via the coupling locations (17) in at least one direction by means of elastic elements (14, 15, 16), these elastic elements for each coupling location (17) being located in a bearing device (1) with a supporting body (2). The bearing devices (1) hold the optical element in a statically appointed manner on the support (6).

(57) Zusammenfassung: Anordnung zur Lagerung eines einen äußeren Umfangsbereich aufweisenden optischen Elements (18, 21), insbesondere einer Linse oder eines Spiegels, relativ zu einem Träger (6) über wenigstens drei am äußeren Umfangsbereich des optischen Elements (18, 21) angeordnete Anlenkstellen (17). Das optische Element (18, 21) ist über die Anlenkstellen (17) in wenigstens einer

Richtung durch elastisch federnde Elemente (14, 15, 16) kraftschlüssig gehalten, wobei sich die elastisch federnden Elemente für jede Anlenkstelle (17) in einer Lagereinrichtung (1) mit einem Trägerkörper (2) befinden. Die Lagereinrichtungen (1) halten das optische Element statisch bestimmt am Träger (6).

WO 2007/017013 A2



SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Anordnung zur Lagerung eines optischen Bauelements

Erfindung betrifft eine Anordnung zur Lagerung eines einen äußeren Umfangsbereich aufweisenden optischen Elements, insbesondere einer Linse oder eines Spiegels, relativ zu
5 einem Träger (6) über wenigstens drei am äußeren Umfangsbereich des optischen Elements (18, 21) angeordnete Anlenkstellen (17).

Aus dem Aufsatz „Flexure mounts for high-resolution optical elements“ von D. Vukobratovich, Proc. of SPIE Vol. 0959, Optomechanical and Electro-Optical Design of
10 Industrial Systems, ed. R. J. Bieringer, K. G. Harding (Jan. 1988), sind Kriterien für das Montieren optischer Bauelemente in Halterungen bekannt: Die Halterungen dürfen hiernach nur niedrige Kräfte auf das optische Element ausüben, um Verzerrungen der optischen Oberfläche zu minimieren. Die Halterung sollte eine hohe Steifigkeit haben, um das Einpassen der optischen Elemente zu gewährleisten, und um insbesondere die Eigenfrequenz
15 zu erhöhen. Die Halterung muss athermal sein; Temperaturänderungen dürfen die Form der optischen Oberfläche nicht verändern oder die Position des optischen Elements beeinflussen. Die Stabilität des Materials und Kriecheffekte sollten berücksichtigt werden, so dass die Position des optischen Elements im Laufe der Zeit stabil bleibt.

20 Aus der DE 198 25 716 A1 ist eine Baugruppe mit einem optischen Element und einer Fassung bekannt, in der das optische Element über eine Mehrzahl von Laschen mit einem steifen Zwischenring gekoppelt ist, der wiederum über Stellglieder oder passive Entkoppler mit einer Fassung zum Anschluss an ein Gehäuse und/oder an weitere Fassungen verbunden ist. Dabei wird eine sehr hohe Entkopplung des optischen Elements erzielt.

25

In der US 5 428 482 ist eine Lagerung für ein optisches Element beschrieben, das von einem das optische Element umgebenden Ring entkoppelt ist, der das optische Element innerhalb eines optischen Systems in der gewünschten Lage fixiert. Hierzu dienen flexible Finger, die durch Schlitze innerhalb des Rings aus diesem geformt sind.

30

Bei einem aus der DE 199 57 398 A1 bekannten Verfahren zum Ausrichten der Auflageflächen von Auflagegliedern für optische Elemente, insbesondere in Objektiven von Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen, werden die Auflageglieder und/oder wenigstens ein mit den Auflagegliedern verbundenes Lagerteil für die optischen Elemente
5 durch einen von einem Laser erzeugten Laserstrahl derart verformt, dass die Auflageflächen wenigstens annähernd auf eine gemeinsame Auflagefläche ausgerichtet werden.

Gemäß einem in der EP 1 081 521 A1 beschriebenen Verfahren zum Montieren einer Linse wird eine Anordnung mit nachgiebigen Montagestrukturen eingesetzt, die eine Vielzahl von
10 Sitzen umfasst, die an biegsamen radialen Sockeln, an einer Anordnung nachgiebiger weicher Sockel oder an einer Kombination der biegsamen radialen und der weichen Sockel angesetzt sind. Die elastischen Elemente gestatten der Linse, sich entsprechend den Temperaturänderungen radial auszudehnen und zusammenzuziehen

15 Die EP 1 245 982 A2 bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Lagerung eines optischen Elements, insbesondere eines Spiegels oder einer Linse, in einer optischen Anordnung, insbesondere einer Projektionsbelichtungsanlage, mit wenigstens drei am Umfang des Elements angeordneten Anlenkstellen, an denen jeweils eine Lagereinrichtung angreift, welche auf der von der Anlenkstelle abgewandten Seite mit einer äußeren Grundstruktur
20 verbunden ist. Die Lagereinrichtung weist wenigstens ein tangential zu dem optischen Element angeordnetes blattfederartiges Biegeglied und wenigstens ein in radialer Richtung zu dem optischen Element angeordnetes Biegeglied auf.

Gemäß der US 4 268 123 ist ein optisches Element innerhalb eines Gehäuses befestigt, indem
25 wenigstens drei Halterungen an dem optischen Element unter einem Abstand von ungefähr 120° angebracht sind. Jede Halterung umfasst eine sphärische Scheibe, die innerhalb eines Ringes oder einer Hülse angeordnet ist. Jede Scheibe grenzt an das optische Element und trägt dieses. Jede Belastung, die auf das Gehäuse ausgeübt wird, verursacht eine Gleit- oder Drehbewegung der Scheibe bezüglich ihrer Hülse, um zu verhindern, dass derartige
30 Belastungen auf das optische Element übertragen werden. Es wird eine formschlüssige Verbindung in axialer und tangentialer Richtung geschaffen.

In der US 6 400 516 B1 wird eine Lagereinrichtung zur Lagerung eines optischen Elements, beispielsweise einer Linse, beschrieben, bei der einerseits feste Auflageflächen für die Linse an der Innenseite des Trägerkörpers angeordnet sind und andererseits elastische, einseitig in dem Trägerkörper gelagerte Plättchen einen Teil des Gewichts der Linse aufnehmen, um eine
5 zu große Deformation und Spannungsüberlastung der Linse infolge der Gravitation zu verhindern. Es wird somit eine kraftschlüssige, elastische Kräfte verwendende Verbindungstechnik zwischen dem optischen Bauelement und der Fassung eingesetzt, welche sich aber durch eine die Zwangsfreiheit behindernde, unbefriedigende Anzahl von schwer kontrollierbaren Koppelstellen auszeichnet, vor allem bei der Realisierung der Kontakte
10 zwischen einer kugelförmigen Oberfläche und einer konischen Lagerung, die die kugelförmige Oberfläche aufnimmt. Dabei ist gleichzeitig eine Klemmvorrichtung vorhanden, um die Oberfläche in der Lagerung zu halten und um eine kinematische d.h. statisch bestimmte Lagerung zu realisieren. Die bei der Montage auftretende Gleitreibung in diesen Koppelstellen führt zu einer schlechten Reproduzierbarkeit bei einer erneuten Justage des
15 optischen Elements in der Lagerung.

In der US 2002/ 0 163 741 A1 wird eine Haltevorrichtung beschrieben, das mit einem ringförmigen Halteteil zum Halten von Flanschbereichen eines optischen Elements ausgestattet ist. Der Haltebereiche der Haltevorrichtung umfassen Blöcke, auf denen die
20 Flanschbereiche aufgelegt werden; die Blöcke sind über Trägermechanismen um eine tangentielle Achse des optischen Elements drehbar gelagert.

Die WO 2004/ 001 478 A1 bezieht sich auf eine kinematische (statisch bestimmte) Linsenhalterung mit einer verminderten Klemmkraft. Die Halterung hat eine Halterstruktur
25 und drei Klemmeinheiten, die jeweils einen nachgiebigen, an der Halterstruktur angebrachten Sockel und eine Federanordnung mit einem elastischen Element umfassen. Das optische Element wird am Rand nur in axialer Richtung geklemmt. In tangentialer Richtung wird es durch Reibschluss gehalten.

30 Aus der US 6 239 924 B1 ist eine kinematische Anordnung zur Halterung einer Linse mit einer am Umfang verteilten Auflage bekannt. Bei dieser Anordnung ist eine Kombination aus

- festen Auflageelementen, und elastischen Auflagepunkten vorgesehen, die vorzugsweise rotationssymmetrisch über einen die Linse an ihrem äußeren Umfang umgebenden Trägerkörper verteilt sind, und die lediglich in axialer Richtung, d.h. in Strahlrichtung des Lichts, eine geringe Steifigkeit aufweisen. Dadurch soll die Gravitationslast der Linse gleichmäßig auf die Unterlage verteilt werden, ohne dass die Linse zu hohen Spannungen und Deformationen ausgesetzt wird. Jedes der elastischen Auflageelemente ist vorbelastet, so dass die Kraft, die auf die Linse ausgeübt wird, über alle festen und elastischen Auflageelemente gleich verteilt wird.
- 10 Somit sind als Beispiele für die Verbindungs- und Lagerungstechnik eine Vielzahl von Lösungen bekannt. Als Lagerungstechnik sind kinematische (statisch bestimmte) Lösungen, wie sie beispielsweise in der US 5 428 482 offenbart wird, oder semikinematische Lösungen bekannt, wie sie beispielsweise in der US 6 229 657 B1 offenbart wird.
- 15 Als Verbindungstechniken für optische Elemente sind formschlüssige, kraftschlüssige, reibschlüssige und stoffschlüssige Lösungen bekannt. Eine formschlüssige Lösung wird in der US 4 268 123 offenbart. Eine teilweise reibschlüssige Lösung wird in der EP 1 245 982 A2 beschrieben. Reibschlüssige Lösungen, gemäß denen optische Elemente durch Schraub- oder Keilkräfte gehalten werden, haben den Nachteil, dass zur Aufnahme von Schocklasten der Reibkoeffizient die erforderlichen Schraubkräfte, d. h. die Normalkräfte, um den Kehrwert des Haftreibbeiwertes ansteigen lässt. Außerdem sind Setzeffekte und Relaxationseffekte in den verspannten Geräteteilen mit zeitabhängigen Verformungen oder Verschiebungen verbunden. In der US 6 229 657 B1 und der US 6 366 413 B1 werden stoffschlüssige Lösungen beschrieben. Eine Kombination dieser Prinzipien führt zu einer Vielzahl von
- 20 Lösungsmöglichkeiten. Vor- und Nachteile kinematischer und semikinematischer Lösungen sind in der Literatur beschrieben, beispielsweise in dem eingangs zitierten Aufsatz von D. Vukobratovich.
- 25 Es ist die Aufgabe der Erfindung, die bekannte Lagerung eines optischen Bauelements, insbesondere einer Linse, zu verbessern.
- 30

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer Anordnung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass das optische Element über die Anlenkstellen in wenigstens einer Richtung durch elastisch federnde Elemente kraftschlüssig gehalten wird, wobei sich die elastisch federnden Elemente für jede Anlenkstelle in einer Lagereinrichtung mit einem

5 Trägerkörper befinden und die Lagereinrichtungen das optische Element statisch bestimmt am Träger halten.

Für optische Elemente wie Spiegel oder Linsen, welche durch ihre Form deformationsempfindlich sind, wird eine Verbindungstechnik zwischen dem aus Glas oder

10 einem ähnlichen Material bestehenden optischen Element und der Fassung angegeben, die das optische Element an mindestens drei Stellen hält. In Hinblick auf die kinematische Lagerungstechnik werden an diesen drei Stellen bevorzugt zwei Koppelstellen mit jeweils zwei Haltekräften eingesetzt. In diesem Fall kommt entweder eine Axialkraft in Verbindung mit einer Tangentialkraft oder eine Axialkraft in Verbindung mit einer Kraft in einer

15 beliebigen Richtung in einer zur optischen Achse senkrechten Ebene zum Einsatz, wobei sich die Wirkungslinien dieser Kräfte sich prinzipiell nicht in einem Punkt schneiden dürfen. Die Begriffe „axial“, „radial“ und „tangential“ beziehen sich auf die optische Achse des Elements und die in eine Ebene senkrecht zur optischen Achse projizierte Außenkontur des optischen Elements.

20

Gemäß der Erfindung lassen sich zeitabhängige Effekte wie Setzeffekte in Koppelstellen, Spannungsrelaxationen verspannter Teile weitgehend vermeiden. Daher wird die Anzahl der Kontaktstellen auch auf ein Minimum begrenzt. Zum Halten der Elemente wird ausschließlich eine kraftschlüssige Verbindung realisiert und auf reibschlüssige Verbindungen verzichtet.

25 Die Verspannung wird durch die Verwendung elastischer Mindest-Kräfte auf ein Minimum reduziert.

Entsprechend dem Konzept der Erfindung werden kraftschlüssige Verbindungen anstelle von reibschlüssigen Verbindungen eingesetzt. Die Vorteile einer derartigen Verbindung werden

30 nachfolgend ausgeführt.

Bei einer Bewegung oder besser einer Beschleunigung A des optischen Elements mit der Masse M z.B. in einer Richtung x – z.B. in tangentialer Richtung, beispielsweise infolge einer Schockbelastung, wird eine Änderung der Kraft $F_T = M \cdot A$ in tangentialer Richtung (oder allgemein in Richtung der Beschleunigung) auf das optische Element wirken, die bei einer reibschlüssigen Halterung (z.B. mittels eines Federblatts oder einer Tellerfeder) des optischen Elements Haltekräfte erfordert, die wenigstens $F_{RS} = M \cdot A / \mu$ betragen. Bei kraftschlüssiger Halterung mittels einer weichen Feder, vorzugsweise mit einer flachen Federkennlinie, wirkt auf das optische Element lediglich eine Änderung der Kraft um den Betrag $\Delta F_{KS} = M \cdot A$, um das optische Element in Position zu halten. In diesem Beispiel wirkt die Kraft F_{RS} senkrecht zur Auflagefläche des optischen Elements, d.h. bei tangentialer Beschleunigung des optischen Elements wirkt diese Kraft also etwa in axialer Richtung (F_{axial}). Dabei ist μ der Haftreibungskoeffizient, der bei der erforderlichen genauen Bearbeitung der Auflageflächen etwa im Bereich von 0,1 bis 0,2 liegt. Aufgrund des kleinen Haftreibungskoeffizienten muss bei einer Beschleunigung z.B. in x -Richtung eine wesentlich größere Axialkraft F_{axial} aufgewandt werden, um das optische Element zu halten, als wie dies der Fall ist, wenn eine kraftschlüssige Halterung des optischen Elements erfolgt, bei dem die Beschleunigungskräfte direkt mittels z.B. elastischer Elemente aufgenommen werden. Wie das obige Beispiel zeigt, ist der Wert für ΔF_{KS} bei kraftschlüssigem Halten des optischen Elements sehr viel kleiner ist als der Wert für F_{RS} (bei reibschlüssigem Halten des optischen Elements) weshalb das optische Element insgesamt geringeren mechanischen Spannungen ausgesetzt ist. Im Falle einer kraftschlüssigen Verbindung mittels elastischer Mittel drückt die Federkraft bzw. die durch die Verformung der elastischen Mittel entstehende, der Beschleunigung entgegen wirkende Kraft das optische Element wieder in die Ursprungslage zurück, während sich das optische Element im Falle einer reibschlüssigen Verbindung undefiniert verhalten kann, wenn z.B. dessen Fixierung durch die Haftreibung kurzzeitig nicht gewährleistet ist. Weiterhin ist zu erwähnen, dass bei reibschlüssigem Halten des optischen Elements die hohe, den Reibschluß bewirkende Kraft auf das optische Element stets einwirken muß, während bei kraftschlüssigem Halten des optischen Elements dieses lediglich bei Auftreten der oben genannten Beschleunigung A des optischen Elements, oder im Falle eines Kraftstoßes auf das optische Element, einer von den elastischen Eigenschaften der die kraftschlüssige Verbindung vermittelnden elastischen Elementen abhängigen, im Vergleich zur reibschlüssigen

Verbindung deutlich reduzierten Kraft ausgesetzt ist (siehe Erläuterungen unten zu Fig. 1). Es handelt sich deshalb beim kraftschlüssigen Halten des optischen Elements um ein bezüglich des reibschlüssigen Haltes des optischen Elements deutlich spannungsreduziertes Halten.

- 5 Fig. 1 zeigt die auf ein optisches Element einwirkende Kraft F_T (z.B. in tangentialer Richtung) im Falle eines kraftschlüssigen Haltens eines optischen Elements in einer Position x (die z.B. durch einen der beiden auf der x -Achse angegebenen Punkte bestimmt ist, wobei x allgemein eine Raumkoordinate ist), wenn das optische Element mittels eines bezüglich der Haltekraft nicht vorgespannten elastischen Elements gehalten wird. Tritt während eines Kraftstoßes oder
10 durch eine Beschleunigung des optischen Elements eine Kraft ΔF_{KS} auf, so bewirkt diese eine Auslenkung Δx des optischen Elements, welche durch das das optische Element haltende elastische Element bestimmt wird. Nach Ende des Wirkens des Kraft ΔF_{KS} kehrt das optische Element wieder in seine Ausgangslage zurück. Selbiges Verhalten ergibt sich im Falle eines mittels einer vorgegebenen Kraft vorgespannten elastischen Elements, wenn die Kraft ΔF_{KS}
15 die vorgegebene Kraft der Vorspannung übersteigt. Ist im Falle eines vorgespannten elastischen Elements die Kraft ΔF_{KS} kleiner als die vorgegebene Kraft der Vorspannung, so verbleibt das optische Element in seiner ursprünglichen Lage, d.h. die Auslenkung ist Null ($\Delta x = 0$). F_{KS} bezeichnet die durch das elastische Element aufzubringende und auf das optische Element einwirkende Kraft, um dieses in der entsprechenden Position x zu halten.
20 F_{KS} ist also die durch das elastische (federnde) Element eingebrachte Mindestkraft in Richtung des kraftschlüssigen Haltens des optischen Elements, um dieses in der Position x zu halten.

- Bei einer rein reibschlüssigen Verbindung muss sichergestellt werden, dass das optische
25 Element in seiner ursprünglichen Lage verbleibt, wobei dann die auf das optische Element aufgrund eines Kraftstoßes wirkende Kraft die Haftreibungskraft nicht übersteigen darf. Wirkt also im Rahmen eines Kraftstoßes die gleiche Kraft ΔF_{KS} wie in der oben diskutierten kraftschlüssigen Verbindung, so wird das optische Element seine Position nicht ändern, also sicher gehalten werden, wenn ein Kraft F_{RS} senkrecht auf die die Haftreibung vermittelnden
30 Flächen zwischen optischem Element und Halteelement wirkt, die multipliziert mit der Haftreibungszahl μ größer ist als die durch den Kraftstoß bedingte Kraft ΔF_{KS} , also wenn gilt

$F_{RS} \mu > \Delta F_{KS}$. Dabei wurde angenommen, dass die Kraft des Kraftstoßes in Richtung der die Haftreibung vermittelnden Flächen gerichtet ist. Ist dies nicht der Fall, so ist ΔF_{KS} durch die in diese Richtung zeigende Kraftkomponente zu ersetzen, die sich durch Vektorzerlegung ermitteln lässt. Ist diese Bedingung $F_{RS} \mu > \Delta F_{KS}$ verletzt, so besteht die Gefahr, dass das optische Element sich aus seiner ursprünglichen Position entfernt und eine neue Position einnimmt, wobei nach Einwirkung der Kraft, also z.B. nach Ende des Kraftstoßes, das optische Element in der neuen Position verbleibt.

Wie oben ausgeführt, muss aufgrund des geringen Wertes der Haftreibungszahl F_{RS} bei reibschlüssigem Halten des optischen Elements etwa 5 bis 10 mal so groß sein, wie die zu erwartenden maximalen Kräfte aufgrund von Kraftstößen auf das optische Element oder aufgrund von Beschleunigungen des optischen Elements. Dies ist in Fig. 1 schematisch mit F_{RS} angegeben, wodurch das optische Element stärkeren Spannungen ausgesetzt ist als im Falle von kraftschlüssigem Halten. Werden jedoch diese stärkeren Spannungen (wie beim reibschlüssigen Halten des optischen Elements) in einer kraftschlüssigen Halterung des optischen Elements toleriert, so kann bei gleicher tolerablen Auslenkung Δx (siehe Fig. 1) des optischen Elements im allgemeinen eine deutlich höhere Kraft ΔF_{RS} für einen möglichen Kraftstoß durch das Haltesystem aufgenommen werden. Dabei wurde in Fig. 1 vereinfacht angenommen, dass ein nichtvorgespanntes elastisches Element der Haltevorrichtung für das optische Element bei der Position x die Kraft F_{RS} erzeugt.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass an dem optischen Element Vorsprünge gebildet sind. Mit Vorteil werden die Vorsprünge durch das optische Element selber gebildet sind. Alternativ können sie auch durch an das optische Element, beispielsweise durch Ansprengen oder Ankleben, angebrachte Sockel, Konsolen oder Klötzchen gebildet werden.

Als vorteilhaft erweist es sich außerdem, wenn an den Vorsprüngen jeweils zwei Koppelstellen vorgesehen sind, auf die jeweils zwei Haltekräfte zum Halten des optischen Elements in dem Trägerkörper einwirken.

- 5 In einer derartigen Anordnung wirkt in vorteilhafter Weise an den Koppelstellen jeweils sowohl eine Axialkraft als auch eine Tangentialkraft auf das optische Element ein.

- Alternativ hierzu lässt sich ebenfalls mit Vorteil vorsehen, dass an den Koppelstellen jeweils eine Axialkraft und jeweils eine in einer beliebigen, zur optischen Achse des optischen
10 Elements senkrechten Richtung ausgerichtete Kraft auf das optische Element einwirken, wobei die in beliebige Richtungen ausgerichteten Kräfte Wirkungslinien haben, die sich nicht in einem einzigen Punkt schneiden.

- Vorteilhaft ist eine Anordnung, in der die Vorsprünge ausschließlich kraftschlüssig gehalten
15 werden.

- In vorteilhafter Weise lässt sich gemäß der Erfindung die Verspannung des optischen Elements durch den Einsatz elastischer Mindestkräfte zum Halten des optischen Elements auf ein Minimum reduzieren.
20

Von Vorteil ist eine Anordnung, in der die elastischen Elemente in Halterungen angeordnet sind, die die elastischen Elemente wenigstens teilweise umgeben.

- In vorteilhafter Weise werden die elastischen Elemente von vorgespannten Druckfedern
25 gebildet.

- In einer weiteren vorteilhaften Anordnung ist vorgesehen, dass die Druckfedern die Vorsprünge in axialer und tangentialer Richtung halten. Hierbei kann die Anordnung vorteilhaft so ausgestaltet sein, dass in tangentialer Richtung eine oder zwei Druckfedern
30 angeordnet sind und dass in axialer Richtung eine oder zwei Druckfedern angeordnet sind.

Mit Vorteil werden die Druckfedern nur soweit vorgespannt, dass sie beim Transport des optischen Elements auftretende Schocklasten aufnehmen können.

5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Anordnung ist vorgesehen, dass die Druckfedern in einer den Trägerkörper aufnehmenden Klemmeinheit angeordnet sind, die den Trägerkörper durch ein monolithisches Festkörpergelenk hält.

Zusätzlich lässt sich mit Vorteil das Festkörpergelenk als Bipod mittels zwei Stäben ausführen.

10

Von Vorteil ist es ebenfalls, wenn in den Vorsprüngen des optischen Elements oder in dem optischen Bauelement selber, insbesondere in dessen Randbereich, Einkerbungen oder Nuten in axialer, vorzugsweise jedoch radialer und/oder tangentialer Richtung zur Verbindung mit elastisch federnden Elementen der Lagereinrichtung verlaufen.

15

In vorteilhafter Weise kann vorgesehen werden, dass Druckfedern von den Einkerbungen oder Nuten aufgenommen werden. Zwischen den Druckfedern und den beispielsweise V-förmigen Nuten oder Vertiefungen können auch zwischengelegte Distanzelemente vorhanden sein.

20

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden die Vorsprünge des optischen Bauelements über die elastischen Elemente, insbesondere über die Druckfedern, in einer zu der Lagereinrichtung gehörenden Klammer gehalten.

25 Die Verwendung von Druckfedern mit einer reduzierten Kraft (im Gegensatz zu Anordnungen, in denen das optische Bauelement über Reibschluss festgeklemmt wird) vermindert Verschiebungen und Verformungen der Koppelstellen durch Klemmkräfte und Relaxations- oder Setzeffekte, wenn die Federkonstante der Federn entsprechend klein gewählt wird (siehe Fig. 1).

30

Die kinematische Entkopplung über Festkörpergelenke reduziert Kontaktstellen und führt zu einer statisch und dynamisch mit den bekannten Methoden optimierbaren Lagerung. Über die Befestigung von drei Bipods am äußeren Lagerring oder auch durch die Integration in den Bipod selbst kann eine aktive Verstellung über piezoelektrische oder elektromagnetische Antriebsmittel realisiert werden.

Die Erfindung bezieht sich auch auf eine zwei Anordnungen mit jeweils einem optischen Bauelement umfassende Einrichtung, in der die optischen Bauelemente jeweils so aufgebaut sind, wie oben beschrieben ist. In dieser Einrichtung sind die optischen Bauelemente durch eine abwechselnd hängende und stehende Anordnung der Klemmelemente bzw. der Lagereinrichtungen an einem einzigen Lagerring angeordnet sind.

Nachstehend wird die Erfindung in Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

15

- Fig. 1 Kräfte bei kraftschlüssiger Verbindung,
- Fig. 2 eine Draufsicht auf ein Klemmelement mit Lagereinrichtung,
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer Anordnung mit einem optischen Bauelement, das über drei Lagereinrichtungen mit Klemmelementen in einem Trägerkörper gelagert ist,
- Fig. 4 – 8 Schemata, gemäß denen das optische Bauelement in der Anordnung gehalten werden kann, und
- Fig. 9 eine Befestigungsanordnung, durch die ein optisches Bauelement mittels eine Klammer gehalten wird.

25

Ein auch als Bipod bezeichnetes Klemmelement 1 (Fig. 2) nachfolgend auch Lagereinrichtung genannt, umfasst einen Grund- oder Trägerkörper 2 mit einer zentralen Ausnehmung 3 und zwei seitlichen Füßen 4, 5, die sich auf einem beispielsweise als Ring 6 (Fig. 3) ausgebildeten Träger (6) abstützen. Die Füße 4, 5 sind nach ihrem Aufbauprinzip beispielsweise aus der EP 1 245 982 A2 bekannt, auf deren Inhalt hinsichtlich ihres Aufbaus

30

verwiesen wird. Sie weisen blattfederartige Biegeglieder 7 und/oder Festkörpergelenke auf, wie sie aus in der EP 1 245 982 A2 dargestellten Lagereinrichtungen bekannt sind.

In der Ausnehmung 3 ist ein über Halteplatten 8, 9, 10 (Fig. 2) und Schrauben 11, 12, 13 mit dem Grundkörper 2 verbundener Träger 13 eingebracht, der drei Druckfedern 14, 15, 16 aufnimmt, die einen Vorsprung 17 an einem optischen Element, beispielsweise einer Linse 18, hält. In tangentialer Richtung wird das optische Element über die beiden Druckfedern 14, 15, und in axialer Richtung über die Druckfeder 16 festgehalten.

10 Neben dem Klemmelement (Lagereinrichtung) 1 wird die Linse 18 durch zwei weitere Lagereinrichtungen (Klemmelemente) 19, 20 gehalten, wobei die vorgespannten Druckfedern 14, 15, 16 die Linse 18 jeweils durch den zwischen sie eingebrachten Vorsprung 17 festhalten.

15 In einer schematischen Darstellung (Fig. 4) ist gezeigt, wie beliebige Kräfte an einem optischen Element 21 mit einem Vorsprung 22 auf das optische Element 21 wirken. An dem Vorsprung 22 angreifende Kräfte F_1 und F_2 wirken in axialer bzw. in beliebiger Richtung innerhalb einer von einer Schnittfläche des optischen Elements 21 aufgespannten Ebene, die üblicherweise senkrecht zur optischen Achse z liegt. Kräfte F_3 und F_4 wirken in axialer
20 Richtung bzw. in tangentialer Richtung bezüglich des kreisförmigen Umfangs des optischen Elements 21. Dabei werden die axialen Kräfte F_1 und F_3 von den Lagereinrichtungen nach Fig. 1 und 3 durch die Druckfedern 16 aufgenommen, die allgemein in Axialrichtung elastisch ausgebildete Fixierelemente sein können. Die tangentialen Kräfte F_4 werden in den Lagereinrichtungen nach Fig. 1 in der Anordnung nach Fig. 3 durch die Druckfedern 14 und
25 15 aufgenommen. Auch diese Federn können allgemein durch in Tangentialrichtung elastisch ausgebildete Fixierelemente ersetzt werden.

An einem Vorsprung 23 (Fig. 5) an einem optischen Bauelement wird eine Koppelstelle für in axialer Richtung wirkende Kräfte F_5 und für in tangentialer Richtung wirkende Kräfte F_6
30 geschaffen. Dabei sind die Koppelstellen bevorzugt jeweils ebene Flächen senkrecht zu den genannten Kräften, um nicht Komponenten der genannten Kräfte in andere Richtungen als

axial oder tangential umzulenken, wie dies der Fall wäre, wenn die Flächen nicht senkrecht zu den genannten Kräften stünden. Dies hat den Vorteil, dass die axialen und tangentialen Kräfte dann direkt durch die in der Haltevorrichtung 1 in Axialrichtung bzw. Tangentialrichtung angebrachten, in diese Richtungen jeweils elastisch ausgebildeten Fixierelemente, wie z.B. 5 die in Fig. 2 dargestellten Druckfedern 14, 15, 16, aufgenommen werden können.

In einer Ausführungsform (Fig. 6) für die Halterung eines Vorsprungs 17 innerhalb eines Klemmelements 1 (einer Lagereinrichtung 1), wie es für die Lagerung des optischen Elements 18 gemäß Fig. 2 eingesetzt werden kann, sind an dem Vorsprung 17 auf der Unterseite und an 10 einer senkrechten Seite federnde Elemente 24, 25, 26 angesetzt, die beispielsweise als gespannte Spiral- oder Tellerfedern ausgebildet sind. Auf der der Unterseite gegenüberliegenden Oberseite sind starre Elemente 27, 28 angeordnet. Auf der gegenüberliegenden senkrechten Seite ist der Vorsprung 17 mit einer Ausbuchtung 29 versehen, die einem Zylinderstift 30 gegenüberliegt, d.h. die an einem Zylinderstift zur 15 Anlage kommt. Damit wird der Vorsprung 17 für bestimmte mechanische Beanspruchungen oder Belastungen kraftschlüssig gehalten. Diese kraftschlüssige Halterung ist dann gegeben, wenn die mechanische Beanspruchung des optischen Elements z.B. in einem nach unten wirkenden Kraftstoß liegt, der z.B. aus einem Stoß (oder Schock) resultiert, wie er z.B. beim Transport oder Aufbau einer das optische Element umfassenden Einheit, z.B. einer optischen 20 Komponente einer Lithographieanlage, resultieren kann. Unter Kraftstoß wird wie in der Physik üblich das Integral der wirkenden Kraft über die Zeit verstanden. Ein Kraftstoß kann allgemein durch die Änderung eines Impulses, oder anders ausgedrückt durch eine zeitlich begrenzte Beschleunigung hervorgerufen werden, oder einfach durch die Einwirkung einer zeitlich begrenzten Kraft. Eine durch den Kraftstoß bedingte Beschleunigung des optischen 25 Elements nach unten wird durch die federnden Elemente 24 und 25 aufgefangen bzw., bei geeigneter Vorspannung der Federn verhindert. Dabei wird eine etwaige Vorspannung der Federn 24 und 25 so gewählt, dass diese etwa der bei den zu erwartenden Kraftstößen auftretenden maximalen Kräfte entspricht. Damit wird verhindert, dass sich der Vorsprung 17 von den Anlageflächen der starren Elemente 27 und 28 löst bzw. abhebt. Wird die 30 Vorspannung kleiner gewählt, so kann der Vorsprung 17 des optischen Elements bei den maximal zu erwartenden Kraftstößen kurzzeitig von den starren Elementen 27 und 28

abheben, wird dann aber mit abklingender Kraft mittels der Federn 24 und 25 durch diese wieder an den starren Elementen 27 und 28 zur Anlage gebracht. Damit nimmt das optische Element nach einem nach unten gerichteten Kraftstoß (z.B. durch Stoß oder Schock) wieder die gewünschte, durch die starren Elemente 27 und 28 vorgegebene Lage ein.

5

Analog zu den Federn 24 und 25 und den starren Elementen 27 und 28 wirkt die Feder 26 mit dem Zylinderstift 30 bei Kraftstößen in tangentialer Richtung, deren Kraftkomponenten in Richtung vom Zylinderstift 30 zur Feder 26 gerichtet sind. Die Feder 26 kann ebenfalls vorgespannt sein, wobei vorzugsweise die Vorspannung so gewählt ist, dass diese etwa der
10 bei den zu erwartenden Kraftstößen auftretenden maximalen Kraft entspricht. Damit wird verhindert, dass sich der Vorsprung 17 von der Anlagefläche am Zylinderstift 30 löst bzw. von dieser Fläche abhebt. Entsprechend wie bei den Federn 24 und 25 kann die Vorspannung der Feder 26 kleiner gewählt werden als die maximal in einem Kraftstoß zu erwartende Kraft, wobei dann der Vorsprung 17 des optischen Elements kurzzeitig von der Anlagefläche des
15 Zylinderstifts 30 abheben kann. Danach, mit abklingender Kraft, wird der Vorsprung 17 mittels der Feder 26 durch diese wieder an den Zylinderstift 30 zur Anlage gebracht. Damit nimmt das optische Element nach einem Kraftstoß mit einer tangentialen Kraftkomponente (z.B. durch Stoß oder Schock verursacht) wieder die gewünschte durch den Zylinderstift 30 vorgegebene Lage ein. Allgemein können die in Fig. 6 dargestellten Federn durch elastische
20 Mittel ersetzt werden. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass eine Halterung eines optischen Elements mittels der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform einer Lagereinrichtung bei Kraftstößen mit Kraftkomponenten in Richtung der starren Elemente 27, 28 und/oder in Richtung des Zylinderstifts 30 auch reibschlüssig gehalten wird. Dabei ist bei geeigneter Dimensionierung der Halterung die reibschlüssige Haltekraft geringer als die
25 kraftschlüssige Haltekraft. Ist die Kraftwirkung des Kraftstoßes dagegen genau in Richtung der starren Elemente 27, 28 oder genau in Richtung des Zylinderstifts 30, so wird das optische Element mittels des Vorsprungs 17 in der Lagereinrichtung nach Fig. 6 über Formschluß in Position gehalten.

30 In einer anderen Ausgestaltung (Fig. 7) sind sowohl auf der Unterseite als auch an den beiden senkrechten Seiten des Vorsprungs 17 elastisch federnde Elemente 31, 32, 33, 34 angeordnet,

um das optische Element 21 zu halten. Eine derartige Ausführungsform der Lagereinrichtung, bei der die federnden Elemente allgemein elastische Elemente sein können, die auch eine Vorspannung aufweisen können, wird dann gewählt, wenn Kraftstöße in beliebiger, aber nach unten gerichteter Richtung zu erwarten sind, und wenn dabei das optische Element kraftschlüssig gehalten werden soll. Werden allgemein Kraftstöße auch in beliebiger nach oben gerichteter Richtung erwartet, so können die in Fig. 7 verbleibenden starren Elemente, die oben am Vorsprung 17 angreifen auch durch federnde oder elastische, gegebenenfalls vorgespannte Elemente ersetzt werden.

- 10 In einer weiteren Ausführungsform (Fig. 8) wird der Vorsprung 17 jeweils an zwei Seiten über elastische Elemente 35, 36 und an den beiden anderen Seiten durch starre Elemente 37, 38 gehalten. Es ist für jede Richtung wenigstens ein Verstellmittel 39, 40, 41 zur Änderung des Abstands der starren Elemente 37, 38 oder der Längsausdehnungen der federnden Elemente 37, 38 vorhanden, so dass insgesamt die Federstärke (mit der die Elemente 35, 36 gegen den Vorsprung 17 drücken) d.h. die Vorspannung der federnden oder elastischen Elemente bzw. die Lage des optischen Elements justierbar und veränderbar ist, und dass auch die Position des Vorsprungs 17 einstellbar ist. Damit lässt sich die Position des Vorsprungs 17 in wenigstens einem Freiheitsgrad unabhängig von einer etwaigen Vorspannung des elastischen Elements 35, 36 einstellen. Allgemein können die starren Elemente 37 und 38 ebenfalls durch elastische Elemente ersetzt werden, wobei jedoch diese (wenigstens eines dieser elastischen Elemente) ebenfalls mit Verstellmittel 41 versehen sind, um deren Position zu verändern. Damit lässt sich der Vorsprung 17 in zwei Freiheitsgraden (in wenigstens einem Freiheitsgrad) bezüglich seiner Position justieren, wobei zusätzlich unabhängig von der Position des Vorsprungs 17 eine etwaige Vorspannung der elastischen Elemente einstellbar ist, so dass diese mit einer gewünschten Vorspannung auf das optische Element oder dessen Vorsprung wirken. Wird das optische Element z.B. mittels drei Vorsprünge 17 oder Anlenkstellen 17 gehalten, wobei jede Anlenkstelle 17 in zwei Freiheitsgrade hinsichtlich ihrer Position justierbar ist, so ist das optische Element insgesamt in bis zu 6 Freiheitsgraden justierbar, wobei an jeder Anlenkstelle (oder wenigstens an einer) eine etwaige Vorspannung des Anlenkstellen 17 unabhängig von der Position der betreffenden Anlenkstelle 17 und damit

unabhängig von der Position des optischen Elements erfolgen kann., mit der die Elemente 35, 36 gegen den Vorsprung 17 drücken.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung (Fig. 9) ist an dem optischen Element ein
5 Vorsprung 42 vorgesehen, der über eine von einer Druckfeder 43 umgebene Schraube 44 mit
einem Kopfelement 45 eines isostatischen (statisch bestimmten) Lagerungselements 46
verbunden ist. Das Lagerungselement ist seinerseits über einen von zwei Füßen 47, 48
gebildeten Bipod gegenüber einem Trägerelement gelagert und befestigt. In tangentialer
Richtung ist der Vorsprung 42 über eine von einer Druckfeder 49 umgebene Schraube 50
10 elastisch gelagert. Auf seiner Oberseite umfasst das Lagerungselement 46 eine Klammer 51,
die eine Blattfeder 52 umfasst. Die Blattfeder 52 erlaubt ein leichtes Einfügen des Vorsprungs
42 in den Bereich zwischen dem Kopfelement 45 und der Klammer 51. In einem an der
Blattfeder 52 angebrachten Anschlußstück 53 ist ein Festkörpergelenk 54 integriert, so dass
eine elastische Lagerung des Vorsprungs 42 in tangentialer Richtung durch die Schraube 50
15 unterstützt wird. Mittels eines Justageelements 60 lässt sich in tangentialer Richtung das
Anschlußstück 53 verstellen, wodurch sich der Vorsprung 42 in dieser Richtung justieren
lässt. Durch Nachstellen der Schraube 50 kann dann der Vorsprung 52 wieder mit der
gewünschten oder ohne Vorspannung gehalten werden. Damit ist die Möglichkeit gegeben,
das optische Element in einem Freiheitsgrad bezüglich seiner Position zu justieren, und
20 unabhängig von der Position des optischen Elements mit dem Vorsprung 42 eine etwaige
Vorspannung einzustellen, die am Vorsprung 42 angreift. Allgemein kann damit die
Anlenkstelle 17, 42 eines optischen Elements 18, 21 in wenigstens einem Freiheitsgrad
hinsichtlich der Position der Anlenkstelle justiert werden, wobei zusätzlich das optische
Element 18, 21 über die Anlenkstelle 17, 42 in wenigstens einer Richtung durch wenigstens
25 ein elastisches Element oder durch wenigstens ein elastisch federndes Element 14, 15, 16, 49
kraftschlüssig gehalten wird, und wobei eine etwaige Vorspannung der durch das elastisch
federnde Elemente oder das elastische Element erzeugten Haltekraft unabhängig von der
Position der Anlenkstelle und damit unabhängig von der Position des optischen Elements
einstellbar ist. In einer weiteren Ausführungsform wird beispielsweise das Justageelement 60
30 durch eine der Schraube 50 äquivalente Vorrichtung ersetzt, oder durch eine solche Schraube,
wobei diese dann vorzugsweise auch eine Druckfeder 49 umfasst.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Lagerung eines einen äußeren Umfangsbereich aufweisenden optischen Elements (18, 21), insbesondere einer Linse oder eines Spiegels, relativ zu einem Träger (6) über wenigstens drei am äußeren Umfangsbereich des optischen Elements (18, 21) angeordnete Anlenkstellen (17), **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische Element (18, 21) über die Anlenkstellen (17) in wenigstens einer Richtung durch elastisch federnde Elemente (14, 15, 16) kraftschlüssig gehalten wird, wobei sich die elastisch federnden Elemente für jede Anlenkstelle (17) in einer Lagereinrichtung (1) mit einem Trägerkörper (2) befinden und die Lagereinrichtungen (1) das optische Element statisch bestimmt am Träger (6) halten.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (18, 21) in Richtung des kraftschlüssigen Haltens mittels durch die elastisch federnden Elemente (14, 15, 16) eingebrachten Mindestkräfte gehalten wird.
3. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (18, 21) in axialer und/oder tangentialer Richtung kraftschlüssig gehalten wird.
4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an dem optischen Element (18, 21) Vorsprünge (17) angeordnet sind, die die Anlenkstellen (17) bilden.
5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anlenkstellen (17) durch das optische Element (18, 21) selber gebildet sind.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Anlenkstellen (17) jeweils zwei Koppelstellen vorgesehen sind, auf die jeweils zwei Haltekräfte zum Halten des optischen Elements (18, 21) in dem Trägerkörper (2) einwirken.

7. Anordnung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass über die Koppelstellen jeweils sowohl eine Axialkraft (F_1 , F_3 , F_5) als auch eine Tangentialkraft (F_2 , F_4 , F_6) auf das optische Element (18, 21) einwirkt.
- 5 8. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Koppelstellen jeweils eine Axialkraft und jeweils eine in einer beliebigen, zur optischen Achse des optischen Elements (18, 21) senkrechten Richtung ausgerichteten Kraft auf das optische Element (18, 21) einwirken, wobei die in beliebige Richtungen ausgerichteten Kräfte Wirkungslinien haben, die sich nicht in einem einzigen Punkt schneiden.
- 10 9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anlenkstellen (17) ausschließlich kraftschlüssig gehalten werden.
- 15 10. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elastischen Elemente von den Trägerkörpern (2) wenigstens teilweise umgeben sind.
11. Anordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elastischen Elemente von vorgespannten Druckfedern (24, 25, 26; 31, 33, 34; 35, 36) gebildet werden.
- 20 12. Anordnung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckfedern (24, 25, 26; 31, 33, 34; 35, 36) die Vorsprünge (17) in axialer und tangentialer Richtung halten.
13. Anordnung nach 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass in tangentialer Richtung eine oder zwei Druckfedern (24, 25; 33, 34; 36) angeordnet sind und dass in axialer Richtung eine oder zwei Druckfedern (26; 31; 35) angeordnet sind.
- 25 14. Anordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckfedern (24, 25, 26; 31, 33, 34; 35, 36) nur soweit vorgespannt sind, dass sie beim Transport des optischen Elements (18, 21) auftretende Schocklasten aufnehmen können.
- 30

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckfedern (24, 25, 26; 31, 33, 34; 35, 36) in einem Trägerkörper (2) der Lagereinrichtung (1) angeordnet sind, wobei der Trägerkörper (2) durch ein monolithisches Festkörpergelenk (7) gehalten wird.

5

16. Anordnung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Festkörpergelenk als Bipod mittels zwei Stäben oder Füßen (4, 5) ausgeführt ist.

10

17. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Anlenkstellen (17) oder in dem optischen Bauelement (18, 21) selber, insbesondere in dessen Randbereich, Einkerbungen oder Nuten in axialer und/oder tangentialer und/oder radialer Richtung zur Verbindung mit elastisch federnden Elementen der Lagereinrichtung (1) ausgebildet sind.

15

18. Anordnung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass Druckfedern von den Einkerbungen oder Nuten aufgenommen werden.

20

19. Anordnung nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anlenkstellen (17) über die elastischen Elemente, insbesondere über die Druckfedern, in einer zu der Lagereinrichtung gehörenden Klammer (51) gehalten werden.

25

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische Element (18, 21) durch piezoelektrische oder elektromagnetische Antriebsmittel, insbesondere Lorentz-Aktuatoren, in wenigstens einem Freiheitsgrad justierbar ist, wobei diese Antriebsmittel innerhalb der Lagereinrichtung (1) und/oder zwischen der Lagereinrichtung (1) und dem Träger (6) und/oder zwischen dem optischen Element (18, 21) und der Lagereinrichtung (1) angeordnet sind.

30

21. Einrichtung, bestehend aus zwei Anordnungen nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optischen Elemente (18, 21) der Anordnungen durch eine abwechselnd hängende und stehende Anordnung der Lagereinrichtungen (1) an einem einzigen Träger (6), insbesondere einem Lagerring angeordnet sind.

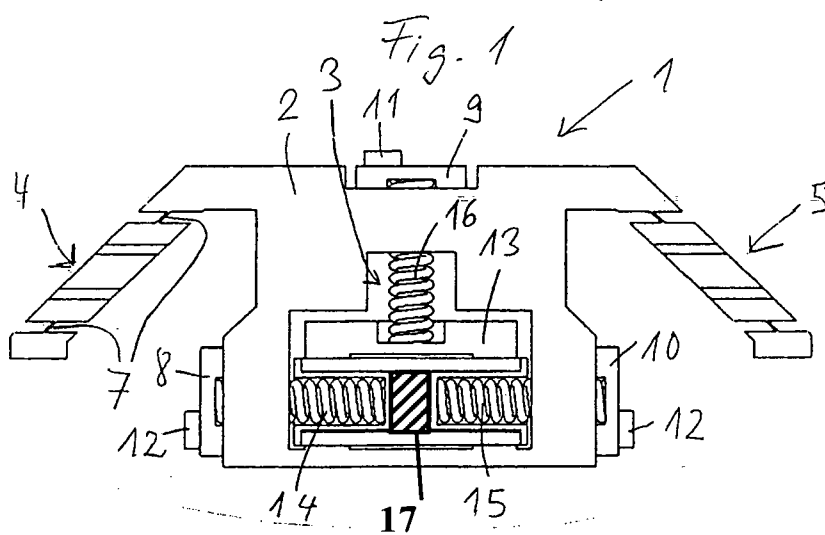
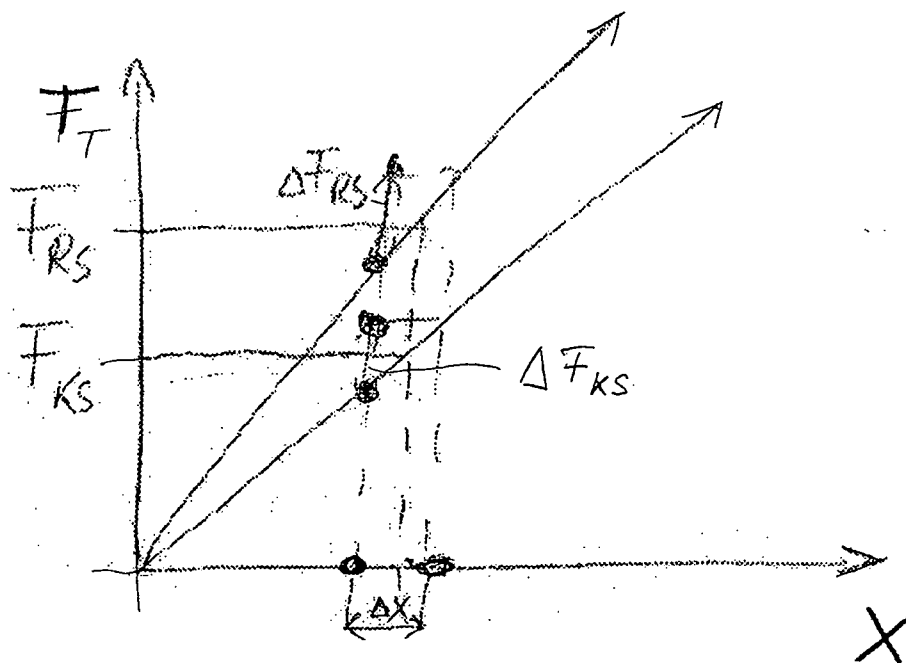
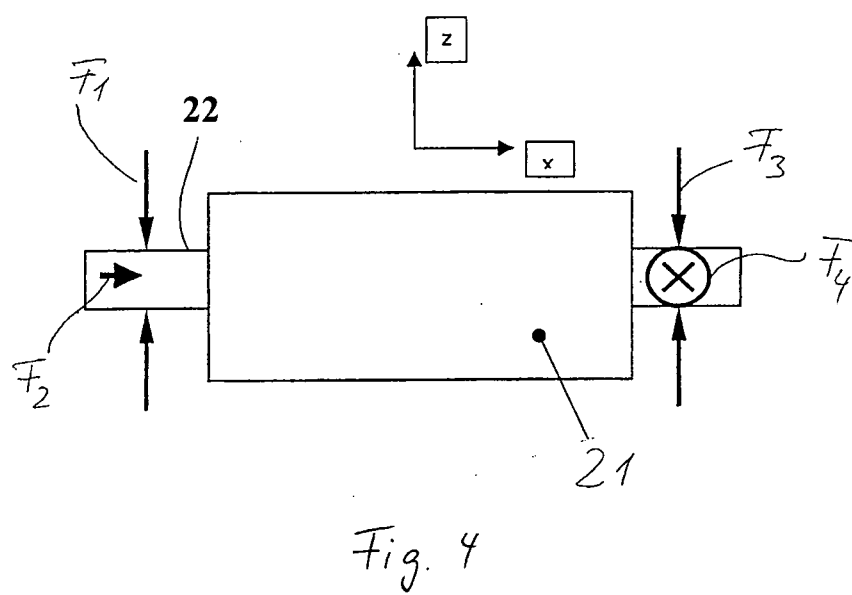
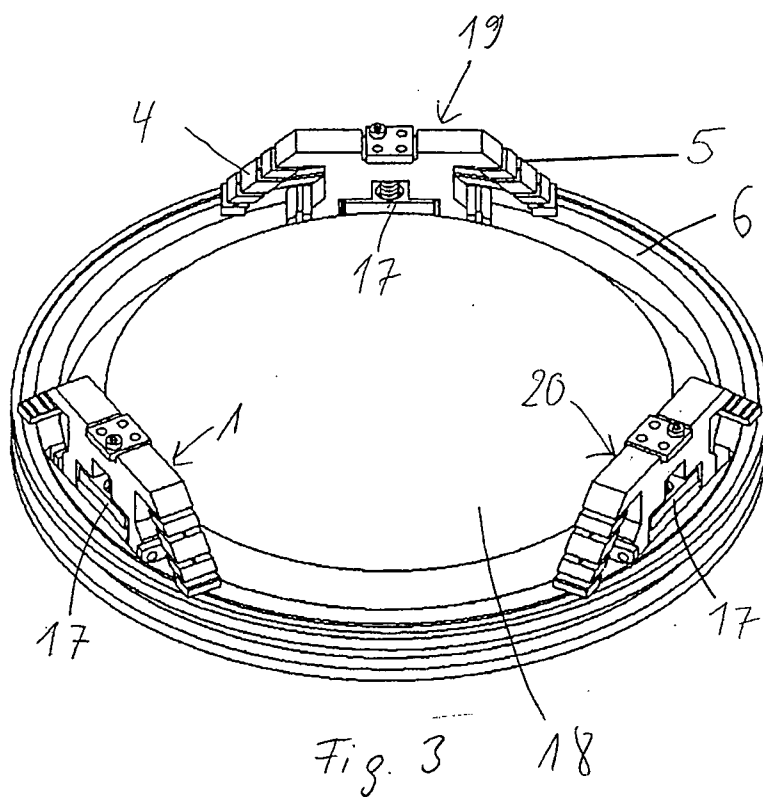


Fig. 2



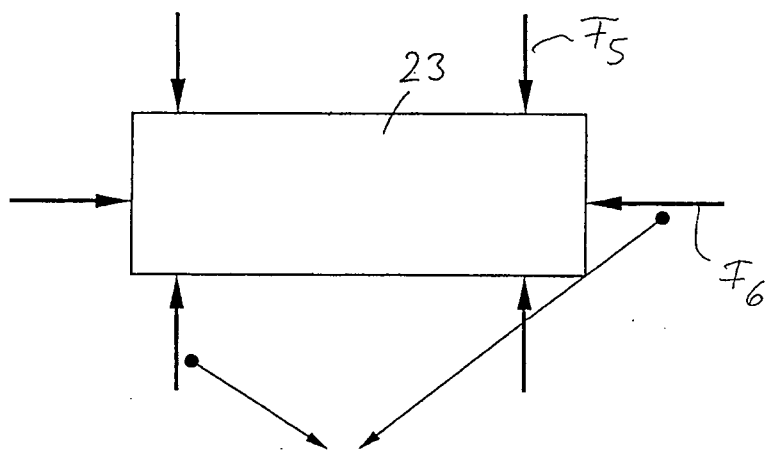


Fig. 5

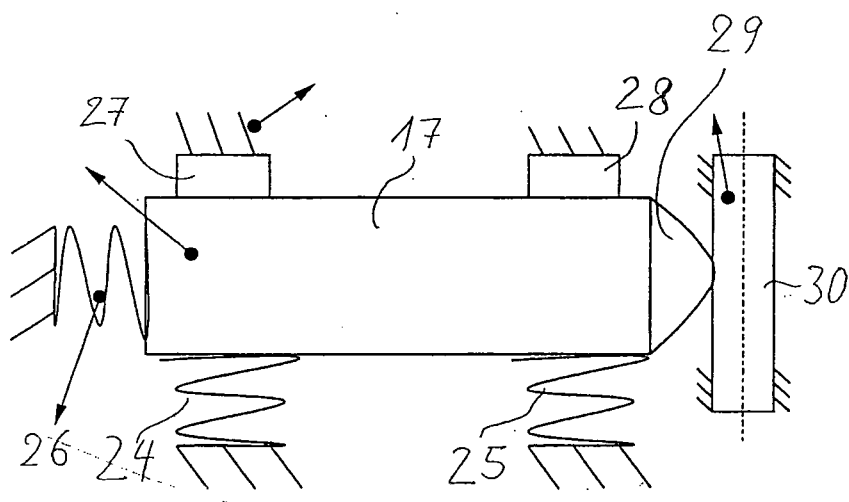


Fig. 6

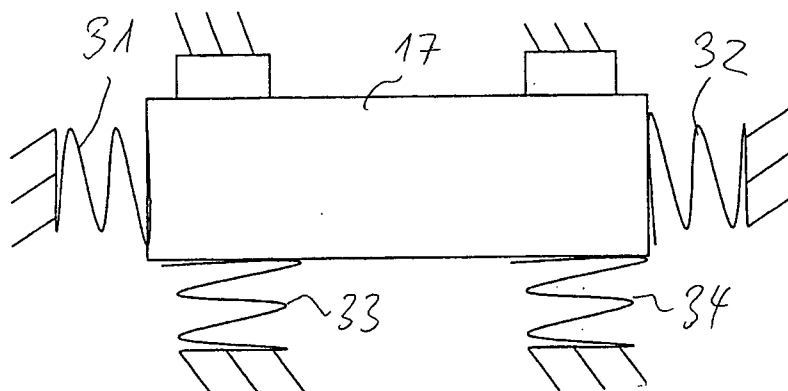


Fig. 7

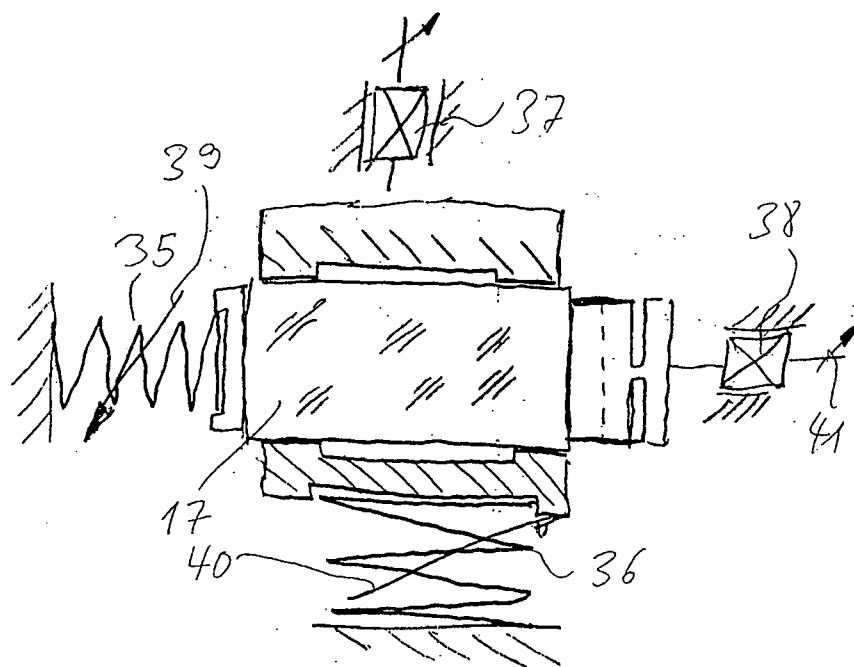


Fig. 8

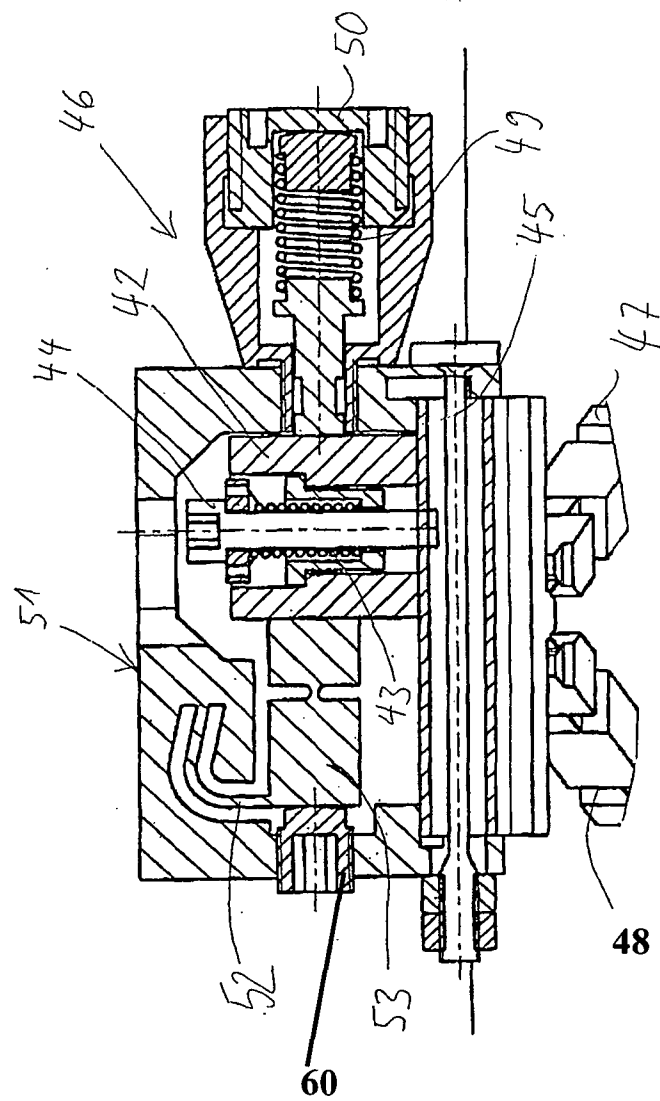
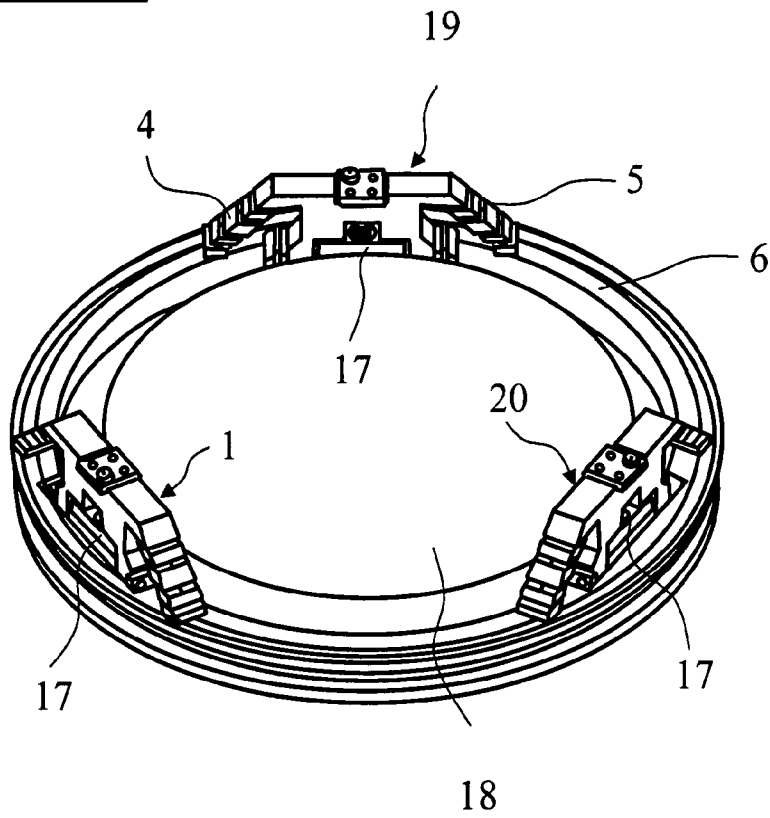
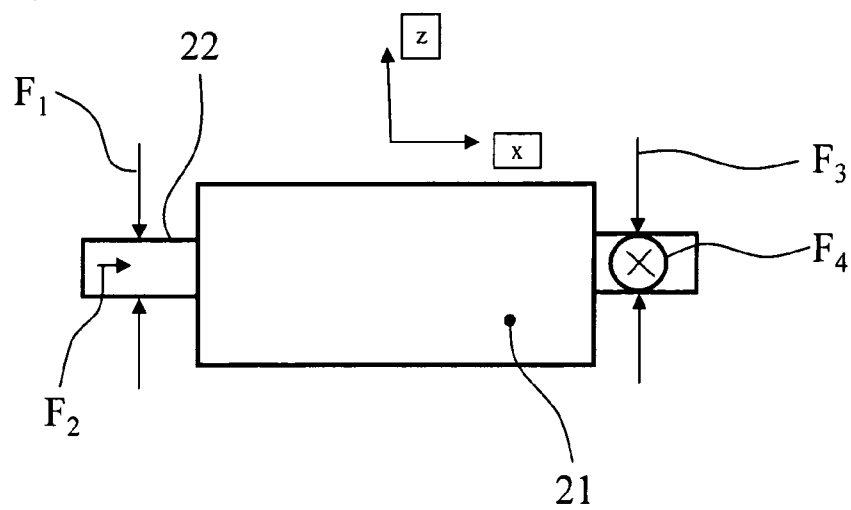
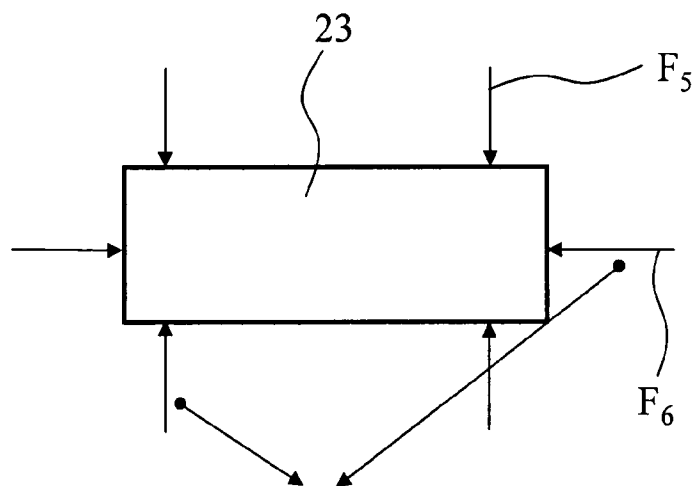
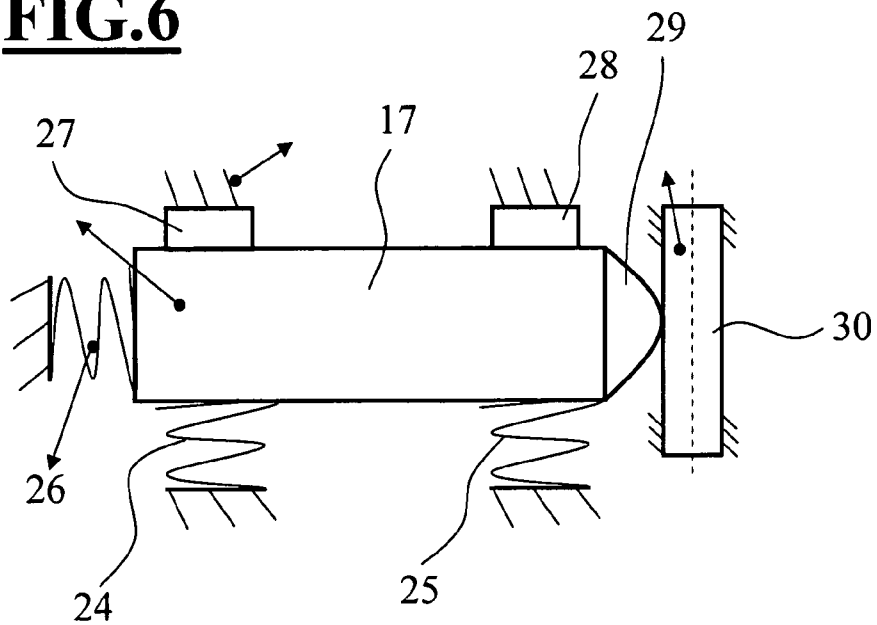


Fig. 9

2/5

FIG.3**FIG.4**

3/5

FIG.5**FIG.6**

4/5

FIG.7

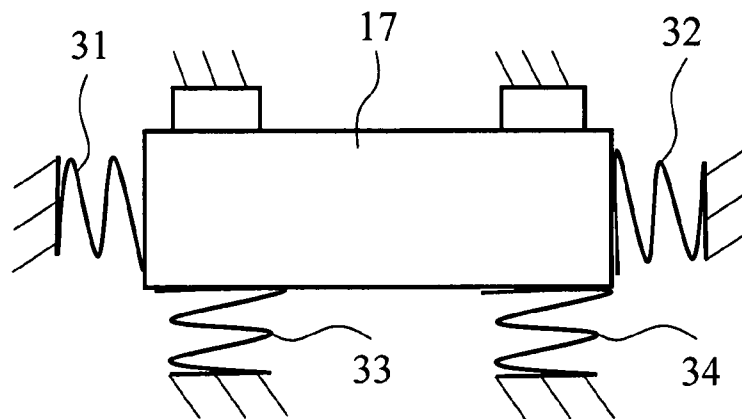
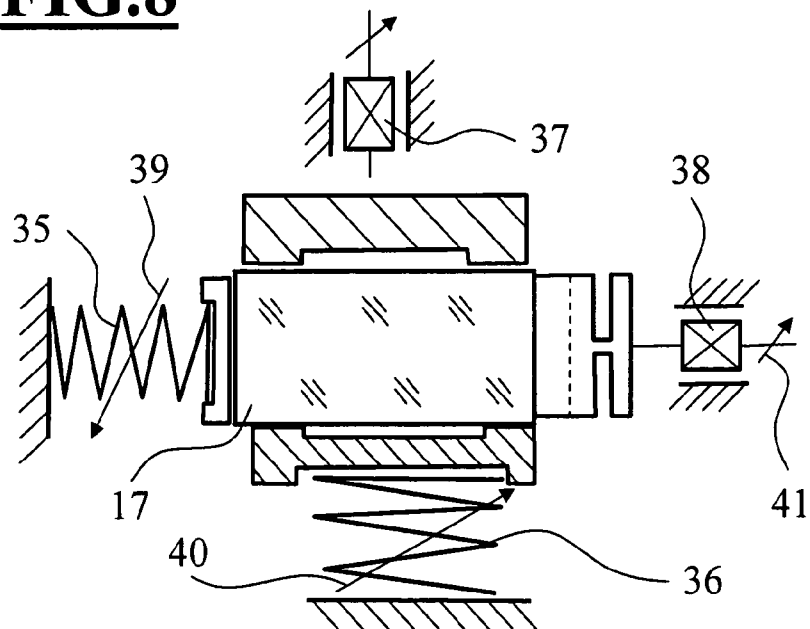


FIG.8



5/5

FIG.9

