



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 33 773 T2 2007.11.08**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 111 470 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 7/20 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 33 773.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 311 362.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **19.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.06.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **07.03.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.11.2007**

(30) Unionspriorität:
99310371 21.12.1999 EP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, NL

(73) Patentinhaber:
ASML Netherlands B.V., Veldhoven, NL

(72) Erfinder:
Kwan, Yim Bun Patrick, 73431 Aalen, DE

(74) Vertreter:
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München**

(54) Bezeichnung: **Lithographischer Apparat mit einem ausbalancierten Positionierungssystem**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein ausbalanciertes Positioniersystem. Insbesondere betrifft die Erfindung derartige Systeme in lithographischen Projektionsvorrichtungen, mit:

- einem Strahlungssystem zur Bereitstellung eines Projektionsstrahls aus Strahlung;
- einem ersten Objektisch zum Halten einer Maske;
- einem zweiten Objektisch zum Halten eines Substrats; und
- einem Projektionssystem zum Abbilden eines bestrahlten Bereiches der Maske auf einen Zielabschnitt des Substrats.

[0002] Der Einfachheit halber kann das Projektionssystem im Folgenden als „Linse“ bezeichnet werden; jedoch sollte dieser Begriff so weit interpretiert werden, dass er verschiedene Arten von Projektionssystemen umfasst, die beispielsweise lichtbrechende Optiken, reflektierende Optiken, katadioptrische Systeme und Laddingsträgeroptiken umfassen. Das Strahlungssystem kann auch Komponenten umfassen, die gemäß jeder dieser Konstruktionstypen zum Leiten, Formen oder Steuern des Projektionsstrahls aus Strahlung arbeiten, und derartige Komponenten können nachstehend auch zusammen oder einzeln als eine „Linse“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können der erste und der zweite Objektisch jeweils als „Maskentisch“ und als „Substrattisch“ bezeichnet werden. Ferner kann die lithographische Vorrichtung derart sein, dass sie zwei oder mehr Substrattische und/oder zwei oder mehr Maskentische aufweist. Bei derartigen „mehrstufigen“ Geräten können die zusätzlichen Tische parallel verwendet werden, bzw. es können an einem oder an mehreren Tischen vorbereitende Schritte durchgeführt werden, während ein oder mehrere weitere Tische für Belichtungen verwendet werden. Zweistufige lithographische Vorrichtungen sind zum Beispiel in den internationalen Patentanmeldungen WO 98/28665 und WO 98/40791 beschrieben.

[0003] Lithographische Projektionsvorrichtungen können beispielsweise für die Herstellung von integrierten Schaltungen (ICs) verwendet werden. In so einem Fall kann die Maske (Retikel) ein Schaltungsmuster entsprechend einer einzelnen Schicht der integrierten Schaltung erzeugen und dieses Muster kann auf einen Zielabschnitt (der z.B. einen oder mehrere Dies enthält) auf ein Substrat (Silizium-Wafer), das mit einer Schicht aus photosensitivem Material (Resist) überzogen worden ist, abgebildet werden. Im allgemeinen enthält ein einzelner Wafer ein ganzes Netzwerk benachbarter Zielabschnitte, die sukzessive einer nach dem anderen durch das Projektionssystem bestrahlt werden. Bei einer Art von lithographischer Projektionsvorrichtung wird jeder Zielabschnitt bestrahlt, indem das gesamte Maskenmuster in einem Schritt auf den Zielabschnitt aufgebracht wird; eine derartige Vorrichtung wird im allgemeinen als Wafer-Stepper bezeichnet. Bei einer alternativen Vorrichtung – die im allgemeinen als Step-and-Scan-Vorrichtung bezeichnet wird – wird jeder Zielabschnitt bestrahlt, indem das Maskenmuster unter dem Projektionsstrahl in einer vorbestimmten Referenzrichtung (der „abtastenden“ Richtung) fortschreitend abgetastet wird, während der Substrattisch parallel oder antiparallel zu dieser Richtung synchron abgetastet wird; da das Projektionssystem im allgemeinen einen Vergrößerungsfaktor M (im allgemeinen < 1) aufweist, ist die Geschwindigkeit V , bei welcher der Substrattisch abgetastet wird, um einen Faktor M mal so groß wie diejenige, bei welcher der Maskentisch abgetastet wird. Weitere Informationen hinsichtlich lithographischer Vorrichtungen, wie sie hier beschrieben sind, können der internationalen Patentanmeldung WO 97/33205 entnommen werden.

[0004] In einer lithographischen Vorrichtung sind Reaktionen am Maschinenrahmen auf Beschleunigungskräfte, die zur genauen Positionierung der Maske (Retikel) und des Substrats (Wafer) im Nanometerbereich verwendet werden, eine Hauptursache für Vibrationen, wodurch die Genauigkeit der Vorrichtung beeinträchtigt wird. Um die Einwirkungen von Vibrationen auf ein Minimum reduzieren zu können, ist es möglich, einen isolierten Metrologierahmen vorzusehen, an dem alle Positionserfassungsvorrichtungen montiert sind und alle Reaktionskräfte zu einem sogenannten Kraft- bzw. Reaktionsrahmen geleitet werden, der von der übrigen Vorrichtung getrennt ist.

[0005] Die US 5,208,497 beschreibt ein System, bei dem die Reaktion der Antriebskraft zu einer Ausgleichsmasse geleitet wird, die gewöhnlich schwerer ist als die getriebene Masse und die frei relativ zur übrigen Vorrichtung verschoben werden kann. Die Reaktionskraft wird zur Beschleunigung der Ausgleichsmasse verwendet und hat einen unwesentlichen Einfluss auf die übrige Vorrichtung. Das in der US 5,208,497 offenbarte Konzept ist jedoch nur für Reaktionskräfte in einer Richtung wirksam und kann nicht ohne Weiteres auf Systeme mit mehreren Freiheitsgraden ausgedehnt werden. Ausgleichsmassen, die in drei Freiheitsgraden in einer Ebene bewegt werden können, sind in den (oben erwähnten) WO 98/40791 und WO 98/28665 beschrieben.

[0006] Die EP-A-0,557,100 beschreibt ein System, das sich auf den aktiven Antrieb von zwei Massen in entgegengesetzte Richtungen stützt, so dass die Reaktionskräfte gleich und entgegengesetzt sind und sich somit

ausgleichen. Das beschriebene System arbeitet in zwei Dimensionen, die aktive Positionierung der Ausgleichsmasse erfordert jedoch ein zweites Positioniersystem gleicher Qualität und gleichen Leistungsvermögens zu dem, welches das Hauptobjekt antreibt.

[0007] Keines der vorgenannten Systeme ist in gegenläufigen Giermomenten besonders effektiv, die durch Anpassungen der Drehposition der getriebenen Masse oder aufgrund von Fehlausrichtung zwischen der Funktionslinie von Kräften, die auf den getriebenen Körper und seinen Massenschwerpunkt wirken, induziert sein können.

[0008] Die US 5,815,246 offenbart ein Positioniersystem, bei dem sich eine erste Ausgleichsmasse in einer XY-Ebene frei bewegen kann, d.h. sich in X und Y verschieben und um Achsen drehen kann, die parallel zur Z-Richtung verlaufen. Zur Steuerung der Drehung der ersten Ausgleichsmasse wird ein Schwungrad, das eine zweite Ausgleichsmasse bildet, durch einen Drehmotor getrieben, der an der ersten Ausgleichsmasse befestigt ist, um ein gegenläufiges Drehmoment auszuüben. Die Steuerung der Drehung der ersten Ausgleichsmasse erfordert daher eine akkurate Steuerung der Rotation des Schwungrades. Jegliche Verzögerung dieser Steuerung bzw. Unwucht des Schwungrades erzeugt Vibrationen.

[0009] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes ausbalanciertes Positioniersystem für gegenläufige Giermomente in der getriebenen Masse und vorzugsweise auch einen Kraftausgleich in wenigstens zwei verschobenen Freiheitsgraden zu schaffen. Die Erfindung ist durch die Ansprüche definiert.

[0010] Durch Bereitstellen von zwei Ausgleichsmassen, die in wenigstens eine Richtung verschieben können, kann das Drehmoment, das für den Antrieb des Objekttisches zur Einstellung seiner Drehposition oder für den Ausgleich von Drehmomenten, die durch weitere Antriebskräfte induziert sind, erforderlich ist, als die Summe von zwei linear wirkenden Kräften bereitgestellt werden, die zwischen dem Objekttisch und den beiden Ausgleichsmassen wirken. Die auf die beiden Ausgleichsmassen wirkenden Reaktionskräfte bewirken eine lineare Bewegung, was leicht zu ermöglichen ist. In anderen Worten: die Reaktion auf ein auf den angetriebenen Objekttisch ausgeübtes Drehmoment wird in Verschiebungen der beiden Ausgleichsmassen umgewandelt und es tritt keine Drehbewegung der Ausgleichsmasse auf. Selbstverständlich können, wenn eine Drehbewegung des Objekttisches mit einer linearen Bewegung kombiniert ist, die auf jede der Ausgleichsmassen einwirkenden Nettokräfte in gleicher Richtung verlaufen, obwohl sie eine unterschiedliche Größenordnung aufweisen.

[0011] Bei einem Herstellungsprozess, bei dem eine erfindungsgemäße lithographische Projektionsvorrichtung eingesetzt wird, wird ein Muster in einer Maske auf ein Substrat abgebildet, das zumindest teilweise von einer Schicht aus energieempfindlichem Material (Resist) bedeckt ist. Vor diesem Abbildungsschritt kann das Substrat mehreren Verfahrensschritten unterzogen werden, wie z.B. Grundieren, Schutzlackbeschichtung und ein Softbake. Nach der Belichtung kann das Substrat weiteren Verfahrensschritten ausgesetzt werden, wie z.B. Post-Exposurebake (PEB), Entwicklung, Hardbake und Messen/Inspizieren der abgebildeten Strukturen. Diese Folge von Verfahrensschritten wird als Basis verwendet, um eine individuelle Schicht eines Bauelements, z.B. einer integrierten Schaltung, mit einem Muster zu versehen. Eine derart gemusterte Schicht kann dann mehreren Verfahrensschritten wie z.B. Ätzen, Ionenimplantation (Doping), Metallisierung, Oxydation, chemo-mechanisches Polieren etc. ausgesetzt werden, die alle dazu dienen, eine individuelle Schicht fertig zu stellen. Sind mehrere Schichten erforderlich, muss die gesamte Prozedur, oder eine Variante davon, für jede neue Schicht wiederholt werden. Schließlich befindet sich eine Gruppe von Bauelementen auf dem Substrat (Wafer). Diese Elemente werden dann durch ein Verfahren wie z.B. Teilen (Dicing) oder Sägen voneinander getrennt, wonach die einzelnen Elemente auf einen Träger montiert, an Pins angeschlossen werden können, etc.. Weitere Informationen hinsichtlich derartiger Verfahrensschritte können zum Beispiel dem Buch „Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing“, 3. Ausgabe, von Peter van Zant, McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4 entnommen werden.

[0012] Obwohl in diesem Text speziell auf die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung bei der Herstellung von integrierten Schaltungen hingewiesen werden kann, sollte klar sein, dass eine derartige Vorrichtung viele weitere Anwendungsmöglichkeiten hat. Sie kann zum Beispiel bei der Herstellung von integrierten optischen Systemen, Leit- und Erfassungsmustern für Magnetblasenspeicher, Flüssigkristall-Anzeigetafeln, Dünnschicht-Magnetköpfen und dergleichen verwendet werden. Der Fachmann wird erkennen, dass im Kontext mit derartigen alternativen Anwendungsmöglichkeiten jede Benutzung der Begriffe „Retikel“, „Wafer“ oder „Die“ in diesem Text jeweils durch die allgemeineren Begriffe „Maske“, „Substrat“ und „Zielabschnitt“ ersetzt worden sind.

[0013] Im vorliegenden Dokument werden die Begriffe „Strahlung“ und „Strahl“ verwendet, um alle Arten elek-

tromagnetischer Strahlung bzw. Teilchenfluss mit einzuschließen, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf ultraviolette Strahlung (z.B. mit einer Wellenlänge von 365 nm, 248 nm, 193 nm, 157 nm bzw. 126 nm), EUV, Röntgenstrahlen, Elektronen und Ionen.

[0014] Im Folgenden werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf ein Kartesisches Koordinatensystem beschrieben, dessen Achsen mit X, Y und Z bezeichnet sind und in dem die XY-Ebene parallel zu den nominellen Substrat- und Retikelflächen verläuft. Die Notation Ri wird für die Bezeichnung der Rotation um eine Achse parallel zur I-Richtung verwendet.

[0015] Die vorliegende Erfindung wird nachstehend mit Bezug auf beispielhafte Ausführungsformen und die beigefügten schematischen Zeichnungen beschrieben, wobei:

[0016] [Fig. 1](#) eine lithographische Projektionsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0017] [Fig. 2](#) eine Draufsicht auf die Retikelstufe der Vorrichtung von [Fig. 1](#) ist;

[0018] [Fig. 3](#) eine Endansicht der Retikelstufe der Vorrichtung von [Fig. 1](#) ist;

[0019] [Fig. 4](#) ein Diagramm eines Servo-Steuermechanismus ist, der in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

[0020] [Fig. 5](#) eine Draufsicht auf die Retikelstufe einer zweiten Ausführungsform der Erfindung ist;

[0021] [Fig. 6](#) eine Endansicht der Retikelstufe der zweiten Ausführungsform der Erfindung ist;

[0022] [Fig. 7](#) eine Draufsicht auf die Retikelstufe einer dritten Ausführungsform der Erfindung ist;

[0023] [Fig. 8](#) eine Endansicht der Retikelstufe der dritten Ausführungsform der Erfindung ist; und

[0024] [Fig. 9](#) und [Fig. 9A](#) ein Beispiel einer Kabelführung zeigen, die nicht Teil der Erfindung ist, die in Ausführungsformen der Erfindung verwendet werden kann.

[0025] In den Zeichnungen bezeichnen gleiche Bezugsziffern gleiche Teile.

Ausführungsform 1

[0026] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen lithographischen Projektionsvorrichtung. Die Vorrichtung umfasst:

- ein Strahlungssystem LA, IL zur Bereitstellung eines Projektionsstrahls PB aus Strahlung (z.B. UV oder EUV-Strahlung, Röntgenstrahlen, Elektronen oder Ionen);
- einen ersten Objekttisch (Maskentisch) MT zum Halten einer Maske MA (z.B. ein Retikel), der mit ersten Positioniereinrichtungen zur genauen Positionierung der Maske bezüglich Gegenstand PL verbunden ist;
- einen zweiten Objekttisch (Substrattisch) WZ zum Halten eines Substrats (z.B. ein mit einer Schutzschicht überzogener Silizium-Wafer), der mit zweiten Positioniereinrichtungen zur genauen Positionierung des Substrats bezüglich Gegenstand PL verbunden ist;
- ein Projektionssystem („Linse“) PL (z.B. ein strahlenbrechendes oder katadioptrisches System, ein Spiegelfeld oder eine Gruppe von Bildablenkungseinrichtungen) zum Abbilden eines bestrahlten Bereichs der Maske MA auf einen Zielabschnitt C (der aus einem oder mehreren Dies besteht) auf das Substrat W.

[0027] Wie hier gezeigt, ist die Vorrichtung lichtdurchlässiger Art (d.h. sie weist eine durchlässige Maske auf). Im allgemeinen kann sie jedoch zum Beispiel auch reflektierender Art sein.

[0028] Das Strahlungssystem umfasst eine Quelle LA (z.B. eine Halogenlampe, ein Excimer-Laser, ein Unidulator, der um den Weg eines Elektronenstrahls in einem Speicherring oder Synchrotron angeordnet ist, oder eine Elektronen- oder Ionenstrahlquelle), die einen Strahl aus Strahlung erzeugt. Dieser Strahl wird durch mehrere optische Komponenten, die im Beleuchtungssystem IL enthalten sind, – z.B. strahlformende Optik Ex, einen Integrator IN und einen Kondensor CO – geführt, so dass der daraus resultierende Strahl PB in seinem Querschnitt eine gewünschte Form und Intensitätsverteilung aufweist.

[0029] Danach tritt der Strahl PB in die Maske MA ein, die in einem Maskenhalter auf einem Maskentisch MT gehalten wird. Nachdem er die Maske MA durchquert hat, läuft der Strahl PB durch die Linse PL, die den Strahl PB auf einen Zielabschnitt C des Substrats W fokussiert. Mit Hilfe des interferometrischen Verschiebungsmesssystems IF kann der Substrattisch WT genau bewegt werden, zum Beispiel um unterschiedliche Zielabschnitte C im Weg des Strahls PB zu positionieren. Auf gleiche Weise kann die erste Antriebseinrichtung verwendet werden, um die Maske MA im Hinblick auf den Weg des Strahls PB genau zu positionieren, zum Beispiel nachdem die Maske MA mechanisch von einer Maskenbibliothek geholt worden ist. Im allgemeinen wird die Bewegung der Objektische MT, WT mit Hilfe eines langhubigen Moduls (Grobpositionierung) und eines kurzhubigen Moduls (Feinpositionierung) durchgeführt, die in [Fig. 1](#) nicht explizit dargestellt sind.

[0030] Die gezeigte Vorrichtung kann auf zwei unterschiedliche Arten eingesetzt werden:

- 1) Im Step-Modus wird der Maskentisch MT im wesentlichen stationär gehalten, und ein ganzes Maskenbild wird in einem Schritt (d.h. einem einzelnen „Flash“) auf einen Zielabschnitt C projiziert. Der Substrattisch WT wird dann in x- und/oder y-Richtung verschoben, so dass ein anderer Zielabschnitt C durch den Strahl PB bestrahlt werden kann.
- 2) Im Scan-Modus geschieht im wesentlichen das Gleiche, mit der Ausnahme, dass ein bestimmter Zielabschnitt C nicht in einem einzigen „Flash“ belichtet wird. Stattdessen ist der Maskentisch MT in einer vorgegebenen Richtung (der sogenannten „Abtastrichtung“, z.B. der Y-Richtung) mit einer Geschwindigkeit v bewegbar, um zu veranlassen, dass der Projektionsstrahl PB ein Maskenbild abtastet; gleichzeitig wird der Substrattisch WT simultan in die gleiche oder entgegengesetzte Richtung mit einer Geschwindigkeit $V = Mv$ bewegt, wobei M die Vergrößerung der Linse PL ist (gewöhnlich ist $M = 1/4$ oder $1/5$). Auf diese Weise kann ein relativ großer Zielabschnitt C belichtet werden, ohne dass hinsichtlich der Auflösung Kompromisse eingegangen werden müssen.

[0031] Die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen die Retikel-(Masken-)Stufe der ersten Ausführungsform der Erfindung genauer. Die (in [Fig. 2](#) nicht dargestellten) Maske MA, deren Muster auf den Wafer abgebildet werden soll, wird auf dem Maskentisch gehalten. Um den Scan-Modus der Vorrichtung durchzuführen, muss die Maske genau über einen relativ großen Bewegungsbereich (Hub) in der Y-Richtung, jedoch nur über wesentlich kleinere Bewegungsbereiche in den anderen Freiheitsgraden positioniert werden. Dieser große Hub in Y-Richtung sowie ein eingeschränkterer Hubbereich in X-Richtung und eine gewisse Rz-Bewegung erfolgt durch das vorstehend beschriebene langhubige Modul (Grobpositionierung). Eine Feinpositionierung in allen sechs Freiheitsgraden erfolgt durch kurzhubige Positionsstellglieder, die im Maskentisch enthalten sind.

[0032] Der in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellte Maskentisch MT ist für die Verwendung mit durchlässigen Masken gedacht, was bedeutet, dass der Raum darunter und darüber frei bleiben muss. Folglich wird der Maskentisch MT von zwei an jeder Seite eines sich in Y-Richtung erstreckenden freien Raumes angeordneten Ausgleichsmassen **20, 30** gehalten. Bei der vorliegenden Ausführungsform sind zu diesem Zweck drei Strahlen **11, 12, 13**, die quer vom Maskentisch MT verlaufen, vorgesehen, die Strahlen können jedoch alternativ integral mit dem Körper des Maskentischen MT ausgebildet sein oder der Maskentisch selbst kann sich über die Ausgleichsmassen **20, 30** hinaus erstrecken. Die Ausgleichsmassen **20, 30** weisen parallele ebene Oberflächen auf, gegen die an den Enden der Strahlen **11, 12, 13** vorgesehene Tischlager **14, 15, 16** zum Halten des Maskentischen wirken. Die Tischlager **14, 15, 16** erlauben es dem Maskentisch MT, sich in der XY-Ebene relativ zu den Ausgleichsmassen **20, 30** im wesentlichen reibungsfrei zu bewegen. Die Tischlager **14, 15, 16** können zum Beispiel Gaslager sein. Z-Richtungsstellglieder können zur Grobpositionierung in Z, Rx und Ry in diesen Lagern ebenfalls enthalten sein.

[0033] Die Ausgleichsmassen **20, 30** werden durch im wesentlichen reibungsfreie Z-Lager **21, 22, 23, 31, 32, 33** auf parallelen Schienen **40, 50** gehalten, die in Y-Richtung verlaufen und Teil des Hauptmaschinenrahmens bzw. der Grundplatte BP sein oder damit verbunden sein. Die Schienen **40, 50** weisen im wesentlichen flache horizontale Oberflächen **41, 51** auf, gegen die Z-Lager **21, 22, 23, 31, 32, 33** so wirken, dass sich die Ausgleichsmassen **20, 30** in Y-Richtung über einen relativ großen Bewegungsbereich frei bewegen können. Die Z-Lager **21, 22, 23, 31, 32, 33** können nachgiebig sein, d.h. weisen eine geringe Steifigkeit in der Z-Richtung auf, so dass sich die Ausgleichsmassen **20, 30** auch in Z-Richtung im Wesentlichen frei bewegen können, wenn auch über einen wesentlich kleineren Bewegungsbereich. Eine freie Bewegung der Ausgleichsmassen in X-Richtung kann gleichermaßen durch nachgiebige X-Lager **24, 25, 34, 35** geschaffen werden, die gegen im wesentlichen plane vertikale Wände **42, 52** der Schienen **40, 50** wirken. Die X-Lager **24, 25, 34, 35** können vorbelastete Lager oder Gegensegmentlager sein, um in beide Richtungen Kräfte ausüben zu können. Die Z-Lager **21, 22, 23, 31, 32, 33** und die X-Lager **24, 25, 34, 35** können zum Beispiel Gaslager sein. Die Ausgleichsmassen **20, 30** können sich somit in allen drei Verschiebungsfreiheitsgraden frei bewegen und so einen Ausgleich für den Maskentisch in diese Richtungen schaffen. Ein Drehausgleich in Rx und Ry ist gegeben, weil

die Z-Lager **21, 22, 23, 31, 32, 33** unabhängig bewegt werden können und beabstandet sind. Ein Ausgleich für Ry-Bewegungen ist gegeben, indem die beiden Ausgleichsmassen **20, 30** wie vorstehend erörtert unterschiedlich angetrieben werden.

[0034] Wenn die Bewegungsbereiche des Maskentisches in den anderen Freiheitsgraden als der Y-Verschiebung klein sind, wie es bei der vorliegenden Ausführungsform der Fall ist, kann die erforderliche Bewegungsfreiheit der Ausgleichsmassen auch durch Blattfederanordnungen, nachgiebige Lager bzw. andere steife Lager zusammen mit einem Schwerkraftkompensator erfolgen. Es ist ebenfalls möglich, dass Reaktionskräfte in einige oder alle der anderen Freiheitsgrade nur zu einer der Ausgleichsmassen verschoben werden, so dass nur diese Ausgleichsmasse mit gesteuerter Nachgiebigkeit in den relevanten Freiheitsgraden gehalten zu werden braucht.

[0035] Die Steifheit der Lager oder Halterungen in den anderen Freiheitsgraden und die Masse der Ausgleichsmasse(n) bilden ein Massenfederersystem, das als Tiefpassfilter wirkt, d.h. es werden nur niederfrequente Kräfte zum Maschinenrahmen übertragen. Es kann eine erhebliche Dämpfung der Reaktionskräfte erzielt werden, wenn die natürliche Frequenz dieses Massenfederersystems erheblich, zum Beispiel 5 bis 50 mal, niedriger ist als die Grundfrequenz der Betätigungs Kräfte.

[0036] Wie später noch beschrieben, wird der Maskentisch MT durch Stellglieder angetrieben, die gegen die Ausgleichsmassen **20, 30** so wirken, dass sie in entgegengesetzter Richtung zum Maskentisch MT beschleunigen. Die Größenordnungen der Beschleunigungen der Ausgleichsmassen und des Maskentisches MT sind proportional zu ihren Massen und daher müssen sich die Bewegungsbereiche der Ausgleichsmassen und des Maskentisches in die verschiedenen Richtungen im Verhältnis ihrer Massen befinden. Um die Bewegungsbereiche, die für die Ausgleichsmassen **20, 30** vorgesehen sein müssen, damit die gewünschten Bewegungsbereiche für den Maskentisch MT bereitstellt werden können, zu reduzieren, sind die Ausgleichsmassen **20, 30** relativ massiv hergestellt, z.B. ist jede 2 bis 10 mal so massiv wie der Maskentisch MT. Die Massezentren der Ausgleichsmassen **20, 30** und des Maskentisches MT befinden sich vorzugsweise so dicht wie möglich in der Z-Richtung, z.B. erheblich unter 100 mm, um Kipp- oder Rollmomente auf ein Minimum reduzieren zu können.

[0037] Bei der vorliegenden Ausführungsform wird der Maskentisch MT in der Y-Richtung durch einen Y1-Antrieb **18**, der zwischen ihm und der Ausgleichsmasse **20** wirkt, und durch einen Y2-Antrieb **17**, der zwischen ihm und der Ausgleichsmasse **30** wirkt, angetrieben. Die Y1- und Y2-Antriebe **17, 18** können zum Beispiel lineare Motoren mit einem am Maskentisch MT befestigten Anker und einen an der jeweiligen Ausgleichsmasse befestigten länglichen Stator umfassen. Der Y1-Antrieb übt bei Betrieb eine Kraft F_{yi} auf den Maskentisch MT und eine gleiche und entgegengesetzte Reaktionskraft R_{yi} auf die jeweilige Ausgleichsmasse aus.

[0038] Die Positionierung in X-Richtung erfolgt durch ein einzelnes X-Stellglied **19**, das gegen die Ausgleichsmasse **30** wirkt. Das X-Stellglied **19** kann auch ein linearer Motor sein, dessen Anker am Maskentisch und dessen Stator an der Ausgleichsmasse befestigt ist oder kann ein länglicher Schwingspulenmotor sein, der in der Y-Richtung frei verschoben werden kann, oder ein zylindrischer Schwingspulenmotor, der mit einem Luflager verbunden ist, das gegen eine Fläche parallel zur Y-Z-Ebene trägt. Um einen Antrieb des Maskentisches in X-Richtung zu ermöglichen, ungeachtet der relativen Y-Position des Maskentisches MT und der Ausgleichsmasse **30**, wenn das X-Stellglied ein linearer Motor ist, muss sich der Stator über den gesamten miteinander verbundenen Bewegungsbereich der Ausgleichsmasse und des Maskentisches in Y-Richtung erstrecken. Die Wirklinie des X-Stellgliedes **19** ist vorzugsweise so angeordnet, dass sie durch wenigstens die Y-Position des Schwerpunktes CG_{MT} des Maskentisches MT verläuft, um so die Erzeugung von Rz-Momenten auf ein Minimum zu reduzieren.

[0039] Aus dem Newtonschen Gesetz folgt, dass dann, wenn keine Drehbewegung des Maskentisches gegeben ist, die Verschiebungen Δy_{b1} , Δy_{b2} und Δy_{MT} der Ausgleichsmassen **20, 30** und des Maskentisches MT folgenden Bedingungen entsprechen:

$$\frac{\Delta y_{MT}}{\Delta y_{b1}} = -\frac{m_{b1}}{m_{MT}} \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_2}; \frac{\Delta y_{MT}}{\Delta y_{b2}} = -\frac{m_{b2}}{m_{MT}} \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_2} \quad (1)$$

wobei:

l_1 und l_2 jeweils die Abstände in X-Richtung zwischen den Schwerpunkten CG_{B1} , CG_{B2} der Ausgleichsmassen **20, 30** und dem Schwerpunkt CG_{MT} des Maskentisches MT sind; und
 m_{b1} , m_{b2} und m_{MT} die Massen der Ausgleichsmassen **20, 30** und des Maskentisches MT sind.

[0040] Wenn $m_{b1} = m_{b2} = m_b$ und $I_1 = I_2$, dann kann Gleichung 1 reduziert sein auf:

$$\Delta y_{b1} = \Delta y_{b2} = -\Delta y_{MT} \cdot \frac{m_{MT}}{2m_b} \quad (2)$$

[0041] Um eine Gierbewegung (Rz) der Maskenstufe zu bewirken, während die Reaktionskräfte immer noch im Ausgleichsmassensystem enthalten sind, werden die durch die Y1- und Y2-Antriebe 17, 18 angelegten Kräfte gesteuert, um die d'Alembertschen Kräfte nutzen zu können, indem die Ausgleichsmassen in entgegengesetzte Richtungen bewegt werden. Zu beachten ist, dass dann, wenn die Gierbewegung zur gleichen Zeit erfolgt wie die Y-Bewegung, die Ausgleichsmassen sich in die gleiche Richtung, jedoch in unterschiedlichen Größen, bewegen können, folglich ist die Bewegung in entgegengesetzte Richtungen eher relativ als absolut. Für eine Bewegung des Maskengestells entgegen dem Uhrzeiger um einen Winkel θ_{MT} sind die erforderlichen Relativbewegungen der Ausgleichsmassen gegeben durch:

$$\Delta y_{b1} = -\frac{J_{MT} \cdot \theta_{MT}}{(I_1 + I_2) \cdot m_1}; \Delta y_{b2} = -\frac{J_{MT} \cdot \theta_{MT}}{(I_1 + I_2) \cdot m_2} \quad (3)$$

wobei J_{MT} der Trägheitsmoment des Maskentischen MT ist.

[0042] Festzustellen ist, dass es bei der vorliegenden Erfindung weder erforderlich ist, dass die Massen der ersten und zweiten Ausgleichsmasse gleich sind, noch dass sie im gleichen Abstand um den Schwerpunkt des Maskentischen angeordnet sind.

[0043] Bei einem perfekten, geschlossenen System sind der kombinierte Schwerpunkt des Maskentischen MT und der Ausgleichsmassen 20, 30 stationär, es ist jedoch vorzuziehen, ein negatives Feedback-Servosystem vorzusehen, um sich anhäufende Langzeitverschiebungen (Drift) der Ausgleichsmassen zu korrigieren, die aus folgenden Faktoren entstehen können: Verkabelung zu Maskentisch und Antrieben, Fehlausrichtung der Antriebe, geringe Reibung in den Lagern, keine perfekte Horizontale der Vorrichtung, etc. Als Alternative zum nachstehend beschriebenen aktiven Drift-Steuersystem kann ein passives System verwendet werden, das z.B. auf Federn mit geringer Steifheit basiert.

[0044] [Fig. 4](#) zeigt den Steuerkreis des Servosystems 130. Die Y- und Rz-Einstellpunkte der Ausgleichsmassen bezüglich des Maschinenrahmens werden dem positiven Eingang des Subtraktors 131 zugeführt, dessen Ausgang zur Servo-Steuerung 132 weitergeleitet wird. Ein Feedback zum negativen Eingang des Subtraktors 131 wird durch ein oder mehrere Messsysteme 134 mit mehreren Freiheitsgraden bereitgestellt, das die Positionen der Ausgleichsmassen und der getriebenen Masse (Maskentisch) misst. Die Servo-Steuerung steuert ein Stellgliedsystem 133 mit zwei Freiheitsgraden, das die erforderlichen Korrekturen an die Ausgleichsmassen 20, 30 anlegt. Die Positionen beider Ausgleichsmassen und der getriebenen Masse können relativ zu einem festen Referenzrahmen gemessen werden. Alternativ kann eine Position, z.B. die der Ausgleichsmassen, relativ zum Referenzrahmen und die Position der getriebenen Masse relativ zu den Ausgleichsmassen gemessen werden. Im letzteren Fall können die relativen Positionsdaten entweder mittels Software oder Hardware in absolute Positionsdaten transformiert werden. Insbesondere in Y-Richtung kann die Positionsmessung durch einen linearen Encoder mit einer hohen Toleranz auf verbleibende Relativbewegungen in den anderen Freiheitsgraden erfolgen, wie jene, wie sie beispielsweise im US-Patent 5,646,730 beschrieben sind.

[0045] Die Einstellpunkte des Servo-Systems 130 sind festgelegt, um sicherstellen zu können, dass der kombinierte Schwerpunkt des Maskentischen MT und der Ausgleichsmassen 20, 30 in der X-, Y-, Rz-Ebene unverändert bleibt. Dadurch wird folgende Bedingung definiert:

$$m_{MT} \cdot \bar{u}_{MT}(t) + m_{b1} \cdot \bar{u}_{b1}(t) + m_{b2} \cdot \bar{u}_{b2}(t) = m_{MT} \cdot \bar{u}_{MT}(0) + m_{b1} \cdot \bar{u}_{b1}(0) + m_{b2} \cdot \bar{u}_{b2}(0) \quad (4)$$

wobei $\bar{u}_i(t)$ die Vektorstelle der Masse i in der X-Y-Ebene bei der Zeit t relativ zu einem fixen Referenzpunkt ist. Das Fehlersignal zwischen den berechneten (unter Verwendung der Gleichung (4)) und den gemessenen Positionen wird dem Betätigungssteuerungssystem 133 bereitgestellt, das entsprechende Korrekturkräfte an die Ausgleichsmassen 20, 30 anlegt. Der Modus niedrigster Resonanz des Ausgleichsrahmens und/oder der Maschinenbasis ist vorzugsweise um wenigstens einen Faktor fünf höher als die Servo-Bandbreite des Drift-Steuersystems.

[0046] Das vorstehend beschriebene Servo-System kann nur dann in Y-Richtung verwendet werden, wenn

die Drift-Steuerung in den anderen Freiheitsgraden durch die geringe Steifheit der Halterungen für die Ausgleichsmassen in jenen Freiheitsgraden durchgeführt wird.

Ausführungsform 2

[0047] Eine zweite Ausführungsform der Erfindung ist in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellt und ist im wesentlichen der ersten Ausführungsform gleich, mit Ausnahme des nachstehend genannten.

[0048] Die zweite Ausführungsform ist insbesondere auf eine lithographische Vorrichtung anwendbar, die Spiegelmasken verwendet, so dass der Raum unter dem Maskentisch MT nicht freigehalten zu werden braucht. Diese Tatsache erbringt den Vorteil, dass der Maskentisch MT über eine dritte Ausgleichsmasse **60** gehalten wird. Diese Ausgleichsmasse **60** weist eine plane, horizontale Oberfläche auf, über die der Maskentisch MT, unterstützt von Lagern **71, 72, 73** geführt wird. Diese Lager können zum Beispiel Gaslager sein. Die dritte Ausgleichsmasse **60** wiederum wird über den Maschinenbasisrahmen mittels nachgiebiger Lager **61, 62, 63** geführt, die Federn mit geringer Steifheit aufweisen können. Die dritte Ausgleichsmasse **60** bewegt sich nicht in der X-Y-Ebene, so dass sie alternativ durch Blattfedern oder Gaszylinder ohne tatsächliche Lager gestützt werden können. Wie dargestellt, verwendet die zweite Ausführungsform zylindrische Schwingspulen **74, 75** zusammen mit X-Lagern **76, 77**, die gegen die Seite der zweiten Ausgleichsmassen **30** für eine Betätigung in X-Richtung wirken. Die X-Lager **76, 77** können gegenläufige Segmentlager oder vorbelastet sind, so dass in beide Richtungen Kräfte ausgeübt werden können.

Ausführungsform 3

[0049] Bei einer dritten Ausführungsform, die in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) dargestellt ist und die der ersten Ausführungsform gleich ist, mit Ausnahme des nachstehend genannten, positioniert das langhubige Modul einen kurzen Hubrahmen **80** nur in Y und Rz. Der Maskentisch MT wird relativ zum kurzhubigen Rahmen **80** angetrieben, um die Maske in sechs Freiheitsgraden mit hoher Präzision zu positionieren. Eine derartige Positionierung erfolgt durch die kurzhubigen Z-Stellglieder **81, 82, 83**, das X-Stellglied **84** und die Y-Stellglieder **85, 86**. Der Kurzhubrahmen **80** wird über erste und zweite Ausgleichsmassen **20, 30** mittels steifer Z-Lager **14', 15', 16'** getragen, die Gaslager sein können, die auf die plane Oberfläche der Ausgleichsmassen wirkt. Der Kurzhubrahmen **80** ist auch in X durch das Lager **78** relativ zu nur einer der Ausgleichsmassen eingespannt, in diesem Fall der zweiten Ausgleichsmasse **30**.

[0050] In Y- und Rz-Richtung bewegt sich der Maskentisch MT durch den Kurzhubrahmen **80**, so dass in den Gleichungen **2** und **3** die Masse und der Trägheitsmoment, m_{MT} und J_{MT} , durch die kombinierte Masse und den Trägheitsmoment des Maskentischen MT und den Kurzhubrahmen **80** ersetzt werden sollten. In den anderen Freiheitsgraden ist der Kurzhubrahmen **80** jedoch in seiner Bewegung mit der Ausgleichsmasse eingeengt und erhöht dadurch die effektive Ausgleichsmasse, wodurch sein Hub reduziert wird. Der Schwerpunkt des Maskentischen MT ist vorzugsweise koplanar, oder beinahe koplanar, mit dem Kurzhubrahmen **80** und den Ausgleichsmassen **20, 30**.

[0051] Beispiel, das nicht Teil der Erfindung ist.

[0052] Eine Kabelführungs vorrichtung gemäß dem folgenden Beispiel, das nicht Teil der Erfindung ist, ist in den [Fig. 9](#) und [Fig. 9A](#) dargestellt. Zwei Kabelkanäle **151a, 151b** werden zum Führen von Kabeln und anderen Leitungen für Service-Einrichtungen, wie Steuersignale und Strom, die für den Maskentisch erforderlich sind, verwendet. Die beiden Kabelkanäle **151a, 151b** sind in entgegengesetzten Richtungen zwischen einem auf dem Maskentisch befestigten Anschluss **152** und einem am Maschinenrahmen befestigten Anschluss **153** verlegt, so dass während der Bewegung des Maskentischen in Y-Richtung ein Kabelkanal aufgerollt und der andere abgerollt wird. Die Gesamtlänge des sich mit dem Maskentisch bewegenden Kabelkanals bleibt daher konstant, wie auch immer die Y-Position des Maskentischen sein mag. Daher bleibt die sich bewegende Masse gleich. Jegliche verbleibende Tendenz der Kabelkanäle sich auf- bzw. abzurollen ist ebenfalls gegenläufig. Die Kabelkanäle **151a, 151b** weisen einen leicht gekrümmten Querschnitt auf, der in [Fig. 9A](#) gezeigt ist, die eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A ist, auf die gleiche Art wie ein Messband. Dadurch wird ein Durchbiegen verhindert und eine saubere „U-Form“ beibehalten, während sich der Maskentisch bewegt.

[0053] Auch wenn spezielle Ausführungsformen der Erfindung beschrieben worden sind, ist festzustellen, dass die Erfindung auch anders als beschrieben durchgeführt werden kann. Die Beschreibung soll die Erfindung nicht eingrenzen. Insbesondere ist festzustellen, dass die Erfindung bei dem Retikel- oder Maskentisch einer lithographischen Vorrichtung verwendet werden kann, wo eine schnelle und genaue Positionierung eines

Objekts in einer Ebene erwünscht ist.

[0054] Obwohl sich dieser Text auf lithographische Vorrichtungen und Verfahren konzentriert hat, wobei eine Maske zum Mustern des in das Projektionssystem eintretenden Strahlungsstrahls verwendet wird, ist festzustellen, dass die hier vorgestellte Erfindung im weiteren Kontext lithographischer Vorrichtungen und Verfahren gesehen werden sollte, die generische „Musteraufbringungseinrichtungen“ verwenden, um den besagten Strahlungsstrahl mit einem Muster zu versehen. Der hier verwendete Begriff „Musteraufbringungseinrichtung“ bezieht sich im weiteren Sinne auf Einrichtungen, die dazu verwendet werden können, einen eingehenden Strahlungsstrahl mit einem gemusterten Querschnitt zu versehen, der einem Muster entspricht, das in einem Zielabschnitt des Substrats erzeugt werden soll; der Begriff „Lichtventil“ wird ebenfalls in diesem Kontext verwendet. Gewöhnlich entspricht das besagte Muster einer speziellen Funktionsschicht in einem Bauelement, das im Zielabschnitt erzeugt worden ist, wie einer integrierten Schaltung oder einem anderen Bauelement. Neben einer Maske auf einem Maskentisch umfasst eine derartige Musteraufbringungseinrichtung folgende beispielhafte Ausführungsformen:

- Ein programmierbares Spiegelfeld. Ein Beispiel für ein derartiges Element ist eine matrixadressierbare Oberfläche, die eine viskoelastische Steuerschicht und eine reflektierende Oberfläche aufweist. Das Grundprinzip hinter einer derartigen Vorrichtung ist, dass (zum Beispiel) adressierte Bereiche der reflektierenden Oberfläche auftreffendes Licht als gebeugtes Licht reflektieren, wohingegen unadressierte Bereiche auftreffendes Licht als ungebeugtes Licht reflektieren. Wird ein geeigneter Filter verwendet, kann das besagte ungebeugte Licht aus dem reflektierten Strahl herausgefiltert werden, wobei nur das gebeugte Licht zurückgelassen wird; auf diese Weise wird der Strahl gemäß dem Adressierungsmuster der matrixadressierbaren Oberfläche gemustert. Die erforderliche Matrixadressierung kann unter Verwendung geeigneter elektronischer Einrichtungen durchgeführt werden. Weitere Informationen über derartige Spiegelfelder können beispielsweise den US-Patenten 5,296,891 und US 5,523,193 entnommen werden.
- Ein programmierbares LCD-Feld. Ein Beispiel für eine derartige Konstruktion ist im US-Patent 5,229,872 gegeben.

Patentansprüche

1. Lithographische Projektionsvorrichtung, mit:

- einem Strahlungssystem (IL) zur Bereitstellung eines Projektionsstrahls aus Strahlung;
- einem ersten Objekttisch (MT) zum Halten einer Maske (MA);
- einem zweiten Objekttisch (WT) zum Halten eines Substrats (W);
- einem Projektionssystem (PL) zum Abbilden bestrahlter Bereiche der Maske (MA) auf Zielabschnitte des Substrats;
- einem ausbalancierten Positioniersystem zum Positionieren eines der Objekttische, das folgendes umfasst:
 - erste und zweite Ausgleichsmassen (20, 30); und
 - Antriebseinrichtungen (17, 18), die direkt zwischen dem einen Objekttisch (MT) und der ersten Ausgleichsmasse und zwischen dem einen Objekttisch und der zweiten Ausgleichsmasse wirken, um den Objekttisch um eine Achse senkrecht zu einer ersten Richtung zu drehen, wobei die Antriebseinrichtungen so angeordnet sind, dass sie lineare Kräfte auf die erste und zweite Ausgleichsmasse in entgegengesetzten Richtungen entlang der ersten Richtung ausüben, um die Drehung des Objekttisches zu bewirken, gekennzeichnet durch Lagereinrichtungen (21–23, 31–33) zum Halten der ersten und der zweiten Ausgleichsmasse, um sich so im wesentlichen frei unabhängig voneinander und relativ zu dem einen Objekttisch in wenigstens der ersten Richtung verschieben zu können.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner mit Driftsteuereinrichtungen für eine Begrenzung des Drifts der Ausgleichsmassen, wobei die Driftsteuereinrichtungen ein Servosteuerungssystem (130) und Betätigungsseinrichtungen (133) zum Anlegen von Kräften an die Ausgleichsmassen aufweisen, wodurch der gemeinsame Schwerpunkt von Ausgleichsmassen, Positioniereinrichtungen und Objekttisch zu einer gewünschten Position zurückgeführt wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Driftsteuereinrichtung eine Servobandbreite aufweist, die wenigstens um einen Faktor fünf unter der niedrigsten Resonanzfrequenz der Ausgleichsmassen (20, 30) und dem Unterbau der Vorrichtung liegt.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antriebseinrichtungen (17, 18) so angepasst sind, dass sie den Objekttisch (MT) in die erste Richtung verschieben, indem gleichgerichtete Kräfte zwischen den Objekttisch und die erste und zweite Ausgleichsmasse angelegt werden.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich wenigstens eine der Ausgleichsmassen (20, 30) ebenfalls frei in wenigstens eine zweite Richtung orthogonal zu der ersten Richtung bewegt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei der Objekttisch (MT) an einem Rahmen (80) befestigt ist und die Antriebseinrichtungen (17, 18) zwischen dem Rahmen und der ersten und zweiten Ausgleichsmasse wirken; wobei die Vorrichtung ferner Kurzhubbetätigungsseinrichtungen (81, 85) aufweist, die zwischen dem Objekttisch und dem Rahmen zum Positionieren des Objekttisches in wenigstens der zweiten Richtung mit einer höheren Präzision wirken, als die Antriebseinrichtungen den Rahmen positionieren, wobei der Rahmen im wesentlichen fest an der einen der Ausgleichsmassen in der zweiten Richtung befestigt ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, ferner mit zweiten Antriebseinrichtungen zum Wirken zwischen dem Rahmen und der einen Ausgleichsmasse, um den Objekttisch in die zweite Richtung zu bewegen.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Richtung im wesentlichen parallel zur Oberfläche einer Maske oder eines Substrats verläuft, die auf dem Objekttisch gehalten sind.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner mit einer dritten Ausgleichsmasse (60), die sich im wesentlichen frei in eine Richtung parallel zu der Achse bewegt und mit Halteeinrichtungen (71–73), die zwischen dem Objekttisch und der dritten Ausgleichsmasse wirken, um den Objekttisch entgegen der Schwerkraft zu halten und den Objekttisch in einer Richtung parallel zur Achse zu positionieren.

10. Verfahren zum Herstellen eines Bauteils unter Verwendung einer lithographischen Projektionsvorrichtung, mit:

- einem Strahlungssystem (IL) zur Bereitstellung eines Projektionsstrahls aus Strahlung;
- einem ersten Objekttisch (MT) zum Halten einer Maske (MA);
- einem zweiten Objekttisch (WT) zum Halten eines Substrats (W); und
- einem Projektionssystem (PL) zum Abbilden bestrahlter Bereiche der Maske auf Zielabschnitte des Substrats; wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
 - Bereitstellen einer Maske (MA), die ein Muster aufweist, auf dem ersten Objekttisch;
 - Bereitstellen eines Substrats (W), das eine strahlungsempfindliche Schicht aufweist, auf dem zweiten Objekttisch;
 - Bestrahlen von Bereichen der Maske und Abbilden der bestrahlten Bereiche auf der Maske auf die Zielabschnitte des Substrats; dadurch gekennzeichnet, dass:
 - wenigstens einer der Objekttische positioniert wird unter Verwendung eines Positioniersystems, das erste und zweite Ausgleichsmassen aufweist, die sich frei unabhängig voneinander und relativ zu dem einen Objekttisch in wenigstens eine Richtung bewegen und dass Antriebseinrichtungen zwischen dem einen Objekttisch und der ersten Ausgleichsmasse und zwischen dem einen Objekttisch und der zweiten Ausgleichsmasse wirken; und
 - dass während oder vor dem Schritt des Bestrahls der erste Objekttisch gedreht wird, indem gegeneinander gerichtete Kräfte zwischen ihm und der ersten und zweiten Ausgleichsmasse angelegt werden.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Fig.1.

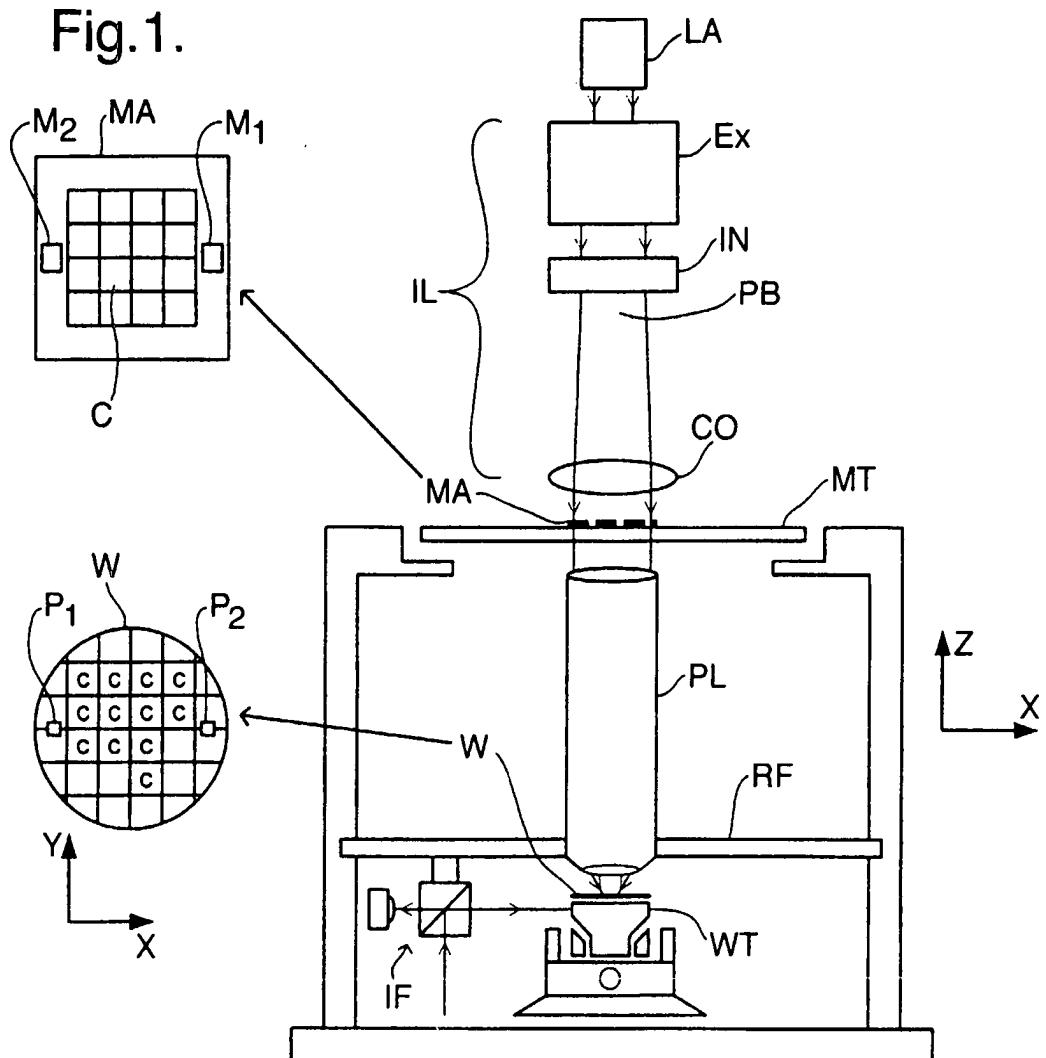


Fig.4.

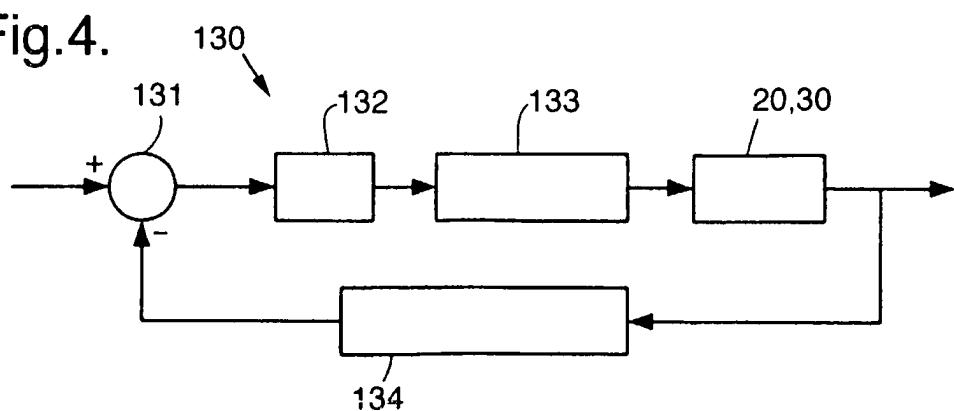


Fig.2.

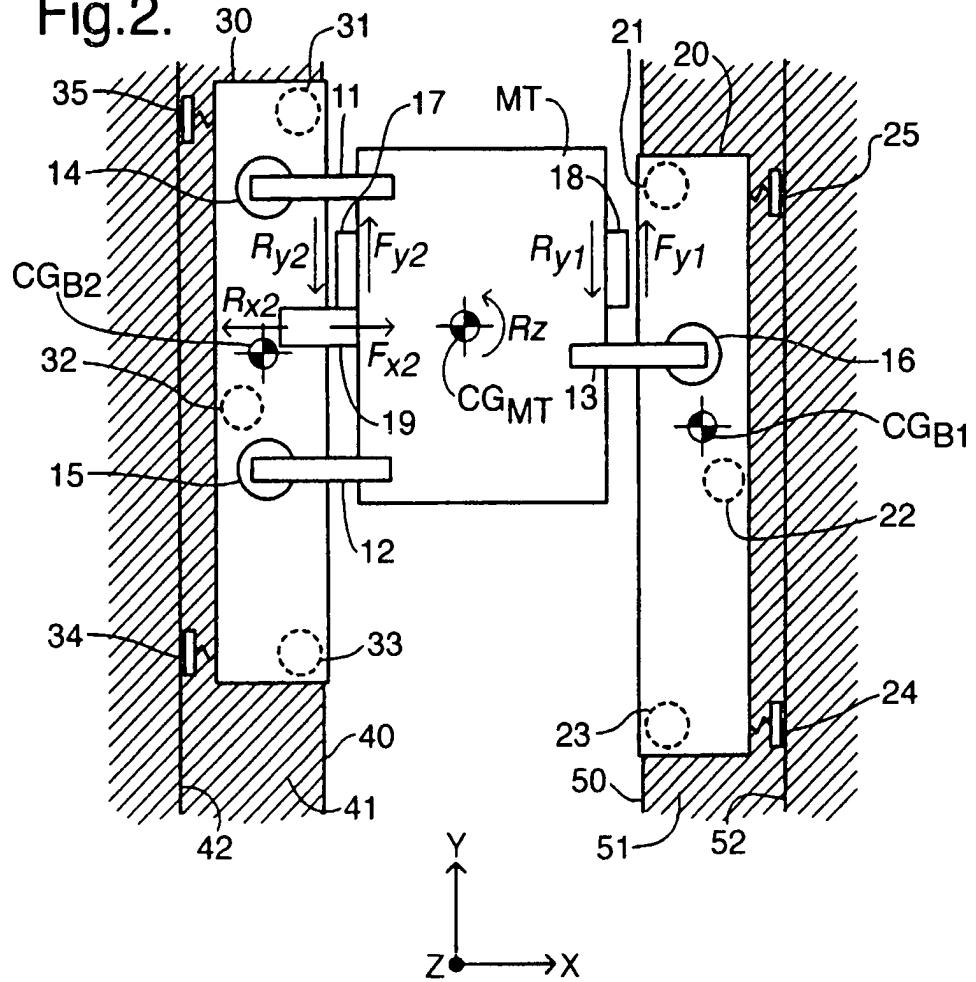


Fig.3.

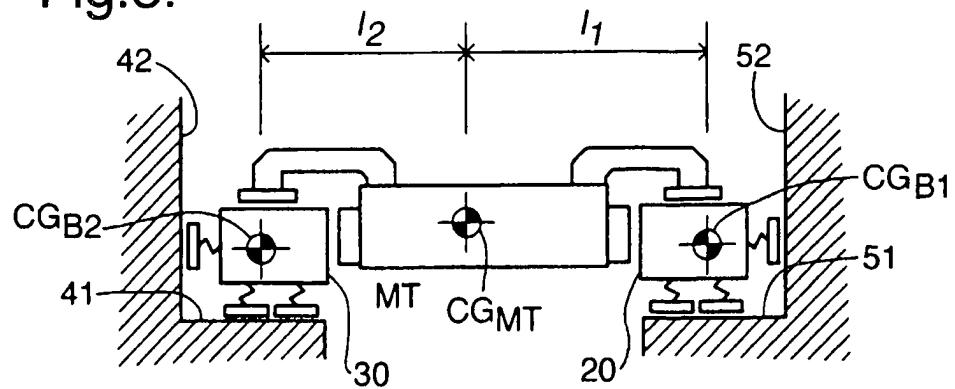


Fig.5.

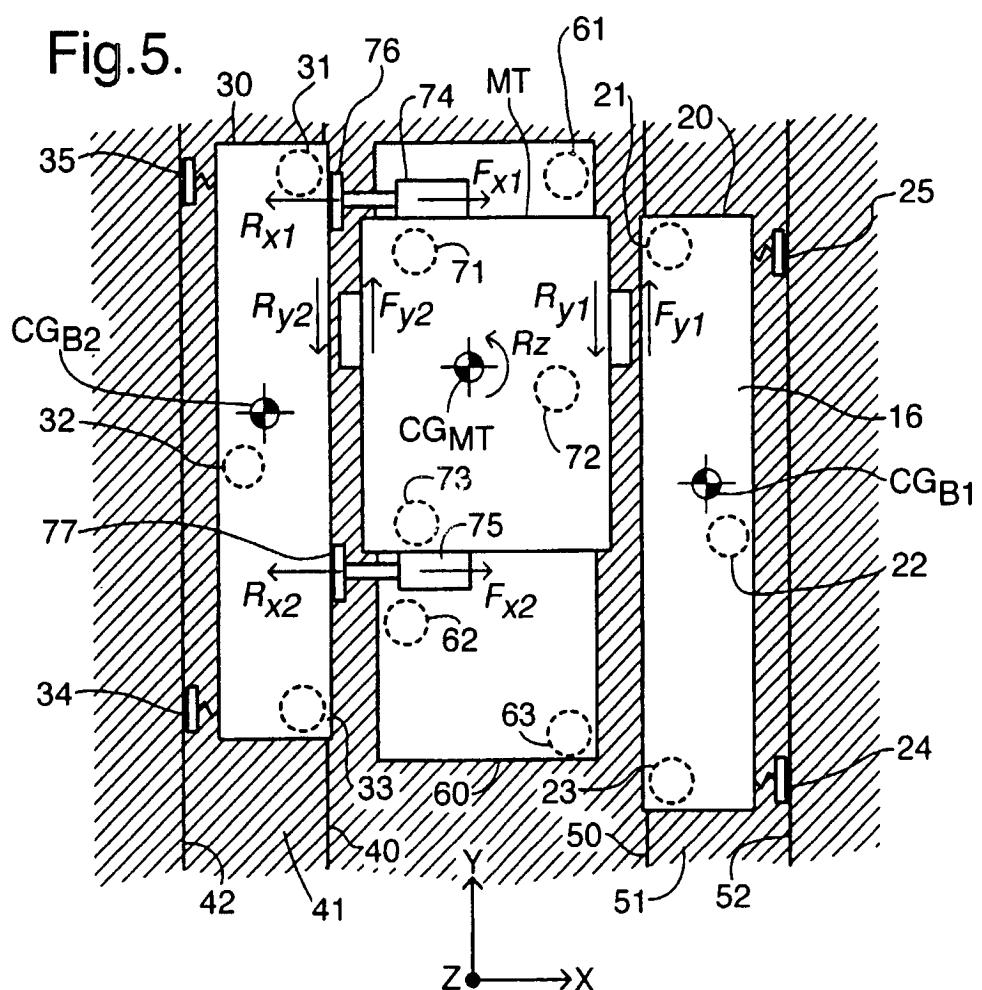


Fig.6.

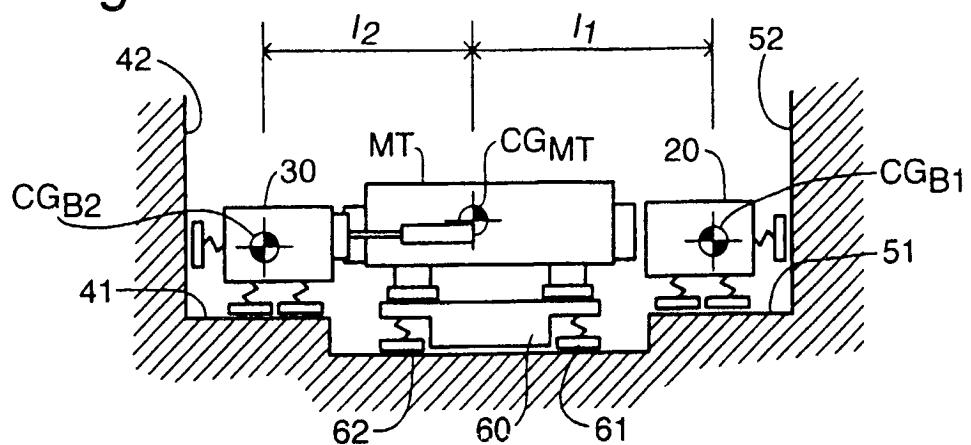


Fig.7.

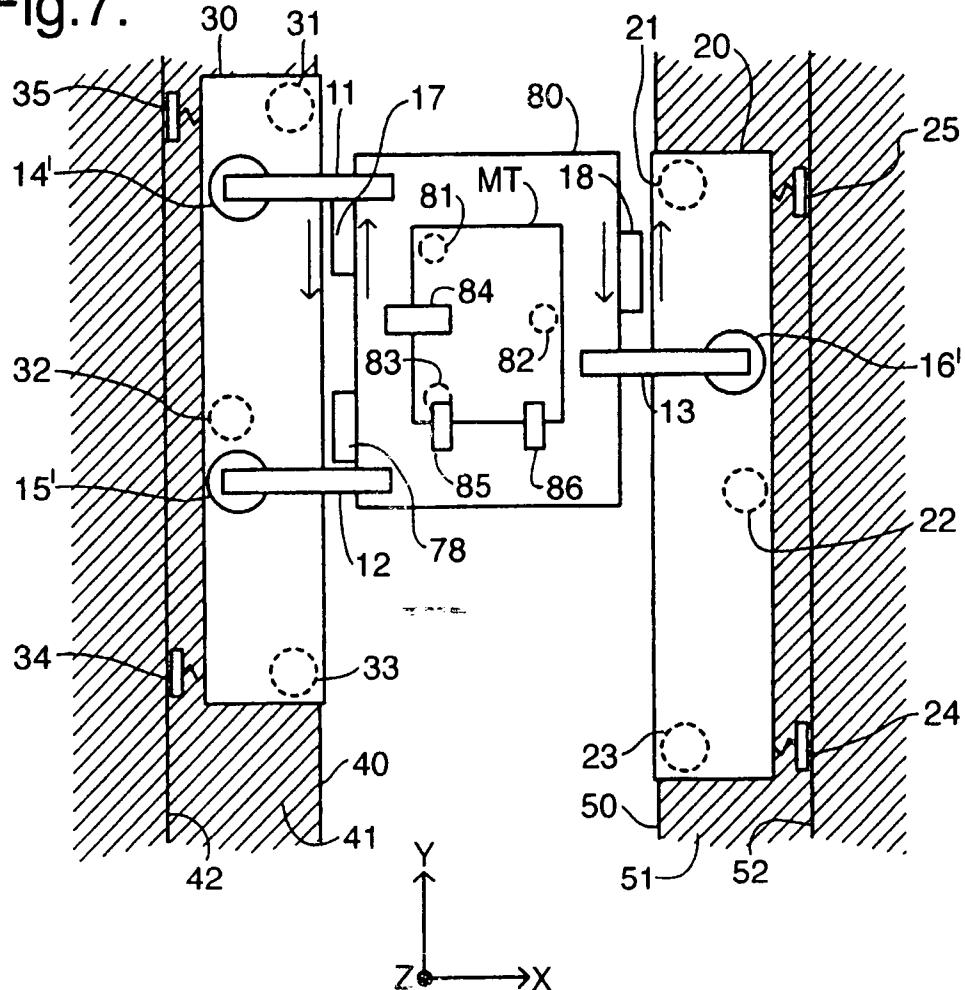


Fig.8.

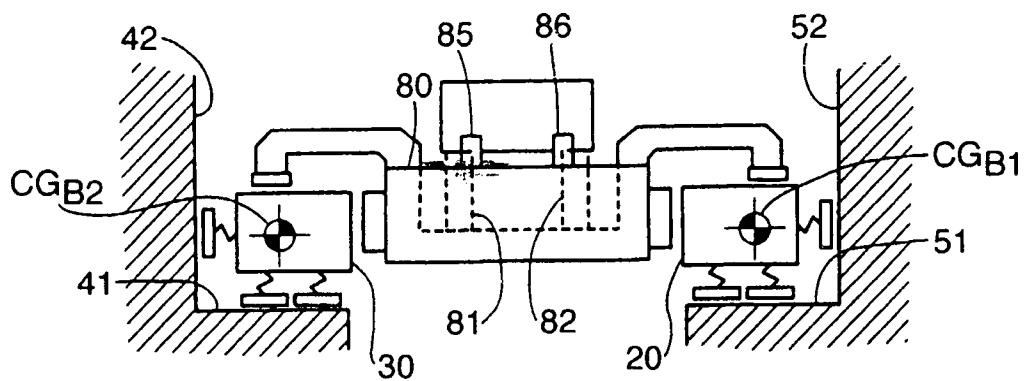


Fig.9.

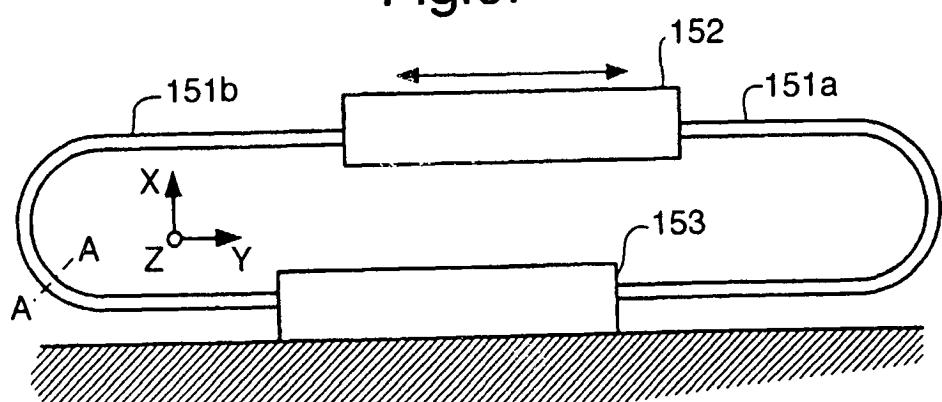


Fig.9A.

