



(10) **DE 10 2016 216 917 A1** 2018.03.08

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 216 917.3**
(22) Anmeldetag: **07.09.2016**
(43) Offenlegungstag: **08.03.2018**

(51) Int Cl.: **G03F 7/20 (2006.01)**
G02B 7/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Carl Zeiss SMT GmbH, 73447 Oberkochen, DE

(72) Erfinder:
**Marsollek, Pascal, 73431 Aalen, DE; Zweering,
Ralf, 73431 Aalen, DE; Withalm, Martin, 89542
Herbrechtingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

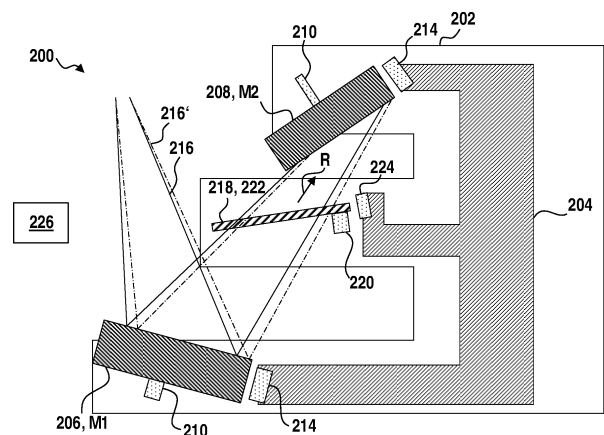
US	2010 / 0 002 220	A1
US	5 486 896	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optisches System, insbesondere Lithographieanlage, sowie Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung schafft ein optisches System (200), insbesondere Lithographieanlage (100A, 100B), aufweisend einen Strahlengang (216), ein Blendenelement (218, 218-1, 218-2), welches dazu eingerichtet ist, einen Teil des Strahlengangs (216) abzudecken, eine Positioniereinrichtung (220), welche dazu eingerichtet ist, das Blendenelement (218, 218-1, 218-2) in Richtung (x, y, z, R_x , R_y , R_z) zumindest eines Freiheitsgrads zu positionieren, eine Sensoreinrichtung (224), welche dazu eingerichtet ist, eine Position des Blendenelements (218, 218-1, 218-2) in Richtung (x, y, z, R_x , R_y , R_z) des zumindest einen Freiheitsgrads zu erfassen, und eine Steuereinrichtung (226), welche dazu eingerichtet ist, die Positioniereinrichtung (220) in Abhängigkeit von der erfassten Position des Blendenelements (218, 218-1, 218-2) zur Positionierung desselben in Richtung (x, y, z, R_x , R_y , R_z) des zumindest einen Freiheitsgrads anzusteuern.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches System, insbesondere eine Lithographieanlage, sowie ein Verfahren.

[0002] Die Mikrolithographie wird zur Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente, wie beispielsweise integrierter Schaltkreise, angewendet. Der Mikrolithographieprozess wird mit einer Lithographieanlage durchgeführt, welche ein Beleuchtungssystem und ein Projektionssystem aufweist. Das Bild einer mittels des Beleuchtungssystems beleuchteten Maske (Retikel) wird hierbei mittels des Projektionssystems auf ein mit einer lichtempfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes und in der Bildebene des Projektionssystems angeordnetes Substrat (z. B. ein Siliziumwafer) projiziert, um die Maskenstruktur auf die lichtempfindliche Beschichtung des Substrats zu übertragen.

[0003] Getrieben durch das Streben nach immer kleineren Strukturen bei der Herstellung integrierter Schaltungen werden derzeit EUV-Lithographieanlagen entwickelt, welche Licht mit einer Wellenlänge im Bereich von 0,1 nm bis 30 nm, insbesondere 13,5 nm verwenden. Bei solchen EUV-Lithographieanlagen müssen wegen der hohen Absorption der meisten Materialien von Licht dieser Wellenlänge reflektierende Optiken, das heißt Spiegel, anstelle von – wie bisher – brechenden Optiken, das heißt Linsen, eingesetzt werden.

[0004] Neben der Wellenlänge ist auch die numerische Apertur eine wichtige Kenngröße von Lithographieanlagen. Die numerische Apertur wird bei Lithographieanlagen mit Hilfe von Blenden eingestellt bzw. modifiziert. Dabei sind grundsätzlich zwei Typen von Blenden zu unterscheiden, nämlich Aperturblenden und Obskurationsblenden. Unter Aperturblenden versteht man solche Blenden, welche von außen in ein Lichtbündel eingreifen und dadurch einen Teil desselben an seinem äußeren Umfang ausblenden. Obskurationsblenden sind dagegen innerhalb des entsprechenden Lichtbündels angeordnet und blenden somit einen inneren Teil des entsprechenden Lichtbündels aus. Mit „Lichtbündel“ ist hier das Arbeitslicht in der Lithographieanlage gemeint.

[0005] Im Belichtungsbetrieb einer Lithographieanlage fällt Licht auf die Oberfläche einer entsprechenden Blende. Dies führt zu hohen Wärmelasten auf der Blende. Es ist daher bekannt geworden, Blenden mit einer Wärmesenke wärmeleitend zu verbinden. Im Bereich der Lithographieanlagen bietet sich der Tragrahmen (Engl.: force frame) als Wärmesenke an. Dazu kann dieser beispielsweise auch einen Wasserkühlkreislauf aufweisen. Werden nun die Wärmelasten in den Tragrahmen eingeleitet, kann dies zu einer wärmebedingten Positionsinstabilität des Trag-

rahmens führen. Dies wiederum bedingt eine Fehlpositionierung der Blende. Hier genügen bereits Veränderungen im Mikro- oder Nanometerbereich, um eine Fehlfunktion der entsprechenden Lithographieanlage herbeizuführen. Neben den Wärmelasten können auch andere Effekte, wie beispielsweise ein Einbaufehler, den Grund für eine Fehlpositionierung der entsprechenden Blende darstellen.

[0006] Vor diesem Hintergrund besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein verbessertes optisches System sowie ein verbessertes Verfahren bereitzustellen.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein optisches System, insbesondere eine Lithographieanlage, welches Folgendes aufweist: einen Strahlengang, ein Blendenelement, welches dazu eingerichtet ist, einen Teil des Strahlengangs abzudecken, eine Positioniereinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, das Blendenelement in zumindest einem Freiheitsgrad zu positionieren, eine Sensoreinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, eine Position des Blendenelements in Richtung des zumindest einen Freiheitsgrads zu erfassen, und eine Steuereinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, die Positionseinrichtung in Abhängigkeit von der erfassten Position zur Positionierung des Blendenelements in Richtung des zumindest einen Freiheitsgrads anzusteuern.

[0008] Eine der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Idee besteht darin, vorübergehende oder dauerhafte Effekte, welche zu einer Fehlpositionierung eines Blendenelements führen können, dadurch auszugleichen, dass die Position des Blendenelements überwacht und im Bedarfsfall angepasst wird. Zu den vorübergehenden Effekten zählen beispielsweise Wärmelasten, zu den dauerhaften, beispielsweise Einbaufehler.

[0009] Die Überwachung und gegebenenfalls Anpassung der Position des Blendenelements kann beispielsweise im Stunden- oder Minutenbereich, in bestimmten Fällen sogar im Sekundenbereich erfolgen.

[0010] Das Blendenelement weist eine lichtbestimmende Kante auf, welche dazu eingerichtet ist, mit dem Licht, insbesondere Arbeitslicht, in dem Strahlengang wechselzuwirken. Das Blendenelement kann als flächiges Element und/oder aus Blech, insbesondere aus Stahl, Kupfer oder Aluminium, gebildet sein. Insbesondere handelt es sich bei dem Blendenelement um eine Lamelle. Die lichtbestimmende Kante kann geschlossen oder offen ausgebildet sein. Im Fall der geschlossenen Kante kommt eine kreisförmige oder nicht kreisförmige, wie beispielsweise ovale oder sonst kurvenförmige oder polygonförmige lichtbestimmende Kante in Betracht. Bei einer offenen lichtbestimmenden Kante sind be-

liebige Geometrien, insbesondere Kurven oder offene Polygone, vorstellbar.

[0011] Die Positioniereinrichtung kann ein Aktuator und/oder eine Lagereinrichtung, wie beispielsweise eine Linearführung oder einen Schwenkmechanismus, aufweisen. Als Aktuatoren kommen beispielsweise Piezo-Aktuatoren oder Lorenz-Aktuatoren in Betracht.

[0012] Die Sensoreinrichtung kann beispielsweise einen Abstandssensor, insbesondere einen kapazitiven, induktiven oder optischen Abstandssensor aufweisen. Der zumindest eine Freiheitsgrad kann einen von prinzipiell drei rotatorischen und drei translatorischen Freiheitsgraden aufweisen.

[0013] Die Steuereinrichtung kann beispielsweise als Mikroprozessor ausgebildet sein. Die Steuereinrichtung kann auf einer zentralen Steuervorrichtung der Lithographieanlage ausgebildet bzw. in eine solche integriert sein. Die Steuereinrichtung ist mit der Positioniereinrichtung, insbesondere einem Aktuator derselben, sowie mit der Sensoreinrichtung signaltechnisch verbunden.

[0014] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der zumindest eine Freiheitsgrad eine translatorische Bewegung in Richtung des Strahlengangs.

[0015] Damit lassen sich solche Fehlpositionierungen des Blendenelements ausgleichen, welche zu einer Veränderung der numerischen Apertur des optischen Systems führen können und ist daher besonders vorteilhaft.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Positioniereinrichtung dazu eingerichtet, das Blendenelement in zwei bis sechs Freiheitsgraden zu positionieren.

[0017] Die sechs Freiheitsgrade umfassen drei translatorische und drei rotatorische Freiheitsgrade des Blendenelements. Damit kann jedwede Fehlpositionierung des Blendenelements ausgeglichen werden. Selbstverständlich kann die Positioniereinrichtung auch dazu eingerichtet sein, das Blendenelement in nur eins, zwei, drei, vier oder fünf Freiheitsgraden (ausgewählt aus drei translatorischen und drei rotatorische Freiheitsgraden) zu positionieren.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Blendenelement als Starrkörper ausgebildet.

[0019] Damit ist gemeint, dass das Blendenelement als Ganzes (also als Starrkörper im mechanischen Sinne, ohne Verformung desselben) oder auch die später noch erwähnte Blendenvorrichtung als Ganzes in der Richtung des zumindest einen Freiheits-

grads oder in bis zu allen sechs Freiheitsgraden positioniert wird.

[0020] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das optische System eine Blendenvorrichtung auf, welche einen Halterahmen und das Blendenelement aufweist, wobei das Blendenelement gegenüber dem Halterahmen beweglich gehalten ist, wobei die Positioniereinrichtung dazu eingerichtet ist, die Blendenvorrichtung in Richtung des zumindest einen Freiheitsgrads zu positionieren.

[0021] Damit wird vorteilhaft das Konzept einer variablen Blende verwirklicht. Das heißt, dass ein zusätzlicher Freiheitsgrad vorgesehen wird, der es erlaubt, das Blendenelement je nach Betrieb und zugeordneter Belichtungsaufgabe anzupassen, um beispielsweise dadurch die numerische Apertur gezielt anzupassen. Demgegenüber kann der Positioniereinrichtung lediglich die Aufgabe zugeordnet sein, Fehlpositionierungen des Blendenelements auszugleichen.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Blendenvorrichtung ein erstes und ein zweites Blendenelement auf, wobei das erste Blendenelement an dem Halterahmen ortsfest gehalten ist und das zweite Blendenelement an dem Halterahmen beweglich gehalten ist. Gemäß einer alternativen Ausführungsform sind das erste und das zweite Blendenelement an dem Halterahmen beweglich gehalten.

[0023] Beispielsweise kann durch das erste ortsfeste Blendenelement eine erste numerische Apertur des optischen Systems definiert sein. Durch Bewegen des zweiten Blendenelements insbesondere in einer Richtung quer zum Strahlengang wird eine zweite numerische Apertur des optischen Systems bereitgestellt. Alternativ können auch das erste und zweite Blendenelement bewegt werden, um dadurch eine erste und eine zweite numerische Apertur des optischen Systems bereitzustellen.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind das erste und zweite Blendenelement in Richtung des Strahlengangs hintereinander angeordnet.

[0025] Dies ist im Hinblick auf eine einstellbare numerische Apertur des optischen Systems günstig.

[0026] Gemäß einer weiteren Ausführungsform bildet das Blendenelement oder das erste und/oder zweite Blendenelement eine Aperturblende aus. Alternativ bildet das Blendenelement oder das erste und/oder zweite Blendenelement zusammen mit zumindest einem korrespondierenden Blendenelement eine Aperturblende aus. Bevorzugt weist die Aperturblende eine nicht-kreisförmige Öffnung auf.

[0027] Insbesondere kann sich eine Aperturblende aus ein oder mehreren Blendenelementen (auch als Blendensegmente bezeichnet) zusammensetzen. Die Aperturblende kann, wie vorstehend ganz allgemein für das Blendenelement erläutert, eine offene oder geschlossene lichtbestimmende Kante aufweisen. Hier gilt das bereits vorstehend Ausgeführte entsprechend. Insbesondere kann die Aperturblende eine ovale Öffnung aufweisen.

[0028] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Blendenvorrichtung ferner eine Obskurationsblende auf.

[0029] Die Obskurationsblende kann an dem Halterahmen gehalten sein. In Ausführungsformen kann die Obskurationsblende auch einstellbar positionierbar gegenüber dem Halterahmen vorgesehen sein. Hier kommen beispielsweise Aktuatoren, insbesondere Piezo-Aktuatoren, in Betracht.

[0030] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Sensoreinrichtung dazu eingerichtet, die Position des Blendenelements in einem Beleuchtungsmodus des optischen Systems, insbesondere in einem Belichtungsmodus derselben, zu erfassen, und die Steuereinrichtung ist dazu eingerichtet, die Positioniereinrichtung in dem Beleuchtungsmodus des optischen Systems, insbesondere in dem Belichtungsmodus, in Abhängigkeit von der erfassten Position anzusteuern.

[0031] Vorliegend wird zwischen Beleuchtungsmodus und Belichtungsmodus unterschieden. Beleuchtungsmodus meint ganz allgemein einen Modus, in welchem Licht durch den Strahlengang des optischen Systems fällt. Der Belichtungsmodus hingegen meint einen solchen Modus, in welchem ein Substrat, insbesondere eine photoempfindliche Schicht desselben, mit Licht beaufschlagt wird, um beispielsweise lithographische Strukturen auszubilden. Dadurch, dass die Überwachung und Anpassung der Position des Blendenelements gemäß der vorliegenden Ausführungsform im aktiven Betrieb (sog. real time-Verfahren) des optischen Systems erfolgt, kann flexibel auf betriebsbedingte Einflüsse reagiert werden. Beispielsweise kann die Position des Blendenelements innerhalb desselben Zeitraums angepasst werden, indem auch eine Belichtung eines einzelnen Dies auf einem Wafer erfolgt.

[0032] Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst das optische System einen Tragrahmen und ein optisches Element, welches der Tragrahmen trägt und den Strahlengang bestimmt, wobei der Tragrahmen ferner die Positioniereinrichtung trägt.

[0033] "Bestimmt" ist dahingehend zu verstehen, dass das optische Element gegebenenfalls zusammen mit anderen optischen Elementen den Strahlen-

gang definiert. Mit dem optischen Element ist beispielsweise ein Spiegel, eine Linse, eine λ -Platte oder ein optisches Gitter gemeint. Typischerweise ist das optische Element am Tragrahmen (Engl.: force frame) gelagert. Insbesondere kann sich das optische Element mit Hilfe von Gewichtskraftkompensatoren an dem Tragrahmen abstützen. Weiterhin können zusätzlich Aktuatoren, insbesondere Lorenz-Aktuatoren, vorgesehen sein, welche dazu eingerichtet sind, das optische Element gegenüber dem Tragrahmen zu bewegen.

[0034] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das optische System einen Sensorrahmen auf, welcher von dem Tragrahmen mechanisch entkoppelt ist, wobei der Sensorrahmen die Sensoreinrichtung trägt.

[0035] Dadurch wird ein zuverlässiges Referenzsystem zur Erfassung der Position des Blendenelements bereitgestellt.

[0036] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das optische System einen Wärmeleitpfad auf, welcher Wärme von dem Blendenelement in den Tragrahmen leitet, wobei bevorzugt der Wärmeleitpfad ausschließlich Elemente aus Metall und/oder Keramik aufweist, welche in einem Flächenkontakt zueinander stehen.

[0037] Die Wärme in dem Blendenelement entsteht durch Licht in dem Strahlengang, welches auf das Blendenelement in dem Belichtungsbetrieb fällt. Der Tragrahmen dient somit als Wärmesenke. Der Tragrahmen kann zu diesem Zweck mit einem Kühlkreislauf, insbesondere einem Wasserkühlkreislauf, ausgestattet sein, welcher die Wärme aus dem Tragrahmen herausführt. Als Metall kommt beispielsweise Kupfer, Stahl oder Aluminium in Betracht. Als stark wärmeleitende Keramik bietet sich SiSiC an.

[0038] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Positioniereinrichtung ein oder mehrere Bipoden, insbesondere ein Hexapod, und/oder mehrere mechanische in Reihe geschaltete Positioniereinheiten auf, wobei die Positioniereinheiten jeweils genau einen Freiheitsgrad oder genau zwei Freiheitsgrade aufweisen.

[0039] Die Bipoden oder das Hexapod können ein oder mehrere Festkörpergelenke aufweisen, welche eine Lagerung mit hoher Wiederholgenauigkeit erlauben und die Erzeugung von Partikeln vermeiden. Die Positioniereinheiten können jeweils eine Lagereinheit mit genau einem oder genau zwei Freiheitsgraden umfassen.

[0040] Weiterhin wird ein Verfahren zum Betreiben eines optischen Systems, insbesondere einer Lithographieanlage, bereitgestellt. Dabei wird in einem

Schritt a) eine Position eines Blendenelements in einem Strahlengang des optischen Systems in Richtung zumindest eines Freiheitsgrads des Blendenelements erfasst. In einem Schritt b) wird das Blendenelement in Richtung des zumindest einen Freiheitsgrads in Abhängigkeit von der erfassten Position positioniert.

[0041] Die vorstehend in Bezug auf das optische System beschriebenen Merkmale und Vorteile gelten entsprechend für das vorstehend beschriebene Verfahren.

[0042] Bei der Lithographieanlage kann es sich insbesondere um eine EUV-Lithographieanlage oder DUV-Lithographieanlage handeln. EUV steht für „Extreme Ultraviolet“ und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 0,1 und 30 nm. DUV steht für „Deep Ultraviolet“ und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 30 und 250 nm.

[0043] „Ein“ ist vorliegend nicht als beschränkend auf genau ein Element zu verstehen. Vielmehr können auch mehrere Elemente, beispielsweise zwei, drei oder mehr, vorgesehen sein. Auch jedes andere hier verwendete Zählwort ist nicht dahingehend zu verstehen, dass eine Beschränkung auf genau die entsprechende Anzahl von Elementen verwirklicht sein muss. Vielmehr sind zahlenmäßige Abweichungen nach oben und unten möglich.

[0044] Weitere mögliche Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale oder Ausführungsformen. Dabei wird der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der Erfindung hinzufügen.

[0045] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Aspekte der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung. Im Weiteren wird die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigelegten Figuren näher erläutert.

[0046] Fig. 1A zeigt eine schematische Ansicht einer EUV-Lithographieanlage;

[0047] Fig. 1B zeigt eine schematische Ansicht einer DUV-Lithographieanlage;

[0048] Fig. 2 zeigt in einer Seitenansicht ein optisches System gemäß einer Ausführungsform;

[0049] Fig. 3 zeigt in einer schematischen Darstellung ein optisches System gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0050] Fig. 4 zeigt eine Aufsicht auf eine Blende aus Fig. 3;

[0051] Fig. 5 zeigt schematisch teilweise ein optisches System gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0052] Fig. 6 zeigt einen Teil eines optischen Systems gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0053] Fig. 7A und Fig. 7B zeigen jeweils zwei Blendenelemente in unterschiedlichen Positionen;

[0054] Fig. 8A und Fig. 8B zeigen jeweils in einer perspektivischen Ansicht eine Blendenvorrichtung in unterschiedlichen Positionen zur Verwendung in einem der optischen Systeme gemäß den Fig. 2 bis Fig. 5; und

[0055] Fig. 9 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform.

[0056] In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen worden, soweit nichts Gegenteiliges angegeben ist.

[0057] Fig. 1A zeigt eine schematische Ansicht einer EUV-Lithographieanlage **100A**, welche ein Strahlformungs- und Beleuchtungssystem **102** und ein Projektionssystem **104** umfasst. Dabei steht EUV für „extremes Ultraviolet“ (Engl.: extreme ultraviolet, EUV) und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 0,1 und 30 nm. Das Strahlformungs- und Beleuchtungssystem **102** und das Projektionssystem **104** sind jeweils in einem nicht gezeigten Vakuum-Gehäuse vorgesehen, wobei jedes Vakuum-Gehäuse mit Hilfe einer nicht dargestellten Evakuierungsvorrichtung evakuiert wird. Die Vakuum-Gehäuse sind von einem nicht dargestellten Maschinenraum umgeben, in welchem die Antriebsvorrichtungen zum mechanischen Verfahren bzw. Einstellen der optischen Elemente vorgesehen sind. Ferner können auch elektrische Steuerungen und dergleichen in diesem Maschinenraum vorgesehen sein.

[0058] Die EUV-Lithographieanlage **100A** weist eine EUV-Lichtquelle **106A** auf. Als EUV-Lichtquelle **106A** kann beispielsweise eine Plasmaquelle (oder ein Synchrotron) vorgesehen sein, welche Strahlung **108A** im EUV-Bereich (extrem ultravioletter Bereich), also z.B. im Wellenlängenbereich von 5 nm bis 20 nm, aussendet. Im Strahlformungs- und Beleuchtungssystem **102** wird die EUV-Strahlung **108A** gebündelt und die gewünschte Betriebswellenlänge aus der EUV-Strahlung **108A** herausgefiltert. Die von der EUV-Lichtquelle **106A** erzeugte EUV-Strahlung **108A** weist eine relativ niedrige Transmissivität durch Luft auf, weshalb die Strahlführungsräume im Strahl-

formungs- und Beleuchtungssystem **102** und im Projektionssystem **104** evakuiert sind.

[0059] Das in **Fig. 1A** dargestellte Strahlformungs- und Beleuchtungssystem **102** weist fünf Spiegel **110**, **112**, **114**, **116**, **118** auf. Nach dem Durchgang durch das Strahlformungs- und Beleuchtungssystem **102** wird die EUV-Strahlung **108A** auf die Photomaske (Engl.: reticle) **120** geleitet. Die Photomaske **120** ist ebenfalls als reflektives optisches Element ausgebildet und kann außerhalb der Systeme **102**, **104** angeordnet sein. Weiter kann die EUV-Strahlung **108A** mittels eines Spiegels **122** auf die Photomaske **120** gelenkt werden. Die Photomaske **120** weist eine Struktur auf, welche mittels des Projektionssystems **104** verkleinert auf einen Wafer **124** oder dergleichen abgebildet wird.

[0060] Das Projektionssystem **104** (auch als Projektionsobjektiv bezeichnet) weist sechs Spiegel M1–M6 zur Abbildung der Photomaske **120** auf den Wafer **124** auf. Dabei können einzelne Spiegel M1–M6 des Projektionssystems **104** symmetrisch zur optischen Achse **126** des Projektionssystems **104** angeordnet sein. Es sollte beachtet werden, dass die Anzahl der Spiegel der EUV-Lithographieanlage **100A** nicht auf die dargestellte Anzahl beschränkt ist. Es können auch mehr oder weniger Spiegel vorgesehen sein. Des Weiteren sind die Spiegel i.d.R. an ihrer Vorderseite zur Strahlformung gekrümmt.

[0061] **Fig. 1B** zeigt eine schematische Ansicht einer DUV-Lithographieanlage **100B**, welche ein Strahlformungs- und Beleuchtungssystem **102** und ein Projektionssystem **104** umfasst. Dabei steht DUV für „tiefes Ultraviolett“ (Engl.: deep ultraviolet, DUV) und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 30 und 250 nm. Das Strahlformungs- und Beleuchtungssystem **102** und das Projektionssystem **104** können – wie bereits mit Bezug zu **Fig. 1A** beschrieben – in einem Vakuumgehäuse angeordnet und/oder von einem Maschinenraum mit entsprechenden Antriebsvorrichtungen umgeben sein.

[0062] Die DUV-Lithographieanlage **100B** weist eine DUV-Lichtquelle **106B** auf. Als DUV-Lichtquelle **106B** kann beispielsweise ein ArF-Excimerlaser vorgesehen sein, welcher Strahlung **108B** im DUV-Bereich bei beispielsweise **193** nm emittiert.

[0063] Das in **Fig. 1B** dargestellte Strahlformungs- und Beleuchtungssystem **102** leitet die DUV-Strahlung **108B** auf eine Photomaske **120**. Die Photomaske **120** ist als transmissives optisches Element ausgebildet und kann außerhalb der Systeme **102**, **104** angeordnet sein. Die Photomaske **120** weist eine Struktur auf, welche mittels des Projektionssystems **104** verkleinert auf einen Wafer **124** oder dergleichen abgebildet wird.

[0064] Das Projektionssystem **104** weist mehrere Linsen **128** und/oder Spiegel **130** zur Abbildung der Photomaske **120** auf den Wafer **124** auf. Dabei können einzelne Linsen **128** und/oder Spiegel **130** des Projektionssystems **104** symmetrisch zur optischen Achse **126** des Projektionssystems **104** angeordnet sein. Es sollte beachtet werden, dass die Anzahl der Linsen und Spiegel der DUV-Lithographieanlage **100B** nicht auf die dargestellte Anzahl beschränkt ist. Es können auch mehr oder weniger Linsen und/oder Spiegel vorgesehen sein. Des Weiteren sind die Spiegel in der Regel an ihrer Vorderseite zur Strahlformung gekrümmt.

[0065] Ein Luftspalt zwischen der letzten Linse **128** und dem Wafer **124** kann durch ein flüssiges Medium **132** ersetzt sein, welches einen Brechungsindex > 1 aufweist. Das flüssige Medium kann beispielsweise hochreines Wasser sein. Ein solcher Aufbau wird auch als Immersionslithographie bezeichnet und weist eine erhöhte photolithographische Auflösung auf.

[0066] **Fig. 2** zeigt in einer Seitenansicht ein optisches System **200**. Das optische System **200** kann eine Lithographieanlage, insbesondere eine EUV- oder DUV-Lithographieanlage **100A**, **100B**, ein Mikroskop, insbesondere ein Elektronenstrahlmikroskop, oder dergleichen sein. Insbesondere kann es sich bei dem optischen System um einen Ausschnitt, d. h. eine Anordnung mehrerer Bauteile, aus der EUV-Lithographieanlage **100A** gemäß **Fig. 1A** handeln.

[0067] Das optische System **200** umfasst einen Tragrahmen (Engl.: force frame) **202** und einen Sensorrahmen (Engl.: sensor frame) **204**. Allgemein gesprochen, dient der Tragrahmen **202** der Halterung optischer Elemente, während der Sensorrahmen **204** Sensoren zur Überwachung der optischen Elemente dient. Der Tragrahmen **202** und der Sensorrahmen **204** sind mechanisch voneinander entkoppelt. Somit kann ein zuverlässiges Referenzsystem am Sensorrahmen **204** bereitgestellt werden und eine genaue Positionserfassung der optischen Elemente am Tragrahmen **202** erfolgen.

[0068] Wie beispielhaft in **Fig. 2** gezeigt, trägt der Tragrahmen **202** zwei optische Elemente **206**, **208**, welche beispielsweise als Spiegel, insbesondere als die Spiegel M_1 und M_2 der Lithographieanlage **100A** gemäß **Fig. 1A**, ausgebildet sein können. Die optischen Elemente **206**, **208** sind jeweils mit Hilfe von Aktuatoren **210** an dem Tragrahmen **202** gehalten. Die Aktuatoren **210** können beispielsweise einen Gewichtskraftkompensator zur Aufnahme einer Gewichtskraft des entsprechenden optischen Elements **206**, **208** umfassen. Darüber hinaus können die Aktuatoren **210** Lorenz-Aktuatoren zur dynamischen Ansteuerung des entsprechenden optischen Elements **206**, **208** aufweisen. Eine solche Positio-

nierung mittels der Lorenz-Aktuatoren kann erforderlich sein, um die Anordnung der optischen Elemente **206**, **208** relativ zueinander hochgenau, insbesondere im Nano- oder Pikometerbereich, einzustellen.

[0069] Die Position eines jeweiligen optischen Elementes **206**, **208** wird mit einer jeweils zugeordneten Sensoreinrichtung **214** am Sensorrahmen **204** erfasst. Eine Steuereinrichtung **226** steuert die Aktuatoren **210** in Abhängigkeit von den erfassten Positionen der optischen Elemente **206**, **208** an.

[0070] Die optischen Elemente **206**, **208** definieren einen mit **216** bezeichneten Strahlengang des optischen Systems **200**. Je nach Positionierung der optischen Elemente **206**, **208** kann es zu einem veränderten Strahlengang **216'** kommen. In dem Strahlengang **216** ist ein Blendenelement **218** angeordnet. Das Blendenelement **218** ist mit Hilfe einer Positioniereinrichtung **220** am Tragrahmen **202** gehalten. Das Blendenelement **218** dient allgemein dazu, einen Teil des Strahlengangs **216** abzudecken.

[0071] Das Blendenelement **218** kann dabei grundsätzlich als Aperturblende oder Obskurationsblende ausgebildet sein. Anstelle des Blendenelements **218** kann eine Blendenvorrichtung **222** vorgesehen sein, welche neben dem Blendenelement **218** weitere Elemente, beispielsweise einen Halterahmen und/oder weitere Blendenelemente umfasst. In diesem Fall wird die gesamte Blendenvorrichtung **222** mittels der Positioniereinrichtung **220** positioniert.

[0072] Die Positioniereinrichtung **220** ist dazu eingerichtet, das Blendenelement **218** bzw. die Blendenvorrichtung **222** als Starrkörper (also als Ganzes) in zumindest einem Freiheitsgrad zu positionieren. Beispielsweise kann dieser Freiheitsgrad eine translatorische Bewegung in der Richtung R entlang des Strahlengangs **216** umfassen. Eine derartige translatorische Bewegung kann den Zweck haben, eine numerische Apertur des optischen Systems **200** einzustellen. Dies kann beispielsweise mit dem Ziel erfolgen, eine Belichtungstiefe bei einem zu belichtenden Wafer **124** (siehe **Fig. 1A**) zu ändern.

[0073] Alternativ kann die Positioniereinrichtung dazu eingerichtet sein, das Blendenelement bzw. die Blendenvorrichtung **218**, **222** in zwei, drei, vier, fünf oder sechs Freiheitsgraden zu positionieren. Auch dabei erfolgt die Positionierung des Blendenelements **218** (gegebenenfalls als Teil der Blendenelement **222**) als Starrkörper. Das heißt, das Blendenelement **218** wird selbst nicht verformt, sondern als Ganzes mit Hilfe der Positioniereinrichtung **220** positioniert bzw. bewegt.

[0074] Ferner umfasst das optische System **200** eine Sensoreinrichtung **224**, welche dazu eingerichtet ist, eine Position des Blendenelements **218** in Richtung

des zumindest einen Freiheitsgrads zu erfassen. So kann die Sensoreinrichtung **224** beispielsweise eine Position des Blendenelements **218** in der Richtung R erfassen. Alternativ kann die Sensoreinrichtung **224** die Position des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** in zwei, drei, vier, fünf oder sechs Freiheitsgraden erfassen. Dazu kann die Sensoreinrichtung beispielsweise einen induktiven, kapazitiven oder optischen Sensor aufweisen. Bevorzugt wird die Position des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** berührungsfrei erfasst.

[0075] Die Sensoreinrichtung **224** ist an dem Sensorrahmen **204** gehalten, um – wie bereits vorstehend beschrieben – ein zuverlässiges Referenzsystem vorzusehen.

[0076] Weiterhin umfasst das optische System **200** die bereits erwähnte Steuereinrichtung **226**. Die Steuereinrichtung **226** kann als Mikroprozessor ausgebildet sein. Die Steuereinrichtung **226** kann Bestandteil einer zentralen Steuerung des optischen Systems, insbesondere der Lithographieanlage **100A**, **100B** sein.

[0077] Die Steuereinrichtung **226** ist dazu eingerichtet, die Positioniereinrichtung **224** in Abhängigkeit von der erfassten Position des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** in Richtung R des zumindest einen Freiheitsgrads anzusteuern. Bevorzugt kann die Ansteuerung in Richtung eines jeden von zwei, drei, vier, fünf oder sechs Freiheitsgraden des Blendenelements **218** erfolgen.

[0078] Die Ansteuerung der Positioniereinrichtung **220** kann insbesondere zum Ausgleich von vorübergehenden oder dauerhaften Fehlpositionierungen des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** erfolgen. Fehlpositionierungen sind dabei solche Istpositionen, welche von durch das Referenzsystem am Sensorrahmen **204** vorgegebenen und auf der Steuereinrichtung **226** abgespeicherten Sollpositionen ab weichen. Vorübergehende Fehlpositionierungen können sich beispielsweise durch Wärmelasten ergeben, welche auf das Blendenelement **218** einwirken. Derartige Wärmelasten ergeben sich beispielsweise aufgrund des Lichts im Strahlengang **216**, welches auf die Oberfläche des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** fällt, also ausgeblendet wird. Dauerhafte Fehlpositionierungen können sich beispielsweise aus einem fehlerhaften Einbau des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** im Tragrahmen **202** ergeben.

[0079] Besonders von Bedeutung für Fehlpositionierungen des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** können die bereits erwähnten Wärmelasten sein, was anhand von **Fig. 3** nachfolgend näher erläutert wird. **Fig. 3** zeigt schematisch in einer

Seitenansicht ein optisches System **200**, wobei lediglich auf die Besonderheiten gegenüber **Fig. 2** eingegangen wird.

[0080] Die Blendenvorrichtung **222** umfasst einen Halterahmen **300**, welcher das Blendenelement **218** trägt. Das Blendenelement **218** kann an dem Halterahmen **300** beweglich oder ortsfest angebracht sein.

[0081] Mit **302** sind Wärmelasten bezeichnet, welche in das Blendenelement **218** aufgrund des auf das Blendenelement **218** auftreffenden Lichts im Strahlengang **216** eingetragen werden. Damit ergibt sich ein Wärmefluss, der entlang eines Wärmeleitungs-pfads **304** aus dem Blendenelement **218** über den Halterahmen **300**, weiter über die Positioniereinrichtung **220** in den Tragrahmen **202** führt.

[0082] Wie weiter anhand von **Fig. 3** illustriert, kann die Positioniereinrichtung **220** selbst einen Halterahmen **306** sowie eine Lagerung **308** aufweisen. Der Rahmen **306** kann an dem Tragrahmen **202** kraftentkoppelt, d.h. möglichst weich gelagert sein. Zu diesem Zweck kann sich der Rahmen **306** über eine Feder **310** an dem Tragrahmen **202** abstützen. Ferner sind nicht dargestellte Aktuatoren vorgesehen, um den Halterahmen **300** und damit das Blendenelement **218** gegenüber dem Halterahmen **306** und damit gegenüber dem Tragrahmen **202** mittels Kraftbeaufschlagung zu betätigen. Die Lagerung **308** kann beispielsweise einen oder mehrere Bipoden, insbesondere ein Hexapod, aufweisen. Eine derartige Lagerung ist beispielhaft anhand von **Fig. 4** illustriert.

[0083] **Fig. 4** zeigt eine Aufsicht auf die Blendenvorrichtung **222** samt Blendenelement **218**.

[0084] Das Blendenelement **218** ist beispielsweise als Aperturblende mit einer mittigen Öffnung **400** ausgebildet. Die Öffnung **400** wird von einer geschlossenen, lichtbestimmenden Kante **402** begrenzt. Die lichtbestimmende Kante **402** kann eine kreisförmige oder nicht kreisförmige Gestalt aufweisen. Beispielhaft ist eine ovale lichtbestimmende Kante **402** gezeigt.

[0085] Ferner sind in der **Fig. 4** drei Punkte **404** gezeigt, welche an der Blendenvorrichtung **222**, insbesondere an dem Halterahmen **300**, ausgebildet sind. Zwischen einem jeweiligen Punkte **404** und dem Rahmen **306** (siehe **Fig. 3**) sind jeweils Bipoden (nicht gezeigt) angeordnet, welche einerseits an der Blendenvorrichtung **222** und andererseits an dem Rahmen **306** befestigt sind. Mittels dreier solcher Bipoden ergibt sich eine Beweglichkeit des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** in sechs Freiheitsgraden. Die entsprechenden Aktuatoren, um eine Kraft auf das Blendenelement **218** bzw. die Blendenvorrichtung **222** in der Richtung eines jeweiligen Freiheitsgrads aufzubringen und damit eine Positio-

nierung des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** in einem jeweiligen Freiheitsgrad (von bis zu sechs Freiheitsgraden) herbeizuführen, sind der besseren Übersichtlichkeit halber nicht gezeigt.

[0086] Nun zurückkehrend zu **Fig. 3** ist dort zu erkennen, dass der Tragrahmen **202** als Wärmesenke dient, da in diesen über den Wärmeleitungs-pfad **304** die Wärme **302** aus dem Blendennetz **218** eingeleitet wird. Dies wiederum führt zu einem wärmebedingten Verzug und damit zu Positionsänderungen des Tragrahmens **202** gegenüber dem Sensorrahmen **204** bzw. dem durch den Sensorrahmen **204** definierten Referenzsystem. Dieser wärmebedingte Verzug (Engl.: thermal drift) wirkt sich wiederum auf die Position des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** aus und kann zu Fehlpositionierungen dieser führen.

[0087] Vorteilhaft wird bei dem vorstehend beschriebenen optischen System die Istposition des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** erfasst und mit Hilfe der Positioniereinrichtung **220** im Bedarfsfall an die vordefinierte Sollposition angepasst bzw. entsprechend nachgeführt.

[0088] Vorteilhaft ist das Blendenelement **218** bzw. die Blendenvorrichtung **222** somit stets in der Sollposition angeordnet. Der Umstand, dass der Tragrahmen **202** nach wie vor als Wärmesenke genutzt wird, ist mithin unschädlich.

[0089] Bevorzugt umfasst der Wärmeleitpfad **304** ausschließlich Elemente aus Metall, insbesondere Stahl, Aluminium oder Kupfer, welche in einem Flächenkontakt zueinander stehen. Dadurch ergibt sich eine effektive Ableitung von Wärme **302** von dem Blendenelement **218** in den Tragrahmen **202**.

[0090] **Fig. 5** zeigt schematisch und ausschnittsweise ein optisches System **200** gemäß einer weiteren Ausführungsform. Dabei wird links der senkrechten gestrichelten Linie ein erster Teil des optischen Systems **200** in der xz-Ebene und rechts der gestrichelten Linie ein zweiter Teil des optischen Systems **200** in der xy-Ebene illustriert.

[0091] Die Positioniereinrichtung **220** des optischen Systems **200** gemäß **Fig. 5** ist in drei Positioniereinheiten **220-1**, **220-2** und **220-3** unterteilt. Diese sind mechanisch miteinander in Reihe geschaltet, wie nachstehend noch näher erläutert.

[0092] Beginnend mit der linksseitigen Darstellung in **Fig. 5** umfasst die erste Positioniereinheit **220-1** einen Aktuator **500-1** und eine Lagerung **502-1**. Optional kann ferner ein Gewichtskraftkompensator **504** vorgesehen sein.

[0093] Der Gewichtskraftkompensator **504** nimmt die auf dem Zwischenelement **506** lastende Gewichtskraft G auf. Die Gewichtskraft G ergibt sich aufgrund des Gewichts aller nachgeschalteten Komponenten, insbesondere des Gewichts des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222**. Der Aktuator **500-1**, beispielsweise ein Piezo-Aktuator oder Lorenz-Aktuator, ist dazu eingerichtet, eine Kraft $F-1$ in der z -Richtung, also entgegen der Gewichtskraft G , auf das Zwischenelement **506** aufzubringen. Der Aktuator **500-1** stützt sich wiederum selbst am Tragrahmen **202** ab.

[0094] Die Lagerung **502-1** ist einerseits mit dem Zwischenelement **506** und andererseits mit dem Tragrahmen **202** verbunden. Sie begrenzt die Bewegung des Zwischenelements **506** derart, dass dieses ausschließlich entlang eines Freiheitsgrads, nämlich in der z -Richtung, beweglich ist. Eine Bewegung entlang aller anderer fünf Freiheitsgrade ist gesperrt.

[0095] In anderen Ausführungsformen kann die Lagerung **502-1** zwei Freiheitsgrade zulassen. So kann beispielsweise neben der Bewegung in der z -Richtung eine Rotation R_y um die y -Richtung bzw. y -Achse freigegeben sein. In diesem Fall ist allerdings eine weitere Positioniereinheit **220-1** bzw. zumindest eine weitere Lagerung **502-1** bzw. ein entsprechender Aktuator vorgesehen, welche bzw. welcher mechanisch parallel geschaltet ist, so dass letztlich eine Rotation des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** um die y -Richtung gesperrt ist. Anstatt eines Sperrens der Rotation R_y kann mittels der Parallelschaltung auch ein definiertes Verschwenken des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** um die y -Richtung erzielt werden.

[0096] Nun Bezug nehmend auf die rechte Darstellung in Fig. 5, ist dort gezeigt, dass das Zwischenelement **506** mittels der Positioniereinheit **220-2** mit einem weiteren Zwischenelement **508** gekoppelt ist. Im Detail umfasst die Positioniereinheit **220-2** einen Aktuator **500-2** und eine Lagerung **502-2**. Der Aktuator **500-2** ist einerseits mit dem weiteren Zwischenelement **508** und andererseits mit dem Zwischenelement **506** verbunden. Der Aktuator **500-2** ist dazu eingerichtet, eine Kraft $F-2$ auf das weitere Zwischenelement **508** in der y -Richtung aufzubringen.

[0097] Die Lagerung **502-2** weist genau einen Freiheitsgrad auf und erlaubt daher lediglich die Bewegung des weiteren Zwischenelements **508** in der y -Richtung. Demgegenüber sind Bewegungen in allen anderen fünf Freiheitsgraden gesperrt.

[0098] In anderen Ausführungsformen kann eine Rotation R_z um die z -Richtung bzw. z -Achse freigegeben sein. In diesem Fall ist eine zusätzliche Positioniereinheit bzw. zumindest eine weitere Lagerung **502-2** parallel geschaltet, welche letztlich die Rotati-

on des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** um die z -Achse sperrt oder definiert. Durch eine solche Parallelschaltung kann nämlich auch – wie bereits im Zusammenhang mit der xz -Ebene – eine definierte Rotation des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** um die z -Achse erzielt werden.

[0099] Weiterhin ist das Blendenelement **218** bzw. die Blendenvorrichtung **222** mittels der Positioniereinheit **220-3** mit dem weiteren Zwischenelement **508** gekoppelt. Die Positioniereinheit **220-3** umfasst einen Aktuator **500-3** sowie eine Lagerung **502-3**. Der Aktuator **500-3** ist einerseits mit dem Blendenelement **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** und andererseits mit dem Zwischenelement **508** verbunden. Der Aktuator **500-3** ist dazu eingerichtet, eine Kraft $F-3$ in der x -Richtung auf das Blendenelement **218** bzw. die Blendenvorrichtung **222** aufzubringen, um dieses bzw. diese dadurch in der x -Richtung zu positionieren.

[0100] Die Lagerung **502-3** weist genau einen Freiheitsgrad auf und erlaubt somit ausschließlich die Bewegung des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** in der x -Richtung und sperrt die anderen fünf Freiheitsgrade.

[0101] In anderen Ausführungsformen weist die Lagerung **502-3** genau zwei Freiheitsgrade auf und erlaubt neben der Bewegung in der x -Richtung eine Rotation R_x um die x -Richtung bzw. x -Achse. Wird der Positioniereinheit **220-3** nun eine weitere Positioniereinheit bzw. zumindest eine weitere Lagerung **502-3** mechanisch parallel geschaltet, so kann die Rotation R_x um die x -Achse gesperrt oder definiert werden. Insbesondere kann so eine definierte Rotation R_x des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** um die x -Achse erzeugt werden.

[0102] Mithin erlaubt das optische System **200** gemäß Fig. 5 eine Positionierung des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** in genau drei Freiheitsgraden. Wird darüber hinaus von der erläuterten mechanischen Parallelschaltung Gebrauch gemacht, kann eine Positionierung des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** in sechs Freiheitsgraden erfolgen.

[0103] Fig. 6 zeigt in einem Längsschnitt teilweise ein optisches System **200** gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0104] Das optische System weist mehrere Blendenebenen NA_1 , NA_2 auf, welche in der Richtung R des Strahlengangs **216** hintereinander angeordnet sind. Des Weiteren kann das optische System **200** eine Blendenebene O aufweisen. Die Blendenebenen NA_1 , NA_2 entsprechen dabei Aperturblenden, die

Blendenebene O dagegen einer Obskurationsblende.

[0105] Die Blendenebenen NA_1 , NA_2 , O werden dabei definiert durch ein jeweiliges Blendenelement **218-1**, **218-2**, **810**. Lichtbestimmende Kanten **402** sind dabei auf einer Kurve K angeordnet gezeigt. Die Kurve K ergibt sich aus dem optischen Design des optischen Systems **200**. Diese Anordnung der lichtbestimmenden Kanten **402** entspricht deren nachfolgend als Sollpositionen P_1 , P_2 beschriebenen Anordnung und entspricht unterschiedlichen numerischen Aperturen des optischen Systems. So kann beispielsweise das Blendenelement **218-1** in seiner Sollposition P_1 eine numerische Apertur von 0,4, das Blendenelement **218-2** in seiner Sollposition P_2 eine numerische Apertur von 0,475 bedingen.

[0106] Fig. 7A zeigt schematisch eine Blendenvorrichtung **222**, welche das erste und zweite Blendenelement **218-1**, **218-2** aus Fig. 6 aufweist. Das erste Blendenelement **218-1** ist direkt an dem Halterahmen **300** der Blendenvorrichtung **222** gehalten, also ortsfest vorgesehen. Das zweite Blendenelement **218-2** dagegen ist mittels eines Aktuators **700** gegenüber dem Halterahmen **300** in einer Richtung Q quer zum Strahlengang **216** positionierbar vorgesehen. Der Aktuator **700** ist beispielsweise als Piezo- oder Lorenz-Aktuator ausgebildet. Eine entsprechende Linearführung oder ein entsprechender Schwenkmechanismus für eine Bewegung des zweiten Blendenelements **218-2** ausschließlich in der zweiten Blendenebene NA_2 ist nicht illustriert, kann aber vorgesehen sein.

[0107] In Fig. 7A befindet sich das erste Blendenelement **218-1** in der Sollposition P_1 und gibt damit die erste numerische Apertur vor. Das zweite Blendenelement **218-2** befindet sich dagegen in einer Warteposition und bestimmt die numerische Apertur nicht.

[0108] Dagegen ist in Fig. 7B das zweite Blendenelement **218-2** in seiner Sollposition P_2 angeordnet. Entsprechend ergibt sich die zweite numerische Apertur für das optische System **200**. In seine Sollposition gelangt das zweite Blendenelement **218-2** mittels Aktuierung durch den Aktuator **700**.

[0109] Anhand der Fig. 6 bis Fig. 7B ist somit illustriert, dass über die Positioniereinrichtung **220** hinaus, welche zum Ausgleich von Fehlpositionierungen des Blendenelements **218** bzw. der Blendenvorrichtung **222** dient, eine weitere Positionierung ein oder mehrerer Blendenelemente **218-1**, **218-2** erfolgen kann, um dadurch (ausgehend von einer korrekt positionierten Blendenvorrichtung **222**) weitere Funktionalitäten, wie beispielsweise eine Anpassung der numerischen Apertur, bereitzustellen. Es sei ausdrücklich erwähnt, dass die Anpassung der numerischen Apertur nur eine Möglichkeit der Bewe-

gung bzw. Ansteuerung der Blendenelemente **218-1**, **218-2** ist. Auch eine Aktuierung in anderen Raumrichtungen ist möglich. Selbstverständlich können mehr als zwei Blendenelemente **218-1**, **218-2** vorgesehen sein.

[0110] Fig. 8A und Fig. 8B zeigen in einer perspektivischen Ansicht teilweise ein optisches System **200** gemäß einer weiteren Ausführungsform in unterschiedlichen Zuständen, wobei der Ansatz aus Fig. 7A und Fig. 7B weiter detailliert wird.

[0111] Das aus den Fig. 6 bis Fig. 7B bekannte erste Blendenelement **218-1** bildet eine einteilige Aperturblende mit einer Öffnung **400** aus, welche von einer lichtbestimmenden Kante **402** begrenzt ist. Die lichtbestimmende Kante **402** ist geschlossen, insbesondere ovalförmig oder beliebig anders ausgebildet. Die Aperturblende **218-1** ist fest an dem Halterahmen **300** der Blendenvorrichtung **222** befestigt.

[0112] Ferner sind an den Halterahmen **300** das zweite Blendenelement **218-2** sowie ein damit korrespondierendes Blendenelement **218-2'** linear verschieblich gelagert. Dazu ist eine in der vergrößerten Schnittansicht rechts oben gezeigte Linearführung **800** vorgesehen, welche sich aus einer ersten und zweiten Führungsschiene **802**, **804** zusammensetzt. Die Führungsschiene **802** ist fest mit dem Blendenelement **218-1** verbunden. Die Führungsschiene **804** ist dagegen fest mit dem Halterahmen **300** verbunden. Die Führungsschienen **802**, **804** können gleitend oder rollend gegeneinander gelagert sein. In Fig. 8A ist eine rollende Ausführung gezeigt. Entsprechend sind Rollen **806**, beispielsweise Kugeln oder Tonnen, zwischen den Führungsschienen **802**, **804** vorgesehen. Ferner ist die Linearführung **800** mittels einer Dichtung **808**, insbesondere Labyrinthdichtung, gegenüber Partikelaustrag abgedichtet. Die Linearführung **800** kann teilweise oder vollständig aus Keramik, insbesondere einer stark wärmeleitfähigen Keramik, wie SiSiC, gebildet sein.

[0113] Weiterhin umfasst die Blendenvorrichtung **222** eine Obskurationsblende **810**. Diese verdeckt eine Obskuration, insbesondere einen Durchbruch, in bspw. einem der Spiegel **206**, **208**, um eine Feldabhängigkeit einer entsprechenden Abschattung (also in der Ebene des Wafers **124**, siehe Fig. 1A und Fig. 1B) zu reduzieren.

[0114] Die Obskurationsblende **810** ist beispielsweise als runde, nicht notwendigerweise jedoch kreisrunde, insbesondere ovale Scheibe ausgebildet. Die Obskurationsblende **810** ist beispielsweise mittels mehrerer Stege **812** an dem Halterahmen **300** befestigt. Die Obskurationsblende **810** ist in der Richtung R des Strahlengangs **216** gesehen in der Öffnung **400** des Blendenelements **218-1**, insbesondere mit-

[0115] Die in **Fig. 8A** gezeigte Position der Blendenelemente **218-1** und **218-2**, **218-2'** korrespondiert mit **Fig. 7A**, die Position der Blendenelemente **218-1**, **218-2**, **218-2'** aus **Fig. 8B** mit **Fig. 7B**.

[0116] Rein beispielhaft ist illustriert, dass die Positioniereinheit **220-3** aus **Fig. 5** an dem Halterahmen **300** der Blendenvorrichtung **222** angreifen kann. Genauso gut könnte der Rahmen **300** mittels der Positioniereinrichtung **308** aus **Fig. 3**, insbesondere aufweisend mehrere Bipoden oder ein Hexapod, gelagert gehalten sein.

[0117] **Fig. 9** illustriert ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betreiben eines optischen Systems **200**, wie vorstehend beschrieben.

[0118] Die Schritte S_1 und S_2 werden bevorzugt während eines Beleuchtungsmodus des optischen Systems **200**, also wenn Licht durch den Strahlengang **216** fällt, ausgeführt. Besonders bevorzugt werden die Schritte S_1 , S_2 während eines Belichtungsmodus des optischen Systems **200** ausgeführt, d.h., dann wenn die Belichtung eines Wafers **124** (siehe **Fig. 1A** und **Fig. 1B**) erfolgt. Insbesondere können die Schritte S_1 und S_2 während der Belichtung eines Dies auf dem Wafer **124** ausgeführt werden.

[0119] In einem ersten Verfahrensschritt S_1 wird eine Position eines Blendenelements **218** (siehe **Fig. 2**) in einem Strahlengang **216** des optischen Systems **200** in Richtung R zumindest eines Freiheitsgrads des Blendenelements **218** erfasst.

[0120] In einem weiteren Schritt S_2 wird das Blendenelement **218** in Richtung R des zumindest einen Freiheitsgrads in Abhängigkeit von der erfassten Position positioniert. Die Position des Blendenelements **218** kann dabei mit Hilfe eines Regelkreises geregelt werden.

[0121] Das vorstehend beschriebene Verfahren wird je nach Anwendungsfall, beispielsweise wie in den vorstehenden **Fig. 2** bis **Fig. 8B** beschrieben, modifiziert.

[0122] Obwohl die Erfindung vorliegend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf keineswegs beschränkt, sondern vielfältig modifizierbar.

Bezugszeichenliste

100A	EUV-Lithographieanlage
100B	DUV-Lithographieanlage
102	Strahlformungs- und Beleuchtungssystem
104	Projektionssystem
106A	EUV-Lichtquelle
106B	DUV-Lichtquelle

108A	EUV-Strahlung
108B	DUV-Strahlung
110-118	Spiegel
120	Photomaske
122	Spiegel
124	Wafer
126	optische Achse
128	Linse
130	Spiegel
132	Immersionsflüssigkeit
200	optisches System
202	Tragrahmen
204	Sensorrahmen
206	optisches Element
208	optisches Element
210	Aktuator
214	Sensoreinrichtung
216	Strahlengang
216'	Strahlengang
218	Blendenelement
220	Positioniereinrichtung
220-1	Positioniereinheit
220-2	Positioniereinheit
220-3	Positioniereinheit
222	Blendenvorrichtung
224	Sensoreinrichtung
226	Steuereinrichtung
300	Halterahmen
302	Wärmelast
304	Wärmeleitungs Pfad
306	Halterahmen
308	Lagerung
310	Feder
400	Öffnung
402	lichtbestimmende Kante
404	Punkt
500-1	Aktuator
500-2	Aktuator
500-3	Aktuator
502-1	Lagerung
502-2	Lagerung
502-3	Lagerung
504	Gewichtskraftkompensator
506	Zwischenelement
508	weiteres Zwischenelement
600	Licht
700	Aktuator
800	Linearführung
802	Führungsschiene
804	Führungsschiene
806	Rolle
808	Dichtung
810	Obskurationsblende
812	Steg
F-1	Kraft
F-2	Kraft
F-3	Kraft
K	Kurve
Q	Richtung quer zum Strahlengang
R	Richtung entlang des Strahlengangs

R_x	Rotation um die x-Achse
R_y	Rotation um die y-Achse
R_z	Rotation um die z-Achse
x	Achse
y	Achse
z	Achse
P_1 – P_2	Sollpositionen
S_1 – S_3	Verfahrensschritte

Patentansprüche

- Optisches System (**200**), insbesondere Lithographieanlage (**100A**, **100B**), aufweisend einen Strahlengang (**216**), ein Blendenelement (**218**, **218-1**, **218-2**), welches dazu eingerichtet ist, einen Teil des Strahlengangs (**216**) abzudecken, eine Positioniereinrichtung (**220**), welche dazu eingerichtet ist, das Blendenelement (**218**, **218-1**, **218-2**) in Richtung (x , y , z , R_x , R_y , R_z) zumindest eines Freiheitsgrads zu positionieren, eine Sensoreinrichtung (**224**), welche dazu eingerichtet ist, eine Position des Blendenelements (**218**, **218-1**, **218-2**) in Richtung (x , y , z , R_x , R_y , R_z) des zumindest einen Freiheitsgrads zu erfassen, und eine Steuereinrichtung (**226**), welche dazu eingerichtet ist, die Positioniereinrichtung (**220**) in Abhängigkeit von der erfassten Position des Blendenelements (**218**, **218-1**, **218-2**) zur Positionierung desselben in Richtung (x , y , z , R_x , R_y , R_z) des zumindest einen Freiheitsgrads anzusteuern.
- Optisches System nach Anspruch 1, wobei der zumindest eine Freiheitsgrad eine translatorische Bewegung in Richtung (R) des Strahlengangs (**216**) umfasst.
- Optisches System nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Positioniereinrichtung (**220**) dazu eingerichtet ist, das Blendenelement (**218**, **218-1**, **218-2**) in zwei bis sechs Freiheitsgraden (x , y , z , R_x , R_y , R_z) zu positionieren.
- Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Blendenelement (**218**, **218-1**, **218-2**) als Starrkörper ausgebildet ist.
- Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, ferner aufweisend eine Blendenvorrichtung (**222**), welche einen Halterahmen (**300**) und das Blendenelement (**218**, **218-1**, **218-2**) aufweist, wobei das Blendenelement (**218**, **218-1**, **218-2**) gegenüber dem Halterahmen (**300**) beweglich gehalten ist und wobei die Positioniereinrichtung (**220**) dazu eingerichtet ist, die Blendenvorrichtung (**222**) in Richtung (x , y , z , R_x , R_y , R_z) des zumindest einen Freiheitsgrads zu positionieren.
- Optisches System nach Anspruch 5, wobei die Blendenvorrichtung (**222**) ein erstes und ein zweites

Blendenelement (**218-1**, **218-2**) aufweist, wobei das erste Blendenelement (**218-1**) an dem Halterahmen (**300**) ortsfest gehalten ist und das zweite Blendenelement (**218-2**) an dem Halterahmen (**300**) beweglich gehalten ist oder das erste und das zweite Blendenelement (**218-1**, **218-2**) an dem Halterahmen (**300**) beweglich gehalten sind.

7. Optisches System nach Anspruch 6, wobei das erste und zweite Blendenelement (**218-1**, **218-2**) in Richtung (R) des Strahlengangs (**216**) hintereinander angeordnet sind.

8. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Blendenelement (**218**) oder das erste und/oder zweite Blendenelement (**218-1**, **218-2**) eine Aperturblende oder zusammen mit zumindest einem korrespondierendem Blendenelement (**218-2'**) eine Aperturblende ausbildet, wobei bevorzugt die Aperturblende (**218-1**) eine nicht-kreisförmige Öffnung (**400**) aufweist.

9. Optisches System nach einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei die Blendenvorrichtung (**222**) ferner eine Obskurationsblende (**810**) aufweist.

10. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Sensoreinrichtung (**224**) dazu eingerichtet ist, die Position des Blendenelements (**218**, **218-1**, **218-2**) in einem Beleuchtungsmodus des optischen Systems (**200**), insbesondere in einem Belichtungsmodus derselben, zu erfassen, und die Steuereinrichtung (**226**) dazu eingerichtet ist, die Positioniereinrichtung (**220**) in dem Beleuchtungsmodus des optischen Systems (**200**), insbesondere in dem Belichtungsmodus, in Abhängigkeit von der erfassten Position anzusteuern.

11. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 10, ferner aufweisend einen Tragrahmen (**202**) und ein optisches Element (**206**, **208**), welches der Tragrahmen (**202**) trägt und den Strahlengang (**216**) bestimmt, wobei der Tragrahmen (**202**) weiterhin die Positioniereinrichtung (**220**) trägt.

12. Optisches System nach Anspruch 11, ferner aufweisend einen Sensorrahmen (**204**), welcher von dem Tragrahmen (**202**) mechanisch entkoppelt ist, wobei der Sensorrahmen (**204**) die Sensoreinrichtung (**224**) trägt.

13. Optisches System nach Anspruch 11 oder 12, ferner aufweisend einen Wärmleitpfad (**304**), welcher Wärme (**302**) von dem Blendenelement (**218**, **218-1**, **218-2**) in den Tragrahmen (**202**) leitet, wobei bevorzugt der Wärmleitpfad (**304**) ausschließlich Elemente aus Metall und/oder Keramik aufweist, welche in einem Flächenkontakt zueinander stehen.

14. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Positioniereinrichtung (**220**) ein oder mehrere Bipoden, insbesondere ein Hexapod, und/oder mehrere mechanisch in Reihe geschaltete Positioniereinheiten (**220-1**, **220-2**, **220-3**) aufweist, wobei die Positioniereinheiten (**220-1**, **220-2**, **220-3**) jeweils genau einen Freiheitsgrad oder genau zwei Freiheitsgrade aufweisen.

15. Verfahren zum Betreiben eines optischen Systems, insbesondere einer Lithographieanlage (**100A**, **100B**), mit den Schritten:

- a) Erfassen einer Position eines Blendenelements (**218**, **218-1**, **218-2**) in dem Strahlengang (**216**) des optischen Systems (**200**) in Richtung (x, y, z, R_x, R_y, R_z) zumindest eines Freiheitsgrads des Blendenelements (**218**, **218-1**, **218-2**), und
- b) Positionieren des Blendenelements (**218**, **218-1**, **218-2**) in Richtung (x, y, z, R_x, R_y, R_z) des zumindest einen Freiheitsgrads in Abhängigkeit von der erfassten Position.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

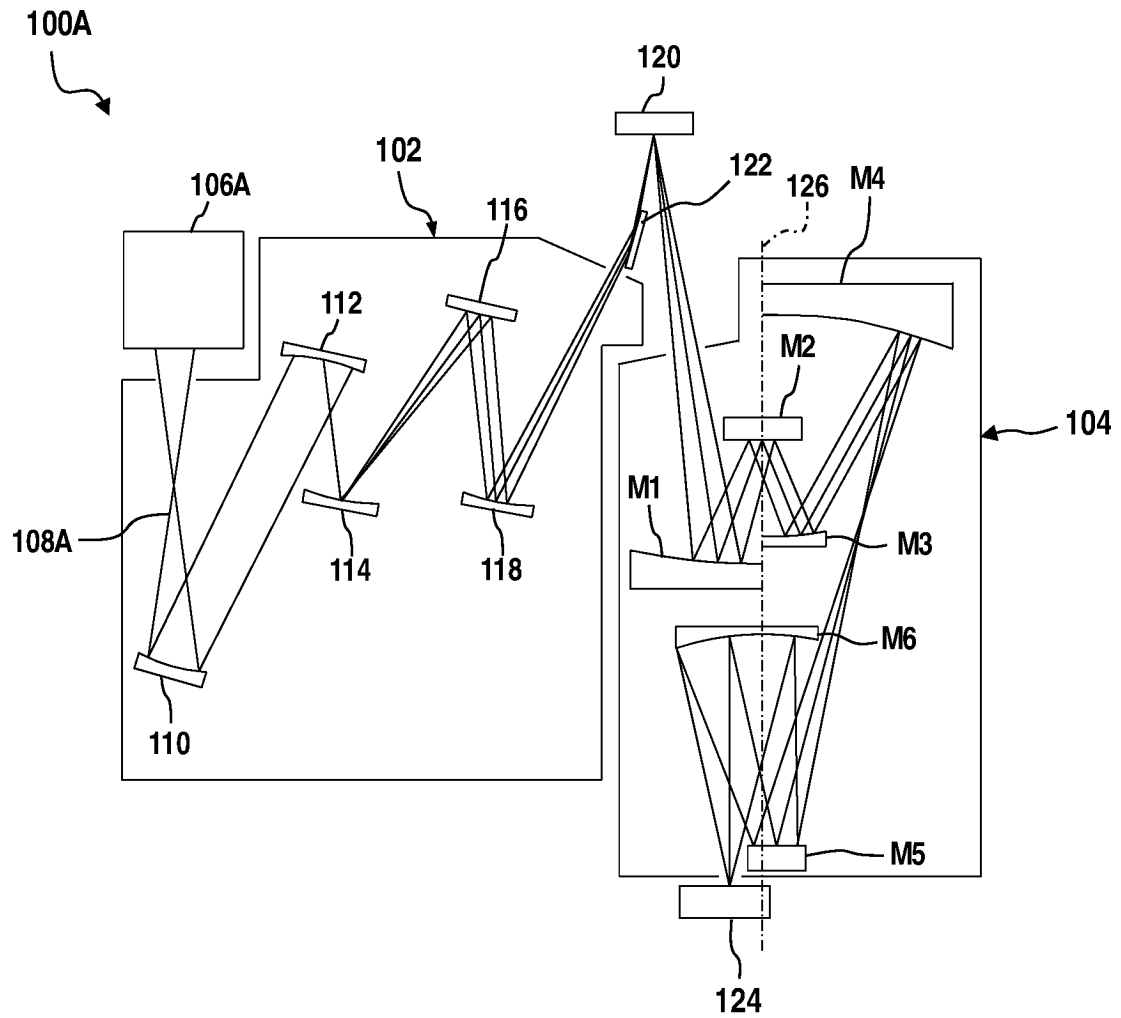


Fig. 1A

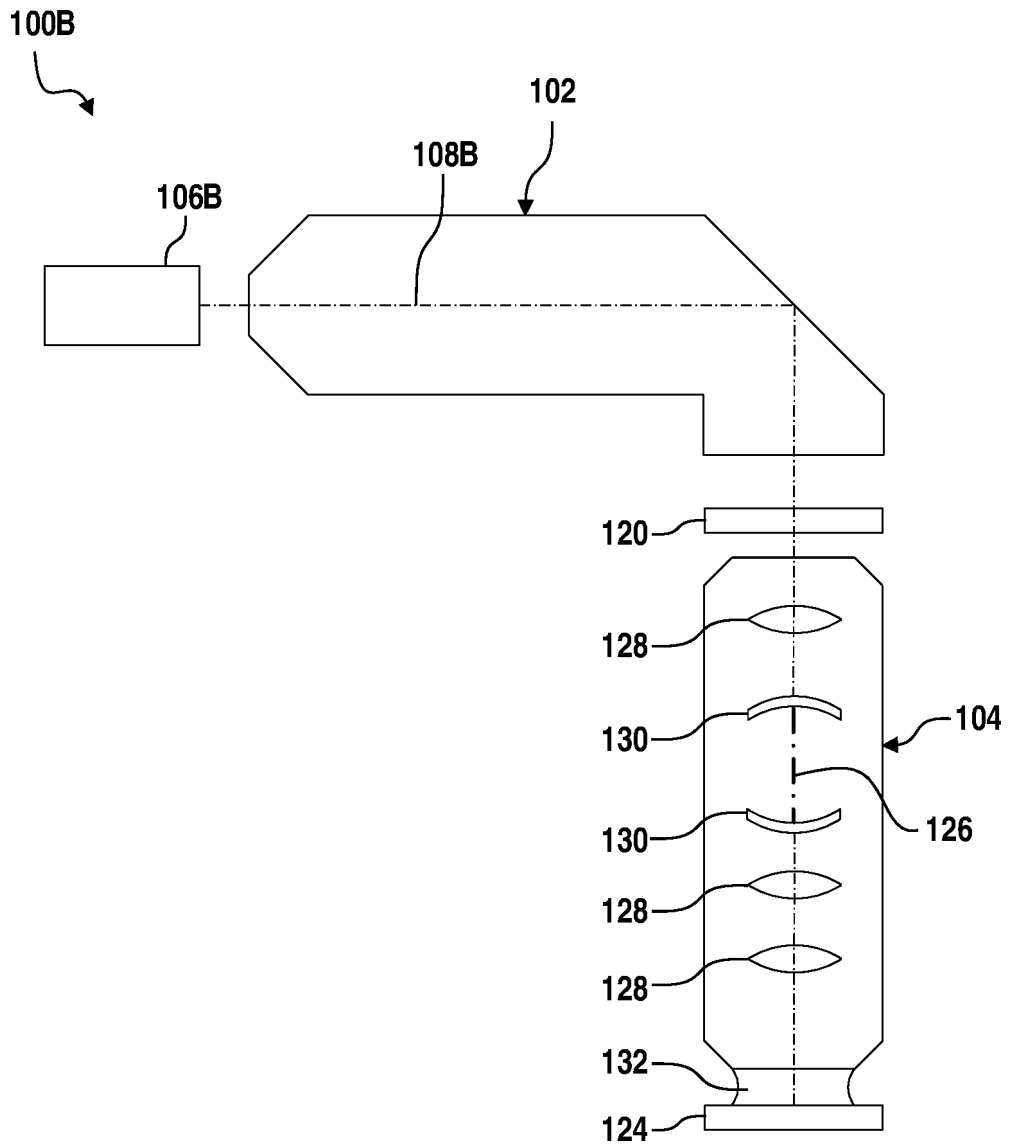
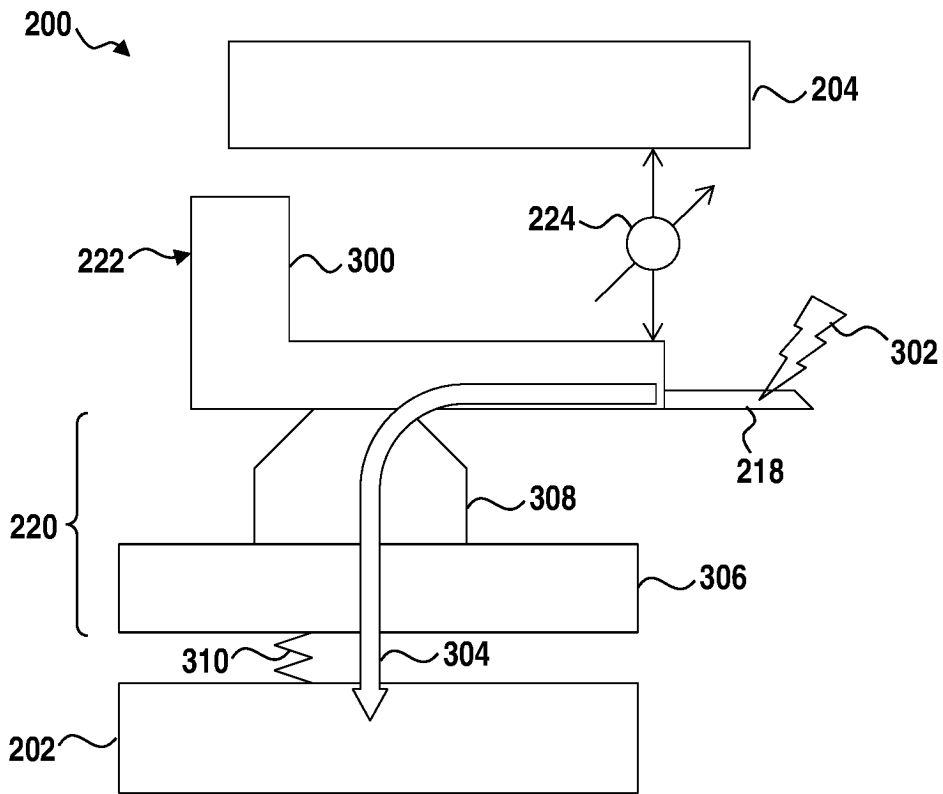
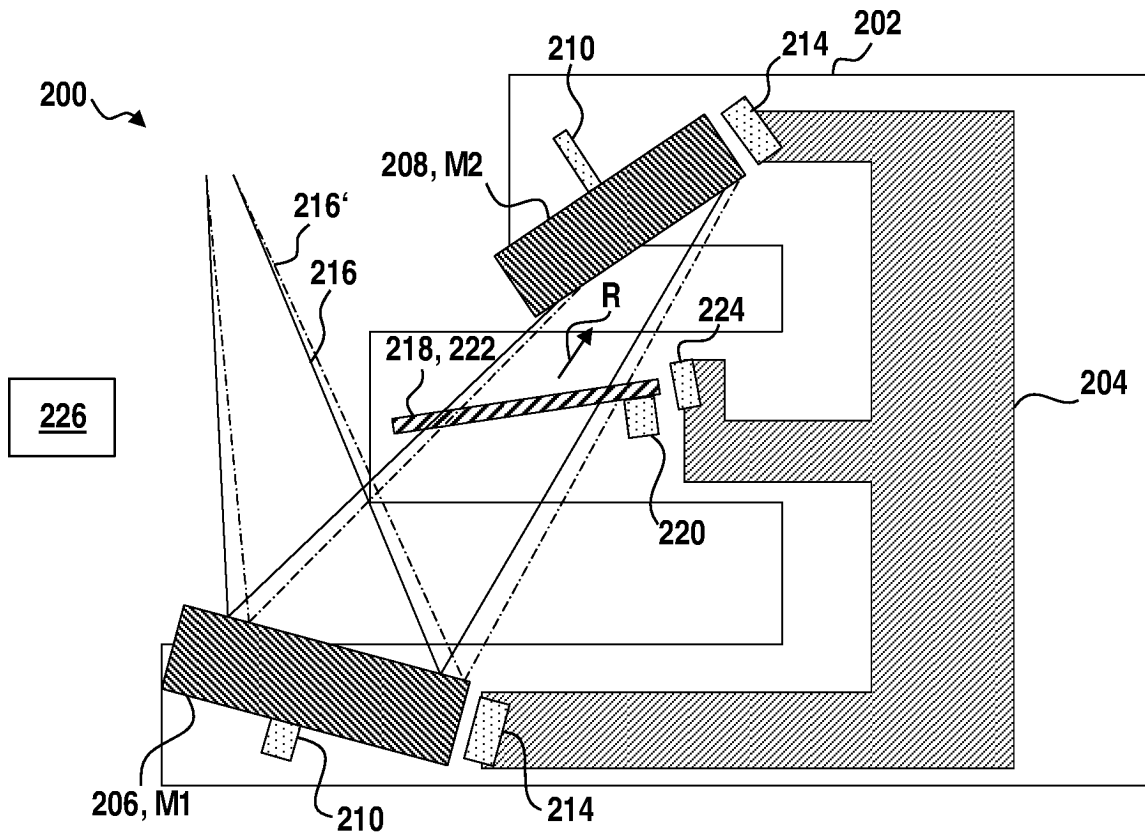


Fig. 1B



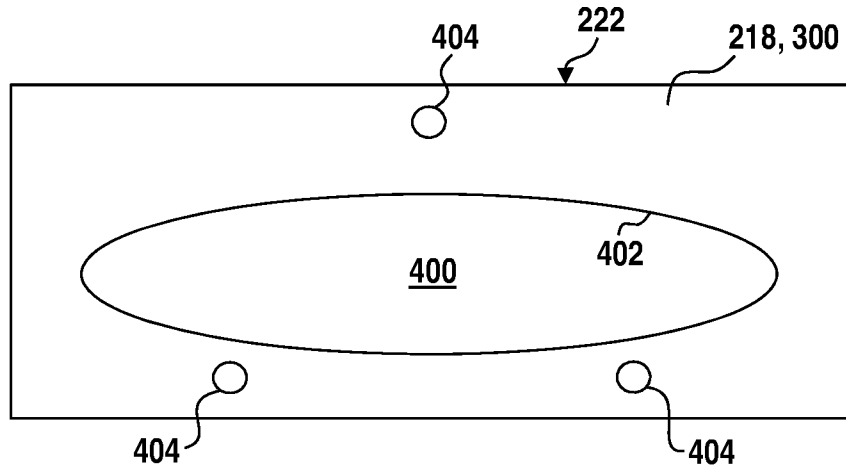


Fig. 4

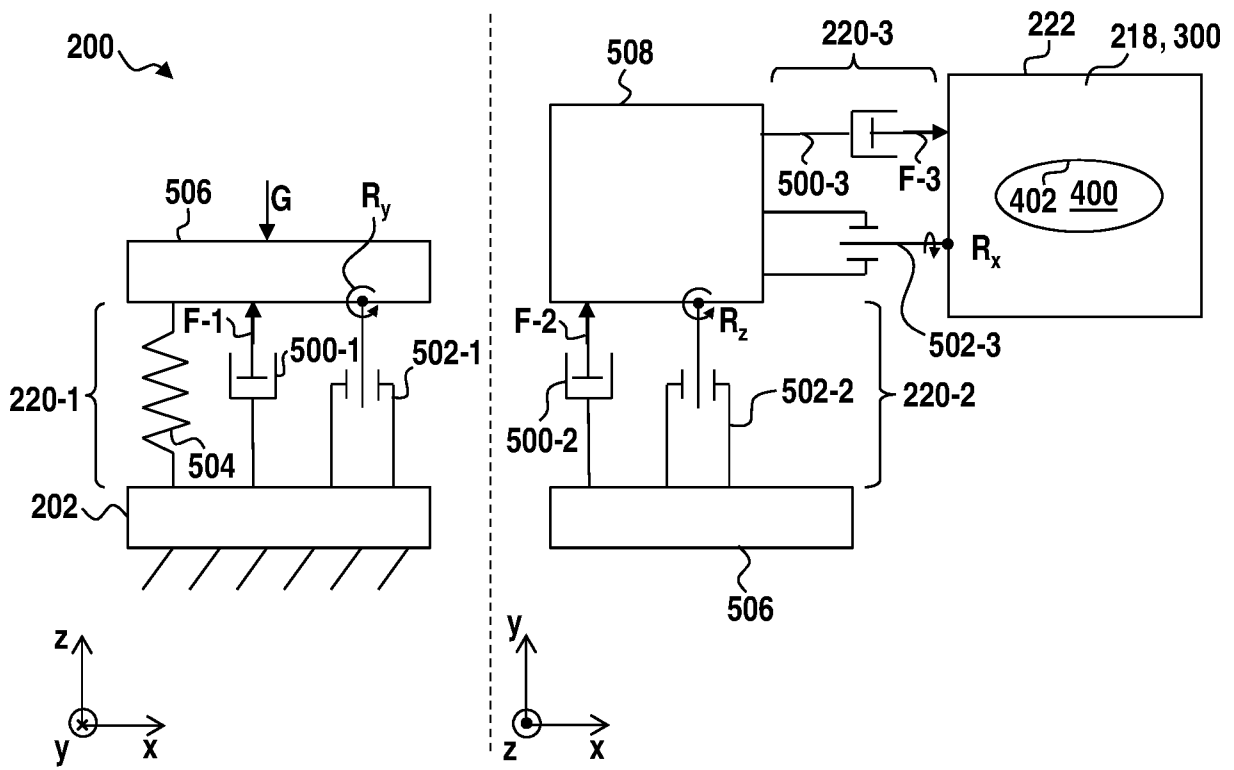


Fig. 5

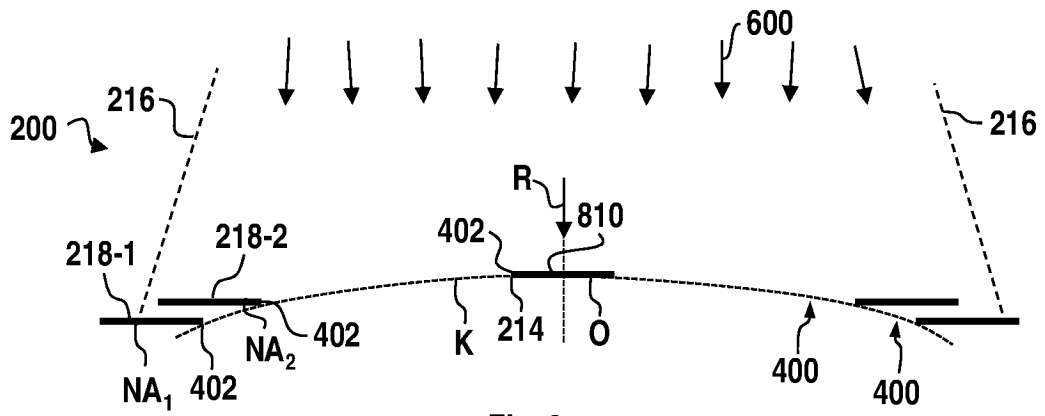


Fig. 6

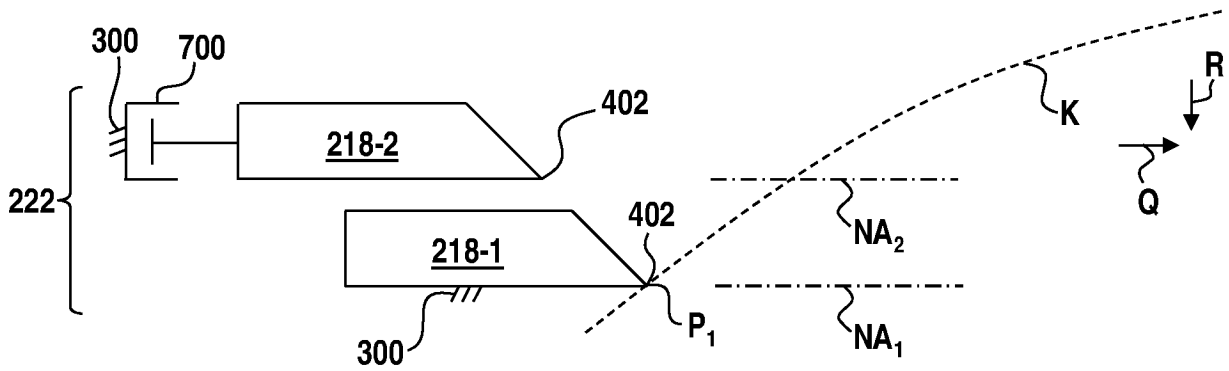


Fig. 7A

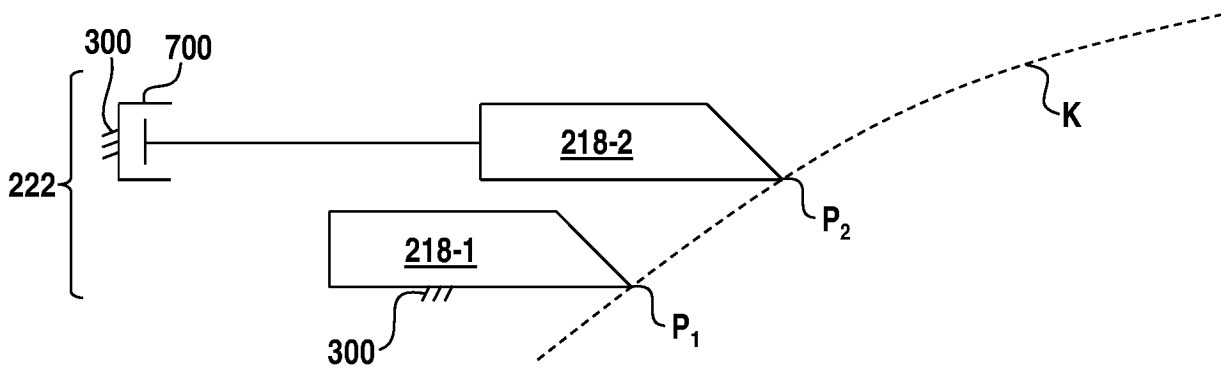
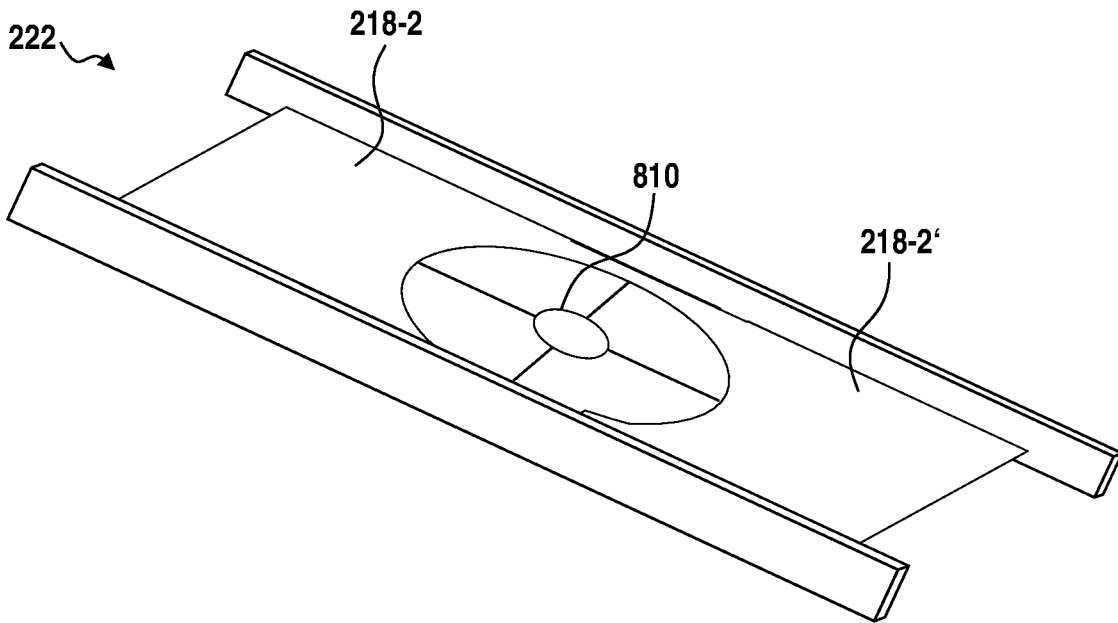
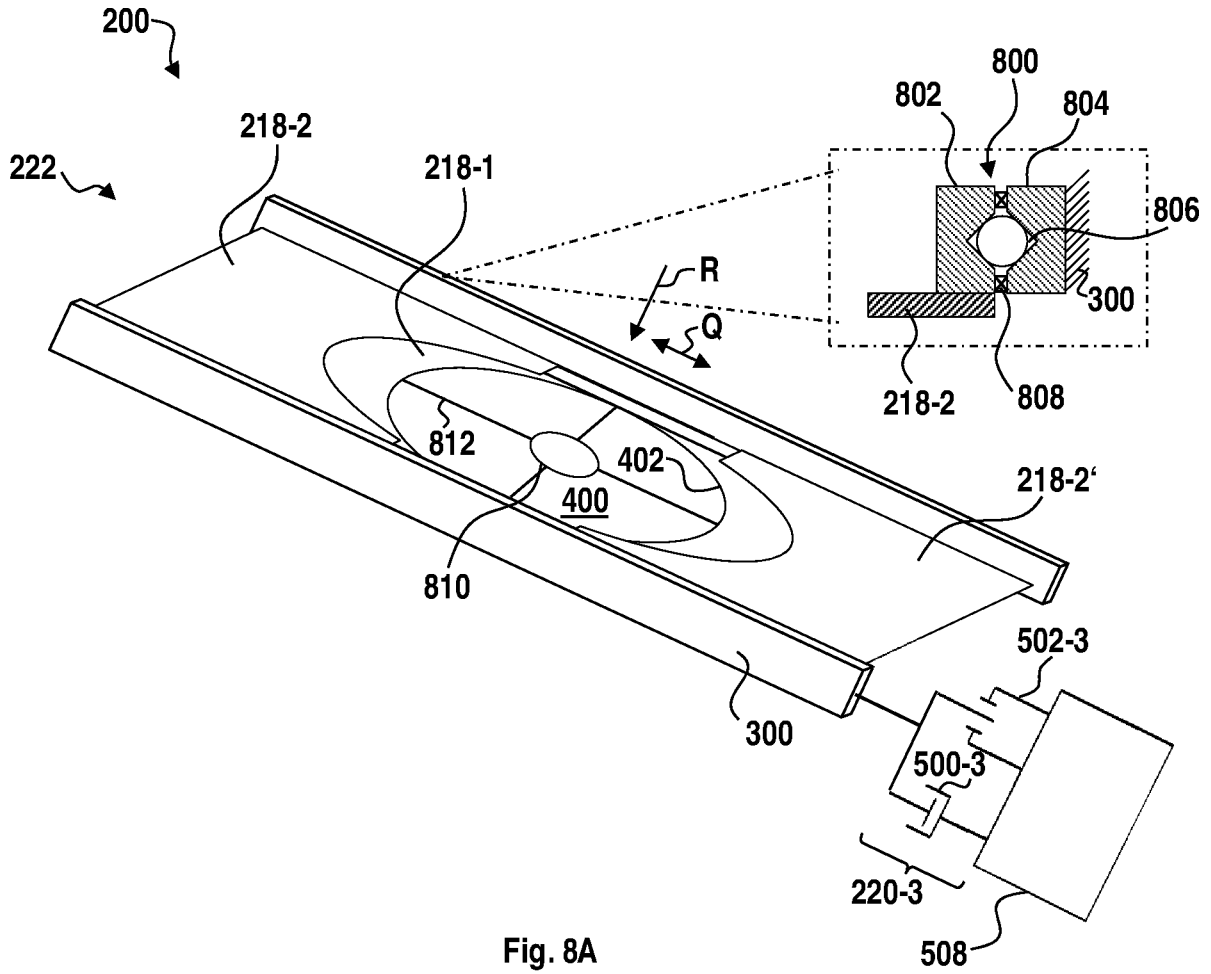


Fig. 7B



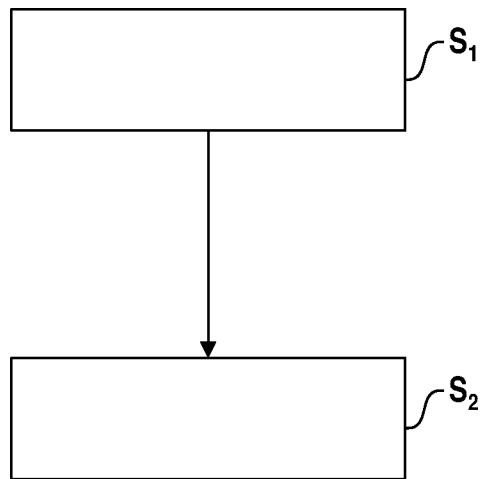


Fig. 9