

(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  
5. Januar 2006 (05.01.2006)

PCT

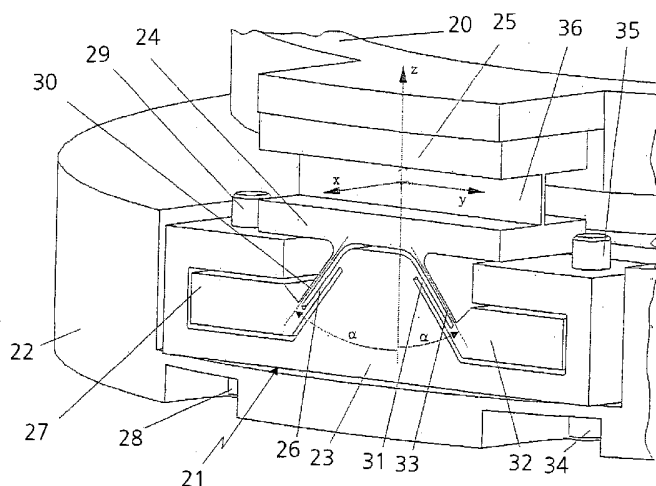
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2006/000352 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G02B 7/02**, 7/182, G03F 7/20
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/006583
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
18. Juni 2005 (18.06.2005)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
60/584,095 29. Juni 2004 (29.06.2004) US
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SMT AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WEBER, Ulrich** [DE/DE]; Ensingerstr. 53, 89073 Ulm (DE). **KUGLER, Jens** [DE/DE]; Goetzenbachstr.1, 73540 Heubach (DE).
- (74) Anwalt: **LORENZ & KOLLEGEN**; Alte Ulmer Str. 2, 89522 Heidenheim (DE).
- (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, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: POSITIONING UNIT AND ALIGNMENT DEVICE FOR AN OPTICAL ELEMENT

(54) Bezeichnung: POSITIONIEREINHEIT UND VORRICHTUNG ZUR JUSTAGE FÜR EIN OPTISCHES ELEMENT



(57) Abstract: The invention relates to a positioning unit for an optical element in a microlithographic projection exposure installation. Said unit comprises a first connection region (A, 22) for connecting to the optical elements, and a second connection region (B, 20) for connecting to an object in the vicinity of the optical elements. At least two levers are connected to the second connection region by means of the respective lever bearing thereof, and the respective load arm thereof is connected to the first connection region by an articulation by means of an intermediate element (31, 33, 36) applied to said articulations. Regulating devices (28, 29) or actuators are arranged on the respective power arms of the levers. In a first position, the first connection region and the second connection region are arranged in relation to each other in such a way that the lever bearings of at least two levers and the articulations associated with said levers have approximately parallel rotational axes that are located approximately in a plane in the first position.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/000352 A1

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstaaten
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten 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, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI

Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für alle Bestimmungsstaaten
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

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.

**(57) Zusammenfassung:** Eine Positioniereinheit für ein optisches Element in einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage ist mit einem ersten Verbindungsbereich (A, 22) zum Verbinden mit den optischen Elementen und einem zweiten Verbindungsbereich (B, 20) zum Verbinden mit einem Gegenstand in der Nähe des optischen Elements versehen. Wenigstens zwei Hebel sind über ihre jeweiligen Hebellager mit dem zweiten Verbindungsbereich und deren jeweiliger Lastarm mittels eines Gelenks über ein an diesen Gelenken angreifendes Zwischenelement (31, 33, 36) mit dem ersten Verbindungsbereich verbunden. An den jeweiligen Kraftarmen der Hebel sind Verstelleinrichtungen (28, 29) oder Aktuatoren angeordnet, wobei in einer ersten Stellung der erste Verbindungsbereich und der zweite Verbindungsbereich relativ zueinander so angeordnet sind, dass die Hebellager wenigstens zweier Hebel und die diesen Hebeln zugeordneten Gelenke etwa parallele Drehachsen aufweisen, die in der ersten Stellung etwa in einer Ebene liegen.

Positioniereinheit und Vorrichtung zur Justage für ein optisches Element

Die Erfindung betrifft eine Positioniereinheit für ein optisches Element in einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage mit einem ersten Verbindungsbereich zum Verbinden mit dem optischen Element und mit einem zweiten Verbindungsbereich zum Verbinden mit einem Gegenstand in der Nähe des optischen Elementes.

10

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Justage eines optischen Elementes mit einer optischen Achse gegenüber einer Außenfassung in einer Objektivstruktur oder gegenüber benachbart liegenden Fassungen, wobei das optische Element über mehrere mit Verstelleinrichtungen versehene Zwischenteile mit der Außenfassung verbunden ist.

Zum Stand der Technik wird auf die US 5,986,827, US 2002/0163741 A1, US 2002/0176094 A1, WO 2005/026801 A2, DE 103 44 178 A1, DE 102 26 655 A1, DE 199 10 947 A1, EP 1 312 965 A1 und EP 1 209 500 A2 verwiesen.

Die vorbekannten Justagevorrichtungen besitzen zum Teil nur eine niedrige Tragfähigkeit, sind umständlich und aufwändig im Aufbau und begünstigen zum Teil auch unerwünschte Schwingungsanregungen des optischen Elements.

Ein bevorzugtes Einsatzgebiet für vorstehend beschriebene Justagevorrichtungen ist eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem Projektionsobjektiv in der Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen, da hierfür äußerst genaue Abbildungsqualitäten erforderlich sind.

Optische Elemente können jedoch durch Fertigungs- oder Montagegenauigkeiten beim Einbau zu mechanischen Referenzflächen auf der Fassung dezentriert werden. Mechanische Referenzflä-

chen können z.B. Zentrierbünde oder Fassungsflansche sein, gegenüber denen die Fassung zu einer Objektivstruktur, z.B. einem Projektionsobjektiv, ausgerichtet wird. Ebenso dienen derartige Referenzflächen auch zur Ausrichtung von einzelnen Fassungen zueinander.

Obwohl durch ein sogenanntes Einkugeln z.B. einer Linse als optischem Element vor dem Einkleben in die Innenfassung Kipp- toleranzen ausgeglichen werden können, kann es durch nachfol- gende Prozessschritte nach dem Einkleben trotzdem wieder zu einer Dezentrierung der Linse zu den Referenzflächen auf der Fassung kommen. Dies kann z.B. durch eine Kleberschrumpfung beim Aushärten des Klebers auftreten.

Bei bestimmten Fassungstechniken, z.B. wenn optische Elemente geklemmt werden, ist ein Einkugelprozess nur sehr schwer zu realisieren, weshalb eine Vorrichtung zur Justage des optischen Elementes zu den Referenzflächen auf der Fassung notwendig wird.

Es ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung, eine Positioniereinheit für ein optisches Element zu schaffen, die eine hohe Steifigkeit besitzt, wobei eine Positionierung für mehrere Freiheitsgrade möglich sein sollte.

Es ist ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung die vorstehend genannten Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden, insbesondere eine Justagevorrichtung zu schaffen, bei der ein optisches Element relativ zu Referenzflächen möglichst in allen sechs Freiheitsgraden bewegt und entsprechend justiert werden kann, wobei trotz sehr präziser Justierung eine ausreichend hohe Steifigkeit beibehalten werden kann.

Erfindungsgemäß wird dieser Gegenstand bei einer Positioniereinheit für ein optisches Element in einer mikrolithographischen Positionsbelichtungsanlage gelöst mit einem ersten Ver-

bindungsbereich A zum Verbinden mit einem optischen Element und einem zweiten Verbindungsbereich B zum Verbinden mit einem Gegenstand in der Nähe des optischen Elements, wenigstens zwei Hebel, die über ihre jeweilige Hebellager mit dem zweiten Verbindungsbereich B verbunden sind, und deren jeweiliger Lastarm mittels eines Gelenks über ein an diesen Gelenken angreifendes Zwischenelement C mit dem ersten Verbindungsbereich A verbunden ist, mit an den jeweiligen Kraftarmen der Hebel angeordneten Verstelleinrichtungen oder Aktuatoren, wobei in einer ersten Stellung der erste Verbindungsbereich A und der zweite Verbindungsbereich B relativ zueinander so angeordnet sind, dass die Hebellager wenigstens zweier Hebel und die diesen Hebeln zugeordneten Gelenke etwa parallele Drehachsen aufweisen, die in der ersten Stellung etwa in einer Ebene liegen.

In vorteilhafter Weise kann dabei die erste Stellung eine Grundstellung und eine zweite Stellung eine ausgelenkte Stellung der Hebel sein.

Erfindungsgemäß kann dabei der erste Verbindungsbereich A ein Kopfteil sein, das mit dem optischen Element direkt oder über einen Innenring verbunden ist. Der zweite Verbindungsbereich B kann ein Fußteil sein, der fest mit einer Außenfassung verbunden ist oder einen Teil der Außenfassung bildet.

Das Zwischenelement C kann wenigstens ein bewegliches Zwischenteil sein. Falls eine Verstellmöglichkeit in sechs Freiheitsgraden gewünscht wird, sind entsprechend mehr Zwischenelemente vorzusehen.

Entsprechend dem weiteren Gegenstand der Erfindung wird diese bei einer Vorrichtung, bei der ein optisches Element über Verstelleinrichtungen mit einer Außenfassung verbunden ist, dadurch gelöst, dass jede Verstelleinrichtung ein an der Außenfassung angeordnetes Fußteil aufweist, an dem bewegliche

Zwischenteile derart angeordnet und mit Stellelementen verbunden sind, dass erste beweglichen Zwischenteile um eine Achse senkrecht zu einer z-Achse drehbar sind, wobei die Stellelemente über zweite bewegliche Zwischenteile direkt  
5 oder über ein Mittelteil mit dem optischen Element verbunden sind, wobei bei festgehaltenen Stellelementen die zwischen dem optischen Element oder einem Mittelteil und den Stellelementen angeordneten zweiten beweglichen Zwischenteile eine Drehbewegung des optischen Elements gegenüber dem Fußteil um  
10 eine Achse senkrecht zur z-Achse erlauben.

In vorteilhafter Weise kann dabei die z-Achse auf einer Verbindungslinie zwischen Kopfteil, Mittelteil und Fußteil liegen.

15

Vorzugsweise ist die z-Achse die optische Achse.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die zweiten Zwischenteile in einem Winkel  $\alpha$  zur z-Achse angeordnet sind.

20

Durch die erfindungsgemäße Positioniereinheit und durch die Vorrichtung wird eine exakte Positionierung und - falls erforderlich - ein Verschieben und ein Verkippen des optischen  
25 Elementes zur Außenfassung noch unmittelbar vor dem Einbau in die Objektivstruktur, z.B. ein Projektionsobjektiv, möglich. Dies bedeutet, erfindungsgemäß können sämtliche Zentrierfehler des optischen Elements zur Außenfassung korrigiert werden.

30

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung ist es auch möglich, das optische Element im Gebrauchsfalle nach dem Einbau der Fassung in das Objektiv nochmals zu verschieben und entsprechend exakt zu positionieren.

35

Eine sehr vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht

darin, dass die Stellelemente über die zweiten beweglichen Zwischenteile mit dem Mittelteil verbunden sind, wobei das Mittelteil mit einem an einer Innenfassung oder dem optischen Element angeordneten Kopfteil verbunden ist und wobei das  
5 Mittelteil mit wenigstens einem dritten beweglichen Zwischen-  
teil derart versehen ist, dass das Kopfteil gegenüber dem Mittelteil in eine Richtung senkrecht zur z-Achse verschieb-  
bar, gegenüber dem Mittelteil um eine andere senkrecht zur z-  
Achse liegende und um die z-Achse drehbar ist.

10

Vorzugsweise ist hier die senkrecht zur z-Achse liegende Achse die x-Achse und die andere Achse ist die y-Achse.

Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Zwischenelemente,  
15 die vorzugsweise als Festkörpergelenke in Form von blattfederartigen Hebeln bzw. Blattfedern ausgebildet sind, ergibt sich ein Justagemechanismus, mit dem ein optisches Element relativ zur Außenfassung bei Bedarf in bis zu sechs Freiheitsgraden bewegt werden kann.

20

Dabei können jedoch bei den Festkörpergelenken kleine Querschnitte, wie sie beim Stand der Technik vorhanden sind, vermieden werden, wodurch der gesamte Mechanismus eine erheblich höhere Schockstabilität aufweist und eine höhere Steifigkeit  
25 besitzt, so dass er nicht so leicht zu unerwünschten Schwingungen angeregt werden kann.

Darüber hinaus lässt sich die erfindungsgemäße Justagevorrichtung sehr raumsparend anordnen. Dies gilt insbesondere  
30 bezüglich einer niedrigen Bauhöhe, was durch eine geschickte Anordnung der Festkörpergelenke erreicht werden kann, weil im Gegensatz zu herkömmlichen Justagevorrichtungen die Führung für die Bewegung der Stellhebel bzw. Stellelemente in die Kippentkopplung um die x-Achse integriert ist. Auf diese Weise  
35 kann die Anzahl der Festkörpergelenke reduziert werden, ohne Festkörpergelenke mit sehr kleinem Querschnitt, die um

zwei Achsen biegeweich sind, zu verwenden. Festkörpergelenke, die um zwei Achsen biegeweich sind, können wegen des sehr kleinen Querschnitts nur geringe Belastungen, wie sie bei Schocks auftreten, aufnehmen.

5

Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen und aus den nachfolgend anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispielen.

10 Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Projektionsbelichtungsanlage;

15 

Figur 2 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Justagevorrichtung;

Figur 3 eine vergrößerte Darstellung einer Verstelleinrichtung nach der Figur 2;

20

Figur 4 eine Seitenansicht der Verstelleinrichtung nach Figur 2 mit Darstellung einer Verschiebmöglichkeit in y-Richtung;

25 

Figur 5 eine Seitenansicht der Verstelleinrichtung nach Figur 4 mit Darstellung einer Verschiebmöglichkeit in z-Richtung;

30 

Figur 6 eine Seitenansicht der Verstelleinrichtung nach Figur 3 in einer zweiten Ausgestaltung;

Figur 7 eine Seitenansicht der Verstelleinrichtung nach Figur 3 in einer dritten Ausgestaltung;

35 

Figur 8 eine Seitenansicht der Verstelleinrichtung nach Figur 3 in einer vierten Ausgestaltung;

- Figur 9 eine Seitenansicht der Verstelleinrichtung nach Figur 3 in einer fünften Ausgestaltung;
- 5 Figur 10 eine vergrößerte Darstellung einer Verstelleinrichtung in einer ähnlichen Ausgestaltung wie in der Figur 3 dargestellt;
- Figur 11 eine Seitenansicht der Verstelleinrichtung nach der  
10 Figur 10;
- Figur 12 eine vergrößerte perspektivische Darstellung einer Verstelleinrichtung in einer ähnlichen Ausgestaltung wie in der Figur 3 dargestellt mit Winkeln  $\alpha$ ,  
15 die größer als 90 Grad sind;
- Figur 13 eine vergrößerte perspektivische Darstellung einer Verstelleinrichtung in einer weiteren Ausgestaltung mit einer sehr geringen Bauhöhe in z-Richtung;  
20
- Figur 14 eine perspektivische Ansicht einer Justagevorrichtung gemäß Figur 2 von oben mit Verstelleinrichtungen, die zur optischen Achse geneigt sind;
- 25 Figur 15 eine perspektivische Ansicht einer Justagevorrichtung gemäß Figur 10 von der Seite mit Verstelleinrichtungen, die zur optischen Achse geneigt sind;
- Figur 16 eine vergrößerte perspektivische Darstellung einer  
30 Verstelleinrichtung in einer weiteren Ausgestaltung, wobei das optische Element nicht um die optische Achse drehbar sein muss;
- Figur 17 eine Seitenansicht der Verstelleinrichtung, die der  
35 Verstelleinrichtung nach der Figur 5 entspricht, wobei zur Erläuterung zusätzliche Angaben bezüglich

der blattfederartigen Hebel und der Drehachsen aufgenommen sind;

5           Figur 18 eine Verstelleinrichtung bzw. Positioniereinheit in einer weiteren Ausführungsform;

          Figur 19 eine Prinzipdarstellung mit Kraft- und Lastarmen der Hebel und mit Drehgelenken, basierend auf Figur 18;

10

          Figur 20 und

          Figur 21 Darstellungen von Bewegungsmöglichkeiten für das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 18;

15           Figur 22 eine weitere Ausführungsform mit einer größeren Drehnachgiebigkeit um die z-Achse;

          Figur 23 eine Ausführungsform, ähnlich der Figur 22 in einfacherer Form;

20

          Figur 24 und

          Figur 25 zwei weitere Ausführungsformen von Positioniereinheiten;

25           Figur 26 eine Ausführungsform mit einer Versteifung in y-Richtung;

          Figur 27 eine Ausführungsform, bei der die mit den Stellhebeln verbundenen Gelenke verstärkt sind;

30

          Figur 28 eine Ausführungsform, wobei ebenfalls Stellhebel als Stellelemente und damit zusammenarbeitende Gelenke verstärkt sind;

35           Figur 29 eine Ausführungsform, wobei ein Mittelteil in y-Richtung durch eine Gelenkkoppel versteift ist;

Figur 30 ausschnittsweise eine Vergrößerung der Figur 3 mit den beiden blattfederartigen Hebeln zwischen Fußteil und dem Mittelteil in einer anderen Ausgestaltung;

5

Figur 31 ausschnittsweise die Prinzipdarstellung nach der Figur 19 mit einem Hebellager in einer anderen Ausgestaltung; und

10

Figur 32 ausschnittsweise die Prinzipdarstellung nach der Figur 19 mit einem Hebellager in einer weiteren Ausgestaltung in ähnlicher Form wie die in der Figur 31 dargestellten Ausgestaltung.

15

In Figur 1 ist eine Projektionsbelichtungsanlage 1 für die Mikrolithographie dargestellt. Diese dient zur Belichtung von Strukturen auf mit photosensitiven Materialien beschichtetes Substrat, welches im allgemeinen überwiegend aus Silizium besteht und als Wafer 2 bezeichnet wird, zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, wie z.B. Computerchips.

20

Die Projektionsbelichtungsanlage 1 besteht dabei im wesentlichen aus einer Beleuchtungseinrichtung 3, einer Einrichtung 4 zur Aufnahme und exakten Positionierung einer mit einer gitterartigen Struktur versehenen Maske, einem sogenannten Reticle 5, durch welches die späteren Strukturen auf dem Wafer 2 bestimmt werden, einer Einrichtung 6 zur Halterung, Bewegung und exakten Positionierung eben dieses Wafers 2 und einer Abbildungseinrichtung nämlich einem Projektionsobjektiv 7 mit mehreren optischen Elementen, wie z.B. Linsen 8, die über Fassungen 9 in einem Objektivgehäuse 10 des Projektionsobjektives 7 gelagert sind.

30

Das grundsätzliche Funktionsprinzip sieht dabei vor, dass die in das Reticle 5 eingebrachten Strukturen auf den Wafer 2

35

verkleinert abgebildet werden.

Nach einer erfolgten Belichtung wird der Wafer 2 in Pfeilrichtung weiterbewegt, so dass auf dem selben Wafer 2 eine  
5 Vielzahl von einzelnen Feldern, jeweils mit der durch das Reticule 5 vorgegebenen Struktur, belichtet wird. Aufgrund der schrittweisen Vorschubbewegung des Wafers 2 in der Projektionsbelichtungsanlage 1 wird diese häufig auch als Stepper bezeichnet.

10

Die Beleuchtungseinrichtung 3 stellt einen für die Abbildung des Reticles 5 auf dem Wafer 2 benötigten Projektionsstrahl 11, beispielsweise Licht oder eine ähnliche elektromagnetische Strahlung, bereit. Als Quelle für diese Strahlung kann  
15 ein Laser oder dergleichen Verwendung finden. Die Strahlung wird in der Beleuchtungseinrichtung 3 über optische Elemente so geformt, dass der Projektionsstrahl 11 beim Auftreffen auf das Reticule 5 die gewünschten Eigenschaften hinsichtlich Durchmesser, Polarisierung, Form der Wellenfront und dergleichen  
20 aufweist.

Über den Projektionsstrahl 11 wird ein Bild des Reticles 5 erzeugt und von dem Projektionsobjektiv 7 entsprechend verkleinert auf den Wafer 2 übertragen, wie bereits  
25 vorstehend erläutert wurde. Das Projektionsobjektiv 7 weist eine Vielzahl von einzelnen refraktiven, diffraktiven und/oder reflexiven optischen Elementen, wie z.B. Linsen, Spiegeln, Prismen, Abschlussplatten und dergleichen auf.

30 Wie aus der Figur 2 ersichtlich ist, ist das optische Element z.B. die Linse 8, in einem Innenring 20 gelagert, der über drei Verstelleinrichtungen 21 mit einer Außenfassung 22 verbunden ist. Die drei Verstelleinrichtungen 21 tragen das Gewicht des Innenrings 20 und des optischen Elements, nämlich  
35 der Linse 8. Selbstverständlich kann jedoch anstelle der Linse 8 auch ein anderes optisches Element in dem Innenring 20

gelagert sein, wie z.B. ein Spiegel.

Die Außenfassung 22 ist mit benachbarten Außenfassungen oder einer Objektivstruktur, z.B. dem Objektivgehäuse nach der Figur 1, fest verbunden. Dabei stellen Schnittstellen bzw. Referenzflächen 22a, 22b und 22c der Außenfassung 22 mit den benachbart dazu liegenden Außenfassungen oder mit dem Objektivgehäuse 10 die Referenzgeometrie auf der Außenfassung 22 dar, zu der das optische Element 8 ausgerichtet werden muss. Die Referenzfläche 22a an der Außenfassung 22 repräsentiert die  $x_0$ -Richtung, wobei die  $x_0$ -Achse des globalen Koordinatensystems hierzu senkrecht zu der Referenzfläche 22a steht. Die  $x_0$ -Position der Linse 8 zur Außenfassung 22 kann von der Referenzfläche 22a aus gemessen werden.

Senkrecht zur Referenzfläche 22a liegt die Referenzfläche 22b auf der Außenfassung 22. Die Referenzfläche 22b repräsentiert die  $y_0$ -Achse des globalen Koordinatensystems, die senkrecht zur Referenzfläche 22b steht. Die  $y_0$ -Position des optischen Elements, nämlich der Linse 8, zur Außenfassung 22 kann von der Referenzfläche 22b aus gemessen werden.

Die Referenzfläche 22c liegt an der Unterseite der Außenfassung 22 und repräsentiert die  $z_0$ -Achse des globalen Koordinatensystems. Die  $z_0$ -Achse stellt die optische Achse des Projektionsobjektivs 7 dar. Von der Referenzfläche 22c aus wird die  $z_0$ -Position und die Verkippung um die senkrecht zur  $z_0$ -Achse liegende  $x_0$ -Achse und  $y_0$ -Achse der Linse 8 gemessen.

Die Referenzfläche 22c eignet sich auch zur Befestigung der Außenfassung 22 an der Objektivstruktur.

Selbstverständlich sind die in der Figur 2 dargestellten Anordnungen der Referenzflächen 22a, 22b und 22c nur als beispielhaft anzusehen. Es sind im Rahmen der Erfindung auch andere Anordnungen von Referenzflächen möglich, die z.B. auch

auf polaren Koordinaten beruhen können.

Jede Verstelleinrichtung 21 gliedert sich in ein Fußteil 23, ein Mittelteil 24 und ein Kopfteil 25. Dabei ist das Fußteil  
5 23 fest mit der Außenfassung 22 und das Kopfteil 25 fest mit dem Innenring 20 verbunden.

Wie aus Figur 2 und der vergrößerten Darstellung in Figur 3 ersichtlich ist, weist jede Verstelleinrichtung 21 in einem  
10 lokalen Koordinatensystem (bezogen auf die jeweilige Verstelleinrichtung) eine x-Achse, eine y-Achse und eine z-Achse auf.

Die lokale z-Achse liegt auf der Verbindungslinie zwischen  
15 Kopfteil 25, Mittelteil 24 und Fußteil 23. Die x- und y-Achsen liegen in einer senkrecht dazu liegenden Ebene. Die z-Achse liegt im allgemeinen parallel zur optischen Achse.

Ein biegsames bzw. elastisches erstes Zwischenteil 26 in Form  
20 einer blattfederartigen Verbindung bzw. Koppel verbindet ein Stellelement 27 schwenkbar um die x-Achse mit dem Fußteil 23. Hierfür ist das erste elastische Zwischenteil 26 so orientiert, dass es eine Biegung um die x-Achse zulässt. Mit Stellschrauben 28, 29 kann der Schwenkwinkel des Stellelementes 27 gegenüber dem Fußteil 23 eingestellt und fixiert werden. Wie insbesondere aus Figur 3 ersichtlich ist, sind die beiden Stellschrauben 28, 29 jeweils in Gewindebohrungen des Fußteils 23 aufgenommen. Hierzu bildet das Fußteil 23 in diesem Bereich ein U-Teil, zwischen dessen Schenkel das Stellelement 27 aufgenommen ist. Das Stellelement 27 kann somit  
30 zwischen den Enden der beiden Stellschrauben 28 und 29 eingeklemmt werden. Durch eine Verstellung der Stellschrauben 28, 29 ist das Stellelement 27 um eine Achse in x-Richtung schwenkbar ist.

35

Eine biegsame bzw. elastische Verbindung zwischen dem Stell-

element 27 und dem Mittelteil 24 wird ebenfalls durch ein zweites elastisches Zwischenteil 30 in Form einer blattfederartigen Verbindung bzw. Koppel realisiert. Das zweite elastische Zwischenteil 30 ist in einem Winkel  $\alpha$  zur z-Achse ange-  
5 stellt und lässt sich um die x-Achse biegen. Weil die biege- weiche Achse des zweiten elastischen Zwischenteils 30 paral- lell zur lokalen x-Richtung orientiert ist, stellt sie eine um die x-Achse drehbewegliche und gleichzeitig senkrecht zur Ebene des elastischen Zwischenteiles bzw. der Blattfeder 30  
10 translationsbewegliche Verbindung des Stellelements 27 mit dem Mittelteil 24 dar.

In gleicher Weise wie bei dem Stellelement 27 mit dem ersten Zwischenteil 26 verbindet ein erstes biegsames bzw. elasti-  
15 sches Zwischenteil 31, ebenfalls in Form einer blattfederar- tigen Verbindung bzw. Koppel, ein Stellelement 32 schwenkbar um die x-Achse mit dem Fußteil 23. Zu diesem Zweck ist das erste elastische Zwischenteil 31 so orientiert, dass es eine Biegung um die lokale x-Achse zulässt.

20 Als biegsame Verbindung zwischen dem Stellelement 32 und dem Mittelteil 24 dient wiederum wie das zweite Zwischenteil 30 ein zweites elastisches Zwischenteil 33 in Form einer blatt- federartigen Verbindung bzw. Koppel. Das zweite elastische  
25 Zwischenteil 33 ist symmetrisch zu dem zweiten elastischen Zwischenteil 30 in einem Winkel  $\alpha$  zur z-Achse angestellt und lässt sich um die x-Achse biegen. Weil die biege- weiche Achse des zweiten elastischen Zwischenteiles 33 parallel zur x- Achse orientiert ist, stellt sie eine um die x-Achse drehbe-  
30 wegliche und gleichzeitig senkrecht zur Ebene des zweiten elastischen Zwischenteils 33 bzw. der Blattfederebene dieses Teils eine translatorische Verbindung des Stellelements 32 mit dem Mittelteil 24 dar. Ebenso wie das Stellelement 27 ist das Stellelement 32 mit Stellschrauben 34 und 35 zu dem in  
35 diesem Bereich ebenfalls U-förmigen Fußteil 23 fixiert. Gleichzeitig kann die Lage des Stellelementes 32 durch ein

entsprechendes Verstellen der Stellschrauben 34 und 35 geändert werden.

Durch die beschriebene Lagerung und Führung der Stellelemente  
5 27 und 32 kann sich das Mittelteil 24 gegenüber dem Fußteil  
23 um eine gedachte Schnittachse der verlängernden Ebenen der  
zweiten elastischen Zwischenteile bzw. Blattfedern 30 und 33  
drehen. Weil dabei die biegeweichen Achsen der zweiten elas-  
tischen Zwischenteile 30 und 33 parallel zur x-Achse orien-  
10 tiert sind, ist die von den Ebenen der zweiten elastischen  
Zwischenteile 30 und 33 gebildete Schnittachse und damit auch  
die Drehachse des Mittelteiles 24 gegenüber dem Fußteil 23  
ebenfalls parallel zur x-Achse.

15 Das Mittelteil 24 wiederum ist mit einem dritten biegsamen  
bzw. elastischen Zwischenteil 36 in Form einer Blattfeder mit  
dem Kopfteil 25 so verbunden, dass sich das Kopfteil 25 durch  
eine S-förmige Biegung des dritten elastischen Zwischenteils  
36 gegenüber dem Mittelteil 24 in x-Richtung verschieben und  
20 durch eine einfache Biegung des dritten elastischen Zwischen-  
teils 36 sich um die y-Achse drehen lässt. Durch eine Torsion  
des dritten elastischen Zwischenteiles 36, welches in der  
Ebene der z-Achse liegt, lässt sich das Kopfteil 25 gegenüber  
dem Mittelteil 24 um die z-Achse drehen.

25  
Alle elastischen Zwischenteile 26, 30, 31, 33 und 36, welche  
als Blattfedern ausgebildet sind, sind Festkörpergelenke,  
welche somit jeweils mit den benachbart dazu liegenden Teilen  
bzw. damit verbundenen Nachbarteilen einstückig sind. Selbst-  
30 verständlich können die Blattfedern auch separate Teile sein.

Die Anordnung der zweiten elastischen Zwischenteile 30 und 33  
zu den ersten elastischen Zwischenteilen 26 und 31 erlaubt  
bei festgehaltenen Stellelementen 27 und 32 eine Drehung des  
35 Mittelteils 24 und des Kopfteils 25 gegenüber dem Fußteil 23  
um eine Schnittachse, die von den Ebenen der zweiten elasti-

schen Zwischenteile bzw. Blattfedern 30 und 33 gebildet wird.

Da sich das Mittelteil 24 gegenüber dem Fußteil 23 um die x-Achse verdrehen lässt, und das Kopfteil 25 gegenüber dem Mittelteil 24 sich in x-Richtung verschieben und um die y-Achse und die z-Achse verdrehen lässt, lässt sich auch das Kopfteil 25 gegenüber dem Fußteil 23 in x-Richtung verschieben und um die x-, y- und z-Achse verdrehen.

10 In einer kinematisch sehr günstigen Ausgestaltung sind die Ebenen der Blattfedern bzw. die Ebenen der zweiten elastischen Zwischenteile 30 und 33 so mit ihren Winkeln  $\alpha$  zur z-Achse angestellt, dass sie sich in einem Mittelpunkt 40 der Blattfeder bzw. des dritten elastischen Zwischenteils 36  
15 schneiden (siehe Figur 4). Auf diese Weise gehen alle drei Drehachsen des Kopfteils 25 gegenüber dem Fußteil 23 durch den Mittelpunkt 40 der Blattfeder bzw. des dritten elastischen Zwischenteils 36. Durch diese Ausgestaltung hält jede Verstelleinrichtung 21 per festgehaltenen Stellelementen 27  
20 und 32 nur zwei Translationsfreiheitsgrade in y- und z-Richtung fest. Die drei Verstelleinrichtungen 21 bilden auf diese Weise für den Innenring 20 eine statisch bestimmte Lagerung in ähnlicher Weise wie bei einem Hexapod mit drei translatorischen und drei rotatorischen Freiheitsgraden. Dies  
25 wird dadurch erreicht, dass man pro Verstelleinrichtung zwei translatorische Freiheitsgrade verstellen kann, z.B. die lokale z-Richtung und die lokale y-Richtung.

Bei jeder Verstelleinrichtung 21 kann durch Einstellen eines  
30 Schwenkwinkels  $\beta$  der Stellelemente 27 und 32 durch eine entsprechende Verstellung über die Stellschrauben 28, 29, 34, 35 das Kopfteil 25 gegenüber dem Fußteil 23 in y- und in z-Richtung verschoben werden. Werden die Stellelemente 27 und 32 gleichsinnig geschwenkt, so ergibt sich für das Kopfteil  
35 25 eine Verschiebung in y-Richtung gegenüber dem Fußteil 23 (siehe Pfeil 41 in der Figur 4). Werden die Stellelemente 27

und 32 gegensinnig geschwenkt, ergibt sich für das Kopfteil 25 eine Verschiebung in z-Richtung gegenüber dem Fußteil 23 (siehe Pfeil 42 in Figur 5).

5 Gemäß Figur 2 kann somit das optische Element 8 gegenüber der Außenfassung 22 in  $x_0$ - und  $y_0$ -Richtung verschoben und um die  $z_0$ -Achse gedreht werden, indem die Kopfteile 25 der Verstelleinrichtungen 21 in ihrer jeweiligen lokalen  $y$ -Richtung verschoben werden.

10

Eine  $z_0$ -Verschiebung (optische Achse) und Verkippungen um die  $x_0$ - und  $y_0$ -Achse des optischen Elementes 8 gegenüber der Außenfassung 22 können durch eine Verschiebung des Kopfteils 25 der Verstelleinrichtung 21 in ihrer jeweils lokalen  $z$ -  
15 Richtung erreicht werden.

Wie ersichtlich, besteht jede Verstelleinrichtung 21 somit aus einem Fußteil 23, zwei Stellelementen 27 und 32, einem Mittelteil 24 und einem Kopfteil 25, die untereinander über  
20 die

elastischen Zwischenteile 26, 30, 31, 33 und 36 in Form von Blattfedern als Festkörpergelenke verbunden sind.

Bei einer Betrachtung in dem jeweiligen lokalen Koordinatensystem sind die elastischen Zwischenteile dabei so angeordnet,  
25 net, dass

1. das erste elastische Zwischenteil 26 zwischen dem Fußteil 23 und dem Stellelement 27 eine Drehbewegung des Stellelementes 27 gegenüber dem Fußteil 23 um eine Achse parallel zur lokalen  $x$ -Richtung erlaubt,  
30
2. das erste elastische Zwischenteil 31 zwischen dem Fußteil 23 und dem Stellelement 32 ebenfalls eine Drehbewegung des Stellelementes 32 gegenüber dem Fußteil 23 um eine Achse parallel zur lokalen  $x$ -Richtung erlaubt,
- 35 3. das zweite elastische Zwischenteil 30 das Mittelteil 24 mit dem Stellelement 27 verbindet,

4. das zweite elastische Zwischenteil 33 zwischen dem Stell-  
element 32 und dem Mittelteil 24 in einem Winkel  $2\alpha$  zu  
dem zweiten elastischen Zwischenteil 30 angestellt ist,  
wodurch bei festgehaltenen Stellelementen 27 und 32 die  
5 zweiten  
elastischen Zwischenteile 30 und 33 zusammen nur eine  
Drehbewegung des Mittelteiles 24 gegenüber dem Fußteil 23  
um eine Achse parallel zur lokalen x-Richtung erlauben  
und  
10 5. das dritte elastische Zwischenteil 36 eine Verschiebung  
des Kopfteils 25 gegenüber dem Mittelteil 24 in lokaler  
x-Richtung und eine Verdrehung des Kopfteiles 25 gegen-  
über dem Mittelteil 24 um die lokale y-Achse und die lo-  
kale z-Achse zulässt.

15

Die Anstellung der beiden zweiten elastischen Zwischenteile  
30 und 33 in einem Winkel  $2\alpha$  zueinander und eine Symmetrie  
zur lokalen z-Achse bezüglich jeden Winkels  $\alpha$  ergibt sich ein  
symmetrischer Aufbau der Verstelleinrichtung 21. Selbstver-  
20 ständlich ist es im Rahmen der Erfindung jedoch auch möglich,  
hier andere Winkelstellungen zu wählen.

Die Wahl der Anordnung der zweiten elastischen Zwischenteile  
30 und 33 derart, dass sich die verlängert gedachten Ebenen  
25 dieser beiden elastischen Zwischenteile in dem Mittelpunkt 40  
des dritten elastischen Zwischenteils 36 schneiden, ist kine-  
matisch von Vorteil.

Wie aus den Figuren 3 und 4 weiterhin ersichtlich ist, ver-  
30 läuft die nachgiebigste Biegeachse des dritten elastischen  
Zwischenteils 36, die die y-Drehachse des Kopfteils 25 gegen-  
über dem Mittelteil 24 darstellt, und die Torsionsachse des  
dritten elastischen Zwischenteils 36, die die z-Drehachse des  
Kopfteiltes 25 gegenüber dem Mittelteil 24 darstellt, durch  
35 den Mittelpunkt 40 des dritten elastischen Zwischenteils 36.  
Auf diese Weise schneiden sich die x-, y- und die z-Achse des

Kopfteil 25 gegenüber dem Fußteil 23 im Mittelpunkt 40 des dritten elastischen blattfederartigen Zwischenteils 36.

Aus der Figur 6 ist eine Ausgestaltung des dritten elastischen Zwischenteils 36 ersichtlich, bei der das dritte elastische Zwischenteil 36 durch zwei kurze Blattfedergelenke 36a und 36b gebildet ist, die jeweils um eine Achse parallel zur y-Richtung kippen können. Die beiden Blattfedergelenke 36a und 36b sind durch ein Mittelstück 36c voneinander getrennt. Durch diese Ausgestaltung wird die Steifigkeit in z-Richtung erhöht, ohne dass die Translationsnachgiebigkeit in x-Richtung herabgesetzt wird. Die Längs- bzw. Biegeachsen der Blattfedergelenke 36a und 36b und die des Mittelstücks 36c verlaufen in y-Richtung.

15

Durch die Ausgestaltung nach der Figur 6 wird jedoch eine gewünschte z-Drehbeweglichkeit des Kopfteil 25 gegenüber dem Mittelteil 24 etwas eingeschränkt. Aus diesem Grunde ist gemäß Ausführungsbeispiel nach der Figur 7 vorgeschlagen, das Mittelstück 36c zwischen den beiden Blattfedergelenken 36a und 36b mit Schlitz 43 zu versehen, die bevorzugt in z-Richtung verlaufen. Die Schlitz 43 können fast durchgehend bis zur Mitte ausgebildet sein oder auch nur kurze Einschnitte darstellen. Wie aus Figur 7 ersichtlich ist, sind eine Vielzahl von Schlitz 43 parallel nebeneinander angeordnet, wobei sich die Schlitz 43 bis zu den Blattfedergelenken 36a und 36b erstrecken können. Durch diese Ausgestaltung wird wiederum eine hohe Drehbeweglichkeit in z-Richtung erreicht.

In einer weiteren in der Figur 8 dargestellten Ausführungsform kann dabei auch vorgesehen sein, dass nicht nur das Mittelstück 36c mit Schlitz 43 versehen ist, sondern auch die Blattfedergelenke 36a und 36b. Diese Maßnahme kann zusätzlich oder auch unabhängig von der Ausgestaltung nach der Figur 7 mit den Schlitz 43 erfolgen. Wie ersichtlich ergibt sich auf diese Weise eine Vielzahl kleiner hintereinander in y-

30  
35

Richtung angeordneter Blattfedern bzw. elastischer Zwischenteile.

Wie aus der Figur 9 ersichtlich ist, können die ersten elastischen blattfederartigen Zwischenteile 26 und 31 jeweils durch ein kurzes Kippgelenk 26a und 31a ersetzt werden. Wie ersichtlich wird dies durch jeweils eine kreisförmige Durchbrechung 44 in dem Fußteil 23 erreicht, wobei die Lage der kreisförmigen Durchbrechung 44 jeweils so gewählt ist, dass sich eine Engstelle in dem ersten Zwischenteil 26 bzw. 31 und damit das Kippgelenk 26a bzw. 31a ergibt.

Aus der Figur 9 ist weiterhin auch ersichtlich, dass sich die beiden zweiten blattfederartigen elastischen Zwischenteile 30 und 33 jeweils durch zwei kurze Kippgelenke, nämlich jeweils ein unteres Kippgelenk 30a und 33b und jeweils ein oberes Kippgelenk 30b und 33a ersetzen lassen, die jeweils durch ein Verbindungsteil 30c, 33c getrennt sind. Auch hier werden die Kippgelenke jeweils durch kreisförmige Durchbrechungen bzw. Einschnitte in den elastischen Zwischenteilen gebildet, die auf diese Weise definierte und kurze Engstellen bilden und somit als Kippgelenke wirken.

Die Blattfedern 26 und 30 als elastische Zwischenteile müssen nicht wie in den Figuren 3 und 4 dargestellt parallel zueinander sein, sondern können auch in einem Winkel zueinander stehen. Das gleiche gilt auch für die Blattfedern 31 und 33 als elastische Zwischenelemente. Eine derartige Ausgestaltung mit jeweils einem Winkel  $\gamma$ , der sich von den Stellelementen 27 und 32 aus in Richtung auf das Mittelteil 24 öffnet, ist aus den Figuren 10 und 11 ersichtlich.

Aus der Figur 12 ist eine Ausgestaltung einer Verstelleinrichtung 21 ersichtlich, mit der man eine sehr geringe Bauhöhe in z-Richtung erhält. Wie daraus ersichtlich ist, entsprechen die beiden Winkel  $\alpha$  in diesem Falle jeweils einem Winkel

$\alpha$  der Blattfedern 26 und 31 als erste elastische Zwischenteile der zur z-Achse jeweils größer als 90 Grad ist. Dabei kann der Schnittpunkt der Ebenen der Blattfedern 30 und 33 als zweite Zwischenteile mit der z-Achse außerhalb der Blattfeder 36 als drittes Zwischenteil liegen, so dass auch die lokale x- und y-Achse der Verstelleinrichtung 21 außerhalb der Blattfeder 36 liegt.

Für eine möglichst günstige Kinematik sollte jedoch der Schnittpunkt der Ebenen der Blattfedern 30 und 33 als zweite Zwischenteile mit der z-Achse möglichst in der Mitte der das dritte elastische Zwischenteil bildenden Blattfeder 36 liegen.

Die in der Figur 12 dargestellte Verstelleinrichtung 21 kann auch mehrstückig aufgebaut sein. Hierzu kann z.B. die Blattfeder 36 mit dem Kopfteil 25 als separates Teil am Mittelteil 24 befestigt sein.

Durch die Ausgestaltung der Winkel  $\alpha$  größer als 90 Grad sind die Stellschrauben 28 und 29 bzw. 34 und 35 nicht auf gegenüberliegenden Seiten der Stellelemente 27 und 32 angeordnet, sondern jeweils nebeneinander auf Abstand zueinander, wobei sie zur Betätigung des dazu gehörenden Stellelements 27 bzw. 32 jeweils auf unterschiedlichen Seiten der Blattfederebene 26 bzw. 31 liegen.

Eine weitere Möglichkeit Bauhöhe in z-Richtung einzusparen, ist in der Figur 13 dargestellt. Hierzu ist die Blattfeder 36 als drittes elastisches Zwischenteil mit dem Kopfteil 25 zu dem Fußteil 23 mit den Blattfedern 26, 30 und 31, 33 als erste und zweite Zwischenteile und den Stellhebeln 27 und 32 in x-Richtung nach innen versetzt angeordnet. Aus diesem Grunde ist das dritte elastische Zwischenteil 36 entsprechend nach unten gerichtet und das Kopfteil 25 liegt darunter (bezogen auf das Fußteil 23). Durch diese Ausgestaltung kann das Kopf-

teil 25 auf gleicher z-Bauhöhe neben dem Fußteil 23 in x-Richtung versetzt angeordnet sein.

Auch in der Figur 13 ist die Verstelleinrichtung 21 beispielsweise aus mehreren Teilen aufgebaut, wobei die Fügestelle zwischen den Teilen im Mittelteil 24 verläuft.

Aus den Figuren 14 und 15 ist ersichtlich, dass die lokalen z-Achsen der drei Verstelleinrichtungen 21 nicht nur parallel zu der globalen  $z_0$ -Achse (optische Achse) angeordnet werden müssen, sondern auch geneigt zu dieser liegen können.

Selbstverständlich können zur Verstellung und Fixierung der Stellelemente 27 und 32 anstelle von Stellschrauben 28, 29, 34 und 35 auch andere Verstellglieder vorgesehen sein, wie z.B. elektromagnetisch, piezoaktuatorische, pneumatische, magnetostruktive, hydraulische Antriebe und ähnliche mechanische oder motorische Antriebe.

In der Figur 16 ist ein Ausführungsbeispiel für einen Einsatzfall dargestellt, welcher besonders vorteilhaft bei rotationssymmetrischen optischen Elementen interessant ist, wenn das optische Element 8 für eine Justierung nicht um die  $z_0$ -Achse (optische Achse) gedreht werden muss, so dass der Winkel des optischen Elements 8 um die  $z_0$ -Achse immer auf Null zurückgestellt wird, falls bei einer Verschiebung durch eine Verstelleinrichtung gleichzeitig auch eine Verdrehung um die  $z_0$ -Achse auftritt. Grundsätzlich ist das dargestellte Ausführungsbeispiel gemäß Figur 16 von gleichem Aufbau wie die Ausführungsbeispiele nach den Figuren 6 bis 9, weshalb auch hier die gleichen Bezugszeichen beibehalten worden sind. Ebenso wie bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 6 bis 9 ist auch hier das dritte Zwischenteil 36 zweigeteilt, nämlich in zwei Blattfedergelenke 36a und 36b.

35

Wenn das optische Element 8 nur in  $x_0$ -,  $y_0$ - und  $z_0$ -Richtung

translatorisch verschoben und nur um die  $x_0$ - und  $y_0$ -Achse gekippt werden muss, während der Drehwinkel um die  $z_0$ -Achse immer auf Null gehalten wird, muss das optische Element 8 statt in sechs Freiheitsgraden nur in fünf Freiheitsgraden ver-  
5 stellt werden.

Wenn dabei die lokalen  $z$ -Achsen der Verstelleinrichtungen 21 parallel zur  $z_0$ -Achse des optischen Elements 8, wie in den Figuren 2 und 3 dargestellt, liegen und wenn das optische  
10 Element 8 nicht um die  $z_0$ -Achse gedreht wird, kann die Drehbeweglichkeit des Kopfteils 25 gegenüber dem Fußteil 23 um die lokale  $z$ -Achse ohne große Einbußen in der Funktion eingeschränkt werden.

Bei den in den Figuren 2 bis 13 dargestellten Ausführungsbeispielen lässt sich durch die Verstelleinrichtungen 21 das Kopfteil 25 gegenüber dem Fußteil 23 in  $x$ -Richtung translatorisch verschieben und um die  $x$ -,  $y$ - und  $z$ -Achse verkippen, wobei diese Beweglichkeit durch die beweglichen Zwischenteile  
20 ermöglicht wird.

Unter den vorstehend beschriebenen Bedingungen (keine Drehung um die  $z_0$ -Achse des optischen Elementes 8 und Parallelität der lokalen  $z$ -Achsen zur  $z_0$ -Achse) sind Verstelleinrichtungen  
25 21 einsetzbar, wobei deren Kopfteil 25 sich gegenüber dem Fußteil 23 in  $x$ -Richtung translatorisch verschieben und nur um die  $x$ - und  $y$ -Achse verkippen lässt. Dabei kann die Drehbarkeit um die  $z$ -Achse eingeschränkt sein. Diese Ausführungsform ist in der Figur 16 dargestellt.

30 Weil die Beweglichkeit des Kopfteils 25 gegenüber dem Fußteil 23 durch die beweglichen Zwischenteile, deren Beweglichkeit jedoch nicht kraftfrei, sondern kraftabhängig ist, realisiert wird, kommt es beim Verstellen der Verstelleinrichtungen 21  
35 durch "parasitäre" Kräfte zu einer Deformation des Innenringes 20, welche auch auf das optische Element 8 übertragen

werden kann und damit zu unerwünschten Abbildungsfehlern führt.

5 Diese nachteilige Deformation des Innenrings 20 bzw. des optischen Elements 8 kann jedoch verringert werden, wenn die elastischen Zwischenteile 26, 31, 30, 33 und 36 jeweils in ihren beweglichen Richtungen weicher gestaltet werden.

10 In diesem Sinne ist das Ausführungsbeispiel nach der Figur 16 eine Weiterentwicklung der in der Figur 9 dargestellten Ausführungsform, wobei eine bessere x-Translationsbeweglichkeit zu Lasten der z-Rotationsbeweglichkeit des Kopfteils 25 gegenüber dem Fußteil 23 erreicht wird.

15 Um diese bessere x-Translationsbeweglichkeit des Kopfteils 25 gegenüber dem Fußteil 23 zu erreichen, wird der Abstand zwischen den Blattfedergelenken 36a und 36b des dritten elastischen Zwischenteils 36 in z-Richtung vergrößert.

20 Wie ersichtlich, ist von den beiden Blattfedergelenken 36a und 36b ein Blattfedergelenk als oberes Blattfedergelenk 36b zwischen dem Mittelteil 24 und dem Kopfteil 25 und das andere Blattfedergelenk als unteres Blattfedergelenke 36a zwischen dem Mittelteil 24 und dem Fußteil 23 angeordnet. Beide Blattfedergelenke 36a und 36b sind um die x-Achse kipp- bzw. drehbar. Durch diese Ausgestaltung ist das untere Blattfedergelenk 36a jeweils zwischen den unteren und oberen Kippgelenken 30a, 33b und 30b, 33a angeordnet.

30 Durch den Wegfall der Schlitze 43 in dem Mittelstück 36c bzw. Mittelteil 24 wird die Drehfestigkeit des Kopfteils 25 gegenüber dem Fußteil 23 um die z-Achse erhöht. Dies ist jedoch bei dem Ausführungsbeispiel nach der Figur 16 mit keiner Funktionseinbuße verbunden.

35

Durch das Verschieben des Blattfedergelenks 36a unter die

beiden oberen Kippgelenke 30b und 33a wird das Verbindungs-  
teil 30c in die Verbindungsteile 30c und 30d und das Verbin-  
dungsteil 33c in die Verbindungsteile 33c und 33d jeweils  
zweigeteilt. In diesem Fall verbindet das Mittelteil 24 dann  
5 das Blattfedergelenk 36b mit dem Kippgelenk 30b und dem Kipp-  
gelenk 33a.

Die Figur 17 zeigt das in der Figur 5 dargestellte Ausführ-  
ungsbeispiel einer Verstelleinrichtung, wobei zur Erläute-  
10 rung der nachfolgenden eine Positioniereinheit betreffenden  
Figuren zusätzliche Angaben gemacht wurden. Die mit dem  
Stellelement in Form eines Stellhebels 27 zusammenarbeitende  
blattfederartige Verbindung ist darin als Koppel a mit den  
Drehpunkten A2 und B2 dargestellt, wobei der Drehpunkt bzw.  
15 das Drehgelenk A2 die Verbindung mit dem Stellhebel 27 und  
der Drehpunkt bzw. das Drehgelenk B2 die Verbindung mit dem  
Fußteil 23 herstellt. Eine Koppel b liegt zwischen den Dreh-  
gelenken A1 zum Stellhebel 27 und dem Drehgelenk B1 zum Mit-  
telteil 24. Gleiches gilt für die Koppel c, die zwischen dem  
20 Drehgelenk C2 zu dem Stellelement 32 und dem Drehgelenk D2 zu  
dem Fußteil 23 und der Koppel d, die zwischen dem Drehgelenk  
C1 zu dem Stellhebel 32 und dem Drehgelenk D1 zu dem Mittel-  
teil 24 liegt.

25 In der Figur 18 ist eine Ausführungsform dargestellt, bei der  
jeweils die Abstände zwischen A1 und B1, A2 und B2, C1 und D1  
und C2 und D2 zu Null schrumpfen bzw. bei denen die Koppeln  
a, b, c und d nur noch Federgelenkpaare bilden.

30 Soweit die in dieser und auch in den nachfolgenden Figuren  
beschriebenen Teile den Teilen entsprechen, wie in den Figu-  
ren 2 bis 16 dargestellt, wurden hierfür auch die gleichen  
Bezugszeichen übernommen. Jede Positioniereinheit bzw. Ver-  
stelleinrichtung 21 weist wiederum in einem lokalen Koordina-  
35 tensystem eine x-Achse, eine y-Achse und eine z-Achse auf,  
wobei die y-Achse in der tangentialen und die z-Achse in axi-

aler Richtung orientiert ist.

Die Außenfassung 22 ist mit Nachbarfassungen oder einer Objektivstruktur fest verbunden, wobei das optische Element 8 mit den drei Verstelleinrichtungen 21 gegenüber der Außenfassung 22 bzw. der übrigen Objektivstruktur positioniert und justiert wird.

Jede der drei Verstelleinrichtungen 21 stützt den Innenring 20 samt optischem Element 8 nur in tangentialer, somit in y-Richtung, und in axialer, somit in z-Richtung ab, wodurch die drei Verstelleinrichtungen 21 zusammen eine statisch bestimmte Lagerung für den Innenring 20 und damit auch für das optische Element 8 ergeben, weil die sechs Freiheitsgrade des Innenrings 20 durch je zwei Kräfte pro Verstelleinrichtung 21 abgestützt werden.

Jede Verstelleinrichtung 21 gliedert sich in das Fußteil 23, ein oder mehrere Mittelteile 24a, 24b, 24c, das Kopfteil 25 und die beiden Stellhebel 27 und 32, die über Kippfedergelenke 45a, 46a und 45b, 46b miteinander verbunden sind.

Damit nur eine Kraft in y- und in z-Richtung pro Verstelleinrichtung 21 übertragen wird, muss das Kopfteil 25 gegenüber dem Fußteil 23 in x-Richtung translatorisch nachgiebig und um die x-, y- und z-Achse kippbar sein.

Der Stellhebel 32 ist dabei mit einem Kippfedergelenk 45a, dessen Kippachse parallel zur x-Achse orientiert ist, drehbar im Fußteil 23 gelagert, wobei der Winkel des Stellhebels 32 zum Fußteil 23 mit den Stellschrauben 34 und 35 eingestellt und fixiert werden kann. Ein Kippfedergelenk 46a, das zum Kippfedergelenk 45a in y-Richtung versetzt und parallel zu diesem angeordnet ist, verbindet den Stellhebel 32 mit dem Mittelteil 24a. Durch die beiden in y-Richtung orientierten und in z-Richtung versetzte Kippachsen von Kippfedergelenken

47 und 48 kann das Mittelteil 24c gegenüber dem Mittelteil 24a in x-Richtung translatorisch verschoben und um die y-Achse gekippt werden, womit auch das Kopfteil 25 gegenüber dem Fußteil 23 in x-Richtung translatorisch verschoben und um die y-Achse gekippt werden kann. Ein Kippfedergelenk 49, dessen Kippachse parallel zur x-Achse orientiert ist, verbindet das Mittelteil 24c mit dem Kopfteil 25, so dass das Kopfteil 25 gegenüber den Mittelteilen 24 und damit auch gegenüber dem Fußteil 23 um die x-Achse gekippt werden kann.

10

Eine (schwache) Drehnachgiebigkeit des Kopfteils 25 gegenüber dem Fußteil 23 kann durch Torsion der Kippfedergelenke 47, 48 und 49 erreicht werden. Somit ist das Kopfteil 25 jeder Verstelleinrichtung 21 gegenüber dem Fußteil 25 translatorisch in x-Richtung verschiebbar und um die x-, y- und z-Achse kippbar.

Um das optische Element 8 gegenüber der Außenfassung 22 in allen sechs Freiheitsgraden bewegen zu können, muss bei jeder der drei Verstelleinrichtungen 21 das Kopfteil 25 gegenüber dem Fußteil 23 in der yz-Ebene verschoben werden können, wie z.B. bei einem Hexapod-Prinzip oder einer Stuart-Plattform.

In der Figur 19 sind in einer Prinzipdarstellung mit den beiden Stellhebeln 27 und 32 als Hebel und den Kippfedergelenken 45a, 46a und 45b, 46b die Verstellmöglichkeiten dargestellt und nachfolgend näher erläutert. Die beiden Stellhebel 27 und 32 weisen jeweils einen Kraftarm 27a bzw. 32a auf, an welchem die Stellschrauben 28 und 29 bzw. 34 und 35 als Stellelemente oder Aktuatoren angreifen. Die Kippfedergelenke 45a und 45b stellen die Hebellager der Stellhebel 27 und 32 dar. Die Kippfedergelenke 46a und 46b bilden die Ankoppelstellen an das Mittelteil 24. Ein erster Verbindungsbereich A (Kopfteil 25) zum Verbinden mit dem optischen Element und ein zweiter Verbindungsbereich B (Fußteil 23) zum Verbinden mit einem Gegenstand in der Nähe des optischen Elementes, in diesem Falle

mit der Fassung 22, und das an den beiden Kippfedergelenken 46a und 46b angreifende Zwischenelement C (Mittelteil 24) bilden ein Fachwerk.

5 Beim Auslenken eines oder auch beider Kraftarme 27a bzw. 32a mit jeweils einem Drehpunkt um das dazugehörige Hebellager 45a und 45b wird das Fachwerk über die beiden Lastarme 27b und 32b der beiden Stellhebel 27 und 32 entsprechend ausge-  
lenkt. Bei einer einseitigen Betätigung, wie dargestellt  
10 durch den Aktuator 29, ergibt sich eine Kippung des Verbindungs-  
bereiches A (Kopfteil 25) auf einem Kreisbogen. Bei ei-  
ner gleichzeitigen Betätigung der beiden Stellhebel 27 und 32  
ergibt sich eine Heb- oder Senkbewegung des Verbindungsber-  
eiches A entlang der z-Achse. Die den beiden Stellhebeln 27 und  
15 32 zugeordneten Gelenke weisen in etwa parallele Drehachsen  
auf, die in einer ersten Stellung etwa in einer Ebene liegen.  
Bei der in Figur 19 dargestellten Stellung ist dies die  
Grundstellung, während die gestrichelte Darstellung eine aus-  
gelenkte zweite Stellung darstellt.

20

Wie ersichtlich, liegen in der Grundstellung die etwa paral-  
lelen Drehachsen wenigstens annähernd in einer Ebene, wobei  
das Mittelteil 24a, an dem die beiden Kippfedergelenke 46a  
und 46b angreifen, dazwischenliegt. Der Abstand zwischen den  
25 Drehachsen der zwei Stellhebel jeweils zwischen den Drehach-  
sen bzw. Kippfedergelenken 45b und 46b bzw. 45a und 46a be-  
trägt weniger als dem 0,1-Fachen, vorzugsweise weniger als  
dem 0,01-Fachen, des Hebelabstandes des Kraftarmes (Abstand  
der Aktuatoren 28/29 zu dem Kippfedergelenk 45b als Hebella-  
30 ger bzw. der beiden Aktuatoren 34/35 zu dem Kippfedergelenk  
45a als Hebellager). Alternativ oder zusätzlich beträgt der  
maximale Abstand einer zwischen den Drehachsen der zwei  
Stellhebel 45a und 45b aufgespannten Ebene und einer zwischen  
den Kippfedergelenken 46b und 46a aufgespannten Ebene weniger  
35 als das 0,1-fache, vorzugsweise weniger als das 0,01-fache  
des Abstands der Drehachsen 45a, 45b der beiden Stellhebel 27

und 32.

Wird gemäß Ausführungsform nach der Figur 20 der Stellhebel 32 zum Fußteil 23 mit den Stellschrauben 34 und 35 verstellt, so kippt der Stellhebel 32 um das Kippfedergelenk 45a, wobei das Kippfedergelenk 46a wegen des y-Versatzes zum Kippfedergelenk 45a in z-Richtung - je nach Kipprichtung des Stellhebels 32 - abgesenkt oder angehoben wird.

Da die z-Bewegung des Kippfedergelenkes 46a auf das Mittelteil 24a übertragen wird, aber andererseits das Mittelteil 24a an dem Kippfedergelenk 46b mit dem Stellhebel 27 festgehalten wird, muss sich das Mittelteil 24a um das Kippfedergelenk 46b drehen. Aus dieser Drehung ergibt sich für das Kopfteil 25 eine Schwenkbewegung in der yz-Ebene und zwar ebenfalls um das Kippfedergelenk 46b.

Wenn der Stellhebel 27 entsprechend Figur 21 gekippt wird, ergibt sich eine zur z-Achse gespiegelte Schwenkbewegung des Kopfteils 25, wie sie durch Kippen des Stellhebels 32 gemäß Figur 5 hervorgerufen wird.

Eine y- oder eine z-Verschiebung des Kopfteilens 25 gegenüber dem Fußteil 23 kann als Linearkombination aus den beiden Schwenkbewegungen gemäß Figuren 5 und 6 zusammengesetzt werden.

Mit den erfindungsgemäßen Strukturen ergibt sich ein Festkörpergelenkmechanismus mit hoher Schockstabilität und gleichzeitig hoher Steifigkeit, so dass das optische Element 8 nicht so leicht zu unerwünschten Schwingungen angeregt werden kann. Insbesondere in y- und z-Richtung können steifere Aktuatoren bzw. Manipulatoren mit einer größeren Nachgiebigkeit in den anderen Richtungen realisiert werden. Dies ist wichtig, um z.B. die dynamischen Anforderungen für große, schwere optische Elemente, wie Spiegel, erfüllen zu können.

Eine Drehbarkeit des Kopfteils 25 gegenüber dem Fußteil 23 um die z-Achse ist dann nicht unbedingt notwendig, wenn das optische Element 8 nicht um die z-Achse gedreht werden muss.

5

Anstelle einer Verbindung des Kopfteils 25 mit einer Innenfassung 20 kann selbstverständlich das Kopfteil 25 auch direkt an dem optischen Element 8 befestigt werden.

10 Die Figur 22 zeigt eine Ausführungsform, wobei das Mittelteil 24b zwischen den Kippfedergelenken 47 und 48, deren Kippachse parallel zur y-Achse orientiert ist, durch Trennschnitte in z-Richtung aufgeteilt wird, um eine größere Drehnachgiebigkeit um die z-Achse zu erreichen.

15

Aus Übersichtlichkeitsgründen und zur Vereinfachung sind in der Figur 22 und auch in den nachfolgend noch zu beschreibenden Figuren 23 bis 29 nur die Bezugszeichen für die wichtigsten Teile und für die neuen Merkmale angegeben.

20

In der Figur 23 ist eine Ausführungsform dargestellt, wobei die Kippfedergelenke 47 und 48 und das Mittelteil 24b durch eine Blattfeder 50 ersetzt sind, deren Ebene in der yz-Ebene liegt.

25

Für die Federgelenke zwischen dem Mittelteil 24a und dem Kopfteil 25 sind verschiedene Kombinationen und Anordnungen möglich, solange sie erlauben, dass das Kopfteil 25 gegenüber dem Mittelteil 24a in x-Richtung translatorisch verschoben und um die y- und x-Achse gekippt werden kann. So können z.B. gemäß Figur 24 die Positionen der Kippfedergelenke 48 und 49 im Vergleich zu der Ausführungsform nach der Figur 18 vertauscht werden.

35 Ebenso können gemäß Ausführungsform nach der Figur 25 die Positionen des Kippfedergelenks 47 und die des Kippfedergelenks

48 vertauscht werden.

Aus der Figur 26 ist ersichtlich, dass das Kippfedergelenk 49 in y-Richtung versteift werden kann, indem das Kopfteil 25  
5 zusätzlich über eine Gelenkkoppel, bestehend aus Gelenken 491a, 491b und einem Mittelstück 491c, mit dem Mittelteil 24c verbunden wird, wobei die Gelenkebenen der Gelenke 491a und 491b die Gelenkebene des Kippfedergelenks 49 in der Kippachse des Kopfteils 25 gegenüber dem Mittelteil 24c schneiden.

10

Das Kopfteil 25 kann über eine weitere Gelenkkoppel, bestehend aus den Gelenken 492a, 492b und einem Mittelstück 492c, mit dem Mittelteil 24c verbunden werden, wobei die Gelenkebenen der Gelenke 492a und 492b die Gelenkebene des Kippfedergelenks 49 in der Kippachse des Kopfteils 25 gegenüber dem  
15 Mittelteil 24c schneiden.

Die Gelenkkoppel, bestehend aus den Gelenken 491a, 491b und dem Mittelstück 491c, kann auch durch eine Blattfeder ersetzt  
20 werden (nicht dargestellt), wobei die Ebene der Blattfeder die Gelenkebene des Kippfedergelenks 49 in der Kippachse des Kopfteils 25 gegenüber dem Mittelteil 24c schneidet.

Die Gelenkkoppel, bestehend aus den Gelenken 492a, 492b und dem Mittelstück 492c, kann ebenfalls durch eine Blattfeder  
25 ersetzt werden (nicht dargestellt), wobei die Ebene der Blattfeder die Gelenkebene des Kippfedergelenkes 49 in der Kippachse des Kopfteils 25 gegenüber dem Mittelteil 24c schneidet.

30

Wie aus der Figur 27 ersichtlich ist, kann das Kippfedergelenk 45a durch ein Gelenk 451 unter Beibehaltung der ursprünglichen Kippachse des Kippfedergelenkes 45a verstärkt werden, indem sich die Ebenen der Kippfedergelenke 45a und  
35 451 in der Kippachse des Kippfedergelenkes 45a schneiden.

Das Kippfedergelenk 45b kann durch ein Gelenk 452 unter Beibehaltung der ursprünglichen Kippachse des Kippfedergelenks 45b verstärkt werden, indem sich die Ebenen der Gelenke 45b und 452 in der Kippachse des Kippfedergelenks 45b schneiden.

5

Aus der Figur 28 ist ersichtlich, wie das Kippfedergelenk 46a durch ein Gelenk 461 unter Beibehaltung der ursprünglichen Kippachse des Kippfedergelenkes 46a verstärkt werden kann, indem sich die Ebenen der Gelenke 46a und 461 in der Kippachse des Kippfedergelenks 46a schneiden.

10

Das Kippfedergelenk 46b kann in gleicher Weise durch ein Gelenk 462 unter Beibehaltung der ursprünglichen Kippachse des Kippfedergelenkes 46b verstärkt werden, indem sich die Ebenen der Gelenke 46b und 462 in der Kippachse des Kippfedergelenks 46b schneiden.

15

Für eine Versteifung der Verstelleinrichtung 21 kann gemäß Ausführungsbeispiel nach der Figur 29 das Mittelteil 24a durch in y-Richtung durch eine Gelenkkoppel, bestehend aus den Gelenken 241a, 241b und dem Mittelstück 241c, mit dem Fußteil 23 verbunden werden, wobei die Ebene der Gelenke 241a und 241b annähernd auf einer Geraden liegen sollte, die von den Kippfedergelenken 45a, 45b, 46a und 46b gebildet wird.

25

Das Mittelteil 24a kann auch noch über eine weitere Gelenkkoppel, bestehend aus den Gelenken 242a, 242b und dem Mittelstück 242c, mit dem Fußteil 23 verbunden werden, wobei die Ebene der Gelenke 242a und 242b annähernd auf einer Geraden liegen sollte, die von den Kippfedergelenken 45a, 45b, 46a und 46b gebildet wird.

30

Die Gelenkkoppel, bestehend aus den Gelenken 241a, 241b und dem Mittelstück 241c, kann auch durch eine Blattfeder ersetzt werden (nicht dargestellt), wobei die Ebene der Blattfeder annähernd auf einer Geraden liegen sollte, die ebenfalls von

35

den Kippfedergelenken 45a, 46a, 45b, 46b gebildet wird.

In gleicher Weise kann die Gelenkkoppel, bestehend aus den Gelenken 242a, 242b und dem Mittelstück 242c, durch eine  
5 Blattfeder ersetzt werden (ebenfalls nicht dargestellt), wobei die Ebene dieser Blattfeder ebenfalls annähernd auf einer Geraden liegen sollte, die von den Kippfedergelenken 45a, 46a, 45b, 46b gebildet wird.

10 In der Figur 30 ist eine Ausschnittsvergrößerung des mit dem Fußteil 23 verbundenen blattfederartigen Hebels 26 und des mit dem Mittelteil 24 verbundenen blattfederartigen Hebels 30 dargestellt. Wie ersichtlich, befindet sich in dem Spalt 51  
15 zwischen den beiden blattfederartigen Hebeln 26 und 30 ein Versteifungselement 52 zur Einstellung der Steifigkeit der Gelenkverbindung. Das Versteifungselement 52 kann z.B. ein elektrisch aktivierbares Piezoelement sein, das in dem Spalt 51 bei Nichtaktivierung mit Spiel angeordnet ist. Bei einer  
20 Aktivierung der Piezoelemente "verdickt" sich das Versteifungselement 52, so dass der Spalt 51 überbrückt wird und somit das Spiel von einer höheren Steifigkeit bis zu einem kompletten Spielausschluss durch Schließung des Spaltes verändert wird.

25 Wenigstens eines der Hebellager 45a/45b und/oder ein Kippfedergelenk 46a/46b der beiden Lastarme 32b bzw. 27b der beiden Stellhebel 32 und 27 können so ausgebildet sei, dass bei Auslenkung der Hebel die Hebellager eine Rollbewegung entlang  
30 einer relativ zu wenigstens einem Verbindungsbereich A, B oder dem Zwischenelement C steif ausgebildeten Kurvenbahn jeweils auf einem Auflager 53 durchführen, wie dies in der Figur 31 angedeutet ist (siehe auch Pfeil 54).

Eine ähnliche Ausgestaltung ergibt sich durch das in der  
35 Figur 32 dargestellte Hebellager 45b. Wie ersichtlich, ist das Hebellager 45b auf einem elastisch nachgiebigen Sockel 55 ge-

lagert, wodurch sich ebenfalls bei Auslenkung des dazugehörigen Stellhebels 27 eine Bewegung auf einer Kurvenbahn entsprechend dem Pfeil 54 einstellt.

5 In den in den Figuren 18 und 20 bis 32 dargestellten Ausführungsformen kann eine elastische Deformation an den Kippfergelenken der beiden Stellhebel 27 und 32 auch aufgrund der Eigenelastizität bei den in der Mikrolithographie auftretenden geringfügigen Verstell- und Justierbewegungen ausreichend  
10 sein.

Ebenso können z.B. jeder der beiden Lastarme 27b und 32b der beiden Stellhebel 27 bzw. 32 oder auch das Mittelteil 24a als deformierbares Ausgleichselement ausgeführt sein. Gleiches  
15 gilt auch für die beiden Kraftarme 27a und 32a.

## Patentansprüche:

1. Positioniereinheit für ein optisches Element in einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage mit  
5 - einem ersten Verbindungsbereich A zum Verbinden mit dem optischen Element (8) und  
- einem zweiten Verbindungsbereich B zum Verbinden mit einem Gegenstand in der Nähe des optischen Elements,  
- wenigstens zweier Hebel (27,32),  
10 - die über ihre jeweiligen Hebellager (45a,45b) mit dem zweiten Verbindungsbereich B verbunden sind, und  
- deren jeweiliger Lastarm (27b,32b) mittels eines Gelenks (46a,46b) über ein an diesen Gelenken angreifendes Zwischenelement C mit dem ersten Verbindungsbe-  
15 reich A verbunden ist, mit  
- an den jeweiligen Kraftarmen (27a,32a) der Hebel (27,32) angeordneten Verstelleinrichtungen oder Aktuatoren (28, 29,34,35),  
- wobei in einer ersten Stellung der erste Verbindungsbereich A und der zweite Verbindungsbereich B relativ  
20 zueinander so angeordnet sind, dass die Hebellager (45a,45b) der wenigstens zwei Hebel (27,32) und die diesen Hebeln zugeordneten Gelenke (46a,46b) etwa parallele Drehachsen aufweisen,  
25 - die in der ersten Stellung etwa in einer Ebene liegen.
2. Positioniereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Stellung eine Grundstellung und eine  
30 zweite Stellung eine ausgelenkte Stellung der Hebel (27,32) ist.
3. Positioniereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Grundstellung die etwa parallelen Drehachsen etwa in einer Ebene liegen, oder wobei eine durch  
35 die Drehachsen zweier Hebellager (45a,45b) aufgespannte

erste Ebene und eine durch die Drehachsen der diesen Hebeln (27,32) zugeordneten Gelenken (46a,46b) aufgespannten zweiten Ebene zwischen den Drehachsen der zwei Hebel einen maximalen Abstand von weniger als dem 0,1-fachen, vorzugsweise weniger als dem 0,01-fachen, des Hebelabstandes der beiden Hebel (27,32) aufweist.

4. Positioniereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei Veränderung der Relativposition der Verbindungsbereiche A und B sich wenigstens ein elastisch deformierendes Ausgleichselement dazwischen befindet.
5. Positioniereinheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichselement an wenigstens einem der Komponenten Hebel (27,32), dem Zwischenelement C, einer Gelenkverbindung, der Verbindungsbereich A oder B, oder wenigstens einem Hebellager (45a,45b) oder Teilen der genannten Komponenten angebracht ist oder von diesen umfasst wird.
6. Positioniereinheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichselement eine Kurvenbahn eines Auflagers (53) wenigstens eines Hebellagers (45a,45b) und/oder eines Gelenkes (46a,46b) eines Lastarms (27b,32b) umfasst.
7. Positioniereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenelement C den ersten Verbindungsbereich A, zur Verbindung mit dem optischen Element (8), mittels eines verbindenden Gelenks verbindet, wobei bei mehreren verbindenden Gelenken deren Drehachsen etwa parallel sind, und die Drehachse wenigstens eines verbindenden Gelenks in Richtung der Drehachsen der Gelenke der Lastarme (27b,32b) ausgerichtet sind.
8. Positioniereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, dass wenigstens ein Gelenk oder wenigstens ein Hebellager (45a,45b) als Festkörpergelenk oder elastisches Festkörpergelenk ausgebildet ist.

- 5 9. Positioniereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Verbindungsbereich A ein Kopfteil (25), der zweite Verbindungsbereich B ein Fußteil (23), das Zwischenelement C wenigstens ein bewegliches Zwischen-  
10 teil (26,30, 31,33,36), die Verstelleinrichtung oder der Aktuator ein Stellelement (27,32) und der Gegenstand in der Nähe des optischen Elements (8) eine Außenfassung (22) ist.
10. Vorrichtung zur Justage eines optischen Elementes mit einer optischen Achse gegenüber einer Außenfassung in einer  
15 Objektivstruktur oder gegenüber benachbart liegenden Fassungen, wobei das optische Element über mehrere mit Verstelleinrichtungen versehene Zwischenteile mit der Außenfassung verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass jede  
20 Verstelleinrichtung (21) ein an der Außenfassung (22) angeordnetes Fußteil (23) aufweist, an dem bewegliche Zwischenteile derart angeordnet und mit Stellelementen (27,32) verbunden sind, dass erste bewegliche Zwischen-  
25 teile (26,31) um eine Achse senkrecht zu einer z-Achse drehbar sind, wobei die Stellelemente (27,32) über zweite bewegliche Zwischenteile (30,33) direkt oder über ein Mittelteil (24) mit dem optischen Element (20) verbunden sind, wobei bei festgehaltenen Stellelementen (27,32) die  
30 zwischen dem optischen Element (20) oder einem Mittelteil (24) und den Stellelementen (27,32) angeordneten zweiten beweglichen Zwischenteile (30, 33) eine Drehbewegung des optischen Elementes (8) gegenüber dem Fußteil (23) um eine Achse senkrecht zur z-Achse erlauben.
- 35 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die z-Achse auf einer Verbindungslinie zwischen

Kopfteil (25), Mittelteil (24) und Fußteil (23) liegt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,  
5 dass die zweiten Zwischenteile (30,33) in einem Winkel  $\alpha$   
zur z-Achse angeordnet sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass die Stellelemente (27,32) über die zweiten beweglichen  
Zwischenteile (30,33) mit dem Mittelteil (24) verbunden  
sind, wobei das Mittelteil (24) mit einem an einer  
Innenfassung oder dem optischen Element (8) angeordneten  
Kopfteil (25) verbunden ist und wobei das Mittelteil (24)  
15 mit wenigstens einem dritten beweglichen Zwischenteil  
(36), das in der Ebene der z-Achse liegt, derart versehen  
ist, dass das Kopfteil (25) gegenüber dem Mittelteil (24)  
in eine Richtung senkrecht zur z-Achse verschiebbar, ge-  
genüber dem Mittelteil (24) um eine Achse senkrecht zur  
z-Achse liegende Achse und um die z-Achse drehbar ist.
- 20 14. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,  
dass die z-Achse die optische Achse ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,  
25 dass die ersten und zweiten Zwischenteile (26,31 und  
30,33)  
elastisch sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,  
30 dass die ersten und zweiten Zwischenteile (26,31 und  
30,33) als erste und zweite Festkörpergelenke ausgebildet  
sind.
17. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,  
35 dass die Außenfassung (22) mit Referenzflächen  
(22a,22b,22c) versehen ist, mit denen die Außenfassung  
(22) gegenüber der Objektivstruktur (10) oder gegenüber

benachbart liegender Fassungen ausgerichtet wird.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet,  
5 dass die Festkörpergelenke als blattfederartige Verbindung  
en oder Koppeln ausgebildet sind.
19. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass jede Verstelleinrichtung (21) zwei Stellhebel als  
Stellelemente (27,32) aufweist, die in einem Winkel zu-  
einander angestellt sind, der doppelt so groß ist wie der  
Winkel der zweiten Zwischenteile (30,33) zur z-Achse.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet,  
15 dass die Anstellung des Winkels  $2\alpha$  der beiden Stellhebel  
(27,32) zueinander symmetrisch zur z-Achse ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet,  
20 dass die zweiten zwischen den Stellelementen (27,32) und  
dem Mittelteil (24) angeordneten elastischen Zwischentei-  
le (30,33) derart in einem Winkel  $2\alpha$  angestellt sind,  
dass sich die Verlängerungen der Mittelachsen der zweiten  
elastischen Zwischenteile (30,33) im Mittelpunkt (40) des  
25 dritten elastischen Zwischenteils (36) des Mittelteils  
(24) schneiden.
22. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet,  
30 dass die Anstellung jedes Winkels  $\alpha$  zur z-Achse (optische  
Achse) größer als  $90^\circ$  ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,  
35 dass das dritte elastische Zwischenteil (36) zusammen mit  
dem Kopfteil (25) zum Fußteil (23) in eine Richtung senk-  
recht zur z-Achse versetzt angeordnet ist.
24. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,

dass die senkrecht zur z-Achse liegende Achse die x-Achse ist, die senkrecht zur Ebene des dritten Zwischenteils (36) liegt.

- 5 25. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine elastische Biegeachse des dritten Zwischenteils (36) des Mittelteils (24) die y-Drehachse des Kopfteiles (25) gegenüber dem Mittelteil (24) darstellt, und dass die Torsionsachse des dritten elastischen Zwischenteils  
10 (36), die die z-Drehachse des Kopfteiles (25) gegenüber dem Mittelteil (24) darstellt, durch den Mittelpunkt (40) des dritten elastischen Zwischenteils (36) verläuft.
26. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,  
15 dass das dritte bewegliche Zwischenteil (36) blattfederartig ausgebildet ist.
27. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte bewegliche Zwischenteil (36) des Mittel-  
20 teils (24) durch zwei Blattfedergelenke (36a,36b) gebildet ist, die jeweils um eine Achse parallel zur y-Richtung kippen.
28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet,  
25 dass die beiden Blattfedergelenke (36a,36b) durch ein Mittelstück (36c) voneinander getrennt sind.
29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittelstück (36c) zwischen den beiden Blattfe-  
30 dergelenken (36a,36b) mit einer Vielzahl von in z-Richtung verlaufenden, auf Abstand voneinander angeordneten Einschnitten oder Schlitzten (43) versehen ist.
30. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet,  
35 dass die Blattfedergelenke (36a,36b) mit einer Vielzahl von nebeneinander auf Abstand voneinander liegenden in x-

Richtung verlaufenden Einschnitten versehen sind.

31. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen dem Fußteil (23) und den Stellelementen (27,32) angeordneten ersten elastischen Zwischenteile (26, 31) jeweils durch ein Kippgelenk (26a,31a) gebildet sind.
32. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen den Stellelementen (27,32) und dem Mittelteil (24) angeordneten zweiten beweglichen Zwischenteile (30,33) jeweils durch ein unteres und ein oberes Kippgelenk (30a,30b und 33a,33b) gebildet sind.
33. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden unteren und oberen Kippgelenke (30a,30b und 33a, 33b) jeweils durch wenigstens ein Verbindungs- teil (30c und 33c) miteinander verbunden sind.
34. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass von den beiden Blattfedergelenken (36a,36b) ein Blattfedergelenk als oberes Blattfedergelenk (36b) zwischen dem Mittelteil (24) und dem Kopfteil (25) und das andere Blattfedergelenk als unteres Blattfedergelenk (36a) zwischen dem Mittelteil (24) und dem Fußteil (23) angeordnet ist, wobei beide Blattfedergelenke (36a,36b) kippbar sind.
35. Vorrichtung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass die lokalen z-Achsen der Verstelleinrichtungen (21) parallel zu der globalen  $z_0$ -Achse (optische Achse) des optischen Elements (8) liegen.
36. Vorrichtung nach Anspruch 32 und 34, dadurch gekennzeichnet, dass das untere Blattfedergelenk (36a) jeweils zwischen den unteren und oberen Kippgelenken (30a,33b und

30b,33a) angeordnet ist.

37. Vorrichtung nach Anspruch 33 und 36, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden unteren und oberen Kippgelenke (30a,33b und 30b,33a) jeweils durch zwei Verbindungsteile (30c,30d und 33c,33d) miteinander verbunden sind, wobei eines der beiden Verbindungsteile (30c und 33c) zwischen dem unteren Kippgelenk (30a,33b) und dem Blattfedergelenk (36a) und das andere Verbindungsteil (30d und 33d) zwischen dem unteren Blattfedergelenk (36a) und dem oberen Kippgelenk (30b,33a) angeordnet ist.
38. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass drei am Umfang verteilt angeordnete Verstelleinrichtungen (21) vorgesehen sind.
39. Vorrichtung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtungen (21) gegenüber der optischen Achse des optischen Elements (8) geneigt sind.
40. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass jede Verstelleinrichtung (21) zwei in Umfangsrichtung auf Abstand voneinander angeordnete Stellelemente (27,32) aufweist.
41. Vorrichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente (27,32) mit Betätigungsgliedern versehen sind, welche unabhängig voneinander betätigbar sind.
42. Vorrichtung nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigungsglieder Stellschrauben (28,29,34,35) aufweisen.
43. Vorrichtung nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigungsglieder elektromagnetische, piezoak-

tuatorische, pneumatische, magnetostriktive oder hydraulische Antriebsglieder aufweist.

- 5 44. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtungen (21) mehrteilig aufgebaut sind.
- 10 45. Projektionsbelichtungsanlage mit einem Projektionsobjektiv in der Mikrolithographie, dadurch gekennzeichnet, dass das Projektionsobjektiv (7) mit wenigstens einer Vorrichtung zur Justage eines optischen Elementes (8) nach einem der Ansprüche 10 bis 44 versehen ist.
- 15 46. Positioniereinheit für ein optisches Element in einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage mit
- einem ersten Verbindungsbereich A zum Verbinden mit dem optischen Element (8) und
  - einem zweiten Verbindungsbereich B zum Verbinden mit einem Gegenstand in der Nähe des optischen Elements (8),
  - wenigstens zweier Hebel (27,32) deren jeweiliger Lastarm mittels eines Gelenks über ein an diesen Gelenken angreifendes Zwischenelement C mit dem ersten Verbindungsbereich A verbunden ist, wobei
  - 25 - an den jeweiligen Kraftarmen (27a,32a) der Hebel (27,32) Verstelleinrichtungen oder Aktuatoren (28,29,34,35) angeordnet sind, und wobei
  - die jeweiligen Hebellager (45a,45b) mit dem zweiten Verbindungsbereich B derart verbunden sind, dass
  - 30 - wenigstens ein Hebellager und/oder ein Gelenk eines Lastarms bei Auslenkung des Zwischenelements eine Rollbewegung entlang einer relativ zu wenigstens einem Verbindungsbereich A, B oder dem Zwischenelement C angeordneten Kurvenbahn auf einem Auflagers durchführt.

47. Positioniereinheit für ein optisches Element in einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage mit
- einem ersten Verbindungsbereich A zum Verbinden mit dem optischen Element (8) und
  - 5 - einem zweiten Verbindungsbereich B zum Verbinden mit einem Gegenstand in der Nähe des optischen Elements (8),
  - wenigstens zweier Hebel (27,32) deren jeweiliger Lastarm (27b,32b) mittels eines Gelenks über ein an diesen
  - 10 Gelenken angreifendes Zwischenelement C mit dem ersten Verbindungsbereich A verbunden ist, und
  - das Zwischenelement C eine diese versteifende Gelenkverbindung C1 zwischen zwei Hebeln (27,32) aufweist, die hinsichtlich ihrer Steifigkeit einstellbar ist,
  - 15 ferner
  - an den jeweiligen Kraftarmen (27a,32a) der Hebel (27,32) Verstelleinrichtungen oder Aktuatoren (28,39,34,35) angeordnet sind, und wobei
  - die jeweiligen Hebellager mit dem zweiten
  - 20 Verbindungsbereich B verbunden sind.
48. Positioniereinheit nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass zur Steifigkeitseinstellung zwischen den beiden Hebeln (27,32) ein elektrisch aktivierbares Piezoelement
- 25 angeordnet ist.

1/16

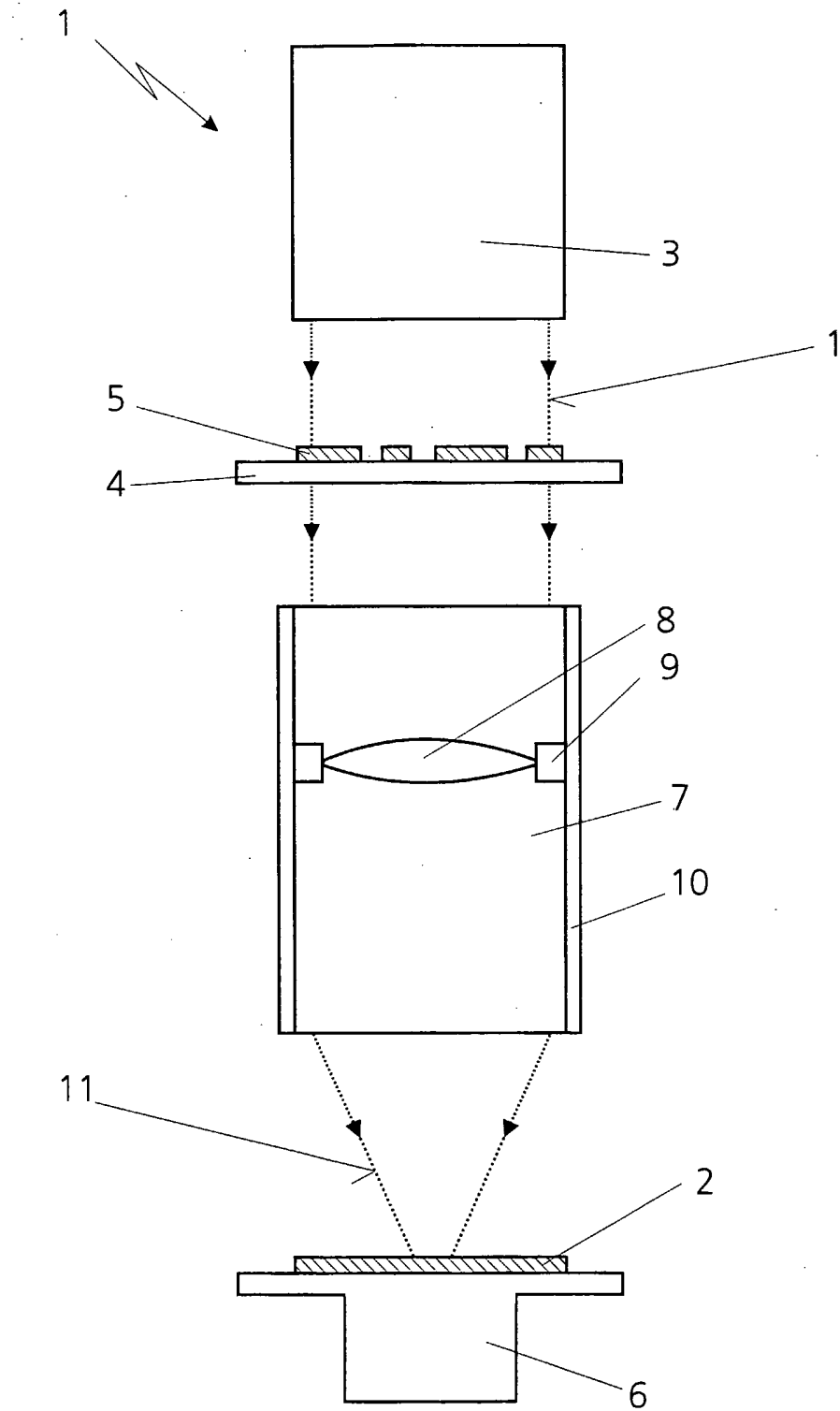
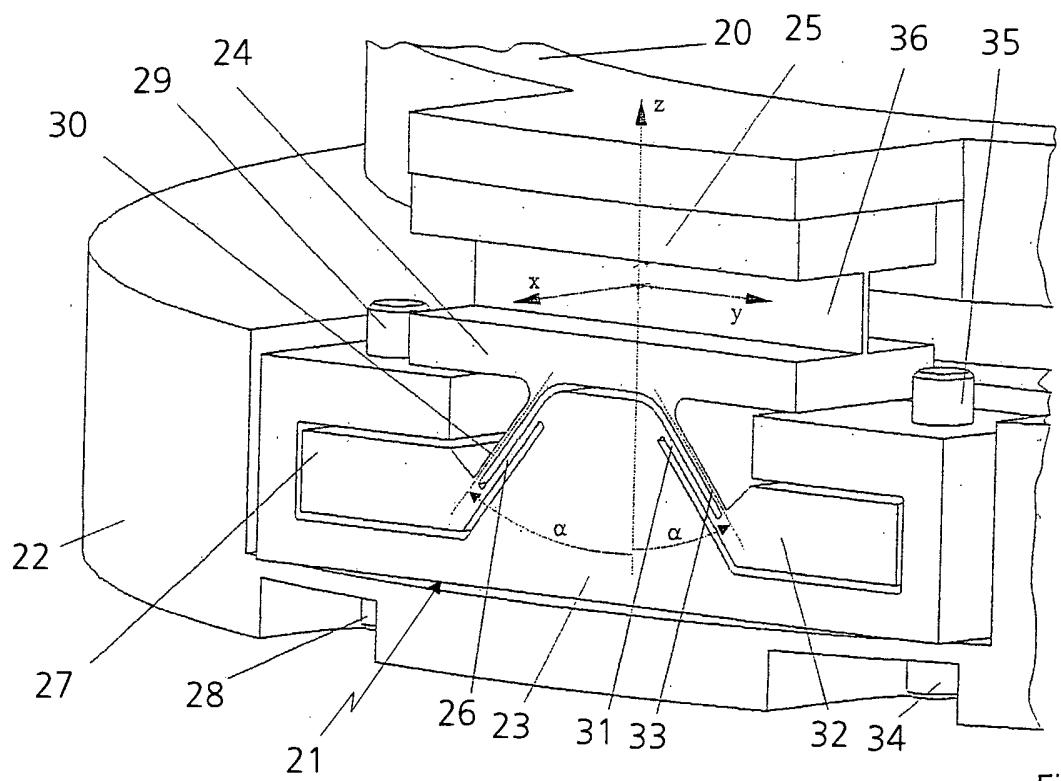
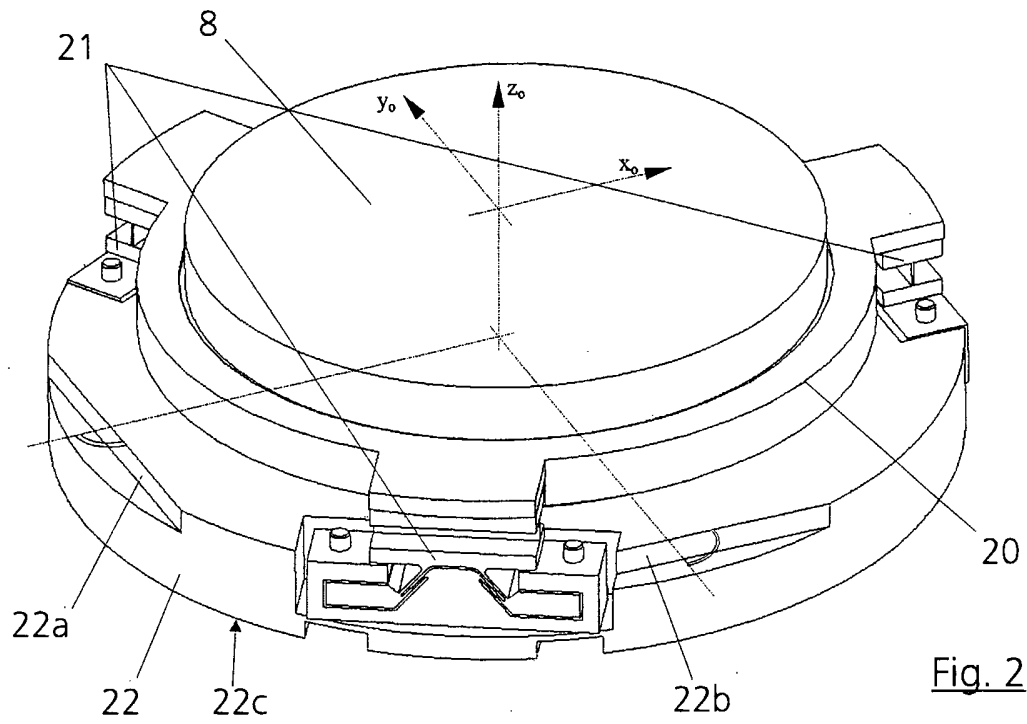


Fig. 1



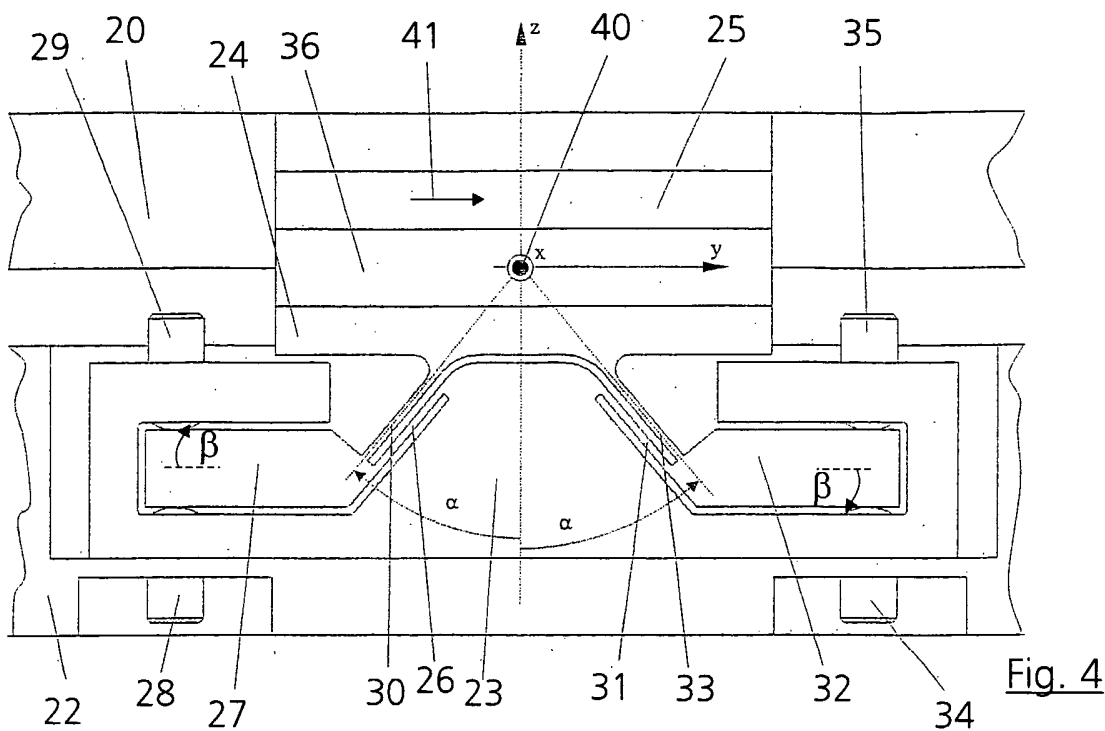


Fig. 4

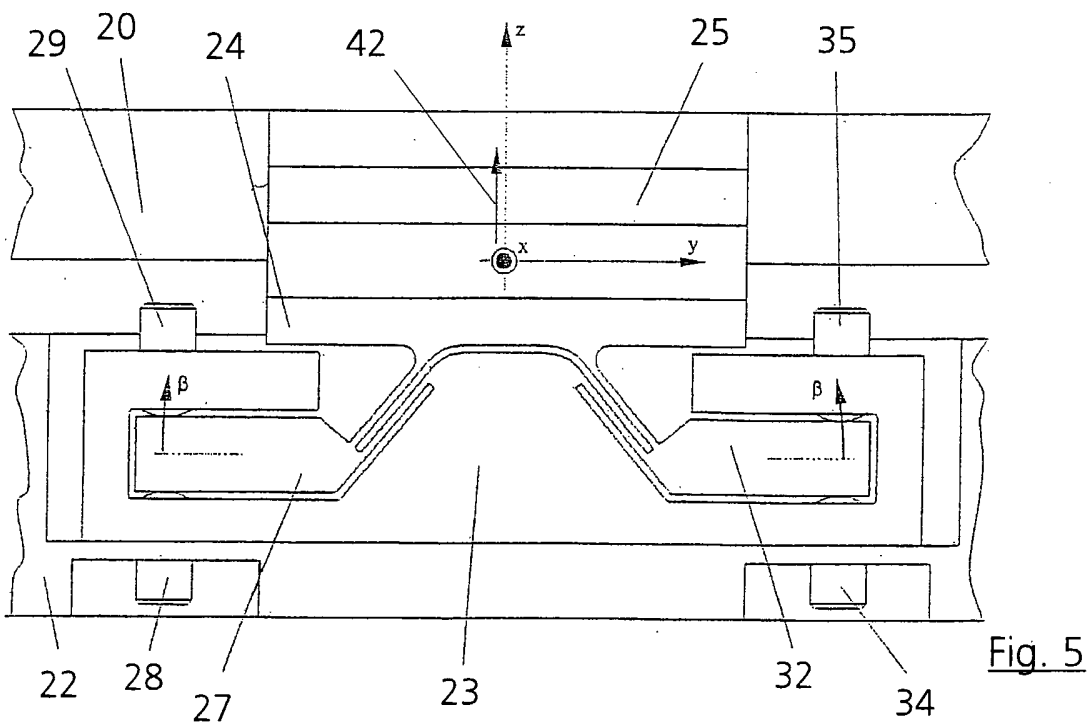


Fig. 5

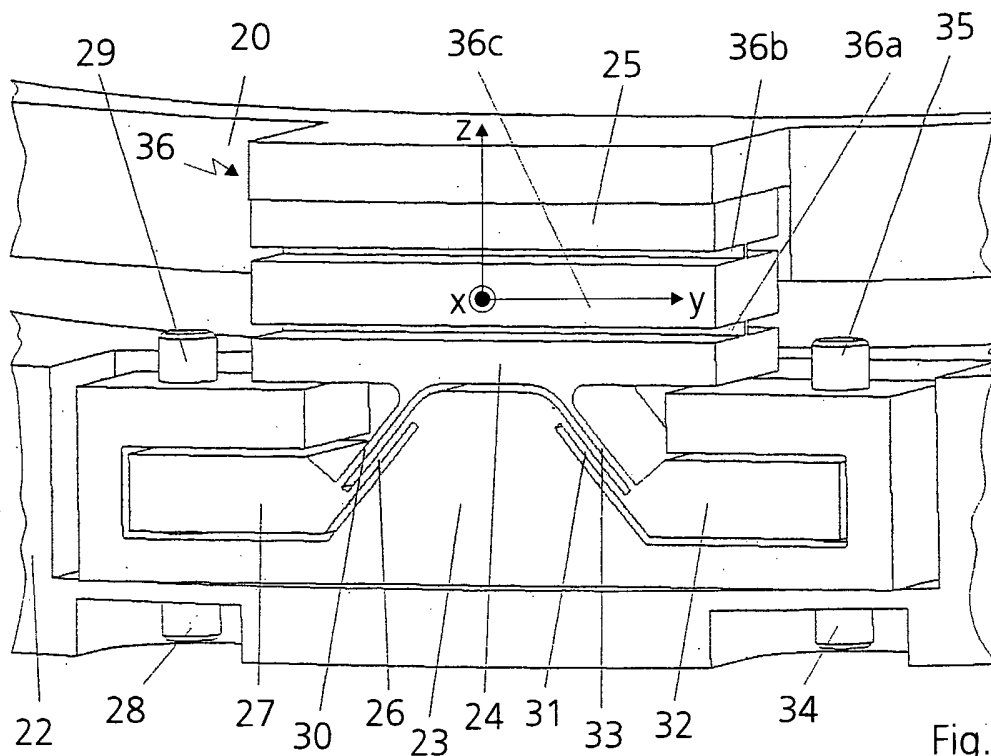


Fig. 6

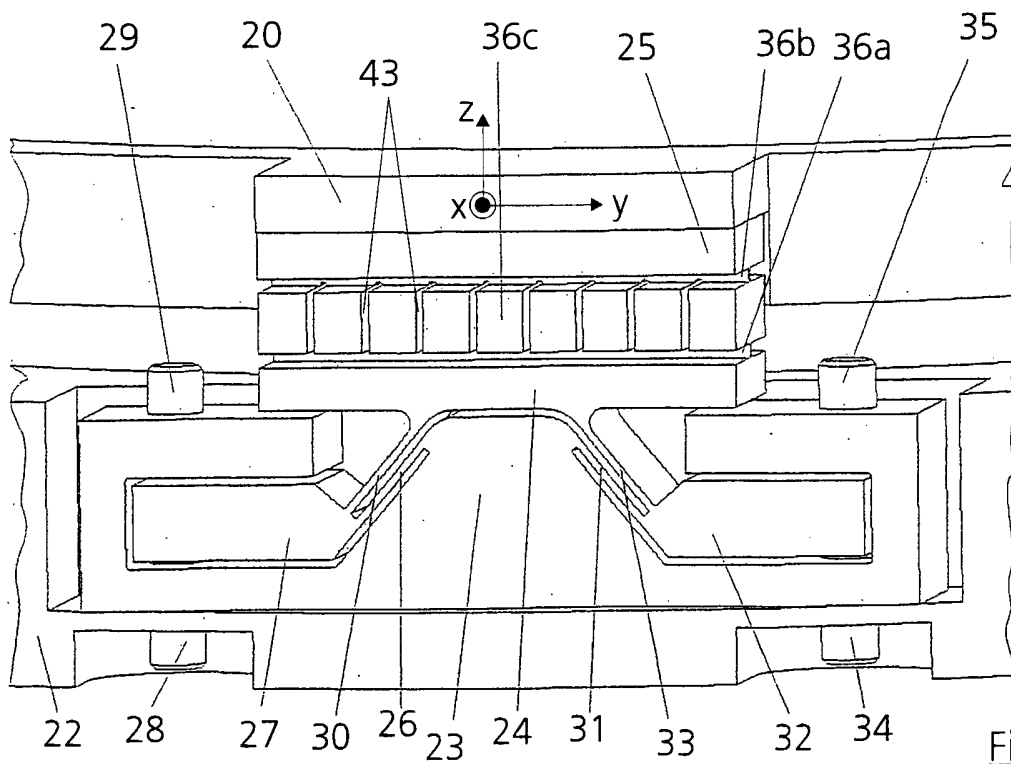
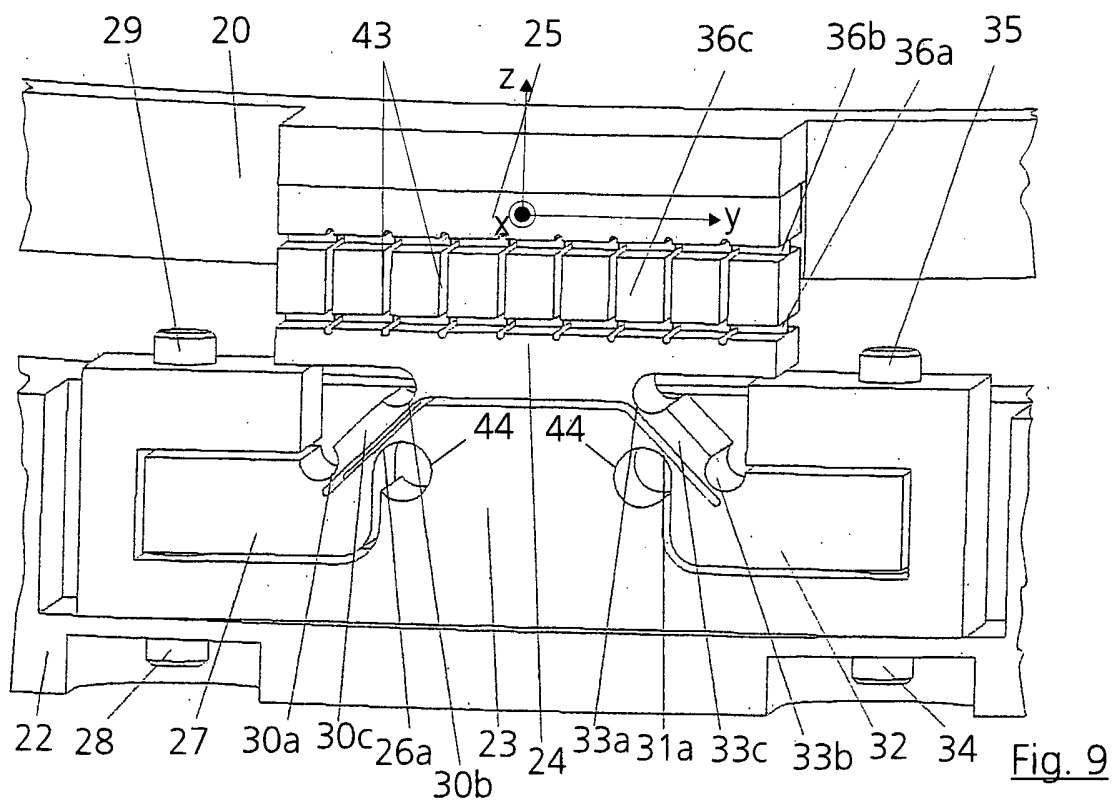
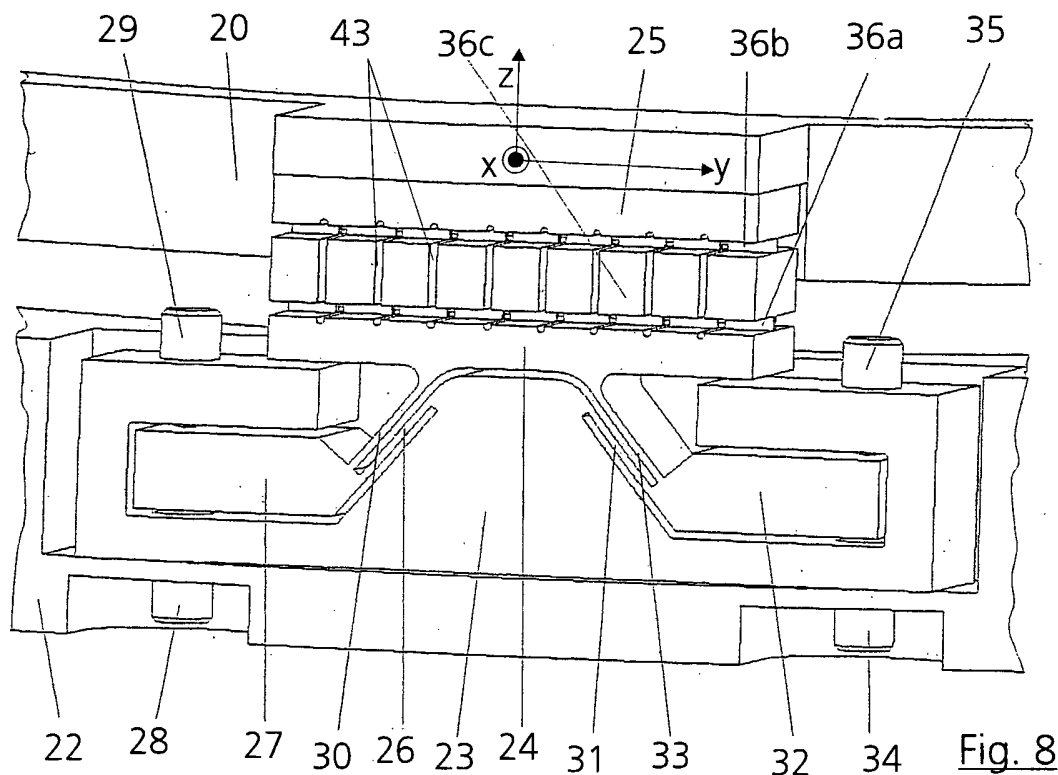


Fig. 7

5/16



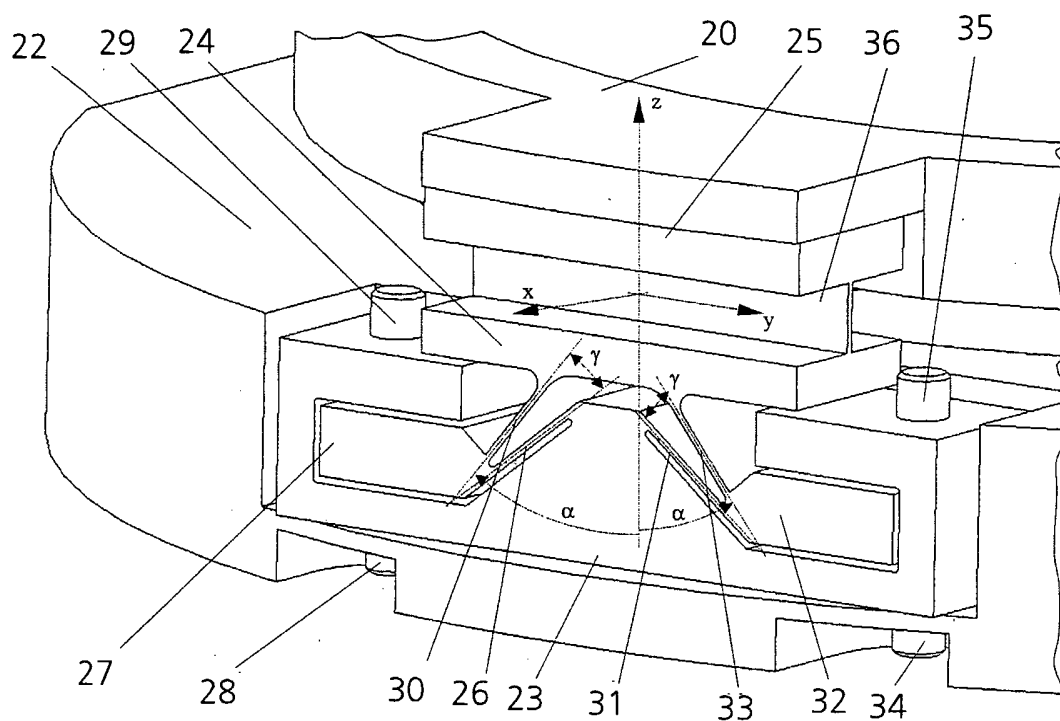


Fig. 10

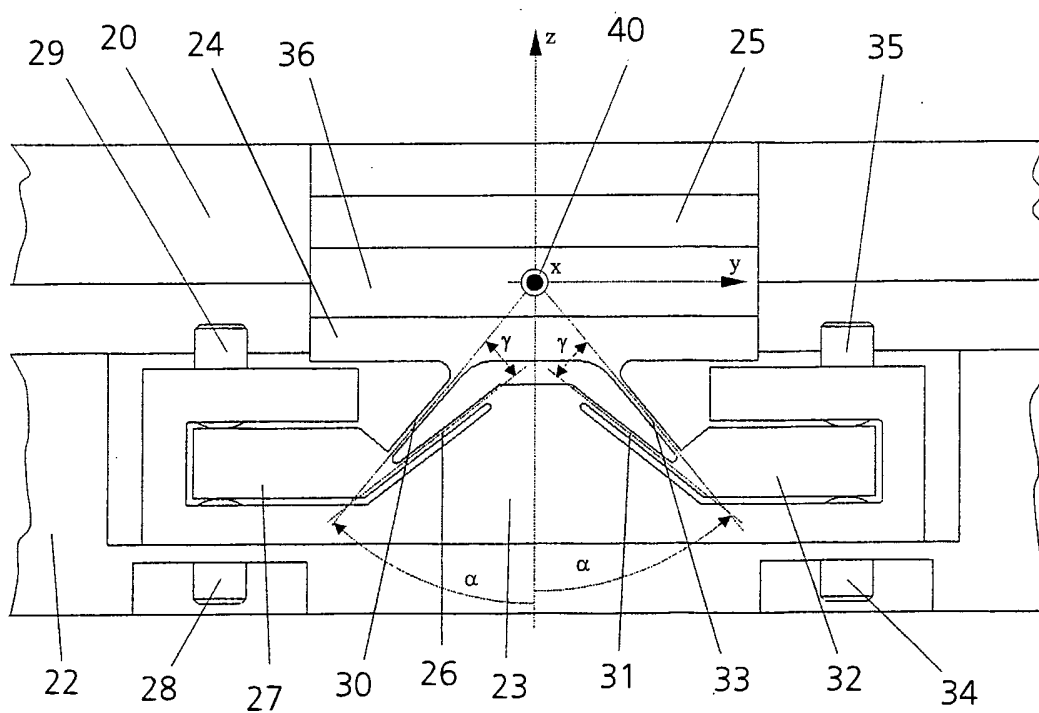


Fig. 11

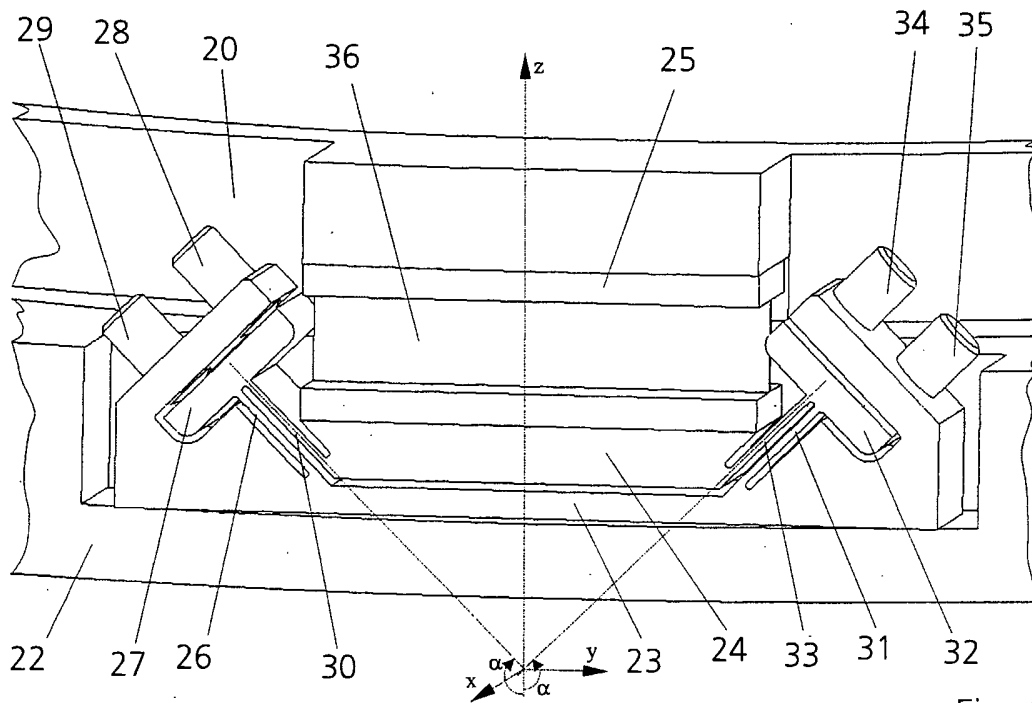


Fig. 12

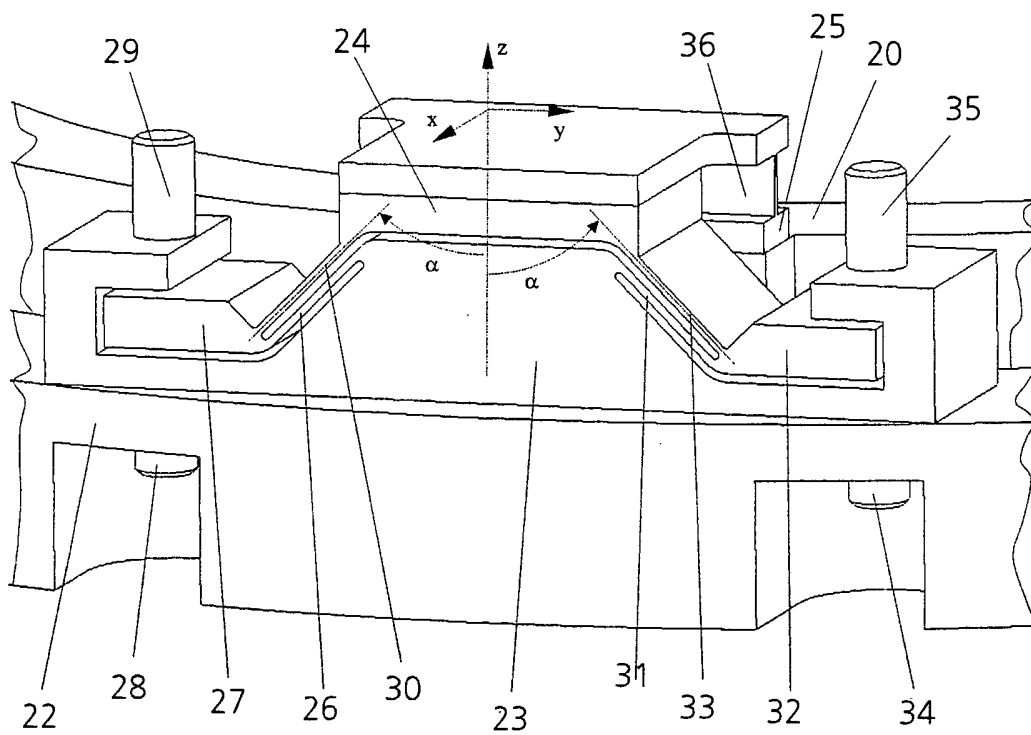


Fig. 13

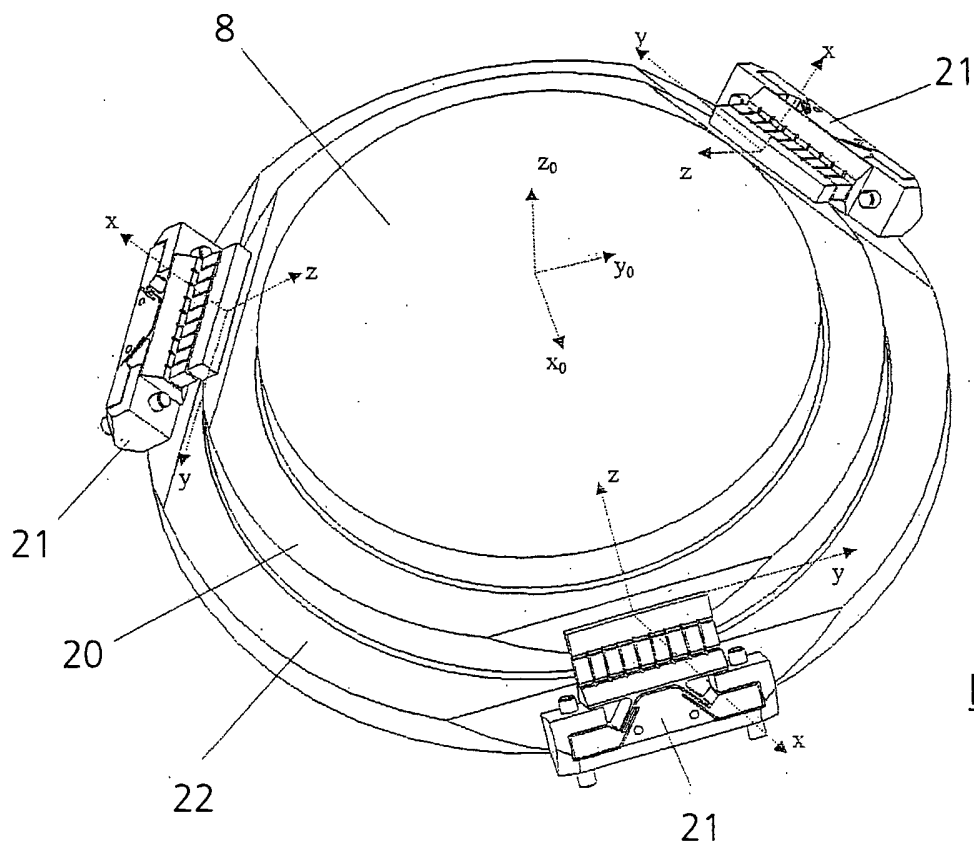


Fig. 14

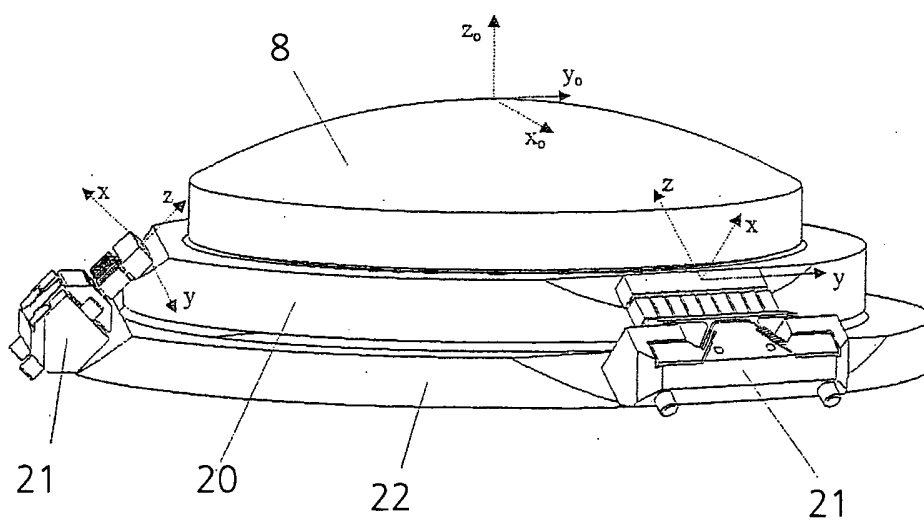


Fig. 15

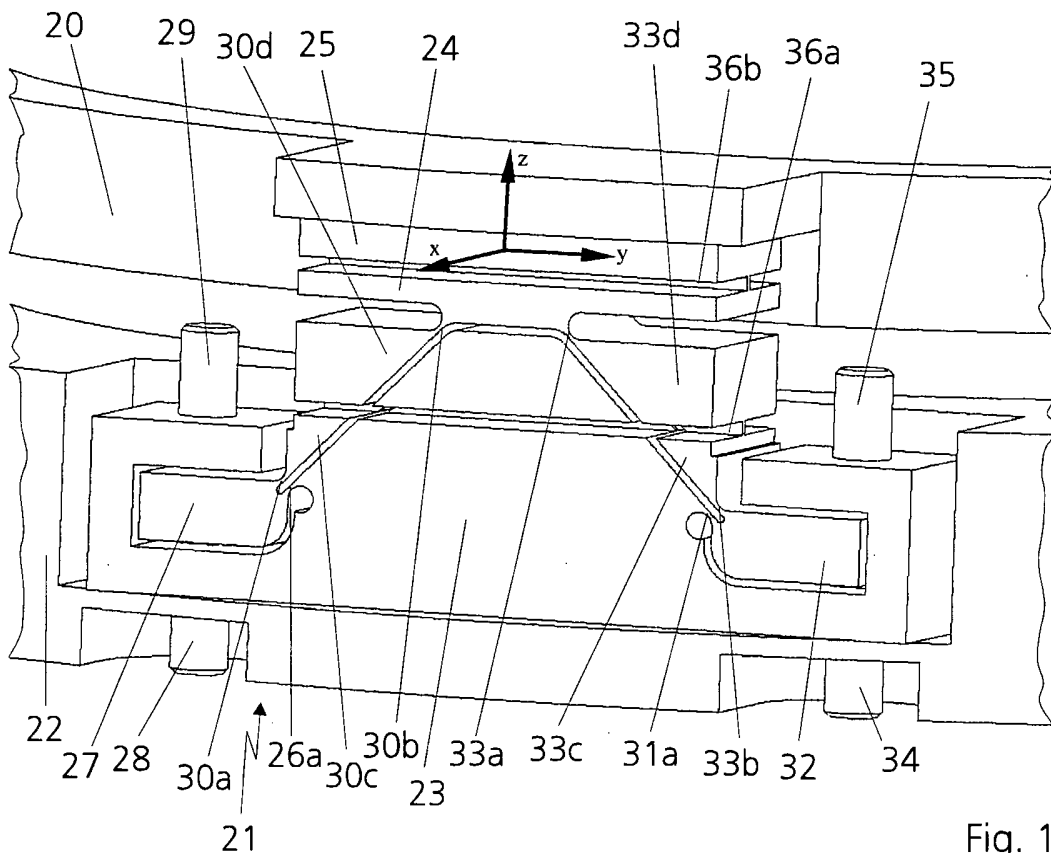


Fig. 16

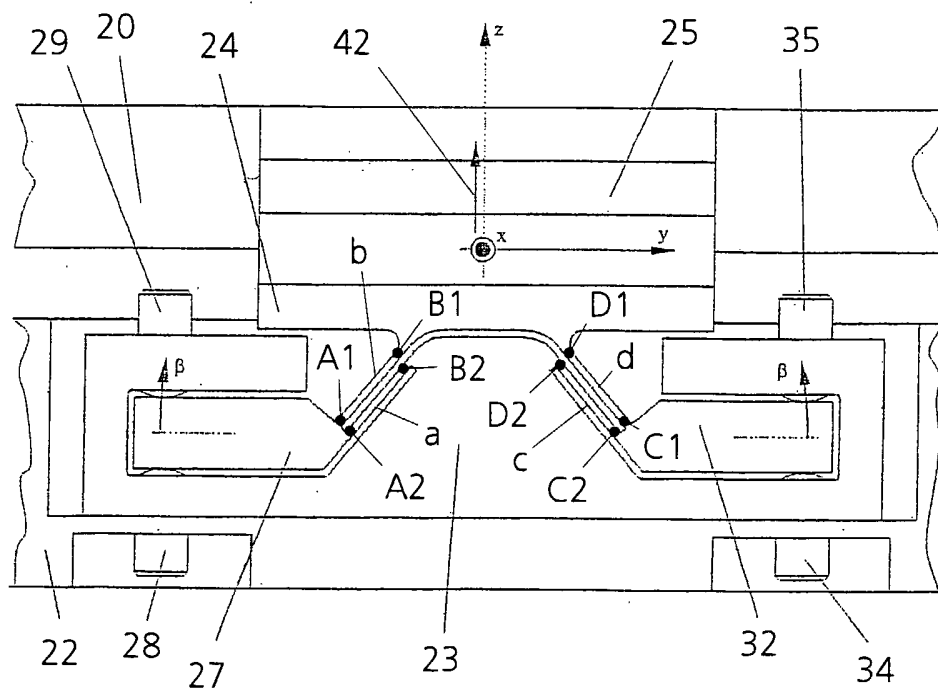


Fig. 17

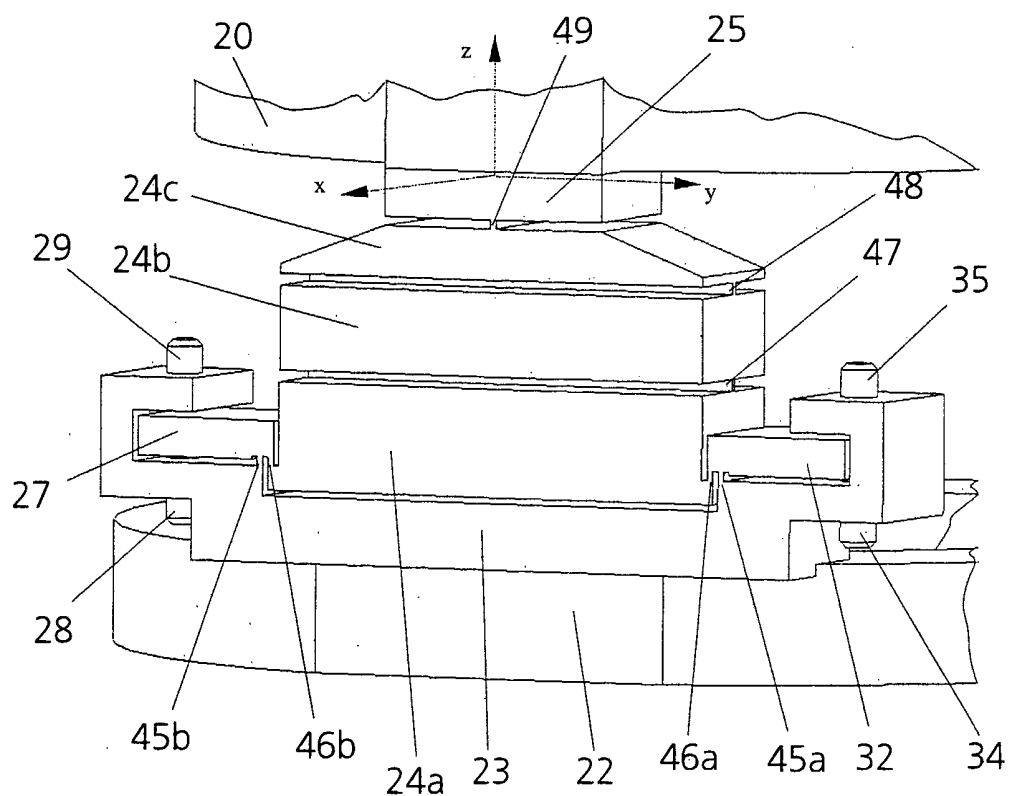


Fig. 18

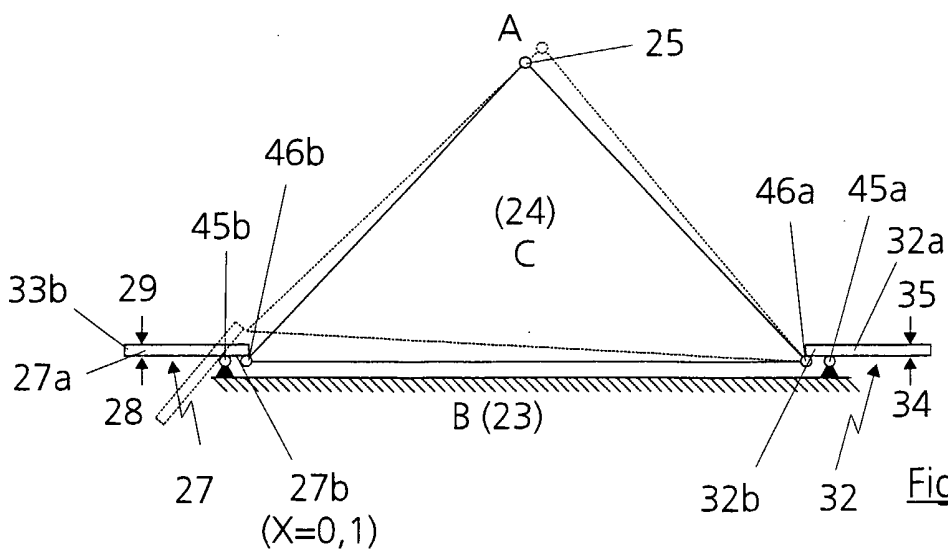


Fig. 19

11/16

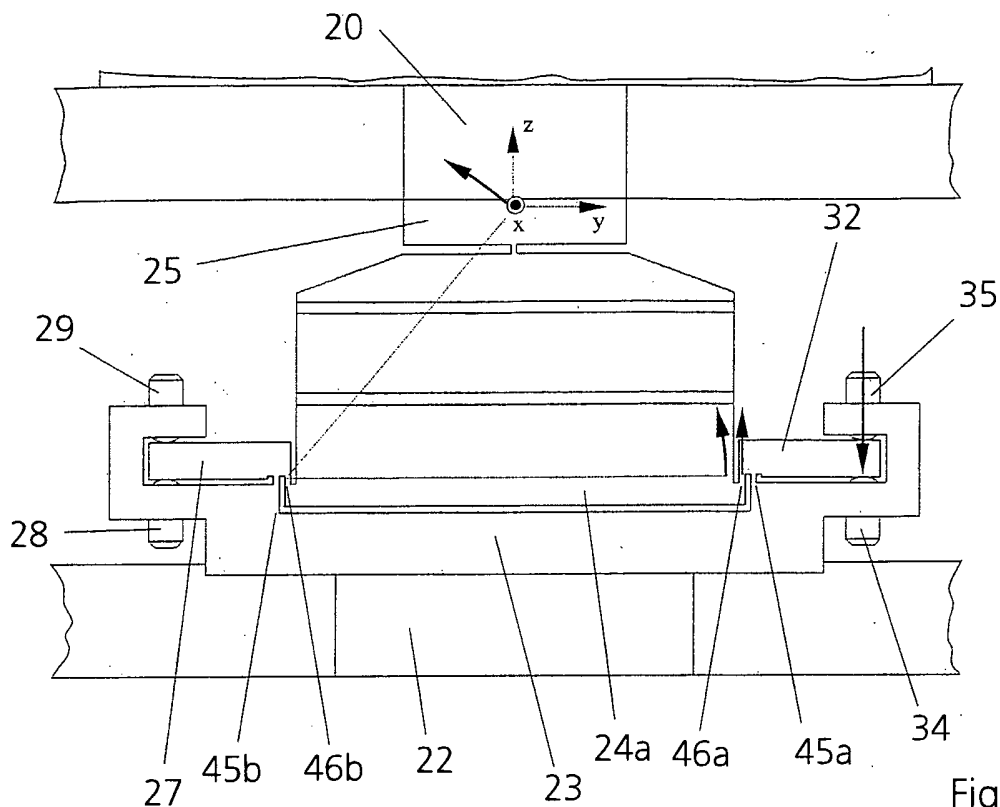


Fig. 20

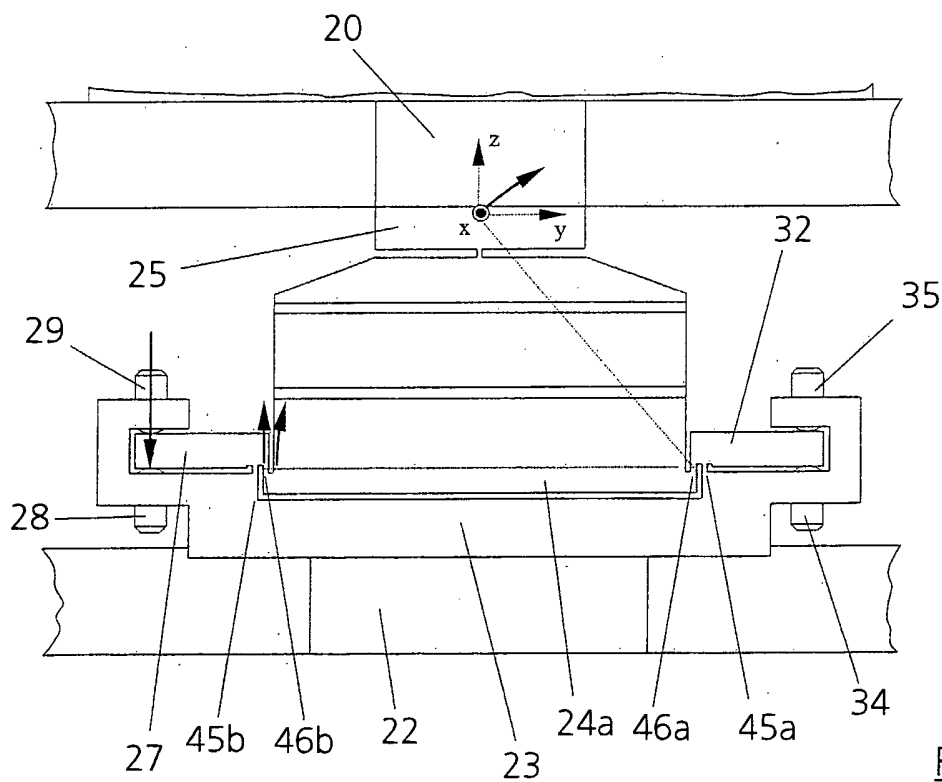
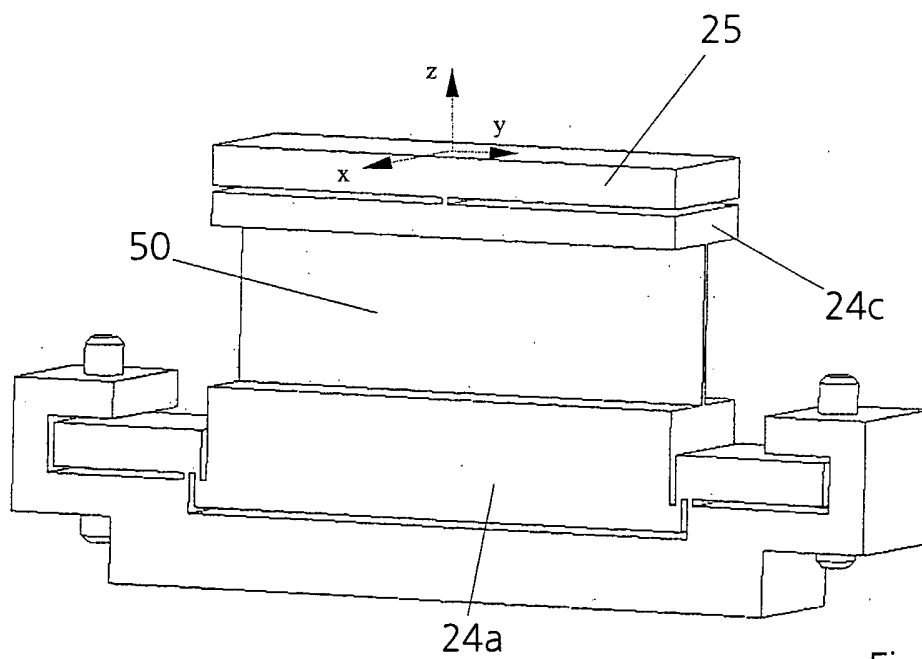
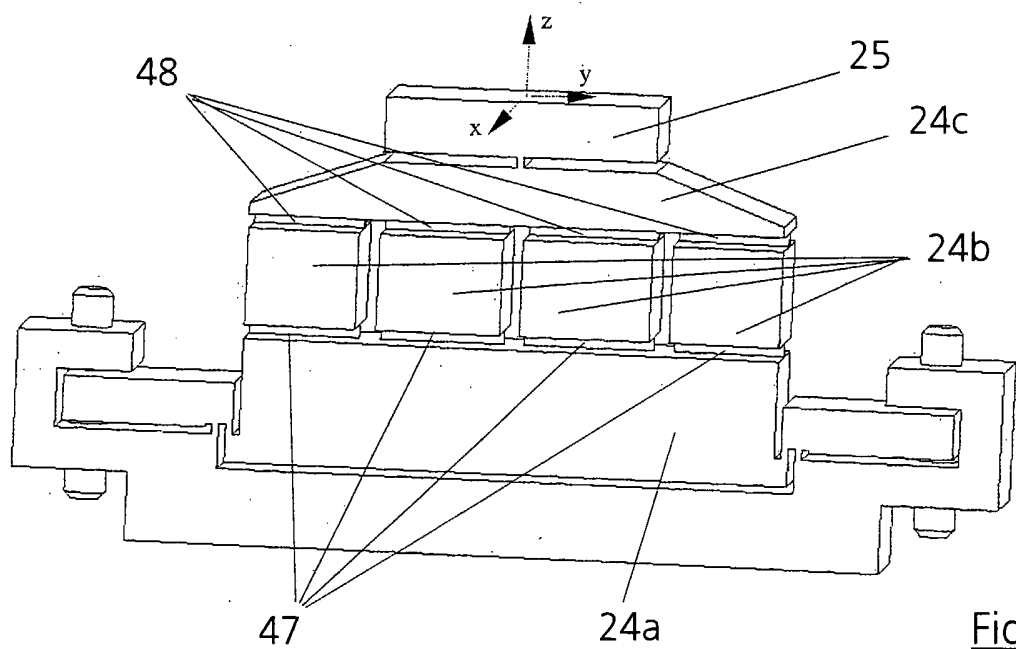


Fig. 21

12/16



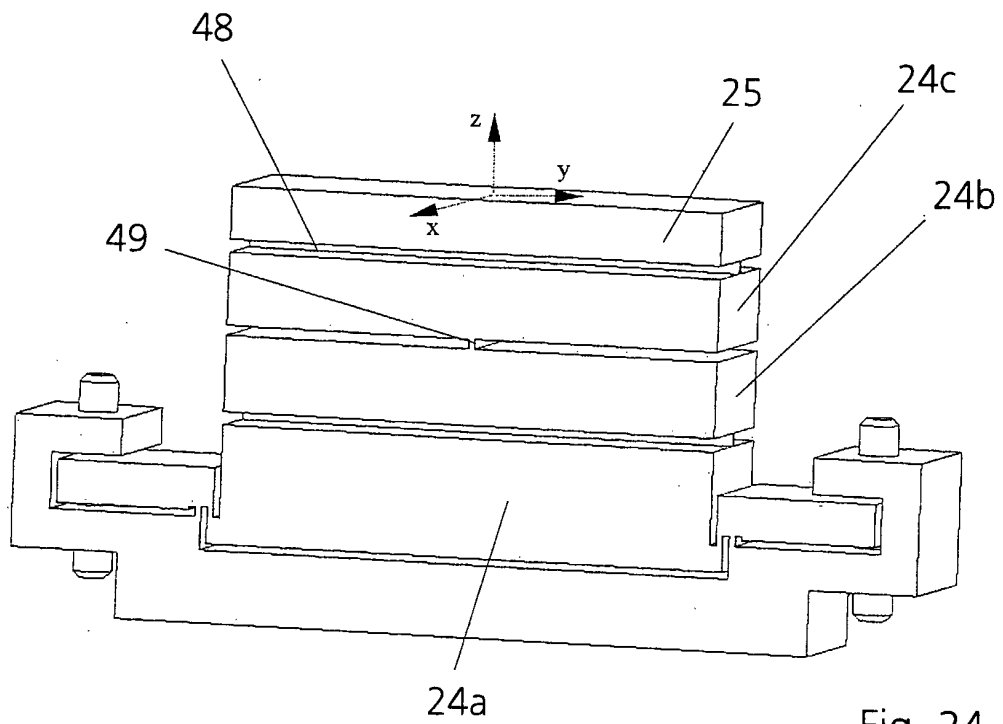


Fig. 24

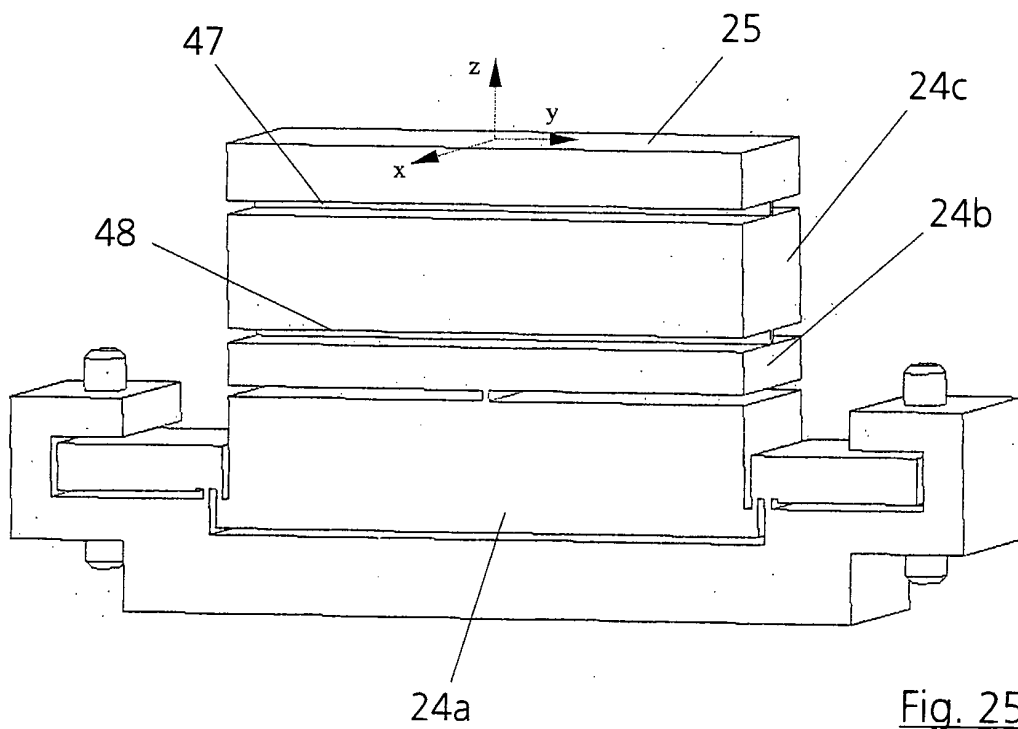


Fig. 25

14/16

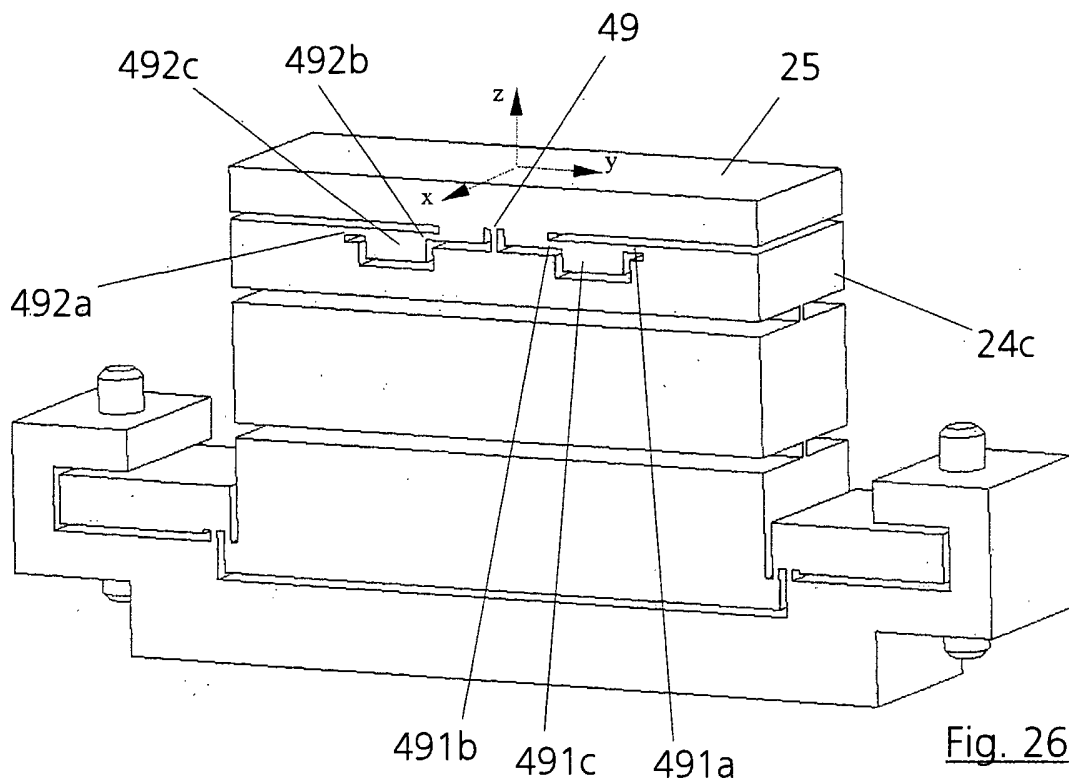


Fig. 26

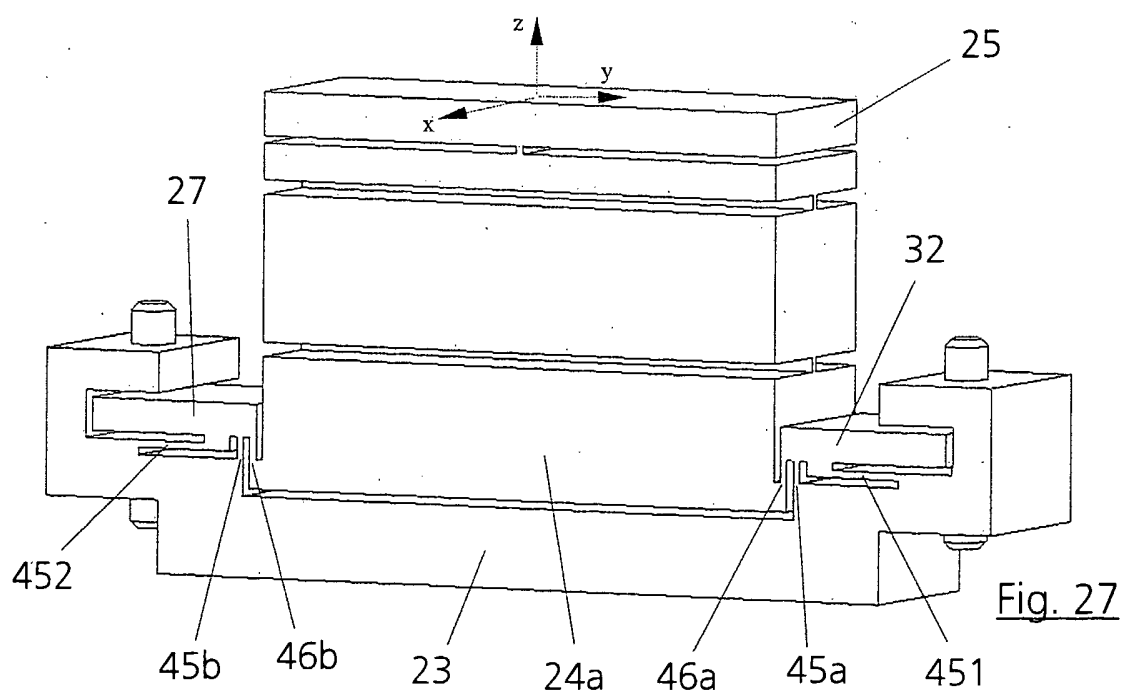


Fig. 27

15/16

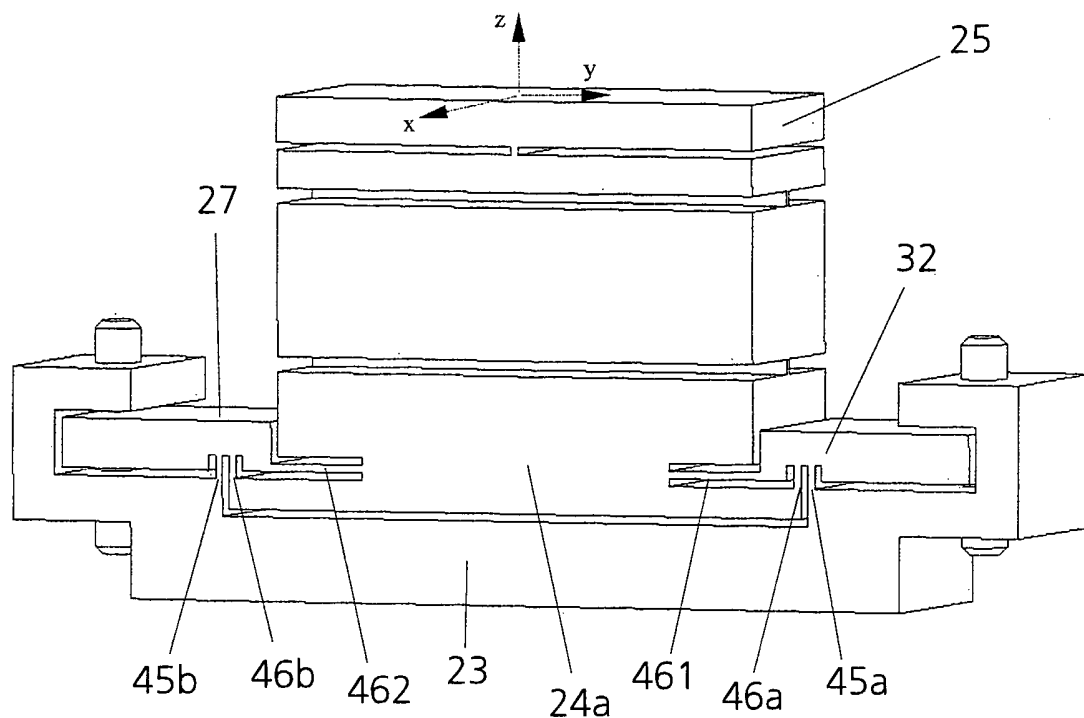


Fig. 28

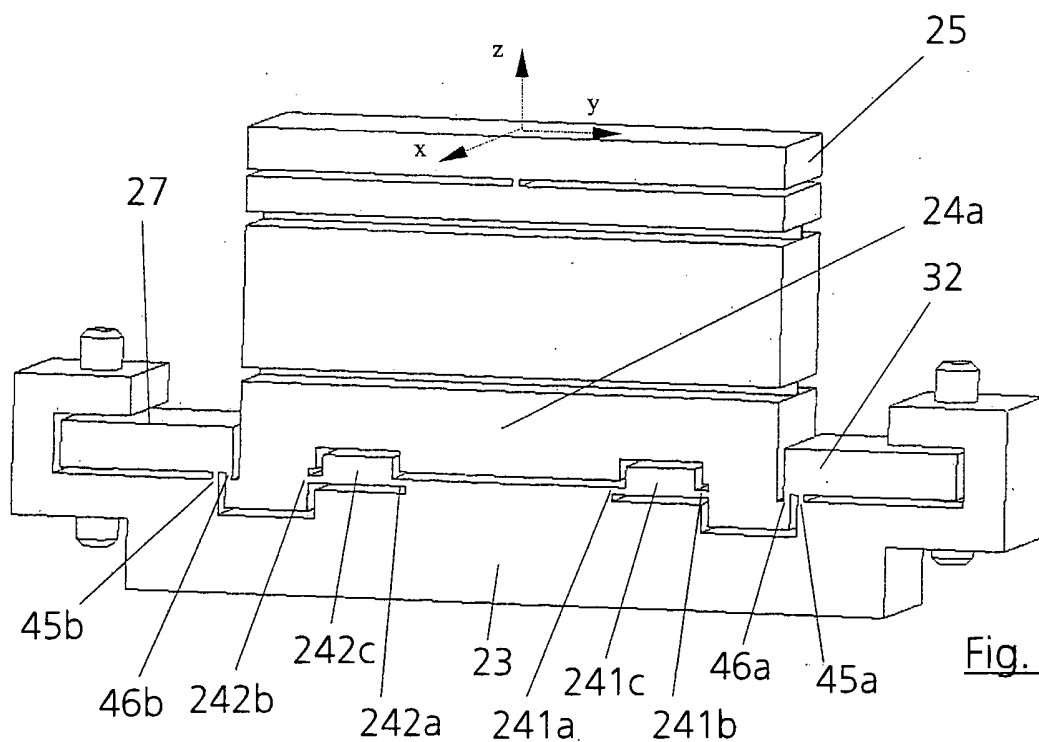
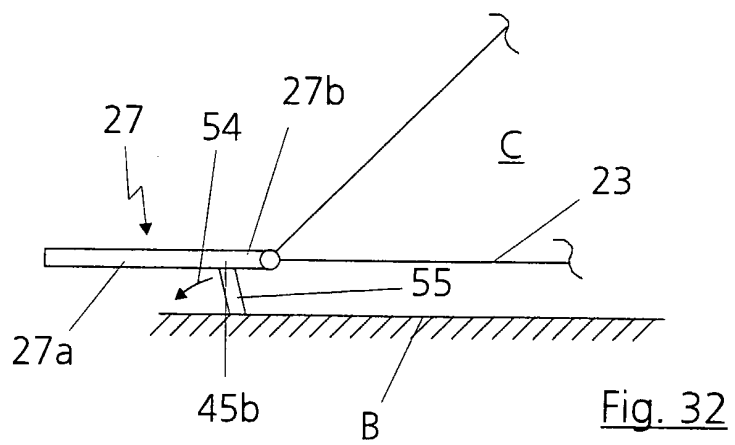
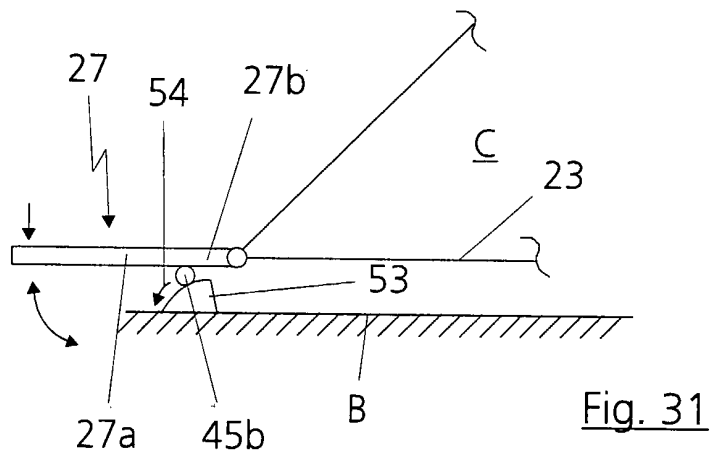
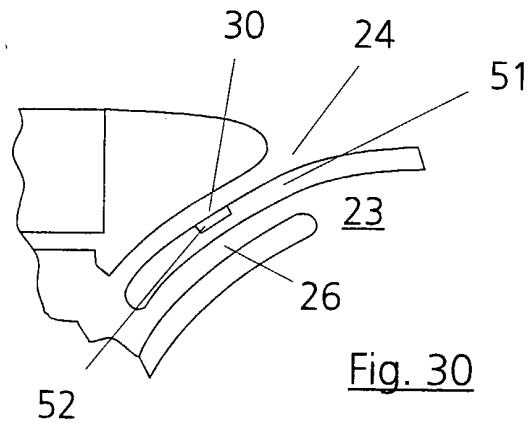


Fig. 29



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC. / L. 2005/006583

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 G02B7/02 G02B7/182 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
 EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102 26 655 A1 (CARL ZEISS SMT AG) 8 January 2004 (2004-01-08) cited in the application paragraphs [0051] - [0060] claim 1 figure 12	1-5,8,9
X	WO 03/016976 A (CARL ZEISS SEMICONDUCTOR MANUFACTURING TECHNOLOGIES AG; BECK, KLAUS; G) 27 February 2003 (2003-02-27) page 8, line 36 - page 9, line 10 page 11, lines 12-23 figures 4,8	1-5,8,9
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "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 when the document is taken alone
- "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

Date of the actual completion of the international search  1 August 2005	Date of mailing of the international search report  25. 10. 2005
--	--

Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Verdrager, V
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/JP2005/006583

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102 12 547 A1 (CARL ZEISS SMT AG) 2 October 2003 (2003-10-02) paragraphs [0047] - [0057] paragraphs [0061] - [0064] figures 5,8 -----	1
A	US 2002/085292 A1 (BECKER JOCHEN ET AL) 4 July 2002 (2002-07-04) paragraph [0017] figures 1-3 -----	1

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims: 1-9

Positioning unit with at least two levers and their respective lever bearings and joints, the lever bearings and articulations having approximately parallel rotational axes located approximately in one plane.

---

2. Claims: 10-45

Device with at least two actuating elements with their first and second intermediate parts, wherein the first and second intermediate parts can each rotate about an axis perpendicular to a z axis.

---

3. Claim: 46

Positioning unit with at least two levers and their respective lever bearings and articulations, a lever bearing and/or an articulation carrying out a rolling movement.

---

4. Claims: 47, 48

Positioning unit with at least two levers and their respective lever bearings and articulations, with a reinforcing link joint situated between two levers.

---

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/006583

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
DE 10226655	A1	08-01-2004	AU 2003242653 A1	31-12-2003
			WO 03107095 A1	24-12-2003
			EP 1514158 A1	16-03-2005
			US 2003231412 A1	18-12-2003
-----				
WO 03016976	A	27-02-2003	DE 10140608 A1	06-03-2003
			US 2004174619 A1	09-09-2004
-----				
DE 10212547	A1	02-10-2003	AU 2003209739 A1	08-10-2003
			WO 03081337 A2	02-10-2003
			EP 1485762 A2	15-12-2004
			JP 2005521104 T	14-07-2005
-----				
US 2002085292	A1	04-07-2002	DE 10051706 A1	02-05-2002
			EP 1209501 A2	29-05-2002
			JP 2002139661 A	17-05-2002
-----				

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/006583

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 G02B7/02 G02B7/182 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 G02B G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
 EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 102 26 655 A1 (CARL ZEISS SMT AG) 8. Januar 2004 (2004-01-08) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0051] - [0060] Anspruch 1 Abbildung 12	1-5,8,9
X	----- WO 03/016976 A (CARL ZEISS SEMICONDUCTOR MANUFACTURING TECHNOLOGIES AG; BECK, KLAUS; G) 27. Februar 2003 (2003-02-27) Seite 8, Zeile 36 - Seite 9, Zeile 10 Seite 11, Zeilen 12-23 Abbildungen 4,8 ----- -/--	1-5,8,9

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"g" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. August 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25. 10. 2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Verdrager, V

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 102 12 547 A1 (CARL ZEISS SMT AG) 2. Oktober 2003 (2003-10-02) Absätze [0047] - [0057] Absätze [0061] - [0064] Abbildungen 5,8	1
A	----- US 2002/085292 A1 (BECKER JOCHEN ET AL) 4. Juli 2002 (2002-07-04) Absatz [0017] Abbildungen 1-3 -----	1

## Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1.  Ansprüche Nr. weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2.  Ansprüche Nr. weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
  
3.  Ansprüche Nr. weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

## Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheilichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1.  Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2.  Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
  
3.  Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4.  Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:  
1-9

## Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-9

Positioniereinheit mit wenigstens zweier Hebel mit ihren jeweiligen Hebellager und Gelenke wobei die Hebellager und Gelenke etwa parallele Drehachsen aufweisen, die etwa in einer Ebene liegen.

---

2. Ansprüche: 10-45

Vorrichtung mit wenigstens zweier Stellelementen mit ihren ersten und zweiten Zwischenteile wobei die ersten und zweiten Zwischenteile jeweils um eine Achse senkrecht zu einer z-Achse drehbar sind.

---

3. Anspruch: 46

Positioniereinheit mit wenigstens zweier Hebel mit ihren jeweiligen Hebellager und Gelenke wobei ein Hebellager und/oder ein Gelenk eine Rollbewegung durchführt.

---

4. Ansprüche: 47,48

Positioniereinheit mit wenigstens zweier Hebel mit ihren jeweiligen Hebellager und Gelenke wobei sich zwischen zwei Hebeln eine versteifende Gelenkverbindung befindet.

---

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern: es Aktenzeichen

PCT/EP2005/006583

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10226655 A1	08-01-2004	AU 2003242653 A1 WO 03107095 A1 EP 1514158 A1 US 2003231412 A1	31-12-2003 24-12-2003 16-03-2005 18-12-2003
WO 03016976 A	27-02-2003	DE 10140608 A1 US 2004174619 A1	06-03-2003 09-09-2004
DE 10212547 A1	02-10-2003	AU 2003209739 A1 WO 03081337 A2 EP 1485762 A2 JP 2005521104 T	08-10-2003 02-10-2003 15-12-2004 14-07-2005
US 2002085292 A1	04-07-2002	DE 10051706 A1 EP 1209501 A2 JP 2002139661 A	02-05-2002 29-05-2002 17-05-2002