



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 30 398 T2** 2006.10.19

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 137 054 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 30 398.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP99/05102**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 943 411.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/022480**

(86) PCT-Anmeldetag: **20.09.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **29.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.09.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **15.03.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.10.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/027** (2006.01)

G03F 7/22 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

Nikon Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Fiener, J., Pat.-Anw., 87719 Mindelheim

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**TANAKA, c/o Nikon Corporation, Keiichi,
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8331, JP**

(54) Bezeichnung: **Belichtungssystem mit einem parallelen Verbindungsmechanismus und Belichtungsverfahren**

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 eingelegt, 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

TECHNISCHER BEREICH

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Parallelverbindungsmechanismus, eine Belichtungsvorrichtung und ein Verfahren zu deren Herstellung sowie ein Verfahren zum Herstellen einer Vorrichtung und – spezieller – eines Parallelverbindungsmechanismus, einer Art von Mechanismus, um wenigstens drei ausfahrbare Stangen zu verwenden und die Position/Lage eines beweglichen Objektes zu steuern, eine Belichtungsvorrichtung, die den Parallelverbindungsmechanismus benutzt, um die Lage einer Maske und/oder eines Substrats zu steuern, sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung und ein Verfahren zur Herstellung eines Mikrogerätes (elektronisches Bauelement) unter Verwendung der Belichtungsvorrichtung.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] In einem Lithografieprozess zur Herstellung eines Halbleiterelementes, eines Flüssigkristallanzeigeelementes oder dergleichen wird eine Belichtungsvorrichtung eingesetzt. Es werden hauptsächlich eine Belichtungsvorrichtung mit verkleinerter Projektion (Stepper) eines Step-and-Repeat-Verfahrens, die ein Muster, das auf einer Maske oder einem Retikel (nachfolgend allgemein als „Retikel“ bezeichnet) ausgebildet ist, durch ein optisches Projektionssystem auf eine Mehrzahl von Belichtungsbereichen auf einem Substrat wie z.B. ein Wafer oder eine Glasplatte (nachfolgend als „Wafer“ bezeichnet) nacheinander überträgt, und eine Projektionsbelichtungsvorrichtung mit Einzelbewegung (nachfolgend nach Bedarf als „Stepper“ bezeichnet) wie z.B. eine Abtastprojektionsbelichtungsvorrichtung (Scanning-Stepper) eines Step-und-Scan-Verfahrens, das durch Verbessern der Belichtungsvorrichtung mit verkleinerter Projektion erhalten wird, eingesetzt.

[0003] Wichtige der Grundfaktoren zum Ermitteln der Leistung des Steppers sind die Auflösungsfähigkeit (Auflösung) und die Fokustiefe des optischen Projektionssystems (Projektionslinse). Der Grund ist, dass die Auflösung die geringste Mustergröße bestimmt, die projiziert und abgebildet werden kann, d.h. die geringste Linienbreite in der Praxis (Device Rule). Und seine Fokustiefe muss möglichst breit sein, weil auf einem verarbeiteten Wafer Stufen durch Formen und Ätzen von dünnen Schichten aus Oxid, Metall usw. ausgebildet sind und weil er etwas verformt sein kann.

[0004] Die Auflösung R und die Fokustiefe DOF einer Projektionslinse werden durch die folgenden beiden Gleichungen als allgemeines Maß angegeben:

$$R = k_1 \cdot \lambda / N.A. \quad (1)$$

$$DOF = k_2 \cdot \lambda / (N.A.)^2 \quad (2)$$

[0005] Man beachte, dass λ , $N.A.$ und k_1 , k_2 jeweils die Wellenlänge des zur Belichtung verwendeten Lichts, die numerische Apertur des optischen Projektionssystems und durch Resist bestimmte Parameter usw. repräsentieren.

[0006] Ein früher Stepper verwendete eine g -Linie ($\lambda = 436 \text{ nm}$) einer Ultrahochdruck-Quecksilberlampe als Belichtungslicht; sein $N.A.$ -Wert betrug etwa 0,3, seine Auflösung etwa $1,2 \mu\text{m}$. Wie aus der obigen Gleichung (1) hervorgeht, je größer der $N.A.$ -Wert ist, desto besser ist die Auflösung. Bei einem größeren $N.A.$ -Wert nimmt jedoch die Fokustiefe ab, wie aus der obigen Gleichung (2) hervorgeht.

[0007] Daher erzielten Vorrichtungen zur Produktion von 16 Mbit DRAM und Vorrichtungen für diesen eine hohe Auflösung mit einer i -Linie ($\lambda = 365 \text{ nm}$) und ein optisches Projektionssystem mit einem $N.A.$ -Wert von etwa 0,5, und erzielten ebenfalls eine praktische Fokustiefe. Da die i -Linie von einer Ultrahochdruck-Quecksilberlampe wie die g -Linie erzielt und auf dieselbe Weise wie bei früheren Steppern in Halbleiterproduktionsanlagen verwendet werden kann, wurden die i -Linien-Stepper problemloser als erwartet als Produktionseinheit eingeführt.

[0008] Danach waren in der Periode von der dritten Generation von 64 Mbit DRAM bis 245 Mbit DRAM ihre Device Rules gleich oder kleiner als $0,3 \mu\text{m}$, und anstatt der Quecksilberlampe als Lichtquelle wurde die Verwendung von KrF-Excimer-Laser untersucht, und es wurde die Anwendung eines Phasenverschiebungsretikels und von modifizierter Beleuchtung vorgeschlagen, die durch Verbessern der derzeitigen Einheiten appliziert werden kann.

[0009] Während ein mit KrF-Excimer-Laser- ($\lambda = 248$ nm) arbeitender Stepper einen gemeinsamen Grundkörper mit einem vorherigen Stepper unter Verwendung der g-Linie oder i-Linie benutzt, ist sein optisches System von der Quelle bis zum optischen Projektionssystem unterschiedlich. Das heißt, weil Licht mit einer kürzeren Wellenlänge verwendet wird, sind nutzbare optische Materialien auf Quarz, Fluorit usw. begrenzt. Darüber hinaus wird, weil Excimer-Laserlicht Impulsemissionslicht und kohärent ist, im Gegensatz zu einer Quecksilberlampe, eine spezielle Technologie für das Beleuchtungssystem benötigt.

[0010] Da der durch die Kohärenz des Excimer-Lasers induzierte Interferenzstreifen die Präzision der Linienbreite eines Belichtungsmusters beeinflusst, müssen die Effekte des Interferenzstreifens durch Vorsehen eines Schwingungsspiegels im optischen Beleuchtungssystem und dadurch unterdrückt werden, dass man feine Fluktuationen in einem Lichtstrahl erzeugt. In einem Stepper mit einer Lampe als Lichtquelle kann die Menge an akkumulierter Belichtung durch die Öffnungs-/Schließzeit seiner Blende reguliert werden. Dahingegen ist es in einem mit Impulsemission arbeitenden Laserlichtquellen-Stepper notwendig, die Zahl der Impulse pro Belichtung so einzustellen, dass sie gleich oder größer als eine bestimmte Zahl ist (als Mindestbelichtungsimpulszahl bezeichnet), um Energiefluktuationen auszugleichen.

[0011] Für den 1 Gbit DRAM der Zukunft, wenn Device Rules gleich oder kleiner als $0,2 \mu\text{m}$ sein werden, wird der Einsatz eines ArF-Excimer-Lasers ($\lambda = 193$ nm), eines Phasenverschiebungsretikels und von modifizierter Beleuchtungstechnik vorgeschlagen. Bei einem mit ArF-Excimer-Laser arbeitenden Stepper muss der Lichtweg seines Belichtungslichts mit Stickstoff oder dergleichen gefüllt werden, weil das Belichtungslicht von Sauerstoff absorbiert wird.

[0012] Um eine noch höhere Auflösung und eine breitere Fokustiefe zu erzielen, kann eine Lichtquelle mit einer kürzeren Wellenlänge verwendet werden, die den N.A.-Wert des optischen Projektionssystems unverändert lässt. Kürzlich wurde von MIT Lincoln Lab. Lithografie mit verkleinerter Projektion mit einem F_2 -Laser ($\lambda = 157$ nm) mit einer kürzeren Wellenlänge als dem ArF-Excimer-Laser als Lichtquelle vorgestellt, die derzeit viel Aufmerksamkeit erregt. Da F_2 -Laserlicht von Sauerstoff wie ArF-Excimer-Laserlicht absorbiert wird, muss die Belichtung in einer N_2 - oder He-Atmosphäre erfolgen.

[0013] Ferner muss zum Verbessern der Präzision einer Belichtungsvorrichtung unter Verwendung einer Lichtquelle mit einer solch kurzen Wellenlänge die Präzision der Positionierung einer Retikelstufe und einer Waferstufe verbessert werden, und es ist ebenso notwendig, Vibrationen von Einheiten aufgrund von Reaktion, die durch den Antrieb der Stufen als bewegliche Objekte verursacht wird, weitgehend zu unterdrücken und Fußbodenschwingungen zu isolieren.

[0014] Daher ist es zum Realisieren einer äußerst präzisen Belichtung unter Verwendung einer Lichtquelle mit einer solch kurzen Wellenlänge wie F_2 -Laser notwendig, die Positionierung präziser als je zuvor zu steuern und Vibrationen genauer als bisher zu unterdrücken oder zu isolieren.

[0015] Zum Beispiel, als Faktoren, die von einem Scanning-Stepper verlangt werden, der das Retikelmuster auf eine Mehrzahl von Belichtungsbereichen auf dem Wafer nacheinander gemäß einem Step-and-Scan-Verfahren durch Wiederholen eines Abtastbelichtungsverfahrens überträgt, bei dem ein Retikelmuster auf den Wafer übertragen wird, der die das Retikel haltende Retikelstufe und die den Wafer haltende Waferstufe in einer Dimensionsrichtung synchron bewegt, und einen Schrittschaltungzwischen-Belichtungen-Betrieb der Waferstufe, sind die folgenden anzuführen: [1] die Antriebsreaktionen der Stufen werden nicht auf den Rahmen übertragen, der das optische Projektionssystem trägt; [2] es ist leicht, die relative Position und Lage zwischen jeder der Stufen und dem optischen Projektionssystem zu justieren; [3] Antriebsschub und Antriebsreaktion werden reduziert, indem die Stufen leicht gemacht werden; [4] er ist so strukturiert, dass verhindert wird, dass Fußbodenschwingungen auf die Stufen und das optische Projektionssystem übertragen werden; [5] er ist so strukturiert, dass die Stufen und das optische Projektionssystem leicht getrennt werden können. [1] bis [4] müssen eine präzise Belichtung eines feines Musters realisieren, und [5] muss die Wartungsfreundlichkeit verbessern und Standzeiten reduzieren, so dass die Produktivität eines Mikrogerätes verbessert wird.

[0016] Ebenso gibt es eine Doppelwaferstufenausführung zum Erzielen eines hohen Durchsatzes. Dabei sind zwei Waferstufen auf dem Nivellierblock montiert; während in einer Waferstufe eine Belichtung stattfindet, erfolgt in der anderen Ausrichtung oder dergleichen, und die beiden Vorgänge werden abwechselnd und kontinuierlich durchgeführt. Ferner gibt es ein Mehrfachbelichtungsverfahren wie z.B. ein Doppelbelichtungsverfahren, bei dem zwei Retikelstufen verwendet werden, die jeweils ein Retikel mit einem Muster halten, das sich von dem Muster auf dem anderen Retikel unterscheidet, und diese Muster werden nacheinander übertragen. Dieses Verfahren ist effektiv für eine höhere Integration von Halbleiterbauelementen, weil Auflösung und Fo-

kustiefe verbessert werden können. Man beachte, dass zum Erzielen eines erwünschten Effekts in der Doppelwaferstufenausführung und dem Mehrfachbelichtungsverfahren die obigen Faktoren [1] bis [4] vornehmlich erfüllt werden müssen, und dass es bevorzugt wird, den obigen Faktor [5] zu erfüllen.

[0017] Ferner ist es beim Belichten mit Licht einer Wellenlänge, die gleich oder kürzer als die von F_2 Laserlicht ist, [6] erforderlich, dass die Stufen, das optische Projektionssystem und dergleichen in einer Kammer enthalten sind, so dass sie in der N_2 - oder He-Atmosphäre eingeschlossen sind.

[0018] Ebenso wird es in einem Stepper des Step-und-Repeat-Typs natürlich bevorzugt, dass die obigen Faktoren [1] bis [6] erfüllt werden.

[0019] Von den obigen Faktoren [1] bis [6] kann der Faktor [3] dadurch erfüllt werden, dass ein Planarmotor oder ein zylinderähnlicher Linearmotor als Antriebsquellen für die Stufen verwendet wird. Besonders dann, wenn der Planarmotor als Antriebsquelle der Waferstufe verwendet wird, kann der Planarmotor das bewegliche Objekt in drei Freiheitsgraden X, Y, θ_z mit einem Motor antreiben, und daher sind eine X-Führung und eine Y-Führung in einer zweidimensionalen X-Y-Anordnung, die zuvor unumgänglich waren, unnötig. Und beim Antreiben der den Wafer haltenden Stufe in der X- oder der Y-Achsenrichtung braucht kein Motor und keine Führung zum Antreiben der Stufe in der anderen Richtung zusammen mit der Stufe angetrieben zu werden, und dadurch kann das Gewicht des beweglichen Teils merklich reduziert werden. Daher zieht dies viel Aufmerksamkeit als vielversprechende Antriebsquelle der Waferstufe einer Belichtungsvorrichtung der Zukunft an.

[0020] Es ist jedoch sehr schwierig, den Rest, [1], [2], [4], [5], [6], gleichzeitig zu erfüllen, selbst dann, wenn der Planarmotor als Antriebsquelle der Stufe verwendet wird.

[0021] Dahingegen wird als Mittel zum Bewegen des beweglichen Teils in den sechs Freiheitsgraden in Bezug auf Translation und Rotation ein Mechanismus, der als Steward-Plattform bezeichnet wird, eine Art Parallelmechanismus (auch Parallelverbindungsmechanismus genannt), bei dem ein Basisteil und ein Endeffektor durch eine Mehrzahl von Verbindungsketten verbunden sind, die jeweils mehr als zwei Glieder haben, bei Training und Simulation zum Fliegen eines Flugzeugs verwendet, und erregt Aufmerksamkeit im Bereich von Industrierobotern.

[0022] Vor diesem Hintergrund wurde die vorliegende Erfindung gemacht, und ein erster Zweck der vorliegenden Erfindung liegt darin, einen Parallelverbindungsmechanismus bereitzustellen, der gleichzeitig Miniaturisierung/Gewichtsverminderung und Ausgangsverbesserung realisieren kann.

[0023] Ferner besteht ein zweiter Zweck der vorliegenden Erfindung darin, eine Belichtungsvorrichtung bereitzustellen, die präzise ein feines Muster auf ein Substrat übertragen kann, sowie ein Verfahren zur Herstellung der Belichtungsvorrichtung.

[0024] Darüber hinaus besteht ein dritter Zweck der vorliegenden Erfindung darin, ein Verfahren zur Herstellung eines hoch integrierten Mikrogerätes mit hoher Produktivität bereitzustellen.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0025] Unter den obigen Umständen haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung Studien durchgeführt, um eine solche Belichtungsvorrichtung zu realisieren, die so viele der obigen Faktoren [1] bis [6] wie möglich gleichzeitig erfüllt, unabhängig davon, ob ein Planarmotor als Stufenantriebsquelle verwendet wird oder nicht. Das Ergebnis war die Schlussfolgerung, dass das Ziel erreicht werden kann, indem ein Körper (mittlere Säule) weggelassen wird, der in den früheren Belichtungsvorrichtungen verwendet wurde, und die Retikelstufe, die Waferstufe usw. jeweils herabhängend zu tragen, und es zu ermöglichen, deren Positionen/Lagen in sechs Freiheitsgraden zu steuern, um jeder Anforderung zu genügen. Im Hinblick auf diese Schlussfolgerung und nach weiteren Studien wurde beabsichtigt, den obigen Mechanismus auf die Belichtungsvorrichtungen anzuwenden.

[0026] Dann wurde nach einer gründlichen Untersuchung des Parallelmechanismus (nachfolgend „Parallelverbindungsmechanismus“ genannt) gefunden, dass er zwar die meisten der von den Erfindern beabsichtigten Faktoren erfüllen kann, z.B. dass der bewegliche Teil leicht ist und erwünschte Betriebseigenschaften, eine hohe Starrheit und Positionierungspräzision hat, dass es aber einige Punkte gibt, die verbessert werden müssen, weil ein Ölzylinder als aktive Gegenposition in einer Steward-Plattform verwendet wird, der Parallelmechanismen repräsentiert.

[0027] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Belichtungsvorrichtung bereitgestellt, die ein vorbestimmtes Muster auf ein Substrat überträgt, wobei die Belichtungsvorrichtung Folgendes umfasst: einen Belichtungshauptteil, der das Muster überträgt; einen Parallelverbindungsmechanismus, der den Belichtungshauptteil so trägt, dass seine Lage steuerbar ist; einen Detektor, der eine Lage des Belichtungshauptteils erfasst; und ein Steuergerät, das den Parallelverbindungsmechanismus gemäß einem Erfassungsergebnis des Detektors steuert.

[0028] Indem diese Vorrichtung verwendet wird, ist es möglich, weil ein Teil des Belichtungshauptteils, der ein vorbestimmtes Muster auf ein Substrat überträgt, von dem Parallelverbindungsmechanismus auf eine solche Weise getragen wird, dass seine Lage steuerbar ist, den Teil des Belichtungshauptteils, der von dem Parallelverbindungsmechanismus getragen wird, leicht zu machen, indem die Vorteile des Parallelverbindungsmechanismus genutzt werden, und seine Lage kann mit den erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden. Außerdem kann, weil der Teil des Belichtungshauptteils von dem Parallelverbindungsmechanismus so getragen werden kann, dass er von anderen Teilen unabhängig ist, die Übertragung von Vibrationen usw. verhütet werden. Besonders in einem Fall, in dem ein beweglicher Teil einer Substratstufe oder dergleichen, die den Belichtungshauptteil bildet, von dem Parallelverbindungsmechanismus getragen wird, können solche Effekte auf andere wie Vibrationen aufgrund des Antriebs des beweglichen Teils reduziert werden. Daher kann durch Verwenden des Belichtungshauptteils gemäß der vorliegenden Erfindung ein feines Muster präzise auf ein Substrat übertragen werden.

[0029] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst der Belichtungshauptteil eine Substratstufe, die das Substrat hält, und es ist möglich, dass der Parallelverbindungsmechanismus die Position/Lage in wenigstens drei Freiheitsgraden der Substratstufe steuert. In einem solchen Fall kann, da der Parallelverbindungsmechanismus die Position/Lage in wenigstens drei Freiheitsgraden der Substratstufe steuert, die vom Parallelverbindungsmechanismus angetriebene Substratstufe leicht gemacht werden, und die Position/Lage kann in wenigstens drei Freiheitsgraden des Substrats mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden.

[0030] In diesem Fall kann der Parallelverbindungsmechanismus ein erstes Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare erste Stangen, die das erste Basiselement mit der Substratstufe verbinden, und erste Ausfahrmechanismen umfassen, die in den jeweiligen ersten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen ersten Stangen aus-/einfahren. In einem solchen Fall kann durch Aus- und Einfahren der jeweiligen Stangen durch die ersten Ausfahrmechanismen, die in den jeweiligen ersten Stangen angeordnet sind, die Position/Lage in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. X, Y, θ_z) der Substratstufe mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden. In diesem Fall sind, weil die Substratstufe von dem Parallelverbindungsmechanismus angetrieben wird, ein solcher Treiber zum Antreiben der Substratstufe wie ein Linearmotor, eine Stufenbasis (Waferbasisnivellierblock) zum Tragen der Waferstufe und dergleichen unnötig. Man beachte, dass zum Steuern der Position/Lage in sechs Freiheitsgraden des Substrats ein Antriebsmechanismus (z.B. Z-Kippmechanismus) erforderlich ist, der das Substrat in den anderen Freiheitsgraden (z.B. Z, θ_x , θ_y) und dergleichen auf der Substratstufe antreibt.

[0031] In diesem Fall wird bevorzugt, dass der Parallelverbindungsmechanismus sechs der ersten Stangen umfasst und Position/Lage, in sechs Freiheitsgraden, der Substratstufe durch Aus-/Einfahren jeder ersten Stange steuert. In einem solchen Fall sind, da die Position/Lage der Substratstufe in den sechs Freiheitsgraden durch individuelles Aus-/Einfahren der sechs ersten Stangen des Parallelverbindungsmechanismus gesteuert werden kann, der obige Z-Kippmechanismus usw. unnötig und daher kann die Substratstufe, als der bewegliche Teil, leichter gemacht werden.

[0032] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann der erste Ausfahrmechanismus einen Luftzylinder und einen elektromagnetischen Linearmotor umfassen, die parallel oder in Reihe zueinander geschaltet sind. In einem solchen Fall kann die Substratstufe grob und über größere Distanzen angetrieben werden, indem der Luftdruck des Luftzylinders geregelt wird, und auch fein durch den elektromagnetischen Linearmotor, und die Position/Lage der Substratstufe kann in wenigstens drei Freiheitsgraden für eine kurze Zeit präzise gesteuert werden.

[0033] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Belichtungshauptteil ein optisches Projektionssystem umfassen, das das Muster auf das Substrat sowie auf die Substratstufe projiziert, dessen Position/Lage in wenigstens drei Freiheitsgraden von wenigstens drei ersten Stangen gesteuert wird. In diesem Fall kann durch individuelles Aus- und Einfahren der ersten Stangen durch die jeweiligen ersten Aus-

fahrmechanismen und Steuern der Position/Lage der Substratstufe in wenigstens drei Freiheitsgraden die relative Position, in wenigstens drei Freiheitsgraden, zwischen dem optischen Projektionssystem und der Substratstufe mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise justiert werden.

[0034] In diesem Fall kann der Belichtungshauptteil ferner eine Maskenstufe umfassen, um die Maske zu halten, auf der das Muster ausgebildet ist, und der Parallelverbindungsmechanismus kann die Position/Lage in wenigstens drei Freiheitsgraden der Maskenstufe steuern. In einem solchen Fall kann, da der Parallelverbindungsmechanismus die Position/Lage in wenigstens drei Freiheitsgraden der Maskenstufe steuert, die von dem Parallelverbindungsmechanismus angetriebene Maskenstufe leicht gemacht werden und die Position/Lage kann in wenigstens drei Freiheitsgraden der Maskenstufe mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden, und es ist möglich, die relative Position, in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. X , Y , θ_z oder Z , θ_x , θ_y), zwischen der Maskenstufe und dem optischen Projektionssystem zu justieren.

[0035] In diesem Fall kann der Parallelverbindungsmechanismus ein zweites Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare zweite Stangen, die das zweite Basiselement und die Maskenstufe verbinden, und zweite Ausfahrmechanismen umfassen, die in den jeweiligen zweiten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen zweiten Stangen aus-/einfahren. In einem solchen Fall können durch Aus- und Einfahren der jeweiligen Stangen durch die zweiten Ausfahrmechanismen, die in den jeweiligen zweiten Stangen angeordnet sind, die Steuerung der Position/Lage in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. X , Y , θ_z) der Maskenstufe und die Justierung der relativen Position in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. X , Y , θ_z oder Z , θ_x , θ_y) zwischen der Maskenstufe und dem optischen Projektionssystem präzise mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit ausgeführt werden. In diesem Fall sind, weil die Maskenstufe vom Parallelverbindungsmechanismus angetrieben wird, ein solcher Treiber zum Antreiben der Maskenstufe wie ein Linearmotor, eine Stufenbasis zum Tragen der Maskenstufe und dergleichen unnötig. Man beachte, dass zum Steuern der Position/Lage in sechs Freiheitsgraden der Maske ein Antriebsmechanismus (z.B. ein Z-Kippmechanismus oder ein Planarmotor) oder dergleichen erforderlich ist, der die Maske in den anderen Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y oder Z , θ_x , θ_y) auf der Maskenstufe antreibt.

[0036] In diesem Fall wird bevorzugt, dass der Parallelverbindungsmechanismus sechs der zweiten Stangen umfasst und die Position/Lage der Maskenstufe in sechs Freiheitsgraden durch Aus-/Einfahren jeder zweiten Stange steuert. In einem solchen Fall sind, weil die Position/Lage der Maskenstufe in den sechs Freiheitsgraden durch individuelle Aus-/Einfahrbewegungen der sechs zweiten Stangen des Parallelverbindungsmechanismus gesteuert werden kann, der obige Z-Kippmechanismus, der Planarmotor usw. unnötig, und daher ist es möglich, die Maskenstufe, als der bewegliche Teil, leichter zu machen.

[0037] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann in einem Fall, bei dem der Parallelverbindungsmechanismus wenigstens drei der ersten Stangen, die von den ersten Ausfahrmechanismen aus- und eingefahren werden, um die Position/Lage der Substratstufe zu steuern, und wenigstens drei der zweiten Stangen umfasst, die von den zweiten Ausfahrmechanismen aus- und eingefahren werden, um die Position/Lage der Maskenstufe zu steuern, wenigstens einer der ersten und zweiten Ausfahrmechanismen einen Luftzylinder und einen elektromagnetischen Linearmotor umfassen, die parallel oder in Reihe zueinander geschaltet sind. In einem solchen Fall kann/können die Substratstufe und/oder die Maskenstufe grob und über größere Distanzen angetrieben werden, indem der Luftdruck des Luftzylinders geregelt wird, und auch fein durch den elektromagnetischen Linearmotor, und es ist auch möglich, die Position/Lage, in wenigstens drei Freiheitsgraden, der Substratstufe und/oder Maskenstufe präzise zu steuern und die relative Position von wenigstens einer Stufe in Bezug auf das optische Projektionssystem für eine kurze Zeit präzise zu justieren.

[0038] In diesem Fall wird bevorzugt, dass wenigstens eine der ersten und zweiten Stangen ferner eine Lagereinheit umfasst, um den Läufer des elektromagnetischen Linearmotors in Bezug auf seinen Ständer auf kontaktlose Weise zu tragen. In einem solchen Fall kann, weil Reibung, die als nichtlineare Komponente beim Steuern des Aus-/Einfahrens der Stange mit der Lagereinheit durch den Ausfahrmechanismus wirkt, vermieden werden kann, die Position/Lage der Waferstufe und/oder der Maskenstufe in drei Freiheitsgraden präziser gesteuert werden.

[0039] Man beachte, dass in diesem Fall entweder eine statische Gasdrucklagereinheit oder eine Magnetlagereinheit als Lagereinheit verwendet werden kann.

[0040] Wenn eine statische Gasdrucklagereinheit als Lagereinheit verwendet wird, dann wird bevorzugt, dass ein Differentialablassmechanismus in ihrem Nachbar angeordnet ist, so dass ein der statischen Gasdruckla-

gereinheit zugeführtes Gas die Gasreinheit der Atmosphäre in der Belichtungsvorrichtung nicht beeinträchtigt.

[0041] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann die relative Position zwischen wenigstens einer der beiden Stufen und dem optischen Projektionssystem statisch mit Hilfe des Luftzylinders justiert werden, und es kann auch ein Steuergerät zum Unterdrücken von Vibrationen mit Hilfe des elektromagnetischen Linearmotors vorgesehen werden. In einem solchen Fall ist es möglich, die relative Position zwischen einer der beiden Stufen und dem optischen Projektionssystem zu justieren und Vibrationen aufgrund des Aus-/Einfahrens jeder Stange zu unterdrücken.

[0042] Eine Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann ferner ein Steuergerät umfassen, das hochfrequente Vibrationen durch Steuern des Stroms des elektromagnetischen Linearmotors isoliert. In einem solchen Fall können feine Vibrationen von der Bodenoberfläche, hochfrequente Vibrationen, isoliert werden.

[0043] Eine Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann ferner einen Tragmechanismus aufweisen, der das optische Projektionssystem so trägt, dass es in einem festen Zustand auf der Bodenoberfläche ist, auf der der Belichtungshauptteil montiert ist. In einem solchen Fall können, indem es der Tragmechanismus so trägt, dass es unmittelbar nach der Anfangsjustierung des optischen Projektionssystems so fixiert ist, dass es eine gewünschte Position und Lage einnimmt, die relativen Positionen beider Stufen, in wenigstens drei Freiheitsgraden, in Bezug auf das optische Projektionssystem justiert werden, da die Positionen/Lagen der Substratstufe und der Maskenstufe in wenigstens drei Freiheitsgraden gesteuert werden können.

[0044] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Parallelverbindungsmechanismus in einem Fall, bei dem er die ersten und zweiten Basiselemente umfasst, wenigstens drei der von den ersten Ausfahrmechanismen aus- und eingefahrenen ersten Stangen und wenigstens drei der von den zweiten Ausfahrmechanismen aus- und eingefahrenen zweiten Stangen, ferner ein drittes Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare dritte Stangen, die das dritte Basiselement und das optische Projektionssystem verbinden, und dritte Ausfahrmechanismen umfassen, die in den jeweiligen dritten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen dritten Stangen aus-/einfahren. In einem solchen Fall kann durch individuelles Steuern von Ausfahrmechanismen, die in den jeweiligen dritten Stangen angeordnet sind, nach der Anfangsjustierung des optischen Projektionssystems die Anfangsjustierung leicht durchgeführt werden. Nach der Anfangsjustierung kann durch Halten der Längen der jeweiligen dritten Stangen durch die dritten Ausfahrmechanismen das optische Projektionssystem in einer gewünschten Position und Lage getragen und fixiert werden. Danach wird die relative Position zwischen jeder Stufe und dem optischen Projektionssystem in wenigstens drei Freiheitsgraden durch Steuern der Position/Lage jeder Stufe justiert.

[0045] In diesem Fall kann der dritte Ausfahrmechanismus einen Luftzylinder umfassen. In einem solchen Fall kann die Anfangsjustierung der Position/Lage des optischen Projektionssystems leicht durch Justieren des Innendrucks des Luftzylinders erfolgen.

[0046] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung können das erste, das zweite und das dritte Basiselement jeweils ein individuelles Element sein, oder wenigstens zwei der ersten, zweiten und dritten Basiselemente können ein gemeinsames Element sein. Das heißt, das erste, zweite und dritte Basiselement können ein gemeinsames Element sein, oder das erste und das zweite Basiselement, das zweite und das dritte Basiselement oder das erste und das dritte Basiselement können ein gemeinsames Element sein.

[0047] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass der Belichtungshauptteil eine Maskenstufe umfasst, um eine Maske zu halten, auf der das Muster ausgebildet ist, und den Parallelverbindungsmechanismus zu veranlassen, die relative Position der Maskenstufe in drei Freiheitsgraden zu steuern. In einem solchen Fall ist es, weil der Parallelverbindungsmechanismus die Position/Lage der Maskenstufe in wenigstens drei Freiheitsgraden steuert, möglich, die von dem Parallelverbindungsmechanismus angetriebene Maskenstufe leicht zu machen, und die Position/Lage der Maskenstufe kann in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. X, Y, θ_z oder Z, θ_x , θ_y) mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden. Man beachte, dass es möglich ist, wenn der Belichtungshauptteil das optische Projektionssystem umfasst, die relative Position zwischen der Maskenstufe und dem optischen Projektionssystem in wenigstens drei Freiheitsgraden zu justieren.

[0048] In diesem Fall kann der Parallelverbindungsmechanismus ein Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare Stangen, die das Basiselement und die Maskenstufe verbinden, und Ausfahrmechanismen umfassen, die

in den jeweiligen zweiten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen Stangen aus-/einfahren. In einem solchen Fall kann durch Aus- und Einfahren der jeweiligen Stangen durch die Ausfahrmechanismen, die in den jeweiligen Stangen angeordnet sind, die Position/Lage der Maskenstufe in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. X , Y , θ_z) mit erwünschten Betriebseigenschaften oder hoher Starrheit präzise gesteuert werden. In diesem Fall sind, da die Maskenstufe vom Parallelverbindungsmechanismus angetrieben wird, ein solcher Treiber zum Antreiben der Maskenstufe wie ein Linearmotor, eine Stufenbasis zum Tragen der Maskenstufe und dergleichen unnötig. Man beachte, dass zum Steuern der Position/Lage in sechs Freiheitsgraden der Maske ein Antriebsmechanismus (z.B. einen Z-Kippmechanismus) vorgesehen werden muss, der die Maske in den anderen Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y) und dergleichen auf der Maskenstufe antreibt.

[0049] In diesem Fall wird bevorzugt, dass der Parallelverbindungsmechanismus sechs der Stangen umfasst und die Position/Lage der Maskenstufe in sechs Freiheitsgraden durch Aus-/Einfahren jeder Stange steuert. In einem solchen Fall sind, weil die Position/Lage der Maskenstufe in den sechs Freiheitsgraden durch individuelles Aus-/Einfahren der sechs Stangen des Parallelverbindungsmechanismus gesteuert werden kann, der obige Z-Kippmechanismus, der Planarmotor usw. unnötig, und daher kann die Maskenstufe als der bewegliche Teil leichter gemacht werden.

[0050] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass der Belichtungshauptteil eine Substratstufe, die das Substrat hält, und eine Stufenbasis zum Tragen der Substratstufe auf eine solche Weise umfasst, dass die Substratstufe beweglich ist, und den Parallelverbindungsmechanismus zu veranlassen, die relative Position der ersten Stufenbasis in drei Freiheitsgraden zu steuern. In einem solchen Fall kann, durch Steuern der relativen Position der ersten Stufenbasis mit dem Parallelverbindungsmechanismus in drei Freiheitsgraden, die relative Position, in drei Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y), der von der ersten Stufenbasis getragenen Substratstufe gesteuert werden. Das heißt, es ist ohne den an der Substratstufe montierten Z-Kippmechanismus möglich, einen Z-Kipptrieb des Substrats durchzuführen, und daher kann die Substratstufe leichter gemacht werden. Darüber hinaus ist es möglich, die Antriebskraft und die Antriebsreaktion beim Antreiben der Substratstufe auf der ersten Stufenbasis z.B. durch einen Planarmotor zu reduzieren.

[0051] In diesem Fall kann der Parallelverbindungsmechanismus ein erstes Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare erste Stangen, die das erste Basiselement und die erste Stufenbasis miteinander verbinden, sowie erste Ausfahrmechanismen umfassen, die in den jeweiligen ersten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen ersten Stangen aus-/einfahren. In einem solchen Fall wird durch individuelles Aus- und Einfahren der jeweiligen ersten Stangen von den ersten Ausfahrmechanismen, die in den jeweiligen ersten Stangen angeordnet sind, die Position/Lage der ersten Stufenbasis in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y) gesteuert. Infolgedessen kann die Position/Lage der Substratstufe in wenigstens drei Freiheitsgraden mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise justiert werden.

[0052] In diesem Fall kann der erste Ausfahrmechanismus einen Luftzylinder und einen elektromagnetischen Linearmotor umfassen, die parallel oder in Reihe zueinander geschaltet sind. In einem solchen Fall kann die erste Stufenbasis grob und über größere Distanzen durch Regeln des Luftdrucks des Luftzylinders und auch fein durch den elektromagnetischen Linearmotor angetrieben werden, und infolgedessen ist es möglich, die Position/Lage der Substratstufe in drei Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y) für kurze Zeit präzise zu steuern.

[0053] In diesem Fall kann, wenn der Parallelverbindungsmechanismus ein erstes Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare erste Stangen, die das erste Basiselement und die erste Stufenbasis verbinden, und erste Ausfahrmechanismen umfassen, die in den jeweiligen ersten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen ersten Stangen aus-/einfahren, der Belichtungshauptteil ferner das optische Projektionssystem umfassen, das unabhängig von der ersten Stufenbasis getragen wird und das Muster auf das Substrat projiziert.

[0054] In einem solchen Fall kann, wie oben erwähnt, durch individuelles Aus- und Einfahren der jeweiligen ersten Stangen durch die ersten Ausfahrmechanismen, die Position/Lage der Substratstufe in wenigstens drei Freiheitsgraden über die erste Stufenbasis mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden. Infolgedessen kann daher die relative Position zwischen dem optischen Projektionssystem und dem Substrat in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y), d.h. die Fokussivellierungssteuerung, mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise justiert werden. Indem die Substratstufe leicht gemacht wird, ist es möglich, die Antriebskraft und die Antriebsreaktion beim Antreiben der Substratstufe auf der ersten Stufenbasis beispielsweise durch einen Linearmotor zu reduzieren und weil das optische Projektionssystem unabhängig von der ersten Stufenbasis getragen wird, kann verhindert werden, dass die Reaktion auf den Antrieb der Substratstufe auf das optische Projektionssystem übertragen wird. Es ist somit leicht, die

Substratstufe und das optische Projektionssystem zu trennen.

[0055] In diesem Fall kann die Belichtungsvorrichtung ferner einen Positionsdetektor umfassen, der an dem optischen Projektionssystem befestigt ist und die relative Positionsbeziehung zwischen dem Substrat und dem optischen Projektionssystem in sechs Freiheitsgraden erfasst. In einem solchen Fall ist es möglich, weil, wie oben erwähnt, verhindert werden kann, dass die Reaktion auf den Antrieb der Substratstufe auf das optische Projektionssystem übertragen wird, die Positionsbeziehung zwischen dem Substrat und dem optischen Projektionssystem mit dem am optischen Projektionssystem befestigten Positionsdetektor in sechs Freiheitsgraden präzise zu erfassen.

[0056] Wenn ihr Belichtungshauptteil die Substratstufe, die erste Stufenbasis zum Tragen der Substratstufe und das optische Projektionssystem umfasst, dann kann eine Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ferner einen Tragmechanismus umfassen, der das optische Projektionssystem so trägt, dass es in einem festen Zustand auf der Bodenfläche steht, auf der der Belichtungshauptteil montiert ist. In einem solchen Fall kann, weil die Positionen/Lagen der Substratstufe in drei Freiheitsgraden gesteuert werden können, durch anfängliches Justieren des optischen Projektionssystems, so dass es eine gewünschte Position und Lage einnimmt, und indem bewirkt wird, dass der Tragmechanismus es nach der Anfangsjustierung fest trägt, die Positionsbeziehung zwischen dem Substrat und dem optischen Projektionssystem in drei Freiheitsgraden justiert werden.

[0057] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Belichtungshauptteil Folgendes umfassen: eine Maskenstufe zum Halten einer Maske, auf der das Muster ausgebildet ist, und eine zweite Stufenbasis zum Tragen der Maskenstufe, so dass sie beweglich ist, sowie der Substratstufe, die erste Stufenbasis zum Tragen derselben und das optische Projektionssystem, und der Parallelverbindungsmechanismus kann auch die Position/Lage der zweiten Stufenbasis in drei Freiheitsgraden steuern. In einem solchen Fall kann verhindert werden, dass die Reaktion auf den Antrieb der Substratstufe auf das optische Projektionssystem übertragen wird, und indem der Parallelverbindungsmechanismus die Position/Lage der zweiten Stufenbasis in drei Freiheitsgraden steuert, ist es möglich, die relative Position und Lage zwischen der Maske und dem optischen Projektionssystem mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit in drei Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y) präzise zu justieren. Das heißt, es kann ohne den zwischen der Maskenstufe und der zweiten Stufenbasis oder auf der Substratstufe montierten Z-Kippmechanismus eine Fokussivellierung der Maskenstufe mit Hilfe des Parallelverbindungsmechanismus erfolgen, und somit kann eine Qualitätsverschlechterung des Musterbildes aufgrund einer Defokussierung der Maske verhütet werden. Besonders dann, wenn die Objektseite des optischen Projektionssystems nicht telezentrisch ist, kann auch die Positionsabweichung des Musterbildes und dergleichen aufgrund der Defokussierung der Maske verhütet werden. Indem die Maske leicht gemacht wird, ist es möglich, die Antriebskraft und die Antriebsreaktion beim Antreiben auf der zweiten Stufenbasis z.B. durch einen Linearmotor zu reduzieren und zu verhindern, dass die Reaktion auf das optische Projektionssystem übertragen wird. Ebenso ist es leicht, die Maskenstufe und das optische Projektionssystem zu trennen.

[0058] In der Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann in einem Fall, bei dem der Parallelverbindungsmechanismus die relative Position zwischen der Maskenstufe und dem optischen Projektionssystem in drei Freiheitsgraden steuert, durch Steuern der Position/Lage der zweiten Stufenbasis in drei Freiheitsgraden ein Positionsdetektor, der an dem optischen Projektionssystem befestigt ist und die relative Positionsbeziehung zwischen der Maskenstufe und dem optischen Projektionssystem in sechs Freiheitsgraden erfasst, angeordnet werden. In einem solchen Fall kann, weil, wie oben erwähnt, verhindert wird, dass die Reaktionen auf die Antriebe der Substratstufe und der Maskenstufe auf das optische Projektionssystem übertragen werden, die relative Positionsbeziehung zwischen der Maskenstufe und dem optischen Projektionssystem durch den am optischen Projektionssystem fixierten Positionsdetektor in sechs Freiheitsgraden präzise erfasst werden.

[0059] In diesem Fall kann der Positionsdetektor ein Interferometer sein, und ein Spiegel zum Erkennen der relativen Position in den Freiheitsgraden X , Y , θ_z , auf den ein Messstrahl von dem Interferometer gerichtet wird, kann auf der Maskenstufe angeordnet sein, und ein Spiegel zum Erfassen der relativen Position in den Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y , auf den ein anderer Messstrahl von dem Interferometer gerichtet wird, kann an der zweiten Stufenbasis befestigt sein.

[0060] In diesem Fall kann, wenn der Parallelverbindungsmechanismus auch die Position/Lage der zweiten Stufenbasis in drei Freiheitsgraden steuert, der Parallelverbindungsmechanismus ein zweites Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare zweite Stangen, die das zweite Basiselement und die zweite Stufenbasis mitein-

ander verbinden, und zweite Ausfahrmechanismen umfassen, die in den jeweiligen zweiten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen zweiten Stangen aus-/einfahren. In einem solchen Fall kann, wie oben erwähnt, die relative Position zwischen dem Substrat und dem optischen Projektionssystem mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise justiert werden, und es kann verhindert werden, dass die Reaktion auf den Antrieb der Substratstufe auf das optische Projektionssystem übertragen wird. Außerdem wird, durch individuelles Aus- und Einfahren der jeweiligen zweiten Stangen durch die zweiten Ausfahrmechanismen, die in den jeweiligen zweiten Stangen angeordnet sind, die Position/Lage der zweiten Stufenbasis in wenigstens drei Freiheitsgraden gesteuert. Infolgedessen kann die relative Position zwischen der Maske und dem optischen Projektionssystem in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y) mit den erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise justiert werden. Indem die Substratstufe und die Maskenstufe leicht gemacht werden, ist es möglich, die Antriebskraft und die Antriebsreaktion zu reduzieren und die Substratstufe, die Maskenstufe und das optische Projektionssystem so zu strukturieren, dass sie leicht getrennt werden können.

[0061] In diesem Fall kann der Parallelverbindungsmechanismus ein drittes Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare dritte Stangen, die das dritte Basiselement und das optische Projektionssystem verbinden, und dritte Ausfahrmechanismen umfassen, die in den jeweiligen dritten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen dritten Stangen aus-/einfahren. In einem solchen Fall kann nach der Anfangsjustierung des optischen Projektionssystems durch individuelles Steuern der Ausfahrmechanismen, die in den jeweiligen dritten Stangen angeordnet sind, die Anfangsjustierung leicht durchgeführt werden. Nach der Anfangsjustierung kann durch Halten der Längen der jeweiligen dritten Stangen durch die dritten Ausfahrmechanismen das optische Projektionssystem so getragen und fixiert werden, dass es sich in einer gewünschten Position und Lage befindet. Danach kann die relative Position zwischen jeder Stufe und dem optischen Projektionssystem in wenigstens drei Freiheitsgraden durch Steuern der Position/Lage jeder Stufe justiert werden.

[0062] In diesem Fall kann der dritte Ausfahrmechanismus einen Luftzylinder umfassen. In einem solchen Fall kann die Anfangsjustierung der Position/Lage des optischen Projektionssystems leicht durch Justieren des Innendrucks des Luftzylinders erfolgen.

[0063] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung können das erste, das zweite und das dritte Basiselement, die jeweils mit der ersten Stufenbasis, der zweiten Stufenbasis und dem optischen Projektionssystem über die ersten, die zweiten bzw. die dritten Stangen verbunden sind, jeweils ein individuelles Element sein, oder es können wenigstens zwei der ersten, zweiten und dritten Basiselemente ein gemeinsames Element sein. Das heißt, das erste, zweite und dritte Basiselement können ein gemeinsames Element sein, oder das erste und das zweite Basiselement, das zweite und das dritte Basiselement oder das erste und das dritte Basiselement können ein gemeinsames Element sein.

[0064] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann wenigstens einer der ersten und zweiten Ausfahrmechanismen, die jeweils in den ersten und den zweiten Stangen angeordnet sind, die jeweils die erste und die zweite Stufenbasis mit dem ersten und dem zweiten Basiselement verbinden, einen Luftzylinder und einen elektromagnetischen Linearmotor umfassen, die parallel oder in Reihe zueinander geschaltet sind. In einem solchen Fall kann/können die erste und/oder die zweite Stufenbasis grob und über größere Distanzen durch Regeln des Luftdrucks des Luftzylinders und auch fein durch den elektromagnetischen Linearmotor angetrieben werden, und infolgedessen ist es möglich, die Position/Lage der Substratstufe und/oder der Maskenstufe in drei Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y) präzise zu steuern, und dann die relative Position und Lage des Substrats und/oder der Maske in Bezug auf das optische Projektionssystem für eine kurze Zeit präzise zu justieren. Diese Justierung ist eine so genannte Fokussnivellierung.

[0065] In diesem Fall wird bevorzugt, dass wenigstens eine der ersten und zweiten Stangen ferner eine Lagereinheit umfasst, die den Läufer des elektromagnetischen Linearmotors in Bezug auf seinen Ständer kontaktlos trägt. In einem solchen Fall kann, da Friktion, die als nichtlineare Komponente beim Steuern des Aus-/Einfahrens der Stange mit der Lagereinheit durch den Ausfahrmechanismus wirkt, vermieden werden kann, die Position/Lage der Waferstufe und/oder der Maskenstufe in drei Freiheitsgraden über wenigstens eine der ersten und zweiten Stufenbasis präziser gesteuert werden.

[0066] Man beachte, dass in diesem Fall entweder eine statische Gasdrucklagereinheit oder eine Magnetlagereinheit als Lagereinheit zum Einsatz kommen kann.

[0067] Wenn eine statische Gasdrucklagereinheit als Lagereinheit verwendet wird, dann wird bevorzugt, dass ein Differentialablassmechanismus in ihrem Nachbarn angeordnet ist, so dass ein zur statischen Gasdrucklagereinheit geführtes Gas die Gasreinheit der Atmosphäre in der Belichtungsvorrichtung nicht beeinträchtigt.

[0068] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann die relative Position zwischen wenigstens einer der beiden Stufen und dem optischen Projektionssystem statisch mit Hilfe des Luftzylinders justiert werden, und es kann auch ein Steuergerät zum Unterdrücken von Vibrationen mit Hilfe des elektromagnetischen Linearmotors vorgesehen werden. In einem solchen Fall ist es möglich, die relative Position zwischen wenigstens einer der beiden Stufen und dem optischen Projektionssystem über die erste und/oder die zweite Stufenbasis zu justieren und Vibrationen aufgrund des Aus-/Einfahrens jeder Stange zu unterdrücken.

[0069] Eine Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann ferner ein Steuergerät umfassen, das hochfrequente Vibrationen durch Steuern des Stroms des elektromagnetischen Linearmotors isoliert, während niederfrequente Vibrationen durch Regeln des Luftdrucks des Luftzylinders unterdrückt werden. In einem solchen Fall werden in jeder Stufenbasis aufgrund der Reaktion auf ihren Antrieb erzeugte niederfrequente Vibrationen unterdrückt, und außerdem können feine Vibrationen von der Bodenoberfläche, hochfrequente Vibrationen, isoliert werden.

[0070] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Mehrzahl von Stufen auf der ersten und/oder der zweiten Stufenbasis montiert werden. So kann beispielsweise in einem Fall, bei dem eine Mehrzahl von Stufen, d.h. Substratstufen, auf der ersten Stufenbasis montiert ist, weil der Austausch von Substraten, die Erkennung von Ausrichtungsmarkierungen eines Substrats oder dergleichen auf einer anderen Substratstufe während der Belichtung für ein Substrat auf einer Substratstufe durchgeführt werden können, der Durchsatz im Vergleich zu dem Fall einer einzigen Substratstufe verbessert werden. Ferner ist es z.B. in einem Fall, bei dem eine Mehrzahl von Stufen, d.h. Maskenstufen, auf der zweiten Stufenbasis montiert ist, weil der Austausch von Masken durch Austauschen der Positionen der Maskenstufen erfolgt, möglich, eine Mehrfachbelichtung wie z.B. eine Doppelbelichtung mit einer Mehrzahl von Masken mit einem höheren Durchsatz durchzuführen. Insbesondere kann in einem Fall, bei dem eine Mehrzahl der Substratstufen und Maskenstufen vorgesehen ist, weil der Austausch von Substraten, die Erkennung von Ausrichtungsmarkierungen eines Substrats oder dergleichen auf einer anderen Substratstufe während der Mehrfachbelichtung für ein Substrat auf einer Substratstufe ausgeführt werden können, eine Mehrfachbelichtung wie z.B. eine Doppelbelichtung mit einer Mehrzahl von Masken mit einem höheren Durchsatz durchgeführt werden.

[0071] In einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Belichtungshauptteil eine Maskenstufe zum Halten der Maske, auf der das Muster ausgebildet ist, und eine Stufenbasis zum Tragen der Maskenstufe auf eine solche Weise umfassen, dass die Maskenstufe beweglich ist, und der Parallelverbindungsmechanismus kann die Position/Lage der Stufenbasis in drei Freiheitsgraden steuern. In einem solchen Fall kann dadurch, dass der Parallelverbindungsmechanismus die Position/Lage der Stufenbasis in drei Freiheitsgraden steuert, die Position/Lage der Maske in drei Freiheitsgraden mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise justiert werden. Indem die Maskenstufe leicht gemacht wird, ist es möglich, die Antriebskraft und die Antriebsreaktion beim Antreiben auf der Stufenbasis z.B. durch einen Linearmotor zu reduzieren.

[0072] In diesem Fall kann der Parallelverbindungsmechanismus ein Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare Stangen, die das Basiselement und die Stufenbasis verbinden, und Ausfahrmechanismen umfassen, die in den jeweiligen Stangen angeordnet sind und die jeweiligen Stangen aus-/einfahren. In einem solchen Fall ist es möglich, die relative Position der Maskenstufe mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit in wenigstens drei Freiheitsgraden (z.B. Z , θ_x , θ_y) präzise zu justieren, indem die jeweiligen Stangen durch die Ausfahrmechanismen, die in den jeweiligen Stangen angeordnet sind, individuell aus- und eingefahren werden und die Position/Lage der Stufenbasis in wenigstens drei Freiheitsgraden gesteuert wird. Ebenso ist es möglich, indem die Maskenstufe leicht gemacht wird, die Antriebskraft und die Antriebsreaktion jeder Stufe zu reduzieren.

[0073] Eine Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Kammer aufweisen, die wenigstens einen Teil des Belichtungshauptteils in einem Zustand aufnimmt, in dem er gegen die Außenatmosphäre abgedichtet ist, und seine Lage geändert werden kann. In einem solchen Fall ist es möglich, einen Teil des Belichtungshauptteils, der von dem Parallelverbindungsmechanismus getragen wird, unter Nutzung der Vorteile des Parallelverbindungsmechanismus leicht zu machen, und seine Lage kann mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden. Ferner kann, weil die Kammer wenigstens einen Teil des Belichtungshauptteils in einem Zustand aufnimmt, in dem er gegen die Außenatmosphäre abgedichtet ist und seine Lage geändert werden kann, durch Füllen der Kammer mit Stickstoffgas (N_2), Heliumgas (He) oder dergleichen ein feines Muster mit hoher Auflösung unter Verwendung von ArF-Excimer-Laserlicht oder Vakuumultraviolett-Licht wie F_2 -Laserlicht, dessen Wellenlänge kürzer ist als die von ArF-Licht, auf ein Substrat übertragen werden.

[0074] In diesem Fall ist vorzugsweise ein Vakuumablasssystem und ein Gaszuführungssystem in der Belichtungsvorrichtung angeordnet, um nichtaktives Gas in die Kammer zu spülen. In einem solchen Fall wird dadurch, dass sich in der Kammer Gas befindet, das durch das Vakuumablasssystem abgelassen wird, und indem ein nichtaktives Gas wie Stickstoffgas (N₂) und Heliumgas (He) von einem Gaszuführungssystem zugeführt wird, das Gas in der Kammer durch das nichtaktive Gas sofort ersetzt und der Innendruck wird auf einen gewünschten Wert eingestellt.

[0075] In einem Fall, in dem der Belichtungshauptteil die Substratstufe und die erste Stufenbasis zum Tragen derselben, das optische Projektionssystem, die Maskenstufe und die zweite Stufe zum Tragen derselben und den Parallelverbindungsmechanismus zum Justieren der Positionen/Lagen der ersten und zweiten Stufenbasis in drei Freiheitsgraden umfasst, kann eine Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ferner eine Kammer umfassen, die einen ersten Raum zur Aufnahme der Maskenstufe und mit der zweiten Stufenbasis als Teil, einen zweiten Raum zur Aufnahme des optischen Projektionssystems, einen dritten Raum zur Aufnahme der Substratstufe und mit der ersten Stufenbasis als Teil, sowie ausfahrbare Balgelemente umfasst, die jeweils den ersten Raum und den zweiten Raum, den zweiten Raum und den dritten Raum verbinden und die Substratstufe, das optische Projektionssystem und die Maskenstufe gegen die Außenatmosphäre abdichten. In einem solchen Fall enthält der dritte Raum, der die erste Stufenbasis als Teil enthält, die Substratstufe; ein zweiter Raum enthält das optische Projektionssystem; ein erster Raum, der die zweite Stufenbasis als Teil beinhaltet, enthält die Maskenstufe; und ausfahrbare Balgelemente verbinden den ersten Raum, den zweiten Raum und den dritten Raum. Daher können die Positionen/Lagen der ersten und der zweiten Stufenbasis von dem Parallelverbindungsmechanismus ohne jegliches Problem in drei Freiheitsgraden justiert werden. Ebenso sind die Substratstufe, das optische Projektionssystem und die Maskenstufe gegen die Außenatmosphäre abgedichtet. Daher kann durch Füllen des Kammerinneren mit Stickstoffgas (N₂), Heliumgas (He) oder dergleichen ein feines Muster mit hoher Auflösung unter Verwendung von ArF-Excimer-Laserlicht oder Vakuumultraviolett-Licht wie z.B. F₂-Laserlicht, dessen Wellenlänge kürzer ist als die von ArF-Licht, auf ein Substrat übertragen werden.

[0076] In diesem Fall wird bevorzugt, dass ein Vakuumablasssystem und ein Gaszuführungssystem in der Belichtungsvorrichtung angeordnet sind, um nichtaktives Gas in die Kammer zu spülen. In einem solchen Fall wird, da Gas innerhalb der Kammer durch ein Vakuumablasssystem abgelassen und ein nichtaktives Gas wie Stickstoffgas (N₂) und Heliumgas (He) von einem Gaszuführungssystem zugeführt wird, das Gas in der Kammer sofort durch das nichtaktive Gas ersetzt und der Innendruck auf einen gewünschten Wert eingestellt.

[0077] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein erstes Verfahren zum Herstellen einer Belichtungsvorrichtung zum Übertragen eines Musters einer Maske auf ein Substrat bereitgestellt, das die folgenden Schritte umfasst: einen ersten Schritt des Bereitstellens einer Maskenstufe zum Halten der Maske; einen zweiten Schritt des Bereitstellens eines optischen Projektionssystems zum Übertragen eines Musters der Maske auf ein Substrat; einen dritten Schritt des Bereitstellens einer Substratstufe zum Halten des Substrats; und einen vierten Schritt des Bereitstellens eines Parallelverbindungsmechanismus zum Tragen der Maskenstufe und/oder der Substratstufe auf eine solche Weise, dass die relative Position der Maskenstufe und/oder Substratstufe in Bezug auf das optische Projektionssystem in wenigstens drei Freiheitsgraden... [sic].

[0078] Demzufolge kann durch mechanisches, optisches und elektrisches Montieren und Justieren des optischen Beleuchtungssystems, des optischen Projektionssystems, der Maskenstufe und der Substratstufe, des Parallelverbindungsmechanismus zum Tragen der Maskenstufe und/oder der Substratstufe auf eine solche Weise, dass die relative Position der Maskenstufe und/oder der Substratstufe in Bezug auf das optische Projektionssystem in wenigstens drei Freiheitsgraden gesteuert werden kann, und anderer verschiedener Elemente eine Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt werden.

[0079] Gemäß dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein zweites Verfahren zum Herstellen einer Belichtungsvorrichtung zum Übertragen eines Musters einer Maske auf ein Substrat bereitgestellt, das die folgenden Schritte umfasst: einen ersten Schritt des Bereitstellens einer Maskenstufe zum Halten der Maske; einen zweiten Schritt des Bereitstellens eines optischen Projektionssystems zum Übertragen eines Musters der Maske auf ein Substrat; einen dritten Schritt des Bereitstellens einer Substratstufe zum Halten des Substrats; einen vierten Schritt des Bereitstellens einer ersten Stufenbasis zum Tragen der Maskenstufe, so dass sie beweglich ist; einen fünften Schritt des Bereitstellens einer zweiten Stufenbasis zum Tragen der Substratstufe, so dass sie beweglich ist; und einen sechsten Schritt des Bereitstellens eines Parallelverbindungsmechanismus zum Tragen der ersten und/oder der zweiten Stufenbasis auf eine solche Weise, dass die relative Position der ersten und/oder der zweiten Stufenbasis mit Bezug auf das optische Projektionssystem in wenigstens drei Freiheitsgraden gesteuert werden kann.

[0080] Demgemäß kann durch mechanisches, optisches und elektrisches Montieren und Justieren des optischen Beleuchtungssystems, des optischen Projektionssystems, der Maskenstufe und der Substratstufe, der ersten Stufenbasis zum Tragen der Substratstufe, so dass sie beweglich ist, der zweiten Stufenbasis zum Tragen der Maskenstufe, so dass sie beweglich ist, des Parallelverbindungsmechanismus zum Tragen der ersten und/oder der zweiten Stufenbasis auf eine solche Weise, dass die relative Position der ersten und/oder der zweiten Stufenbasis mit Bezug auf das optische Projektionssystem in wenigstens drei Freiheitsgraden steuerbar ist, und verschiedener anderer Elemente eine Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt werden.

[0081] Darüber hinaus kann in dem Lithografieverfahren durch Ausführen einer Belichtung mit einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ein mehrschichtiges Muster auf dem Substrat mit hoher Überdeckungspräzision ausgebildet werden, und daher ist es möglich, ein höher integriertes Mikrogerät mit hohem Ertrag herzustellen. Daher ist ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes unter Verwendung einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0082] [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht der Anordnung einer Belichtungsvorrichtung gemäß der ersten Ausgestaltung;

[0083] [Fig. 2](#) ist eine planare Ansicht des Aufbaus, von dem einige Teile nicht dargestellt sind, des Parallelverbindungsmechanismus von [Fig. 1](#);

[0084] [Fig. 3](#) ist eine Querschnittsansicht der ersten Stange **78₁**, von [Fig. 1](#), von der ein Teil nicht dargestellt ist;

[0085] [Fig. 4](#) ist eine schematische Ansicht des Strukturmodells eines Antriebssystems, um das Prinzip der Steuerung eines Parallelverbindungsmechanismus in einer Belichtungsvorrichtung gemäß der ersten Ausgestaltung zu erläutern;

[0086] [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm eines Steuermodells für das Antriebssystem von

[0087] [Fig. 4](#);

[0088] [Fig. 6](#) ist eine Ansicht einer Beziehung zwischen einer stationären Koordinate und einer Stangenkoordinate;

[0089] [Fig. 7](#) ist eine Ansicht zum Erläutern des Strukturmodells der Stange von [Fig. 4](#) und der auf die Stange und einen Antriebskörper ausgeübten Reaktionen;

[0090] [Fig. 8](#) ist ein Blockdiagramm des Aufbaus eines Steuersystems einer Belichtungsvorrichtung gemäß der ersten Ausgestaltung;

[0091] [Fig. 9](#) ist eine schematische Ansicht des Aufbaus einer Belichtungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausgestaltung;

[0092] [Fig. 10](#) ist ein Schrägriss des ersten Parallelverbindungsmechanismus von [Fig. 9](#);

[0093] [Fig. 11](#) ist eine Planaransicht eines Waferlaser-Interferometersystems zum Erfassen der Position der Waferstufe von [Fig. 9](#) in der X-Y-Ebene;

[0094] [Fig. 12](#) ist eine schematische Ansicht des Strukturmodells eines Antriebssystems, um das Prinzip der Steuerung eines Parallelverbindungsmechanismus in einer Belichtungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausgestaltung zu erläutern;

[0095] [Fig. 13](#) ist eine Ansicht eines Zustands, in dem die Waferstufe von dem ersten Parallelverbindungsmechanismus in der X-Achsenrichtung angetrieben wird;

[0096] [Fig. 14](#) ist eine Ansicht eines Zustands, in dem die Waferstufe von dem ersten Parallelverbindungsmechanismus in der Z-Achsenrichtung angetrieben wird;

[0097] [Fig. 15](#) ist eine Ansicht eines Zustands, in dem das Rollen der Waferstufe von dem ersten Parallelverbindungsmechanismus gesteuert wird;

[0098] [Fig. 16](#) ist eine Ansicht eines Zustands, in dem das Gieren der Waferstufe von dem ersten Parallelverbindungsmechanismus gesteuert wird;

[0099] [Fig. 17](#) ist ein Blockdiagramm des Aufbaus eines Steuersystems einer Belichtungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausgestaltung;

[0100] [Fig. 18](#) ist ein Fließschema zum Erläutern eines Verfahrens zur Herstellung eines Bauelementes mit einer Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0101] [Fig. 19](#) ist ein Fließschema des Ablaufs des Waferverarbeitungsschrittes (Schritt 204) von [Fig. 18](#).

BESTE ART DER AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

<<Eine erste Ausgestaltung>>

[0102] Eine erste Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 8](#) beschrieben.

[0103] [Fig. 1](#) zeigt die schematische Anordnung einer Belichtungsvorrichtung **10** gemäß einer Ausgestaltung. Die Belichtungsvorrichtung **10** ist eine so genannte Step-and-Scan-Abtastbelichtungsvorrichtung, die während des Beleuchtens des Retikels R als Maske mit Belichtungslicht EL, das Vakuumultraviolett ist, das Retikel R und den Wafer W synchron als ein Substrat in einer Abtastrichtung (nachfolgend als die Y-Richtung definiert, die die laterale Richtung in [Fig. 1](#) ist) bewegt und ein Muster auf dem Retikel R auf eine Mehrzahl von Belichtungsbereichen des Wafers W durch ein optisches Projektionssystem PL überträgt. Diese Belichtungsvorrichtung **10** ist ein so genannter Scanning-Stepper.

[0104] Diese Belichtungsvorrichtung **10** beinhaltet ein optisches Beleuchtungssystem IOP, das das Retikel R mit dem Belichtungslicht EL von einer Lichtquelle (nicht dargestellt) beleuchtet, wobei eine Retikelstufe RST als Maskenstufe zum Halten des Retikels dient, ein optisches Projektionssystem PL zum Projizieren des von dem Retikel R auf einen Wafer W gesendeten Belichtungslichtes EL dient und eine Waferstufe WST als Substratstufe zum Halten und Bewegen des Wafers W in der zweidimensionalen X-Y-Richtung dient.

[0105] Das obige optische Beleuchtungssystem IOP wird von einem Beleuchtungssystem-Tragelement (nicht dargestellt) getragen. Dieses optische Beleuchtungssystem IOP beinhaltet ein Beleuchtungssystemgehäuse, das die Innenseite luftdicht gegen die Atmosphäre abdichtet und mit einem Niederabsorptionsgas gefüllt ist, das so rein und nichtaktiv ist, dass es eine Luft- (Sauerstoff-) Konzentration von ein paar oder weniger als ein paar Prozent oder wünschenswerterweise weniger als ein Prozent enthält und Licht mit der Wellenlänge von Vakuumultraviolett gering absorbiert, wie z.B. Trockenstickstoff (N₂), Helium (He), Argon (Ar), Neon (Ne) und Krypton (Kr) oder ein Gas, in dem diese Gase gemischt sind. Der Grund ist, dass bei Verwendung von Licht mit der Wellenlänge von Vakuumultraviolett als Belichtungslicht ein Gas (nachfolgend nach Bedarf als „Absorptionsgas“ bezeichnet) wie Sauerstoff, Dampf und Kohlenwasserstoff oder verwandtes Gas, das Licht mit einer solchen Wellenlänge stark absorbiert, aus dem Lichtweg entfernt werden muss. Das Innere des Beleuchtungssystemgehäuses ist mit dem oben erwähnten nichtaktiven Gas gefüllt (nachfolgend nach Bedarf als „Niederabsorptionsgas“ bezeichnet) und wird so gehalten, dass es einen Druck hat, der ein bis zehn Prozent höher ist als der von Luft.

[0106] Das Beleuchtungssystemgehäuse beherbergt, wie beispielsweise in dem japanischen offengelegten Patent Nr. 7-142354 und dem diesem entsprechenden US-Patent Nr. 5,534,970 usw. offenbart ist, ein Strahlenumformungssystem, eine Flugaugenlinse als optischen Integrator, einen Schwingspiegel, ein Sammellinsensystem, eine Relaislinse, einen Retikelblindmechanismus, ein Hauptkondensatorlinsensystem usw. in einer vorbestimmten Anordnung. Die obigen Offenbarungen sind hierin durch diese Bezugnahme eingeschlossen, soweit dies die nationalen Gesetze in den designierten Staaten oder gewählten Staaten zulassen, auf die sich diese internationale Anwendung bezieht.

[0107] Auf der Rückseite des optischen Beleuchtungssystems IOP von [Fig. 1](#) ist ein optisches Fret-System mit einem optischen System zur Lichtachsenjustage, das als Strahlenanpassungseinheit bezeichnet wird, mit wenigstens einem Teil des optischen Beleuchtungssystems IOP verbunden, und über das optische Fret-Sys-

tem ist eine auf einer Bodenfläche FD angeordnete Lichtquelle (nicht dargestellt) verbunden. Als diese Lichtquelle wird beispielsweise eine Lichtquelle zum Emittieren von Licht, dessen Wellenlänge im Bereich von etwa 120 nm bis etwa 180 nm liegt und zur Vakuumultraviolettregion gehört, wie z.B. Fluorlaser von 157 nm als Oszillationswellenlänge (F_2 -Laser), Krypton-Dimer-Laser von 146 nm (Kr_2 -Laser) und Argon-Dimer-Laser von 126 nm (Ar_2 -Laser) verwendet. Man beachte, dass ArF-Excimer-Laser usw. ebenfalls als Lichtquelle zum Einsatz kommen kann. Ein Lichtquellensteuergerät (nicht dargestellt) ist mit dieser Lichtquelle verbunden und regelt die Oszillationsmittenwellenlänge eines von der Quelle emittierten Impuls-Ultraviolettlichtes, den Trigger der Impulsoszillation, ein Gas in der Laserkammer usw.

[0108] Ein schlitzähnlicher Beleuchtungsbereich des Retikels R, der durch eine feste Retikelblende (feste Feldblende) definiert ist, wird mit gleichförmiger Beleuchtungsstärke von dem optischen Beleuchtungssystem IOP beleuchtet. In diesem Fall ist der schlitzähnliche Beleuchtungsbereich so eingestellt, dass er in der Mitte eines kreisförmigen Projektionsfeldes des in [Fig. 1](#) gezeigten optischen Projektionssystems PL ist und in der X-Richtung (Nichtabtastrichtung) verläuft, wobei die Breite in Y-Richtung (Abtastrichtung) fast konstant ist.

[0109] Übrigens könnte diese Lichtquelle auch in einem Versorgungsraum am Boden eines Raums (Service-Raum) installiert werden, der eine geringere Reinheit hat als ein Reinraum, oder im Reinraum.

[0110] Die obige Retikelstufe RST schwebt über der Oberseite eines Retikelbasisnivellierblocks **12**, hat eine dreieckige Form in einer Planaransicht und dient als zweite Stufenbasis, mit einem vorbestimmten Abstand von beispielsweise etwa 5 μm über ein kontaktloses Lager (nicht dargestellt; z.B. ein Luftpolster). Diese Retikelstufe RST wird in der Y-Richtung, der Abtastrichtung, innerhalb eines vorbestimmten Hubbereiches abgetastet und kann auf einer horizontalen Ebene (X-Y-Ebene) von einem Retikeltreiber **14** (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt; siehe [Fig. 8](#)) mit einem Linearmotor usw. fein bewegt werden. Das Retikel R ist auf dieser Retikelstufe RST durch Ansaugen oder durch elektrostatisches Einspannen befestigt.

[0111] Auf der Oberseite des Retikelbasisnivellierblocks **12** ist eine Trennwand **16** mit einer rechteckigen Öffnung **16a**, die großemäßig gegenüber dem darauf gebildeten Retikel R reduziert ist, vorgesehen. Und diese Trennwand **16** und die Retikelstufenbasis **12** bilden einen Retikelraum **18** als ersten Raum zum Aufnehmen der Retikelstufe. Die Trennwand **16** besteht aus einem Material, das keine große Gasmenge emittiert, wie z.B. Edelstahl (SUS). Das obere Ende der Trennwand **16** ist mit dem emittierenden Ende des Beleuchtungssystemgehäuses durch ein balgähnliches Element **20** verbunden, so dass seine Innenseite gegen die Außenluft abgedichtet ist, wobei das Element **20** ausfahrbar ist und aus Fluorgummi besteht, das ein chemisch reines Material ist.

[0112] Am emittierenden Ende des Beleuchtungssystemgehäuses ist ein Übertragungsfenster (nicht dargestellt) so angeordnet, dass es den Innenraum des Beleuchtungssystemgehäuses gegen den des Retikelraums **18** abdichtet. Dieses Übertragungsfenster ist im Lichtweg des Belichtungslichtes EL angeordnet, das vom optischen Beleuchtungssystem IOP auf das Retikel R fällt. Dazu ist es aus einem Kristallmaterial hergestellt, das einen hohen Transmissionsgrad gegenüber Vakuumultraviolett als Belichtungslicht hat, wie z.B. Fluorit.

[0113] Auf dem Retikelbasisnivellierblock **12** ist eine in der Querschnittsansicht rechteckige Öffnung ausgebildet, die der Pfad des Belichtungslichtes EL nach dem Passieren des Retikels R ist. Auf dem Retikelbasisnivellierblock **12** ist auch eine Öffnung **12a**, die vertikal penetrierend ist und in der ein Tragelement für ein Retikellaserinterferometer (nachfolgend beschrieben) eingeführt ist. Der Tragelement und dergleichen des Retikelbasisnivellierblocks **12** werden übrigens später beschrieben.

[0114] Die Position der Retikelstufe RST in der X-Y-Ebene (X-Position, Y-Position und Rotation um die Z-Achse (θ_z -Rotation)) wird mit einer vorbestimmten Auflösung von beispielsweise etwa 0,5 bis 1 nm über einen beweglichen Spiegel **22R** gemessen, der mit dem Retikellaserinterferometer **24R** an der Retikelstufe RST befestigt ist. In der Praxis sind an der Retikelstufe RST ein in X-Richtung beweglicher Spiegel mit einer Reflexionsfläche lotrecht zur X-Richtung und ein in Y-Richtung beweglicher Spiegel mit einer Reflexionsfläche lotrecht zur Y-Richtung angeordnet, und es sind zwei Retikelinterferometer **24Ry₁**, **24Ry₂** zum Messen der Position in der Y-Richtung und ein Interferometer **24Rx** zum Messen der Position in der X-Richtung angeordnet (siehe [Fig. 8](#)). In [Fig. 1](#) sind hierfür der bewegliche Spiegel **22R** und das Retikellaserinterferometer **24R** repräsentativ.

[0115] Die unteren Enden des Retikellaserinterferometers **24R**, d.h. Interferometer **24Ry₁**, **24Ry₂**, **24Rx**, sind am oberen Teil der Linsentrommel des optischen Projektionssystems PL befestigt, und die oberen Enden davon sind jeweils über die Öffnung **12a** und ähnliche Öffnungen (nicht dargestellt) an den oberen Enden von drei Tragelementen **26** befestigt, die auf dem Retikelbasisnivellierblock **12** exponiert sind.

[0116] Die Messwerte des Retikellaserinterferometers **24R**, d.h. Interferometer **24Ry₁**, **24Ry₂**, **24Rx**, werden zum Stufensteuergerät **52** und dann zum Hauptsteuergerät **50** (siehe [Fig. 8](#)) übertragen. Im Stufensteuergerät **52** wird nach dem Durchschnitt der Messwerte der Interferometer **24Ry₁**, **24Ry₂** die Y-Position der Retikelstufe RST berechnet, nach der Differenz dieser Messwerte und anhand der Abstände zwischen den Achsen der Interferometer wird die θ_z -Rotation berechnet, und nach dem Durchschnitt der Messwerte der Interferometer **24Rx** wird die X-Position der Retikelstufe RST berechnet. Das Stufensteuergerät **52** meldet diese Berechnungsergebnisse in Echtzeit dem Hauptsteuergerät **50**.

[0117] Ferner ist ein Reflexionsspiegel **28** an der Bodenfläche des Retikelbasisnivellierblocks **12** montiert, und ein Retikelbasisinterferometer **30** zum Messen der Z-Position des Reflexionsspiegels **28** ist an einer vorbestimmten Position um die Peripherie des oberen Endes des optischen Projektionssystems PL angeordnet. Übrigens sind in der Praxis an der Bodenfläche des Retikelbasisnivellierblocks **12** Reflexionsspiegel in drei unterschiedlichen Positionen befestigt, und ein erstes Interferometer **30₁**, ein zweites Interferometer **30₂** und ein drittes Interferometer **30₃** sind jeweils an drei Positionen um die Peripherie des oberen Endes des optischen Projektionssystems entsprechend den drei Spiegeln angeordnet (siehe [Fig. 8](#)). In [Fig. 1](#) sind diese durch einen Reflexionsspiegel **28** und ein Retikelbasisinterferometer **30** repräsentiert. Das erste Interferometer **30₁**, das zweite Interferometer **30₂** und das dritte Interferometer **30₃** messen jeweils die Z-Positionen von drei Reflexionsspiegeln. Die Messwerte dieser drei Interferometer **30₁**, **30₂** und **30₃** werden dem Stufensteuergerät **52** und dann dem Hauptsteuergerät zugeführt. Das Stufensteuergerät **52** berechnet die Z-Position, die θ_x -Rotation (Längsneigung) und die θ_y -Rotation (Rollen) durch Ausführen einer vorbestimmten Berechnung auf der Basis der Messwerte der drei Interferometer **30₁**, **30₂** und **30₃**. Diese Ergebnisse werden dem Hauptsteuergerät **50** in Echtzeit vom Stufensteuergerät **52** gemeldet.

[0118] Im optischen Projektionssystem PL wird ein optisches System, das eine Linse und einen Reflexionsspiegel aus einem Fluoridkristall wie Fluorit und Lithiumfluorid umfasst, von der Linsentrommel getragen. In dieser Ausgestaltung wird als dieses optische Projektionssystem PL ein Reduziersystem eingesetzt, das beispielsweise ein kreisförmiges Bildfeld hat und von dem die Objektebenenseite und die Bildebenenseite beide telezentrisch sind und der Verkleinerungsfaktor β z.B. $1/4$ oder $1/5$ ist. Als dieses optische Projektionssystem wird, obwohl ein optisches Brechungssystem verwendet werden kann, das sich nur aus Linsen aus Fluoridkristall zusammensetzt, in dieser Ausgestaltung ein optisches ReflexionsBrechungs-Projektionssystem (katadioptrisches System) verwendet. Durch Verwenden einer Abtastbelichtungs Vorrichtung, die ein solches optisches ReflexionsBrechungs-Projektionssystem umfasst, kann ein feines Muster von etwa 100 nm L/S-Muster auf Wafer sogar mit F_2 -Laserlicht beispielsweise mit einer Wellenlänge von 157 nm als Belichtungslicht präzise übertragen werden. Man beachte, dass ein optisches System, das sich nur aus optischen Reflexionselementen zusammensetzt, als optisches Projektionssystem zum Einsatz kommen kann.

[0119] Als optisches Reflexions/Brechungs-Projektionssystem kann ein Reflexions-Brechungssystem, das einen Strahlenteiler und einen konkaven Spiegel als optische Reflexionselemente umfasst, wie zum Beispiel im japanischen offengelegten Patent Nr. 8-171054 und dem diesem entsprechenden US-Patent Nr. 5,668,672, sowie im japanischen offengelegten Patent Nr. 10-20195 und dem diesem entsprechenden US-Patent Nr. 5,835,275 offenbart ist, verwendet werden, oder ein Reflexions-Brechungssystem, das keinen Strahlenteiler, sondern einen konkaven Spiegel usw. als optische Reflexionselemente umfasst, das im japanischen offengelegten Patent Nr. 8-334695 und dem diesem entsprechenden US-Patent Nr. 5,689,377 sowie im japanischen offengelegten Patent Nr. 10-3039 und der diesem entsprechenden US-Patentanmeldung Nr. 873,605 (Anmeldungsdatum: 12. Juni 1997) offenbart ist, zum Einsatz kommen. Die Offenbarungen in den obigen japanischen offengelegten Patenten, dem US-Patent und der US-Patentanmeldung sind hierin durch diese Bezugnahme eingeschlossen, soweit dies die nationalen Gesetze in den designierten Staaten oder gewählten Staaten zulassen, auf die sich diese internationale Anwendung bezieht.

[0120] Als optisches Reflexions/Brechungs-Projektionssystem kann auch ein Reflexions-/Brechungssystem zur Anwendung kommen, das eine Mehrzahl von optischen Brechungselementen und zwei Spiegel umfasst (wobei ein Hauptspiegel ein konkaver Spiegel ist und ein Nebenspiegel ein Rückflächenspiegel ist, dessen Reflexionsfläche auf der gegenüberliegenden Seite zur Einfallfläche eines Brechungselementes oder einer planparallelen Platte gebildet ist), die entlang einer Achse angeordnet sind und deren Zwischenbild eines Retikelmusters wieder auf einem Wafer unter Verwendung des Hauptspiegels und des Nebenspiegels abgebildet wird, und ist im japanischen offengelegten Patent Nr. 10-104513 und dem diesem entsprechenden US-Patent Nr. 5,488,229 offenbart. Bei diesem Reflexions-/Brechungssystem sind der Hauptspiegel und der Nebenspiegel in Reihe mit der Mehrzahl von optischen Brechungselementen angeordnet, und ein Beleuchtungslicht passiert durch einen Teil des Hauptspiegels, wird von dem Nebenspiegel und dem Hauptspiegel nacheinander reflektiert, passiert durch einen Teil des Nebenspiegels und erreicht den Wafer. Die Offenbarungen in den obigen

japanischen offengelegten Patenten und in dem US-Patent sind hierin durch diese Bezugnahme eingeschlossen, solange dies die nationalen Gesetze in den designierten Staaten oder gewählten Staaten zulassen, auf die sich diese internationale Anmeldung bezieht.

[0121] In dieser Ausgestaltung wird, wie oben beschrieben, als optisches Projektionssystem, weil das optische Reduktionssystem mit dem Verkleinerungsfaktor β , z.B. $1/4$ oder $1/5$, eingesetzt wird, wenn das Retikel R mit dem Belichtungslicht EL von dem optischen Beleuchtungssystem IOP beleuchtet wird, das reduzierte (teil-invertierte) Bild eines Schaltungsmusters im schlitzzähnlichen Beleuchtungsbereich auf dem Retikel auf der Belichtungsfläche, konjugiert mit dem schlitzzähnlichen Beleuchtungsbereich, auf dem Wafer ausgebildet.

[0122] Wie in der vorliegenden Ausgestaltung, muss in einer Belichtungsvorrichtung unter Verwendung einer Belichtungswellenlänge von Vakuumultraviolett ebenfalls ein Gas in der Linsentrommel des optischen Projektionssystems PL durch das obige nichtaktive Gas (Niederabsorptionsgas) ersetzt werden, um die Absorption des Belichtungslichtes durch ein Absorptionsgas wie Sauerstoff zu vermeiden. Daher wird in der vorliegenden Ausgestaltung die Innenseite der Linsentrommel des optischen Projektionssystems PL mit dem obigen nicht-aktiven Gas gefüllt, und der Druck der Innenseite wird auf den vorbestimmten Wert eingestellt. Das Verfahren, mit dem das Gas in der Linsentrommel dieses optischen Projektionssystems PL durch das obige nichtaktive Gas ersetzt wird, wird später beschrieben.

[0123] In einer Position etwas unterhalb der Mitte in der vertikalen Richtung der Linsentrommel des optischen Projektionssystems PL ist ein Flansch FLG vorgesehen. Die gesamte Linsentrommel einschließlich des Flansches FLG wird von einer Trennwand aus einem Material bedeckt, das keine große Menge Gas emittiert, wie z.B. Edelstahl (SUS), und diese Trennwand bildet einen Linsenraum **32**, der als zweiten Raum zur Aufnahme des optischen Projektionssystems PL dient. In einem Teil der Decke der den Linsenraum **32** bildenden Trennwand ist eine Öffnung ausgebildet, und die Außenseite der Öffnung ist mit dem Retikelbasisnivellierblock **12** durch ein ausfahrbares balgähnliches Element **34** verbunden, das aus einem fluorhaltigen Gummi besteht, in dem Zustand, in dem die Innenseite gegen die Atmosphäre abgedichtet ist. Außerdem ist in der Bodenwand der den Linsenraum **32** bildenden Trennwand eine Öffnung ausgebildet, die der Pfad für das von dem optischen Projektionssystem PL auf den Wafer W projizierte Belichtungslicht EL ist. Die Außenseite der Öffnung ist mit einer Trennwand verbunden, die einen Waferraum (später beschrieben) durch ein ausfahrbares balgähnliches Element **36** bildet, das aus fluorhaltigem Gummi gebildet ist, in dem Zustand, in dem die Innenseite gegen die Atmosphäre abgedichtet ist.

[0124] Auf einem Waferbasisnivellierblock **38**, der in planarer Ansicht dreieckig ist und als erste Stufenbasis dient, wird die obige Waferstufe WST von einem Wafertreiber **40** (in [Fig. 1](#) nicht zu sehen; siehe [Fig. 8](#)), der aus einem zweidimensionalen Linearaktuator (Planarmotor) Magnetschwebetyps besteht, der beispielsweise im US-Patent Nr. 519,745 usw. offenbart ist, in der X-Y-Ebene frei angetrieben. Die Offenbarung in dem obigen US-Patent ist durch diese Bezugnahme hierin eingeschlossen, solange dies die nationalen Gesetze in den designierten Staaten oder gewählten Staaten zulassen, auf die sich diese internationale Anmeldung bezieht.

[0125] Der Wafer W wird auf dieser Waferstufe WST durch Ansaugen oder durch elektrostatisches Einspannen (beide sind nicht dargestellt) fixiert.

[0126] Eine Trennwand **42**, in der eine Öffnung einer vorbestimmten Form ausgebildet ist, ist am Waferbasisnivellierblock **38** angeordnet, und ein als dritter Raum zur Aufnahme der Waferstufe WST dienender Waferraum **44** wird von der Trennwand **42** und dem Waferbasisnivellierblock **38** gebildet. Die Trennwand **42** besteht aus einem Material, das keine großen Gasmengen emittiert, wie z.B. Edelstahl (SUS). Ferner ist, wie oben beschrieben, das obere Ende der Trennwand **42** mit dem unteren Ende des Linsenraums **32a** durch das ausfahrbare balgähnliche Element **36** in dem Zustand verbunden, in dem die Innenseite gegen die Atmosphäre abgedichtet ist. Der Tragmechanismus usw. des Waferbasisnivellierblocks wird später beschrieben.

[0127] In der vorliegenden Ausgestaltung setzt sich eine Kammer **46**, die die Waferstufe WST, das optische Projektionssystem PL und die Retikelstufe RST gegen die Atmosphäre isoliert, wie folgt zusammen: aus dem Retikelbasisnivellierblock **12** und der Trennwand **18**, die den Retikelraum **18** bilden, aus einer den Linsenraum **32** bildenden Trennwand, aus dem Waferbasisnivellierblock **38** und der Trennwand **42**, die den Waferraum **44** bilden, aus dem balgähnlichen Element **36**, das den Linsenraum **32** und den Retikelraum **18** verbindet, und aus dem balgähnlichen Element **20**, das den Retikelraum **18** und das optische Beleuchtungssystem IOP verbindet (siehe [Fig. 1](#)). Wie die vorliegende Ausgestaltung, so muss im Falle des Verwendens von Licht mit einer Wellenlänge im ultravioletten Bereich als Belichtungslicht das obige Absorptionsgas wie z.B. Sauerstoff aus dem Lichtweg entfernt werden. Daher wird das Innere der Kammer **46**, d.h. der Retikelraum **18**, der Linsen-

raum **32** und der Waferraum **44**, mit einem Niederabsorptionsgas wie z.B. Helium gefüllt, um den Innendruck auf einen vorbestimmten Wert einzustellen.

[0128] Dies wird nachfolgend ausführlicher erläutert. Ein Ende eines ersten Rohres **48** aus einer flexiblen Röhre ist mit der Trennwand **16** des die Kammer **46** bildenden Retikelraums **18** verbunden, das andere Ende des ersten Rohres **48** ist mit der Auslassöffnung einer Heliumgasquelle (nachfolgend „Gasversorgung“ genannt) **54** verbunden, und das eine Ende eines zweiten Rohrs **56** aus einer flexiblen Röhre ist mit der Trennwand des die Kammer **46** bildenden Waferraums **44** verbunden, und das andere Ende des zweiten Rohrs **56** ist mit der Einlassöffnung einer Kanalschaltseinheit **58** verbunden, die das Kanalschaltventil (Dreiwegeventil) umfasst, das ein elektromagnetisches Ventil ist. Die erste Ausflussöffnung dieser Kanalschaltseinheit **58** ist über ein drittes Rohr **60** mit der Rücklauföffnung der Gasversorgung **54** verbunden. Ferner ist die zweite Ausflussöffnung dieser Kanalschaltseinheit **58** über Rohre **62**, **64** mit einer Turbomolekularpumpe **66** und dann einer Trockenpumpe **68** verbunden.

[0129] Die obige Gasversorgung **54** hat einen Heliumgas enthaltenden Gasbehälter, der so rein ist, dass er eine Sauerstoffkonzentration von weniger als einem Prozent enthält. Eine erste und eine zweite Pumpe sind jeweils an der Auslassöffnungsseite (Austrittsseite) und der Rücklauföffnungsseite (Eintrittsseite) des Gasbehälters vorgesehen. Eine Temperatureinstelleinheit (nicht dargestellt) hält das Heliumgas in dem Gasbehälter auf einer vorbestimmten Zieltemperatur. Außerdem sind ein Chemikalienfilter, ein Luftfilter usw. um die Rücklauföffnung herum angeordnet.

[0130] Das Verfahren zum Ersetzen des Gases (Luft) in der Kammer **46** durch Helium wird nachfolgend kurz beschrieben. Man beachte, dass der nachfolgend beschriebene Vorgang durchgeführt wird, während das später beschriebene Hauptsteuergerät **50** (siehe [Fig. 8](#)) den Ausgang usw. eines Drucksensors (nicht dargestellt) überwacht.

[0131] Zunächst wird das Kanalschaltventil innerhalb der Kanalschaltseinheit **58** auf die Seite der Turbomolekularpumpe **66** geschaltet, und dann wird die Trockenpumpe **68** zum Absaugen des Inneren der Kammer **46** eingeschaltet. Als Nächstes wird, wenn sich das Innere der Kammer in einem vorbestimmten ersten Vakuumzustand befindet, die Turbomolekularpumpe **66** eingeschaltet und gleichzeitig wird die Trockenpumpe **68** abgeschaltet, um das Innere der Kammer **46** weiter zu evakuieren. Wenn sich das Innere der Kammer **46** in einem vorbestimmten zweiten Vakuumzustand von beispielsweise weniger als 0,1 hPa befindet, dann wird das Kanalschaltventil in der Kanalschaltseinheit **58** auf die Seite der Gasversorgung **54** geschaltet und gleichzeitig wird die Turbomolekularpumpe **66** abgeschaltet. Durch das obige Senken des Drucks wird das Absorptionsgas wie Sauerstoff aus dem Innern der Kammer **46** entfernt.

[0132] Als Nächstes wird ein Ladeventil (nicht dargestellt) in der Gasversorgung geöffnet und gleichzeitig wird die erste Pumpe eingeschaltet, um die Zufuhr von Heliumgas von der Gasversorgung **54** in die Kammer **46** zu starten. Wenn dann der Druck in der Kammer **46** den vorbestimmten Wert nach einer vorbestimmten Zeit seit Zufuhrbeginn erreicht hat, wird das Ladeventil geschlossen und gleichzeitig wird das erste Ventil abgeschaltet.

[0133] Auf diese Weise erfolgt das Austauschen von Gasen innerhalb der Kammer **46** und das Innere der Kammer **46**, spezieller der Retikelraum **18**, der Linsenraum **32**, der Waferraum **44** und das Innere der Linsentrommel des optischen Projektionssystems PL wird mit Helium gefüllt.

[0134] Man beachte, dass in der vorliegenden Ausgestaltung, wie aus [Fig. 1](#) offensichtlich wird, das Heliumgasversorgungssystem ein Umwälzsystem mit dem Umwälzpfad für Heliumgas ist, und dies ist wirtschaftlich. In diesem Fall besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass Heliumgas, das zur Rücklauföffnung der Gasversorgung **54** zurückkehrt, Partikel oder Chemikalienverunreinigungen enthält, aber wie oben beschrieben, werden diese vom Chemikalienfilter, dem Luftfilter usw., die um die Rücklauföffnung herum angeordnet sind, entfernt, und äußerst reines Heliumgas, das chemisch rein und fast ohne Partikel ist, kehrt ins Innere des Gasbehälters zurück.

[0135] Die Position der Waferstufe WST in der X-Y-Ebene (X-Position, Y-Position und θ -Rotation) wird mit einer vorbestimmten Auflösung von beispielsweise etwa 0,5 bis 1 nm über einen an der Waferstufe WST befestigten beweglichen Spiegel 22W vom Waferlaserinterferometer **24W** gemessen, das von einem Tragelement **70** unterhalb der Linsentrommel des optischen Projektionssystems PL herabhängend getragen wird.

[0136] Übrigens kann eine Reflexionsfläche auf einem vorbestimmten Teil der Oberseite des Waferbasisnivellierblocks **38** mittels eines Spiegelprozesses ausgebildet werden, und ein Waferbasisinterferometer zum

Messen der Z-Position der Reflexionsfläche kann an der Unterseite des Waferlaserinterferometers **24W** befestigt werden.

[0137] In diesem Fall sind in der Praxis an der Waferstufe WST ein in X-Richtung beweglicher Spiegel mit einer Reflexionsfläche lotrecht zur X-Achse und ein in Y-Richtung beweglicher Spiegel mit einer Reflexionsfläche lotrecht zur Y-Achse angeordnet, und es sind zwei Waferinterferometer **24Wy₁**, **24Wy₂** zum Messen der Position in der Y-Richtung und ein Interferometer **24Wx** zum Messen der Position in der X-Richtung angeordnet (siehe [Fig. 8](#)). Die Messwerte des Waferlaserinterferometers **24W**, d.h. die Interferometer **24Wy₁**, **24Wy₂**, **24Wx**, werden dem Stufensteuergerät **52** und dann dem Hauptsteuergerät **50** zugeführt (siehe [Fig. 8](#)). Im Stufensteuergerät **52** wird anhand des Durchschnitts der Messwerte der Interferometer **24Wy₁**, **24Wy₂** die Y-Position der Waferstufe WST berechnet; anhand der Differenz dieser Messwerte und der Abstände zwischen den Achsen der Interferometer wird die θ_z -Rotation berechnet; und anhand des Durchschnitts der Messwerte der Interferometer **24Wx** wird die X-Position der Waferstufe WST berechnet. Das Stufensteuergerät **52** meldet diese Berechnungsergebnisse in Echtzeit dem Hauptsteuergerät **50**.

[0138] Inzwischen wird die Position des Wafers in Z-Richtung in Bezug auf das optische Projektionssystem als Referenz durch einen Fokussensor **73** gemessen, der an der Linsentrommel des optischen Projektionssystems PL befestigt ist und mit einem Schrägeinfalllichtverfahren arbeitet. Dieser Fokussensor **73** setzt sich, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, aus einem Sendelichtsystem **73a**, das an der Peripherie der Linsentrommel des optischen Projektionssystems befestigt ist und die Oberfläche des Wafers W mit einem Detektionsstrahl in einer schrägen Richtung beleuchtet, und einem Empfangslichtsystem **73b** zusammen, das an der Peripherie der Linsentrommel des optischen Projektionssystems befestigt ist und den von der Oberfläche des Wafers W reflektierten Detektionsstrahl empfängt. In diesem Fall sind das Sendelichtsystem **73a** und das Empfangslichtsystem **73b** beide so angeordnet, dass sie einen Winkel von 45 Grad in Bezug auf die X-Achse und die Y-Achse bilden. Als dieser Fokussensor wird ein Mehrfokus-Positionsdetektionssystem eingesetzt, das beispielsweise im japanischen offengelegten Patent Nr. 6-283403 und dem diesem entsprechenden US-Patent Nr. 5,448,332 offenbart ist. Die Offenbarungen in den obigen japanischen offengelegten Patenten und dem US-Patent sind hierin durch diese Bezugnahme eingeschlossen, solange dies durch die nationalen Gesetze in den designierten Staaten oder gewählten Staaten zulässig ist, auf die sich diese internationale Anwendung bezieht. Man beachte, dass dieser Fokussensor **73** (**73a**, **73b**) integral an dem optischen Projektionssystem PL montiert ist.

[0139] Der Ausgang dieses Fokussensors **73** wird zum Stufensteuergerät **52** geleitet, das die relative Position in den Richtungen Z, θ_x und θ_y des Wafers W mit Bezug auf das optische Projektionssystem berechnet, spezifischer die z-Position (die Menge an Defokussierung) und die θ_x -Rotation (die Menge an Längsneigung) und die θ_y -Rotation (die Menge an Rollen) eines Ziels im Belichtungsbereich der Waferoberfläche auf der Basis des Ausgangs dieses Fokussensors **73**. Diese Berechnungsergebnisse, die Fokussnivellierungsmessergebnisse des Ziels im Belichtungsbereich von Wafer W sind, werden dem Hauptsteuergerät **50** in Echtzeit vom Stufensteuergerät **52** gemeldet.

[0140] Als Nächstes werden die jeweiligen Tragmechanismen des obigen Retikelbasisnivellierblocks **12**, des optischen Projektionssystems PL und des Waferbasisnivellierblocks **38** im Folgenden beschrieben. Als dieser Tragmechanismus wird in der vorliegenden Ausgestaltung ein Parallelverbindungsmechanismus **74** eingesetzt. [Fig. 2](#) ist eine Planaransicht, die einige der Elemente zeigt, die den Parallelverbindungsmechanismus **74** bilden. Übrigens ist [Fig. 1](#) eine Querschnittsansicht entlang Linie A-A in [Fig. 2](#).

[0141] Der Parallelverbindungsmechanismus **74** umfasst einen ersten Mechanismus, der die Position und Lage des Waferbasisnivellierblocks **38** in drei Freiheitsgraden Z, θ_x , θ_y steuert, einen zweiten Mechanismus, der die Position und Lage des Retikelbasisnivellierblocks **12** in drei Freiheitsgraden Z, θ_x , θ_y steuert, und einen dritten Mechanismus, der die Position und Lage des optischen Projektionssystems PL in drei Freiheitsgraden Z, θ_x , θ_y steuert.

[0142] Von diesen Mechanismen hat der erste Mechanismus drei erste Basiselemente **76₁**, **76₂**, **76₃** (siehe [Fig. 2](#)), die um jeweilige Scheitelpunkte eines gleichseitigen Dreiecks herum platziert sind, und drei ausfahrbare erste Stangen **78₁**, **78₂**, **78₃**, die jeweils die ersten Basiselemente **76₁**, **76₂**, **76₃** mit dem Waferbasisnivellierblock **38** verbinden.

[0143] Diese ersten Stangen **78₁**, **78₂**, **78₃** haben jeweils, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, ein erstes Achsenelement **79** und ein zweites Achsenelement **80**, die sich entlang ihrer Achsenrichtung relativ bewegen können, und das eine (untere) Ende des ersten Achsenelementes **79** ist an dem entsprechenden ersten Basiselement **76** so montiert, dass es um eine aus einem Bolzen oder Pin bestehende Lagerspindel **81** herum rotieren kann, und

das andere (obere) Ende des zweiten Achsenelementes **80** wird dann so an dem Waferbasisnivellierblock **38** montiert, dass es ebenso wie oben rotieren kann.

[0144] **Fig. 3** zeigt den Querschnitt (teilweise weggelassen) der ersten Stange **78₁**. Wie in **Fig. 3** gezeigt, befindet sich in dem ersten Achsenelement **79** ein Hohlraum **82**, der wie ein Zylinder mit Stufen ausgebildet ist, und in einem Ende (linke Seite in **Fig. 1**) des Inneren dieses Hohlraums **82** befindet sich ein balgartiger Luftzylinder **84**. Mit diesem Luftzylinder **84** ist ein Ende eines Rohres **86** verbunden, das ein Teil eines Luftdruckkreises (nicht dargestellt) ist, und das andere Ende eines Rohrs **86** ist mit einer Luftdruckquelle verbunden. Durch Regeln des Luftdrucks der von der Luftdruckquelle über den Luftdruckkreis zugeführten Druckluft wird der Innendruck des Luftzylinders **84** geregelt. Dadurch wird ein Kolben **84A** entlang der Achsenrichtung vor und zurück bewegt. Im Luftzylinder **84** von **Fig. 3** nutzt der Rückführungsprozess die Schwerkraft, die auf den Kolben **84A** wirkt, in dem im Parallelverbindungsmechanismus **84** eingebetteten Zustand.

[0145] Ferner ist am anderen Ende im Innern des Hohlraums **82** des ersten Achsenelementes **79** eine Ankereinheit **88** bestehend aus dem Ständer in einem Wellenmotor **92** angeordnet, der eine Art von EMK-Linear-motor ist und eine Mehrzahl von in Achsenrichtung angeordneten Ankerspulen aufweist. Als Wellenmotor **92** wird ein Drehstrommotor verwendet. Daher wird die Ankereinheit **88** von einer Mehrzahl von Spuleneinheiten gebildet, die in Reihe geschaltet sind, wobei jeweils drei Spulen in Reihe geschaltet sind, jeweils eine für eine Phase und jede mit einer Länge von Spule zu Achse von $L/3$, einem Drittel einer Teilung L (später beschrieben).

[0146] Das zweite Achsenelement **80** hat ein röhrenähnliches Läuferjoch **80a**, das aus Magnetelementen besteht, und ein Montageelement **80b** am anderen Ende (rechtes Ende in **Fig. 3**) in der Achsenrichtung (Längsrichtung) dieses Läuferjochs **80a**. Auf der Peripherie des Läuferjochs **80a** ist ein hohler, säulenförmiger, d.h. zylindrischer Magnetkörper **89** aus einer Mehrzahl von Dauermagneten, alle von derselben Größe, angeordnet. In diesem Fall besteht eine hohle, säulenartige Magnetpoleinheit **90** als Läufer des Wellenmotors **92** aus dem Läuferjoch **80a** und dem Magnetkörper **89**. Der Magnetkörper **89** umfasst eine Mehrzahl von ersten Magneten, die in einer vorbestimmten Distanz entlang der Achsenrichtung angeordnet sind und jeweils ein in Achsenrichtung magnetisierter, zylindrischer Dauermagnet sind, und eine Mehrzahl von zweiten Magneten, die jeweils zwischen den benachbarten beiden ersten Magneten angeordnet sind und ein in Radiusrichtung magnetisierter Dauermagnet sind. Zwei Pole von zueinander benachbarten zwei ersten Magneten, die einander gegenüberliegen, haben dieselbe Polarität zueinander. Ebenso sind zweite Magnete so angeordnet, dass ihre Magnetisierungsrichtungen abwechselnd entgegengesetzt sind und ihre Pole dieselbe Polarität haben, da die Pole ihrer benachbarten ersten Magnete auswärts zeigen.

[0147] Daher wird im Nachbar des Ständers ein Öffnungsmagnetkreis (oder Schließmagnetkreis) mit einer Teilung (L) von $2L1$ omnidirektional (radial) ausgebildet, da die Länge des ersten Magnets und des zweiten Magnets durch $L1$ repräsentiert wird.

[0148] In dem auf diese Weise aufgebauten Wellenmotor **92** wird, wenn ein sinuswellenförmiger Antriebsstrom mit einer vorbestimmten Periode und Amplitude zu jeder Spule der Ankereinheit **88** als Ständer zugeführt wird, das zweite Achsenelement **80** in Achsenrichtung in Bezug auf das erste Achsenelement **79** durch Lorentz-Kraft (Schub) relativ angetrieben, eine Art von elektromagnetischer Reaktion zwischen der Magnetpoleinheit **90** und der Ankereinheit **88**.

[0149] Das heißt, in der vorliegenden Ausgestaltung treiben der obige Luftzylinder **84** und der Wellenmotor **92** relativ das erste Achsenelement **79** und das zweite Achsenelement **80** in der Achsenrichtung an und bilden einen ersten Ausfahrmechanismus **94₁**, der die erste Stange **78₁** ausfährt.

[0150] Ferner ist auf der Innenfläche des ersten Achsenelementes **79**, das die erste Stange **78₁** bildet, eine Mehrzahl von Luftkissen (statische Luftdrucklagereinheit) **96** angeordnet, die als statische Gasdrucklagereinheiten dienen. Die statische Gasdrucklagereinheit ist eine Lagereinheit, die die als Läufer des obigen Wellenmotors **92** dienende Magnetpoleinheit **90** auf kontaktlose Weise in Bezug auf die Ankereinheit **88** als Ständer lagert. Jedes Luftkissen **96** hat einen Luftdruckkreis (nicht dargestellt), der über einen Luftzuführungsweg **98** und ein damit verbundenes Luftzuführungsrohr **99** mit einer Luftdruckquelle (nicht dargestellt) verbunden ist. Und über den Luftdruckkreis wird der Druck einer von der Luftdruckquelle zugeführten Druckluft reguliert, und die Druckluft wird mit einem vorbestimmten Druck von jedem Luftkissen **96** in Richtung auf die Peripherie der Magnetpoleinheit **90** ausgeblasen. Dann wird die Magnetpoleinheit **90** durch den statischen Druck der Druckluft, den so genannten Spaltinnendruck, auf kontaktlose Weise in Bezug auf die Ankereinheit **88** gelagert.

[0151] So wird Reibung, die eine nichtlineare Komponente ist, beim Steuern des Aus-/Einfahrens der ersten Stange 78₁, wo sich das Luftkissen 96 befindet, durch den ersten Ausfahrmechanismus 94₁ vermieden.

[0152] Ferner ist im Nachbar dieses Luftkissens 96 ein Differentialablassmechanismus (Vakuumblassmechanismus) 400 angeordnet, der mit einer Vakuumpumpe (nicht dargestellt) verbunden ist. Dieser Differentialablassmechanismus 400 verhindert, dass ein aus dem Luftkissen 96 ausgeblasenes Gas die Gasreinheit der Atmosphäre in der Belichtungsvorrichtung (z.B. Heliumgasatmosphäre) beeinträchtigt, indem die Luft von dem Luftkissen 96 differential abgelassen wird.

[0153] Übrigens fungiert der obige Wellenmotor 92 auch als eine Art Magnetlager durch Steuern der Phase des Antriebsstroms. Das obige Luftkissen 96 jedoch ist unter Berücksichtigung des Effekts der auf das zweite Achsenelement 80 ausgeübten Schwerkraft angeordnet. Daher kann anstatt des obigen Luftkissens eine Magnetlagereinheit als Lagereinheit verwendet werden.

[0154] Man beachte, dass, obwohl in [Fig. 3](#) nicht gezeigt, ein Linearcodierer 95₁ vorgesehen ist, der mit einem Hall-Bauelement arbeitet, um die Menge an Bewegung der Magneteinheit 90 in Bezug auf die Ankereinheit 88 zu erfassen, und damit der Ausgang des Linearcodierers zum Hauptsteuergerät 50 gesendet wird (siehe [Fig. 8](#)).

[0155] Die übrigen ersten Stangen 78₂, 78₃ werden ebenso gebildet wie die erste Stange 78₁ und haben erste Ausfahrmechanismen 94₂, 94₃ und Linearcodierer 95₂, 95₃, die jeweils die gleichen sind, wie die der ersten Stange 78₁ (siehe [Fig. 8](#)).

[0156] Darüber hinaus umfasst der zweite Mechanismus ein zweites Basiselement 102, das auf der Bodenfläche FD eines Reinraums vorgesehen ist, sowie drei ausfahrbare zweite Stangen 104₁, 104₂, 104₃, die jeweils das zweite Basiselement 102 mit dem Retikelbasisnivellierblock 12 verbinden. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, umfasst das zweite Basiselement 102 eine Basis 102a und drei verlängerte Abschnitte 102b, die von den drei Positionen der Basis 102a aufwärts verlaufen und dieselbe Höhe haben.

[0157] Die zweiten Stangen 104₁, 104₂, 104₃ haben jeweils ein erstes Achsenelement 106 und ein zweites Achsenelement 108, die entlang ihrer Achse relativ beweglich sind, und ein (unteres) Ende des ersten Achsenelementes 106 ist an einer Position in einer vorbestimmten Höhe in der Nähe des oberen Endes der entsprechenden verlängerten Abschnitte 102b so montiert, dass eine Rotation um eine Lagerachse 110, die ein Bolzen oder ein Pin ist, als Mittelpunkt ermöglicht wird. Und ebenso ist ein (oberes) Ende des zweiten Achsenelementes (108) drehbar am Retikelbasisnivellierblock 12 montiert. Diese drei zweiten Stangen 104₁, 104₂, 104₃ sind so angeordnet, dass sie in der Planaransicht von [Fig. 2](#) jeweils den ersten Stangen 78₁, 78₂, 78₃ gegenüber liegen.

[0158] Ferner umfassen die zweiten Stangen 104₁, 104₂, 104₃ jeweils zweite Ausfahrmechanismen 112₁, 112₂, 112₃, die ebenso zusammengesetzt sind wie die ersten Ausfahrmechanismen 94₁ der ersten Stange 78₁ und die Linearcodierer 95₄, 95₅, 95₆ (siehe [Fig. 8](#)). Ebenso sind in den zweiten Stangen 104₁, 104₂, 104₃ Luftkissen auf dieselben Weise und für denselben Zweck wie die erste Stange angeordnet.

[0159] Der dritte Mechanismus umfasst drei dritte Basiselemente 114₁, 114₂, 114₃ (siehe [Fig. 2](#)), die jeweils auswärts neben den drei ersten Basiselementen 76₁, 76₂, 76₃ auf der Bodenfläche FD eines Reinraums angeordnet sind, und drei ausfahrbare dritte Stangen 118₁, 118₂, 118₃, die jeweils drei dritte Basiselemente 114₁, 114₂, 114₃ mit einer Montagesstufe 116 an der Außenseite der das optische Projektionssystem PL enthaltenden Trennwand verbinden.

[0160] Die jeweiligen dritten Stangen 118₁, 118₂, 118₃ haben ein erstes Achsenelement 120 und ein zweites Achsenelement 122, die entlang ihrer Achse relativ beweglich sind, und ein (unteres) Ende des ersten Achsenelementes 120 ist an dem entsprechenden dritten Basiselement 114 so montiert, dass es um eine Lagerachse 124, die ein Bolzen oder ein Pin ist, als Mittelpunkt rotieren kann. Ebenso ist ein (oberes) Ende des zweiten Achsenelementes 122 drehbar an der Montagesstufe 116 montiert.

[0161] Die dritten Stangen 118₁, 118₂, 118₃ umfassen jeweils dritte Ausfahrmechanismen 126₁, 126₂, 126₃, die ebenso aufgebaut sind wie die ersten Ausfahrmechanismen 94₁ der ersten Stange 78₁, und Linearcodierer 95₇, 95₈, 95₉ (siehe [Fig. 8](#)). Ebenso sind in den dritten Stangen 118₁, 118₂, 118₃ Luftkissen auf dieselbe Weise angeordnet wie in der ersten Stange.

[0162] Ausfahrmechanismen der Stangen **94₁** bis **94₃**, **112₁** bis **112₃**, **126₁** bis **126₃**, die den Parallelverbindungsmechanismus in der oben beschriebenen Weise bilden, werden vom Hauptsteuergerät **50** über das Stufensteuergerät **52** gesteuert (siehe [Fig. 8](#)).

[0163] In der vorliegenden Ausgestaltung wird der obige dritte Mechanismus, der den Parallelverbindungsmechanismus **74** bildet, beispielsweise verwendet, um zunächst die Position und Lage des optischen Projektionssystems beim Starten der Belichtungsvorrichtung **10** nach der Montage in einem Werk einzustellen. Das heißt, ein Bediener gibt notwendige Informationen für die Anfangseinstellung über eine Ein-/Ausgabeeinheit ein, und das Hauptsteuergerät **50** steuert die dritten Ausfahrmechanismen **126₁**, **126₂**, **126₃** über das Stufensteuergerät **52** auf der Basis der Eingabeinformationen. Dann werden die dritten Stangen **118₁**, **118₂**, **118₃** ausgefahren und das optische Projektionssystem PL wird in eine vorbestimmte Position und Lage eingestellt. Nach Abschluss der Anfangseinstellung werden die dritten Stangen **118₁**, **118₂**, **118₃** im Nachjustagezustand gelassen.

[0164] Man beachte, dass die obige Anfangseinstellung, da die Möglichkeit besteht, dass sich die Z-Position und -Lage des optischen Projektionssystems PL aufgrund von geringfügigen Verformungen der Reinraumbodenfläche im Laufe der Zeit ändert, nach einem vorbestimmten Zeitintervall wiederholt oder nach Bedarf durchgeführt werden kann.

[0165] Als Nächstes wird im Folgenden das Prinzip des Steuerns der Position und Lage in drei Freiheitsgraden, d.h. θ_x , θ_y , Z, eines Körpers (gesteuertes Objekt) beschrieben, der mit einem Antriebssystem mit drei derselben Stangen als obigen ersten, zweiten und dritten Mechanismus angetrieben werden soll.

[0166] Als ein solches Antriebssystem betrachte man, wie schematisch in [Fig. 4](#) dargestellt, eines mit einem stationären Element T, einem angetriebenen Körper S und ausfahrbaren Stangen RD_i ($i = \text{eins bis drei}$), die jeweils ein Ständerseitenelement $RM1$ und ein Läuferseitenelement $RM2$ aufweisen und drei Punkte A_i ($i = \text{eins bis drei}$) des stationären Elementes T und drei Punkte B_i ($i = \text{eins bis drei}$) des angetriebenen Körpers S verbinden. Man beachte, dass in der durch drei Punkte A_i ($i = \text{eins bis drei}$) definierten Ebene diese Punkte an Scheitelpunkten eines gleichseitigen Dreiecks platziert werden und dass durch Einstellen des Mittelpunkts des gleichseitigen Dreiecks als Nullpunkt O ein stationäres Koordinatensystem XYZ so definiert ist, dass die Ebene mit dem gleichseitigen Dreieck seine X-Y-Ebene ist. Ferner werden in der durch drei Punkte B_i ($i = \text{eins bis drei}$) definierten Ebene diese Punkte an Scheitelpunkten eines gleichseitigen Dreiecks platziert, und indem der Mittelpunkt des gleichseitigen Dreiecks so eingestellt wird, dass er ein Nullpunkt P ist, wird ein Antriebskörper-Koordinatensystem UVW so definiert, dass die Ebene mit dem gleichseitigen Dreieck seine U-V-Ebene ist. Übrigens wird in jeder der Stangen das Aus-/Einfahren der Stange RD_i durch die Bewegung des Läuferseitenelements $RM2$ der Stange RD_i entlang der Linie zwischen A_i und B_i bewirkt.

[0167] In der vorliegenden Ausgestaltung steuert ein in [Fig. 5](#), einem Blockdiagramm, gezeigtes Steuersystem die Position und Lage in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, in der nachfolgend beschriebenen Weise.

[0168] Zunächst werden Anfangswerte eines Position/Lage-Einstellteils **306** und eines Geschwindigkeitseinstellteils **304** auf Ist-Werte von Position und Lage (θ_x , θ_y , Z) in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z eingestellt, und die Geschwindigkeiten ($d\theta_x/dt$, $d\theta_y/dt$, dZ/dt) eines angetriebenen Körpers S sowie Anfangswerte eines Beschleunigungseinstellteils **302** werden auf Beschleunigungswerte ($d^2\theta_x/dt^2$, $d^2\theta_y/dt^2$, d^2Z/dt^2) zum Steuern einer gewünschten Position/Lage eingestellt. Danach wird bis zu einer neuen Anfangseinstellung nur der Beschleunigungseinstellteil **302** von Zeit zu Zeit aktualisiert.

[0169] Unterdessen werden im Geschwindigkeitseinstellteil **304** die Einstellwerte jeweils auf die Summe ihres Anfangswerts und die Integration von Beschleunigungswerten vom Beschleunigungseinstellteil **302** eingestellt, und im Position/Lage-Einstellteil **306** werden die Einstellwerte jeweils auf die Summe ihres Anfangswerts und die Integration von Geschwindigkeitswerten vom Geschwindigkeitseinstellteil **304** eingestellt.

[0170] Jedes Mal analysiert ein Umkehrdynamikanalyseteil **308** die Beschleunigungseinstellwerte des Beschleunigungseinstellteils **302**, die Geschwindigkeitseinstellwerte des Geschwindigkeitseinstellteils **304** und die Position/Lage-Einstellwerte des Position/Lage-Einstellteils **306**, die auf diese Weise eingestellt und darin eingegeben werden, und auf der Basis der Ergebnisse dieser Analyse bestimmt der Umkehrdynamikanalyseteil **308** Befehlswerte von Schüben für die jeweiligen Stangen RD_i .

[0171] Der Umkehrdynamikanalyseteil **308** führt kinematische Analysen in Bezug auf Position/Lage, Ge-

schwindigkeit und Beschleunigung durch. Diese werden nachfolgend nacheinander beschrieben.

[0172] In der folgenden Beschreibung wird der Einfachheit halber jeder Vektor durch einen Expressionsvektor XX in Sätzen repräsentiert, und ein Vektorsymbol „-“ wird in mathematischen Ausdrücken an XX angehängt.

<Analyse von Position/Lage>

[0173] Bei der Analyse von Position/Lage werden Länge und Aus-/Einfahrriechung jeder Stange RD_i auf der Basis der Position/Lage-Einstellwerte (θ_x, θ_y, Z) erhalten.

[0174] Daher wird zunächst anhand der jeweiligen Positionsvektoren Bb_i (bekannte Konstantenvektoren) der Punkte B_i ($i = \text{eins bis drei}$) im UVW-Koordinatensystem ein Vektor b_i im XYZ-Koordinatensystem mit der folgenden Gleichung (3) berechnet:

$$b_i = ARB \cdot Bb_i \quad (3)$$

[0175] Man beachte, dass ARB eine Rotationstransformationsmatrix vom UVW-Koordinatensystem ins XYZ-Koordinatensystem ist und von den Lageeinstellwerten θ_x, θ_y und bekannten θ_z -Koordinaten (Konstante; z.B. null) im Position/Lage-Einstellteil **306** ermittelt wird. Eine solche Rotationstransformationsmatrix ist allgemein bekannt und kann leicht berechnet werden. Übrigens können anstatt der Position/Lage-Einstellwerte θ_x, θ_y, Z Eulersche Winkel verwendet werden, und in einem solchen Fall wird der später beschriebene Ausdruck für Bewegungsgleichungen einfach.

[0176] Dann wird unter Verwendung eines von Gleichung (3) erhaltenen Vektors b_i ein Vektor r_i von A_i bis B_i mit der folgenden Gleichung (4) berechnet:

$$r_i = p + b_i - a_i \quad (4)$$

[0177] Man beachte, dass der Vektor p gemäß **Fig. 4** ein Vektor vom Nullpunkt O des XYZ-Koordinatensystems zum Nullpunkt P des UVW-Koordinatensystems ist, dass in der XYZ-Koordinate die Z-Komponente des Vektors p anhand eines Positionseinstellwertes Z im Position/Lage-Einstellteil **306** ermittelt wird, und dass seine X-Komponente und Y-Komponente bekannt sind (Konstante; z.B. beide null, wenn Punkt p gerade auf Punkt O ist). Ebenso ist ein Vektor a_i der Positionsvektor des Punkts A_i im XYZ-Koordinatensystem und ein bekannter Konstantenvektor.

[0178] Als Nächstes werden mit den folgenden Gleichungen (5) und (6) die Länge D_i jeder Stange RD_i und ein Einheitsvektor s_i in der Aus-/Einfahrriechung jeder Stange RD_i im XYZ-Koordinatensystem erhalten:

$$D_i = \left| \overline{r_i} \right| \quad \dots (5)$$

$$\overline{s_i} = \overline{r_i} / D_i \quad \dots (6)$$

[0179] Übrigens ermittelt der Umkehrdynamikanalyseteil **308** schließlich den Schub in der Aus-/Einfahrriechung jeder Stange RD_i , und da die Rotation der Stange RD_i durch das Aus-/Einfahren der Stange RD_i erzeugt wird, ist es praktisch, für jede Stange RD_i ein Stangenkoordinatensystem zu verwenden, bei dem die Aus-/Einfahrriechung der Stange RD_i ihre eine Achse ist, um die Rotation der Stange RD_i leicht auszudrücken. Daher werden in der vorliegenden Ausgestaltung, die ein $X_i Y_i Z_i$ Koordinatensystem gemäß **Fig. 6** hat, das das Stangenkoordinatensystem für jede Stange RD_i repräsentiert, die folgenden Definitionen vorgenommen.

[0180] Das heißt, es werden Definitionen aufgestellt, dass ein $X_i' Y_i' Z_i'$ -Koordinatensystem ein Koordinatensystem ist, dessen Achsen jeweils parallel zu denen des XYZ -Koordinatensystems sind und sein Nullpunkt ein Punkt A_i ist, dass die Z_i' -Richtung und die Aus-/Einfahrriechung der Stange RD_i einen Winkel Ψ_i bilden, und dass die X_i' -Achse und eine Schnittlinie zwischen der $X_i' Y_i'$ -Ebene und einer Ebene, die von der Z_i' -Achse und der Aus-/Einfahrriechungsachse der Stange RD_i gebildet wird, einen Winkel ϕ_i bilden. Ferner werden Definitionen aufgestellt, dass ein $X_i'' Y_i'' Z_i''$ -Koordinatensystem ein Koordinatensystem ist, das erhalten wird, wenn man das $X_i' Y_i' Z_i'$ -Koordinatensystem um die Z_i' -Achse durch den Winkel ϕ_i dreht, und dass ein $X_i Y_i Z_i$ -Koordinatensystem, das durch Rotieren des $X_i'' Y_i'' Z_i''$ -Koordinatensystems um die Y_i'' Achse durch den Winkel Ψ_i erhalten wird, ein individuelles Stangenkoordinatensystem für die Stange RD_i ist.

[0181] Zwischen den Winkeln Ψ_i, ϕ_i und den Komponenten (s_{ix}, s_{iy}, s_{iz}) des Einheitsvektors s_i im XYZ-Koordi-

natensystem existieren die folgenden Gleichungen:

$$\cos \varphi_i = s_{iz} \quad (7)$$

$$\sin \varphi_i = (s_{ix}^2 + s_{iy}^2)^{1/2} \quad (8)$$

$$\sin \phi_i = s_{iy} / \sin \varphi_i \quad (9)$$

$$\cos \phi_i = s_{ix} / \sin \varphi_i \quad (10)$$

[0182] Ferner wird eine Rotationstransformationsmatrix AR_i vom $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem in das XYZ-Koordinatensystem wie folgt ausgedrückt:

$$AR_i = \begin{pmatrix} \cos \phi_i \cdot \cos \psi_i - \sin \phi_i \cos \phi_i \cdot \sin \psi_i \\ \sin \phi_i \cdot \cos \psi_i - \cos \phi_i \sin \phi_i \cdot \sin \psi_i \\ -\sin \phi_i \cos \psi_i \end{pmatrix} \quad \dots (11)$$

[0183] Übrigens ist die Rotationstransformationsmatrix AR_i eine Hermitesche Matrix, und die Rotationstransformationsmatrix ${}_iRA$ vom XYZ-Koordinatensystem in das $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem, die die Umkehrtransformation der Rotationstransformation durch die Rotationstransformationsmatrix AR_i ist, ist eine transponierte Matrix.

<Analyse von Geschwindigkeiten>

[0184] Bei der Analyse von Geschwindigkeiten auf der Basis der obigen Analyseergebnisse der Position und Lage und der Geschwindigkeitseinstellwerte werden die Geschwindigkeitsvektoren im Angetriebener-Körper-Verbindungspunkt B_i jeder Stange RD_i , im XYZ-Koordinatensystem und im $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem betrachtet, und der Winkelgeschwindigkeitsvektor jeder Stange RD_i , im $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem betrachtet, erhalten.

[0185] Zunächst wird der Geschwindigkeitsvektor ${}_{i}v_{B_i}$ im Punkt B_i , im XYZ-Koordinatensystem betrachtet, erhalten durch:

$${}_{i}v_{B_i} = v_p + \omega_p \times b_i \quad (12)$$

[0186] Man beachte, dass der Vektor V_p der Geschwindigkeitsvektor des Schwerpunkts des angetriebenen Körpers S im XYZ-Koordinatensystem ist, dass die X-Komponente und die Y-Komponente des Vektors V_p beide null sind, weil sich der angetriebene Körper S in der X-Richtung und der Y-Richtung nicht bewegt, und seine Z-Komponente der Geschwindigkeitseinstellwert dZ/dt im Geschwindigkeitseinstellteil **304** ist. Ebenso repräsentiert ω_p den Winkelgeschwindigkeitsvektor des angetriebenen Körpers S im XYZ-Koordinatensystem, und seine X-Komponente und Y-Komponente repräsentieren jeweils Winkelgeschwindigkeitseinstellwerte $d\theta_x/dt$, $d\theta_y/dt$ im Geschwindigkeitseinstellteil **304**. Ebenso ist seine Z-Komponente null, weil der angetriebene Körper S nicht um die Z-Achse rotiert. In Gleichung (12) und den nachfolgenden Gleichungen repräsentiert „ \times “ eine äußere Produktoperation und „ \cdot “ eine innere Produktoperation.

[0187] Als Nächstes wird ein Geschwindigkeitsvektor ${}_{i}v_{B_i}$ des Punktes B_i , im $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem betrachtet, erhalten durch:

$$\overline{{}_i v_{B_i}} = {}_i RA \cdot \overline{v_{B_i}} \quad \dots (13)$$

[0188] Man beachte, dass die Z_i -Komponente von Vektor ${}_{i}v_{B_i}$ die Aus-/Einfahrtgeschwindigkeit VR_i der Stange RD_i repräsentiert.

[0189] Als Nächstes wird mit der folgenden Gleichung (14) der obige Einheitsvektor s_i in einen Vektor ${}_i s_i$ transformiert, d.h. seinen Ausdruck im $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem:

$$\overline{{}_i s_i} = {}_i RA \cdot \overline{s_i} \quad \dots (14)$$

[0190] Und ein Winkelgeschwindigkeitsvektor ${}_{i}\omega_i$ der Stange RD_i , im $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem betrachtet, wird erhalten durch:

$$\overline{{}_i\omega_i} = (\overline{{}_i s_i x_i} \overline{{}_i v b_i}) / D_i \quad \dots (15)$$

<Beschleunigungsanalyse>

[0191] Bei der Analyse von Beschleunigung auf der Basis der obigen Analyseergebnisse der Position/Lage und der Geschwindigkeit und den Beschleunigungseinstellwerten werden die Beschleunigungsvektoren und Winkelbeschleunigungsvektoren in dem Antriebenener-Körper-Verbindungspunkt B_i jeder Stange RD_i erhalten.

[0192] Als Nächstes wird der Beschleunigungsvektor in Punkt B_i, im XYZ-Koordinatensystem betrachtet, erhalten durch:

$$\overline{{}_i a b_i} = \overline{\alpha_p} + \overline{\beta_p} \overline{{}_i x b_i} + \overline{\omega_p} \overline{{}_i x (\overline{\omega_p} \overline{{}_i x b_i})} \quad \dots (16)$$

[0193] Man beachte, dass der Vektor α_p der Beschleunigungsvektor des Schwerpunkts des angetriebenen Körpers S im XYZ-Koordinatensystem ist, dass die X-Komponente und die Y-Komponente des Vektors α_p beide null sind, weil der angetriebene Körper S nicht in der X-Richtung und Y-Richtung angetrieben wird, und dass seine Z-Komponente der Beschleunigungseinstellwert d²Z/dt² im Beschleunigungseinstellteil 302 ist. Ebenso repräsentiert β_p den Winkelgeschwindigkeitsvektor des angetriebenen Körpers S im XYZ-Koordinatensystem, und seine X-Komponente und Y-Komponente repräsentieren jeweils Winkelbeschleunigungseinstellwerte d²θ_x/dt², d²θ_y/dt² im Beschleunigungseinstellteil 302. Ebenso ist seine Z-Komponente null, weil der angetriebene Körper S nicht um die Z-Achse angetrieben wird.

[0194] Als Nächstes wird ein Geschwindigkeitsvektor _iab_i des Punktes B_i, im X_iY_iZ_i-Koordinatensystem betrachtet, erhalten durch:

$$\overline{{}_i a b_i} = {}_i R A \cdot \overline{{}_i a b_i} \quad \dots (17)$$

[0195] Man beachte, dass die Z_i-Komponente des Vektors _iab_i die Aus-/Einfahrbeschleunigung αR_i der Stange RD_i repräsentiert.

[0196] Als Nächstes wird ein Winkelbeschleunigungsvektor _iβ_i des Punktes B_i, im X_iY_iZ_i-Koordinatensystem betrachtet, erhalten durch:

$$\overline{{}_i \beta_i} = (\overline{{}_i s_i x_i} \overline{{}_i a b_i}) / D_i - 2 \overline{{}_i v R_i} \cdot \overline{{}_i \omega_i} / D_i \quad \dots (18)$$

[0197] Übrigens setzt sich jede Stange RD_i aus dem Ständerseitenelement RM1 und dem Läuferseitenelement RM2 zusammen. Man nehme an, dass die Struktur des Ständerseitenelementes RM1 und des Läuferseitenelementes RM2 die in Fig. 7 gezeigte ist. Das heißt, die Masse des Ständerseitenelementes RM1 und die Masse des Läuferseitenelementes RM2 werden jeweils durch m₁ und m₂ repräsentiert. Man nehme ebenfalls an, dass sich der Schwerpunkt des Ständerseitenelementes RM1 an der Position der Distanz L₁ vom Punkt A_i in der Richtung von Punkt A_i zu B_i befindet und dass sich der Schwerpunkt des Läuferseitenelementes RM2 an der Position der Distanz L₂ von Punkt B_i in der Richtung von Punkt B_i zu A_i befindet.

[0198] In diesem Fall werden ein Beschleunigungsvektor _iα₁ im Schwerpunkt des Ständerseitenelementes RM1 und ein Beschleunigungsvektor _iα₂ im Schwerpunkt des Läuferseitenelementes RM2 im X_iY_iZ_i-Koordinatensystem betrachtet durch die folgenden Gleichungen (19), (20) erhalten:

$$\overline{{}_i \alpha_{1_i}} = L_1 \cdot \overline{{}_i \beta_i} + L_1 \cdot \overline{{}_i \omega_i} \overline{{}_i x (\overline{\omega_i} \overline{{}_i x s_i})} \quad \dots (19)$$

$$\begin{aligned} \overline{{}_i \alpha_{2_i}} &= \alpha R_i \cdot \overline{{}_i s_i} + (D_i - L_2) \cdot \overline{{}_i \beta_i} \overline{{}_i x s_i} \\ &+ (D_i - L_2) \cdot \overline{{}_i \omega_i} \overline{{}_i x (\overline{\omega_i} \overline{{}_i x s_i})} \\ &+ 2 \overline{{}_i v R_i} \cdot \overline{{}_i \omega_i} \overline{{}_i x s_i} \end{aligned} \quad \dots (20)$$

[0199] Nach Beendigung der Analysen der Position/Lage, der Geschwindigkeit/Winkelgeschwindigkeit und der Beschleunigung/Winkelbeschleunigung wie oben beschrieben und in Fig. 7 gezeigt, durch virtuelles Teilen des angetriebenen Körpers S und der Stange RD_i am Punkt B_i wird das System in ein Antriebenener-Kör-

per-System und ein offenes Stangensystem zerlegt.

[0200] Wenn man jede Stange RD_i als ein Subsystem betrachtet, dann wird eine Bewegungsgleichung um A_i für die Stange RD_i ausgedrückt durch:

$$\overline{{}_i n_i A} = d(\overline{{}_i h_i A}) / dt \quad \dots (21)$$

[0201] Man beachte, dass der Vektor ${}_i n_i A_i$ ein Momentvektor um den Punkt A_i der Stange RD_i ist und dass der Vektor ${}_i h_i A_i$ ein Winkelmomentvektor um den Punkt A_i der Stange RD_i ist.

[0202] Übrigens, wie in [Fig. 7](#) gezeigt, im $X_i Y_i Z_i$ -Koordinatensystem betrachtet, wird eine Reaktion ${}_i f_{A_i}({}_i f_{A_i x_i}, {}_i f_{A_i y_i}, {}_i f_{A_i z_i})$, die auf die Stange RD_i wirkt, an Punkt A_i erzeugt, und eine Reaktion $(-{}_i f_{B_i}(-{}_i f_{B_i x_i}, -{}_i f_{B_i y_i}, -{}_i f_{B_i z_i}))$, die auf die Stange RD_i wirkt, wird an Punkt B_i erzeugt. Und eine Reaktion ${}_i f_{B_i}$ wird an einem Punkt des angetriebenen Körpers S erzeugt, der dem Punkt B_i entspricht.

[0203] Die Werte ${}_i f_{B_i x_i}$, ${}_i f_{B_i y_i}$, die jeweils die X_i -Achsenkomponente und die Y_i -Achsenkomponente der Reaktion, die auf den Punkt B_i und den dem Punkt B_i entsprechenden Punkt des angetriebenen Körpers S wirkt, werden auf der Basis der Ergebnisse der obigen Umkehrdynamikanalyse von Position/Lage, Geschwindigkeit/Winkelgeschwindigkeit, Beschleunigung/Winkelbeschleunigung, der Masse m_1 des Ständerseitenelementes $RM1$, der Masse m_2 des Läuferseitenelementes $RM2$ und einer Gravitätsbeschleunigung unabhängig von der Masse des angetriebenen Körpers S erhalten. Ebenso wird der Wert ${}_i f_{B_i z_i}$, der die Z_i -Achsenkomponente ist, durch Auflösen einer Translationsbewegungsgleichung des angetriebenen Körpers S , im XYZ -Koordinatensystem (22) betrachtet, und einer Rotationsgleichung (23) erhalten:

$$\sum_{i=1}^3 \overline{(A f_{B_i})} + m_p \cdot \overline{g} = m_p \cdot \overline{\alpha_p} \quad \dots (22)$$

$$B n_p = \sum_{i=1}^3 \overline{(B b_i \cdot B f_{B_i})} \quad \dots (23)$$

[0204] Der Vektor $A f_{B_i}$ ist ein Reaktionsvektor, der auf den Punkt des angetriebenen Körpers S wirkt, der dem Punkt B_i im XYZ -Koordinatensystem entspricht, und wird durch die folgende Gleichung (24) ausgedrückt:

$$A f_{B_i} = A R_i \cdot {}_i f_{B_i} \quad (24)$$

[0205] Ebenso repräsentiert m_p die Masse des angetriebenen Körpers S und ein Vektor g repräsentiert einen Gravitätsbeschleunigungsvektor.

[0206] Ferner repräsentiert der Vektor $B n_p$ den Moment des angetriebenen Körpers S , im UVW -Koordinatensystem betrachtet, und der Vektor $B f_{B_i}$ ist ein Reaktionsvektor, der auf den Punkt des angetriebenen Körpers S wirkt, der dem Punkt B_i im UVW -Koordinatensystem entspricht, und wird durch die folgende Gleichung (25) angegeben:

$$\begin{aligned} \overline{B f_{B_i}} &= (A R B)^{-1} \cdot \overline{A f_{B_i}} \\ &= (A R B)^{-1} \cdot A R_i \cdot \overline{{}_i f_{B_i}} \quad \dots (25) \end{aligned}$$

[0207] Übrigens beinhalten die Gleichungen (22) und (23) zwar sechs Gleichungen, aber wenn man beachtet, dass der angetriebene Körper in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z angetrieben wird, dann werden eine Gleichung in Bezug auf die die Z -Komponente von Gleichung (24) und zwei Gleichungen in Bezug auf die Komponenten θ_x , θ_y von Gleichung (25) beim Berechnen von drei Werten ${}_i f_{B_i z_i}$ ($i =$ eins bis drei) verwendet.

[0208] Und der Umkehrdynamikanalyseteil 308 berechnet schließlich den Befehlswert τ_i von Schub für jede der Stangen RD_i gemäß:

$$\tau_i = {}_i f_{B_i z_i} + m_2 \cdot g_c \cdot \cos \varphi_i + m_2 \cdot \alpha_{2 z_i} \quad (26)$$

[0209] Man beachte, dass ${}_i f_{B_i z_i}$ die Z -Komponente von Vektor ${}_i f_{B_i}$ ist und dass g_c die Größe ($9,8 \text{ m/s}^2$) der Gravitätsbeschleunigung ist.

[0210] Obwohl oben die Berechnung des Befehlswertes von Schub für jede Stange RD_i gemäß der Newton/Euler-Methode beschrieben wird, kann der Befehlswert von Schub für jede Stange RD_i gemäß der d'Alembert-Methode berechnet werden. In der d'Alembert-Methode werden die Gleichungen der Newton/Euler-Methode in Funktionalmatrizen zusammengefasst, und Haltekräfte und Momente der Newton/Euler-Methode werden aus den Bewegungsgleichungen entfernt. Daher ist sie effizienter als die Newton/Euler-Methode, sie ist praktischer und wird bevorzugt. Die d'Alembert-Methode wird nachfolgend kurz beschrieben. Man beachte, dass die Symbole dieselben Elemente repräsentieren wie in der Newton/Euler-Methode.

[0211] Zunächst werden, ebenso wie in der Newton/Euler-Methode, Position/Lage, Geschwindigkeit/Winkelgeschwindigkeit und Beschleunigung/Winkelbeschleunigung durch Umkehrdynamikanalyse analysiert. Es werden die Rotationstransformationsmatrix vom UVW-Koordinatensystem in das XYZ-Koordinatensystem und der Winkelgeschwindigkeitsvektor ω_p und der Winkelbeschleunigungsvektor β_p im Ausdruck von Euler-Winkeln erhalten.

[0212] Als Nächstes wird die Funktionalmatrix Jb_i jeder Stange RD_i in Bezug auf das XYZ-Koordinatensystem berechnet, das die folgende Gleichung (27) erfüllt:

$$vb_i = Jb_i \cdot va_p \quad (27)$$

[0213] Man beachte, dass va_p ein Geschwindigkeitsvektor in sechs Freiheitsgraden im XYZ-Koordinatensystem und die Resultierende des obigen Geschwindigkeitsvektors v_p des Schwerpunkts des angetriebenen Körpers S und des Winkelgeschwindigkeitsvektors ω_p des angetriebenen Körpers S ist.

[0214] Die Funktionalmatrix Jb_i wird von den Ergebnissen der Umkehrdynamikanalysen von Position/Lage und Geschwindigkeit/Winkelgeschwindigkeit durch Anwenden einer Gleichung erhalten, die mit der Gleichung (12) äquivalent ist.

[0215] Als Nächstes wird die Funktionalgleichung ${}_iJb_i$ jeder Stange RD_i in Bezug auf das $X_iY_iZ_i$ Koordinatensystem mit der folgenden Gleichung (28) errechnet:

$$Jb_i = {}_iRA \cdot Jb_i \quad (28)$$

[0216] Unter Verwendung der Funktionalmatrix ${}_iJb_i$ vom Geschwindigkeitsvektor va_p in sechs Freiheitsgraden im XYZ-Koordinatensystem wird der Geschwindigkeitsvektor ${}_i vb_i$ des Punktes B_i im $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem betrachtet, mit der folgenden Gleichung (29) erhalten:

$${}_i vb_i = {}_i Jb_i \cdot va_p \quad (29)$$

[0217] Als Nächstes wird eine Funktionalmatrix JP des angetriebenen Körpers mit der folgenden Gleichung (30) erhalten:

$$VR_i = JP \cdot v_p \quad (30)$$

[0218] Die Funktionalmatrix JP des angetriebenen Körpers wird auf der Basis erhalten, dass die Z_i -Komponente des Vektors ${}_i vb_i$ der Aus-/Einfahrtgeschwindigkeitsvektor VR_i der Stange RD_i ist.

[0219] Übrigens, in Anbetracht der Tatsache, dass die Schwerkraft auf den angetriebenen Körper S wirkt, werden ein Angewandte-Kraft-Vektor fS_p und ein Trägheitsdrehmoment tS_p , das auf die Schwerkraft des angetriebenen Körpers S ausgeübt wird, mit den folgenden Gleichungen (31) und (32) erhalten, die eine Trägheitsmatrix um die Schwerkraft des angetriebenen Körpers S im XYZ-Koordinatensystem mit Al_p repräsentieren:

$$fS_p = m_p \cdot g - m_p \cdot \alpha_p \quad (31)$$

$$tS_p = -Al_p \cdot \beta_p - \omega_p \times (Al_p \cdot \omega_p) \quad (32)$$

[0220] Die Resultierende des Angewandte-Kraft-Vektors fS_p und des Trägheitsdrehmoments tS_p wird durch Vektor T_p wie nachfolgend beschrieben repräsentiert.

[0221] Auf die gleiche Weise wie der angetriebene Körper S werden die Resultierende ${}_i T1_i$ im $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem, des Angewandte-Kraft-Vektors und des Trägheitsdrehmoments, die auf die Schwerkraft des die

Stange RD_i bildenden Ständerseitenelementes $RM1$ wirken, und die Resultierende T_2 , im $X_iY_iZ_i$ -Koordinatensystem, des Angewandte-Kraft-Vektors und des Trägheitsdrehmoments, die auf die Schwerkraft des die Stange RD_i bildenden Läuferseitenelementes $RM2$ wirken, erhalten.

[0222] Als Nächstes wird unter Verwendung des Befehlswertes τ_i von Schub für jede Stange RD_i als Parameter und mit Hilfe der Funktionalmatrix des angetriebenen Körpers eine Bewegungsgleichung erstellt. Und durch Lösen dieser Gleichung wird der Befehlswert τ_i von Schub für jede Stange RD_i erhalten. Man beachte, dass der Befehlswert τ_i von Schub durch Anwenden der Gauß'schen Eliminierung auf die Bewegungsgleichung berechnet werden kann.

[0223] Das heißt, der Befehlswert τ_i von Schub ist von der Umkehrtransformation der Funktionalmatrix des angetriebenen Körpers abhängig. Daher wird, weil dann, wenn der angetriebene Körper nahe an einen singulären Punkt der Umkehrtransformation kommt, ein als Befehlswert τ_i von Schub berechneter Wert instabil und es ist notwendig, die Menge an Aus-/Einfahren sowie Geschwindigkeit und Beschleunigung jeder Stange RD_i ständig zu überwachen.

[0224] Wie oben beschrieben, wandelt ein Spannungswandlungsteil **310** den Befehlswert τ_i von Schub für jede Stange RD_i , der mit dem Umkehrdynamikanalyseteil **308** erhalten wurde, in eine an jede Stange RD_i angelegte Spannung um. Die Spannung wird an das elektromagnetische Stellglied (das dem Wellenmotor **92** von [Fig. 3](#) entspricht) jeder Stange RD_i über einen Spannungsaddierer **322** und einen Verzögerungsteil **312** erster Ordnung angelegt. Und durch das Aus- oder Einfahren der Stange RD_i gemäß der Spannung wird der angetriebene Körper **316** (d.h. der obige angetriebene Körper S (entsprechend dem Waferbasisnivellierblock **38** usw.)) in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z angetrieben.

[0225] Man beachte, dass unter Berücksichtigung einer Zeitverzögerung im Verzögerungsteil **312** und im angetriebenen Körper **316** ein Steuergerät **318** eine Spannung gemäß der Differenz zwischen den Position/Lage-Einstellwerten im Position/Lage-Einstellteil **306** sowie den von einem Stufensystemsensoren **320** (entsprechend dem Fokussensoren **73** in [Fig. 1](#)) gemessenen Positions-/Lagewerten erzeugt und an den Spannungsaddierer **322** anlegt. Ferner erzeugt ein Steuergerät **324**, unter Berücksichtigung der obigen Zeitverzögerung, eine Spannung gemäß der Differenz zwischen der Länge jeder Stange RD_i , berechnet mit dem Umkehrdynamikanalyseteil **308**, und der Länge jeder Stange RD_i , gemessen mit einem Stangensystemsensoren **326** (entsprechend dem Linearcodierern **95**) und legt sie an den Spannungsaddierer **322** an. Mit dieser von dem Steuergerät **318**, **324** erzeugten kompensierten Spannung für jede Stange wird die Steuerverzögerung durch den Verzögerungsteil **312** oder den angetriebenen Körper **316** kompensiert.

[0226] [Fig. 8](#) zeigt schematisch den Aufbau des Steuersystems der Belichtungsvorrichtung **10**. Das Steuersystem von [Fig. 8](#) umfasst das Hauptsteuergerät **50** und das Stufensteuergerät **52**, die jeweils aus einem Mikrocomputer oder einer Workstation als Hauptteil bestehen. Man beachte, dass das Hauptsteuergerät **50** und das Stufensteuergerät **52** den Beschleunigungseinstellteil **302**, den Geschwindigkeitseinstellteil **304**, den Position/Lage-Einstellteil **306**, den Umkehrdynamikanalyseteil **308**, den Spannungswandlungsteil **310** und die Steuergeräte **318**, **324** umfassen und den Retikelbasisnivellierblock **12** und den Waferbasisnivellierblock **38** unter Anwendung des Prinzips der Antriebssteuerung durch den obigen Parallelverbindungsmechanismus auf der Basis der Detektionsergebnisse durch das Retikelinterferometer **24R**, das Waferinterferometer **24W**, den Fokussensoren **73** und den Linearcodierern **95** steuern.

[0227] Als Nächstes wird der Belichtungsvorgang mit der Belichtungsvorrichtung **10** der vorliegenden Ausgestaltung, die auf die oben beschriebene Weise aufgebaut ist, mit Bezug auf [Fig. 8](#) und dergleichen im Folgenden beschrieben.

[0228] Man nehme an, dass, als Voraussetzung, die obige Anfangseinstellung des optischen Projektionssystems PL mit dem den Parallelverbindungsmechanismus **74** bildenden dritten Mechanismus erfolgt.

[0229] Zunächst erfolgt nach der Vorbereitung, z.B. Retikelausrichtung und Basislinienmessung mit einem Retikelmikroskop (nicht dargestellt), einem Achsenversatzausrichtungssensoren (nicht dargestellt) und dergleichen, eine Feinausrichtung (EGA (Enhanced Global Alignment) usw.) eines Wafers W mit dem Ausrichtungssensoren. Danach werden die Anordnungskoordinaten einer Mehrzahl von Belichtungsbereichen auf dem Wafer erhalten. Übrigens sind die Details der obigen Vorbereitung wie z.B. Retikelausrichtung und Basislinienmessung im japanischen offengelegten Patent Nr. 4-324923, dem diesem entsprechenden US-Patent Nr. 5,243,195 und dergleichen offenbart, und die Details der EGA sind im japanischen offengelegten Patent Nr. 61-44429, dem diesem entsprechenden US-Patent Nr. 4,780,617 und dergleichen offenbart. Die Offenbarun-

gen in den obigen japanischen offengelegten Patenten und US-Patenten sind hierin durch diese Bezugnahme eingeschlossen, solange dies die nationalen Gesetze in den designierten Staaten oder gewählten Staaten zulassen, auf die sich diese internationale Anmeldung bezieht.

[0230] Als Nächstes bewegt das Stufensteuergerät **52** die Retikelstufe RST gemäß den Befehlen vom Hauptsteuergerät **50** über den Retikeltreiber **14** und überwacht dabei die Messwerte des Retikellaserinterferometers **24Ry₁**, **24Ry₂**, **24Rx**, und das Retikel wird in einer Abtaststartposition in der Y-Richtung positioniert. In derselben Weise bewegt das Stufensteuergerät **52**, gemäß den Befehlen vom Hauptsteuergerät **50**, die Waferstufe WST über den Wafertreiber **40** und überwacht dabei die Messwerte des Waferlaserinterferometers **24Wy₁**, **24Wy₂**, **24Wx**, und ein entsprechender Belichtungsbereich auf dem Wafer wird in einer Abtaststartposition in der Y-Richtung positioniert.

[0231] Dann bewegt das Stufensteuergerät **52** die Retikelstufe RST und die Waferstufe WST jeweils über den Retikeltreiber **14** und den Wafertreiber **40** in zueinander entgegengesetzten Richtungen mit einem Geschwindigkeitsverhältnis, das der Projektionsvergrößerung entspricht, und es erfolgt die Abtastbelichtung.

[0232] Mit dem obigen Vorgang wird eine One-Scan-Belichtung (Einzelschussbelichtung) des Retikels R vollendet.

[0233] Als Nächstes schaltet das Stufensteuergerät **52**, gemäß den Befehlen vom Hauptsteuergerät **50**, die Waferstufe WST um eine Reihe von Belichtungsbereichen in der X-Richtung weiter und tastet die Waferstufe WST und die Retikelstufe RST jeweils in einer entgegengesetzten Richtung zu ihrer vorherigen Richtung ab und führt eine Abtastbelichtung auf andere Belichtungsbereiche auf dem Wafer durch.

[0234] Während der obigen Abtastbelichtung steuert das Hauptsteuergerät **50** unter Anwendung des obigen Antriebssteuerprinzips auf der Basis der Messergebnisse von Fokus und Nivellierung im Belichtungsbereich auf dem Wafer die Ein-/Ausfahrbewegungen der ersten Stangen **78₁** bis **78₃** über das Stufensteuergerät **52** und jeweils über die ersten Ausfahrmechanismen **94₁** bis **94₃**, die den Parallelverbindungsmechanismus **74** bilden, und steuert die Position/Lage der Waferstufe WST in drei Freiheitsgraden Z, θ_x , θ_y über den Waferbasnivellierblock **38**, so dass die Belichtungsbereiche innerhalb des Bereiches der Fokustiefe des optischen Projektionssystems gehalten werden. Das heißt, auf diese Weise justiert das Hauptsteuergerät **50** die relativen Positionen des optischen Projektionssystems PL und des Wafers W (der Waferstufe WST) in drei Freiheitsgraden Z, θ_x , θ_y , mit anderen Worten, führt präzise eine Fokusnivellierungssteuerung durch, um die Verschlechterung von Musterübertragungsbildern aufgrund einer Defokussierung weitgehend zu verhüten.

[0235] Ferner führt das Hauptsteuergerät **50** während der obigen Abtastbelichtung unter Anwendung des obigen Antriebssteuerprinzips auf der Basis der Position/Lage-Detektionsinformationen des Retikelbasnivellierblocks **12**, die in Echtzeit von der Stufeneinheit **52** gemeldet wurden, eine Feedback-Steuerung des Stufensteuergeräts **52** und der den Parallelverbindungsmechanismus **74** bildenden zweiten Ausfahrmechanismen **112₁** bis **112₃** durch und steuert die Aus-/Einfahrbewegungen der zweiten Stangen **104₁** bis **104₃** und die Position/Lage des Retikelbasnivellierblocks **12** in drei Freiheitsgraden Z, θ_x , θ_y , um die Position/Lage der Retikelstufe RST in drei Freiheitsgraden Z, θ_x , θ_y stets in einem erwünschten Zustand zu halten. Das heißt, auf diese Weise justiert das Hauptsteuergerät **50** die relative Position der Retikelstufe RST in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL. Daher werden selbst dann, wenn eine Versatzlast aufgrund der Bewegung der Retikelstufe RST auf den Retikelbasnivellierblock **12** ausgeübt wird, die Übertragungspositionsabweichungen, Bildunschärfen usw. des Musterübertragungsbildes effektiv unterdrückt.

[0236] Wie oben beschrieben, kann in der Belichtungsvorrichtung **10** der vorliegenden Ausgestaltung mit den ausfahrbaren ersten Stangen **78₁** bis **78₃**, die den vom Hauptsteuergerät **50** gesteuerten ersten Mechanismus des Parallelverbindungsmechanismus **74** bilden, die Position/Lage des Waferbasnivellierblocks **38** in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z gesteuert werden. Daher kann die Position/Lage der Waferstufe WST, die über dem Waferbasnivellierblock **38** schwebt, in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z präzise mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit gesteuert werden. Das heißt, in der Belichtungsvorrichtung **10** ohne Z-Kippantriebsmechanismus an der Waferstufe WST können mit den ausfahrbaren ersten Stangen **78₁** bis **78₃** der Z-Kipptrieb des auf der Waferstufe WST gehaltenen Wafers W und die relative Position, in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z, des Wafers mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL, d.h. die Fokusnivellierung, präzise mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit gesteuert werden. In diesem Fall tragen die drei ersten Stangen **78₁** bis **78₃** den Waferbasnivellierblock **38** so, dass er vom optischen Projektionssystem PL unabhängig ist. So wird also selbst dann, wenn der Waferbasnivellierblock **38** aufgrund der Reaktion auf die Antriebskraft beim Antreiben der Waferstufe WST vibriert, die Vibration kaum auf das optische Projektionssystem

tem PL übertragen. Ebenso ist es in diesem Fall, da der Z-Kippantriebsmechanismus unnötig ist, möglich, die Waferstufe WST leichter zu machen, und die Antriebskraft und die Antriebsreaktion beim Antreiben der Waferstufe WST am Waferbasisnivellierblock **38** durch den einen Planarmotor umfassenden Wafertreiber **40** können reduziert werden.

[0237] Ferner steuert in der Belichtungsvorrichtung **10** der vorliegenden Ausgestaltung der Belichtungshauptteil die Position/Lage des Retikelbasisnivellierblocks **12** in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y durch die ausfahrbaren zweiten Stangen **104₁** bis **104₃**, die den vom Hauptsteuergerät **50** gesteuerten zweiten Mechanismus des Parallelverbindungsmechanismus **74** bilden. Daher kann die Position/Lage der über dem Retikelbasisnivellierblock **12** schwebenden Retikelstufe RST in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden. Das heißt, in der Belichtungsvorrichtung **10**, ohne Z-Kippantriebsmechanismus zwischen der Retikelstufe RST und dem Retikelbasisnivellierblock **12**, oder an der Retikelstufe RST, können der Z-Kipptrieb des auf der Retikelstufe RST gehaltenen Retikels R und die relative Position, in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z , des Retikels mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL, d.h. die Fokussivellierung, durch die ausfahrbaren zweiten Stangen **104₁** bis **104₃** mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden. Daher können Verschlechterungen von Musterbildern aufgrund einer Defokussierung des Retikels R, die durch eine Versatzlast usw. verursacht wird, die bei der Bewegung der Retikelstufe RST auf den Retikelbasisnivellierblock **12** ausgeübt wird, verhindert werden. In diesem Fall tragen die drei zweiten Stangen **104₁** bis **104₃** den Retikelbasisnivellierblock **12** so, dass er vom optischen Projektionssystem PL unabhängig ist. Daher wird selbst dann, wenn der Retikelbasisnivellierblock **12** aufgrund der Reaktion auf die Antriebskraft beim Antreiben der Retikelstufe RST vibriert, die Vibration kaum auf das optische Projektionssystem PL übertragen. Ebenso ist es in diesem Fall, weil der Z-Kippantriebsmechanismus unnötig ist, möglich, die Retikelstufe RST leichter zu machen, und die Antriebskraft und die Antriebsreaktion beim Antreiben der Retikelstufe RST auf dem Retikelbasisnivellierblock **12** durch den einen Linearmotor umfassenden Retikeltreiber **14** können reduziert werden.

[0238] Ebenso können in diesem Fall die Waferstufe WST, die Retikelstufe RST und das optische Projektionssystem PL leicht gegeneinander abgedichtet und gewartet werden.

[0239] In der vorliegenden Ausgestaltung bilden ein Fokussensor **73** und ein am optischen Projektionssystem PL befestigtes Waferlaserinterferometer **24W** einen Positionsdetektor zum Detektieren der relativen Position, in sechs Freiheitsgraden, des Wafers W und des optischen Projektionssystems. In der vorliegenden Ausgestaltung, wie oben beschrieben, wird verhindert, dass die auf die Waferstufe WST und die Retikelstufe RST ausgeübten Antriebsreaktionen auf das optische Projektionssystem PL übertragen werden. Daher ist es mit dem am optischen Projektionssystem PL befestigten Positionsdetektor (dem Fokussensor **73** und dem Waferlaserinterferometer **24W**) möglich, die Positionsbeziehung zwischen dem optischen Projektionssystem PL und dem Wafer W präzise zu detektieren.

[0240] Ferner umfasst ein Positionsdetektor zum Detektieren der relativen Position, in sechs Freiheitsgraden, zwischen der Retikelstufe RST und dem optischen Projektionssystem PL die Retikelinterferometer **24Ry₁**, **24Ry₂**, **24Rx**, die auf einen auf der Retikelstufe RST vorgesehenen beweglichen Spiegel **22R** einen Längensstrahl richten und die Position der Retikelstufe RST in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z detektieren, und das erste bis dritte Interferometer **30₁** bis **30₃**, die auf einen am Retikelbasisnivellierblock **12** befestigten Spiegel **28** einen Längensstrahl richten und die Position des Retikelbasisnivellierblocks **12** in drei Freiheitsgraden θ_x , θ_y , Z detektieren. In diesem Fall wird verhindert, dass die auf die Waferstufe WST und die Retikelstufe RST ausgeübten Antriebsreaktionen auf das optische Projektionssystem PL übertragen werden. Daher ist es möglich, mit dem am optischen Projektionssystem PL befestigten Positionsdetektor (Interferometer **24Ry₁**, **24Ry₂**, **24Rx**, **30₁** bis **30₃**) die Positionsbeziehung zwischen dem optischen Projektionssystem PL und der Retikelstufe RST präzise zu detektieren.

[0241] Ferner umfassen in der Beleuchtungsvorrichtung **10** der vorliegenden Ausgestaltung die ersten Ausfahrmechanismen **94₁** bis **94₃** und die zweiten Ausfahrmechanismen **112₁** bis **112₃**, die jeweils in den ersten Stangen **78₁** bis **78₃** und den zweiten Stangen **104₁** bis **104₃** angeordnet sind, jeweils den Luftzylinder **84** und den Wellenmotor **92**, eine Art von elektromagnetischem Linearmotor, die in Reihe (oder parallel) zueinander geschaltet sind. Daher kann das Hauptsteuergerät **50** den Retikelbasisnivellierblock **12** grob und über größere Distanzen durch Regeln des Luftdrucks des Luftzylinders **84** und auch fein durch den Wellenmotor **92** antreiben. Infolgedessen kann das Hauptsteuergerät **50** die Positionen/Lagen, in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y , der Waferstufe und der Retikelstufe und dann deren relative Positionen mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y in kurzer Zeit präzise justieren. Das heißt, es kann in kurzer Zeit ein präziser Fokussivellierungsvorgang durchgeführt werden.

[0242] Ferner kann, da die ersten Stangen **78₁** bis **78₃** und die zweiten Stangen **104₁** bis **104₃** jeweils das Luftkissen **96** zum Tragen der Magnetpoleinheit **90** als Läufer des Wellenmotors **92** mit Bezug auf die Ankereinheit **88** als Ständer auf kontaktlose Weise umfassen, beim Steuern der Aus- und Einfahrbewegungen von Stangen mit den ersten und zweiten Ausfahrmechanismen Reibung, die als nichtlineare Komponente wirkt, vermieden werden. Daher können die Positionen/Lagen der Waferstufe WST und der Retikelstufe RST in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y präziser jeweils über den Waferbasisnivellierblock **38** und den Retikelbasisnivellierblock **12** gesteuert werden.

[0243] Ferner werden in der Belichtungsvorrichtung **10** der vorliegenden Ausgestaltung die Wellenmotoren **92** als elektromagnetische Linearmotoren eingesetzt, die die ersten Ausfahrmechanismen **94₁** bis **94₃**, die zweiten Ausfahrmechanismen **112₁** bis **112₃** und die dritten Ausfahrmechanismen **126₁** bis **126₃** umfassen, und in diesem Wellenmotor **92** wird die Magnetpoleinheit **90** mit zylindrischen Magneten auf der Läuferseite eingesetzt. Daher wird Magnetfluss (Magnetfeld) radial und in allen Richtungen erzeugt, und bei dieser Belichtungsvorrichtung kann der gesamte Magnetfluss in allen Richtungen zur Erzeugung von Lorentz-Kraft (Antriebskraft) durch elektromagnetische Interaktion beitragen. Und dann kann ein weitaus größerer Schub im Vergleich zu einem gewöhnlichen Linearmotor usw. erzeugt werden, und er kann kleiner gemacht werden als ein Hydraulikzylinder usw.

[0244] Daher wird der Parallelverbindungsmechanismus **74**, bei dem Stangen jeweils den Wellenmotor **92** aufweisen, aufgrund ihrer Miniaturisierung und der Gewichtsverringerung vorzugsweise auf die Belichtungsvorrichtung **10** angewendet, und gleichzeitig kann ihr Ausgang verbessert werden.

[0245] Ferner kann das Hauptsteuergerät **50** in der Belichtungsvorrichtung **10** der vorliegenden Ausgestaltung die relative Position mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL des Waferbasisnivellierblocks **38** und/oder des Retikelbasisnivellierblocks **12** unter Verwendung der die ersten und zweiten Ausfahrmechanismen bildenden Luftzylinder **84** statisch justieren und Vibrationen mit Hilfe der Wellenmotoren **92** unterdrücken. Somit ist es möglich, wenigstens eine der beiden Stufen WST, RST mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL über den Waferbasisnivellierblock **38** und/oder den Retikelbasisnivellierblock zu justieren, und die Vibrationen des Waferbasisnivellierblocks **38** und des Retikelbasisnivellierblocks **12**, die durch die Aus-/Einfahrbewegungen der jeweiligen Stangen und der Reaktionen aufgrund der Antriebe der Stufen verursacht werden, zu unterdrücken.

[0246] Ferner ist es mit dem Hauptsteuergerät **50** möglich, niederfrequente Vibrationen durch Regeln der Luftdrücke der die ersten und zweiten Ausfahrmechanismen bildenden Luftzylinder **84** zu unterdrücken und hochfrequente Vibrationen durch Steuern der Ströme der Wellenmotoren **92** zu isolieren. Daher ist es möglich, die niederfrequenten Vibrationen des Waferbasisnivellierblocks **38** und des Retikelbasisnivellierblocks **12** aufgrund von Reaktionen auf die Antriebe der Stufen zu unterdrücken und feine Vibrationen, hochfrequente Vibrationen, von der Bodenoberfläche zu isolieren.

[0247] Ferner umfasst die Belichtungsvorrichtung **10** der vorliegenden Ausgestaltung einen Retikelraum **18**, der die Retikelstufe RST beinhaltet und teilweise den Retikelbasisnivellierblock **12** aufweist, den Linsenraum **32**, der das optische Projektionssystem PL enthält, den Waferraum **44**, der die Waferstufe WST beinhaltet und teilweise den Waferbasisnivellierblock **38** aufweist, und die Kammer **46** mit den ausfahrbaren balgähnlichen Elementen **34**, **36**, die jeweils den Retikelraum **18** und den Linsenraum **32**, den Linsenraum **32** und den Waferraum **44** verbinden, um die Waferstufe WST, das optische Projektionssystem PL und die Retikelstufe RST gegen die Außenatmosphäre zu isolieren. Daher können mit dem Parallelverbindungsmechanismus **74** die Positionen/Lagen, in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y , des Waferbasisnivellierblocks **38** und des Retikelbasisnivellierblocks **12** problemfrei justiert werden. Ferner ist es möglich, da die Waferstufe WST, das optische Projektionssystem PL und die Retikelstufe RST von der Kammer **46** gegen die Außenatmosphäre isoliert werden, durch Füllen des Innern der Kammer **46** mit einem Gas wie Stickstoff (N_2) oder Helium (He) ein feines Muster auf dem Retikel mit dem ArF-Excimer-Laser oder einem Vakuumultraviolett-Licht mit einer kürzeren Wellenlänge wie z.B. F_2 -Laserlicht auf den Wafer zu übertragen.

[0248] Mit der Belichtungsvorrichtung **10** der vorliegenden Ausgestaltung ist mit einer Reihe von oben beschriebenen Methoden möglich, die Gewichtsverringerung und die Positionssteuerbarkeit der Waferstufe WST und der Retikelstufe RST zu verbessern, und die Belichtungsvorrichtung eignet sich ausgezeichnet zum Unterdrücken von Vibrationen ihrer Einheiten und zum Isolieren von Vibrationen des Fußbodens, hat eine große Zahl von Freiheitsgraden beim Justieren der Stufen, die voneinander getrennt werden können, und kann mit hoher Auflösung unter Verwendung von F_2 -Laserlicht oder einem Energiestrahleiner kürzeren Wellenlänge in der mit einem Gas wie Helium gefüllten Atmosphäre belichten. Ebenso ist es möglich, mit hohem Ertrag hoch

integrierte Halbleiterbauelemente mit feineren Linienbreiten herzustellen.

[0249] Übrigens beschrieb die obige Ausgestaltung den Fall, in dem das optische Projektionssystem PL von den den dritten Mechanismus des Parallelverbindungsmechanismus bildenden drei dritten Stangen **118₁**, **118₂**, **118₃** getragen wird. Der Grund ist, dass die Anfangsjustierung des optischen Projektionssystems PL leicht durch individuelles Steuern der dritten Ausfahrmechanismen **126₁**, **126₂**, **126₃** erfolgen kann, um die dritten Stangen **118₁**, **118₂**, **118₃** jeweils aus-/einzufahren. Da jedoch das optische Projektionssystem PL nach dem Einstellen seiner Position/Lage in einen erwünschten Zustand hinsichtlich seiner Position/Lage nicht unbedingt geändert zu werden braucht, kann anstatt des dritten Mechanismus ein Tragmechanismus zum Tragen des optischen Projektionssystems PL vorgesehen werden, um es an der Bodenfläche FD zu befestigen. Selbst in diesem Fall sind, da die Positionen/Lagen, in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y , der Waferstufe WST und der Retikelstufe RST, die Positionsbeziehungen des Wafers W und des Retikels R mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y justierbar. [sic] Ebenso haben die dritten Ausfahrmechanismen **126₁** bis **126₃** in der obigen Ausgestaltung jeweils den Luftzylinder und den Wellenmotor, aber die dritten Ausfahrmechanismen haben jeweils möglicherweise nur den Luftzylinder. Selbst in diesem Fall kann die Anfangsposition/-lage des optischen Projektionssystems PL leicht durch Justieren des Innendrucks des Luftzylinders justiert werden.

[0250] Ferner wird in der obigen Ausgestaltung ein bilateral telezentrisches optisches System als optisches Projektionssystem PL eingesetzt. Die vorliegende Erfindung ist darauf jedoch natürlich nicht begrenzt. So kann beispielsweise als optisches Projektionssystem ein optisches System verwendet werden, das auf seiner Objektseite nicht telezentrisch ist. In einem solchen auf seiner Objektseite nicht telezentrischen optischen System kann, obwohl die Defokussierung des Retikels R ein Faktor für die Abweichung der Transferposition des Musterbildes ist, die Abweichung der Transferposition des Musterbildes aufgrund der Defokussierung des Retikels R verhindert werden, weil die Position des Retikels R in der obigen Ausgestaltung in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y in der obigen Weise gesteuert wird.

[0251] Übrigens wurde in der obigen Ausgestaltung der Fall beschrieben, bei dem die ersten Basiselemente **76₁**, **76₂**, **76₃**, das zweite Basiselement **102** und die dritten Basiselemente **114₁**, **114₂**, **114₃** jeweils individuelle Elemente sind. Es können jedoch wenigstens entweder die ersten Basiselemente oder die dritten Elemente ein gemeinsames Element sein, oder wenigstens beliebige zwei der ersten, zweiten und dritten Basiselemente können ein gemeinsames Element sein. Das heißt, es können alle erste, zweite und dritte Basiselemente ein gemeinsames Element sein, oder das erste und das zweite, das zweite und das dritte oder das erste und das dritte Basiselement können ein gemeinsames Element sein.

[0252] Außerdem wurde in der obigen Ausgestaltung der Fall beschrieben, bei dem eine Stufe sowohl am Waferbasisnivellierblock **38** als auch am Retikelbasisnivellierblock **12** montiert ist. Es kann aber eine Mehrzahl von Stufen am Waferbasisnivellierblock **38** und/oder am Retikelbasisnivellierblock **12** montiert sein. So können beispielsweise in einem Fall, bei dem eine Mehrzahl von Waferstufen WST am Waferbasisnivellierblock **38** montiert ist, während dem Belichtungsvorgang eines Wafers an der Waferstufe ein Waferwechsel an einer anderen Waferstufe oder andere Vorgänge wie die Erkennung von Waferausrichtungsmarkierungen gleichzeitig durchgeführt werden.

[0253] Daher kann der Durchsatz im Vergleich zu einem Fall mit nur einer Waferstufe verbessert werden. Ebenso kann z.B. in einem Fall, bei dem eine Mehrzahl von Retikelstufen RST auf dem Retikelbasisnivellierblock **12** montiert ist, da die Retikel durch Wechseln der Positionen dieser Mehrzahl von Retikelstufen gewechselt werden können, der Durchsatz einer solchen Mehrfachbelichtung mit einer Mehrzahl von Retikeln als Doppelbelichtung verbessert werden. Insbesondere können in einem Fall, in dem eine Mehrzahl von Waferstufen WST und Retikelstufen RST vorgesehen ist, während der Mehrfachbelichtung eines Wafers auf einer Waferstufe weitere Vorgänge wie Waferwechsel auf einer anderen Waferstufe und die Erkennung von Waferausrichtungsmarkierungen gleichzeitig erfolgen. Daher kann eine solche Mehrfachbelichtung mit einer Mehrzahl von Retikeln als Doppelbelichtung mit hohem Durchsatz durchgeführt werden.

[0254] Ferner wird in der obigen Ausgestaltung der Fall beschrieben, bei dem der Waferbasisnivellierblock **38** und der Retikelbasisnivellierblock **12** jeweils von dem ersten Mechanismus und dem zweiten Mechanismus des Parallelverbindungsmechanismus **74** so getragen werden, dass ihre Lagen gesteuert werden können. Die vorliegende Erfindung ist aber darauf natürlich nicht begrenzt. Das heißt, es ist möglich, dass nur entweder der Waferbasisnivellierblock **38** oder der Retikelbasisnivellierblock **12** von dem Parallelverbindungsmechanismus getragen wird. Sogar in einem solchen Fall kann die Position/Lage eines Nivellierblocks, der von dem Parallelverbindungsmechanismus getragen wird und als Endeffektor des Parallelverbindungsmechanismus dient,

auf dieselbe Weise wie oben gesteuert werden, und infolgedessen werden die obigen Effekte erzielt.

[0255] Ferner ist die in der obigen Ausgestaltung beschriebene Struktur der Kammer **46** nur ein Beispiel, und die vorliegende Erfindung ist natürlich darauf nicht begrenzt. Das heißt, in der Belichtungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann eine beliebige Kammer verwendet werden, die wenigstens einen Teil des Hauptteils der Belichtungsvorrichtung enthält (die Retikelstufe RST, das optische Projektionssystem PL, die Waferstufe WST usw.), die von dem Parallelverbindungsmechanismus getragen werden, um gegen die Außenatmosphäre isoliert zu werden, und die Änderung ihrer Lage zulässt. In einem solchen Fall kann ein Teil des von dem Parallelverbindungsmechanismus getragenen Hauptteils der Belichtungsvorrichtung unter Ausnutzung der Vorteile des Parallelverbindungsmechanismus leichter gemacht werden, und seine Lage kann mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit präzise gesteuert werden. Ebenso kann, weil die Kammer wenigstens einen Teil des Hauptteils der Belichtungsvorrichtung aufnimmt, der gegen die Außenatmosphäre isoliert werden soll und dessen Lage änderbar sein soll, ein feines Muster auf dem Retikel auf den Wafer mit dem ArF-Excimer-Laser oder einem Vakuumultraviolett-Licht mit einer kürzeren Wellenlänge wie z.B. F₂-Laserlicht durch Füllen der Innenseite der Kammer mit einem Gas wie Stickstoff (N₂) oder Helium (He) übertragen werden.

[0256] Ferner kann in der obigen Ausgestaltung wenigstens ein Teil des optischen Beleuchtungssystems IOP von dem Parallelverbindungsmechanismus getragen werden.

<Eine zweite Ausgestaltung>

[0257] Eine zweite Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die [Fig. 9](#) bis [Fig. 17](#) beschrieben. Nachfolgend erhielten dieselben oder äquivalente Elemente wie die in der obigen ersten Ausgestaltung dieselben Bezugsziffern, und für jede davon wird nur eine kurze oder gar keine Beschreibung gegeben.

[0258] Außerdem können die erste und die zweite Ausgestaltung in Kombination je nach Bedarf verwendet werden.

[0259] [Fig. 9](#) zeigt schematisch eine Belichtungsvorrichtung **130** gemäß der zweiten Ausgestaltung. Diese Belichtungsvorrichtung ist eine Scanning-Belichtungsvorrichtung auf der Basis eines Step-and-Scan-Verfahrens, d.h. ein Scanning-Stepper, der ein Muster auf einem Retikel auf eine Mehrzahl von Belichtungsbereichen auf einem Wafer überträgt, während das Retikel als Maske mit einem Belichtungslicht EL beleuchtet wird und das Retikel und der Wafer synchron als ein Substrat in einer vorbestimmten Richtung bewegt werden (die nachfolgend als Y-Achsenrichtung lotrecht zur Zeichnung von [Fig. 9](#) zu verstehen ist).

[0260] In dieser Belichtungsvorrichtung **130** werden eine Retikelstufe RST als Maskenstufe und eine Stufe, die in einer Planaransicht dreieckig ist und als Substrat oder Waferstufe dient, verwendet, und ihr Merkmal ist, dass diese Stufen vom Parallelverbindungsmechanismus in den sechs Freiheitsgraden X, Y, Z, θ_x , θ_y , θ_z gesteuert werden.

[0261] Diese Belichtungsvorrichtung **130** umfasst ein optisches Beleuchtungssystem IOP, die das Retikel R haltende Retikelstufe RST und die den Wafer W haltende Waferstufe WST, einen ersten Parallelverbindungsmechanismus **132** mit der Waferstufe WST als Endeffektor, einen zweiten Parallelverbindungsmechanismus **134** mit der Retikelstufe RST als Endeffektor und dergleichen.

[0262] Der erste Parallelverbindungsmechanismus **132** umfasst, wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist, ein erstes Basiselement **136**, das fast horizontal auf der Bodenfläche FD eines Reinraums angeordnet und in einem regelmäßigen Hexagon gestaltet ist; sechs ausfahrbare erste Stangen **178₁** bis **178₆**, die jeweils das erste Basiselement **136** und die Waferstufe verbinden; und erste Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** (in [Fig. 9](#) nicht zu sehen; siehe [Fig. 17](#)), die jeweils in den ersten Stangen **178₁** bis **178₆** montiert sind und ihre erste Stange jeweils aus-/einfahren.

[0263] Als erste Stangen **178₁** bis **178₆** werden Stangen verwendet, die jeweils ein erstes Achsenelement und ein zweites Achsenelement umfassen, die sich relativ in ihrer Achsenrichtung in derselben Weise wie die erste Stange **78₁** in der obigen ersten Ausgestaltung bewegen können. Und das erste Achsenelement und das zweite Achsenelement, die sich jeweils aus den ersten Stangen **178₁** bis **178₆** zusammensetzen, werden relativ durch einen jeweiligen der ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** angetrieben, die dieselben sind wie der erste Ausfahrmechanismus **94₁**, der aus dem Luftzylinder und dem Wellenmotor besteht. Ebenso sind Linear-

codierer **95₁** bis **95₆** (siehe [Fig. 17](#)), die jeweils ein Hall-Bauelement zum Erkennen der Bewegungsmenge einer Magnetpoleinheit in Bezug auf eine Ankereinheit in einem Wellenmotor verwenden, der einen jeweiligen der ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** aufweist, und Luftkissen zum Schwebenlassen und Lagern der Magnetpoleinheit in Bezug auf die Ankereinheit auf kontaktlose Weise, in den ersten Stangen **178₁** bis **178₆** montiert.

[0264] In diesem Fall sind, wie aus [Fig. 10](#) offensichtlich wird, beide Seiten jeder der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** jeweils mit dem ersten Basiselement **136** und der Waferstufe WST über Universalgelenke **138** verbunden. Ebenso sind die ersten Stangen **178₁**, **178₂** um einen Scheitelpunkt der dreieckigen Waferstufe WST verbunden, und das erste Basiselement **136** und die ersten Stangen **178₁**, **178₂** bilden fast ein Dreieck. Ebenso sind die Stangen **178₃**, **178₄** sowie die Stangen **178₅**, **178₆** jeweils um die anderen Scheitelpunkte der dreieckigen Waferstufe WST verbunden, und das erste Basiselement **136** und die Stangen **178₃**, **178₄** und das erste Basiselement **136** und die Stangen **178₅**, **178₆** bilden jeweils fast ein Dreieck.

[0265] Das Hauptsteuergerät **50** empfängt die Ausgänge der Linearcodierer **95₁** bis **95₆** und steuert die ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** auf der Basis der Ausgänge der Linearcodierer **95₁** bis **95₆** über das Stufensteuergerät **52** (siehe [Fig. 17](#)).

[0266] Wieder zurück zu [Fig. 9](#), das optische Projektionssystem PL wird auf einem Linsentrommelnivellierblock **144** gehalten, der fast horizontal von vier Säulen **140** gelagert wird, die an der Bodenfläche FD fixiert sind, sowie von Vibrationsverhütungseinheiten **142**, die an den Säulen **140** montiert sind.

[0267] Der Linsentrommelnivellierblock **144** besteht z.B. aus Gussteilen, und eine in Planaransicht kreisförmige Öffnung ist in seiner Mitte ausgebildet, und das optische Projektionssystem PL wird von oben in die Öffnung eingeführt, so dass seine optische Achse mit der Z-Achsenrichtung zusammenfällt. Auf der Peripherie des optischen Projektionssystems PL ist ein Flansch FLG vorgesehen, der in die Linsentrommel integriert ist. Als Material für diesen Flansch FLG wird ein Material mit niedriger Wärmeausdehnung wie Inver (eine Eisenlegierung mit 36% Nickel, 0,25% Mangan und einer geringen Menge an Kohlenstoff und anderen Elementen) verwendet, und dieser Flansch FLG bildet eine kinematische Traghalterung, die das optische Projektionssystem PL an drei Punkten über Punkte, Oberflächen und V-förmige Nuten am Linsentrommelnivellierblock **144** festhält. Durch die Verwendung einer solchen kinetischen Tragstruktur kann das optische Projektionssystem PL leicht am Linsentrommelnivellierblock **144** montiert werden, und es besteht auch der Vorteil, dass nach der Montage Spannungen aufgrund von Vibrationen, Temperaturänderungen, Lageänderungen und dergleichen des Linsentrommelnivellierblocks **144** und des optischen Projektionssystems PL äußerst effektiv reduziert werden können.

[0268] In diesem Fall isoliert die Vibrationsverhütungseinheit **142** feine Vibrationen, die von der Bodenoberfläche auf Mikro-G-Niveau auf den Linsentrommelnivellierblock **144** übertragen werden. In der vorliegenden Ausgestaltung bilden die Tragsäule **140**, die Vibrationsverhütungseinheit **142** und der Linsentrommelnivellierblock **144** einen Tragmechanismus, um das optische Projektionssystem PL an der Bodenfläche FD zu fixieren und zu lagern, wo der Hauptteil der Belichtungsanordnung angeordnet ist.

[0269] Auf der Waferstufe WST wird der Wafer W durch Einspannen gehalten, und die Position der Waferstufe in der X-Y-Ebene wird mit einer Auflösung von 0,5 bis 1 nm von dem Waferlaser-Interferometersystem erfasst, das aus den drei in [Fig. 11](#) gezeigten Interferometern **24Wx₁**, **24Wx₂**, **24Wy** besteht.

[0270] Spezieller ausgedrückt, das Interferometer **24Wx₁** ist am Linsentrommelnivellierblock **144** befestigt und hängt davon herab. Und eine auf der Seitenfläche der Waferstufe WST ausgebildete erste Reflexionsfläche **146a** wird vertikal mit Messstrahlen WIX1, WIX3 in einer Richtung beleuchtet, die einen vorbestimmten Winkel θ_1 (nachfolgend $+60^\circ$) in Bezug auf die Y-Achse bildet. Der Messstrahl WIX1 wird auf die optische Achse des optischen Projektionssystems PL gerichtet. Ein fester Spiegel Mw1, auf den ein Referenzstrahl fällt, der diesem Messstrahl WIX1 entspricht, ist an der Seitenfläche des optischen Projektionssystems PL befestigt (siehe [Fig. 9](#)), und der Messstrahl WIX3 wird auf die Detektionsmitte eines Achsenversatz-Ausrichtungsdetektionssystems ALG gerichtet. Ein fester Spiegel (nicht dargestellt), auf den ein Referenzstrahl fällt, der diesem Messstrahl WIX3 entspricht, ist an der Seitenfläche eines Achsenversatz-Ausrichtungsdetektionssystems ALG befestigt.

[0271] Ferner ist das Interferometer **24Wx₂** am Linsentrommelnivellierblock **144** befestigt und hängt davon herab. Und eine an der Seitenfläche der Waferstufe WST ausgebildete dritte Reflexionsfläche **146c** wird vertikal mit Messstrahlen WIX2, WIX4 in einer Richtung beleuchtet, die einen vorbestimmten Winkel θ_2 (nachfol-

gend -60°) in Bezug auf die Y-Achse bildet. Die Verlängerungslinie des Lichtwegs des Messstrahls WIX2 überquert die Verlängerungslinie des Belichtungslichts des Messstrahls WIX1. Ein fester Spiegel Mw2, auf den ein Referenzstrahl fällt, der diesem Messstrahl WIX2 entspricht, ist an der Seitenfläche des optischen Projektionsystems PL befestigt (siehe [Fig. 9](#)), und die Verlängerungslinie des Lichtwegs des Messstrahls WIX4 überquert die Verlängerungslinie des Lichtstrahls des Messstrahls WIX3 in der Mitte des Achsenversatz-Ausrichtungserkennungssystems ALG. Ein fester Spiegel (nicht dargestellt), auf den ein Referenzstrahl fällt, der diesem Messstrahl WIX4 entspricht, ist an der Seitenfläche eines Achsenversatz-Ausrichtungserkennungssystems ALG befestigt.

[0272] Ferner ist das Interferometer **24Wy** am Linsentrommelnivellierblock **144** befestigt und hängt davon herab. Und eine zweite an der Seitenfläche der Waferstufe WST ausgebildete Reflexionsfläche **146b** wird vertikal mit Messstrahlen WIY1, WIY2 in der Y-Achsenrichtung beleuchtet. Diese Messstrahlen WIY1, WIY2 laufen durch Lichtpfade, die in Bezug auf die Y-Achse zwischen der optischen Achse des optischen Projektionsystems PL und der Detektionsmitte des Ausrichtungserkennungssystems ALG bilateral symmetrisch sind. Ein fester Spiegel (nicht dargestellt), auf den Referenzstrahlen fallen, die diesen Messstrahlen WIY1, WIY2 entsprechen, ist an der Seitenfläche des optischen Projektionssystems befestigt.

[0273] Die Messwerte der obigen Interferometer **24Wx₁**, **24Wx₂**, **24Wy** werden dem Stufensteuergerät **52** und dann dem Hauptsteuergerät **50** zugeführt (siehe [Fig. 17](#)). Das Stufensteuergerät **52** berechnet die Y-Position der Waferstufe WST auf der Basis des Durchschnittswerts von Messwerten durch die Messstrahlen WIY1, WIY2 des Interferometers **24Wy**, und berechnet die θ -Rotation (Gieren) der Waferstufe WST auf der Basis der Differenz der obigen beiden Messwerte und dem Abstand zwischen den Messachsen.

[0274] Ferner berechnet das Stufensteuergerät **52** die X-Position der Waferstufe WST auf der Basis eines Messwerts X1 des Interferometers **24Wx₁** und eines Messwerts X2 des Interferometers **24Wx₂** mit der folgenden Gleichung (33):

$$X = \{(X1/|\sin\theta_1|) - (X2/|\sin\theta_2|)\}/2 \quad (33)$$

[0275] Da $|\sin\theta_1| = |\sin\theta_2| = \sin\theta$ ist, wird die X-Koordinatenposition der Waferstufe WST ausgedrückt durch:

$$X = (X1 - X2)/(2\sin\theta) \quad (33')$$

[0276] Man beachte, dass, da es wichtig ist, einen so genannten Abbe-Fehler nach dem Belichtungsvorgang zu vermeiden, das Stufensteuergerät **52** die X-Position der Waferstufe WST mit der obigen Gleichung (33') auf der Basis der Messwerte von den Messstrahlen WIX1, WIX2 berechnet, die von den Interferometern **24Wx₁**, **24Wx₂** auf die optische Achse des optischen Projektionssystems PL gerichtet werden, und nach dem Ausrichten die X-Position der Waferstufe WST mit der obigen Gleichung (33') auf der Basis der Messwerte von den Messstrahlen WIX3, WIX4 berechnet, die von den Interferometern **24Wx₁**, **24Wx₂** auf die Detektionsmitte des Ausrichtungserkennungssystems ALG gerichtet werden.

[0277] Die oben erhaltene Positionsinformation in den Freiheitsgraden X, Y, θ z der Waferstufe WST wird dem Hauptsteuergerät **50** in Echtzeit vom Stufensteuergerät **52** gemeldet.

[0278] Übrigens wird in der vorliegenden Ausgestaltung bevorzugt, wenn das Interferometer mit einer Messachse, die jedem der Messstrahlen entspricht, eine so genannte Doppelwegstruktur hat, um zu verhüten, dass ein Feingieren (θ z-Rotation) der Waferstufe die Belichtungsgenauigkeit beeinträchtigt, und es wird ebenso bevorzugt, einen so genannten Abbe-Fehler aufgrund der Höhendifferenz zwischen der Interferometermessachse und der Oberfläche des Wafers W zu kompensieren. Insbesondere wird bevorzugt, wenn weitere Messstrahlen, die beispielsweise unterhalb oder oberhalb der Messstrahlen WIX1, WIX2 und WIY1 (oder WIY2) einfallen, die Längsneigung und das Rollen der Waferstufe WST messen und die oben berechneten X-Y-Positionsinformationen der Waferstufe WST auf der Basis dieser Ergebnisse korrigieren.

[0279] Auf der Oberseite der Waferstufe WST ist, wie in [Fig. 11](#) gezeigt, eine Referenzmarkierungsplatte FM angeordnet, auf der Referenzmarkierungen für eine Basislinienmessung sowie andere Referenzmarkierungen des Ausrichtungsdetektionssystems ausgebildet sind.

[0280] Wieder zurück zu [Fig. 9](#), der zweite Parallelverbindungsmechanismus **134** ist auf einem torförmigen Rahmen **152** montiert, der von einem Paar vertikaler Elemente **148A**, **148B** und einer horizontalen Platte **150** gebildet wird, die von diesen vertikalen Elementen **148A**, **148B** gelagert wird. Die horizontale Platte **150** hat

eine Öffnung in einer vorbestimmten Form, die fast in ihrer Mitte ausgebildet ist.

[0281] Der zweite Parallelverbindungsmechanismus **134** ist auf dieselbe Weise strukturiert wie der erste Parallelverbindungsmechanismus **132**. Das heißt, der zweite Parallelverbindungsmechanismus **134** umfasst ein zweites Basiselement **154**, das auf dem torförmigen Rahmen **152** angeordnet ist, eine Öffnung hat, die in seiner Mitte ausgebildet ist, deren Form und Größe fast der Öffnung der horizontalen Platte **150** entspricht, und in einem regelmäßigen Hexagon gestaltet ist; sechs ausfahrbare zweite Stangen **179₁** bis **179₆**, die jeweils das zweite Basiselement und die Retikelstufe RST über ihre Universalgelenke verbinden; und zweite Ausfahrmechanismen **195₁** bis **195₆** (in [Fig. 9](#) nicht zu sehen; siehe [Fig. 17](#)), die jeweils in den zweiten Stangen **179₁** bis **179₆** montiert sind und jeweils ihre zweite Stange aus-/einfahren. Als zweite Stangen **179₁** bis **179₆** werden Stangen mit derselben Struktur wie die erste Stange **78₁** verwendet, und als zweite Ausfahrmechanismen **195₁** bis **195₆** werden Mechanismen mit demselben Aufbau wie der erste Ausfahrmechanismus **94₁** eingesetzt. Linearcodierer **95₇** bis **95₁₂**, die jeweils ein Hall-Bauelement zum Erkennen der Bewegungsmenge einer Magneteinheit in Bezug auf eine Ankereinheit in einem Wellenmotor verwenden, der einen jeweiligen der ersten Ausfahrmechanismen **195₁** bis **195₆** aufweist, und Luftkissen zum Schwebenlassen und Lagern der Magneteinheit in Bezug auf die Ankereinheit auf kontaktlose Weise, sind in den zweiten Stangen **179₁** bis **179₆** montiert.

[0282] Der Ausgang der Linearcodierer **95₇** bis **95₁₂** wird dem Hauptsteuergerät **50** zugeführt und das Hauptsteuergerät **50** steuert auf der Basis des Ausgangs der Linearcodierer **95₇** bis **95₁₂** die zweiten Ausfahrmechanismen **195₁** bis **195₆** über das Stufensteuergerät **52** (siehe [Fig. 17](#)).

[0283] Die Position der Retikelstufe RST in der X-Y-Ebene wird mit drei Interferometern **24Rx₁**, **24Rx₂**, **24Ry** (das Interferometer **24Ry** auf der Rückseite der Zeichnung ist in [Fig. 9](#) nicht zu sehen; siehe [Fig. 17](#)), die an der horizontalen Platte **150** des torförmigen Rahmens **152** befestigt sind, z.B. mit einer Auflösung von 0,5 bis 1 nm erfasst. Diese Position wird mit festen Spiegeln Mr_1 , Mr_2 , Mr_3 (der Spiegel Mr_3 auf der Rückseite der Zeichnung ist nicht zu sehen) als Referenzen erfasst, die an der Seitenfläche der Linsentrommel des optischen Projektionssystems PL befestigt sind. Ebenso wie oben berechnet das Stufensteuergerät **52** die Position in den Freiheitsgraden X, Y, θ_z der Retikelstufe RST und die Positionsinformation in den Freiheitsgraden X, Y, θ_z der Retikelstufe RST wird dem Hauptsteuergerät **50** in Echtzeit vom Stufensteuergerät **52** gemeldet.

[0284] Als Ausrichtungserkennungssystem ALG wird beispielsweise ein Abbildungstyp-Ausrichtungssensor verwendet, der Ausrichtungsmarkierungen (oder die Referenzmarkierungsplatte FM) auf dem Wafer mit einem Breitbandlicht beleuchtet, sein Reflexionslicht empfängt und die Markierungen durch Bildverarbeitung detektiert. Die Details eines solchen Abbildungstyp-Ausrichtungssensors sind im japanischen offengelegten Patent Nr. 7-321030, dem diesem entsprechenden US-Patent Nr. 5,721,605 und dergleichen offenbart. Die Offenbarungen in dem obigen japanischen offengelegten Patent und im US-Patent sind hierin durch diese Bezugnahme eingeschlossen, solange dies die nationalen Gesetze in den designierten Staaten oder gewählten Staaten zulassen, auf die sich diese internationale Anmeldung bezieht. Die Messwerte des Ausrichtungserkennungssystems ALG werden dem Hauptsteuergerät **50** zugeführt (siehe [Fig. 17](#)).

[0285] Übrigens kann als Ausrichtungserkennungssystem ALG eine LIA-(Laser Interferometric Alignment)-Ausrichtungssensormethode angewendet werden, bei der Rastermarkierungen auf einem Wafer mit einem Laserlicht in zwei Richtungen so beleuchtet werden, dass seine gebrochenen Lichtstrahlen miteinander interferieren, und die Positionen der Rastermarkierungen auf der Basis der Phase des interferierten Lichts erkannt werden.

[0286] Ferner ist ein Fokussensor **73** (**73a**, **73b**) auf der Seitenfläche des optischen Projektionssystems PL angeordnet; die Ausgänge des Fokussensors **73** werden dem Stufensteuergerät **52** zugeführt und das Stufensteuergerät **52** berechnet die relative Position mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL des Wafers in den drei Freiheitsgraden Z, θ_x , θ_y , speziell die Z-Position (eine Defokussierungsmenge), die θ_x -Rotation (eine Längsneigungsmenge), die θ_y -Rotation (eine Rollmenge) des Belichtungsbereichs auf der Waferoberfläche auf der Basis der Ausgänge des Fokussensors **73**. Diese Ergebnisse, d.h. die Fokussensormessergebnisse, des Belichtungsbereichs des Wafers werden dem Hauptsteuergerät **50** in Echtzeit gemeldet.

[0287] Ferner ist ein Fokussensor **173** (in [Fig. 9](#) nicht zu sehen; siehe [Fig. 17](#)), der ein Multifokalpositionserkennungssystem ist, das dasselbe ist wie der Fokussensor **73** und die Z-Position der Musteroberfläche des Retikels mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL detektiert, um die Retikelstufe RST herum angeordnet, und der Ausgang des Fokussensors **173** wird zum Stufensteuergerät **52** übertragen. Dann berechnet das Stufensteuergerät **52** die relative Position, mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL, des Retikels in

den Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y , mit anderen Worten, die Z -Position (eine Defokussierungsmenge), die θ_x -Rotation (eine Längsneigungsmenge), die θ_y -Rotation (eine Rollmenge) der Musteroberfläche des Retikels auf der Basis der Ausgänge des Fokussensors **173**. Diese Ergebnisse, d.h. die Fokussniveaumessungsergebnisse, des Retikels werden dem Hauptsteuergerät **50** in Echtzeit gemeldet.

[0288] Als Nächstes wird das Prinzip des Steuerns der Position/Lage eines angetriebenen Körpers in den sechs Freiheitsgraden X , Y , Z , θ_x , θ_y , θ_z durch ein Antriebssystem nachfolgend beschrieben, das sechs Stangen wie der Parallelverbindungsmechanismus der vorliegenden Ausgestaltung hat.

[0289] Als ein solches Antriebssystem betrachte man ein Antriebssystem, wie schematisch in [Fig. 12](#) dargestellt ist, das ein stationäres Element T , einen angetriebenen Körper S , ein Ständerseitenelement $RM1$, ein Läuferseitenelement $RM2$ und ausfahrbare Stangen RD_i ($i = \text{eins bis sechs}$) umfasst, die sechs Punkte A_i ($i = \text{eins bis sechs}$) des stationären Elementes T und sechs Punkte B_i ($i = \text{eins bis sechs}$) des angetriebenen Körpers S verbinden. Danach werden sechs Punkte A_i ($i = \text{eins bis sechs}$) in einer Ebene positioniert, und eine stationäre Koordinate XYZ ist so definiert, dass diese Ebene ihre X - Y -Ebene ist, und der Mittelpunkt dieser Punkte ist ihr Nullpunkt O , und sechs Punkte B_i ($i = \text{eins bis sechs}$) werden in einer Ebene positioniert und eine stationäre Koordinate UYW ist so definiert, dass diese Ebene ihre U - V -Ebene und die Mitte dieser Punkte ihr Nullpunkt P ist. Man beachte, dass das Aus-/Einfahren jeder Stange RD_i dadurch erzielt wird, dass sich ihr Läuferseitenelement $RM2$ entlang der geraden Linie zwischen dem Punkt A_i und dem Punkt B_i bewegt.

[0290] In der vorliegenden Ausgestaltung steuert in dem Antriebssystem von [Fig. 12](#) ein Steuersystem, dessen Blockdiagramm dadurch erhalten wird, dass das von [Fig. 5](#) für die drei Freiheitsgrade in die sechs Freiheitsgrade erweitert wird, die Position/Lage in den sechs Freiheitsgraden X , Y , Z , θ_x , θ_y , θ_z .

[0291] Das heißt, Anfangswerte des Geschwindigkeitseinstellteils **304** und des Position/Lage-Einstellteils **306** werden auf aktuelle Werte für die Position/Lage (X , Y , Z , θ_x , θ_y , θ_z) des angetriebenen Körpers S in den sechs Freiheitsgraden X , Y , Z , θ_x , θ_y , θ_z und Geschwindigkeiten (dX/dt , dY/dt , dZ/dt , $d\theta_x/dt$, $d\theta_y/dt$, $d\theta_z/dt$) eingestellt, und Anfangswerte des Beschleunigungseinstellteils **302** werden auf gewünschte Beschleunigungswerte zum Steuern der Position/Lage (d^2X/dt^2 , d^2Y/dt^2 , d^2Z/dt^2 , $d^2\theta_x/dt^2$, $d^2\theta_y/dt^2$, $d^2\theta_z/dt^2$) eingestellt. Danach wird bis zu einer neuen Anfangseinstellung nur der Beschleunigungseinstellteil **302** von Zeit zu Zeit aktualisiert. Im Geschwindigkeitseinstellteil **304** werden indessen seine Einstellwerte jeweils auf die Summe ihres Anfangswerts und der Integration von Beschleunigungswerten vom Beschleunigungseinstellteil **302** gesetzt, und im Position/Lage-Einstellteil **306** werden seine Einstellwerte jeweils auf die Summe ihres Anfangswerts und der Integration von Geschwindigkeitswerten vom Geschwindigkeitseinstellteil **304** gesetzt.

[0292] Jedes Mal analysiert, auf dieselbe Weise wie in den oben beschriebenen drei Freiheitsgraden, ein Umkehrdynamikanalyseteil **308** die Beschleunigungseinstellwerte des Beschleunigungseinstellteils **302**, die Geschwindigkeitseinstellwerte des Geschwindigkeitseinstellteils **304** und die Position/Lage-Einstellwerte des Position/Lage-Einstellteils **306**, die auf diese Weise eingestellt und darin eingegeben werden, und auf der Basis dieser Ergebnisse dieser Analyse ermittelt der Umkehrdynamikanalyseteil **308** Befehlswerte von Schüben für jede Stange RD_i . Auf dieselbe Weise wie in den oben beschriebenen drei Freiheitsgraden wird die Position/Lage des angetriebenen Körpers S in den sechs Freiheitsgraden gesteuert.

[0293] Als Nächstes wird eine Art und Weise, in der der erste Parallelverbindungsmechanismus **132** die Position/Lage der Waferstufe WST in den sechs Freiheitsgraden steuert, mit Bezug auf die [Fig. 13](#) bis [Fig. 16](#) nachfolgend beschrieben.

[0294] Das Hauptsteuergerät **50** kann die Waferstufe WST um eine Distanz $L1$ in einer Nichtabtastrichtung, d.h. der X -Richtung, durch Steuern des Aus-/Einfahrens der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** über die ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** und beispielsweise Ändern eines Zustands der in [Fig. 13](#) mit durchgezogenen Linien gezeigten ersten Stangen **178₁** bis **178₆** in einen durch virtuelle Linien (Zweipunkt-Kettenlinien) angedeuteten anderen Zustand bewegen. Ebenso kann das Hauptsteuergerät **50** die Waferstufe WST in einer Abtastrichtung, d.h. der Y -Richtung, durch geeignetes Steuern der Aus-/Einfahrbewegungen der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** über die ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** bewegen.

[0295] Ferner kann das Hauptsteuergerät **50** die Waferstufe WST um eine Distanz $L2$ nach oben in der Z -Achsenrichtung durch Steuern der Aus-/Einfahrbewegungen der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** über die ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** und beispielsweise Ändern eines Zustands der ersten Stangen **178₁** bis **178₆**, in [Fig. 14](#) durch durchgezogene Linien dargestellt, in einen durch virtuelle Linien (Zweipunkt-Kettenlinien) angedeuteten Zustand bewegen. Man beachte, dass es aufgrund der Auf-/Abwärtsbewegung der Waferstufe kei-

ne Möglichkeit gibt, dass der Messstrahl des Interferometers aus der Reflexionsoberfläche hinaus gerät, weil ein Bewegungshub in der Z-Achsenrichtung in der Praxis z.B. etwa 100 µm beträgt.

[0296] Außerdem kann das Hauptsteuergerät **50** die Waferstufe WST durch einen feinen Winkel ϕ_1 um die Y-Achse durch den Schwerpunkt der Waferstufe passierend durch Steuern des Aus-/Einfahrens der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** über die ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** und Ändern eines in [Fig. 15](#) durch durchgezogene Linien angedeuteten Zustands der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** in einen durch virtuelle Linien (Zweipunkt-Kettenlinien) angedeuteten anderen Zustand drehen. Somit ist die θ_y -Rotation (eine Rollmenge) der Waferstufe WST justierbar. Ebenso kann das Hauptsteuergerät **50** die θ_x -Rotation (eine Längsneigungsmenge) der Waferstufe WST durch entsprechendes Steuern der Aus-/Einfahrbewegungen der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** über die ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** justieren.

[0297] Ebenso kann das Hauptsteuergerät **50** die Waferstufe WST durch einen feinen Winkel ϕ_2 um die Z-Achse durch den Schwerpunkt der Waferstufe passierend durch Steuern der Aus-/Einfahrbewegungen der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** über die ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** und beispielsweise Ändern eines in [Fig. 16](#) durch durchgezogene Linien angedeuteten Zustands der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** in einen durch virtuelle Linien angedeuteten anderen Zustand drehen. Somit ist die θ_z -Rotation (eine Giermenge) der Waferstufe WST justierbar.

[0298] Wie oben beschrieben, kann in der vorliegenden Ausgestaltung die Position/Lage der Waferstufe WST in den sechs Freiheitsgraden durch den ersten Parallelverbindungsmechanismus **132** gesteuert werden.

[0299] Ebenso wie oben kann das Hauptsteuergerät **50** die Position/Lage der Retikelstufe RST in den sechs Freiheitsgraden durch geeignetes Steuern des Aus-/Einfahrens der sechs zweiten Stangen **179₁** bis **179₆** des zweiten Parallelverbindungsmechanismus **134** über die ersten Ausfahrmechanismen **195₁** bis **195₆** steuern.

[0300] [Fig. 17](#) zeigt schematisch den Aufbau des Steuersystems der Belichtungsvorrichtung **130**. Dieses Steuersystem in [Fig. 17](#) setzt sich aus dem Hauptsteuergerät **50** und dem Stufensteuergerät **52** als sein Hauptteil zusammen, die jeweils ein Mikrocomputer oder eine Workstation sind.

[0301] Als Nächstes wird nachfolgend mit Bezug auf [Fig. 17](#) usw. der Vorgang des Belichtens mit der Belichtungsvorrichtung **130** der vorliegenden Ausgestaltung beschrieben.

[0302] Zunächst wird, in derselben Weise wie in der ersten Ausgestaltung, nach der Vorbereitung wie z.B. Retikelausrichtung und Basislinienmessung mit einem Retikelmikroskop, einem Ausrichtungserkennungssystem ALG, einer Referenzmarkierungsplatte FM und dergleichen (alle nicht dargestellt), eine Feinausrichtung (EGA (Enhanced Global Alignment) usw.) eines Wafers W mit dem Ausrichtungserkennungssystem ALG durchgeführt, und dann werden die Anordnungskoordinaten einer Mehrzahl von Belichtungsbereichen auf dem Wafer erhalten. Bei solchen Vorbereitungsarbeiten bewegt das Hauptsteuergerät **50** die Waferstufe WST über das Stufensteuergerät **52** unter Anwendung des obigen Antriebsprinzips und Steuern der ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆**, die den ersten Parallelverbindungsmechanismus **132** bilden.

[0303] Als Nächstes steuert das Hauptsteuergerät **50** unter Anwendung des obigen Antriebsprinzips auf der Basis der Positionsinformationen in den Freiheitsgraden X, Y, θ_z der Retikelstufe RST, die von der Stufeneinheit **52** in Echtzeit gemeldet wurden, die Aus-/Einfahrbewegungen der zweiten Stangen **179₁** bis **179₆** über das Stufensteuergerät **52** mit Hilfe der zweiten Ausfahrmechanismen **195₁** bis **195₆**, die den zweiten Parallelverbindungsmechanismus **134** bilden, bewegt die Retikelstufe RST und positioniert das Retikel R am Abtastanfangspunkt in der Y-Richtung. Ebenso steuert das Hauptsteuergerät **50** unter Anwendung des obigen Antriebsprinzips auf der Basis der von der Stufeneinheit **52** in Echtzeit gemeldeten Positionsinformationen in den Freiheitsgraden X, Y, θ_z der Waferstufe WST das Aus-/Einfahren der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** über das Stufensteuergerät **52** mit Hilfe der ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆**, die den ersten Parallelverbindungsmechanismus **132** bilden, bewegt die Waferstufe WST und positioniert einen entsprechenden Belichtungsbereich auf dem Wafer W am Abtaststartpunkt in der Y-Richtung.

[0304] Dann bewegt das Hauptsteuergerät **50** unter Anwendung des obigen Antriebsprinzips auf der Basis der von der Stufeneinheit **52** in Echtzeit gemeldeten Positionsinformationen in den Freiheitsgraden X, Y, θ_z der Retikelstufe RST und der Waferstufe WST die Retikelstufe RST und die Waferstufe WST synchron in zueinander entgegengesetzten Richtungen mit einem Geschwindigkeitsverhältnis, das der Projektionsvergrößerung entspricht, durch Steuern des ersten und zweiten Parallelverbindungsmechanismus **132**, **134**, und es erfolgt die Abtastbelichtung.

[0305] Bei dieser Abtastbelichtung steuert das Hauptsteuergerät **50** die Geschwindigkeiten der sechs ersten Stangen **178** und der sechs zweiten Stangen **179**, die jeweils den ersten Parallelverbindungsmechanismus **132** und den zweiten Parallelverbindungsmechanismus **134** bilden, infolge der Positionssteuerung jeder Stufe auf der Basis des obigen Antriebsprinzips.

[0306] Mit dem obigen Vorgang ist die One-Scan-Belichtung (Einzelschussbelichtung) des Retikels R abgeschlossen.

[0307] Als Nächstes bewegt das Stufensteuergerät **52** auf Befehle vom Hauptsteuergerät **50** hin die Waferstufe WST um eine Reihe von Belichtungsbereichen in der X-Richtung weiter und tastet die Waferstufe WST und die Retikelstufe RST jeweils in einer zu ihrer vorherigen Richtung entgegengesetzten Richtung ab und führt eine Abtastbelichtung auf andere Belichtungsbereiche auf dem Wafer durch.

[0308] Während der obigen Abtastbelichtung berechnet das Hauptsteuergerät **50** auf der Basis der vom Stufensteuergerät **52** in Echtzeit gemeldeten Messergebnisse von Fokussierung und Nivellierung im Belichtungsbereich auf dem Wafer die Werte von Z , θ_x , θ_y der Waferstufe WST so, dass die Belichtungsbereiche im Bereich der Fokustiefe des optischen Projektionssystems PL gehalten werden, berechnet Beschleunigungswerte zum Realisieren der durch diese Werte angegebenen Position/Lage, und überträgt sie zur Stufeneinheit **52**. Dadurch steuert das Stufensteuergerät **52** auf der Basis der Beschleunigungswerte die ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆**, die den ersten Parallelverbindungsmechanismus **132** bilden, steuert die Aus-/Einfahr-bewegungen der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** und steuert die Position/Lage in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y der Waferstufe WST und ihre Position/Lage in den Freiheitsgraden X , Y , θ_x gleichzeitig. Das heißt, auf diese Weise erfolgt die Justierung der relativen Position in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y zwischen dem optischen Projektionssystem und dem Wafer W (Waferstufe WST), d.h. eine Fokusnivellierungssteuerung, auf präzise Weise, um eine Verschlechterung von Musterübertragungsbildern aufgrund einer Defokussierung weitgehend zu verhüten.

[0309] Ferner berechnet das Hauptsteuergerät **50** bei der obigen Abtastbelichtung auf der Basis der vom Stufensteuergerät **52** in Echtzeit gemeldeten Messergebnisse von Fokussierung und Nivellierung im Belichtungsbereich auf dem Wafer die Werte von Z , θ_x , θ_y der Retikelstufe RST, berechnet Beschleunigungswerte zum Realisieren der durch diese Werte angegebenen Position/Lage und übermittelt sie der Stufeneinheit **52** zum Halten der Position/Lage, in den Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y der Retikelstufe RST in einem gewünschten Zustand. Auf der Basis der Beschleunigungswerte steuert das Stufensteuergerät **52** die zweiten Ausfahrmechanismen **195₁** bis **195₆**, die den Parallelverbindungsmechanismus **134** bilden, steuert die Aus-/Einfahr-bewegungen der zweiten Stangen **179₁** bis **179₆** und steuert die Position/Lage der Retikelstufe RST in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y und ihre Position/Lage gleichzeitig in den Freiheitsgraden X , Y , θ_z . Das heißt, auf diese Weise wird die relative Position, in drei Freiheitsgraden Z , θ_x , θ_y , der Retikelstufe RST mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL justiert.

[0310] Daher werden die Übertragungspositionsabweichungen, Bildunschärfen usw. von Musterübertragungsbildern aufgrund von Defokussierung usw. effektiv unterdrückt.

[0311] Wie oben beschrieben, fährt das Hauptsteuergerät **50** in der Belichtungsvorrichtung **130** der zweiten Ausgestaltung die ersten Stangen **178₁** bis **178₆** mittels der ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆**, die den ersten Parallelverbindungsmechanismus **132** bilden, über das Stufensteuergerät **52** individuell aus und ein und steuert dadurch präzise die Position/Lage in den sechs Freiheitsgraden X , Y , Z , θ_x , θ_y , θ_z der Waferstufe WST mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit. Da die Waferstufe WST vom ersten Parallelverbindungsmechanismus **132** angetrieben wird, sind ein solcher Treiber zum Antreiben der Waferstufe WST wie ein Linearmotor und eine Stufenbasis (Waferbasismivellierblock) zum Lagern der Waferstufe WST unnötig. Ebenso ist es unnötig, einen Z-Kippantriebsmechanismus usw. auf der Waferstufe WST vorzusehen. Daher ist es möglich, die Waferstufe WST klein und leicht zu machen.

[0312] In der Belichtungsvorrichtung **130** der vorliegenden Ausgestaltung fährt das Hauptsteuergerät **50** die zweiten Stangen **179₁** bis **179₆** unter Verwendung der zweiten Ausfahrmechanismen **195₁** bis **195₆**, die den zweiten Parallelverbindungsmechanismus **134** bilden, über das Stufensteuergerät **52** individuell aus und ein und steuert dadurch präzise die Position/Lage, in den sechs Freiheitsgraden $(X, Y, Z, \theta_x, \theta_y, \theta_z)$, der Retikelstufe RST mit erwünschten Betriebseigenschaften und hoher Starrheit. Da die Retikelstufe RST von dem zweiten Parallelverbindungsmechanismus **134** angetrieben wird, sind ein solcher Treiber zum Antreiben der Retikelstufe RST wie ein Linearmotor und eine Stufenbasis (Retikelbasismivellierblock) zum Lagern der Retikelstufe RST unnötig. Ebenso ist es unnötig, einen Z-Kippantriebsmechanismus usw. auf der Retikelstufe RST vor-

zusehen. Daher ist es möglich, die Retikelstufe RST klein und leicht zu machen.

[0313] Ferner trägt in der Belichtungsvorrichtung **130** der vorliegenden Ausgestaltung ein Tragmechanismus (**140**, **142**, **144**) das daran befestigte optische Projektionssystem PL auf der Bodenfläche FD, wo die Belichtungsvorrichtung **130** installiert ist. Daher steuert das Hauptsteuergerät **50** nach dem Justieren des optischen Projektionssystems PL in eine gewünschte Position und Lage bei der Anfangsjustierung im Voraus und dem Befestigen desselben in einem solchen Zustand mit dem Tragmechanismus, die Position/Lage, in den sechs Freiheitsgraden ($X, Y, Z, \theta_x, \theta_y, \theta_z$), der Waferstufe WST und der Retikelstufe RST wie oben beschrieben. Infolgedessen kann die relative Position, in sechs Freiheitsgraden, der Waferstufe WST (Wafer W) mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL und die relative Position, in sechs Freiheitsgraden, der Retikelstufe RST (Retikel R) mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL gesteuert werden. Ebenso wird die Position/Lage, in sechs Freiheitsgraden, des Wafers W mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL als Referenz vom Waferinterferometersystem (**24Wx₁**, **24Wx₂**, **24Wy**) und dem Fokussensor **73** gemessen, die am Linsentrommelnivellierblock **144** oder am optischen Projektionssystem PL befestigt sind, die bezüglich Schwingungen von der Waferstufe WST und der Retikelstufe RST unabhängig sind. Somit können präzise Messungen durchgeführt werden.

[0314] In der vorliegenden Ausgestaltung kann das Hauptsteuergerät **50**, weil die ersten Ausfahrmechanismen **194₁** bis **194₆** und die zweiten Ausfahrmechanismen **195₁** bis **195₆** jeweils einen Luftzylinder und einen Wellenmotor, die zueinander in Reihe geschaltet sind, umfassen, die Waferstufe WST und die Retikelstufe RST grob und über größere Distanzen durch Regeln des Luftdrucks des Luftzylinders und auch fein mit dem Wellenmotor antreiben. Infolgedessen kann das Hauptsteuergerät **50** die Positionen/Lagen, in sechs Freiheitsgraden, der Waferstufe und der Retikelstufe und dann ihre relativen Positionen mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL in einer kurzen Zeit präzise justieren.

[0315] In der vorliegenden Ausgestaltung kann in derselben Weise wie in der ersten Ausgestaltung, weil die ersten Stangen **178₁** bis **178₆** und die zweiten Stangen **179₁** bis **179₆** jeweils ein Luftkissen zum Lagern des Läufers des Wellenmotors mit Bezug auf seinen Ständer auf kontaktlose Weise umfassen, beim Steuern der Aus-/Einfahrbewegungen der ersten Stangen **178₁** bis **178₆** und der zweiten Stangen **179₁** bis **179₆** durch Ausfahrmechanismen als nichtlineare Komponente wirkende Reibung vermieden werden. Daher können die Positionen/Lagen, in sechs Freiheitsgraden, der Waferstufe WST und der Retikelstufe RST präziser gesteuert werden. Man beachte, dass in diesem Fall eine Magnetlagereinheit anstatt des Luftkissens verwendet werden kann.

[0316] In der Belichtungsvorrichtung **130** der vorliegenden Ausgestaltung kann in derselben Weise wie in der ersten Ausgestaltung ein weitaus größerer Schub im Vergleich zu beispielsweise dem gewöhnlichen Linear-motor usw. erzeugt werden, und sie kann kleiner als ein Hydraulikzylinder usw. gemacht werden. Ebenso sind die Parallelverbindungsmechanismen **132**, **134**, von denen jede Stange einen Luftzylinder und einen Wellenmotor umfasst, für die Belichtungsvorrichtung **130** geeignet, weil die Belichtungsvorrichtung klein und leichter wird und gleichzeitig ihr Ausgang besser wird.

[0317] In der Belichtungsvorrichtung **130** der vorliegenden Ausgestaltung justiert das Hauptsteuergerät **50** die relative Position mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL der Waferstufe WST und/oder der Retikelstufe RST statisch unter Verwendung von Luftzylindern, die die ersten und zweiten Ausfahrmechanismen bilden, und kann Vibrationen durch Verwenden von Wellenmotoren unterdrücken. Auf diese Weise ist es möglich, die relative Position mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL der Waferstufe WST und/oder Retikelstufe RST zu justieren und durch den Aus-/Einfahrtrieb der Stangen verursachte Vibrationen zu unterdrücken.

[0318] Das Hauptsteuergerät **50** kann niederfrequente Vibrationen durch Regeln des Luftdrucks der Luftzylinder, die die ersten und zweiten Ausfahrmechanismen bilden, unterdrücken und hochfrequente Vibrationen durch Steuern der Ströme zu den Wellenmotoren isolieren. Daher können niederfrequente Vibrationen im Waferbasisnivellierblock **38** und im Retikelbasisnivellierblock **12** aufgrund einer durch den Antrieb jeder Stufe verursachten Reaktion unterdrückt und feine Vibrationen von der Bodenfläche, d.h. hochfrequente Vibrationen, isoliert werden.

[0319] Ferner kann das Hauptsteuergerät **50** hochfrequente Vibrationen durch Steuern von Strömen zu den Wellenmotoren isolieren, so dass feine Vibrationen von der Bodenfläche, d.h. hochfrequente Vibrationen, isoliert werden können.

[0320] In der Belichtungsanordnung **130** der vorliegenden Erfindung machen eine Reihe von oben beschriebenen Bauelementen die Waferstufe WST und die Retikelstufe RST leicht, verbessern die Steuerbarkeit ihrer Positionen und ihre Eigenschaften des Unterdrückens von Vibrationen der Einheiten und des Isolierens von Vibrationen des Fußbodens, und ermöglichen die Herstellung von hoch integrierten Halbleiterbauelementen mit feineren Linienbreiten mit hohem Ertrag. Ebenso kann die Belichtungsanordnung der vorliegenden Ausgestaltung eine Belichtung mit hoher Auflösung unter Verwendung von F_2 -Laserlicht oder einem Energiestrahl von kürzerer Wellenlänge in der mit einem Gas wie Helium gefüllten Atmosphäre durchführen.

[0321] Übrigens wurde zwar in der zweiten Ausgestaltung ein Fall beschrieben, bei dem die Positionen/Lagen, in sechs Freiheitsgraden, der Waferstufe WST und der Retikelstufe RST von den Parallelverbindungsmechanismen gesteuert werden, aber die vorliegende Erfindung ist natürlich darauf nicht beschränkt. So kann beispielsweise die Position/Lage, in sechs Freiheitsgraden, von nur der Waferstufe WST oder der Retikelstufe RST durch den Parallelverbindungsmechanismus gesteuert werden, während die jeweils andere Stufe in den Freiheitsgraden X, Y, θ_z mit einem Linearmotor, einem Planarmotor usw. gesteuert wird, und die Position/Lage, in den Freiheitsgraden Z, θ_x , θ_y , eines auf der Stufe montierten Objekts (Wafer oder Retikel) wird von einem an der Stufe vorgesehenen Z-Nivellierungsmechanismus gesteuert.

[0322] In einem anderen Fall können für die Waferstufe WST und/oder die Retikelstufe RST die Positionen/Lagen in wenigstens drei Freiheitsgraden, z.B. X, Y, θ_z , durch die drei ausfahrbare Stangen umfassenden Parallelverbindungsmechanismen gesteuert werden. In diesem Fall sind ein Treiber wie z.B. ein Linearmotor, eine Stufenbasis und dergleichen der Waferstufe WST und/oder der Retikelstufe RST unnötig. Man beachte, dass es zum Steuern der Positionen/Lagen von Wafer und Retikel in sechs Freiheitsgraden notwendig ist, einen Mechanismus (z.B. einen Z-Kippantriebsmechanismus) und dergleichen zum Antreiben des auf der Stufe montierten Objekts (Wafer bzw. Retikel) in den drei anderen Freiheitsgraden (z.B. Z, θ_x , θ_y) vorzusehen.

[0323] Übrigens kann, obwohl in der zweiten Ausgestaltung ein Fall beschrieben wurde, in dem ein Tragmechanismus (**140**, **142**, **144**) das daran befestigte optische Projektionssystem PL auf der Bodenfläche FD trägt, ein wenigstens drei ausfahrbare Stangen umfassender Parallelverbindungsmechanismus das optische Projektionssystem PL wie in der ersten Ausgestaltung tragen. In diesem Fall kann die Anfangsjustierung des optischen Projektionssystems PL durch Steuern des Ausfahrmechanismus jeder Stange leicht durchgeführt werden. Danach kann das optische Projektionssystem PL so getragen werden, dass es eine erwünschte und feste Position/Lage einnimmt, indem die Länge jeder Stange von ihrem Ausfahrmechanismus gehalten wird. Dann kann durch Steuern der Positionen/Lagen beider Stufen und Justieren der relativen Positionen, in wenigstens drei Freiheitsgraden, beider Stufen mit Bezug auf das optische Projektionssystem PL die gesamte Justierung auf zufriedenstellende Weise durchgeführt werden. In diesem Fall wird ein Ausfahrmechanismus bevorzugt, der einen Luftzylinder wie die obigen Ausfahrmechanismen umfasst. Mit einem solchen Ausfahrmechanismus kann die anfängliche Position/Lage des optischen Projektionssystems PL durch Justieren des Innendrucks des Luftzylinders leicht justiert werden.

[0324] Ferner wurde in der zweiten Ausgestaltung zwar ein Fall beschrieben, bei dem das Basiselement **136** des ersten Verbindungsmechanismus **132** zum Steuern der Position/Lage der Waferstufe WST und das Basiselement **154** des zweiten Verbindungsmechanismus **134** zum Steuern der Position/Lage der Retikelstufe RST getrennt sind, aber diese Basiselemente können auch ein Element sein. In diesem Fall können, wenn ein Verbindungsmechanismus das optische Projektionssystem PL trägt, das Basiselement des Verbindungsmechanismus und das Basiselement **136** und/oder das Basiselement **154** ein Element sein.

[0325] Man beachte, dass die Parallelverbindungsmechanismen der ersten und der zweiten Ausgestaltung Beispiele sind und dass Parallelverbindungsmechanismen, die die Belichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung verwenden kann, darauf nicht beschränkt sind.

[0326] Die Belichtungsanordnung der vorliegenden Ausgestaltungen wird durch Montieren verschiedener Subsysteme hergestellt, die Elemente in den Ansprüchen der vorliegenden Patentanmeldung umfassen, während die mechanische, die elektrische und die optische Präzision beibehalten werden. Um die Präzision vor und nach der Montage zu gewährleisten, erfolgt eine Justierung zum Erzielen der optischen Präzision an ihrem optischen System; die Justierung zum Erzielen der mechanischen Präzision erfolgt an ihrem mechanischen System und die Justierung zum Erzielen der elektrischen Präzision erfolgt an ihrem elektrischen System. Das Verfahren zum Montieren verschiedener Subsysteme zu einer Belichtungsanordnung beinhaltet das mechanische Verbinden unter den Subsystemen, das Verbinden von elektrischen Schaltkreisen und das Verbinden von Luftdruckkreisrohren. Es versteht sich von selbst, dass vor dem Montieren verschiedener Subsysteme zu einer Belichtungsanordnung jedes Subsystem einzeln zu montieren ist. Nach dem Vorgang des Montierens ver-

schiedener Subsysteme zu einer Belichtungsvorrichtung erfolgt eine umfassende Justierung, um verschiedene Präzisionsarten der gesamten Belichtungsvorrichtung zu gewährleisten. Man beachte, dass bevorzugt wird, eine Belichtungsvorrichtung in einem Reinraum herzustellen, wo die Temperatur, der Reinheitsgrad und dergleichen reguliert werden.

[0327] Übrigens wurde in den vorliegenden Ausgestaltungen zwar ein Fall beschrieben, bei dem die vorliegende Erfindung in einer Abtastbelichtungsvorrichtung eines Step-and-Scan-Verfahrens angewendet wird, aber die vorliegende Erfindung ist darauf nicht beschränkt. Die vorliegende Erfindung kann geeigneterweise in einem Typ mit stationärer Belichtung wie z.B. einer Belichtungsvorrichtung (Stepper) eines Step-and-Repeat-Verfahrens sowie in einer Belichtungsvorrichtung eines Step-and-Switch-Verfahrens wie z.B. bei einem Spiegelprojektionsjustierer zum Einsatz kommen.

[0328] Übrigens wurde in den vorliegenden Ausgestaltungen zwar ein Fall beschrieben, bei dem Licht, dessen Wellenlänge im Bereich von etwa 120 nm bis etwa 180 nm liegt und das zum Vakuumultraviolettbereich gehört, F₂-Laserlicht, Kr₂-Laserlicht, Ar₂-Laserlicht, ArF-Excimer-Laserlicht oder dergleichen als Belichtungslicht verwendet wird, aber es kann auch ein ultraviolettes Emissionslicht (g-Linie, i-Linie usw.) von einer Ultrahochdruck-Quecksilberlampe, KrF-Excimer-Laserlicht, Oberwelle von Kupferdampfzylinder oder YAG-Laser oder dergleichen verwendet werden.

[0329] Ferner wird als Vakuumultraviolettlicht ArF-Excimer-Laserlicht oder F₂-Laserlicht verwendet. Es kann jedoch eine höhere Oberwelle verwendet werden, die mit einer Wellenlängenkonvertierung in Ultraviolett mittels eines nichtlinearen optischen Kristalls nach dem Verstärken eines Einzelwellenlängen-Laserlichts, Infrarot oder sichtbar, erhalten wird, das von einem DFB-Halbleiterlaserelement oder einem Faserlaser durch einen Faserverstärker mit beispielsweise Erbium- (oder Erbium und Ytterbium) Dotierung emittiert wird.

[0330] Wenn man beispielsweise betrachtet, dass die Oszillationswellenlänge eines Einzelwellenlängens Lasers im Bereich von 1,51 bis 1,59 µm liegt, dann wird eine achtmal höhere Oberwelle, deren Wellenlänge im Bereich von 189 bis 199 nm liegt, oder eine zehnmal höhere Oberwelle, deren Wellenlänge im Bereich von 151 bis 159 nm liegt, emittiert. Besonders dann, wenn die Oszillationswellenlänge im Bereich von 1,544 bis 1,553 µm liegt, wird eine achtmal höhere Oberwelle, deren Wellenlänge im Bereich von 193 bis 194 nm liegt, d.h. fast dasselbe Licht wie ArF-Excimer-Laserlicht (ultraviolettes Licht), erhalten, und wenn die Oszillationswellenlänge im Bereich von 1,57 bis 1,58 µm liegt, dann wird eine zehnmal höhere Oberwelle, deren Wellenlänge im Bereich von 157 bis 158 nm liegt, d.h. fast dasselbe Licht wie F₂-Laserlicht (ultraviolettes Licht), erhalten.

[0331] Ferner wird, wenn die Oszillationswellenlänge im Bereich von 1,03 bis 1,12 µm liegt, eine siebenmal höhere Oberwelle, deren Wellenlänge im Bereich von 147 bis 160 nm liegt, emittiert, und besonders dann, wenn die Oszillationswellenlänge im Bereich von 1,099 bis 1,106 µm liegt, wird eine siebenmal höhere Oberwelle, deren Wellenlänge im Bereich von 157 bis 158 nm liegt, d.h. fast dasselbe Licht wie F₂-Laserlicht (ultraviolettes Licht), erhalten. In diesem Fall kann beispielsweise mit Ytterbium dotierter Faserlaser als Einzelwellenlängenslaser verwendet werden.

[0332] Ferner kann die vorliegende Erfindung auf eine Abtastbelichtungsvorrichtung angewendet werden, die mit EUV-(Extreme Ultraviolet)-Licht, dessen Wellenlänge im Bereich von 5 bis 50 nm liegt, als Belichtungslicht arbeitet. Bei einer solchen mit EUV-Licht arbeitenden Belichtungsvorrichtung werden ein optisches System des Vollreflexionstyps und ein Reflexionstyp-Retikel eingesetzt.

[0333] Ebenso kann die vorliegende Erfindung nicht nur auf eine oben beschriebene Belichtungsvorrichtung angewendet werden, sondern auch auf eine Belichtungsvorrichtung, die mit einem geladenen Partikelstrahl wie z.B. einem Elektronenstrahl arbeitet.

[0334] Außerdem kann die vorliegende Erfindung nicht nur auf Mikrobaulemente wie Halbleiterbaulemente angewendet werden, sondern auch auf die Produktion von Retikeln oder Masken, die von einer Belichtungsvorrichtung, EUV-(Extreme Ultraviolet)-Belichtungsvorrichtung, einer Röntgenbelichtungsvorrichtung und einer Elektronenstrahlbelichtungsvorrichtung sowie einer Belichtungsvorrichtung verwendet werden, die eine Schaltungsstruktur auf ein Glassubstrat oder einen Siliciumwafer überträgt. Übrigens wird in einer Belichtungsvorrichtung, die DUV- (fernes ultraviolettes)-Licht oder VUV-(Vakuumultraviolett)-Licht verwendet, im Allgemeinen ein Retikel des Transmissionstyps eingesetzt. Und als Substrat des Retikels wird Quarzglas, Quarzglas mit Fluor dotiert, Fluorit, Magnesiumfluorid oder Quarzkristall verwendet. Und eine Röntgenstrahlen- oder eine Elektronenstrahlbelichtungsvorrichtung mit einem Näherungsverfahren arbeitet mit einer Transmissions-typ-Maske (Schablonenmaske, Membranmaske), und als Substrat der Maske wird ein Siliciumwafer oder der-

gleichen verwendet.

[0335] Man beachte, dass die vorliegende Erfindung nicht nur auf eine Waferbelichtungsvorrichtung angewendet werden kann, die bei der Produktion von Halbleiterbauelementen eingesetzt wird, sondern auch auf eine Belichtungsvorrichtung, die eine Bauelementstruktur auf eine Glasplatte überträgt und bei der Produktion von Displays wie z.B. Flüssigkristallanzeigebauerelementen verwendet wird, eine Belichtungsvorrichtung, die eine Bauelementstruktur auf eine Keramikplatte überträgt und bei der Produktion von dünnen Magnetköpfen eingesetzt wird, und eine Belichtungsvorrichtung, die bei der Produktion von Aufnehmerbauelementen (CCD, usw.) eingesetzt wird.

[0336] Ferner kann der Parallelverbindungsmechanismus gemäß der vorliegenden Erfindung nicht nur auf eine Belichtungsvorrichtung angewendet werden, sondern vorzugsweise auch auf jede Vorrichtung, die miniaturisiert und leichter gemacht und deren Ausgang verbessert werden soll und die die Position/Lage eines an-treibenden Körpers präzise steuern muss.

<<Ein Bauelementherstellungsverfahren>>

[0337] Die Ausgestaltung des Verfahrens zur Herstellung eines Bauelementes unter Verwendung der obigen Belichtungsvorrichtung in Lithografieprozessen wird als Nächstes beschrieben.

[0338] [Fig. 18](#) ist ein Fließschema für die Herstellung eines Bauelementes (Halbleiterchip wie IC oder LSI, Flüssigkristalltafel, CCD, dünner Magnetkopf, Mikromaschine oder dergleichen) in dieser Ausgestaltung. Wie in [Fig. 18](#) gezeigt, erfolgt in Schritt **201** (Designschritt) der Entwurf von Funktion/Leistung für ein Bauelement (z.B. Schaltungsdesign für ein Halbleiterbauelement), um ein Musterdesign zum Implementieren der Funktion auszuführen. In Schritt **202** (Maskenherstellungsschritt) wird eine Maske hergestellt, auf der die geplante Schaltungsstruktur ausgebildet wird. In Schritt **203** (Waferherstellungsschritt) wird ein Wafer unter Verwendung eines Siliciummaterials oder dergleichen hergestellt.

[0339] In Schritt **204** (Waferverarbeitungsschritt) wird eine tatsächliche Schaltung und dergleichen auf dem Wafer durch Lithografie oder dergleichen unter Verwendung der in den Schritten **201** bis **203** vorbereiteten Maske und Wafer ausgebildet, wie nachfolgend beschrieben wird. In Schritt **205** (Bauelementmontageschritt) wird ein Bauelement unter Verwendung des in Schritt **204** bearbeiteten Wafers montiert. Schritt **205** beinhaltet Vorgänge wie Zertrennen, Bonden und Verpacken (Chipverkapselung).

[0340] Schließlich erfolgen in Schritt **206** (Inspektionsschritt) ein Test des Betriebs des Bauelementes, ein Haltbarkeitstest und dergleichen. Nach diesen Schritten ist das Bauelement fertig und wird versandt.

[0341] [Fig. 19](#) ist ein Fließschema, das ein detailliertes Beispiel für den oben beschriebenen Schritt **204** zur Herstellung des Halbleiterbauelementes zeigt. Gemäß [Fig. 19](#) wird in Schritt **211** (Oxidationsschritt) die Oberfläche des Wafers oxidiert. In Schritt **212** (CVD-Schritt) wird ein Isolierfilm auf der Waferoberfläche gebildet. In Schritt **213** (Elektrodenbildungsschritt) wird eine Elektrode durch Aufdampfung auf dem Wafer ausgebildet. In Schritt **214** (Ionenimplantationsschritt) werden Ionen im Wafer implantiert. Die oben beschriebenen Schritte **211** bis **214** bilden einen Vorprozess für jeden Schritt im Waferprozess und werden selektiv gemäß der in jedem Schritt erforderlichen Verarbeitung ausgeführt.

[0342] Wenn der obige Vorprozess in jedem Schritt im Waferprozess abgeschlossen ist, dann wird ein Nachprozess wie folgt ausgeführt. In diesem Nachprozess wird zunächst in Schritt **215** (Resist-Bildungsschritt) der Wafer mit einem fotosensitiven Mittel beschichtet. In Schritt **216** wird die Schaltungsstruktur auf der Maske mit der/dem oben beschriebenen Belichtungsvorrichtung und -verfahren auf den Wafer übertragen. In Schritt **217** (Entwicklungsschritt) wird der belichtete Wafer entwickelt. In Schritt **218** (Ätzschritt) wird ein belichtetes Element auf einem anderen Teil als dem, auf dem Resist übrig ist, durch Ätzen entfernt. In Schritt **219** (Resist-Entfernungsschritt) wird das unnötige Resist nach dem Ätzen entfernt.

[0343] Durch wiederholtes Durchführen dieses Vorprozesses und Nachprozesses wird eine mehrschichtige Schaltungsstruktur auf jedem Belichtungsbereich des Wafers ausgebildet.

[0344] Gemäß dem Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes der vorliegenden Ausgestaltung wird, da die Belichtung mit Hilfe einer Belichtungsvorrichtung **10** oder **130** der obigen Ausgestaltungen im Belichtungsprozess (Schritt **216**) erfolgt und die Belichtungspräzision verbessert wird, ein hoch integriertes Bauelement mit hohem Ertrag hergestellt.

[0345] Wie oben beschrieben wurde, ist der Parallelverbindungsmechanismus gemäß der vorliegenden Erfindung, da er Miniaturisierung und Gewichtsverringerung realisieren kann, für die Anwendung auf eine Belichtungsvorrichtung geeignet. Ferner ist die Belichtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung geeignet, ein feines Muster aus mehreren Schichten auf einem Substrat wie z.B. einem Wafer durch Übertragen jeder Schicht präzise zu bilden. Ferner ist das Verfahren zur Herstellung eines Bauelementes gemäß der vorliegenden Erfindung zur Herstellung eines Bauelementes mit einer feinen Struktur geeignet.

Patentansprüche

1. Belichtungsvorrichtung, die ein vorbestimmtes Muster auf ein Substrat überträgt, wobei die Belichtungsvorrichtung Folgendes umfasst:

einen Belichtungshauptteil, der das Muster überträgt;

einen Parallelverbindungsmechanismus, der den Belichtungshauptteil so trägt, dass seine Lage steuerbar ist;

einen Detektor, der eine Lage des Belichtungshauptteils erfasst; und

ein Steuergerät, das den Parallelverbindungsmechanismus gemäß einem Erfassungsergebnis des Detektors steuert.

2. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Belichtungshauptteil eine Substratstufe umfasst, die das Substrat hält, und wobei das Steuergerät die Position/Lage der Substratstufe mit wenigstens drei Freiheitsgraden steuert.

3. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Parallelverbindungsmechanismus ein erstes Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare erste Stangen, die das erste Basiselement und die Substratstufe verbinden, und erste Ausfahrmechanismen umfasst, die in jeweiligen ersten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen ersten Stangen ausfahren/einfahren.

4. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Parallelverbindungsmechanismus sechs der ersten Stangen umfasst und das Steuergerät die Position/Lage der Substratstufe durch Ausfahren/Einfahren jeder ersten Stange mit sechs Freiheitsgraden steuert.

5. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei die ersten Ausfahrmechanismen jeweils einen Luftzylinder und einen elektromagnetischen Linearmotor umfassen, die parallel oder in Reihe zueinander geschaltet sind.

6. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Belichtungshauptteil ferner ein Lichtprojektionssystem umfasst, das das Muster auf das Substrat projiziert.

7. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 6, wobei der Belichtungshauptteil ferner eine Maskenstufe umfasst, die eine Maske hält, auf der das Muster ausgebildet ist, und wobei das Steuergerät die relative Position der Maskenstufe mit wenigstens drei Freiheitsgraden steuert.

8. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Parallelverbindungsmechanismus ein zweites Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare zweite Stangen, die das zweite Basiselement und die Maskenstufe verbinden, und zweite Ausfahrmechanismen umfasst, die in den jeweiligen zweiten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen zweiten Stangen ausfahren/einfahren.

9. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, bei der der Parallelverbindungsmechanismus sechs der zweiten Stangen umfasst und die Position/Lage der Maskenstufe durch Ausfahren/Einfahren jeder zweiten Stange mit sechs Freiheitsgraden steuert.

10. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, bei der wenigstens einer der ersten und zweiten Ausfahrmechanismen einen Luftzylinder und einen elektromagnetischen Linearmotor umfasst, die parallel oder in Reihe zueinander geschaltet sind.

11. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 10, bei der wenigstens eine der ersten und zweiten Stangen ferner eine Lagereinheit umfasst, die einen Antrieb des elektromagnetischen Linearmotors mit Bezug auf seinen Ständer kontaktlos lagert.

12. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Lagereinheit eine statische Gasdrucklagereinheit ist.
13. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 12, bei der die statische Gasdrucklagereinheit einen Differentialablassmechanismus umfasst.
14. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Lagereinheit eine Magnetlagereinheit ist.
15. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, wobei das Steuergerät die relative Position von wenigstens einer der beiden Stufen mit Bezug auf das Lichtprojektionssystem mit Hilfe des Luftzylinders statisch justiert und Vibrationen mit Hilfe des elektromagnetischen Linearmotors unterdrückt.
16. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, bei der das Steuergerät hochfrequente Vibrationen durch Steuern eines dem elektromagnetischen Linearmotor zugeführten elektrischen Stroms isoliert.
17. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, die ferner einen Tragmechanismus umfasst, der das Lichtprojektionssystem so trägt, dass es in einem festen Zustand auf einer Bodenfläche gehalten wird, wo der Belichtungshauptteil montiert ist.
18. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, bei der der Parallelverbindungsmechanismus ferner ein drittes Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare dritte Stangen, die das dritte Basiselement und das Lichtprojektionssystem verbinden, und dritte Ausfahrmechanismen umfasst, die in den jeweiligen dritten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen dritten Stangen ausfahren/einfahren.
19. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 18, bei der die dritten Ausfahrmechanismen jeweils einen Luftzylinder umfassen.
20. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 18, bei der wenigstens zwei aus dem ersten, zweiten und dritten Basiselement ein Element sind.
21. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Belichtungshauptteil eine Maskenstufe umfasst, die eine Maske hält, auf der das Muster ausgebildet ist, und wobei das Steuergerät die relative Position der Maskenstufe mit drei Freiheitsgraden steuert.
22. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 21, bei der der Parallelverbindungsmechanismus ein Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare Stangen, die das Basiselement und die Maskenstufe verbinden, und Ausfahrmechanismen umfasst, die in den jeweiligen Stangen angeordnet sind und die jeweiligen Stangen ausfahren/einfahren.
23. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 22, bei der der Parallelverbindungsmechanismus sechs der Stangen umfasst und das Steuergerät die Position/Lage der Maskenstufe durch Ausfahren/Einfahren jeder Stange mit sechs Freiheitsgraden steuert.
24. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Belichtungshauptteil eine Substratstufe, die das Substrat hält, und eine erste Stufenbasis aufweist, die die Substratstufe so lagert, dass sie beweglich ist, und wobei das Steuergerät die relative Position der ersten Stufenbasis mit drei Freiheitsgraden steuert.
25. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 24, bei der der Parallelverbindungsmechanismus ein erstes Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare erste Stangen, die das erste Basiselement und die erste Stufenbasis verbinden, und erste Ausfahrmechanismen umfasst, die in den jeweiligen ersten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen ersten Stangen ausfahren/einfahren.
26. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 25, bei der die ersten Ausfahrmechanismen jeweils einen Luftzylinder und einen elektromagnetischen Linearmotor umfassen, die parallel oder in Reihe zueinander geschaltet sind.
27. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 25, bei der der Belichtungshauptteil ferner ein Lichtprojektionssystem umfasst, das unabhängig von der ersten Stufenbasis gelagert ist und das Muster auf das Substrat projiziert.

28. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 27, die ferner ein Auflageelement umfasst, das das Lichtprojektionssystem so lagert, dass es sich in einem festen Zustand auf einer Bodenfläche befindet, wo der Belichtungshauptteil montiert ist.

29. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 27, bei der der Belichtungshauptteil ferner eine Maskenstufe, die eine Maske hält, auf der das Muster ausgebildet ist, und eine zweite Stufenbasis aufweist, die die Maskenstufe so lagert, dass sie beweglich ist, und wobei das Steuergerät die Position/Lage der zweiten Stufenbasis mit drei Freiheitsgraden steuert.

30. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 29, bei der der Parallelverbindungsmechanismus ein zweites Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare zweite Stangen, die das zweite Basiselement und die zweite Stufenbasis miteinander verbinden, und zweite Ausfahrmechanismen umfasst, die in den jeweiligen zweiten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen zweiten Stangen ausfahren/einfahren.

31. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 30, bei der der Parallelverbindungsmechanismus ferner ein drittes Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare dritte Stangen, die das dritte Basiselement und das Lichtprojektionssystem verbinden, und dritte Ausfahrmechanismen umfasst, die in den jeweiligen dritten Stangen angeordnet sind und die jeweiligen dritten Stangen ausfahren/einfahren.

32. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 31, bei der die dritten Ausfahrmechanismen jeweils einen Luftzylinder umfassen.

33. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 31, bei der wenigstens zwei aus dem ersten, zweiten und dritten Basiselement ein Element sind.

34. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 30, bei der wenigstens einer der ersten und zweiten Ausfahrmechanismen einen Luftzylinder und einen elektromagnetischen Linearmotor umfasst, die parallel oder in Reihe zueinander geschaltet sind.

35. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 34, bei der wenigstens eine der ersten und zweiten Stangen ferner eine Lagereinheit umfasst, die einen Antrieb des elektromagnetischen Linearmotors mit Bezug auf seinen Ständer kontaktlos lagert.

36. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Lagereinheit eine statische Gasdrucklagereinheit ist.

37. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 36, bei der die statische Gasdrucklagereinheit einen Differentialablassmechanismus umfasst.

38. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Lagereinheit eine Magnettlagereinheit ist.

39. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 34, bei der das Steuergerät die relative Position der ersten und/oder zweiten Stufenbasis mit Bezug auf das Lichtprojektionssystem mit Hilfe des Luftzylinders statisch justiert und Vibrationen mit Hilfe des elektromagnetischen Linearmotors unterdrückt.

40. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 34, bei der das Steuergerät niederfrequente Vibrationen durch Regeln des Luftdrucks des Luftzylinders unterdrückt und hochfrequente Vibrationen durch Steuern eines elektrischen Stroms des elektromagnetischen Linearmotors isoliert.

41. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 29, bei der eine Mehrzahl von Stufen auf der ersten und/oder zweiten Stufenbasis montiert ist.

42. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Belichtungshauptteil eine Maskenstufe, die eine Maske hält, auf der das Muster ausgebildet ist, und eine Stufenbasis aufweist, die die Maskenstufe so lagert, dass sie beweglich ist, und wobei das Steuergerät die Position/Lage der Stufenbasis mit drei Freiheitsgraden steuert.

43. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 42, bei der der Parallelverbindungsmechanismus ein Basiselement, wenigstens drei ausfahrbare Stangen, die das Basiselement und die Stufenbasis verbinden, und Ausfahrmechanismen umfasst, die in den jeweiligen Stangen angeordnet sind und die jeweiligen Stangen ausfahren/einfahren.

ren/einfahren.

44. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, die ferner eine Kammer umfasst, die wenigstens einen Teil des Belichtungshauptteils beherbergt, der gegen die Außenatmosphäre abzudichten ist, und damit seine Lage geändert werden kann.

45. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 44, die ferner ein Vakuumablasssystem und ein Gaszufuhrsystem zum Spülen von nichtaktivem Gas in die Kammer aufweist.

46. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 29, die ferner eine Kammer mit Folgendem umfasst: einem ersten Raum, der die Maskenstufe aufnimmt und die zweite Stufenbasis als einen Teil beinhaltet, einem zweiten Raum zur Aufnahme des Lichtprojektionssystems, einem dritten Raum, der die Substratstufe aufnimmt und die erste Stufenbasis als einen Teil beinhaltet, und ausfahrbare Balgelemente, die den ersten Raum und den zweiten Raum sowie den zweiten Raum und den dritten Raum jeweils miteinander verbinden und die Substratstufe, das Lichtprojektionssystem und die Maskenstufe gegen die Außenatmosphäre abdichten.

47. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 46, die ferner ein Vakuumablasssystem und ein Gaszuführungssystem zum Spülen von nichtaktivem Gas in die Kammer umfasst.

48. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Belichtungshauptteil ein Projektionssystem umfasst, das das vorbestimmte Muster auf das Substrat projiziert, und wobei das Steuergerät eine Lage des Projektionssystems steuert.

49. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 48, wobei das Projektionssystem das vorbestimmte Muster optisch projiziert.

50. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Detektor ein Interferometersystem umfasst.

51. Belichtungsverfahren, das ein Muster mit einem Lichtprojektionssystem auf ein Substrat belichtet, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
Lagern des Lichtprojektionssystems mit einem Parallelverbindungsmechanismus; Justieren einer Lage des Lichtprojektionssystems mit einem elektromagnetischen Linearmotor; und Erfassen einer Oberfläche des Substrats mit einem Sensor, der mit dem Lichtprojektionssystem gekoppelt ist.

52. Belichtungsverfahren nach Anspruch 51, bei dem der elektromagnetische Linearmotor auf dem Parallelverbindungsmechanismus montiert wird.

53. Belichtungsverfahren nach Anspruch 51, bei dem der Parallelverbindungsmechanismus drei Stangen zum Lagern des Lichtprojektionssystems aufweist, wobei die drei Stangen mit einem äußeren Abschnitt des Lichtprojektionssystems verbunden sind.

54. Belichtungsverfahren nach Anspruch 51, wobei der Sensor einen Ausrichtungssensor und/oder einen Autofokussiersensor umfasst.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

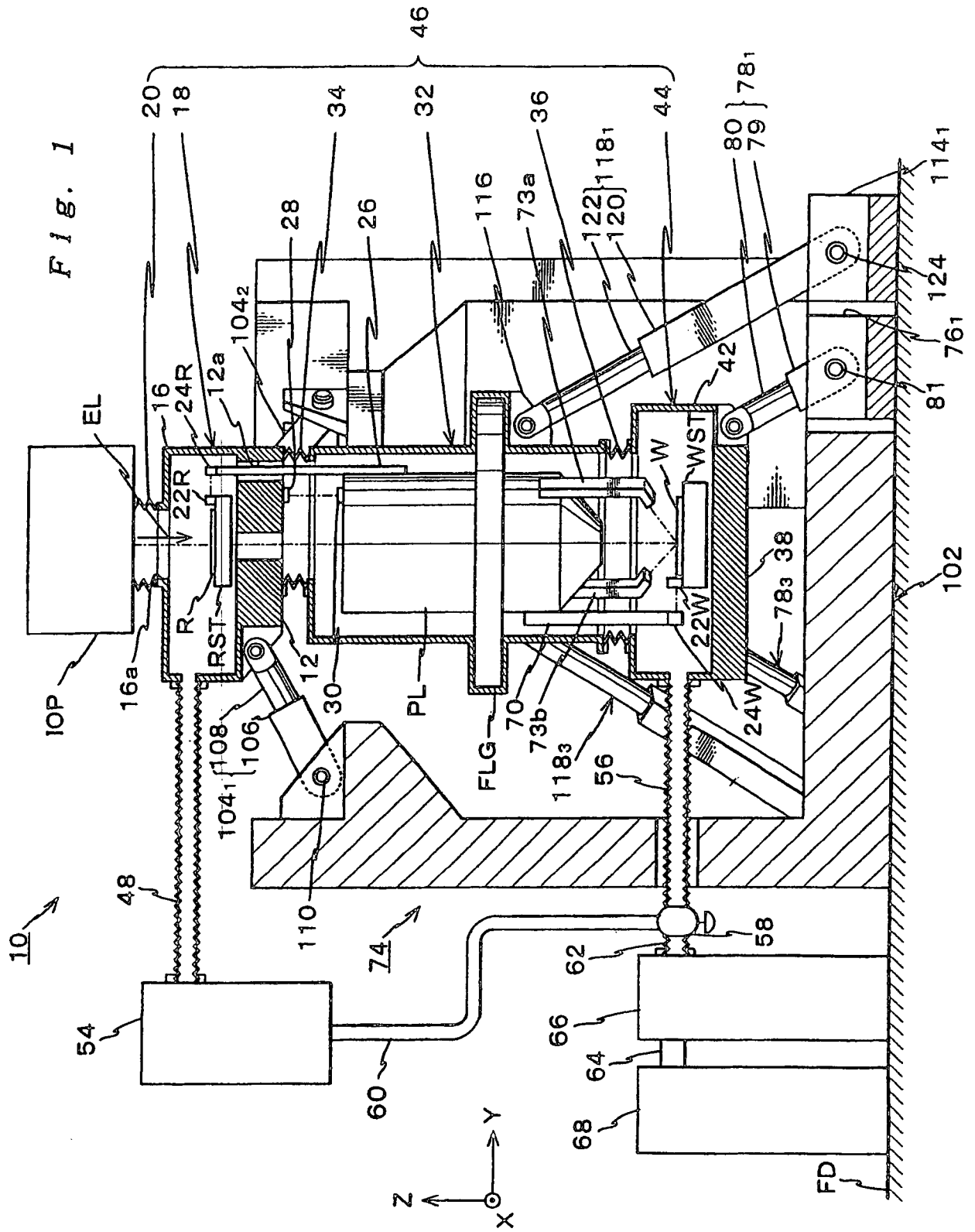


Fig. 2

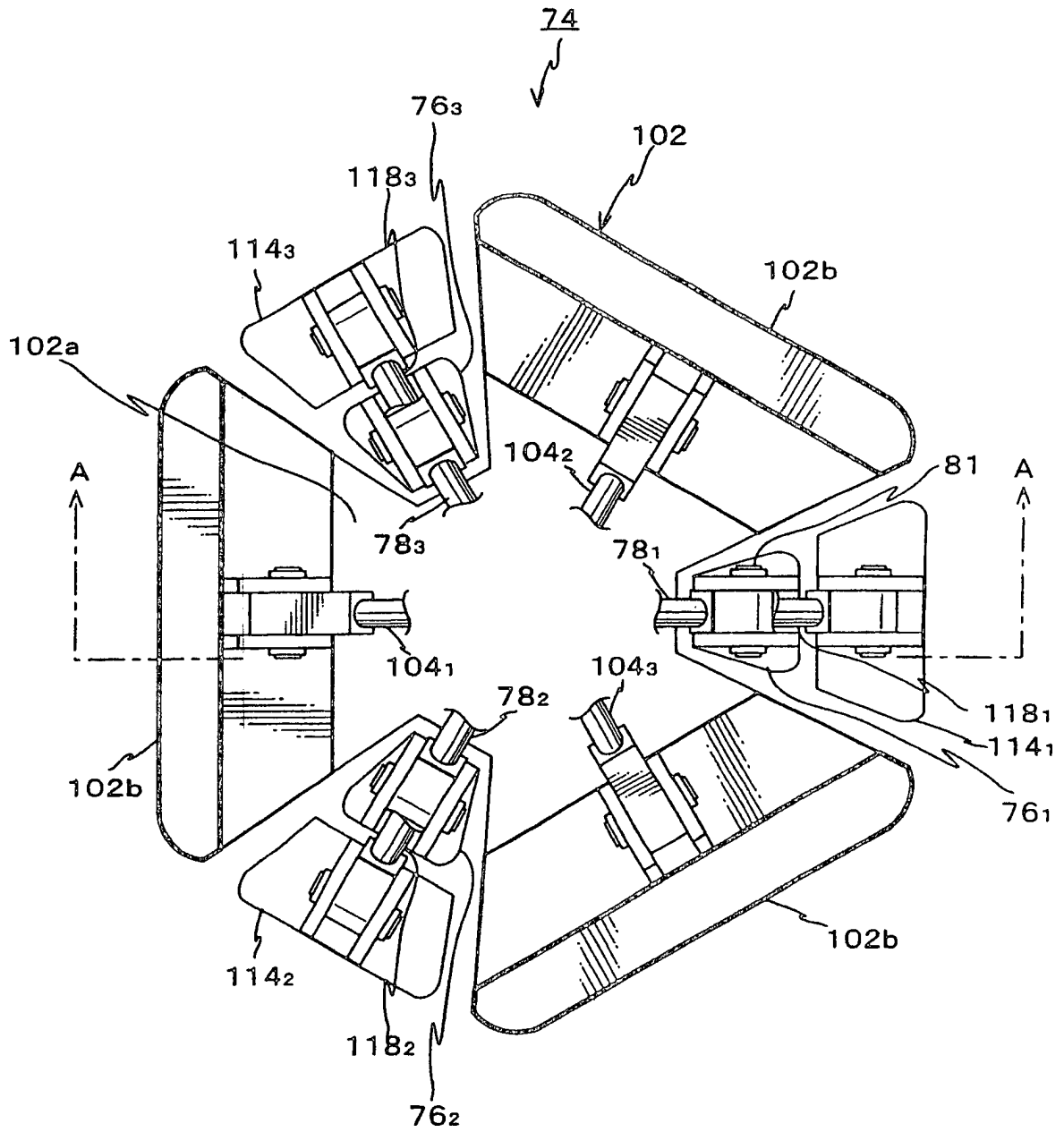


Fig. 3

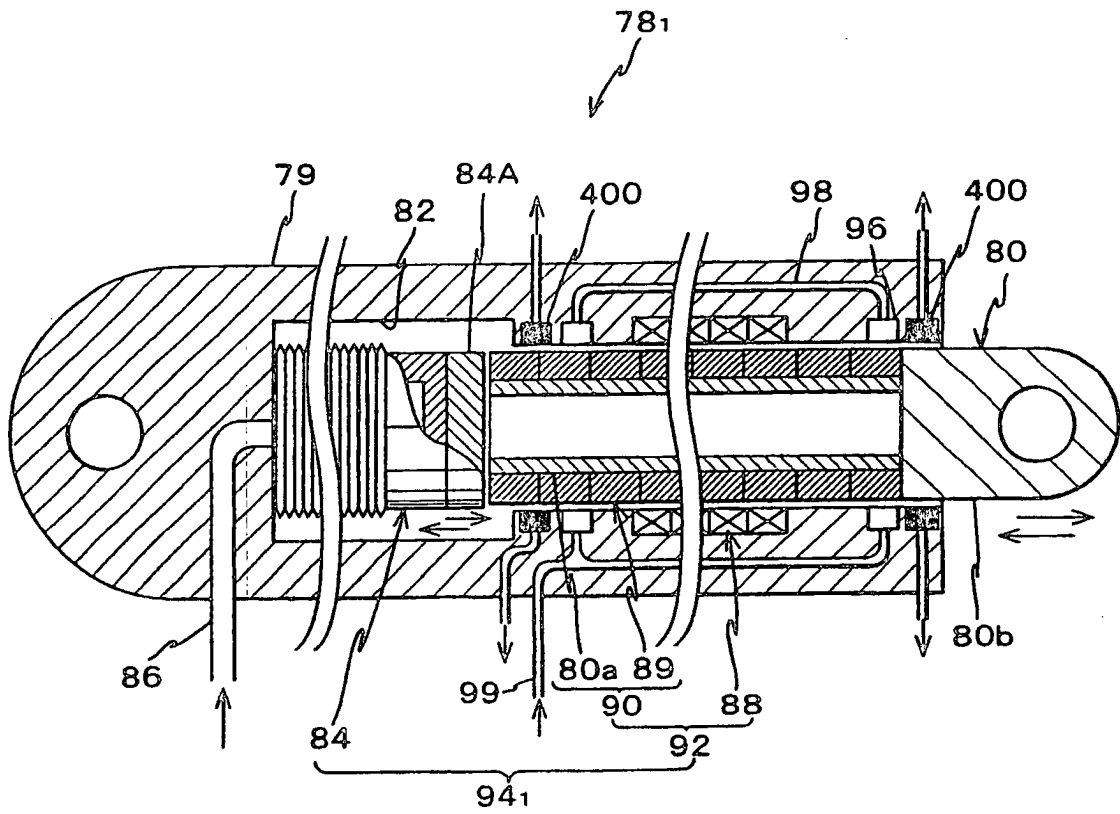


Fig. 4

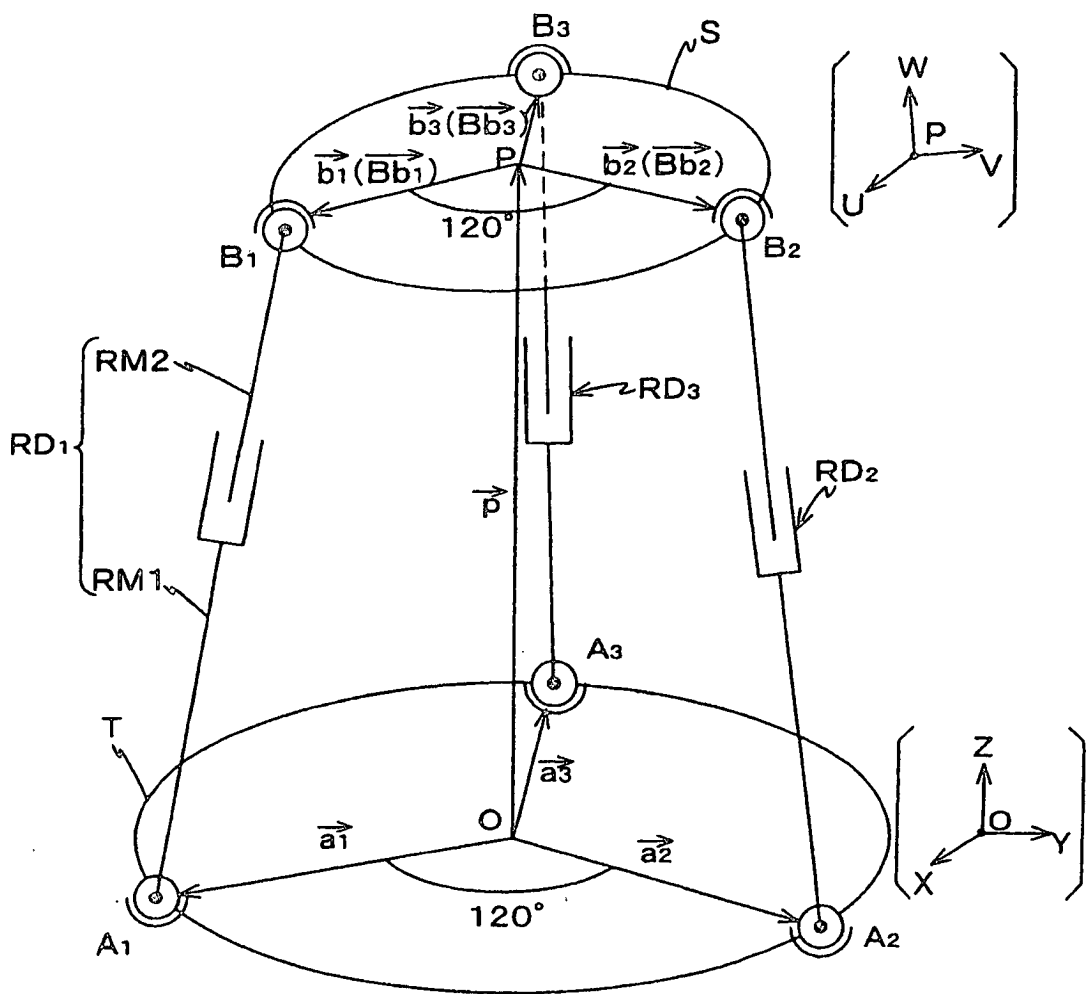


Fig. 5

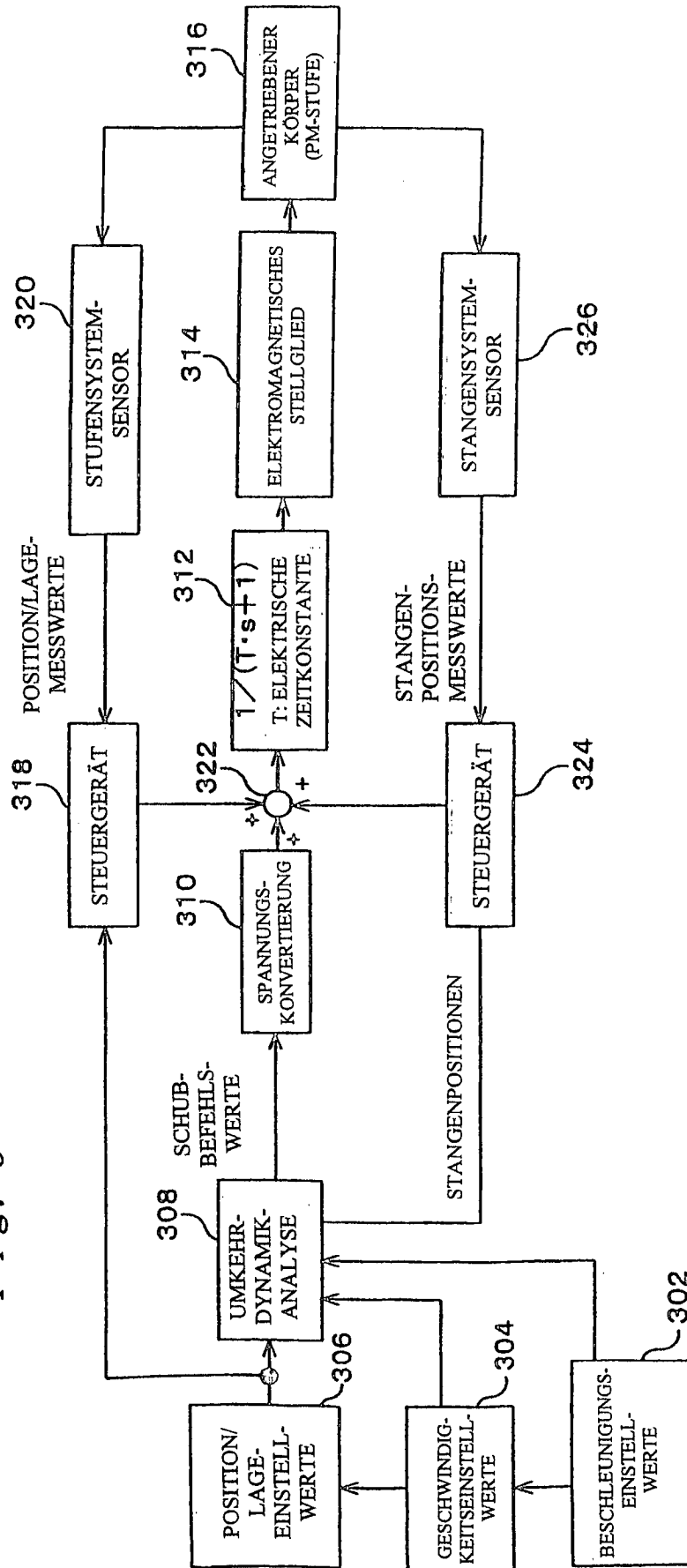


Fig. 6

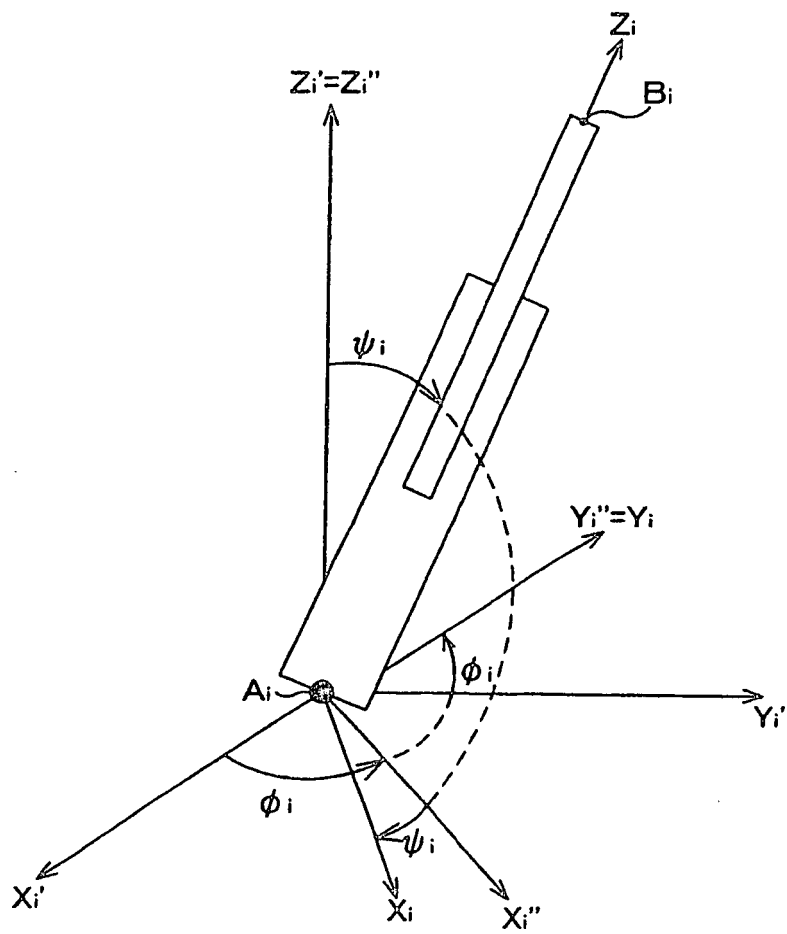


Fig. 7

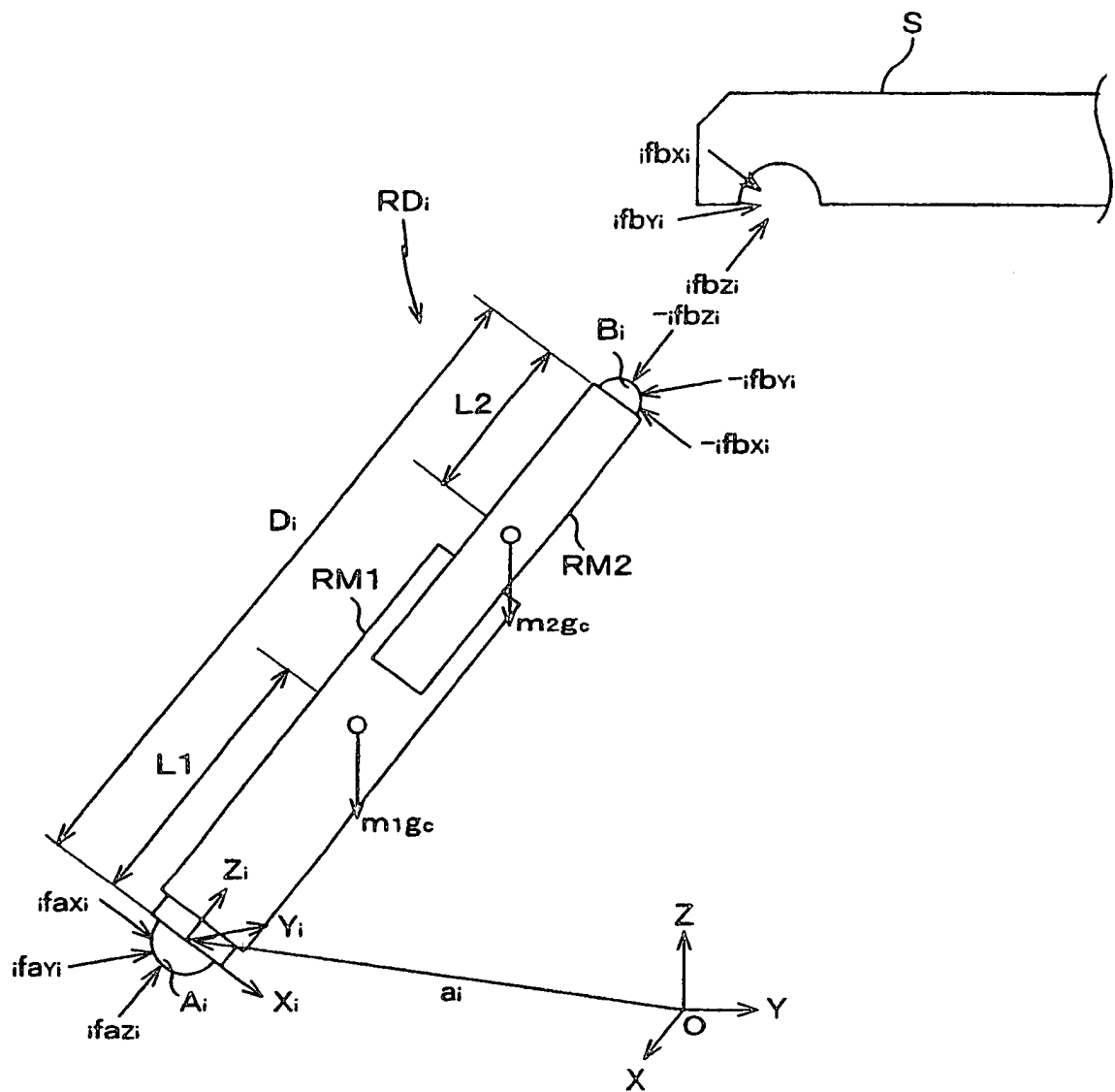


Fig. 8

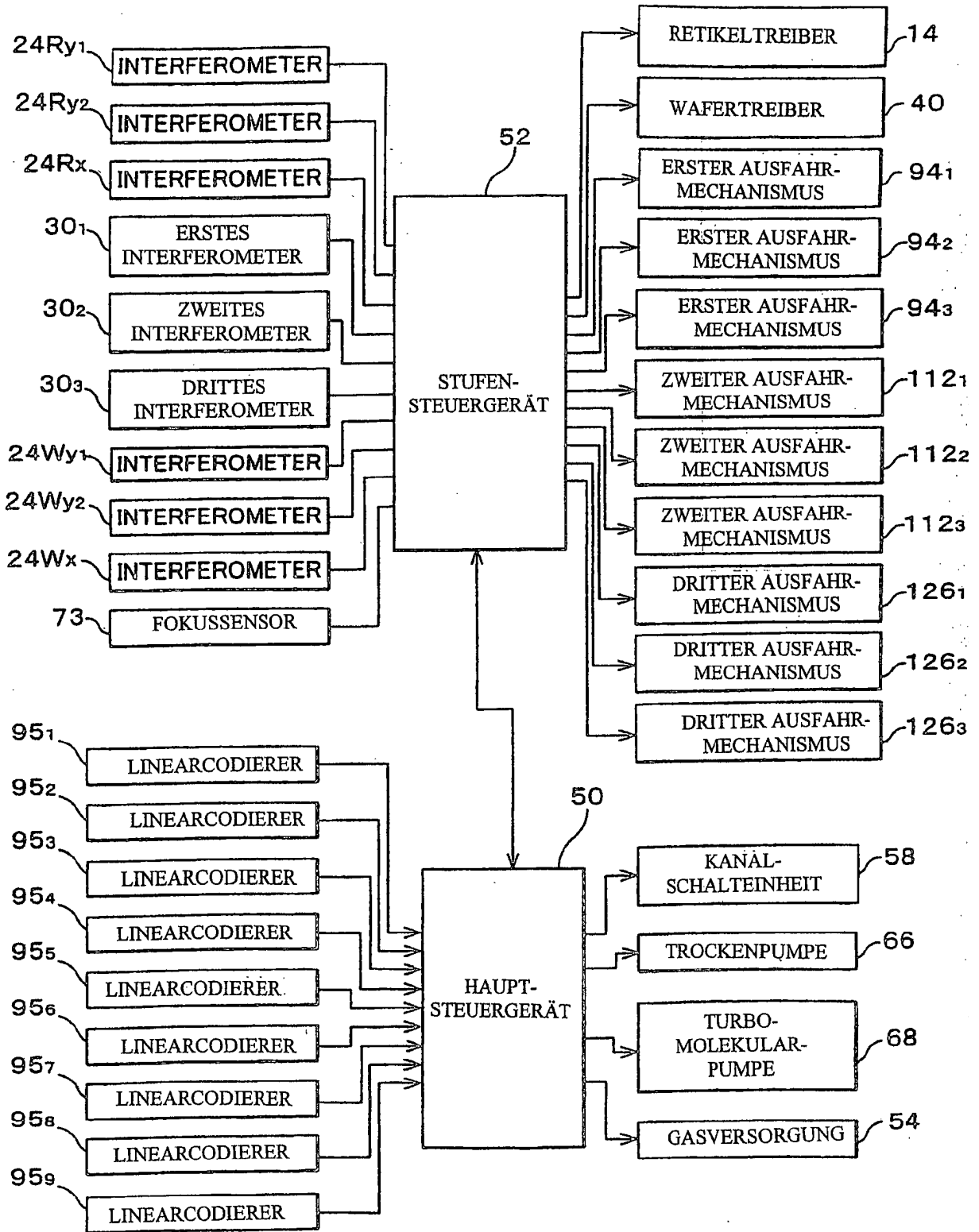


Fig. 9

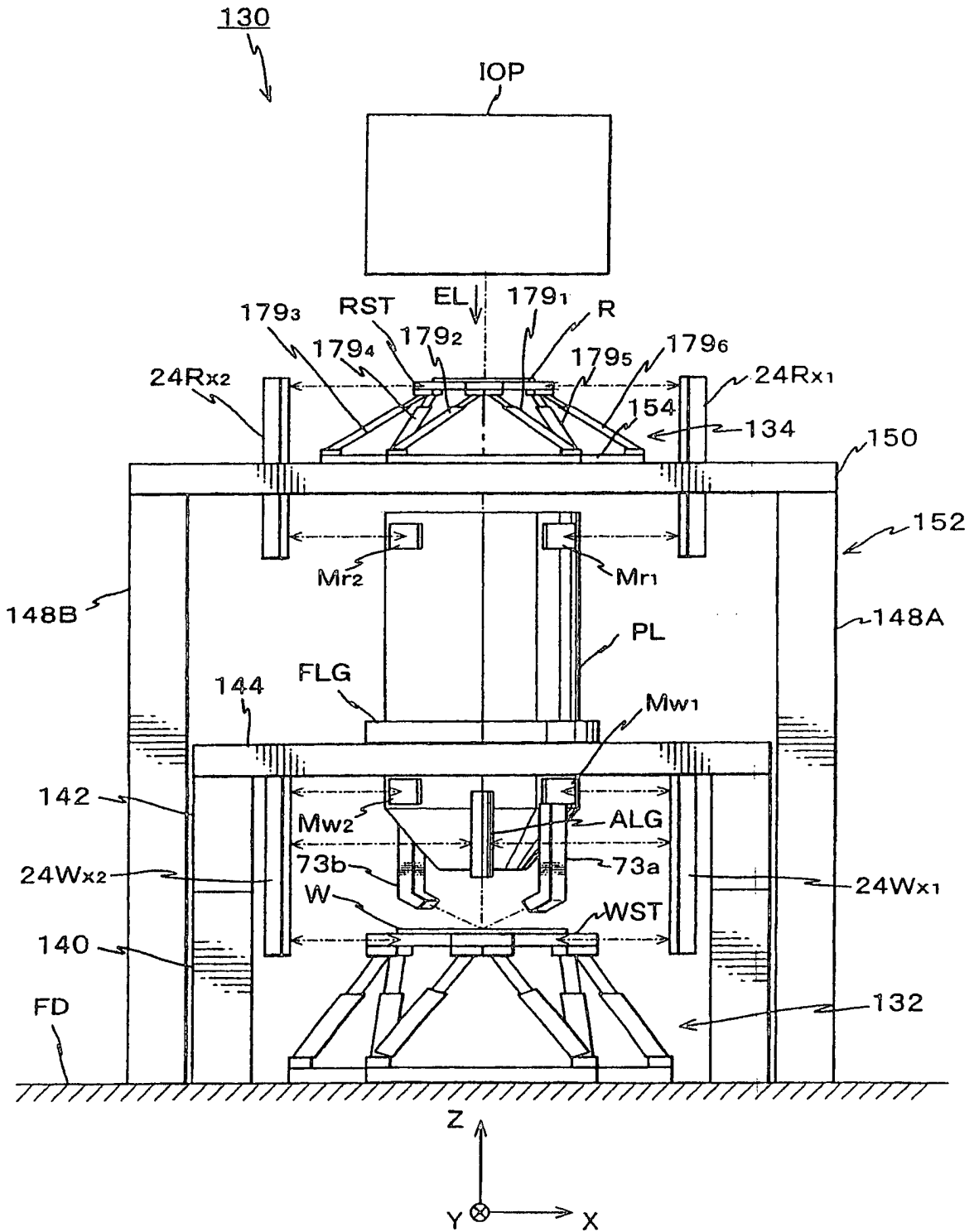


Fig. 10

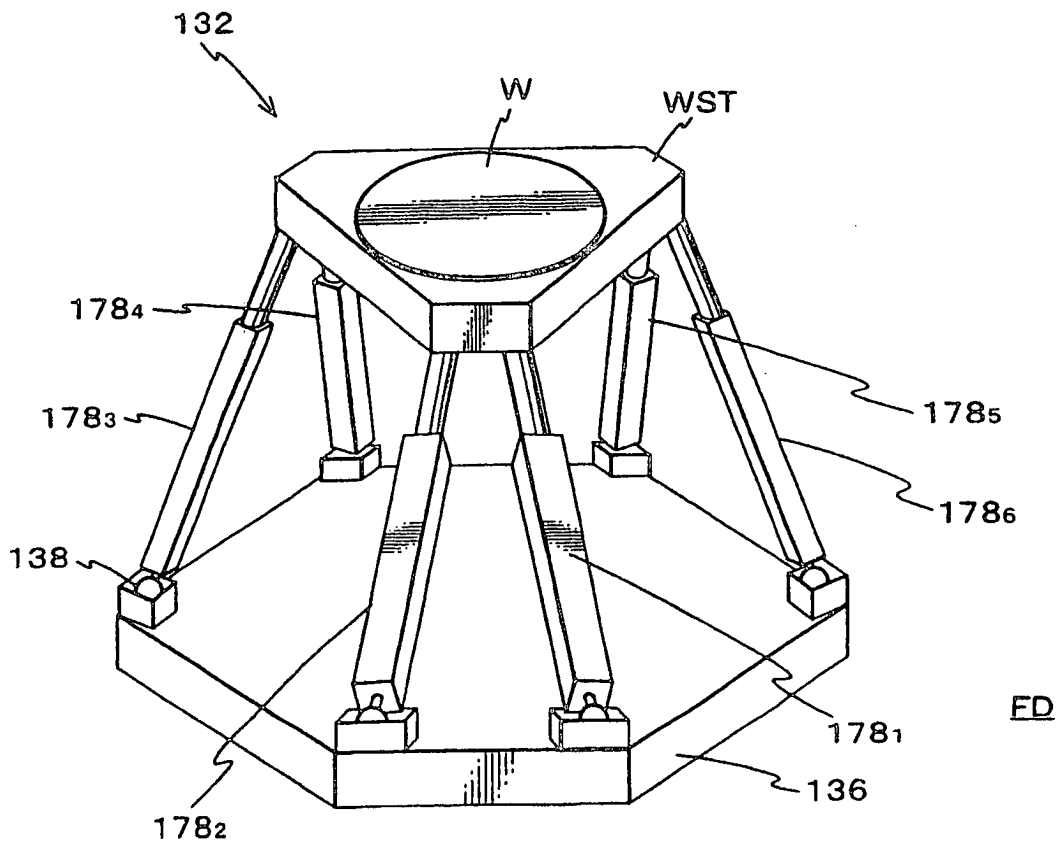


Fig. 11

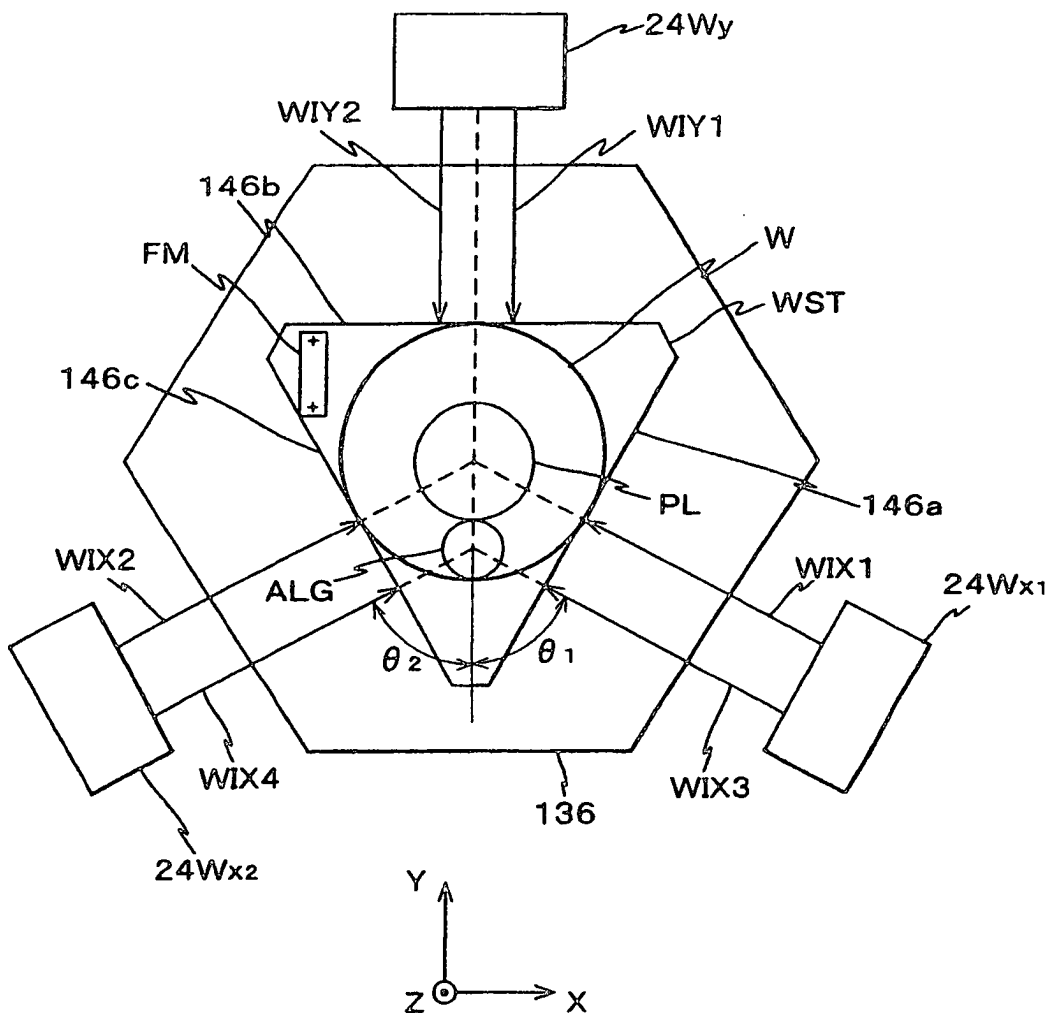


Fig. 12

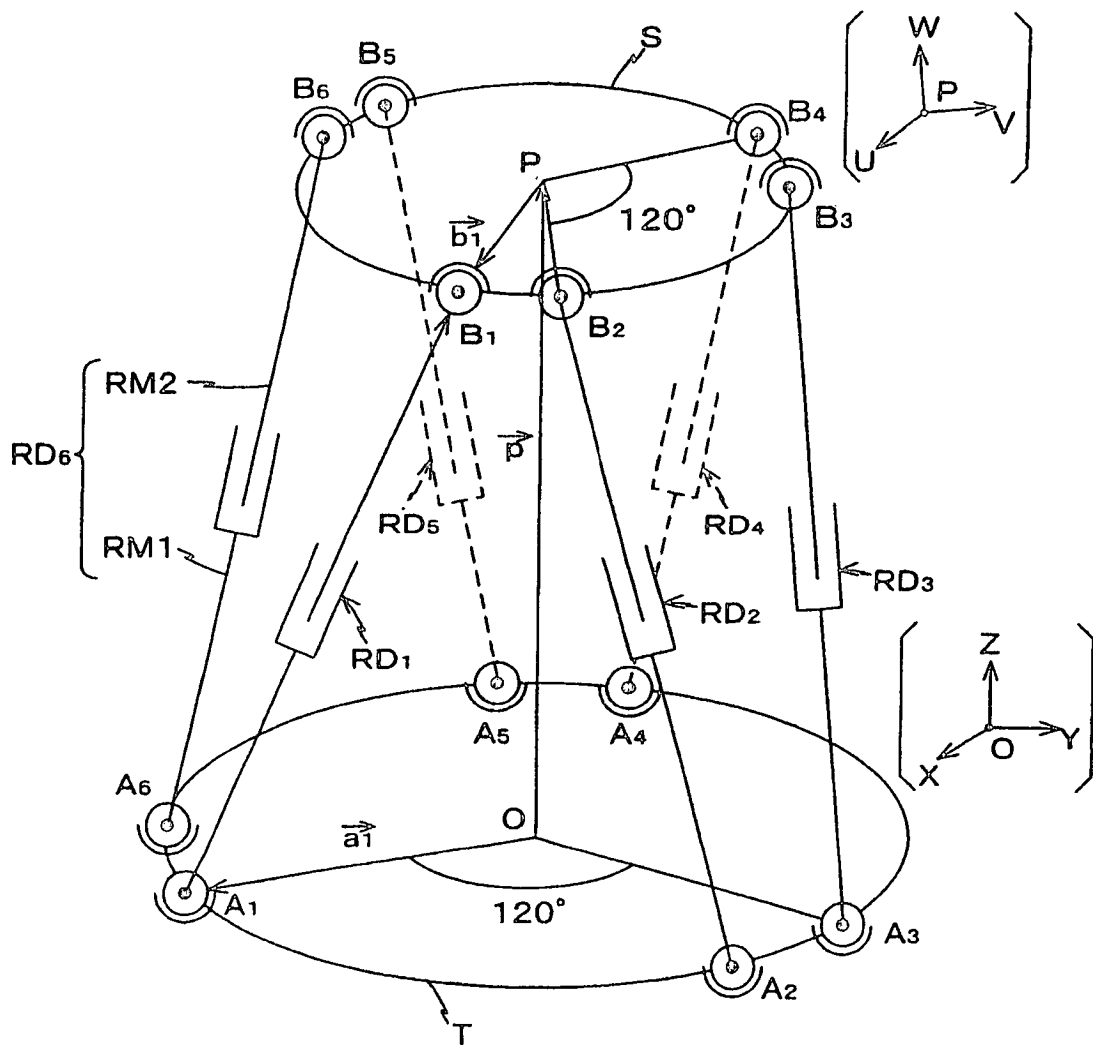


Fig. 13

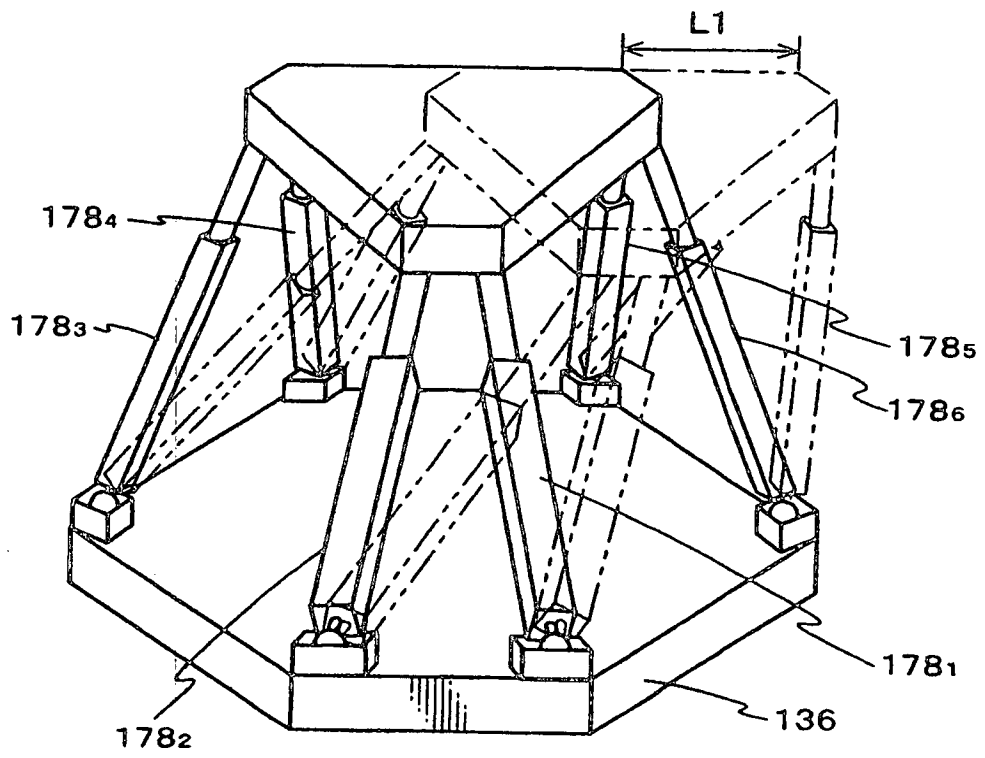


Fig. 14

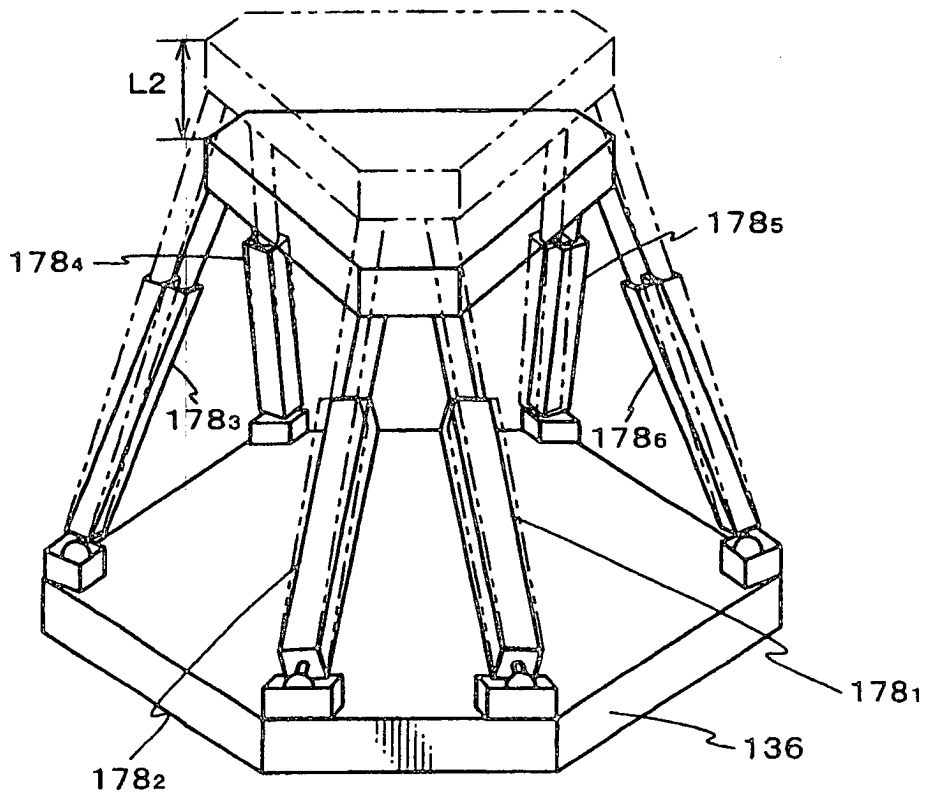


Fig. 15

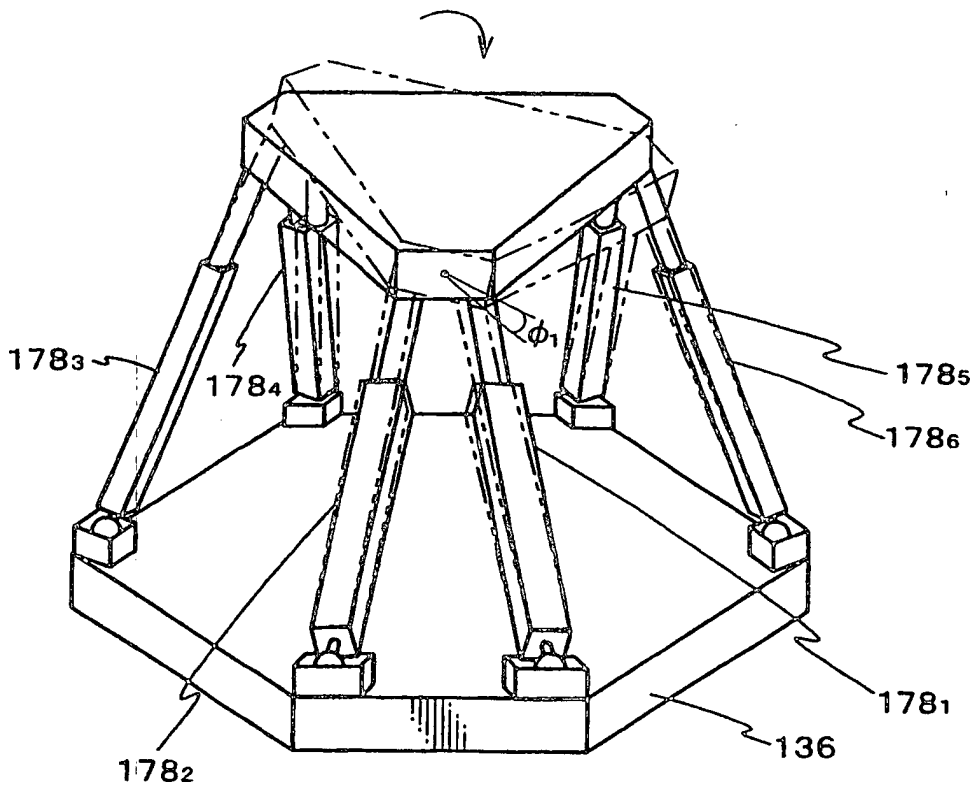


Fig. 16

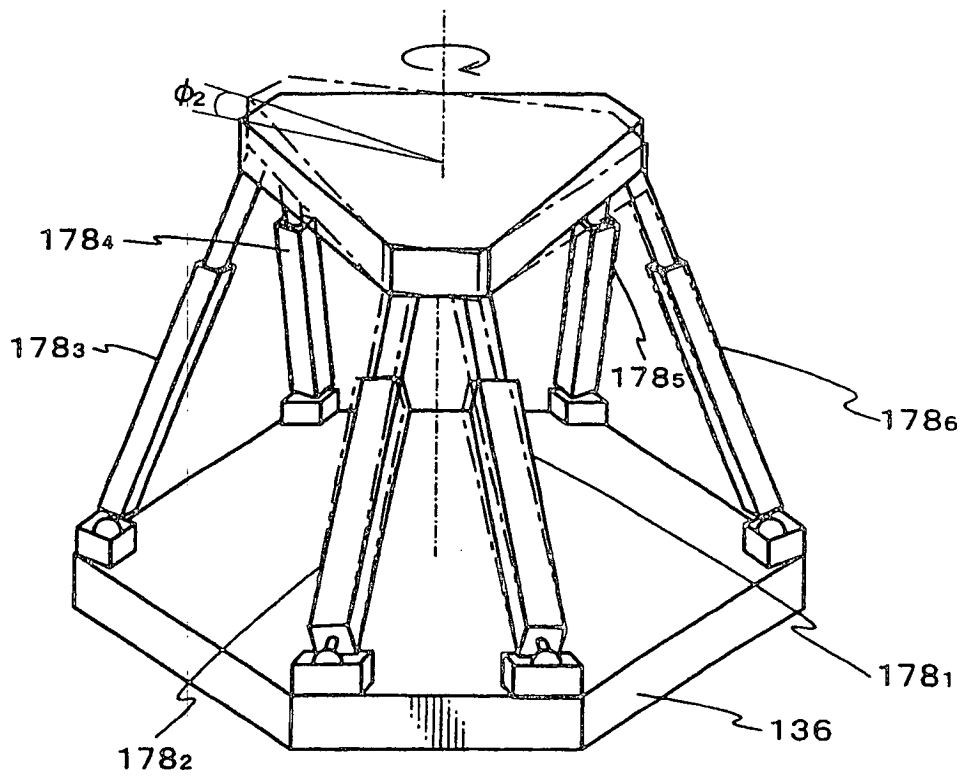


Fig. 17

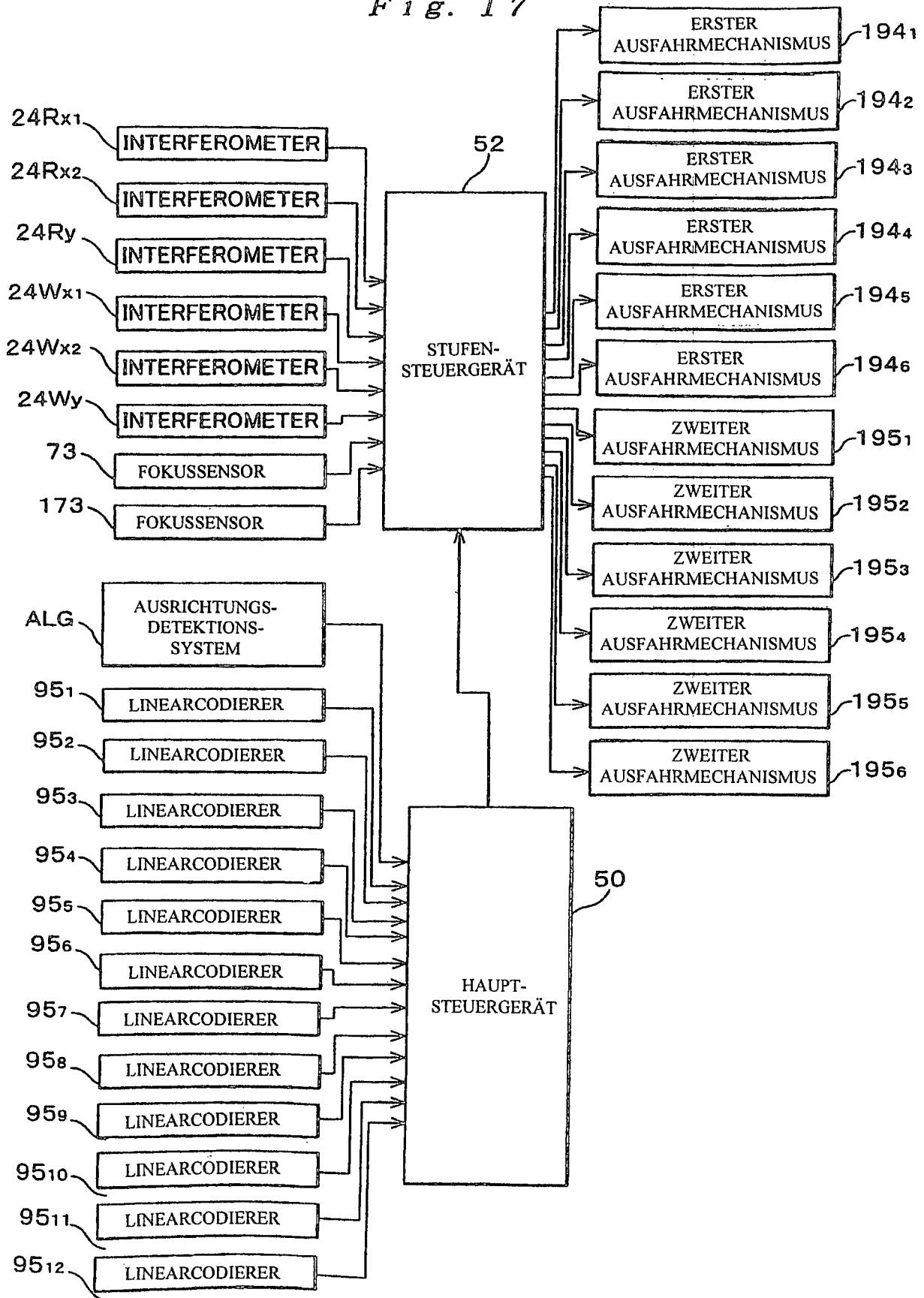


Fig. 18

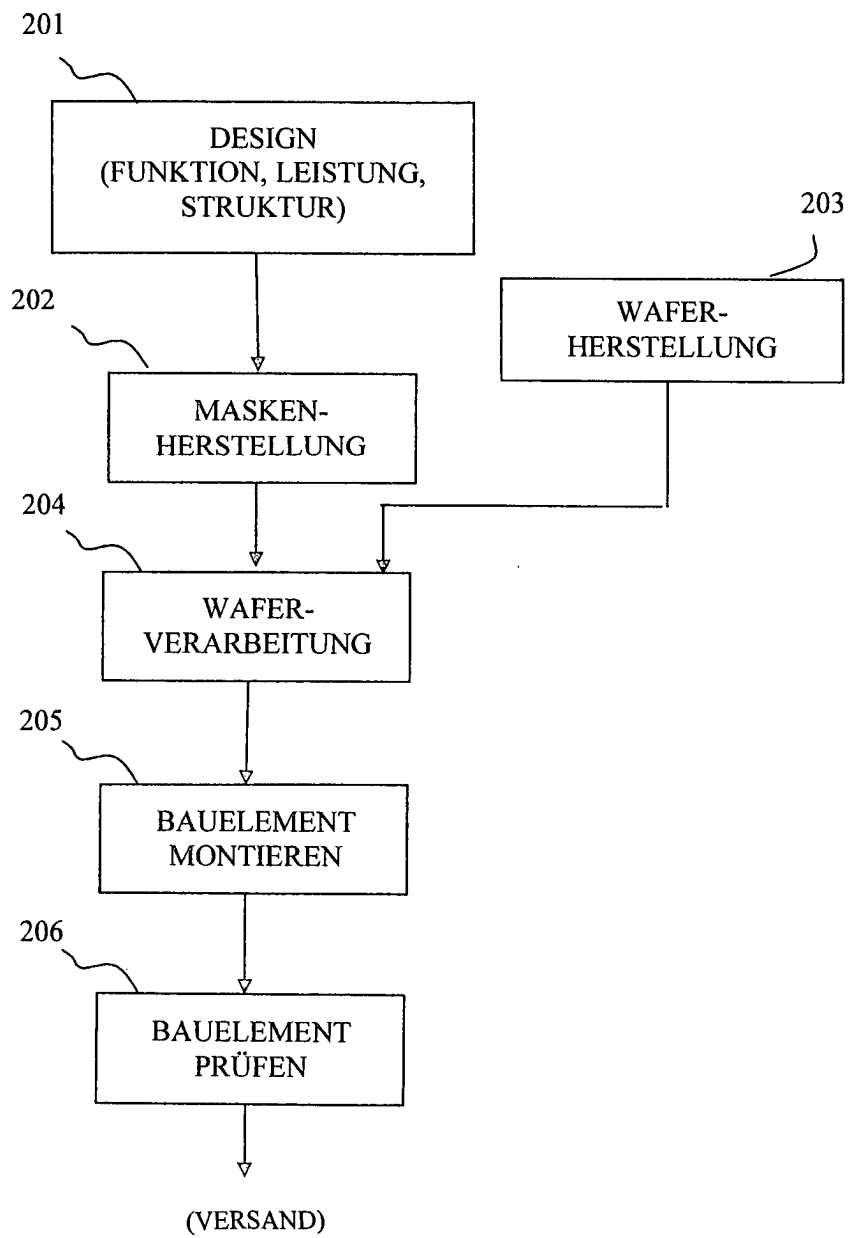


Fig. 19

