

(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
1. Mai 2003 (01.05.2003)

PCT

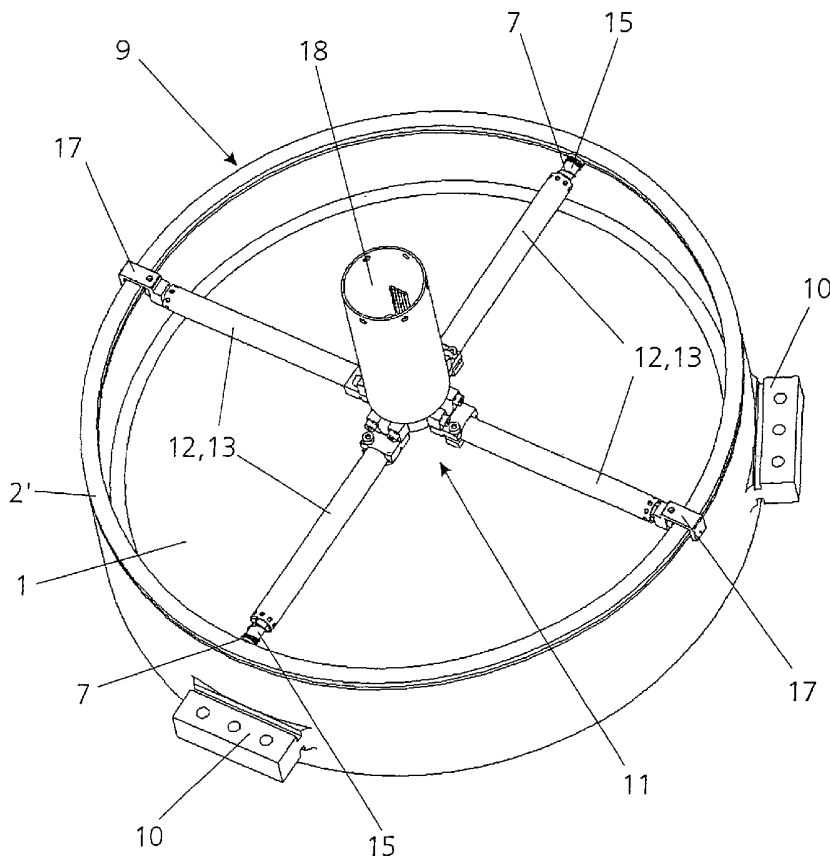
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/036359 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B 7/00**, (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SEMICONDUCTOR MANUFACTURING TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).
G03F 7/20
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/11656
- (22) Internationales Anmeldedatum: 18. Oktober 2002 (18.10.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 101 51 919.2 20. Oktober 2001 (20.10.2001) DE
- (72) **Erfinder; und**
(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **PETASCH, Thomas** [DE/DE]; Hegelstrasse 11/2, 73434 Aalen (DE). **MUENKER, Hartmut** [DE/DE]; Bergstrasse 48, 57271 Hilchenbach-Dahlbruch (DE). **GELLRICH, Bernhard** [DE/DE]; Schnaitbergstrasse 3, 73434 Aalen (DE).
- (74) **Anwalt: LORENZ, Werner**; Alte Ulmer Strasse 2, 89522 Heidenheim (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (national): CN, JP, KR, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** OPTICAL ELEMENT WITH AN OPTICAL AXIS

(54) **Bezeichnung:** OPTISCHES ELEMENT MIT EINER OPTISCHEN AchSE



(57) **Abstract:** The invention concerns an optical element (1) with an optical axis (3), designed in particular for an exposure lens used in semiconductor lithography. Said optical element comprises at least an extension (2, 2') in the direction of the optical axis (3). A device (11) enables to induce a two-wave or multiple wave deformation in said optical element (1). At least a system (12) mounted in the extension zone (2, 2') is designed to apply a force in said extension (2, 2').

(57) **Zusammenfassung:** Ein optisches Element (1) mit einer optischen Achse (3), insbesondere für ein Belichtungsobjektiv in der Halbleiter-Lithographie, weist wenigstens einen Fortsatz (2, 2') in Richtung der optischen Achse (3) auf. Eine Vorrichtung (11) dient zum Einleiten einer zwei- oder mehrwelligen Deformation in das optische Element (1). Dabei ist wenigstens eine Einrichtung (12) zum Einbringen einer Kraft in den Fortsatz (2, 2') im Bereich des Fortsatzes (2, 2') angeordnet.



WO 03/036359 A2



(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

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 CN, JP, KR, europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR)

- 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:

- 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.

Optisches Element mit einer optischen Achse

Die Erfindung betrifft ein optisches Element mit einer opti-
5 schen Achse sowie eine Vorrichtung zur Einleitung einer zwei-
oder mehrwelligen Deformation in dieses optische Element.

Insbesondere betrifft die Erfindung ein optisches Element,
welches als Spiegel, in seiner bevorzugten Ausführungsform
10 zur Verwendung in einem Belichtungsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie, ausgeführt ist.

Aus der DE 198 27 603 A1 ist ein optisches System bekannt,
welches ein sogenanntes "aktives optisches Element" beinhal-
15 tet. Dieses aktive optische Element kann von Aktuatoren, wel-
che an dem optischen Element wenigstens annähernd senkrecht
zur optischen Achse angreifen, derart durch Kräfte beeinflusst
werden, daß durch nicht-rotationssymmetrische und von der Ra-
dialen abweichenden Kräfte und/oder Momente an dem optischen
20 Element Verbiegungen erzeugt werden. Über ein derartiges Sys-
tem können Deformationen in das optische Element eingeleitet
werden, welche beispielsweise zur Kompensation eines Astigma-
tismus oder dergleichen dienen können.

25 Des weiteren kennt der Stand der Technik aus der DE 198 12
021 A1 aktive Spiegel, welche mit einer verspiegelten Membran
ausgerüstet sind. Die Membran wird über einen oder mehrere
Aktuatoren in ihrer Oberflächenform in der Art beeinflusst,
daß sich eine Manipulation der Spiegeloberfläche und damit
30 eine Beeinflußbarkeit der durch den Spiegel erzeugten Abbil-
dung ergibt.

Vergleichbare Aufbauten, welche ebenfalls über eine Deforma-
tion einer Oberfläche eines Spiegels eine entsprechende Be-
35 einflussung der optischen Abbildungsqualität erreichen, sind
beispielsweise in der WO 93/25929 oder der US 5,210,653 be-

Bestätigungskopie

schrieben.

Außerdem ist aus der DE 196 28 672 A1 ein adaptiver Spiegel bekannt, welcher über eine randseitig gehaltene deformierbare Spiegelplatte verfügt. Diese Spiegelplatte ist rückseitig mit
5 einem Stellmechanismus beaufschlagt, welcher eine Deformation der Spiegelplatte erlaubt. Hier läßt sich eine entsprechende Anpassung der Spiegelplatte erreichen, wobei jedoch die Möglichkeiten der einleitbaren Deformationen vergleichsweise
10 eingeschränkt sind.

Nun ergibt sich neben dem Erfordernis, ein optisches Element, beispielsweise einen Spiegel, in der oben genannten Art zu deformieren, im Bereich der hochpräzisen Optik, wie sie beispielsweise bei Halbleiter-Lithiographie-Systemen eingesetzt
15 wird, die Erfordernis einer sehr hohen Genauigkeit der möglichen Deformationen.

Die optischen Elemente, welche deformiert werden sollen, müssen also ausschließlich auf die Deformation reagieren. Unerwünschte Nebeneffekte und unerwünschte Verformungen sollen nach Möglichkeit nicht auftreten. Bei der überwiegend benötigten Deformation, nämlich der Korrektur von Astigmatismen oder mehrwelligen, beispielsweise drei- oder vierwelligen
20 Fehlern, ist eine derartige, gezielte Deformation sehr schwierig, da das optische Element neben der Deformation durch eine Veränderung seiner Oberflächenform und/oder Dicke im mehrwelligen Bereich reagieren kann.

Darüber hinaus weisen die oben genannten Aufbauten zumeist einen sehr großen Platzbedarf auf, welcher insbesondere beim Einsatz in Abbildungssystemen, welche ein sehr dichtes packaging erlauben, oder dergleichen nachteilig ist.
30

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein optisches Element zu schaffen, welches die oben genannten Nachteile des Standes
35

Bestätigungskopie

der Technik vermeidet und sich sehr gut zum Einleiten von zwei- oder mehrwelligen Deformationen eignet.

Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum
5 Einleiten von zwei- oder mehrwelligen Deformationen in ein derartiges optisches Element zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß das optische Element wenigstens einen Fortsatz in Richtung der
10 optischen Achse aufweist.

Über den wenigstens einen Fortsatz wird es möglich, Kräfte in das optische Element einzuleiten, um dieses entsprechend zu deformieren. Diese Deformation kann sinnvoll und/oder ge-
15 wünscht sein, um Abbildungsfehler auszugleichen oder in ihrer Auswirkung zu minimieren.

Unter dem Fortsatz ist dabei entweder ein diskretes Bauteil oder eine an dem optischen Element angebrachter Vorsprung zu
20 verstehen, welche über die eigentliche Oberfläche des optischen Elements in Richtung parallel zu der optischen Achse hinausragt. Der Fortsatz kann dabei eine beliebige Form, beispielsweise die Form eines Stabes oder dergleichen, aufweisen.

25

In sehr günstiger Weise können dabei in den wenigstens einen Fortsatz an verschiedenen Stellen, je nach Ausbildung des Fortsatzes, beispielsweise in zwei diametral gegenüberliegenden Bereichen Angriffspunkte angeordnet sein, welche zur Ein-
30 leitung von Kräften dienen. Die beiden Angriffspunkte dienen zum Einleiten einer entsprechenden Kraft, welche so sehr gezielt und präzise über die Fortsätze als Hebel dieselben in das optische Element eingeleitet werden kann. Grundsätzlich ist selbstverständlich auch die Einleitung eines Moments
35 denkbar, wobei bei entsprechendem Einsatz der Kräfte an dem Fortsatz bzw. den Fortsätzen ohnehin ein Moment in das opti-

sche Element eingeleitet wird.

In einer besonders günstigen Ausführungsform der Erfindung ist der Fortsatz als zumindest annähernd rohrförmiger einstückiger Fortsatz des optischen Elements ausgebildet.

Mit diesem rohrförmigen Fortsatz entsteht eine Art Spiegel- bzw. Linsentopf. Durch die Einleitung der Kräfte in den Bereich des rohrförmigen Fortsatzes des optischen Elements, beispielsweise eines Spiegels, einer Linse, einer Abschlußplatte oder dergleichen, kann ein sehr gleichmäßiges Ansprechen des optischen Elements selbst auf die eingeleiteten Kräfte bzw. Momente erreicht werden. Durch den umlaufenden rohrförmigen Fortsatz werden nämlich die eingeleiteten Kräfte bzw. Spannungen sehr gleichmäßig an das optische Element selbst weitergeleitet. Damit kann also in Abhängigkeit von Durchmesser, Länge und Wandstärke des rohrförmigen Fortsatzes mit sehr wenigen diskreten Kräften auf der einen dem optischen Element abgewandten Seite des Rohrfortsatzes ein Moment eingeleitet werden. Dieses Moment wird aufgrund des rohrförmigen Fortsatzes ein kontinuierliches Moment auf der anderen, also der dem optischen Element zugewandten Seite des rohrförmigen Fortsatzes, bewirken.

Der Aufbau der Erfindung gemäß dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel erlaubt es also, in besonders vorteilhafter Weise über den rohrförmigen Fortsatz einen kontinuierlichen Momentenverlauf mit wenigen diskreten Kräften zu erzeugen.

Außerdem ergibt sich die Möglichkeit, daß bei Verwendung eines entsprechenden Mechanismus zur Einleitung der Kraft dieser unabhängig vom Winkel angesetzt werden kann, da der Fortsatz ja in der Art eines Rohres umlaufend ausgebildet ist. Entgegen zu den oben bereits erwähnten einzelnen Fortsätzen, beispielsweise zwei oder vier, je nach gewünschter Welligkeit der einzuleitenden Deformationen, ergibt sich hier also die

Möglichkeit, daß die gewünschten Deformationen jeweils hinsichtlich ihrer Welligkeit und ihrer Winkellage an das optische Element angepaßt werden können, ohne daß ein entsprechendes, speziell für den Einsatzzweck konstruiertes optisches Element erforderlich wird.

Insbesondere bei einem Spiegel bietet diese Ausführung enorme Vorteile, da sich sämtliche Elemente für die Einleitung von Deformationen oder dergleichen in diesem "Topf" unterbringen lassen, so daß ein sehr kompakter Aufbau entsteht, welcher seine Mechanik und/oder seine Aktuatoren integriert hat.

Eine erfindungsgemäße Lösung für eine Vorrichtung zum Einleiten einer zwei- oder mehrwelligen Deformation in ein derartiges optisches Element ist in Anspruch 9 beschrieben.

Durch die Einleitung der Kräfte in den Fortsatz können diese über die geometrische Auslegung des Fortsatzes sehr gezielt an die für die optische Abbildung genutzte Fläche bzw. den genutzten Bereich des optischen Elements weitergegeben werden.

Insbesondere bei der Ausführung als Spiegel kann dabei die genutzte Fläche des Spiegels mit gleicher Steifigkeit ausgebildet sein, so daß gemäß dem Prinzip der gleich dicken Platte keine höherwelligen Fehler bei der Deformation eingeleitet werden. Außerdem ergibt sich die Möglichkeit, daß bei einer entsprechenden rotationssymmetrischen Ausführung des rohrförmigen Fortsatzes die Einleitung der zwei- oder mehrwelligen Deformationen, beispielsweise eines Astigmatismus in jeder Achse, senkrecht zu der optischen Achse erfolgen kann, daß also die Achse der eingeleiteten Deformation, wie oben bereits erwähnt, frei wählbar ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen sowie aus den nach-

folgend anhand der Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen.

Es zeigt:

5

Figur 1 eine prinzipmäßige Darstellung einer Ausführungsform des optischen Elements;

10

Figur 2 eine Ansicht gemäß dem Pfeil II in Figur 1 mit einer möglichen Ausführungsform eines Aktuators;

15

Figur 3a eine prinzipmäßige Darstellung des Kräftegleichgewichts bei einer zweiwelligen Deformation (Astigmatismus);

Figur 3b eine prinzipmäßige Darstellung des Kräftegleichgewichts bei einer dreiwelligen Deformation (Astigmatismus);

20

Figur 4 eine alternative Ausführungsform des optischen Elements;

25

Figur 5 einen Schnitt durch das optische Element gemäß der Linie V-V in Figur 4;

Figur 6 das optische Element gemäß Figur 4 mit einer Vorrichtung zum Einleiten einer zweiwelligen Deformation;

30

Figur 7 das optische Element gemäß Figur 4 mit einer Vorrichtung zum Einleiten einer zweiwelligen Deformation in einer dreidimensionalen Darstellung;

Figur 8 eine Prinzipdarstellung der Betätigungsmöglichkeit

eines elektromagnetisch wirksamen Aktuators zum Einleiten von Deformationen in das optische Element;

5 **Figur 9** eine mögliche Ausführungsform eines derartigen elektromagnetischen Aktuators;

Figur 10 eine mögliche alternative Ausführungsform eines derartigen elektromagnetischen Aktuators;

10

Figur 11 eine Ansicht des optischen Elements mit Aktuatoren zur Einleitung zwei- oder mehrwelligen Deformationen in einer alternativen Ausführungsform; und

15 **Figur 12** eine Ansicht des optischen Elements mit Aktuatoren zur Einleitung zwei- oder mehrwelligen Deformationen in einer weiteren alternativen Ausführungsform.

Figur 1 zeigt eine stark schematisierte Darstellung eines optischen Elements 1, welches zur Vereinfachung der Darstellung hier lediglich als planparallele Platte angedeutet wurde. An dem optischen Element 1 befinden sich vier Fortsätze 2, welche von dem optischen Element 1 ausgehend parallel zu seiner optischen Achse 3 verlaufen.

25

In besonders günstiger Weise ist das optische Element 1 mit seinem Fortsätzen 2 einstückig ausgebildet, so daß über die Fortsätze 2 an diesen angreifende Kräfte ideal an das optische Element 1 weitergegeben werden, so daß gezielt eine Deformation des optischen Elements möglich ist. Grundlegend reichen zwei der Fortsätze 2 aus, um bereits einfache Deformationen des optischen Elements zu erreichen. Für das Einleiten eines Astigmatismus ist die hier dargestellte Anzahl von vier Fortsätze 2 besonders sinnvoll.

35

Figur 2 zeigt eine Ansicht gemäß dem Pfeil II in Figur 1 mit einer möglichen Ausführungsform eines Aktuators 4, welcher hier insbesondere zum Einleiten einer zweiwelligen Deformation, also eines Astigmatismus, dienen soll. Der einzige Aktuator 4 ist dabei über zwei Übertragungselemente 5 mit jeweils zwei Gelenkpunkten 6a verbunden, welche über Federelemente 7 mit zwei der Fortsätze 2 gekoppelt sind. Von den beiden Gelenkpunkten 6a laufen Gelenkstangen 8 zu zwei weiteren Gelenkpunkten 6b, welche ebenfalls über Federelemente 7 mit den beiden anderen Fortsätzen 2 verbunden sind.

Dieser Aufbau ermöglicht es, mit dem einzigen Aktuator 4 durch ein Ausdehnen oder Zusammenziehen des Aktuators 4, und damit einer entsprechenden Bewegung der Übertragungselemente 5, die gewünschte Krafteinleitung in die Fortsätze 2 zu erzeugen.

Wird der Aktuator 4 in der Darstellung gemäß Figur 2 in seiner Länge verkürzt, so wird dieser bzw. die Übertragungselemente 5 an den beiden Gelenkpunkten 6a ziehen. In die beiden Fortsätze 2, welche mittels der Federelemente 7 mit den beiden Gelenkpunkten 6a verbunden sind, wird also eine Kraft eingeleitet, deren Kraftrichtung in Richtung der optischen Achse 3 gerichtet ist. Über die Gelenkstangen 8 werden gleichzeitig die beiden Gelenkpunkte 6b voneinander weggedrückt, so daß in den Bereich der über die Federelemente 7 mit den Gelenkpunkten 6b korrespondierenden Fortsätze 2, eine Kraft eingeleitet wird, welche von der optischen Achse 3 in Richtung der Fortsätze 2 verläuft.

In Figur 3a sind diese Kräfte gemäß der soeben erfolgten Beschreibung nochmals prinzipmäßig dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, daß an dem optischen Element 1 insgesamt ein Kräftegleichgewicht herrscht, so daß sich dieses nicht aus seiner, insbesondere für den bevorzugten Einsatzzweck im Bereich von Lithographie-Objektiven, sehr exakt einzuhaltenden

Position bewegen wird.

Figur 3b kennzeichnet dieses Erfordernis des Kräftegleichgewichts für einen weiteren Anwendungsfall, hier die Einleitung
5 einer dreiwelligen Deformation. Selbstverständlich wäre für eine derartige dreiwellige Deformation das Vorhandensein von sechs der Fortsätze 2 vonnöten, falls das optische Element 1 gemäß dem bisher beschriebenen Ausführungsbeispiel aufgebaut sein soll, da je Welligkeit der Deformation zwei Angriffspunkte benötigt werden.
10

Natürlich läßt sich der Aktuator 4 gemäß Figur 2 auch in der anderen Richtung bewegen, so daß die beiden Gelenkpunkte 6a auseinander gedrückt werden. Dementsprechend werden die Gelenkpunkte 6b zur optischen Achse 3 hin bewegt, die oben beschriebene Wirkungsweise dreht sich damit um.
15

Es dürfte dabei klar sein, daß ein Aufbau, wie unter Figur 2 beschrieben, lediglich bei einem optischen Element 1 in Frage
20 kommt, welches als Spiegel ausgeführt ist, da ansonsten der Aktuator 4, die Übertragungselemente 5 und gegebenenfalls auch die Gelenkstangen 8 in den Abbildungsbereich des optischen Elements 1 ragen würden.

Bei der Verwendung von andersartig ausgebildeten Aktuatoren 4 läßt sich ein entsprechendes optisches Element 1 jedoch
25 durchaus auch als Linse, als planparallele Platte oder dergleichen ausbilden, welche dann über entsprechende Aktuatoren 4 hinsichtlich der einzuleitenden Deformation vergleichbar wäre.
30

Figur 4 zeigt eine Ausführungsform des optischen Elements 1 als Spiegel, an welchen sich, wie es insbesondere in der
Schnittdarstellung gemäß Figur 5 gut zu erkennen ist, ein
35 rohrförmig ausgebildeter Fortsatz 2' anschließt. Das optische Element 1 bildet mit seinem einstückig mit ihm ausgebildeten

rohrförmigen Fortsatz 2' also eine Art Spiegeltopf 9. Dieser weist für die hier vorliegende Erfindung nicht weiter relevante Halteelemente 10 auf, welche im nachfolgenden auch nicht näher beschrieben werden.

5

Der rohrförmige Fortsatz 2' des Spiegeltopfs 9 kann entweder zylindrisch ausgebildet sein, was insbesondere hinsichtlich der einzuleitenden Kräfte und der Verbindung zwischen dem optischen Element 1 und dem rohrförmigen Fortsatz 2' in seiner einstückigen Ausbildung sinnvoll sein kann.

Neben dieser zylindrischen Ausbildung ist jedoch auch eine hier nicht dargestellte kegelstumpfförmige Ausbildung des rohrförmigen Fortsatzes 2' denkbar. Dies kann insbesondere bei der Verwendung bei transparenten optischen Elementen 1 sinnvoll sein, da durch einen sich auf der dem optischen Element 1 abgewandten Seite öffnenden, kegelstumpfförmigen, rohrförmigen Fortsatz 2' die Möglichkeit besteht, Aktuatoren 4 außerhalb des für die Transmission interessanten Bereichs des optischen Elements 1 anzuordnen.

Andererseits kann bei der Verwendung eines Spiegels, beispielsweise ein sich in Richtung der dem optischen Element 1 abgewandten Seite verjüngender kegelstumpfförmiger rohrförmiger Fortsatz 2' sinnvoll sein, da hier die in das optische Element 1 eingeleiteten Kräfte variiert werden können und eine gewisse Platzersparnis gegenüber dem hier dargestellten zylindrischen rohrförmigen Fortsatz 2' denkbar wäre.

Grundlegend ist natürlich zu beachten, daß durch die kegelstumpfförmige Ausbildung des rohrförmigen Fortsatzes 2' Kraftkomponenten in Richtung der optischen Achse entstehen können. Zwar erlaubt dies eine größere Variationsbreite beim Einsatz der erforderlichen Kräfte, es ist jedoch auch hier weiter auf das Kräftegleichgewicht zu achten, so daß sich das optische Element nicht aus seiner vorgegebenen Sollposition

bewegt.

Die Darstellung in Figur 6 und die damit korrespondierende dreidimensionale Darstellung in Figur 7 zeigen den Spiegeltopf 9 mit einer Vorrichtung 11 zum Einleiten einer zweiwelligen Deformation in das optische Element 1, also einer Vorrichtung 11 zum Einleiten eines Astigmatismus.

Die Vorrichtung 11 weist dementsprechend eine gegenüber der Welligkeit der einzuleitenden Deformation verdoppelte Anzahl an Einrichtungen 12 zum Einbringen der Kraft in den Bereich des rohrförmigen Fortsatzes 2' auf, wobei jede der Einrichtungen 12 jeweils über wenigstens einen hier nicht explizit erkennbaren Aktuator 13 verfügt. Die in den Einrichtungen 12 angeordneten Aktuatoren 13 können dabei in der an sich üblichen Art als Piezoaktuatoren, hydraulische bzw. pneumatische Aktuatoren, elektromechanische bzw. elektromagnetische Aktuatoren oder dergleichen ausgebildet sein. Zwei Einrichtungen 12 sind auf einer Achse 14 angeordnet und weisen Druckelemente 15 auf, welche jeweils wiederum mit dem Federelementen 7 versehen sind. Die beiden Druckelemente 15 sind dafür vorgesehen, durch mechanischen Kontakt mit dem Fortsatz 2' Druckkräfte, welche überwiegend senkrecht zur optischen Achse 3 ausgebildet sind, in den Fortsatz 2' einzuleiten.

Die beiden anderen Einrichtungen 12 sind auf einer im vorliegenden Falle des Astigmatismus in einem festen Winkel von 90° zur Achse 14 ausgerichteten Achse 16 angeordnet. Die beiden Einrichtungen 12 sind jeweils mit Zugeinrichtungen 17 versehen. Die Zugeinrichtungen 17 umfassen in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel den rohrförmigen Fortsatz 2' durch ihre hakenartige Ausbildung und sind so in der Lage, den rohrförmigen Fortsatz 2' in Richtung der optischen Achse 3 zu ziehen.

Der gesamte Aufbau aus den vier in einem festen Winkel zuein-

ander angeordneten Einrichtungen 12 läßt sich um die optische Achse 3 drehen, wozu eine hier prinzipmäßig angedeutete Antriebseinrichtung 18 vorgesehen ist. Damit läßt sich für den hier dargestellten Fall die zweiwellige, also astigmatistische Deformation in jeder beliebigen Winkellage in der Ebene senkrecht zur optischen Achse 3 in das optische Element 1 bzw. den Spiegeltopf 9 einleiten.

Grundlegend läßt sich der Aufbau mit den Einrichtungen 12 auch hinsichtlich der Anzahl der Einrichtungen 12 vergrößern, beispielsweise auf sechs Einrichtungen 12, wobei gemäß Figur 3b jeweils drei in einem Winkel von 120° zueinander fest angeordnete Einrichtungen eine Kraftwirkung in die gleiche Richtung gegenüber der optischen Achse 3 bewirken müssen. Neben einer solchen, durch sechs der Einrichtungen 12 bewirkten dreiwelligen Deformation sind jedoch auch höherwellige Deformationen, beispielsweise vier-, fünf- oder sechswellige Deformationen in den Spiegeltopf 9 einleitbar.

Es können dabei auch mehrere derartige Vorrichtungen 11 miteinander kombiniert werden, so daß beispielsweise die entsprechenden Einrichtungen 12 zum Einleiten eines Astigmatismus und in einer Ebene parallel dazu entsprechende Einrichtungen 12 zur Einleitung einer dreiwelligen Deformation angeordnet sein können. Da in besonders günstiger Weise beide Vorrichtungen 11 unabhängig gegeneinander verdreht werden können, ergibt sich somit die Möglichkeit, die zwei- oder mehrwelligen Deformationen durch eine Überlagerungen der Wirkung der beiden, oder gegebenenfalls auch weiterer Vorrichtungen 11 praktisch annähernd beliebig in den Spiegeltopf 9 einzuleiten, ohne daß hier ein übergroßer Aufwand hinsichtlich der erforderlichen Aktuatorik entsteht.

Selbstverständlich gilt auch für die hier beschriebenen und nicht explizit dargestellten Ausführungsformen der Vorrichtung 11, daß diese jeweils im Kräftegleichgewicht, also in

einer Anordnung analog zu der in Figur 3a und Figur 3b gewählten Darstellung betrieben werden müssen, um entsprechende Kräfte auf den Bereich der Halteelemente 10 zu vermeiden, welche für weitere ungewünschte Deformationen in dem Spiegeltopf 10 sorgen könnten, was insbesondere bei den hochpräzisen
5 Abbildungseigenschaften, welche für Halbleiter-Lithographie-Systeme erforderlich sind, nicht zu akzeptieren wäre.

Neben der hier dargestellten Art, die Kräfte zur Erzeugung
10 der gewünschten Deformation mechanisch in den rohrförmigen Fortsatz 2' einzuleiten, besteht selbstverständlich auch die Möglichkeit, die Kräfte über magnetische Elemente 19 einzuleiten, so daß die Krafteinleitung ohne mechanischen Kontakt, also berührungslos, erfolgen kann. Die Verwendung von magne-
15 tischen Elementen 19 erlaubt es dabei, auf einen direkten mechanischen Kontakt zwischen der Vorrichtung 11 und dem rohrförmigen Fortsatz 2' zu verzichten. Dadurch können nicht reproduzierbare Bedingungen, welche sich durch Reibung oder sehr schwer beherrschbare Setzeffekte durch Flächenpressung,
20 Rauigkeit usw. ergeben, vermieden werden. Die zu erzielende Genauigkeit, insbesondere hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Einleitung der gewünschten Deformationen, läßt sich damit erheblich steigern.

25 Besonders günstig ist es dabei, über die entsprechenden Aktuatoren 13 in den Einrichtungen 12 den Abstand zwischen zwei in magnetischem Kontakt bzw. in magnetischer Wirkung zueinander stehenden Elementen zu variieren. Durch die Veränderung des Abstands ändern sich dann nämlich auch die Magnetkräfte
30 und das entsprechende Gegenelement wird stärker angezogen oder stärker abgestoßen.

Figur 8 zeigt eine prinzipmäßige Darstellung hiervon, wobei ein Teil des Spiegeltopfes 9 zu erkennen ist. Dieser Teil des
35 Spiegeltopfs 9 ist im Bereich seines rohrförmigen Fortsatzes 2' mit dem magnetischen Element 19 versehen. Dieses magneti-

sche Element 19 korrespondiert mit einer magnetischen Einrichtung 20 bzw. einem elektromagnetischen Antrieb 20, welcher gegenüber dem magnetischen Element 19 feststehend ausgebildet ist. In der hier dargestellten Prinzipskizze ist der elektromagnetische Antrieb 20 über ein Halteelement 21 mit einer Grundplatte 22 verbunden ist. Das magnetische Element 19 des rohrförmigen Fortsatzes 2' arbeitet dabei berührungslos mit dem elektromagnetischen Antrieb 20 zusammen. Gemäß der Prinzipskizze in Figur 8 lassen sich Kräfte in beide Richtungen, also in Richtung der optischen Achse 3 und weg von der optischen Achse zwischen den beiden elektromagnetischen Antrieben erzeugen, wie dies durch den Pfeil 23 prinzipmäßig dargestellt ist.

Es können somit mehrere Lösungen zur Deformation mittels elektromagnetischer und/oder magnetischer Antriebe bzw. Elemente realisiert werden. Wie oben bereits erwähnt, stellt die einfachste Möglichkeit die Variation eines Abstands zwischen zwei in magnetischem Kontakt bzw. in magnetischer Wirkung zueinander stehenden Elementen dar. Auf diesen Aufbau soll nachfolgend noch näher eingegangen werden. Zuerst soll jedoch die zweite Lösungsvariante dargestellt werden, bei der das Antriebsprinzip auf dem ebenfalls bereits erwähnten Kontakt zwischen dem magnetischen Element 19 und einem elektromagnetischen Antrieb 20 basiert.

Figur 9 zeigt eine mögliche Lösung. Dabei ist in den Bereich des Fortsatzes 2' ein Magnet 19', mit der aus Figur 9 erkenntlichen Polung, als magnetisches Element 19 eingesetzt. Dieser Magnet 19' kann, wie hier dargestellt, als diskreter Magnet 19' mit dem rohrförmigen Fortsatz 2' verbunden werden. Dies erfordert jedoch eine entsprechend hohe Anzahl an Magneten 19' und erlaubt darüber hinaus nur die diskrete Einstellung der Winkellage für die einzubringende Deformation entsprechend dieser Anzahl bzw. dem Winkelabstand der Magnete 19'.

Außerdem ist es auch denkbar, daß das magnetische Element 19 im Bereich des rohrförmigen Fortsatzes 2' als magnetische Beschichtung 19'' ausgebildet ist, so daß der rohrförmige Fortsatz 2' zumindest auf seiner der optischen Achse 3 zugewandten Seite eine durchgehende magnetische Beschichtung 19'' aufweist. Dies ermöglicht eine beliebige Einstellung der Winkellage für die vorgesehene Deformation. Diese Beschichtung 19'' ist in den nachfolgenden Figuren näher dargestellt.

10

In Figur 9, welche hier beispielhaft mit einem diskreten Magnet dargestellt ist, korrespondiert der Magnet 19' mit einem Elektromagneten 20' als elektromagnetische Antriebseinrichtung 20. Wird der Elektromagnet 20', welcher hier in seiner Polung entsprechend so dargestellt ist, daß im Betrieb eine Abstoßung zwischen dem magnetischen Element 19 und der elektromagnetischen Antriebseinrichtungen 20 stattfinden wird, läßt sich über eine Spule 24 einerseits hinsichtlich seiner Polung beeinflussen, so daß entweder Anziehung oder Abstoßung zwischen dem magnetischen Element 19 und der elektromagnetischen Antriebseinrichtungen 20 stattfinden wird, und andererseits kann über den durch die Spule 24 fließenden Strom das dadurch induzierte Magnetfeld hinsichtlich des Betrags der Anziehungs- bzw. Abstoßungskräfte verändert werden. Man erhält mit einem derartigen Aufbau der Vorrichtung 11 gemäß Figur 9 also einen hochflexiblen Aufbau, welcher es erlaubt, die Kräfte, welche in den rohrförmigen Fortsatz 2' des optischen Elements 1 eingeleitet werden, hinsichtlich ihrer Richtung und ihrer Stärke annähernd beliebig zu variieren.

30

Durch die berührungslose Funktionsweise werden darüber hinaus beim Verdrehen der Vorrichtung 11 um die optische Achse 3 keinerlei Reibungskräfte verursacht, welche zu entsprechenden Verformungen und Spannungen im Sub- μm -Bereich führen könnten, wie dies oben bereits angedeutet wurde, und welche durch die aufgrund der Reibung erzeugten Wärme weitere negative Ein-

35

flüsse auf die Abbildungsqualität des optischen Elements 1 haben könnten.

Die Ausführungsform gemäß Figur 10 zeigt einen ähnlichen Aufbau, wobei hier die elektromagnetische Antriebseinrichtung 20 und das magnetische Element 19 vertauscht angeordnet sind. Dies bedeutet, daß die elektromagnetische Antriebseinrichtung 20, welche hier als Tauchspule 25 ausgebildet ist, an dem rohrartigen Fortsatz 2' angeordnet ist. Die Tauchspule 25 korrespondiert dabei mit dem magnetischen Element 19, welches hier in einer entsprechenden geometrischen Ausgestaltung ausgeführt ist, so daß diese Elemente problemlos untereinander korrespondieren können. In an sich bekannter Art ergibt sich je nach Spannung U , welche an die Tauchspule 25 angelegt wird, die gewünschte Kraft zwischen dem magnetischen Element 19 und dem elektromagnetischen Antrieb 20, welche hinsichtlich Richtung und Betrag variiert werden kann.

Diese Ausführungsform weist lediglich den Nachteil auf, daß eine Winkelverstellung um die optische Achse 3 nur sehr schwer möglich ist. Dementsprechend kann ein Aufbau gewählt werden, welcher über mehrere diskrete Winkelstellungen verfügt. Dies kann beispielsweise bedeuten, daß eine größere Anzahl an Tauchspulen 25, beispielsweise zwölf, um den Umfang des Spiegeltopfes 9 angeordnet sind, so daß auch hier die Möglichkeit einer Einleitung einer mehrwelligen Deformation in verschiedene, jedoch diskret vorgegebene, Winkellagen erfolgen kann. Der Aufbau gemäß Figur 10 mit der Tauchspule 25 ist dabei prädestiniert für eine Kombination mit dem Aufbau des optischen Elements 1 gemäß Figur 1, also mit einzelnen diskreten Fortsätzen 2.

Ein derartiger Aufbau ist, allerdings mit einem anderen Betätigungsprinzip, in Figur 11 prinzipmäßig dargestellt. Der Aufbau gemäß Figur 11 zeigt nämlich den Spiegeltopf 9 in einer Ansicht von seiner der verspiegelten Oberfläche abgewand-

ten Seite. Dabei sind in dem Spiegeltopf 9 zwölf diskrete Einrichtungen 12 zum Einbringen der Kraft in den rohrförmigen Fortsatz 2' erkennbar. Jede der Einrichtungen 12 weist hier zwei Magnete 26, 27 auf, welche sich jeweils über einen längenveränderlichen Aktuator 28 an der hier im Inneren des Spiegeltopfs 9 angeordneten Grundplatte 22 abstützen. Die beiden Magnete 26, 27 sind so gepolt, daß der eine Magnet 26 für eine Abstoßung zwischen sich selbst und dem magnetischen Element 19, welches hier als magnetische Beschichtung bzw. Schicht 19'' ausgebildet ist, sorgen kann. Durch den jeweiligen Aktuator 28 läßt sich der Abstand zwischen dem jeweiligen Magnet 26, 27 und der magnetischen Schicht 19'' verändern. Je nach Abstand wird die magnetische Schicht 19'' und damit der mit ihr verbundene rohrförmige Fortsatz 2' von den Magneten 26, 27 stärker oder schwächer angezogen oder abgestoßen.

Wie oben bereits erwähnt, kann anstatt in der magnetischen Schicht 19'' auch eine Anzahl von Einzelmagneten 19' in den rohrförmigen Fortsatz 2' integriert sein, womit wieder lediglich diskrete Winkelstellungen bei der Einleitung der Deformation berücksichtigt werden können. Die grundlegend auch beim Aufbau gemäß Figur 11 mögliche Drehung des Aufbaus aus Grundplatte 22 und Einrichtungen 12 könnte somit gegebenenfalls entfallen. Damit geht zwar die oben bereits erwähnte Variation hinsichtlich des Winkels teilweise verloren, für entsprechende Anwendungen kann jedoch eine Variation des Winkels in zwölf verschiedene Stellungen ausreichend sein, der Aufbau kann damit an Stabilität gewinnen.

Die magnetische Schicht 19'' kann dabei aus einem von sich magnetischen Material bestehen, also eine Art aufgedampfter oder aufgesputterter Dauermagnet sein. Alternativ dazu würde aber auch eine Schicht 19'' aus einem magnetischen Material, z.B. Eisen oder dergleichen, ausreichen, welche mit den beispielsweise als Dauermagneten ausgeführten Magneten 26, 27 zusammenwirkt.

Figur 12 zeigt einen vergleichbaren Aufbau, wobei hier der rohrförmige Fortsatz 2' sowohl auf seiner der optischen Achse 3 zugewandten, als auch auf seiner der optischen Achse 3 abgewandten Seite mit der magnetischen Schicht 19'' versehen ist. Auf der der optischen Achse 3 zugewandten Seite des rohrförmigen Fortsatzes 2' ist dann jeweils nur noch einer der Aktuatoren 28 angeordnet, welcher den einen Magneten 26 trägt. Der Magnet 27 ist mit dem zweiten Aktuator 28 auf der der optischen Achse 3 abgewandten Seite des rohrförmigen Fortsatzes 2' angeordnet.

Die Möglichkeit der Variation der einzuleitenden Deformation ist hier vergleichbar, es können sich jedoch entsprechende Vorteile hinsichtlich der baulichen Ausgestaltung ergeben.

Prinzipiell können sämtliche der hier dargestellten Ausführungsformen natürlich auch untereinander kombiniert werden, insbesondere ist es auch denkbar, lediglich auf der der optischen Achse 3 abgewandten Seite des rohrförmigen Fortsatzes 2' die Einrichtungen 12 mit ihrem Aufbau gemäß Figur 11 anzuordnen, so daß das optische Element 1 auch als transparentes optisches Element 1, beispielsweise als Linse, ausgeführt sein kann.

Für sämtliche Ausgestaltungen der Einrichtungen 12, mit Ausnahme der Tauchspule 25, kann dabei die Drehung um die optische Achse 3 in einer Ebene senkrecht zu dieser optischen Achse 3 sinnvoll sein, wobei diese wiederum durch Integration von diskreten Magneten oder dergleichen in ihrer Variationsmöglichkeit eingeschränkt werden kann. Dies kann bei einer entsprechend hohen Anzahl an diskreten Magneten und/oder feststehenden Einrichtungen 12 jedoch von untergeordneter Bedeutung sein.

Somit ergibt sich ein hinsichtlich des Astigmatismus und hö-

herwelliger, insbesondere dreiwelliger Deformationen sehr gut zu beeinflussendes optisches Element 1 in einem einfachen, zuverlässigen und kompakten Aufbau, welcher sich hinsichtlich seines Platzbedarfs und seiner Ansteuerungsmöglichkeit problemlos in ein Abbildungssystem, beispielsweise in eine Objektiv für die Halbleiter-Lithographie, integrieren läßt.

Zur Einleitung der Kräfte können bei sämtlichen Anordnungen, also sowohl dem Aktuator 4 gemäß der Darstellung in Figur 2, wie auch den in den jeweiligen Einrichtungen 12 integrierten Aktuatoren 13 der Figuren 6 und 7 sowie den Aktuatoren 28 der Figuren 11 und 12, im wesentlichen bekannte Aktuatoren zum Einsatz kommen. Dabei ist für die Betätigung der Aktuatoren 4, 13, 28 die Anwendung von Federkräften, Pneumatik- oder Hydraulikzylindern ebenso denkbar wie die besonders günstige und vorteilhafte Anwendung von Piezoelementen, insbesondere als Piezostacks.

Bei der Verwendung von magnetischen oder elektromagnetisch wirksamen Einrichtungen 12 ergeben sich weitere günstige Eigenschaften. Durch den elektromagnetischen Aufbau können die Kräfte sehr gleichmäßig eingeleitet und eingeschaltet werden, so daß es durch die Abstützung der Reaktionskräfte nicht zu zusätzlichen Verschiebungen oder Deformationen des Aufbaus kommt, da alle Kräfte, welche sich in der Summe wieder aufheben, gleichmäßig und gleichzeitig angelegt werden können. Außerdem wird die Kombination der Einleitung von mehreren unterschiedlichen Welligkeiten, welche, wie bereits oben in den Figuren 6 und 7 genannt, grundlegend immer möglich ist, bei den elektromagnetischen Vorrichtungen 11 erheblich vereinfacht, da beispielsweise bei Aufbauten mit diskreten Winkelstellungen gemäß Figur 11 oder 12 keine zusätzlichen Elemente notwendig werden. Sämtliche elektromagnetischen Antriebselemente können dabei sowohl Zug- als auch Druckkräfte auf das optische Element 1 aufprägen, wobei hier lediglich die Polung der Magnete und/oder die Einleitung der entsprechenden Span-

nungs- und/oder Stromrichtung entscheidend ist.

Da die gewünschten einzuleitenden Deformationen, insbesondere wenn es sich bei dem optischen Element 1 um einen Spiegel
5 handelt, sehr gering sind und nur im Sub- μm -Bereich bzw. Nanometerbereich liegen, können hierfür miniaturisierte elektromagnetische Antriebe verwendet werden. Dies führt neben den baulichen Vorteilen außerdem zu einer geringeren Leistungsaufnahme mit entsprechend verringerter Wärmeentwicklung. Die
10 dennoch entstehende Wärme kann beispielsweise durch eine direkte Wasserkühlung oder dergleichen abgeführt werden. Diese Abführung der Wärme kann beispielsweise in der Grundplatte 22 integriert werden.

15 Der bevorzugte Einsatzzweck für eine Vorrichtung 11, wie sie hier beschrieben wurde, liegt im Bereich von optischen Elementen 1, welche für Abbildungseinrichtungen in Projektionsbelichtungsanlagen in der Mikrolithographie eingesetzt werden.

20

Patentansprüche

1. Optisches Element mit einer optischen Achse, insbesondere für ein Belichtungsobjektiv in der Halbleiter-
5 Lithographie, gekennzeichnet durch wenigstens einen Fortsatz (2,2') in Richtung der optischen Achse (3).
2. Optisches Element nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch wenigstens vier in gleichmäßigem Abstand über den Umfang
10 des optischen Elements (1) verteilte Fortsätze (2).
3. Optisches Element nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch seine einstückige Ausbildung mit den Fortsätzen
15 (2).
4. Optisches Element nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Fortsatz (2,2') als genau ein zumindest annähernd rohrförmiger Fortsatz (2') ausgebildet ist.
20
5. Optisches Element nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch seine einstückige Ausbildung mit dem rohrförmigen Fortsatz (2').
- 25 6. Optisches Element nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der rohrförmige Fortsatz (2') in der Art eines zylindrischen Rohrabschnitts ausgebildet ist.
7. Optisches Element nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der rohrförmige Fortsatz (2') in der Art
30 eines kegelstumpfförmigen Rohrabschnitts ausgebildet ist.
8. Optisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch seine Ausbildung als Spiegel.

9. Vorrichtung zur Einleitung einer zwei- oder mehrwelligen Deformation in ein optisches Element gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Einrichtung (12) zum Einbringen einer Kraft in den Fortsatz (2,2') im Bereich jeder der Fortsätze (2) bzw. des Fortsatzes (2') angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Summe der eingeleiteten Kräfte verschwindet.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine gegenüber der Welligkeit der einzuleitenden Deformation doppelte Anzahl an Einrichtungen (12) zum Einbringen der Kraft im Bereich jeder der Fortsätze (2) bzw. des Fortsatzes (2') angeordnet sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß durch einen Aktuator (4,13,28) eine Kraft, welche den Fortsatz (2,2') von der optischen Achse (3) wegdrückt oder zu der optischen Achse (3) hinzieht, auf den Fortsatz (2,2') aufprägbare ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Einrichtung (12) zum Einbringen der Kraft eine magnetische Einrichtung (20) aufweist, welche berührungslos mit wenigstens einem magnetischen Element (19) im Bereich des Fortsatzes (2,2') korrespondiert.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abstand zwischen der magnetischen Einrichtung (20) und dem wenigstens einen magnetischen Element (19) mittels des Aktuators (28) zur Beeinflussung der eingebrachten Kraft veränderbar ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine magnetische Element (19) aus einer Vielzahl von in dem Fortsatz (2,2') integrierten diskreten Magneten (19') besteht.
- 5
16. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine magnetische Element (19) aus wenigstens einer magnetischen Beschichtung (19'') des Fortsatzes (2,2') besteht.
- 10
17. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine magnetische Element (19) und/oder die magnetische Einrichtung (20) elektromagnetisch ausgebildet sind, wobei über eine Beeinflussung der Magnetstärke (Spule 24) die angebrachte Kraft veränderbar ist.
- 15
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Einrichtung (12) zum Einbringen der Kraft den wenigstens einen Aktuator (13) aufweist, welcher zumindest im Falle des Einbringens der Kraft einen direkten oder indirekten mechanischen Kontakt mit dem Fortsatz (2,2') aufweist.
- 20
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Aktuator (13) und dem Fortsatz Federelemente (7) angeordnet sind.
- 25
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Einrichtung (12) zum Einbringen der Kraft, insbesondere bei Verwendung zusammen mit einem rohrförmigen Fortsatz (2'), um die optische Achse (3) drehbar angeordnet ist.
- 30
21. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine magnetische Einrichtung (20) aus we-
- 35

nigstens einer fest mit dem Fortsatz (2,2') verbundenen Tauchspule (25) besteht.

22. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle einer zweiwelligen Deformation (astigmatische Deformation) an dem Fortsatz (2') bzw. den Fortsätzen (2) vier Befestigungspunkte (6a,6b) in einem Winkelabstand von jeweils etwa 90° um den Umfang des optischen Elements (1) angeordnet sind, wobei jeweils zwei der benachbarten Befestigungspunkte (6a,6b) über Gelenkstangen (8) miteinander verbunden sind, und wobei zwischen zwei gegenüberliegenden Befestigungspunkten (6a,6b) genau ein längenveränderlicher Aktuator (4) angeordnet ist.
23. Optisches Element mit einer optischen Achse für ein Belichtungsobjektiv in der Halbleiter-Lithographie, gekennzeichnet durch wenigstens einen Fortsatz (2,2') in Richtung der optischen Achse (3).
24. Optisches Element nach Anspruch 23, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als Spiegel.
25. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, zur Einleitung mehrwelliger Deformation in das optische Element (1), welches in einer Abbildungseinrichtung eingesetzt wird, wobei die Abbildungseinrichtung Teil einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie ist.

30

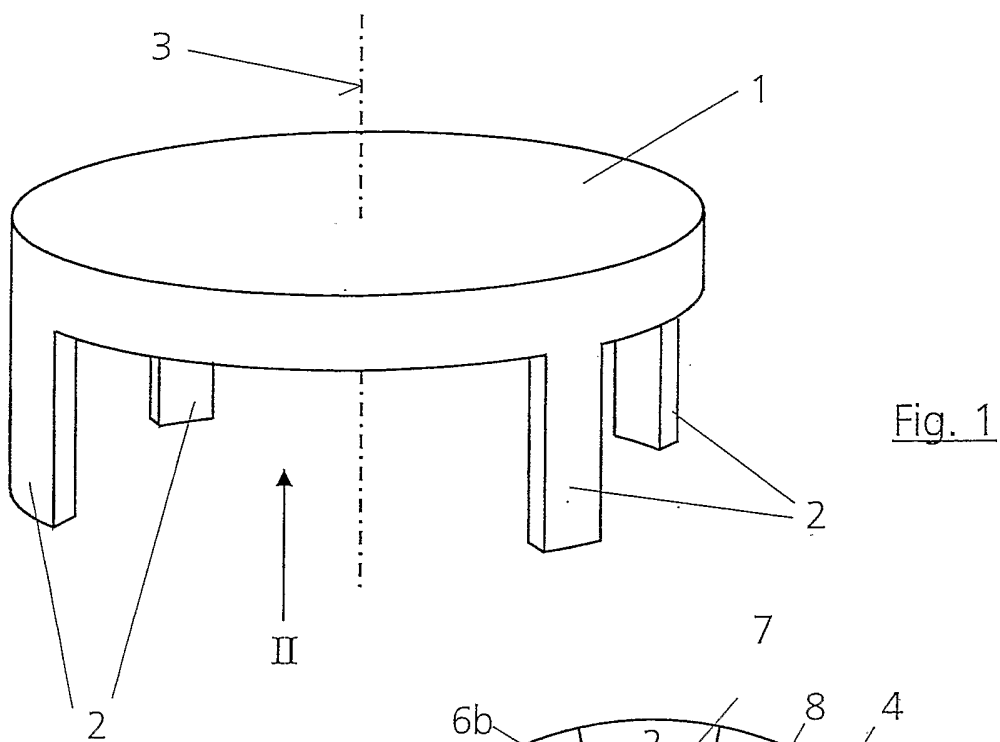


Fig. 1

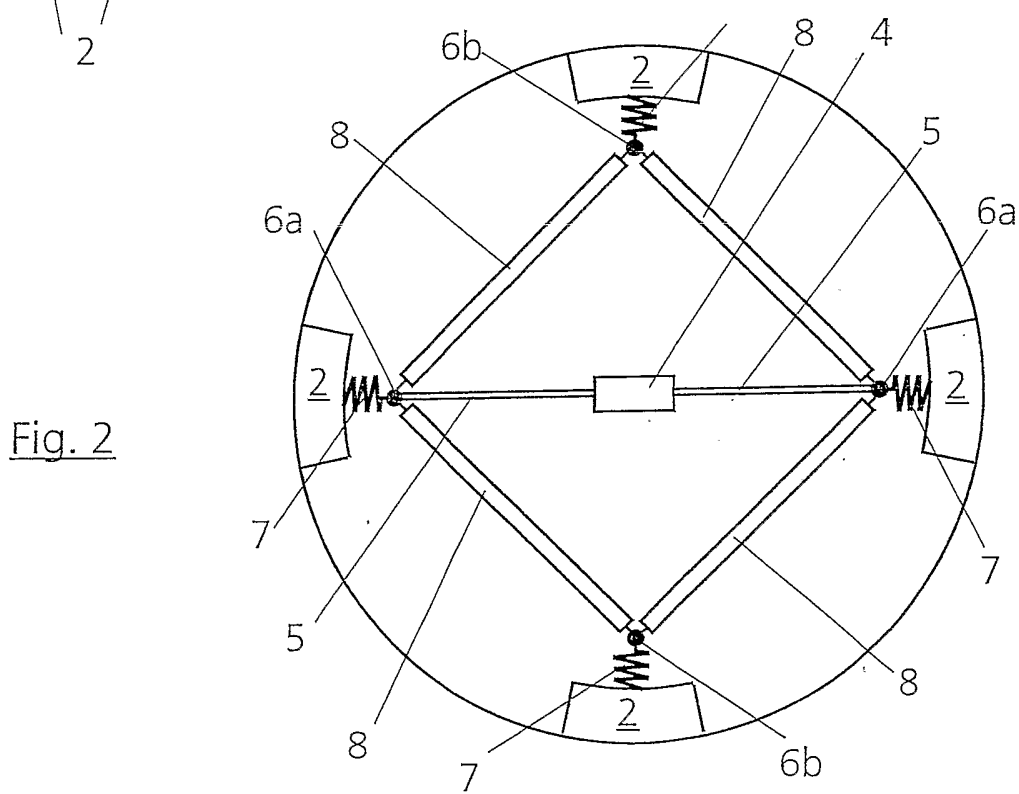


Fig. 2

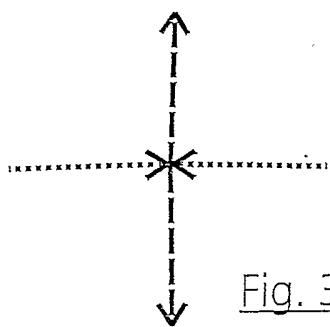


Fig. 3a

Bestätigungskopie

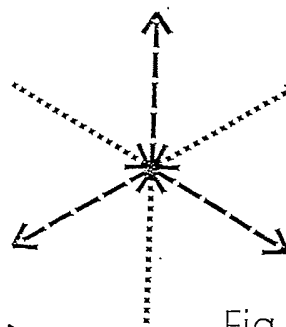


Fig. 3b

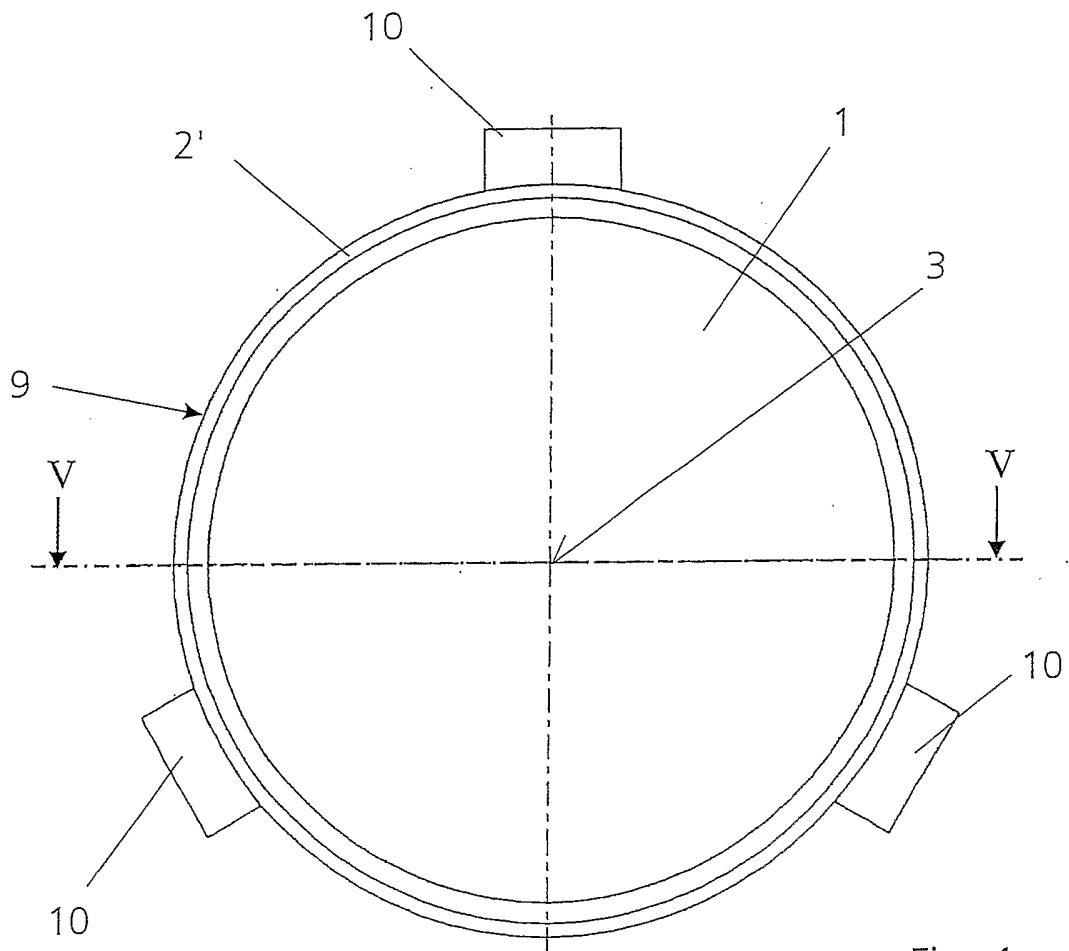


Fig. 4

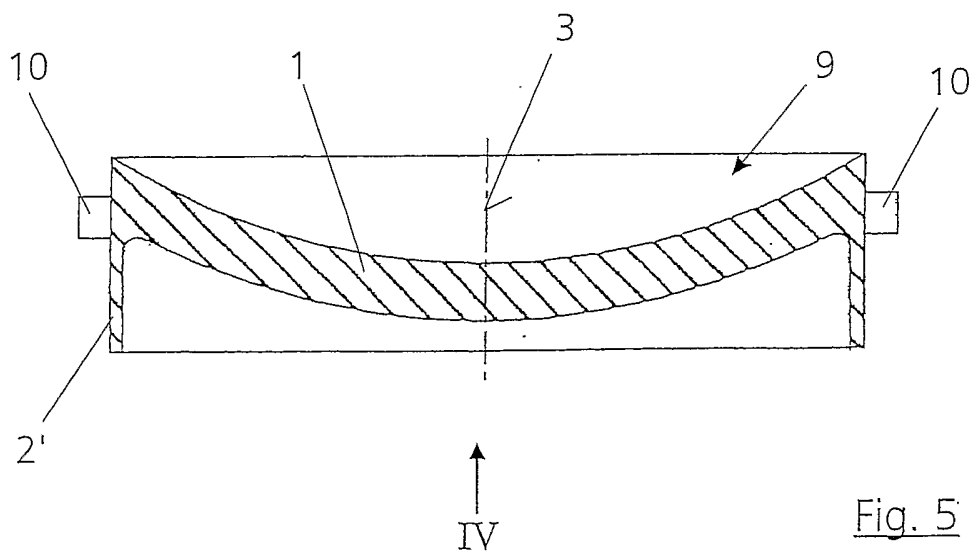


Fig. 5

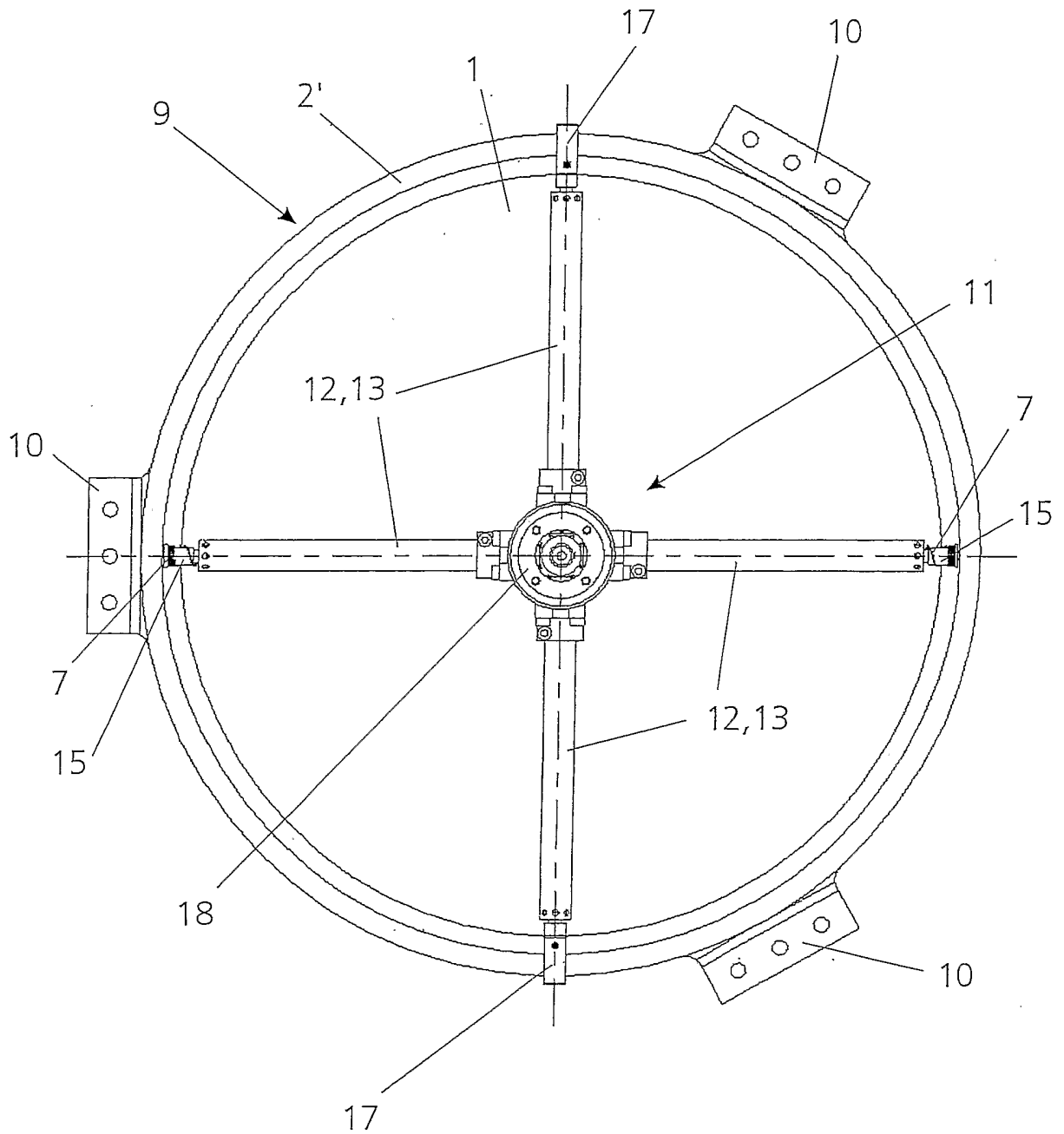


Fig. 6

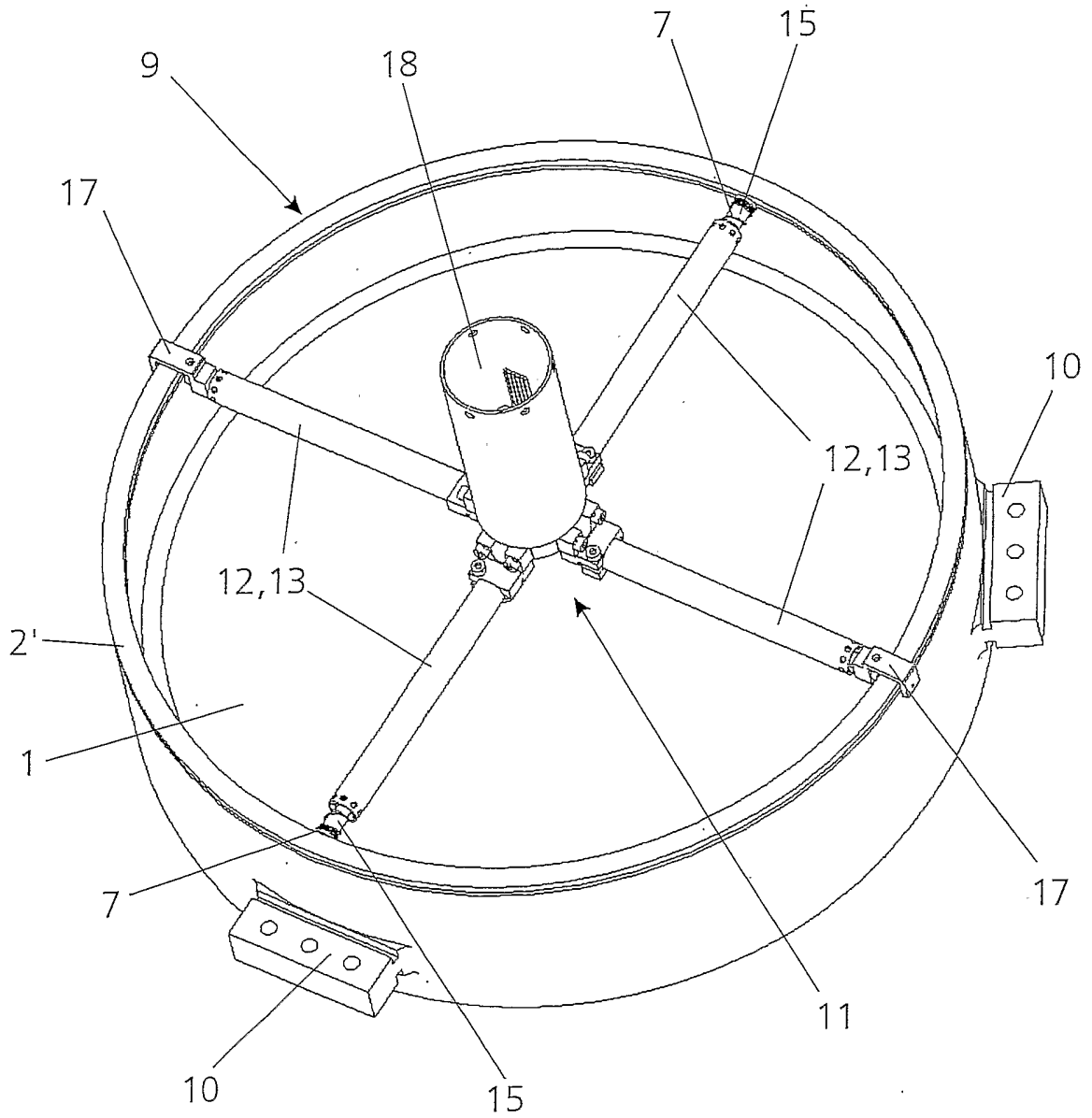


Fig. 7

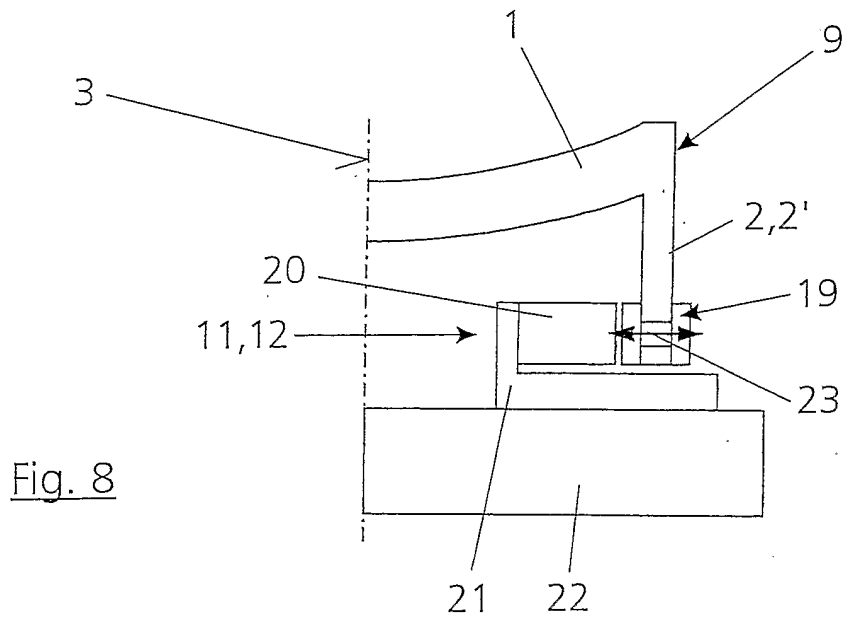


Fig. 8

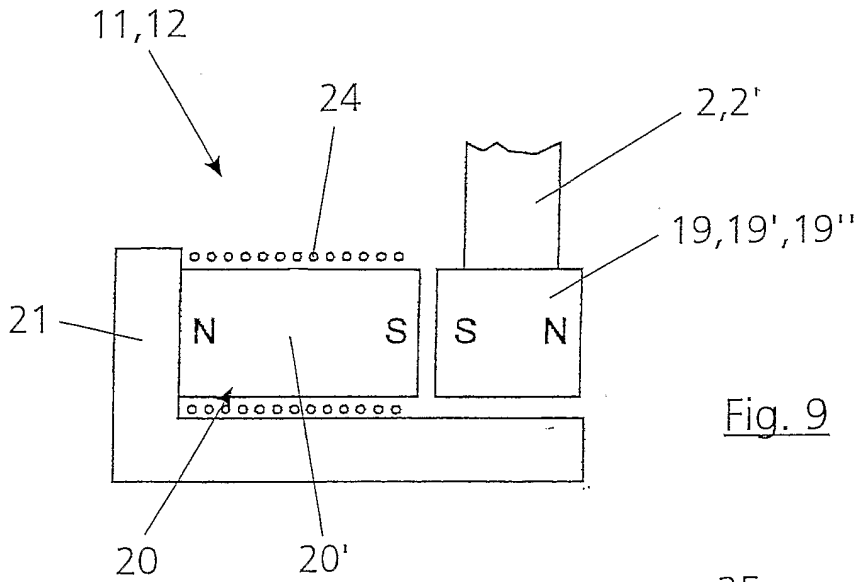


Fig. 9

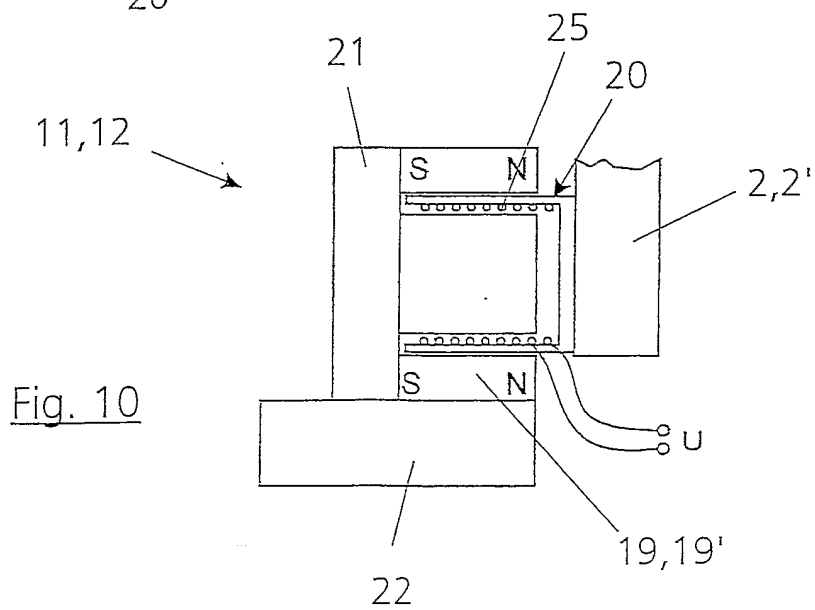


Fig. 10

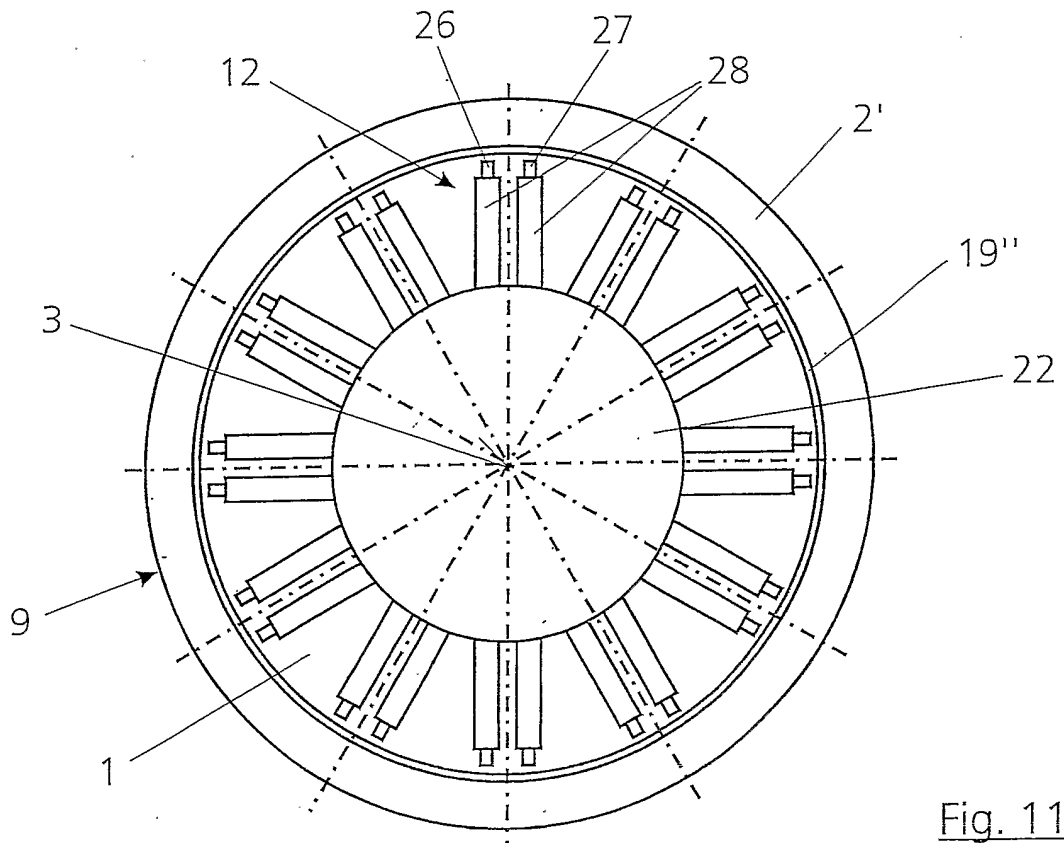


Fig. 11

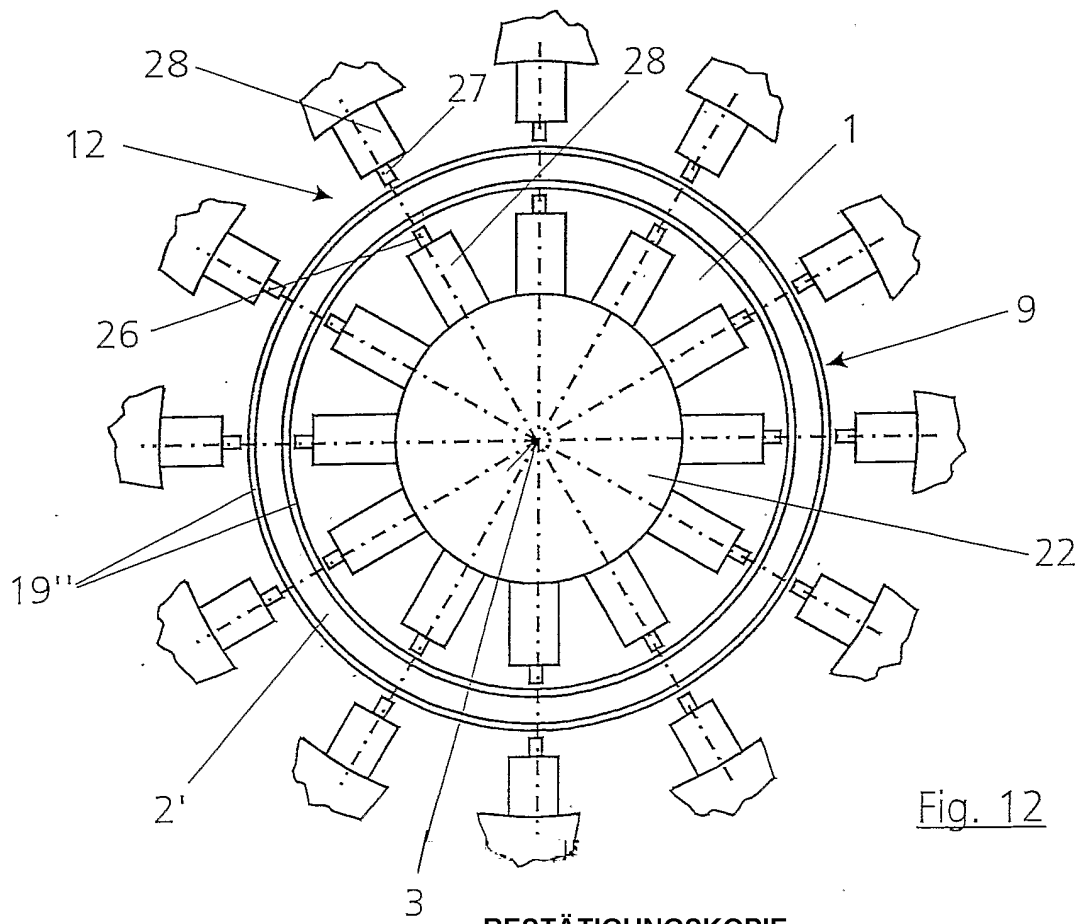


Fig. 12

BESTÄTIGUNGSKOPIE