

(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
27. Oktober 2005 (27.10.2005)

PCT

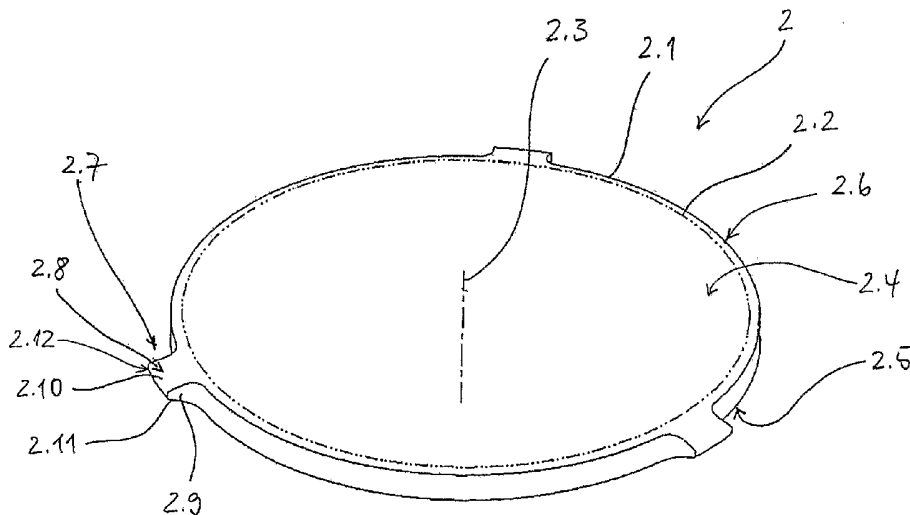
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/101082 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B 7/02**, (72) Erfinder; und
G03F 7/20 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHLETTERER, Thomas** [DE/DE]; An der Eichhalde 17, 89551 Königsbronn (DE). **SORG, Franz** [DE/DE]; Bühlstr. 19, 73447 Oberkochen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/003900
- (22) Internationales Anmeldedatum:
13. April 2005 (13.04.2005) (74) **Anwalt: KARLHUBER, Mathias**; Cohausz & Florack, Bleichstr. 14, 40211 Düsseldorf (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (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, 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.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2004 018 656.1 13. April 2004 (13.04.2004) DE
- (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SMT AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Str. 22, 73447 Oberkochen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTICAL ELEMENT

(54) Bezeichnung: OPTISCHES ELEMENT



(57) **Abstract:** Disclosed is an optical element, particularly a lens, comprising an element body (2.1) with an optically effective first area (2.2) that is provided with an optical axis (2.3), and an edge area (2.6) which surrounds the element body (2.1) in a circumferential direction thereof and in which at least one first holding zone (2.7) is arranged. Said first holding zone (2.7) encompasses at least one first contact region (2.8) that is embodied so as to cooperate with a first holding device (3) for retaining the element body (2.1). The edge area (2.6) embodies the first contact region (2.8) only to a limited extent in a first circumferential zone that is restricted in the circumferential direction, and/or the edge area (2.6) embodies the first contact region (2.8) in a manner that is limited in the direction of the optical axis (2.3) only on two contact surfaces (2.10, 2.11) of the element body (2.1) which are spaced apart in the direction of the optical axis (2.3) and are disposed in the area of a circumferential outer edge (2.16, 2.17) of the element body (2.1), respectively, at least one of said contact surfaces (2.10, 2.11) extending at least in part in the direction of the optical axis (2.3).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/101082 A2



(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).

Veröffentlicht:

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

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

(57) **Zusammenfassung:** Optisches Element, insbesondere Linse, umfassend einen Elementkörper (2.1) mit einem optisch wirkenden ersten Bereich (2.2), der eine optische Achse (2.3) aufweist, und einem in einer Umfangsrichtung des Elementkörpers (2.1) umlaufenden Randbereich (2.6), in dem wenigstens ein erster Haltebereich (2.7) angeordnet ist, wobei der erste Haltebereich (2.7) wenigstens einen ersten Kontaktbereich (2.8) aufweist, der zum Zusammenwirken mit einer ersten Halteeinrichtung (3) zum Halten des Elementkörpers (2.1) ausgebildet ist, und wobei der Randbereich (2.6) den ersten Kontaktbereich (2.8) in Umfangsrichtung des Elementkörpers (2.1) begrenzt nur an einem in Umfangsrichtung begrenzten ersten Umfangsbereich ausbildet und/oder wobei der Randbereich (2.6) den ersten Kontaktbereich (2.8) in Richtung der optischen Achse (2.3) begrenzt nur an zwei in Richtung der optischen Achse (2.3) beabstandeten Kontaktflächen (22.10, 22.11) des Elementkörpers (2.1) ausbildet, die jeweils im Bereich einer umlaufenden Außenkante (42.16, 42.17) des Elementkörpers (2.1) angeordnet sind und von denen sich zumindest eine teilweise in Richtung der optischen Achse (2.3) erstreckt.

Optisches Element

Hintergrund der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches Element sowie eine optische Anordnung, die ein solches optisches Element umfasst. Die Erfindung lässt sich im Zusammenhang mit der bei der Herstellung mikroelektronischer Schaltkreise verwendeten Mikrolithographie einsetzen. Sie betrifft daher weiterhin einen Objektivtubus, der sich insbesondere für die Anwendung in einer Mikrolithographieeinrichtung eignet, sowie eine in solchen Objektivtubus umfassende Mikrolithographieeinrichtung.

Für eine Vielzahl optischer Anwendungen, insbesondere aber im Bereich der oben erwähnten Mikrolithographie, ist es erforderlich, die verwendeten optischen Elemente, also beispielsweise Linsen oder Planparallelplatten, mit möglichst hoher Präzision im Raum zu positionieren. Vor allem müssen dabei in der Regel mehrere solcher optischen Elemente mit entsprechender Genauigkeit relativ zueinander positioniert werden. Infolge der immer weiter fortschreitenden Miniaturisierung der herzustellenden mikroelektronischen Schaltkreise besteht ein ständiger Bedarf, die Auflösung der bei der Herstellung verwendeten optischen Systeme zu erhöhen.

Mit der erhöhten Auflösung steigen unter anderem auch die Anforderungen an die Genauigkeit der verwendeten optischen Elemente selbst. Diese muss im eingebauten Zustand über die gesamte Betriebsdauer möglichst weit gehend aufrechterhalten werden. Dabei ist es insbesondere erforderlich, das optische Element auch während des Betriebs möglichst spannungsarm zu halten, um durch Verformung des optischen Elements bedingte Abbildungsfehler zu vermeiden. Weiterhin besteht in diesem Zusammenhang der Bedarf, ein möglichst günstiges dynamisches Verhalten des verwendeten optischen Systems mit möglichst hohen Eigenfrequenzen zu erzielen.

Um eine spannungsarme Halterung eines solchen optischen Elements zu erzielen, ist es aus der US 2002/1063741 A1 bekannt, eine Linse über drei an einem ringförmigen Rahmen angeordnete Halteelemente zu halten. Die Halteelemente umgreifen dabei jeweils einen am Umfang der Linse umlaufenden Absatz mit senkrecht zu optischen Achse angeordneten Kontaktflächen. Das jeweilige Halteelement klemmt den Absatz in Richtung der

optischen Achse über die Kontaktflächen in zwei in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Bereichen. Um die Einleitung von Verformungen des Rahmens über die beiden beabstandeten Klemmbereiche in die Linse zu vermeiden, ist eine Lagerung des Halteelements am Rahmen vorgesehen, die entsprechende Freiheitsgrade zur Verfügung stellt.

5 Diese Gestaltung hat zum einen den Nachteil, dass eine vergleichsweise aufwändige Lagerung des jeweiligen Halteelements erforderlich ist. Zum anderen muss für die Herstellung der Kontaktflächen ein vergleichsweise großer Bereich der Linse mit entsprechend hohem Aufwand bearbeitet werden, um eine ausreichende Genauigkeit der Kontaktbereiche sicherzustellen.

10 Aus der DE 101 39 805 C1 ist weiterhin eine Halterung für eine Linse bekannt, bei der drei am Umfang der Linse verteilte Halteelemente radial in eine am Umfang der Linse umlaufende V-förmige Ringnut eingreifen. Die Halteelemente liegen dabei mit einer gewissen Vorspannung an der Linse an und halten diese hierdurch sowohl in Richtung der optischen Achse als auch in Umfangsrichtung und in radialer Richtung. Die definierte Vorspannung
15 wird dabei durch eine in radialer Richtung federnde Gestaltung eines der Halteelemente erzielt.

Auch diese Gestaltung weist zum einen den Nachteil auf, dass für die umlaufende V-förmige Ringnut ein vergleichsweise großer Bereich der Linse mit entsprechend hohem Aufwand bearbeitet werden muss, um eine ausreichende Genauigkeit der Kontaktbereiche
20 sicherzustellen. Ein weiterer Nachteil der Gestaltung liegt in der Tatsache, dass sie sich zum einen für dünne Linsen nur bedingt eignet und zum anderen wegen der Gefahr von Ausbrüchen an der Linse ein erhöhter Fertigungsaufwand erforderlich ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein optisches Element bzw. eine optische Anordnung der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen, welches
25 bzw. welche die oben genannten Nachteile nicht oder zumindest in geringerem Maße aufweist und insbesondere bei einfacher Herstellbarkeit eine möglichst spannungsarme Halterung ermöglicht.

Kurze Zusammenfassung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe durch ein optisches Element mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Sie löst diese Aufgabe weiterhin durch eine optische Anordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 14.

5 Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass bei einfacher Herstellbarkeit eine spannungsarme Halterung des optischen Elements möglich ist, wenn die Bearbeitung des optischen Elements zur Herstellung der Kontaktbereiche mit der zugeordneten Halteeinrichtung in Umfangsrichtung begrenzt und zusätzlich oder alternativ in Richtung der optischen Achse begrenzt an den einfach zu bearbeitenden umlaufenden Außenkanten des
10 optischen Elements erfolgt. Es müssen hierbei dann nur die tatsächlich für den Kontakt verwendeten Kontaktbereiche einer entsprechend aufwändigen Bearbeitung unterzogen werden, wodurch sich der Aufwand für die Herstellung des Haltebereichs an dem optischen Element deutlich reduziert.

Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein optisches Element, insbesondere
15 eine Linse, umfassend einen Elementkörper mit einem optisch wirksamen ersten Bereich, der eine optische Achse aufweist, und einem in einer Umfangsrichtung des Elementkörpers umlaufenden Randbereich, in dem wenigstens ein erster Haltebereich angeordnet ist. Der erste Haltebereich weist wenigstens einen ersten Kontaktbereich auf, der zum Zusammenwirken mit einer ersten Halteeinrichtung zum Halten des Elementkörpers ausgebildet ist.
20 Der Randbereich bildet den ersten Kontaktbereich in Umfangsrichtung des Elementkörpers begrenzt nur an einem in Umfangsrichtung begrenzten ersten Umfangsbereich aus. Zusätzlich oder alternativ bildet der Randbereich den ersten Kontaktbereich in Richtung der optischen Achse begrenzt nur an zwei in Richtung der optischen Achse beabstandeten Kontaktflächen des Elementkörpers aus, die jeweils im Bereich einer umlaufenden Außen-
25 kante des Elementkörpers angeordnet sind und von denen sich zumindest eine teilweise in Richtung der optischen Achse erstreckt.

Durch die Begrenzung des ersten Kontaktbereichs in Umfangsrichtung wird erreicht, dass der erste Kontaktbereich nicht über den gesamten Umfang des Elementkörpers hergestellt werden muss. So muss beispielsweise eine entsprechende Bearbeitung des Elementkörpers zur Herstellung des ersten Kontaktbereichs nicht über seinen den gesamten Umfang
30

erfolgen. Hierdurch verringert sich der Aufwand für die Herstellung des ersten Kontaktbereichs gegebenenfalls erheblich.

Gleiches wird durch die Begrenzung des ersten Kontaktbereichs in Richtung der optischen Achse und seine Beschränkung auf zwei im Bereich einer umlaufenden Außenkante des Elementkörpers angeordnete Kontaktflächen erreicht. Die Erstreckung zumindest einer der Kontaktflächen teilweise in Richtung der optischen Achse ermöglicht dabei eine Gestaltung der Kontaktzone zwischen der ersten Halteeinrichtung und der Linse als sich selbst einstellende Klemmpaarung, bei der eine vorwiegend in radialer Richtung gerichtete Haltekraft in die Linse eingeleitet wird. Durch die sich selbst einstellende Klemmpaarung werden z. B. Niveauunterschiede zwischen den ersten Halteeinrichtungen schon in der Kontaktzone zwischen der ersten Halteeinrichtung und der Linse ausgeglichen, sodass sich eine aufwändige Lagerung der ersten Halteeinrichtungen erübrigt. Hierdurch wird mit anderen Worten insgesamt eine einfache, möglichst verspannungsfreie Halterung der Linse ermöglicht.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine optische Anordnung mit einem erfindungsgemäßen optischen Element und einer ersten Halteeinrichtung, die mit einem ersten Haltebereich des optischen Elements zusammenwirkt.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Objektivtubus, insbesondere ein Objektivtubus für eine Mikrolithographieeinrichtung, mit wenigstens einem optischen Modul, das eine erfindungsgemäße optische Anordnung umfasst.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist schließlich eine Mikrolithographieeinrichtung zum Transferieren eines auf einer Maske gebildeten Musters auf ein Substrat mit einem optischen Projektionssystem, das einen erfindungsgemäßen Objektivtubus umfasst.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen bzw. der nachstehenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, welche auf die beigelegten Zeichnungen Bezug nimmt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- Figur 1 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung mit einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements;
- 5 Figur 2 ist eine schematische perspektivische Darstellung des optischen Elements aus Figur 1;
- Figur 3 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer ersten Halteeinrichtung aus Figur 1;
- 10 Figur 4 ist eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mikrolithographieeinrichtung mit einem erfindungsgemäßen Objektivtubus;
- Figur 5 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements;
- 15 Figur 6 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements;
- Figur 7 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements;
- Figur 8 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements;
- 20 Figur 9 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung mit dem optischen Element aus Figur 2;
- Figur 10 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung mit einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements;
- 25

- Figur 11 ist ein schematischer Teilschnitt durch die optische Anordnung aus Figur 10 entlang Linie XI-XI;
- Figur 12 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer ersten Halteeinrichtung aus Figur 10;
- 5 Figur 13 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer ersten Halteeinrichtung für eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- Figur 14 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- 10 Figur 15 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- Figur 16 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- 15 Figur 17 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- Figur 18 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- Figur 19 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- 20 Figur 20 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- Figur 21 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- 25 Figur 22 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine erste Halteeinrichtung für eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;

- Figur 23 ist ein schematischer Teilschnitt durch eine erste Halteeinrichtung für eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- Figur 24 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer ersten Halteeinrichtung für eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- Figur 25 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer ersten Halteeinrichtung für eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung;
- Figur 26 ist eine schematische Schnittdarstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung mit einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 zunächst eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung 1 mit einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements 2 beschrieben.

Figur 1 zeigt dabei eine schematische perspektivische Darstellung der optischen Anordnung 1 mit dem optischen Element in Form einer Linse 2. Die Linse 2 wird über drei gleichmäßig an ihrem Umfang verteilte erste Halteeinrichtungen 3 an einer Rahmeneinrichtung in Form einer Fassung 4 abgestützt.

Die Linse 2 weist einen Elementkörper in Form eines Linsenkörpers 2.1 auf. Der Linsenkörper 2.1 umfasst einen optisch wirksamen ersten Bereich 2.2 mit einer optischen Achse 2.3. Dieser bezüglich der optischen Achse 2.3 rotationssymmetrische optisch wirksame Bereich 2.2 wird zu beiden Seiten der Linse 2 jeweils durch eine entsprechende optisch wirksame Fläche 2.4 bzw. 2.5 des Linsenkörpers 2.1 definiert.

Die Linse 2 weist einen radial nach außen an den optisch wirksamen ersten Bereich 2.2 anschließenden in Umfangsrichtung der Linse 2 umlaufenden Randbereich 2.6 auf. Die

Umfangsrichtung der Linse 2 liegt dabei in einer senkrecht zu der optischen Achse 2.3 ausgerichteten Ebene.

In dem Randbereich 2.6 sind drei identische erste Haltebereiche 2.7 gleichmäßig am Umfang des Linsenkörpers 2.1 verteilt angeordnet. Jeder Haltebereich 2.7 weist einen ersten Kontaktbereich 2.8 auf, der mit der zugeordneten ersten Halteeinrichtung 3 zusammen-
5 wirkt, um die Linse 2 zu halten. Der jeweilige erste Kontaktbereich 2.8 ist an einem sich radial von der optischen Achse weg erstreckenden ersten Vorsprung 2.9 ausgebildet. Dieser erste Vorsprung 2.9 erstreckt sich in Umfangsrichtung der Linse 2 über einen begrenzten ersten Umfangsbereich. Dieser erste Umfangsbereich erstreckt sich über einen Winkelbereich von etwa 15°. Der erste Umfangsbereich erstreckt sich somit nur über etwa
10 4,2% des Umfangs des Linsenkörpers 2.1.

Die ersten Vorsprünge 2.9 werden hergestellt, indem in Umfangsrichtung zwischen ihnen liegendes Material des Linsenkörpers entfernt wurde. Dies kann beispielsweise durch Fräsen, Schleifen oder eine andere Material abtragende Bearbeitung des Linsenkörpers 2.1
15 erfolgen. Hierbei kann in vorteilhafter Weise ein Verfahren verwendet werden, welches Oberflächen mit einer geringeren Oberflächengüte erzeugt als sie für den ersten Kontaktbereich erforderlich ist. Die ersten Vorsprünge, die man auch als Haltenasen bezeichnen könnte, lassen sich somit vergleichsweise schnell mit geringem Aufwand erzeugen. Der Übergang zwischen dem zylindrischen Randbereich der Linse und dem jeweiligen ersten
20 Vorsprung ist abgerundet, um eine günstige Spannungsverteilung zu erzielen. Es versteht sich jedoch, dass er gegebenenfalls auch scharfkantig und/oder mehrfach abgesetzt ausgebildet sein kann.

Der dann an dem jeweiligen ersten Vorsprung 2.9 auszubildende Kontaktbereich erfordert zwar eine höhere Oberflächengüte. Durch die vergleichsweise kleine hierfür zu bearbeitende Oberfläche des Linsenkörpers 2.1 an dem jeweiligen Vorsprung 2.9 verringert sich der
25 Aufwand hierfür jedoch erheblich.

Ein weiterer Vorteil dieser Lösung liegt in der durch das Entfernen des Linsenmaterials verringerten Masse der Linse 2. So kann das Linsenmaterial bis nahe an den optisch wirksamen Bereich 2.2 heran entfernt werden, wodurch sich eine erhebliche Reduktion der Masse der Linse 2 ergibt. Diese Massenreduktion wirkt sich dank der damit einhergehenden Erhöhung der Eigenfrequenzen der optischen Anordnung 1 positiv auf das dynamische Verhalten der optischen Anordnung 1 aus.
30

Wie Figur 2 zu entnehmen ist, weist der erste Kontaktbereich 2.8 an dem ersten Vorsprung 2.9 eine erste Kontaktfläche 2.10 und eine zweite Kontaktfläche 2.11 auf. Die erste Kontaktfläche 2.10 führt die erste optisch wirksame Fläche 2.4 auf der Oberseite der Linse 2 fort, während die zweite Kontaktfläche 2.11 die zweite optisch wirksame Fläche 2.5 auf der Unterseite der Linse 2 fortführt. Da sowohl die erste optisch wirksame Fläche 2.4 als auch die zweite optisch wirksame Fläche 2.5 zweifach gekrümmt ist, ist auch die erste Kontaktfläche 2.10 und die zweite Kontaktfläche 2.11 jeweils zweifach gekrümmt. Die erste Kontaktfläche 2.10 und die zweite Kontaktfläche 2.11 sind einander abgewandt.

Wie Figur 1 und insbesondere Figur 3 im Detail zu entnehmen ist, weist die erste Halteeinrichtung 3 ein erstes Halteelement 3.1 auf. Das erste Halteelement 3.1 weist einen zweiten Kontaktbereich 3.2 auf, der mit dem ersten Kontaktbereich 2.8 an dem ersten Vorsprung 2.9 der Linse 2 zusammenwirkt. Der zweite Kontaktbereich 3.2 ist als symmetrische V-förmige Nut mit einer ebenen dritten Kontaktfläche 3.3, einer ebenen vierten Kontaktfläche 3.4 und einem verrundeten Nutgrund 3.5 ausgebildet. Die dritte Kontaktfläche 3.3 und die vierte Kontaktfläche 3.4 sind einander zugewandt. Es versteht sich hierbei, dass die Nut bei anderen Varianten der Erfindung aufgrund der Berücksichtigung der Gravitationskraft auch nicht symmetrisch ausgebildet sein kann

Das erste Halteelement 3.1 ist federnd an einem ersten Haltekörper 3.6 angeordnet. Dabei kann es in einer Richtung 3.7 federn, die zumindest annähernd senkrecht zur optischen Achse 2.3 verläuft. In Richtung der optischen Achse 2.3 ist das erste Halteelement 3.1 im Wesentlichen starr an dem ersten Haltekörper 3.6 angeordnet. Dies wird durch die mittige Anordnung des ersten Halteelements 3.1 an einem zweiseitig eingespannten Biegebalken 3.8 erreicht. Dieser Biegebalken 3.8 ist wiederum durch einen in Richtung der optischen Achse 2.3 durchgehenden langgestreckten Schlitz 3.9 im ersten Haltekörper 3.6 ausgebildet.

Das jeweilige erste Halteelement 3.1 liegt mit seinem zweiten Kontaktbereich 3.2 jeweils mit einer definierten Vorspannung in Richtung der optischen Achse 2.3 an dem zugehörigen ersten Kontaktbereich 2.8 der Linse 2 an. Aufgrund der federnden Gestaltung bleibt diese Vorspannung auch bei thermischer Ausdehnung der Bauteile im Betrieb im Wesentlichen konstant. Mit anderen Worten wird durch diese Gestaltung eine thermische Deformationsentkopplung erzielt. Ein weiterer Vorteil dieser Gestaltung liegt in dem Ausgleich von Fertigungstoleranzen, der hierdurch erzielt wird.

Der Verrundungsradius im Nutgrund 3.5 des Halteelements 3.1 ist kleiner als der Radius am äußeren Ende 2.12 des ersten Vorsprungs 2.9 am Übergang zwischen der ersten Kontaktfläche 2.10 und der zweiten Kontaktfläche 2.11. Die erste Kontaktfläche 2.10 der Linse 2 kontaktiert die dritte Kontaktfläche 3.3 des ersten Halteelements 3.1. Infolge der zweifachen Krümmung der ersten Kontaktfläche 2.10 und der ebenen Gestaltung der dritten Kontaktfläche 3.3 ergibt sich eine im Wesentlichen punktförmige Kontaktstelle. Die zweite Kontaktfläche 2.11 der Linse 2 kontaktiert die vierte Kontaktfläche 3.4 des ersten Halteelements 3.1. Auch hier ergibt sich infolge der zweifachen Krümmung der zweiten Kontaktfläche 2.11 und der ebenen Gestaltung der vierten Kontaktfläche 3.4 eine im Wesentlichen punktförmige Kontaktstelle. Im Sinne der vorliegenden Erfindung soll dabei der Begriff "im Wesentlichen punktförmige Kontaktstelle" so verstanden werden, dass sich bei ideal steifen Kontaktpartnern mit idealer Geometrie ein punktförmiger Kontakt ergeben würde. Tatsächlich ergibt sich natürlich je nach Steifigkeit der Kontaktpartner und deren Abweichung von der Idealgeometrie eine kleine punktartige Kontaktfläche.

Durch diese Kontaktflächenpaarung mit zwei im Wesentlichen punktförmigen Kontaktstellen je Halteinrichtung ergibt sich eine sich selbst einstellende Klemmpaarung. Hierdurch werden z. B. Niveauunterschiede zwischen den ersten Halteinrichtungen 3 schon in der Kontaktzone zwischen der ersten Halteinrichtung 3 und der Linse 2 ausgeglichen, ohne dass es zu einer wesentlichen Einleitung von Verspannungen in die Linse 2 kommt. Dadurch erübrigt sich eine aufwändige Lagerung der ersten Halteinrichtungen 3. Die Halteinrichtungen 3 halten die Linse 2 dabei sowohl formschlüssig und kraftschlüssig in Richtung ihrer optischen Achse 2.1 sowie in radialer Richtung als auch reibschlüssig in Umfangsrichtung der Linse 2.

Durch die beschriebene Gestaltung der Kontaktflächen und die federnde Lagerung der Halteelemente 3.1 ergibt sich der eine vorwiegend in Richtung der optischen Achse 2.3 gerichtete resultierende Haltekraft, die in die Linse 2 eingeleitet wird. Die Deformationen der Linse beschränken sich dabei im Wesentlichen auf den jeweiligen Vorsprung 2.9, und beeinflussen den optisch wirksamen Bereich 2.2 daher nicht nennenswert.

Die Haltekörper 3.6 sind über Stützelemente 5 auf einem umlaufenden Ringflansch 4.1 der Fassung 4 abgestützt. Über diese Stützelemente 5 kann die Relativposition der Haltekörper 3.6 bezüglich des Flansches 4 in Richtung der optischen Achse 2.3 verändert werden. Hierdurch kann die Linse 2 zum einen in Richtung der optischen Achse 2.3 verschoben werden. Die optische Achse 2.3 kann aber auch bezüglich der Ebene des Ringflansches 4.1 verkippt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Fassung 4 aus einem Werkstoff besteht, der zumindest annähernd den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie das optische Element hat. Ideal wäre z. B. die Paarung Quarz-Invar. Dadurch kommt es zu keinen thermisch bedingten unterschiedlichen Ausdehnungen. Die radiale Federwirkung der Halteeinrichtungen dient dann nur noch zum Ausgleich der Fertigungstoleranzen. Damit kann das für die Erzielung des Kraftschlusses erforderliche Kraftniveau innerhalb der Fassung reduziert werden, was sich positiv auf die Deformationen des optischen Elements auswirkt. Das optische Element wird dann in allen Raumrichtungen weitestgehend formschlüssig gehalten.

Im einfachsten Fall umfasst das jeweilige Stützelement 5 ein oder mehrere austauschbare Distanzelemente, so genannte Spacer, deren Dicke je nach der gewünschten Positionierung der Linse 2 gewählt wird. Ebenso kann das jeweilige Stützelement 5 beliebige passive und/oder aktive Stelleinrichtungen umfassen. Bei den passiven Stelleinrichtungen kann es sich beispielsweise um Differentialschrauben etc. handeln. Bei den aktiven Stelleinrichtungen kann es sich beispielsweise um Piezoaktuatoren etc. handeln.

Die Verbindung zwischen dem Haltekörper 3.6 und dem Stützelement 5 kann in beliebiger an sich bekannter Weise erfolgen, beispielsweise mittels einer Schraubverbindung, einer Klebeverbindung, einer Lötverbindung, einer Schweißverbindung etc. Ebenso können der Haltekörper 3.6 und das Stützelement 5 monolithisch ausgebildet sein. Die Verstelleinrichtung kann dann in an sich bekannter Weise in eine solche monolithische Struktur mit entsprechenden Festkörpergelenken integriert sein.

Eine Verdrehung der Linse 2 um ihre optische Achse 2.3 ist zum einen bis zu einem bestimmten Grad durch eine entsprechende Verdrehung der Linse 2 bezüglich der ersten Halteeinrichtungen 3 möglich. Um hierbei einen zuverlässigen Kontakt sicherzustellen, übersteigt die Abmessung der Vorsprünge 2.9 in Umfangsrichtung der Linse 2 die Abmessung der Halteelemente in dieser Richtung.

Es versteht sich, dass eine solche Verdrehung der Linse 2 um ihre optische Achse 2.3 im Übrigen auch durch eine entsprechende Verdrehung der ersten Halteeinrichtungen 3 bezüglich des Flansches 4 und, zusätzlich oder alternativ, auch durch eine Verdrehung des Flansches 4 möglich ist. Über den Flansch 4 ist gegebenenfalls auch eine translatorische Verstellung senkrecht zur optischen Achse 2.3 möglich, beispielsweise zur Zentrierung der Linse 2.

Im vorliegenden Beispiel sind sämtliche erste Halteelemente 3.1 federnd gelagert. Es versteht sich jedoch, dass bei anderen Varianten der vorliegenden Erfindung auch nicht alle Halteelemente entsprechend federnd gelagert sein müssen. Vielmehr kann es ausreichen, dass ein einziges Halteelement derart federnd gelagert ist, um die beschriebene Wirkung zu erzielen.

Weiterhin sind im vorliegenden Beispiel sämtliche erste Halteeinrichtungen 3 monolithisch ausgebildet. Es versteht sich jedoch, dass bei anderen Varianten der vorliegenden Erfindung auch vorgesehen sein kann, die ersten Halteeinrichtungen mehrteilig zu gestalten. Dabei kann insbesondere das Material der jeweiligen Komponente funktionsorientiert gewählt sein. So kann beispielsweise das Halteelement aus einem Material hoher Oberflächenhärte gefertigt sein, um eine Dauerhafte Aufnahme des hohen Kontaktdruckes sicherzustellen. Der die Federung des Halteelements sicherstellende Biegebalken kann dann aus einem Material mit entsprechend hoher Elastizität bestehen, während das Material des Haltekörper auf eine gute Ankoppelbarkeit an den Flansch bzw. das Stützelement ausgelegt ist. Die einzelnen Komponenten können dabei in an sich bekannter Weise, beispielsweise mittels einer Schraubverbindung, einer Klebeverbindung, einer Lötverbindung, einer Schweißverbindung etc., miteinander verbunden sein.

Schließlich versteht es sich, dass bei anderen Varianten der vorliegenden Erfindung gegebenenfalls auch eine andere Anzahl von Halteeinrichtungen vorgesehen sein kann. Insbesondere können mehr als drei Halteeinrichtungen vorgesehen sein.

Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mikrolithographieeinrichtung 6. Die Mikrolithographieeinrichtung 6 umfasst ein optisches Projektionssystem 7 mit einem Beleuchtungssystem 8, einer Maske 9 und einem Objektivtubus 10. Das Beleuchtungssystem 8 beleuchtet eine Maske 9. Auf der Maske 9 befindet sich ein Muster, welches über den Objektivtubus 10 auf ein Substrat 11, beispielsweise einen Wafer, projiziert wird.

Der Objektivtubus 10 umfasst eine Serie von optischen Modulen mit optischen Elementen. Das optischen Modul 10.1 umfasst die optische Anordnung 1 aus Figur 1. Die Stützelemente 5 umfassen dabei aktive Stellelemente in Form von Piezoaktuatoren 5.1. Über diese Piezoaktuatoren 5.1 kann die Linse 2, wie bereits erläutert, bezüglich des Flansches 4 in Richtung der optischen Achse 7.1 des Projektionssystems 7 verschoben werden, um ihren Abstand zu den optischen Elementen der benachbarten optischen Module zu verändern. Ebenso kann die optische Achse der Linse 2 hierdurch aber auch bezüglich der optischen

Achse 7.1 verkippt werden. Beides wird durch eine mit den Piezoaktuatoren 5.1 verbundene Steuereinrichtung 7.2 gesteuert und dient in bekannter Weise zur Beeinflussung der Abbildungseigenschaften des Projektionssystems 7.

Figur 5 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements in Form einer Linse 12. Die Linse 12 weist einen Elementkörper in Form eines Linsenkörpers 12.1 auf. Der Linsenkörper 12.1 umfasst einen optisch wirksamen ersten Bereich 12.2 mit einer optischen Achse 12.3.

Die Linse 12 weist einen radial nach außen an den optisch wirksamen ersten Bereich 12.2 anschließenden in Umfangsrichtung der Linse 12 umlaufenden Randbereich 12.6 auf. Die Umfangsrichtung der Linse 12 liegt dabei in einer senkrecht zu der optischen Achse 12.1 ausgerichteten Ebene.

In dem Randbereich 12.6 sind drei identische erste Haltebereiche 12.7 gleichmäßig am Umfang des Linsenkörpers 12.1 verteilt angeordnet. Jeder Haltebereich 12.7 weist einen ersten Kontaktbereich 12.8 auf, der mit einer zugeordneten ersten Halteeinrichtung zusammenwirkt, um die Linse 12 zu halten. Der jeweilige erste Kontaktbereich 12.8 ist an einem sich radial von der optischen Achse weg erstreckenden ersten Vorsprung 12.9 ausgebildet. Dieser erste Vorsprung 12.9 erstreckt sich in Umfangsrichtung der Linse 12 über einen begrenzten ersten Umfangsbereich. Dieser erste Umfangsbereich erstreckt sich über einen Winkelbereich von etwa 72° . Der erste Umfangsbereich erstreckt sich somit nur über etwa 20% des Umfangs des Linsenkörpers 12.1.

Die ersten Vorsprünge 12.9 werden hergestellt, indem in Umfangsrichtung zwischen ihnen liegendes Material des Linsenkörpers entfernt wurde. Dabei wurde jeweils in einem Arbeitsgang einfach eine ebene, zur optischen Achse 12.3 parallele Randfläche 12.12 am Linsenkörper 12.1 erzeugt.

Neben der besonders einfachen Bearbeitung liegt auch hier ein Vorteil in der durch das Entfernen des Linsenmaterials verringerten Masse der Linse 12. So kann das Linsenmaterial bis nahe an den optisch wirksamen Bereich 12.2 heran entfernt werden, wodurch sich eine erhebliche Reduktion der Masse der Linse 12 ergibt. Diese Massenreduktion wirkt sich dank der damit einhergehenden Erhöhung der Eigenfrequenzen positiv auf das dynamische Verhalten einer optischen Anordnung mit der Linse 12 aus.

Figur 6 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements in Form einer Linse 22 mit einem Linsenkörper 22.1 auf. Der Linsenkörper 22.1 umfasst einen optisch wirksamen ersten Bereich 22.2 mit einer optischen Achse 22.3. Die Linse 22 weist einen radial nach außen an den optisch wirksamen ersten Bereich 22.2 anschließenden in Umfangsrichtung der Linse 22 umlaufenden Randbereich 22.6 auf.

In dem Randbereich 22.6 sind drei identische erste Haltebereiche 22.7 gleichmäßig am Umfang des Linsenkörpers 22.1 verteilt angeordnet. Jeder Haltebereich 22.7 weist einen ersten Kontaktbereich 22.8 auf, der mit der zugeordneten ersten Halteeinrichtung zusammenwirkt, um die Linse 22 zu halten. Der jeweilige erste Kontaktbereich 22.8 ist an einem sich radial von der optischen Achse 22.3 weg erstreckenden ersten Vorsprung 22.9 ausgebildet.

Der erste Kontaktbereich 22.8 an dem ersten Vorsprung 22.9 weist eine erste Kontaktfläche 22.10 und eine zweite Kontaktfläche 22.11 auf. Die erste Kontaktfläche 22.10 ist konisch ausgebildet, während die auf der Unterseite der Linse 22 liegende zur optischen Achse 22.3 senkrecht verlaufende zweite Kontaktfläche 22.11 eben ist. Die erste Kontaktfläche 22.10 und die zweite Kontaktfläche 22.11 sind einander abgewandt.

Der erste Vorsprung 22.9 erstreckt sich in Umfangsrichtung der Linse 2 über einen begrenzten ersten Umfangsbereich. Dieser erstreckt sich über einen Winkelbereich von etwa 15° . Der erste Umfangsbereich erstreckt sich somit nur über etwa 4,2% des Umfangs des Linsenkörpers 22.1.

Die Abmessung des ersten Vorsprungs 22.9 in Richtung der optischen Achse 22.3 beträgt weiterhin etwa ein Drittel der Abmessung, die der Elementkörper 22.1 in dem an den ersten Vorsprung 22.9 angrenzenden Bereich in Richtung der optischen Achse aufweist. Mit solchen Vorsprüngen, die in Richtung der optischen Achse etwa dieselbe Abmessung aufweisen, ist es möglich, Linsen unterschiedlichster Abmessungen mit denselben Halteeinrichtungen zu halten.

Die ersten Vorsprünge 22.9 werden hergestellt, indem in Umfangsrichtung zwischen ihnen liegendes Material des Linsenkörpers 22.1 und in Richtung der optischen Achse 22.3 über ihnen liegendes Material entfernt wurde, wie dies oben bereits beschrieben wurde. Der Übergang zwischen dem zylindrischen Randbereich der Linse und dem jeweiligen ersten Vorsprung ist abgerundet, um eine günstige Spannungsverteilung zu erzielen.

Neben der besonders einfachen Bearbeitung liegt auch hier ein Vorteil in der durch das Entfernen des Linsenmaterials verringerten Masse der Linse 22. So kann das Linsenmaterial bis nahe an den optisch wirksamen Bereich 22.2 heran entfernt werden, wodurch sich gerade bei derart dicken Linsen eine erhebliche Reduktion der Masse der Linse 22 ergibt.

5 Diese Massenreduktion wirkt sich dank der damit einhergehenden Erhöhung der Eigenfrequenzen positiv auf das dynamische Verhalten einer optischen Anordnung mit der Linse 22 aus.

Figur 7 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements in Form einer Linse 32 mit
10 einem Linsenkörper 32.1 auf. Der Linsenkörper 32.1 umfasst einen optisch wirksamen ersten Bereich 32.2 mit einer optischen Achse 32.3. Die Linse 32 weist einen radial nach außen an den optisch wirksamen ersten Bereich 32.2 anschließenden in Umfangsrichtung der Linse 32 umlaufenden Randbereich 32.6 auf.

In dem Randbereich 32.6 sind drei identische erste Haltebereiche 32.7 gleichmäßig am
15 Umfang des Linsenkörpers 32.1 verteilt angeordnet. Jeder Haltebereich 32.7 weist einen ersten Kontaktbereich 32.8 auf, der mit der zugeordneten ersten Halteeinrichtung zusammenwirkt, um die Linse 32 zu halten. Der jeweilige erste Kontaktbereich 32.8 ist an einem sich radial von der optischen Achse 32.3 weg erstreckenden ersten Vorsprung 32.9 ausgebildet.

20 Der erste Kontaktbereich 32.8 an dem ersten Vorsprung 32.9 weist eine in Umfangsrichtung verlaufende V-förmige Nut mit einer ersten Kontaktfläche 32.10 und einer zweiten Kontaktfläche 32.11 auf. Die erste Kontaktfläche 32.10 und die zweite Kontaktfläche 32.11 sind eben ausgebildet. Die erste Kontaktfläche 32.10 und die zweite Kontaktfläche 32.11 sind einander zugewandt.

25 Der erste Vorsprung 32.9 erstreckt sich in Umfangsrichtung der Linse 2 über einen begrenzten ersten Umfangsbereich. Dieser erstreckt sich über einen Winkelbereich von etwa 15° . Der erste Umfangsbereich erstreckt sich somit nur über etwa 4,2% des Umfangs des Linsenkörpers 2.1. Die Abmessung des ersten Vorsprungs 32.9 in Richtung der optischen Achse 32.3 beträgt weiterhin etwa 37% der Abmessung, die der Elementkörper 32.1 in dem
30 an den ersten Vorsprung 32.9 angrenzenden Bereich in Richtung der optischen Achse aufweist.

Die ersten Vorsprünge 32.9 werden hergestellt, indem in am Umfang des Linsenkörpers 22.1 zunächst durch Entfernen von Material des Linsenkörpers 22.1 Sockelelemente 32.13 hergestellt werden, wie dies oben bereits beschrieben wurde. Der Übergang zwischen dem zylindrischen Randbereich der Linse und dem jeweiligen ersten Vorsprung 32.9 ist abgerundet, um eine günstige Spannungsverteilung zu erzielen. Auf das jeweilige Sockelelement 32.13 wird dann ein Kontaktblock 32.14 aufgesetzt, der den ersten Kontaktbereich 32.8 ausbildet.

Der Kontaktblock 32.14 kann in beliebiger geeigneter Weise befestigt werden, beispielsweise durch Schweißen, Löten, Kleben, Fusionbonding etc. Er kann aus demselben Material wie der Linsenkörper 32.1 bestehen. Ebenso ist es möglich, ein anderes Material zu verwenden. Vorzugsweise wird ein Material verwendet, welches zumindest annähernd denselben thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie das Material des Linsenkörpers 32.1 aufweist. Bei einem Linsenkörper aus Quarz kann für den Kontaktblock beispielsweise ein Material wie Invar oder dergleichen verwendet werden.

Diese Gestaltung weist den Vorteil auf, dass der Ausgangskörper der Linse 32 einen relativ kleinen Durchmesser aufweisen kann, der den Durchmesser im Bereich der Sockelelemente 32.13, wenn überhaupt, nur um ein geringes Maß übersteigt. Zur Herstellung der Haltebereiche muss dann nur wenig teureres Linsenmaterial entfernt werden, wodurch sich der Herstellungsaufwand reduziert. Die Kontaktflächen 32.10 und 32.11 können einfach vorab an dem Kontaktblock 32.14 erzeugt werden.

Neben der besonders einfachen Bearbeitung liegt auch hier ein Vorteil in der auf ein Minimum reduzierten Masse der Linse 32. So kann das Linsenmaterial bis nahe an den optisch wirksamen Bereich 32.2 heran entfernt sein, wodurch sich gerade bei derart dicken Linsen eine erhebliche Reduktion der Masse der Linse 32 und damit eine Verbesserung des dynamischen Verhaltens einer optischen Anordnung mit der Linse 32 ergibt.

Figur 8 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements in Form einer Linse 42 mit einem Linsenkörper 42.1. Der Linsenkörper 42.1 umfasst einen optisch wirksamen ersten Bereich 42.2 mit einer optischen Achse 42.3. Die Linse 42 weist einen radial nach außen an den optisch wirksamen ersten Bereich 42.2 anschließenden in Umfangsrichtung der Linse 42 umlaufenden Randbereich 42.6 auf.

In dem Randbereich 42.6 sind drei identische erste Haltebereiche 42.7 gleichmäßig am Umfang des Linsenkörpers 42.1 verteilt angeordnet. Jeder Haltebereich 42.7 weist einen ersten Kontaktbereich 42.8 auf, der mit einer zugeordneten ersten Halteeinrichtung zusammenwirkt, um die Linse 42 zu halten. Der jeweilige erste Kontaktbereich 42.8 erstreckt sich in Umfangsrichtung der Linse 42 über einen begrenzten ersten Umfangsbereich. Dieser erste Umfangsbereich erstreckt sich über einen Winkelbereich von etwa 24° und somit nur über etwa 6,7% des Umfangs des Linsenkörpers 42.1.

Der erste Kontaktbereich 42.8 weist eine erste Kontaktfläche 42.10 und eine zweite Kontaktfläche 42.11 auf. Die erste Kontaktfläche 42.10 und die zweite Kontaktfläche 42.11 sind eben ausgebildet. Sie verlaufen jeweils zur optischen Achse 42.3 geneigt, sodass sie sich auch in Richtung der optischen Achse 42.3 erstrecken. Sie sind einander abgewandt und in Richtung der optischen Achse 42.3 voneinander beabstandet. Die erste Kontaktfläche 42.10 ist im Bereich einer ersten umlaufenden Außenkante 42.16 des Linsenkörpers 42.1 angeordnet. Die zweite Kontaktfläche 42.11 ist im Bereich einer zweiten umlaufenden Außenkante 42.17 des Linsenkörpers 42.1 angeordnet. Die Kontaktflächen 42.10 und 42.11 werden besonders einfach in einem einzigen Arbeitsgang hergestellt, in dem Material des Linsenkörpers 42.1 entfernt wird.

Figur 9 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung 1' mit der Linse 2 aus Figur 2. Die optische Anordnung 1' gleicht in ihrem Aufbau und ihrer Funktion prinzipiell der Anordnung 1 aus Figur 1, sodass hier lediglich auf die Unterschiede eingegangen wird. Gleiche Bauteile sind dabei mit gleichen Bezugsziffern versehen.

Der Unterschied besteht darin, dass die Stützelemente 5 mit den die Halteeinrichtungen 3 in Richtung der optischen Achse 2.3 verstellenden Piezoaktuatoren 5.1 nicht an einem Ringflansch der Fassung sondern am Innenumfang der ringförmigen Fassung 4' angeordnet und befestigt sind.

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Figuren 10 bis 12 eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung 1'' mit einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements in Form einer Linse 52 beschrieben. Die optische Anordnung 1'' gleicht in ihrem Aufbau und ihrer Funktion prinzipiell der Anordnung 1 aus Figur 1, sodass hier hauptsächlich auf die Unterschiede eingegangen wird.

Die Linse 52 weist einen Elementkörper in Form eines Linsenkörpers 52.1 auf. Der Linsenkörper 52.1 umfasst einen optisch wirksamen ersten Bereich 52.2 mit einer optischen Achse 52.3. Dieser bezüglich der optischen Achse 52.3 rotationssymmetrische optisch wirksame Bereich 52.2 wird zu beiden Seiten der Linse 52 jeweils durch eine entsprechende optisch wirksame Fläche 52.4 bzw. 52.5 des Linsenkörpers 52.1 definiert.

Die Linse 52 weist einen radial nach außen an den optisch wirksamen ersten Bereich 52.2 anschließenden in Umfangsrichtung der Linse 52 umlaufenden Randbereich 52.6 auf. Die Umfangsrichtung der Linse 52 liegt dabei in einer senkrecht zu der optischen Achse 52.1 ausgerichteten Ebene.

In dem Randbereich 52.6 ist ein am Umfang des Linsenkörpers 52.1 umlaufender erster Kontaktbereich 52.8 angeordnet. Dieser weist zwei umlaufende Kontaktflächen 52.10 und 52.11 auf. Der erste Kontaktbereich 52.8 wirkt mit den drei gleichmäßig am Umfang verteilten Halteeinrichtungen 13 und 14 zusammen, um die Linse 52 zu halten.

Wie insbesondere Figur 11 zu entnehmen ist, weist der erste Kontaktbereich 52.8 eine erste Kontaktfläche 52.10 und eine in Richtung der optischen Achse beabstandete zweite Kontaktfläche 52.11 auf. Die erste Kontaktfläche 52.10 ist im Bereich einer ersten umlaufenden Außenkante 52.16 des Linsenkörpers 52.1 angeordnet. Die zweite Kontaktfläche 52.11 ist im Bereich einer zweiten umlaufenden Außenkante 52.17 des Linsenkörpers 52.1 angeordnet. Die erste Kontaktfläche 52.10 führt die erste optisch wirksame Fläche 52.4 auf der Oberseite der Linse 52 fort, während die zweite Kontaktfläche 52.11 die zweite optisch wirksame Fläche 52.5 auf der Unterseite der Linse 52 fortführt. Die Kontaktflächen 52.10 und 52.11 sind durch einen zylindrischen Randabschnitt 52.18 getrennt.

Die Kontaktflächen 52.10 und 52.11 stellen im in Figur 11 gezeigten Schnitt eine Abrundung der jeweiligen Außenkante 52.16 bzw. 52.17 dar, die sich in dem in Figur 11 gezeigten Schnitt über einen Rundungswinkel von weniger als 90° erstreckt. Sie werden besonders einfach in einem einzigen Arbeitsgang hergestellt, in dem Material des Linsenkörpers 52.1 entfernt wird. Dies kann beispielsweise durch Fräsen, Schleifen oder eine andere Material abtragende Bearbeitung des Linsenkörpers 52.1 erfolgen. Dabei müssen nur die Kontaktflächen 52.10 und 52.11 eine entsprechende Oberflächengüte aufweisen, während der zylindrische Randabschnitt 52.18 mit einem Verfahren hergestellt werden kann, welches Oberflächen mit einer geringeren Oberflächengüte erzeugt als sie für den ersten Kontaktbereich 52.8 erforderlich ist. Die Kontaktflächen 52.10 und 52.11 lassen sich ver-

gleichsweise schnell mit geringem Aufwand mit herkömmlichen Herstellungseinrichtungen erzeugen, die einen Raumwinkel von 90° bearbeiten können.

Da sowohl die erste optisch wirksame Fläche 52.4 als auch die zweite optisch wirksame Fläche 52.5 zweifach gekrümmt ist, ist auch die erste Kontaktfläche 52.10 und die zweite Kontaktfläche 52.11 jeweils zweifach gekrümmt. Die erste Kontaktfläche 52.10 und die zweite Kontaktfläche 52.11 sind einander abgewandt.

Wie Figur 11 und Figur 12 im Detail zu entnehmen ist, weist die erste Halteeinrichtung 13 ein erstes Halteelement 13.1 auf. Das erste Halteelement 13.1 weist einen zweiten Kontaktbereich 13.2 auf, der mit dem ersten Kontaktbereich 52.8 der Linse 52 zusammenwirkt. Der zweite Kontaktbereich 13.2 ist als V-förmige Nut mit einer ebenen dritten Kontaktfläche 13.3, einer ebenen vierten Kontaktfläche 13.4 ausgebildet. Die dritte Kontaktfläche 13.3 und die vierte Kontaktfläche 13.4 sind einander zugewandt.

Das erste Halteelement 13.1 ist federnd an einem ersten Haltekörper 13.6 angeordnet. Dabei kann es in einer Richtung 13.7 federn, die zumindest annähernd senkrecht zur optischen Achse 52.3 verläuft. In Richtung der optischen Achse 52.3 ist das erste Halteelement 13.1 im Wesentlichen starr an dem ersten Haltekörper 13.6 angeordnet. Dies wird durch die mittige Anordnung des ersten Halteelements 13.1 an einem zweiseitig eingespannten Biegebalken 13.8 erreicht. Dieser Biegebalken 13.8 ist wiederum durch einen in Richtung der optischen Achse 52.3 durchgehenden langgestreckten Schlitz 13.9 im ersten Haltekörper 13.6 ausgebildet.

Die zweiten Halteeinrichtungen 14 unterscheiden sich von der ersten Halteeinrichtung 14 lediglich dadurch, dass ihr Halteelement sich über die ganze Breite in Umfangsrichtung erstreckt und nicht federnd gelagert ist. Hierdurch erhöht sich in vorteilhafter Weise die Eigenfrequenz des Systems.

Das erste Halteelement 13.1 liegt mit seinem zweiten Kontaktbereich 13.2 mit einer definierten Vorspannung in Richtung der optischen Achse 52.3 an dem zugehörigen ersten Kontaktbereich 52.8 der Linse 52 an. Aufgrund der federnden Gestaltung bleibt diese Vorspannung auch bei thermischer Ausdehnung der Bauteile im Betrieb im Wesentlichen konstant. Mit anderen Worten wird durch diese Gestaltung eine thermische Deformationsentkopplung erzielt. Ein weiterer Vorteil dieser Gestaltung liegt in dem Ausgleich von Fertigungstoleranzen, der hierdurch erzielt wird.

Die erste Kontaktfläche 52.10 der Linse 52 kontaktiert die dritte Kontaktfläche 13.3 des ersten Halteelements 13.1. Infolge der zweifachen Krümmung der ersten Kontaktfläche 52.10 und der ebenen Gestaltung der dritten Kontaktfläche 13.3 ergibt sich eine im Wesentlichen punktförmige Kontaktstelle. Die zweite Kontaktfläche 52.11 der Linse 52 kontaktiert die vierte Kontaktfläche 13.4 des ersten Halteelements 13.1. Auch hier ergibt sich in-
folge der zweifachen Krümmung der zweiten Kontaktfläche 52.11 und der ebenen Gestaltung der vierten Kontaktfläche 13.4 eine im Wesentlichen punktförmige Kontaktstelle.

Durch diese Kontaktflächenpaarung mit zwei im Wesentlichen punktförmigen Kontaktstellen je Halteeinrichtung ergibt sich eine sich selbst einstellende Klemmpaarung. Hierdurch werden z. B. Niveauunterschiede zwischen der ersten Halteeinrichtung 13 und den zweiten Halteeinrichtungen 14 schon in der jeweiligen Kontaktzone zwischen der Halteeinrichtung 13 bzw. 14 und der Linse 52 ausgeglichen, ohne dass es zu einer wesentlichen Einleitung von Verspannungen in die Linse 52 kommt. Dadurch erübrigt sich eine aufwändige Lagerung der Halteeinrichtungen 13 und 14. Die Halteeinrichtungen 13 und 14 halten die Linse 52 dabei sowohl formschlüssig und kraftschlüssig in Richtung ihrer optischen Achse 52.1 sowie in radialer Richtung als auch reibschlüssig in Umfangsrichtung der Linse 52.

Durch die beschriebene Gestaltung der Kontaktflächen und die federnde Lagerung des Halteelements 13.1 ergibt sich der eine vorwiegend in radialer Richtung gerichtete resultierende Haltekraft, die in die Linse 52 eingeleitet wird.

Die Halteeinrichtungen 13 und 14 sind über Stützelemente 5" auf der Fassung 4" abgestützt. Über diese Stützelemente 5" kann die Relativposition der Haltekörper 13.6 bezüglich des Flansches 4 in Richtung der optischen Achse 52.3 verändert werden. Hierdurch kann die Linse 52 zum einen in Richtung der optischen Achse 52.3 verschoben werden. Die optische Achse 52.3 kann aber auch bezüglich der Ebene der Fassung 4" verkippt werden.

Im einfachsten Fall umfasst das jeweilige Stützelement 5" ein oder mehrere austauschbare Distanzelemente, so genannte Spacer, deren Dicke je nach der gewünschten Positionierung der Linse 52 gewählt wird. Ebenso kann das jeweilige Stützelement 5 beliebige passive und/oder aktive Stelleinrichtungen umfassen. Bei den passiven Stelleinrichtungen kann es sich beispielsweise um Differentialschrauben etc. handeln. Bei den aktiven Stelleinrichtungen kann es sich beispielsweise um Piezoaktuatoren etc. handeln.

Die Verbindung zwischen der Halteeinrichtungen 13 bzw. 14 und dem Stützelement 5" kann in beliebiger an sich bekannter Weise erfolgen, beispielsweise mittels einer Schraub-

verbindung, einer Klebeverbindung, einer Lötverbindung, einer Schweißverbindung etc. Ebenso können die Halteeinrichtungen 13 bzw. 14 und das Stützelement 5" monolithisch ausgebildet sein. Die Verstelleinrichtung kann dann in an sich bekannter Weise in eine solche monolithische Struktur mit entsprechenden Festkörpergelenken integriert sein.

- 5 Eine Verdrehung der Linse 52 um ihre optische Achse 52.3 ist zum einen durch eine entsprechende Verdrehung der Linse 52 bezüglich der Halteeinrichtungen 13 bzw. 14 möglich. Es versteht sich, dass eine solche Verdrehung der Linse 52 um ihre optische Achse 52.3 im Übrigen auch durch eine entsprechende Verdrehung der Halteeinrichtungen 13 und 14 bezüglich des Flansches 4" und, zusätzlich oder alternativ, auch durch eine Verdrehung
10 des Flansches 4" möglich ist.

- Weiterhin sind im vorliegenden Beispiel sämtliche erste Halteeinrichtungen 13 monolithisch ausgebildet. Es versteht sich jedoch, dass bei anderen Varianten der vorliegenden Erfindung auch vorgesehen sein kann, die ersten Halteeinrichtungen mehrteilig zu gestalten, wie dies oben bereits beschrieben wurde. Schließlich versteht es sich, dass bei anderen
15 Varianten der vorliegenden Erfindung gegebenenfalls auch eine andere Anzahl von Halteeinrichtungen vorgesehen sein kann. Insbesondere können mehr als drei Halteeinrichtungen vorgesehen sein.

- Figur 13 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer ersten Halteeinrichtung 23 für eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anord-
20 nung. Die erste Halteeinrichtung 23 unterscheidet sich von der ersten Halteeinrichtung 3 aus Figur 3 lediglich dadurch, dass das erste Halteelement 23.1 mittels eines nur einseitig eingespannten Biegebalkens 23.8 federnd an dem ersten Haltekörper 23.6 angeordnet ist. Der Biegebalken 23.8 ist wiederum durch einen langgestreckten Schlitz 23.9 im ersten Haltekörper 23.6 ausgebildet.

- 25 Die Figuren 14 bis 21 zeigen anhand schematischer Teilschnitte unterschiedliche Möglichkeiten der Kontaktflächenpaarung zwischen dem optischen Element 62, 72, 82, 92, 102, 112, 122 bzw. 132 und der jeweiligen ersten Halteeinrichtung 53, 33, 43, 23, 63, 73, 83 bzw. 93.

- Die Kontaktflächenpaarungen aus Figur 14 und 15 gleichen dabei der Kontaktflächenpaarung, wie sie bei der Linse 32 aus Figur 7 zur Anwendung kommen kann. Sie eignen sich in
30 Übrigen auch bei optischen Elementen mit entsprechender Dicke.

Die Kontaktflächenpaarungen aus Figur 17, 18 und 20 gleichen für eine planparallele Platte 92, 102 bzw. 112 der Kontaktflächenpaarung, wie sie bei der Linse 52 aus Figur 10 zur Anwendung kommen kann. Sie eignen sich in Übrigen auch besonders für dünne optische Elemente. Hierbei versteht es sich, dass im Sinne der vorliegenden Erfindung bei solchen
5 planparallelen Platten oder dergleichen die optische Achse des optischen Elements der Symmetrieachse des optischen Elements entsprechen soll, die senkrecht auf der Ebene steht, in der sich das optische Element hauptsächlich erstreckt.

Die Kontaktflächenpaarung aus Figur 21 gleicht der Kontaktflächenpaarung, wie sie bei der Linse 22 aus Figur 6 zur Anwendung kommen kann. Die Figuren 16 und 19 zeigen Sonderfälle der Kontaktflächenpaarung mit jeweils einer einzigen Kontaktstelle.
10

In allen Fällen versteht es sich, dass durch entsprechende Anpassung der jeweiligen Krümmungen der Kontaktflächen an Stelle einer im Wesentlichen punktförmigen Kontaktstelle auch eine im Wesentlichen linienförmige Kontaktstelle vorgesehen sein kann. Ebenso kann auch eine von vornherein flächige Kontaktstelle vorgesehen sein. Die Kontaktstellen
15 unterschiedlicher Art können dabei auch innerhalb einer Kontaktflächenpaarung beliebig miteinander kombiniert werden.

Die Figuren 22 bis 25 zeigen unterschiedliche Varianten von Halteeinrichtungen 103, 113, 123 bzw. 24 wie sie beispielsweise zum Halten der Linse 32 aus Figur 7 zur Anwendung kommen können.

20 Figur 22 ist ein schematischer Teilschnitt durch die erste Halteeinrichtung 103, bei der das erste Halteelement 103.1 mittels eines einseitig eingespannten Biegebalkens 103.8 in der Richtung 103.7 federnd an dem ersten Haltekörper 103.6 angeordnet ist.

Figur 23 ist ein schematischer Teilschnitt durch die erste Halteeinrichtung 113, bei der das erste Halteelement 113.1 mittels zweier beidseitig eingespannter Biegebalken 113.8 und
25 113.10 in der Richtung 113.7 federnd an dem zweiteiligen ersten Haltekörper 113.6 angeordnet ist. Die Biegebalken 113.8 und 113.10 bilden dabei eine Parallelogrammführung des Halteelements 113.1.

Figur 24 ist eine schematische perspektivische Darstellung der ersten Halteeinrichtung 123, bei der zwei erste Halteelemente 123.1 jeweils mittels zweier parallel angeordneter, beid-
30 endig miteinander verbundener Biegebalken 113.8 und 113.10 an einem einseitig mit dem ersten Haltekörper 123.6 verbundenen Biegebalken verbunden sind. Hierdurch wird neben

der in der Richtung 123.7 federnden Lagerung auch eine Verteilung der Kontaktlasten auf mehrere Kontaktstelle erzielt. Diese Gestaltung eignet sich vor allem für die Halterung optischer Elemente, bei denen sich der erste Haltebereich über eine entsprechende Länge in Umfangsrichtung erstreckt. In einer besonders vorteilhaften Ausführung besteht die erste Halteeinrichtung 123 aus einem Material, welches den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie das optische Element hat. Das hat den Vorteil, dass es bei Temperaturdifferenzen zu keiner Relativbewegung zwischen dem optischen Element und der Halteeinrichtung kommt. Somit treten auch keine mit stick-slip-Effekten und Hystereseeffekten verbundene Reibeffekte an den Kontaktstellen auf. Damit ist diese Lösung hervorragend geeignet für Systeme, bei denen besonders hohe Anforderungen an die Lagestabilität des optischen Elements gestellt sind.

Figur 25 ist schließlich eine schematische perspektivische Darstellung der zweiten Halteeinrichtung 24, bei der das zweite Halteelement 24.1 starr an dem zweiten Haltekörper 24.2 angeordnet ist. Diese zweiten Halteeinrichtung 24 eignet sich für eine Halterung der Linse 32 aus Figur 7 mit nur einer federnden ersten Halteeinrichtung, wie sie grundsätzlich im Zusammenhang mit Figur 10 beschrieben wurde.

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf Figur 26 eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen optischen Anordnung 1''' mit einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Elements in Form einer Linse 142 beschrieben. Figur 26 ist dabei ein zur Umfangsrichtung der Linse 142 tangentialer Teilschnitt durch die Anordnung 1'''. Die optische Anordnung 1''' gleicht in ihrem Aufbau und ihrer Funktion prinzipiell der Anordnung 1 aus Figur 1, sodass hier hauptsächlich auf die Unterschiede eingegangen wird.

Die Linse 142 weist einen Elementkörper in Form eines Linsenkörpers 142.1 auf. Der Linsenkörper 142.1 umfasst einen optisch wirksamen ersten Bereich mit einer optischen Achse 142.3. Dieser bezüglich der optischen Achse 142.3 rotationssymmetrische optisch wirksame Bereich 142.2 wird zu beiden Seiten der Linse 142 jeweils durch eine entsprechende optisch wirksame Fläche des Linsenkörpers 142.1 definiert.

Die Linse 142 weist einen radial nach außen an den optisch wirksamen ersten Bereich anschließenden in Umfangsrichtung der Linse 142 umlaufenden Randbereich auf. Die Umfangsrichtung der Linse 142 liegt dabei in einer senkrecht zu der optischen Achse 142.3 ausgerichteten Ebene.

In dem Randbereich sind drei identische erste Haltebereiche 142.7 gleichmäßig am Umfang des Linsenkörpers 142.1 verteilt angeordnet. Jeder Haltebereich 142.7 weist einen ersten Kontaktbereich 142.8 auf, der mit der zugeordneten ersten Halteeinrichtung 133 zusammenwirkt, um die Linse 142 zu halten. Der jeweilige erste Kontaktbereich 142.8 ist an einem sich radial von der optischen Achse 142.3 weg erstreckenden ersten Vorsprung 142.9 ausgebildet. Dieser erste Vorsprung 142.9, den man auch als Haltenase bezeichnen könnte, erstreckt sich in Umfangsrichtung der Linse 142 über einen begrenzten ersten Umfangsbereich. Dieser erste Umfangsbereich erstreckt sich über einen Winkelbereich von etwa 15°. Der erste Umfangsbereich erstreckt sich somit nur über etwa 4,2% des Umfangs des Linsenkörpers 142.1.

Wie Figur 26 zu entnehmen ist, weist der erste Kontaktbereich 142.8 an dem ersten Vorsprung 142.9 eine erste Kontaktfläche 142.10 und eine zweite Kontaktfläche 142.11 auf. Die erste Kontaktfläche 142.10 und die zweite Kontaktfläche 142.11 sind jeweils Mantelflächen eines Zylindermantelsegments, d.h. jeweils einfach gekrümmt. Die Mantelachse verläuft dabei jeweils senkrecht zur Zeichnungsebene, die wiederum parallel zur optischen Achse 142.3 ist. Die erste Kontaktfläche 142.10 und die zweite Kontaktfläche 142.11 sind einander abgewandt.

Wie Figur 26 zu entnehmen ist, weist die erste Halteeinrichtung 133 ein erstes Halteelement 133.1 auf. Das erste Halteelement 133.1 weist einen zweiten Kontaktbereich 133.2 auf, der mit dem ersten Kontaktbereich 142.8 an dem ersten Vorsprung 142.9 der Linse 142 zusammenwirkt. Der zweite Kontaktbereich 133.2 ist als symmetrische im Wesentlichen in Radialrichtung verlaufende V-förmige Nut mit einer ebenen dritten Kontaktfläche 133.3, einer ebenen vierten Kontaktfläche 133.4 und einem verrundeten Nutgrund ausgebildet. Die dritte Kontaktfläche 133.3 und die vierte Kontaktfläche 133.4 sind einander zugewandt. Es versteht sich hierbei, dass die Nut bei anderen Varianten der Erfindung aufgrund der Berücksichtigung der Gravitationskraft auch nicht symmetrisch ausgebildet sein kann.

Das erste Halteelement 133.1 ist federnd an einem ersten Haltekörper 133.6 angeordnet. Dabei kann es in einer Richtung 133.7 federn, die zumindest annähernd in Umfangsrichtung der Linse 142 verläuft. In Richtung der optischen Achse 142.3 ist das erste Halteelement 133.1 im Wesentlichen starr an dem ersten Haltekörper 133.6 angeordnet. Dies wird durch die oben beschriebene mittige Anordnung des ersten Halteelements 133.1 an einem zweiseitig eingespannten Biegebalken erreicht. Dieser Biegebalken ist wiederum durch

einen in Richtung der optischen Achse 142.3 durchgehenden langgestreckten Schlitz 133.9 im ersten Haltekörper 133.6 ausgebildet.

Die erste Halteeinrichtung 133 weist weiterhin ein zweites Halteelement 133.12 auf, das dem ersten Halteelement 133.1 in Umfangsrichtung der Linse 142 bezüglich des ersten Vorsprungs 142.9 gegenüberliegt. Das zweite Halteelement 133.12 ist bezüglich des ersten Vorsprungs 142.9 symmetrisch zum ersten Halteelement 133.1 aufgebaut. Es wirkt mit Kontaktflächen am Vorsprung 142.9 zusammen, die bezüglich des ersten Vorsprungs 142.9 symmetrisch zur ersten Kontaktfläche 142.10 bzw. zweiten Kontaktfläche 142.11 gestaltet sind. Anders als das erste Halteelement 133.1 ist das zweite Halteelement 133.12 allerdings starr an einem zweiten Haltekörper 133.13 angeordnet.

Das jeweilige erste Halteelement 133.1 liegt mit seinem zweiten Kontaktbereich 133.2 jeweils mit einer definierten Vorspannung in Umfangsrichtung der Linse 142 an dem zugehörigen ersten Kontaktbereich 142.8 der Linse 142 an. Die Vorspannung wirkt demgemäß auch zwischen dem zweiten Halteelement 133.12 und dem Vorsprung 142.9. Dadurch wird die Linse 142 mit anderen Worten in Umfangsrichtung geklemmt.

Aufgrund der federnden Gestaltung der Anbindung des ersten Halteelements 133.1 am ersten Haltekörper 133.6 bleibt diese Vorspannung auch bei thermischer Ausdehnung der Bauteile im Betrieb im Wesentlichen konstant. Mit anderen Worten wird durch diese Gestaltung eine thermische Deformationsentkopplung erzielt. Ein weiterer Vorteil dieser Gestaltung liegt in dem Ausgleich von Fertigungstoleranzen, der hierdurch erzielt wird.

Die Kontaktflächen zwischen der ersten Halteeinrichtung 133 und dem ersten Vorsprung 142.9 sind so ausgebildet, dass sich vier im Wesentlichen punktförmige Kontaktstellen ergeben. Es versteht sich jedoch, dass sie auch so ausgebildet sein können, dass sich vier im Wesentlichen linienförmige Kontaktstellen ergeben.

Durch diese Kontaktflächenpaarung mit zwei im Wesentlichen punktförmigen Kontaktstellen je Halteeinrichtung ergibt sich eine sich selbst einstellende Klemmpaarung. Hierdurch werden z. B. Niveauunterschiede zwischen den ersten Halteeinrichtungen 133 schon in der Kontaktzone zwischen der ersten Halteeinrichtung 133 und der Linse 142 ausgeglichen, ohne dass es zu einer wesentlichen Einleitung von Verspannungen in die Linse 142 kommt. Dadurch erübrigt sich eine aufwändige Lagerung der ersten Halteeinrichtungen 133. Die Halteeinrichtungen 133 halten die Linse 142 dabei sowohl formschlüssig und kraftschlüssig

in Richtung ihrer optischen Achse 142.3 sowie in Umfangsrichtung als auch reibschlüssig in radialer Richtung der Linse 142.

Durch die beschriebene Gestaltung der Kontaktflächen und die federnde Lagerung der Halteelemente 133.1 ergibt sich der eine vorwiegend in Umfangsrichtung der Linse 142 gerichtete resultierende Haltekraft, die in die Linse 142 eingeleitet wird. Die Deformationen der Linse beschränken sich dabei im Wesentlichen auf den jeweiligen Vorsprung 142.9, und beeinflussen den optisch wirksamen Bereich daher nicht nennenswert.

Die Haltekörper 133.6 und 133.13 sind jeweils über Stützelemente 5''' auf einem umlaufenden Ringflansch 4.1''' der Fassung 4''' abgestützt. Über diese Stützelemente 5''' kann die Relativposition der Haltekörper 133.6 und 133.13 bezüglich des Flansches 4''' in Richtung der optischen Achse 142.3 verändert werden. Hierdurch kann die Linse 142 zum einen in Richtung der optischen Achse 142.3 verschoben werden. Die optische Achse 142.3 kann aber auch bezüglich der Ebene des Ringflansches 4.1''' verkippt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Fassung 4''' aus einem Werkstoff besteht, der zumindest annähernd den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie das optische Element hat. Ideal wäre z. B. die Paarung Quarz-Invar. Dadurch kommt es zu keinen thermisch bedingten unterschiedlichen Ausdehnungen. Die tangentielle Federwirkung der Halteeinrichtungen dient dann nur noch zum Ausgleich der Fertigungstoleranzen. Damit kann das für die Erzielung des Kraftschlusses erforderliche Kraftniveau innerhalb der Fassung reduziert werden, was sich positiv auf die Deformationen des optischen Elements auswirkt. Das optische Element wird dann in allen Raumrichtungen weitestgehend formschlüssig gehalten.

Im einfachsten Fall umfasst das jeweilige Stützelement 5''' ein oder mehrere austauschbare Distanzelemente, so genannte Spacer, deren Dicke je nach der gewünschten Positionierung der Linse 142 gewählt wird. Ebenso kann das jeweilige Stützelement 5''' beliebige passive und/oder aktive Stelleinrichtungen umfassen. Bei den passiven Stelleinrichtungen kann es sich beispielsweise um Differentialschrauben etc. handeln. Bei den aktiven Stelleinrichtungen kann es sich beispielsweise um Piezoaktuatoren etc. handeln.

Die Verbindung zwischen dem Haltekörper 133.6 und dem Stützelement 5''' kann in beliebiger an sich bekannter Weise erfolgen, beispielsweise mittels einer Schraubverbindung, einer Klebeverbindung, einer Lötverbindung, einer Schweißverbindung etc. Ebenso können der Haltekörper 133.6 und das Stützelement 5''' monolithisch ausgebildet sein. Die Ver-

stelleinrichtung kann dann in an sich bekannter Weise in eine solche monolithische Struktur mit entsprechenden Festkörpergelenken integriert sein.

Es versteht sich, dass eine solche Verdrehung der Linse 2 um ihre optische Achse 2.3 im durch eine entsprechende Verdrehung der ersten Halteeinrichtungen 133 bezüglich des
5 Flansches 4''' und, zusätzlich oder alternativ, auch durch eine Verdrehung des Flansches 4''' möglich ist. Über den Flansch 4''' ist gegebenenfalls auch eine translatorische Verstellung senkrecht zur optischen Achse 142.3 möglich, beispielsweise zur Zentrierung der Linse 142.

Weiterhin sind im vorliegenden Beispiel sämtliche erste Halteeinrichtungen 133 mono-
10 lithisch ausgebildet. Es versteht sich jedoch, dass bei anderen Varianten der vorliegenden Erfindung auch vorgesehen sein kann, die ersten Halteeinrichtungen mehrteilig zu gestalten. Dabei kann insbesondere das Material der jeweiligen Komponente funktionsorientiert gewählt sein. So kann beispielsweise das Halteelement aus einem Material hoher Oberflächenhärte gefertigt sein, um eine Dauerhafte Aufnahme des hohen Kontaktdruckes sicher-
15 zustellen. Der die Federung des Halteelements sicherstellende Biegebalken kann dann aus einem Material mit entsprechend hoher Elastizität bestehen, während das Material des Haltekörper auf eine gute Ankoppelbarkeit an den Flansch bzw. das Stützelement ausgelegt ist. Die einzelnen Komponenten können dabei in an sich bekannter Weise, beispielsweise mittels einer Schraubverbindung, einer Klebeverbindung, einer Lötverbindung, einer
20 Schweißverbindung etc., miteinander verbunden sein.

Schließlich versteht es sich, dass bei anderen Varianten der vorliegenden Erfindung gegebenenfalls auch eine andere Anzahl von Halteeinrichtungen vorgesehen sein kann. Insbesondere können mehr als drei Halteeinrichtungen vorgesehen sein.

Hinsichtlich der Gestaltung, insbesondere der Geometrie, der Kontaktflächen zwischen der
25 ersten Halteeinrichtung 133 und dem ersten Vorsprung 142.9 versteht es sich, dass auch beliebige andere Kontaktgeometrien gewählt sein können. Insbesondere können auch hier sämtliche in den vorstehenden Ausführungsbeispielen offenbarten Kontaktgeometrien, beispielsweise die Kontaktgeometrien aus den Figuren 14 bis 21, Anwendung finden.

Alle vorstehend beschriebenen Varianten der vorliegenden Erfindung weisen neben den
30 bereits erläuterten Vorteilen den Vorteil auf, dass das jeweilige optische Element beliebig oft ein- und ausgebaut werden kann. Weiterhin können in eingebauten Zustand thermische

Bearbeitungen des optischen Elements vorgenommen werden, da keine Werkstoffe eingesetzt werden müssen, die hierdurch beeinträchtigt würden.

Es versteht sich, dass die Maße der Nuten, Fasen und Radien der vorangehenden Ausführungen unter anderem abhängig von der Größe des zu haltenden optischen Elements, den
5 auftretenden mechanischen Belastungen und der Einbaulage der optischen Anordnung in einer übergeordneten Struktur sind.

* * * * *

Patentansprüche

1. Optisches Element, insbesondere Linse, umfassend einen Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) mit einem optisch wirksamen ersten Bereich (2.2; 12.2; 22.2; 32.2; 42.2; 52.2), der eine optische Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3) aufweist, und einem in einer Umfangsrichtung des Elementkörpers (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) umlaufenden Randbereich (2.6; 12.6; 22.6; 32.6; 42.6; 52.6), in dem wenigstens ein erster Haltebereich (2.7; 12.7; 22.7; 32.7; 42.7; 52.7) angeordnet ist, wobei der erste Haltebereich (2.7; 12.7; 22.7; 32.7; 42.7; 52.7) wenigstens einen ersten Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8; 52.8) aufweist, der zum Zusammenwirken mit einer ersten Halteeinrichtung (3; 13; 23) zum Halten des Elementkörpers (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Randbereich (2.6; 12.6; 22.6; 32.6; 42.6) den ersten Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8) in Umfangsrichtung des Elementkörpers (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1) begrenzt nur an einem in Umfangsrichtung begrenzten ersten Umfangsbereich ausbildet
- und/oder dass
- der Randbereich (22.6; 32.6; 42.6; 52.6) den ersten Kontaktbereich (22.8; 32.8; 42.8; 52.8) in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3; 42.3; 52.3) begrenzt nur an zwei in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3; 42.3; 52.3) beabstandeten Kontaktflächen (22.10, 22.11; 32.10, 32.11; 42.10, 42.11; 52.10, 52.11) des Elementkörpers (22.1; 32.1; 42.1; 52.1) ausbildet, die jeweils im Bereich einer umlaufenden Außenkante (42.16, 42.17; 52.16, 52.17) des Elementkörpers (22.1; 32.1; 42.1; 52.1) angeordnet sind und von denen sich zumindest eine teilweise in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3; 42.3; 52.3) erstreckt.
2. Optisches Element nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8; 52.8) derart ausgebildet ist, dass die mit ihm zusammenwirkende erste Halteeinrichtung (3; 13; 23) den Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1), insbesondere in Richtung der optischen Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3), durch Formschluss und, insbesondere in Umfangsrichtung, durch Reibschluss hält.

3. Optisches Element nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich der erste Umfangsbereich über weniger als 30%, vorzugsweise weniger als 15%, weiter vorzugsweise weniger als 5%, des Umfangs des Elementkörpers (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1) erstreckt.
- 5 4. Optisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der in Umfangsrichtung begrenzte erste Umfangsbereich mit dem ersten Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8) durch einen sich von der optischen Achse weg erstreckenden ersten Vorsprung (2.9; 12.9; 22.9; 32.9) am Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1) ausgebildet ist.
- 10 5. Optisches Element nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessung des ersten Vorsprungs (22.9; 32.9) in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3) nur einen Teil der Abmessung beträgt, die der Elementkörper (22.1; 32.1) in dem an den ersten Vorsprung (22.9; 32.9) angrenzenden Bereich in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3) aufweist.
- 15 6. Optisches Element nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Vorsprung (2.9; 12.9; 22.9; 32.9) zumindest teilweise durch Entfernen von Material vom Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1) ausgebildet ist.
- 20 7. Optisches Element nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Vorsprung (32.9) zumindest teilweise durch einen am Elementkörper (32.1) befestigten ersten Kontaktkörper (32.14) ausgebildet ist.
- 25 8. Optisches Element nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kontaktkörper (32.14) aus einem Material besteht, welches, insbesondere hinsichtlich des thermischen Ausdehnungskoeffizienten, an das Material des Elementkörpers (32.1) angepasst ist, wobei der Kontaktkörper (32.14) insbesondere mit dem Elementkörper (32.1) materialgleich ist.
9. Optisches Element nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kontaktbereich (32.8) eine in Umfangsrichtung verlaufende, insbesondere V-förmig ausgebildete, Nut umfasst oder der erste Kontaktbereich (32.8) eine in Radialrichtung verlaufende, insbesondere V-förmig ausgebildete, Nut umfasst.

10. Optisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Kontaktflächen (2.10, 2.11; 12.10, 12.11; 32.10, 32.11; 42.10, 42.11; 52.10, 52.11) zumindest abschnittsweise eben und/oder zumindest abschnittsweise in einer die optische Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3) enthaltenden Ebene oder einer tangential zur Umfangsrichtung verlaufenden Ebene gekrümmt ausgebildet ist.
11. Optisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) in dem ersten Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8; 52.8), insbesondere an den ersten Kontaktflächen (2.10, 2.11; 12.10, 12.11; 32.10, 32.11; 42.10, 42.11; 52.10, 52.11), eine Oberfläche aufweist, die von der Oberfläche der in Umfangsrichtung und/oder in Richtung der optischen Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3) angrenzenden Bereichen abweicht.
12. Optisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere erste Haltebereiche (2.7; 12.7; 22.7; 32.7; 42.7; 52.7; 142.7), insbesondere drei erste Haltebereiche (2.7; 12.7; 22.7; 32.7; 42.7; 52.7; 142.7), vorgesehen sind, die in Umfangsrichtung verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt, am Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) angeordnet sind.
13. Optisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der optisch wirksame Bereich (2.2; 12.2; 22.2; 32.2; 42.2; 52.2) nach Art einer Linse oder einer planparallelen Platte ausgebildet ist.
14. Optische Anordnung mit einem optischen Element (2; 12; 22; 32; 42; 52) nach einem der vorhergehenden Ansprüche und einer ersten Halteeinrichtung (3; 13; 23), die mit einem ersten Haltebereich (2.7; 12.7; 22.7; 32.7; 42.7; 52.7) des optischen Elements (2; 12; 22; 32; 42; 52) zusammenwirkt.
15. Optische Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass
- die erste Halteeinrichtung (3; 13; 23) zum Ausüben einer zumindest hauptsächlich in radialer Richtung des optischen Elements (2; 12; 22; 32; 42; 52) gerichteten Klemmkraft als Haltekraft ausgebildet ist.

oder

- die erste Halteeinrichtung (133) zum Ausüben einer zumindest hauptsächlich in Umfangsrichtung des optischen Elements (142) gerichteten Klemmkraft als Haltekraft ausgebildet ist.

5 16. Optische Anordnung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Halteeinrichtung (3; 13; 133) ein erstes Halteelement (3.1; 13.1; 133.1) mit einem zum Zusammenwirken mit dem ersten Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8; 52.8; 142.8) ausgebildeten zweiten Kontaktbereich (3.2; 13.2; 133.2) aufweist.

10 17. Optische Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8; 52.8; 142.8) und der zweite Kontaktbereich (3.2; 13.2; 133.2) derart ausgebildet sind, dass sich an einer Kontaktstelle zwischen dem Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1; 142.1) und dem ersten Halteelement (3.1; 13.1; 133.1) ein im Wesentlichen punktförmiger Kontakt oder ein im Wesentlichen linienförmiger Kontakt zwischen dem Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) und dem ersten Halteelement (3.1; 13.1) vorliegt.

15 18. Optische Anordnung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8; 52.8) und der zweite Kontaktbereich (3.2; 13.2) derart ausgebildet sind, dass die erste Halteeinrichtung (3; 13) den Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1), insbesondere in Richtung der optischen Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3), durch Formschluss und, insbesondere in Umfangsrichtung, durch Reibschluss hält.

20 19. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8; 52.8) eine erste Kontaktfläche (2.10; 12.10; 32.10; 42.10; 52.10) und eine zweite Kontaktfläche (2.11; 12.11; 32.11; 42.11; 52.11) aufweist sowie der zweite Kontaktbereich (3.2; 13.2) eine mit der ersten Kontaktfläche (2.10; 12.10; 32.10; 42.10; 52.10) zusammenwirkende dritte Kontaktfläche (3.3; 13.3) und eine mit der zweiten Kontaktfläche (2.11; 12.11; 32.11; 42.11; 52.11) zusammenwirkende vierte Kontaktfläche (3.4; 13.4) aufweist,

25
30 - wobei die erste Kontaktfläche (32.10) und die zweite Kontaktfläche (32.11) einander zugewandt sind sowie die dritte Kontaktfläche und die vierte Kontaktfläche einander abgewandt sind

oder

- wobei die erste Kontaktfläche (2.10; 12.10; 42.10; 52.10) und die zweite Kontaktfläche (2.11; 12.11; 42.11; 52.11) einander abgewandt sind sowie die dritte Kontaktfläche (3.3; 13.3) und die vierte Kontaktfläche (3.4; 13.4) einander zugewandt sind.

- 5 20. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung (3; 13) einen ersten Haltekörper (3.6; 13.6) umfasst, an dem das erste Halteelement (3.1; 13.1) federnd, insbesondere in einer Richtung im Wesentlichen senkrecht zur optischen Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3) federnd oder in Umfangsrichtung federnd, angeordnet ist.
- 10 21. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit der ersten Halteeinrichtung (3; 13) verbundene Rahmeneinrichtung (4; 4'; 4'') sowie eine mit der ersten Halteeinrichtung und der Rahmeneinrichtung verbundene Stelleinrichtung (5.1') vorgesehen ist, wobei die Stelleinrichtung zum Verstellen der Position der ersten Halteeinrichtung (3; 13) bezüglich der Rahmeneinrichtung (4; 4'; 4'') in Richtung der optischen Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3) ausgebildet ist.
- 15
22. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere erste Halteeinrichtungen (3; 13), insbesondere drei erste Halteeinrichtungen (3; 13), vorgesehen sind, die in Umfangsrichtung des optischen Elements (2; 12; 22; 32; 42; 52) verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt, angeordnet sind.
- 20
23. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element einen Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) mit einem optisch wirksamen ersten Bereich (2.2; 12.2; 22.2; 32.2; 42.2; 52.2), der eine optische Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3) aufweist, und einem in einer Umfangsrichtung des Elementkörpers (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) umlaufenden Randbereich (2.6; 12.6; 22.6; 32.6; 42.6; 52.6) umfasst, in dem wenigstens ein erster Haltebereich (2.7; 12.7; 22.7; 32.7; 42.7; 52.7) angeordnet ist, wobei
- 25
- der erste Haltebereich (2.7; 12.7; 22.7; 32.7; 42.7; 52.7) wenigstens einen ersten Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8; 52.8) aufweist, der zum Zusammenwirken mit einer ersten Halteeinrichtung (3; 13; 23) zum Halten des Elementkörpers (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) ausgebildet ist,
- 30

- der Randbereich (2.6; 12.6; 22.6; 32.6; 42.6) den ersten Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8) in Umfangsrichtung des Elementkörpers (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1) begrenzt nur an einem in Umfangsrichtung begrenzten ersten Umfangsbereich ausbildet

5 und/oder

- der Randbereich (22.6; 32.6; 42.6; 52.6) den ersten Kontaktbereich (22.8; 32.8; 42.8; 52.8) in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3; 42.3; 52.3) begrenzt nur an zwei in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3; 42.3; 52.3) beabstandeten Kontaktflächen (22.10, 22.11; 32.10, 32.11; 42.10, 42.11; 52.10, 52.11) des Elementkörpers (22.1; 32.1; 42.1; 52.1) ausbildet, die jeweils im Bereich einer umlaufenden Außenkante (42.16, 42.17; 52.16, 52.17) des Elementkörpers (22.1; 32.1; 42.1; 52.1) angeordnet sind und von denen sich zumindest eine teilweise in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3; 42.3; 52.3) erstreckt.

10 24. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass sich der erste Umfangsbereich über weniger als 30%, vorzugsweise weniger als 15%, weiter vorzugsweise weniger als 5%, des Umfangs des Elementkörpers (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1) erstreckt.

20 25. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der in Umfangsrichtung begrenzte erste Umfangsbereich mit dem ersten Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8) durch einen sich von der optischen Achse weg erstreckenden ersten Vorsprung (2.9; 12.9; 22.9; 32.9) am Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1) ausgebildet ist.

25 26. Optische Anordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessung des ersten Vorsprungs (22.9; 32.9) in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3) nur einen Teil der Abmessung beträgt, die der Elementkörper (22.1; 32.1) in dem an den ersten Vorsprung (22.9; 32.9) angrenzenden Bereich in Richtung der optischen Achse (22.3; 32.3) aufweist.

30 27. Optische Anordnung nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Vorsprung (2.9; 12.9; 22.9; 32.9) zumindest teilweise durch Entfernen von Material vom Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1) ausgebildet ist.

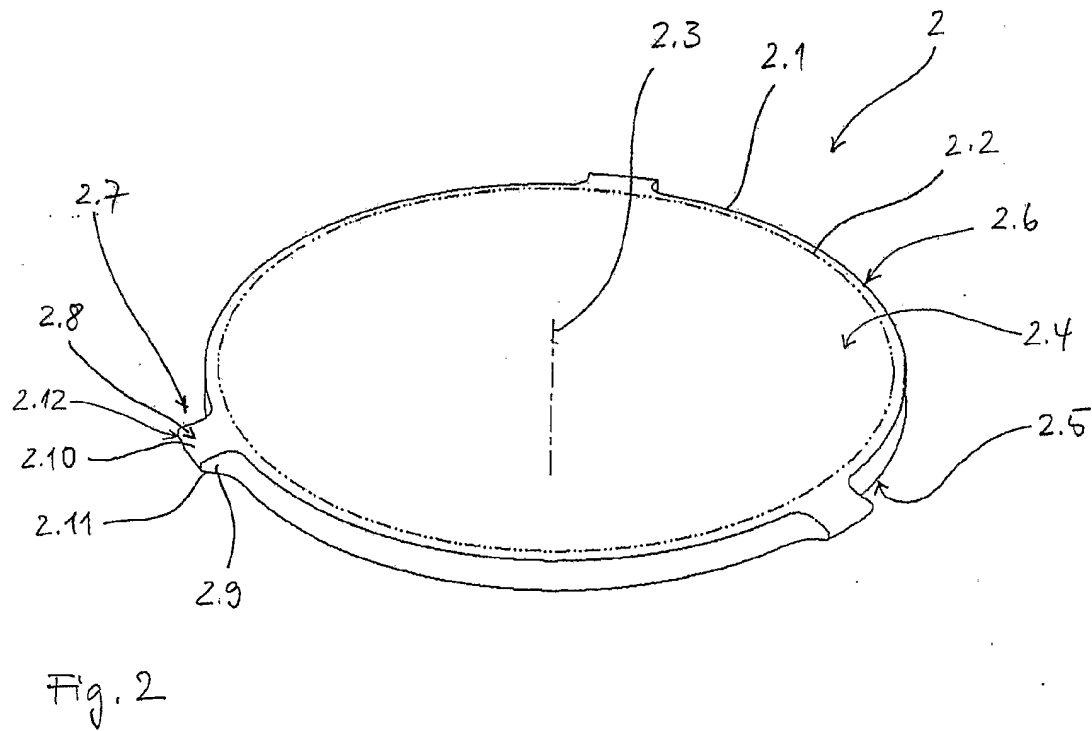
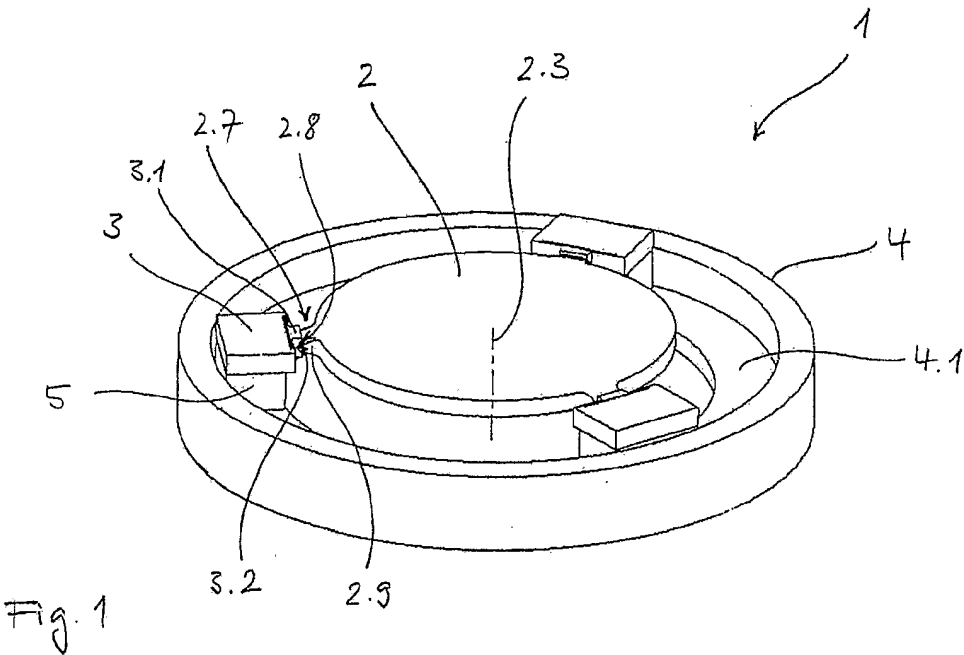
28. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Vorsprung (32.9) zumindest teilweise durch einen am Elementkörper (32.1) befestigten ersten Kontaktkörper (32.14) ausgebildet ist.
29. Optische Anordnung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kontaktkörper (32.14) aus einem Material besteht, welches, insbesondere hinsichtlich des thermischen Ausdehnungskoeffizienten, an das Material des Elementkörpers (32.1) angepasst ist, wobei der Kontaktkörper (32.14) insbesondere mit dem Elementkörper (32.1) materialgleich ist.
30. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kontaktbereich (32.8) eine in Umfangsrichtung verlaufende, insbesondere V-förmig ausgebildete, Nut umfasst oder der erste Kontaktbereich eine in Radialrichtung verlaufende, insbesondere V-förmig ausgebildete, Nut umfasst.
31. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Kontaktflächen (2.10, 2.11; 12.10, 12.11; 32.10, 32.11; 42.10, 42.11; 52.10, 52.11) zumindest abschnittsweise eben und/oder zumindest abschnittsweise in einer die optische Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3) enthaltenden Ebene oder einer tangential zur Umfangsrichtung verlaufenden Ebene gekrümmt ausgebildet ist.
32. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass der Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) in dem ersten Kontaktbereich (2.8; 12.8; 22.8; 32.8; 42.8; 52.8), insbesondere an den ersten Kontaktflächen (2.10, 2.11; 12.10, 12.11; 32.10, 32.11; 42.10, 42.11; 52.10, 52.11), eine Oberfläche aufweist, die von der Oberfläche der in Umfangsrichtung und/oder in Richtung der optischen Achse (2.3; 12.3; 22.3; 32.3; 42.3; 52.3) angrenzenden Bereichen abweicht.
33. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere erste Haltebereiche (2.7; 12.7; 22.7; 32.7; 42.7; 52.7), insbesondere drei erste Haltebereiche (2.7; 12.7; 22.7; 32.7; 42.7; 52.7), vorgesehen sind, die in Umfangsrichtung verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt, am Elementkörper (2.1; 12.1; 22.1; 32.1; 42.1; 52.1) angeordnet sind.

34. Erste Halteeinrichtung (3; 13) für eine optische Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 33.

35. Objektivtubus, insbesondere für eine Mikrolithographieeinrichtung, mit wenigstens einem optischen Modul (10.1), das eine optische Anordnung (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 34 umfasst.

36. Mikrolithographieeinrichtung zum Transferieren eines auf einer Maske (9) gebildeten Musters auf ein Substrat (11) mit einem optischen Projektionssystem (7), das einen Objektivtubus (10) nach Anspruch 35 umfasst.

* * * * *



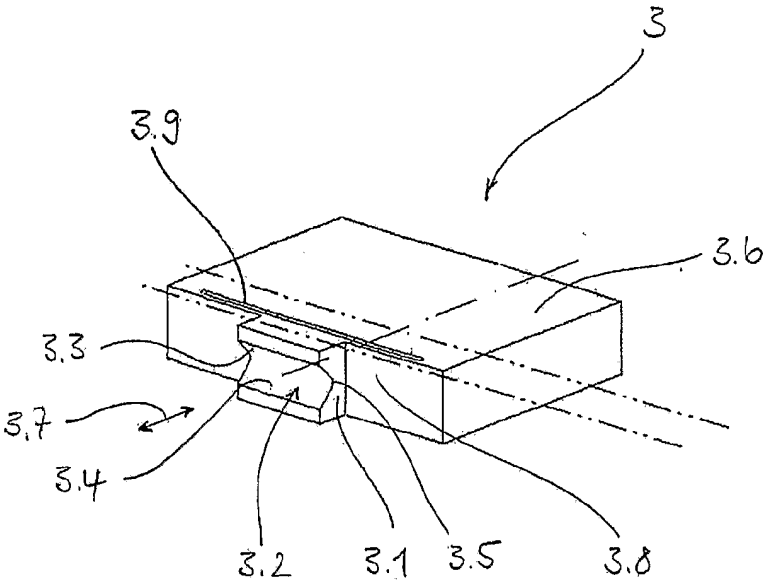


Fig. 3

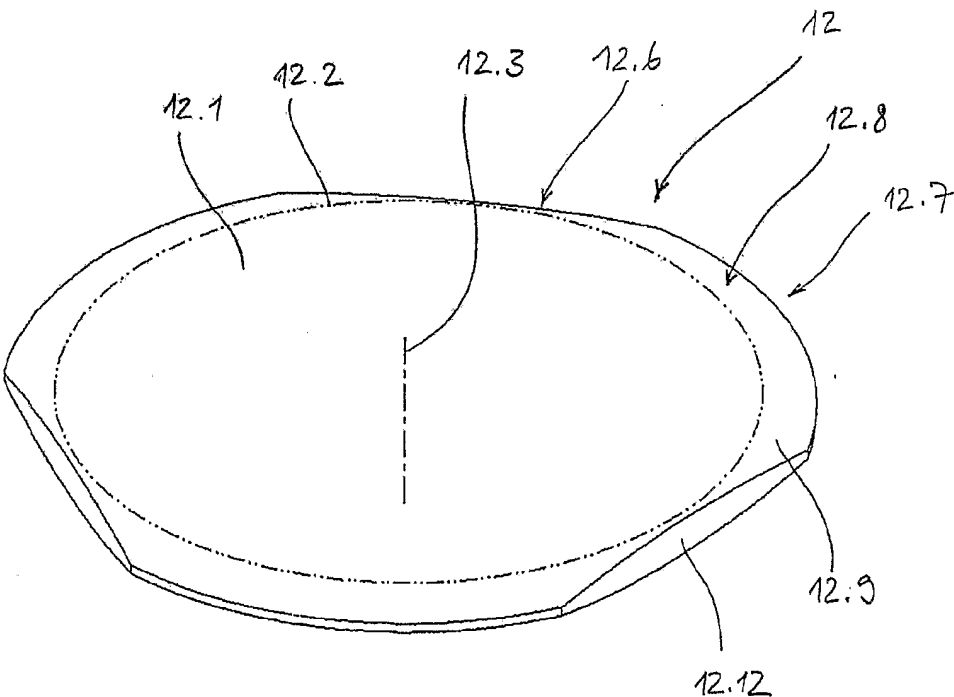


Fig. 5

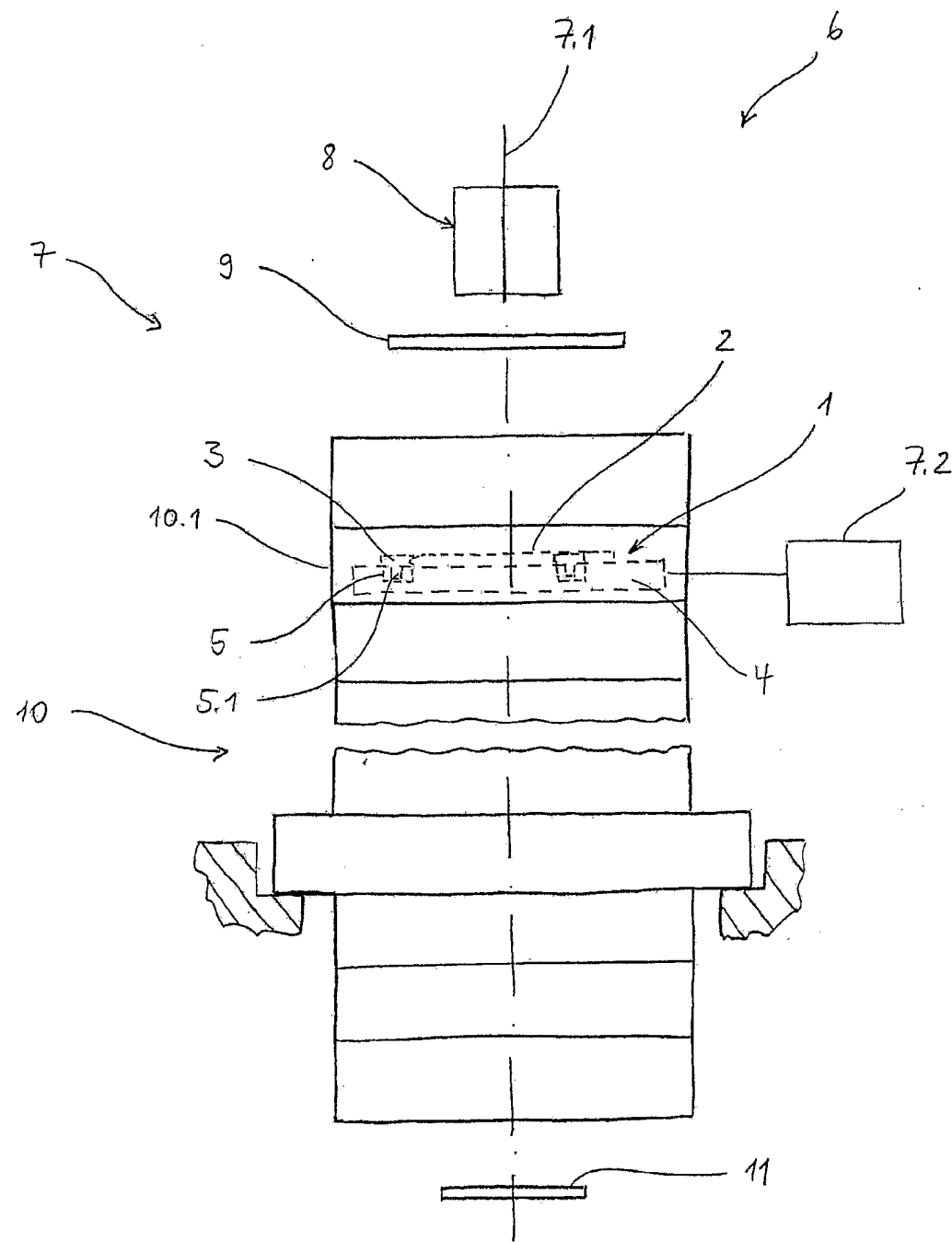


Fig. 4

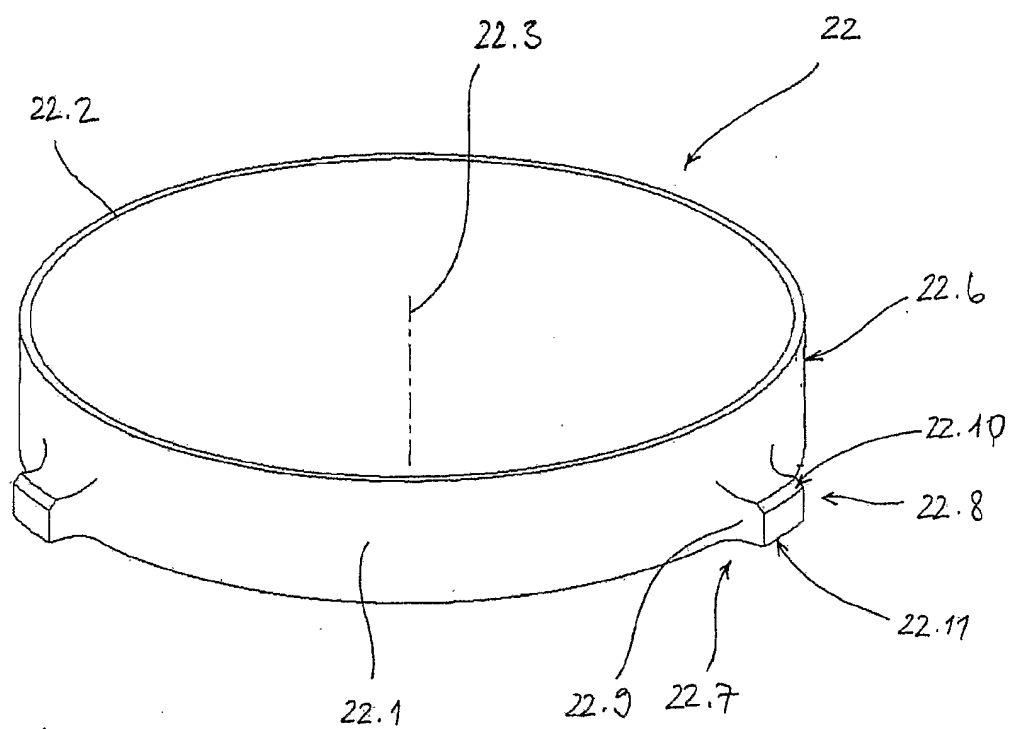


Fig. 6

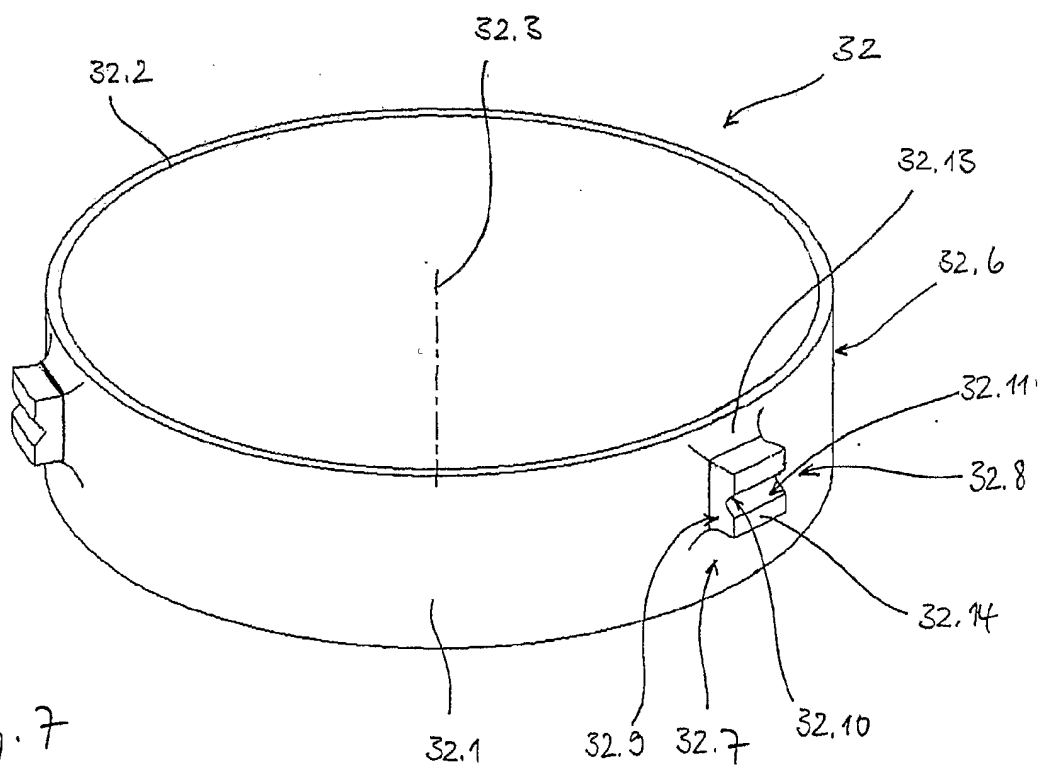


Fig. 7

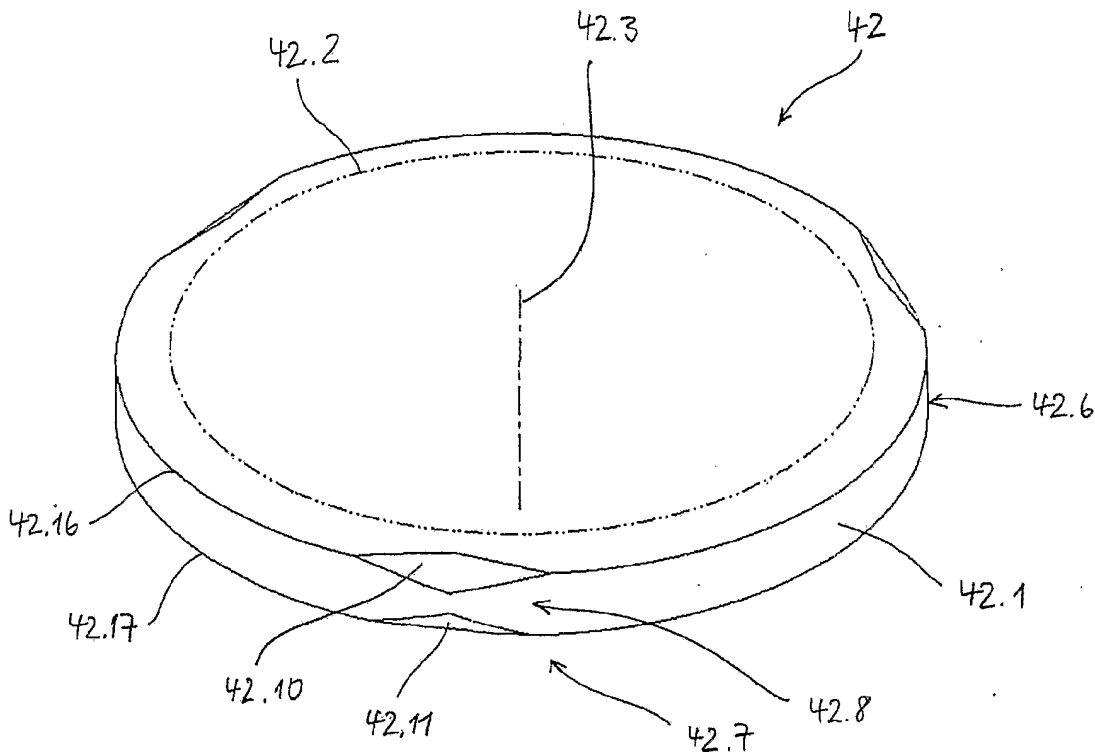


Fig. 8

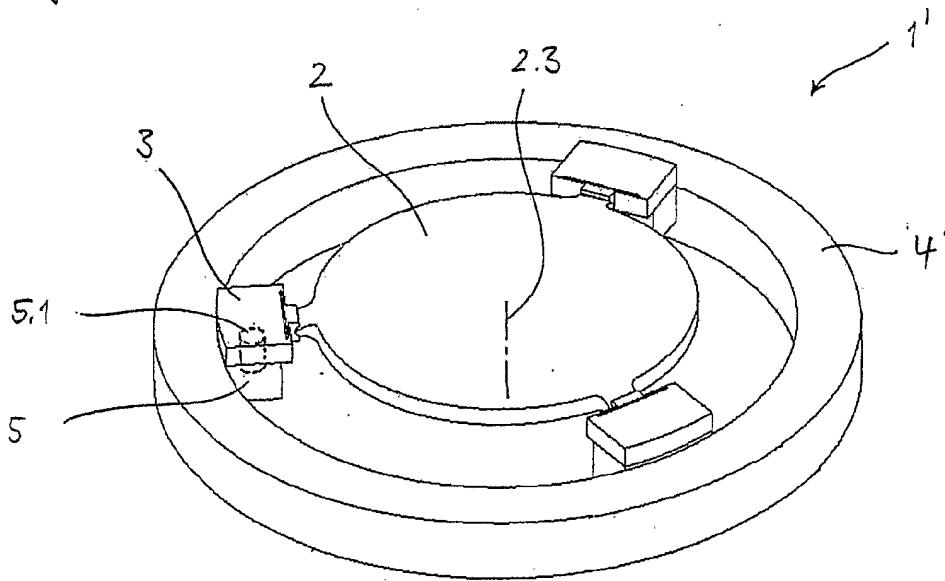


Fig. 9

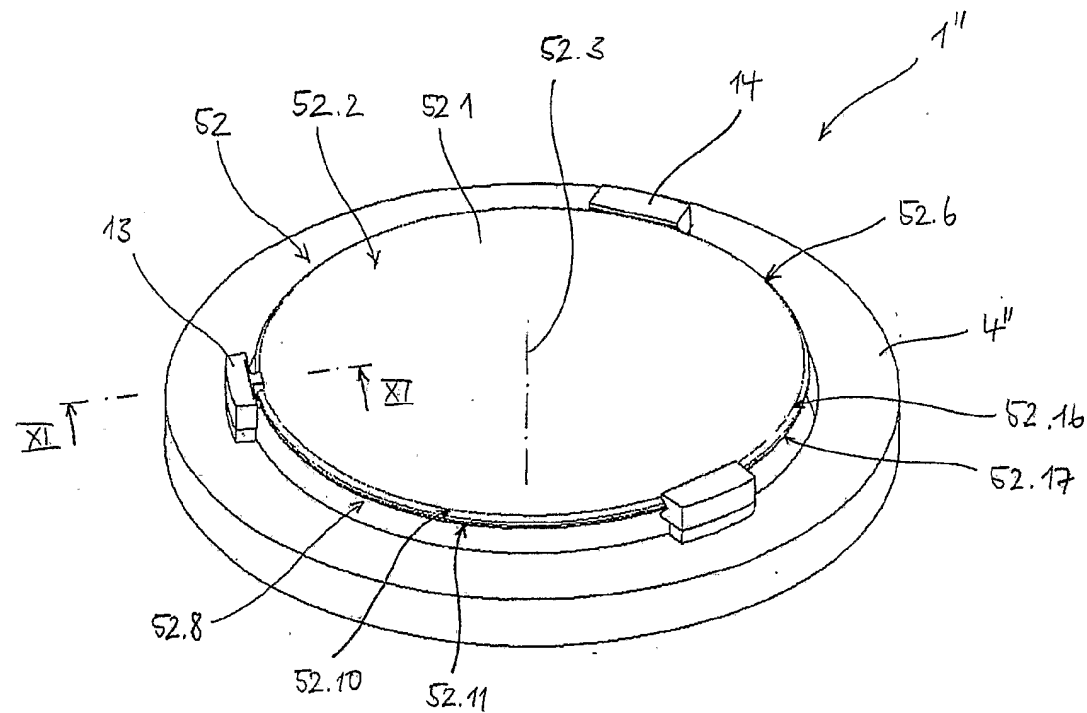


Fig. 10

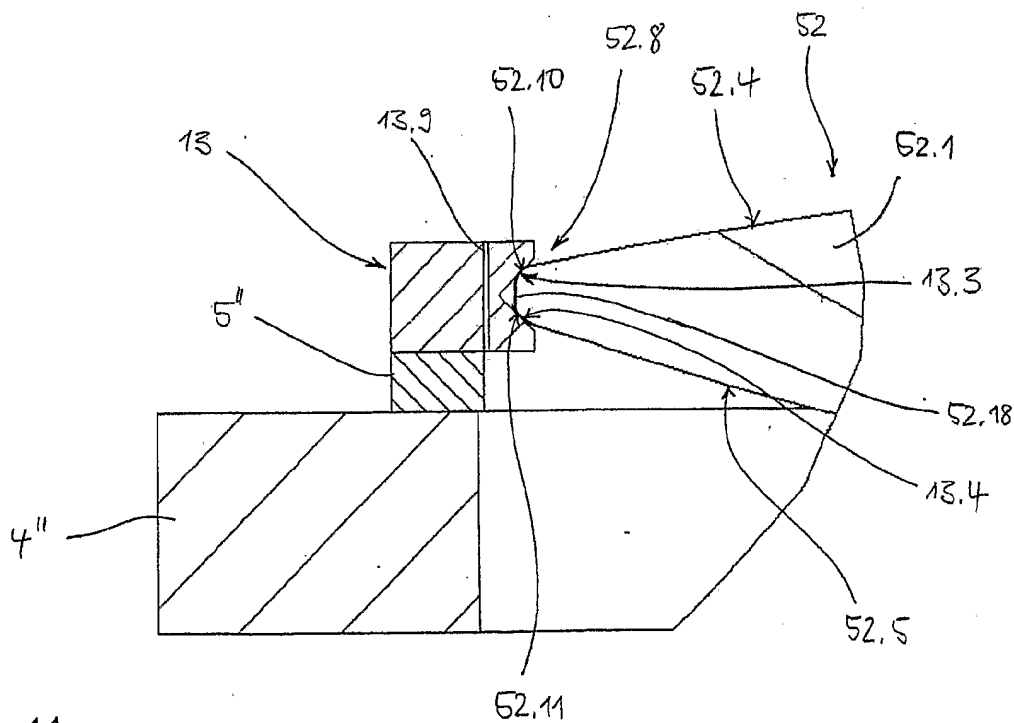
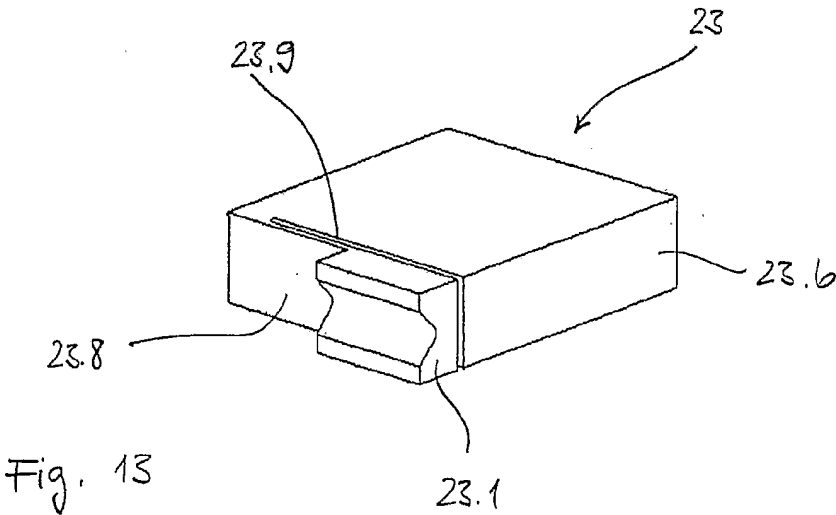
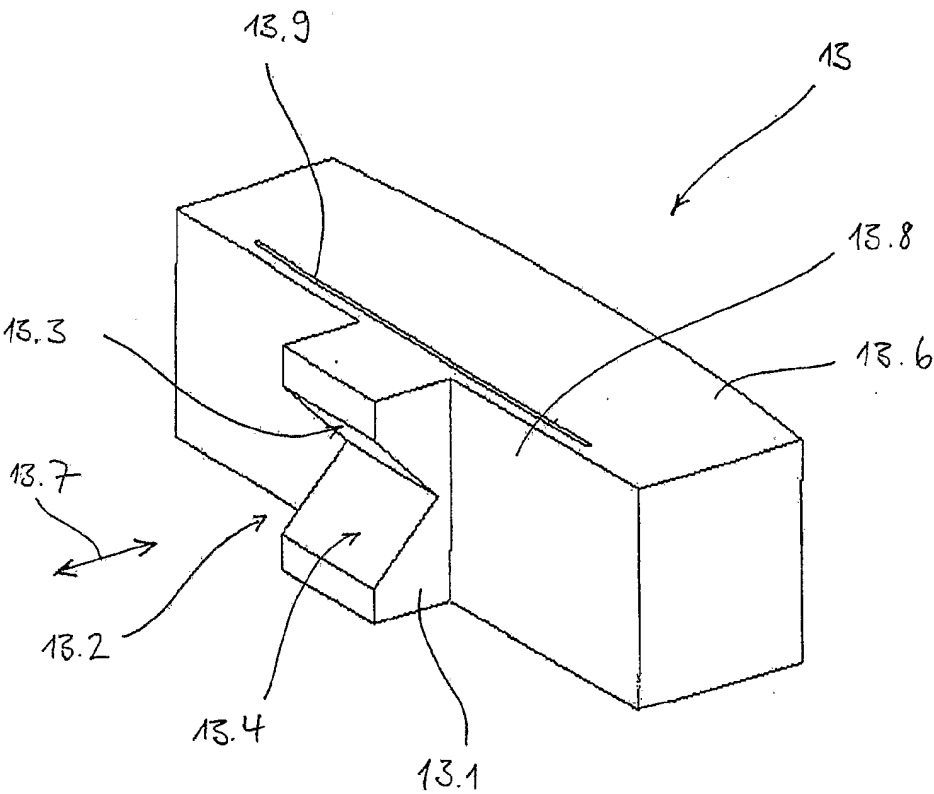


Fig. 11



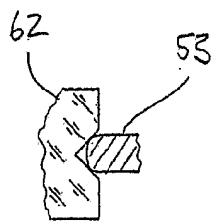


Fig. 14

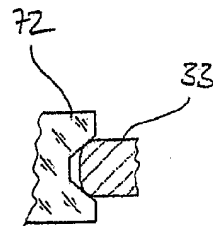


Fig. 15

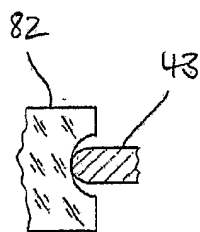


Fig. 16

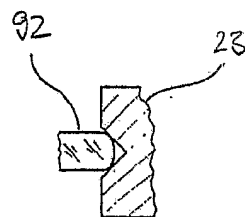


Fig. 17

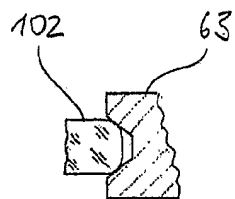


Fig. 18

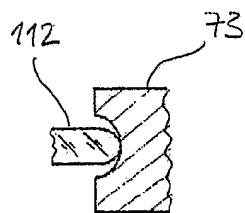


Fig. 19

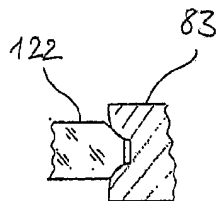


Fig. 20

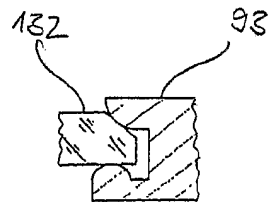


Fig. 21

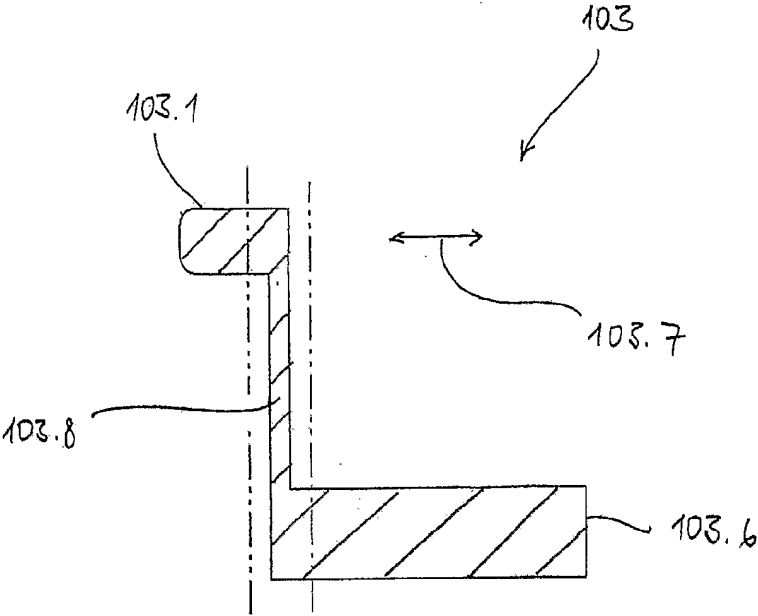


Fig. 22

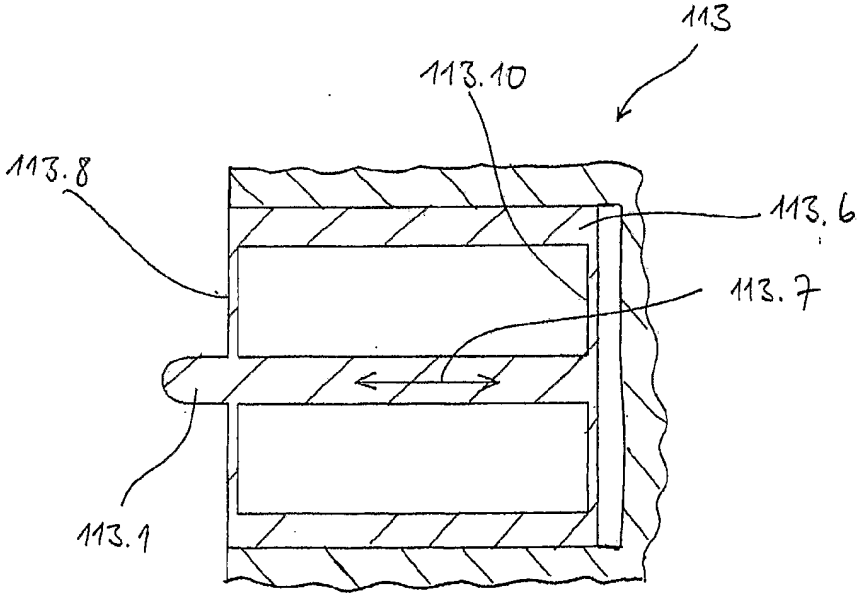


Fig. 23

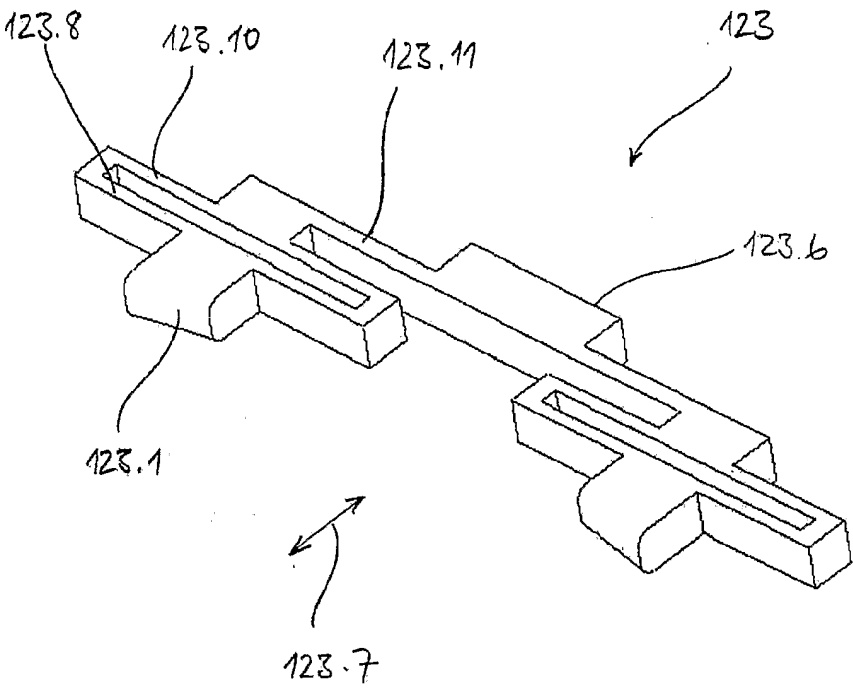


Fig. 24

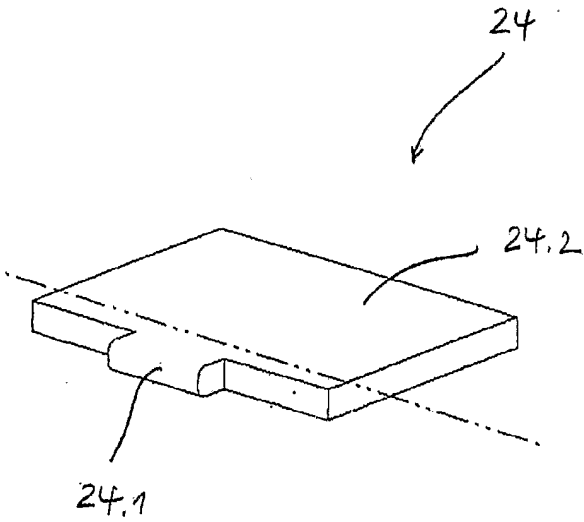


Fig. 25

