(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. November 2016 (24.11.2016)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/184593 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 7/00 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
G01M 11/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/057078

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. März 2016 (31.03.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 209 173.2 20. Mai 2015 (20.05.2015) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE]; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder: **FRITZSCHE, Steffen**; Toggenburgerstrasse 4, 73432 Aalen (DE). **BAIER, Jürgen**; Dives-Sur-Mer-Strasse 11, 73447 Oberkochen (DE). **FREIMANN, Rolf**; Weisse Steige 20, 73431 Aalen (DE).

(74) Anwalt: **HORN KLEIMANN WAITZHOFER PATENTANWÄLTE PARTG MBB**; Ganghoferstr. 29a, 80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING AN OBJECTIVE FOR A LITHOGRAPHY SYSTEM, AND MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES OBJEKTIVS FÜR EINE LITHOGRAPHIEANLAGE SOWIE MESSVORRICHTUNG

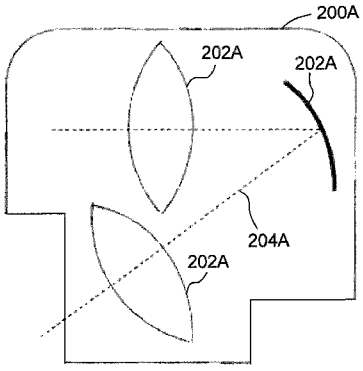


Fig. 3A

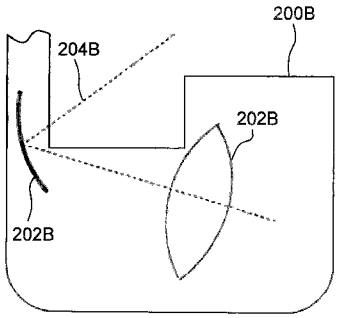


Fig. 3B

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing an objective (104) for a lithography system (100), which comprises the following steps: a) providing at least one first and one second partial objective (200A, 200B), wherein the at least one first partial objective (200A) comprises a plurality of optical elements (202A) and the at least one second partial objective (200B) comprises at least one optical element (202B), wherein the at least one first and one second partial objective (200A, 200B) each have a beam path (204A, 204B), which is non-homocentric on the input side and/or output side (206, 210, 212) of the particular partial objective (200A, 200B), b) transmitting at least one first light beam (500, 602) along each beam path (204A, 204B) of the at least one first and one second partial objective (200A, 200B) and sensing the at least one first light beam (500, 602) behind the particular partial objective (200A, 200B), c) determining at least one optical characteristic of each partial objective (200A, 200B) on the basis of the sensed at least one first light beam (500, 602), d) adjusting the plurality of optical elements (202A) of the first partial objective (200A) and the at least one optical element (202B) of the second partial objective (200B) in accordance with the determined optical characteristic, and e) joining the at least one first and one second partial objective (200A, 200B) in order to produce the objective (104).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/184593 A1

KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Es wird ein Verfahren zum Herstellen eines Objektivs (104) für eine Lithographieanlage (100) bereitgestellt, welches folgende Schritte aufweist: a) Bereitstellen zumindest eines ersten und eines zweiten Teilobjektivs (200A, 200B), wobei das zumindest eine erste Teilobjektiv (200A) mehrere optische Elemente (202A) und das zumindest eine zweite Teilobjektiv (200B) zumindest ein optisches Element (202B) umfasst, wobei das zumindest eine erste und zweite Teilobjektiv (200A, 200B) jeweils einen Strahlengang (204A, 204B) aufweisen, welcher an der Eingangs- und/oder Ausgangsseite (206, 210, 212) eines jeweiligen Teilobjektivs (200A, 200B) nicht-homozentrisch ausgebildet ist, b) Senden zumindest eines ersten Lichtstrahls (500, 602) entlang eines jeweiligen Strahlengangs (204A, 204B) des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs (200A, 200B) und Erfassen des zumindest einen ersten Lichtstrahls (500, 602) hinter einem jeweiligen Teilobjektiv (200A, 200B), c) Ermitteln zumindest einer optischen Charakteristik eines jeweiligen Teilobjektivs (200A, 200B) anhand des erfassten, zumindest einen ersten Lichtstrahls (500, 602), d) Justieren der mehreren optischen Elemente (202A) des ersten Teilobjektivs (200A) und des zumindest einen optischen Elements (202B) des zweiten Teilobjektivs (200B) in Abhängigkeit von der ermittelten optischen Charakteristik, und e) Zusammenfügen des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs (200A, 200B) zur Herstellung des Objektivs (104).

VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES OBJEKTIVS FÜR EINE LITHOGRAPHIEANLAGE SOWIE MESSVORRICHTUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Objektivs für eine Lithographieanlage. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Messvorrichtung zur Ermittlung einer optischen Charakteristik eines Teilobjektivs für eine Lithographieanlage.

Der Inhalt der Prioritätsanmeldung DE 10 2015 209 173.2 wird durch Bezugnahme vollumfänglich mit einbezogen.

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.

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.

Die Spiegel können z. B. an einem Tragrahmen (Engl.: force frame) befestigt und wenigstens teilweise manipulierbar ausgestaltet sein, um eine Bewegung eines jeweiligen Spiegels in bis zu sechs Freiheitsgraden und damit eine hochgenaue

Positionierung der Spiegel zueinander, insbesondere im pm-Bereich, zu ermöglichen. Somit können etwa im Betrieb der Lithographieanlage auftretende Änderungen der optischen Eigenschaften, z. B. infolge von thermischen Einflüssen, kompensiert werden.

Herkömmlicherweise werden Lithographieanlagen beim Hersteller aufgebaut. Dies umfasst insbesondere ein Positionieren und Ausrichten der Spiegel zueinander. „Positionieren" meint eine Bewegung eines entsprechenden Spiegels in bis zu drei translatorischen Freiheitsgraden. „Ausrichten" meint ein Bewegen eines entsprechenden Spiegels in bis zu drei rotatorischen Freiheitsgraden. Das Positionieren und Ausrichten der Spiegel wird so lange wiederholt, bis ein Bild, welches an der Eingangsseite des Projektionsobjektivs der Lithographieanlage erzeugt wird, korrekt an der Ausgangsseite des Objektivs abgebildet wird. Anschließend werden die Spiegel in ihrer jeweiligen Lage fixiert. Damit ist die Qualifizierung der Lithographieanlage abgeschlossen.

Um nun eine solche Lithographieanlage zum Kunden zu bringen, muss diese – schon aufgrund ihrer großen Abmessungen – in ihre Einzelteile zerlegt werden. Beim Kunden muss dann der vorstehend beschriebene Prozess des Positionierens und Ausrichtens der Spiegel wiederholt werden. Dieser Prozess ist sehr aufwendig – dies nicht nur wegen der Vielzahl von Positionier- und Ausrichteinzelschritten, sondern auch wegen der zunehmenden Größe der einzelnen Spiegel (teilweise größer 2 m im Durchmesser) sowie einem entsprechend großem Gewicht der Spiegel.

Daher sind aus dem Stand der Technik Lösungsansätze bekannt geworden, um den vorstehend beschriebenen Prozess zu vereinfachen.

So beschreibt beispielsweise die JP 2004-128307 A ein Projektionsobjektiv, welches zwei Teilobjektive umfasst. Die Teilobjektive enthalten jeweils drei Spiegel. Zwischen den beiden Teilobjektiven ist eine Zwischenbildebene gebildet. Somit können die Spiegel innerhalb eines jeden Teilobjektivs zueinander positioniert

und ausgerichtet werden. Anhand der Zwischenbildebene wird die korrekte Position und Ausrichtung der Spiegel überprüft. Nach Qualifizierung eines jeweiligen Teilobjektivs werden die Teilobjektive zur Bildung des Objektivs zusammengebaut.

Die US 2011/0001945 A1 beschreibt einen Ansatz, bei welchem ein Projektionsobjektiv ebenfalls in mehrere Teilobjektive unterteilt ist. Die Teilobjektive werden beim Hersteller zueinander positioniert und ausgerichtet. Die Position und Ausrichtung wird mittels entsprechender Sensoren überprüft und abgespeichert. Für den Transport zum Kunden wird das Objektiv wiederum in seine Teilobjektive zerlegt. Beim Kunden kann das Objektiv unter Zuhilfenahme der Sensoren und gespeicherten Daten wieder einfach aus den Teilobjektiven zusammengebaut werden, wobei die ursprüngliche Positionierung und Ausrichtung der Teilobjektive zueinander wiederhergestellt wird.

Vor diesem Hintergrund besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein verbessertes Verfahren zum Herstellen eines Objektivs für eine Lithographieanlage anzugeben. Weiterhin besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine verbesserte Messvorrichtung zur Ermittlung einer optischen Charakteristik eines Teilobjektivs für eine Lithographieanlage bereitzustellen.

Demgemäß wird ein Verfahren zum Herstellen eines Objektivs für eine Lithographieanlage bereitgestellt, welches folgende Schritte aufweist: a) Bereitstellen zumindest eines ersten und zweiten Teilobjektivs, wobei das zumindest eine erste Teilobjektiv mehrerer optische Elemente und das zumindest eine zweite Teilobjektiv zumindest ein optisches Element umfasst, wobei das zumindest eine erste und zweite Teilobjektiv jeweils einen Strahlengang aufweisen, welcher an der Eingangs- und/oder Ausgangsseite eines jeweiligen Teilobjektivs nicht homozentrisch ausgebildet ist, b) Senden zumindest eines ersten Lichtstrahls entlang eines jeweiligen Strahlengangs des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs und Erfassen des zumindest einen ersten Lichtstrahls hinter einem jeweiligen Teilobjektiv, c) Ermitteln zumindest einer optischen Charakteristik eines

jeweiligen Teilobjektivs anhand des erfassten, zumindest einen ersten Lichtstrahls, d) Justieren der mehreren optischen Elemente eines jeweiligen Teilobjektivs in Abhängigkeit von der ermittelten optischen Charakteristik, und e) Zusammenfügen des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs zur Herstellung des Objektivs.

Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Erkenntnis beruht darin, dass es nicht immer möglich ist, ein Objektiv in Teilobjektive derart zu unterteilen, dass sich zwischen den Teilobjektiven Zwischenbildebenen befinden. Vielmehr kann es beispielsweise aus Gründen der Schaffung von Teilobjektiven mit günstiger Geometrie bzw. günstigen Packmaßen vorteilhaft sein, ein entsprechendes Objektiv in Teilobjektive zu unterteilen, wobei sich an den Schnittstellen zwischen jeweils zwei Objektiven gerade keine Zwischenbildebene befindet. In solchen Fällen ist der Strahlengang zwischen zwei entsprechenden Teilobjektiven in der Regel nicht-homozentrisch. Dies bedeutet, dass sich die Lichtstrahlen nicht auf einen Punkt zurückführen lassen und auch nicht parallel sind.

Bislang bestand ein Problem darin, im Falle eines solchen nicht-homozentrischen Strahlengangs ein jeweiliges Teilobjektiv optisch zu qualifizieren, d. h. insbesondere die Positionierung und Ausrichtung der jeweiligen Spiegel so vorzunehmen, dass nach dem Zusammenfügen der Teilobjektive zur Bildung des Objektivs eine korrekte Abbildung mittels des Objektivs erzeugt wird.

Die vorliegend beschriebene Lösung ermöglicht gerade eine solche Qualifizierung eines Teilobjektivs mit nicht-homozentrischem Strahlengang. Dazu wird durch das erste und zweite Teilobjektiv jeweils ein erster Lichtstrahl gesendet und nach einem jeweiligen Teilobjektiv erfasst. Aus dem erfassten ersten Lichtstrahl wird eine optische Charakteristik eines jeweiligen Teilobjektivs ermittelt. Die Justage der optischen Elemente des ersten und zweiten Teilobjektivs erfolgt in Abhängigkeit von der ermittelten optischen Charakteristik. Die optische Charakteristik des zumindest einen ersten Lichtstrahls kann beispielsweise eine Position, einen Winkel und/oder eine Wellenlänge desselben an der Ausgangsseite des

entsprechenden Teilobjektivs betreffen. Ferner kann die optische Charakteristik einen Vergleich der Position, des Winkels und/oder der Wellenlänge mit einem entsprechenden Referenzwert beinhalten.

Das Aufteilen des Objektivs in mehrere Teilobjektive führt vorteilhaft zu einer Reduzierung der Komplexität des Justageablaufs, wie nachfolgend näher erläutert. „Justieren" umfasst dabei ein Positionieren und/oder Ausrichten des entsprechenden optischen Elements. „Positionieren" meint ein Bewegen des entsprechenden optischen Elements in bis zu drei translatorischen Freiheitsgraden. „Ausrichten" meint ein Bewegen des entsprechenden optischen Elements in bis zu drei rotatorischen Freiheitsgraden.

Als Maßzahl für die Komplexität wird beispielsweise die Anzahl möglicher Urzustände verstanden. Am Beispiel der Zerlegung eines achtkomponentigen Objektivs in drei Teilobjektive wird nachfolgend die Reduktion möglicher Urzustände berechnet:

Seien N_1, N_2, N_3, ... N_k die Anzahl möglicher Positionier- und Ausrichtungszustände der optischen Elemente 1, 2, 3, ... k, wobei hier gilt k = 8. Seien $M_{1\,2}$ und $M_{2\,3}$ die Anzahl möglicher Urzustände bei der Justage der Teilobjektive zueinander, also Teilobjektiv 1 zu Teilobjektiv 2 und Teilobjektiv 2 zu Teilobjektiv 3. Bei einer Gesamtobjektivjustage sind $N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot \ldots N_8$ Urzustände möglich. Bei der modularisierten Justage beträgt die Anzahl möglicher Urzustände: $N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 + N_4 \cdot N_5 \cdot N_6 + N_7 \cdot N_8 + M_{1\,2} \cdot M_{2\,3}$. Nimmt man der Einfachheit halber an, dass bei allen optischen Elementen und Teilobjektiven die Anzahl möglicher Urzustände gleich sind, diese Anzahl sei hier N genannt, dann folgt eine Verringerung der Urzustandsanzahl von N^8 auf nur noch $2 \cdot N^3 + 2 \cdot N^2$.

Grundsätzlich kann das erste Teilobjektiv zwei oder mehr optische Elemente enthalten. Das zweite Teilobjektiv kann eins oder mehr optische Elemente enthalten. Typischerweise enthält ein Objektiv sechs, sieben, acht oder neun Spiegel. Diese können vorteilhaft auf beispielsweise drei Teilobjektive aufgeteilt wer-

den. Dadurch ergibt sich die entsprechende Vereinfachung der Montage wie vorstehend beispielhaft erläutert.

Gemäß einer Ausführungsform wird der zumindest eine erste Lichtstrahl von einer Erfassungseinrichtung erfasst, auf welcher er einen Lichtpunkt erzeugt, wobei das Ermitteln der zumindest einen optischen Charakteristik ein Vergleichen des Lichtpunkts mit einem Referenzlichtpunkt umfasst. Der Schritt des Vergleichens kann beispielsweise automatisch mittels einer geeigneten Rechnereinrichtung erfolgen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird eine Position des Lichtpunkts mit einer Position des Referenzlichtpunkts verglichen. Dadurch ergibt sich ein einfaches Verfahren.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden zumindest ein erster und ein von diesem beabstandeter zweiter Lichtstrahl entlang eines jeweiligen Strahlengangs des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs gesendet und hinter einem jeweiligen Teilobjektiv erfasst, wobei die zumindest eine optische Charakteristik anhand des erfassten, ersten und zweiten Lichtstrahls ermittelt wird. Dadurch, dass zwei voneinander beabstandete Lichtstrahlen verwendet werden, nehmen diese einen jeweils unterschiedlichen Verlauf entlang des Strahlengangs entlang eines jeweiligen Teilobjektivs, so dass ein Mehr an Informationen über ein jeweiliges Teilobjektiv gewonnen werden kann.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird der zumindest eine erste und zweite Lichtstrahl von einer Erfassungseinrichtung erfasst, auf welcher der zumindest eine erste und zweite Lichtstrahl ein Lichtpunktmuster erzeugen, wobei das Ermitteln der zumindest einen optischen Charakteristik das Vergleichen des Lichtpunktmusters mit einem Referenzlichtpunktmuster umfasst. Auch dieser Schritt des Vergleichens des Lichtpunktmusters mit einem Referenzlichtpunktmuster kann automatisch erfolgen. Beispielsweise kann eine Justage der optischen Elemente des entsprechenden Teilobjektivs so lange wiederholt werden,

bis ein durchschnittlicher Abstand der Lichtpunkte des Lichtpunktmusters zu Referenzlichtpunkten des Referenzlichtpunktmusters minimal ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird der zumindest eine erste und der von diesem beabstandete zweite Lichtstrahl dadurch erzeugt, dass eine Lichtquelle zwischen zwei Positionen bewegt wird. Das Bewegen der Lichtquelle zwischen den beiden Positionen kann automatisch erfolgen.

Gemäß einer Ausführungsform wird die Lichtquelle zwischen den zwei Positionen mittels eines Roboters bewegt. Dadurch ergibt sich ein einfaches, wiederholbares Verfahren.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden der zumindest eine erste und der von diesem beabstandete zweite Lichtstrahl dadurch erzeugt, dass zwei voneinander beabstandete Lichtquellen vorgesehen werden. Beispielsweise lassen sich die zwei voneinander beabstandeten Lichtquellen dadurch erzeugen, dass eine Maske mit zumindest zwei Lichtdurchtritten mit einer Lichtquelle bestrahlt wird.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die zumindest eine optische Charakteristik zumindest eines Teilobjektivs unter Verwendung eines deflektometrischen Messverfahrens ermittelt. Deflektometrie bezeichnet hier die berührungsfreie Erfassung bzw. Vermessung spiegelnder Oberflächen. Hierbei kommen Techniken aus der Photometrie, Radiometrie, Photogrammmetrie, des Laserscannings oder der Laserentfernungsmessung zum Einsatz.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden für das deflektometrische Messverfahren zumindest eine Lichtquelle zum Erzeugen des zumindest einen ersten Lichtstrahls und eine von dieser beleuchtete Maske vor dem zumindest einen Teilobjektiv sowie eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung des zumindest einen ersten Lichtstrahls hinter dem entsprechenden Teilobjektiv angeordnet. Dadurch ergibt sich ein einfacher Messaufbau.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die zumindest eine optische Charakteristik zumindest eines Teilobjektivs unter Verwendung eines Verfahrens zur Wellenfrontmessung ermittelt. „Wellenfrontmessung“ meint hier insbesondere ein Erfassen der lokalen Neigung der Wellenfront gegenüber einer Referenz. Die Neigung bzw. eine entsprechende Verschiebung von Lichtpunkten kann mit ortsempfindlichen Detektoren, welche beispielsweise die Erfassungseinrichtung enthält, gemessen werden. Insbesondere kann zur Wellenfrontmessung ein Shack-HartmannSensor eingesetzt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden für das Verfahren zur Wellenfrontmessung zumindest eine Lichtquelle zur Erzeugung des zumindest einen ersten Lichtstrahls und eine von dieser beleuchtete Maske vor dem zumindest einen Teilobjektiv angeordnet. Weiter ist eine Korrekturoptik zur Korrektur des zumindest einen ersten Lichtstrahls vorgesehen. Außerdem wird eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung des zumindest einen ersten, korrigierten Lichtstrahls hinter dem entsprechenden Teilobjektiv angeordnet. Die Korrekturoptik kann vor oder hinter dem Teilobjektiv angeordnet werden und ist dazu eingerichtet, für die Erfassungseinrichtung geeignete Informationen aus dem zumindest einen ersten Lichtstrahl herauszufiltern.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform erfasst die Korrekturoptik ein Mikrolinsenarray oder ein Lochblendenraster. Mittels des Mikrolinsenarrays oder des Lochblendenrasters kann aus der einfallenden Wellenfront ein charakteristisches Lichtpunktmuster erzeugt werden, welches wiederum einfach mit einem entsprechenden Referenzlichtpunktmuster verglichen werden kann.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Korrekturoptik ein computergeneriertes Hologramm auf. „Computergeneriertes Hologramm“ meint, dass ein entsprechendes holographisches Interferenzmuster digital erzeugt wird. Dieses Erzeugen kann beispielsweise umfassen, dass das holographische Interferenzmuster digital berechnet und anschließend auf eine Maske oder einen Film ge-

druckt wird. Die Beleuchtung der Maske oder des Films erfolgt durch den zumindest einen ersten und/oder zweiten Lichtstrahl. Alternativ kann das computergenerierte Hologramm auch unter teilweiser oder vollständiger Verwendung eines holographischen 3D-Bildschirms erzeugt werden. Mittels des computergenerierten Hologramms lassen sich der zumindest eine erste und/oder zweite Lichtstrahl derart modifizieren, dass eine für die Erfassungseinrichtung günstige Information generiert wird. Beispielsweise kann die Modifikation derart sein, dass „künstlich" eine Zwischenbildebene an der Ausgangsseite des entsprechenden Teilobjektivs erzeugt wird. Ein Vergleich des eingangsseitigen Bilds mit dessen entsprechender Abbildung in der Zwischenbildebene erlaubt dann ein einfaches Justieren der optischen Elemente des entsprechenden Teilobjektivs so lange, bis Bild und Abbild sich entsprechen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Korrekturoptik für jeden Lichtstrahl jeweils ein computergeneriertes Hologramm auf. Bei der Verwendung einer Korrekturoptik, die ein computergeneriertes Hologramm aufweist, kann für jeden verwendeten Feldpunkt ein eigenes computergeneriertes Hologramm verwendet werden. Dadurch kann die für die Nachjustage zur Verfügung stehende Informationsmenge deutlich vergrößert werden. Dabei können die computergenerierten Hologramme hinter den Feldpunkten angeordnet werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das computergenerierte Hologramm vor dem Mikrolinsenarray oder dem Lochblendenraster angeordnet. D. h., dass der zumindest eine erste und/oder zweite Lichtstrahl zunächst durch das computergenerierte Hologramm hindurchtritt und anschließend durch das Mikrolinsenarray oder das Lochblendenraster zu der Erfassungseinrichtung gelangt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das computergenerierte Hologramm dazu eingerichtet, den zumindest einen ersten und zweiten Lichtstrahl zu parallelisieren. Die Erfassung und Auswertung parallelen Lichts bzw. die Ermittlung einer entsprechenden optischen Charakteristik ist einfach. Insbesondere ist

dadurch die Möglichkeit gegeben, eine Zwischenbildebene ausgangsseitig an einem entsprechenden Teilobjektiv vorzusehen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die zumindest eine optische Charakteristik zumindest eines Teilobjektivs in einem ersten Schritt unter Verwendung des Verfahrens zur Wellenfrontmessung ohne computergeneriertes Hologramm und im zweiten Schritt mit computergeneriertem Hologramm ermittelt. Nach dem ersten Schritt wie auch nach dem zweiten Schritt findet bevorzugt eine Justage der optischen Elemente des entsprechenden Teilobjektivs statt. Somit kann eine Grobjustage (ohne computergeneriertes Hologramm) und anschließend eine Feinjustage (mit computergeneriertem Hologramm) stattfinden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Erfassungseinrichtung eine Mattscheibe und/oder ein Elektronikchip. Beispielsweise kann als Elektronikchip ein CMOS- oder CCD-Chip verwendet werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden die mehreren optischen Elemente des ersten Teilobjektivs und das zumindest eine optische Element des zweiten Teilobjektivs nach Schritt d) fixiert. Die Fixierung stellt sicher, dass auch bei einem Transport der einzelnen Teilobjektive insbesondere zum Kunden keine Veränderung der Position und/oder Ausrichtung der optischen Elemente stattfindet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die mehreren optischen Elemente des ersten Teilobjektivs jeweils und/oder das zumindest eine optische Element des zweiten Teilobjektivs im Betrieb der Lithographieanlage zwischen einer ersten und einer zweiten Position und/oder Ausrichtung aktuierbar, wobei Schritt c) in der ersten und zweiten Position und/oder Ausrichtung durchgeführt wird. Somit kann auch eine dynamische Qualifizierung eines jeweiligen Teilobjektivs durchgeführt werden. Entsprechend können Korrekturen wie auch Reparaturen bezüglich der entsprechenden Aktoren oder Stellwege der aktuierbaren optischen Elemente bereits bei der Qualifizierung eines jeweiligen Teilobjektivs durchge-

führt werden. Dadurch ergibt sich eine weitere Reduzierung des Montageaufwands.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird nach Schritt e) eine abbildende optische Charakteristik des hergestellten Objektivs bei der Betriebswellenlänge ermittelt. Grundsätzlich kann der zumindest eine erste und/oder zweite Lichtstrahl die Betriebswellenlänge oder auch andere Wellenlängen aufweisen. Die Betriebswellenlänge richtet sich nach dem Typ der Lithographieanlage. Bei der Lithographieanlage kann es sich bevorzugt um eine EUV- oder DUV-Lithographieanlage handelt. EUV steht für „extreme ultra violet" und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts bzw. der Betriebswellenlänge zwischen 0,1 und 30 nm. DUV steht für „deep ultra violet" und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 30 und 250 nm. Indem in einem Schritt nach Zusammenfügen der Teilobjektive zum Bilden des Objektivs ein ausgangsseitiges Abbild mit einem eingangsseitigen Bild verglichen wird, kann die korrekte Funktionsweise des Objektivs insgesamt sichergestellt werden. Bevorzugt handelt es sich bei dem Objektiv um ein Projektionsobjektiv einer Lithographieanlage.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform erfolgt in Abhängigkeit von der ermittelten abbildenden optischen Charakteristik eine Nachbearbeitung von Oberflächen oder eine Aktuierung eines oder mehrerer der optischen Elemente des zumindest einen ersten oder zweiten Teilobjektivs. Somit kann auch nach Herstellung des Objektivs eine weitere Korrektur des Strahlengangs vorgenommen werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform unterteilt eine Schnittstelle im Strahlengang zwischen dem zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektiv einen Abstand zwischen einem optischen Element des ersten Teilobjektivs und einem optischen Element des zweiten Teilobjektivs, welcher länger als der längste Abstand zwischen jeden zwei benachbarten optischen Elementen des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs ist. „Schnittstelle" meint den Bereich, in welchem das zumindest erste und zweite Teilobjektiv zum Bilden des Objektivs

zusammengefügt werden. Eine so gewählte Schnittstelle kann aus konstruktiven bzw. platztechnischen Gründen günstig sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden zumindest drei Teilobjektive bereitgestellt. Das dritte Teilobjektiv kann zumindest ein oder mehrere optische Elemente aufweisen. Das zu dem ersten und zweiten Teilobjektiv vorstehend ausgeführte gilt entsprechend für das dritte Teilobjektiv. Selbstverständlich könnten auch mehr als drei Teilobjektive, beispielsweise fünf Teilobjektive vorgesehen sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die mehreren optischen Elemente des ersten Teilobjektivs und/oder das zumindest eine optische Element des zweiten Teilobjektivs Spiegel und/oder Linsen. Die Linsen sind bevorzugt im einfachen Durchtritt angeordnet, d. h. das Licht tritt durch diese nur in einer Richtung durch.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden zwei oder mehrere Teilobjektive zu einem Teilobjektiv zusammengefasst. Dadurch werden neue Teilobjektive aufgebaut, die ihrerseits mit den zuvor beschriebenen Verfahren vermessen werden können. Dabei kann das Zusammenfassen zu neuen Teilobjektiven bedeuten, dass die einzelnen Teilobjektive zueinander angeordnet und fixiert werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden die Schritte a) bis e) mit dem zusammengefassten Teilobjektiv wiederholt. Vorteilhafterweise kann auch ein zusammengefasstes Teilobjektiv mit den zuvor beschriebenen Verfahren vermessen werden.

Weiterhin wird eine Messvorrichtung zur Ermittlung einer optischen Charakteristik eines Teilobjektivs für eine Lithographieanlage bereitgestellt. Die Messvorrichtung weist Folgendes auf: eine Sendevorrichtung zum Senden zumindest eines ersten Lichtstrahls entlang eines Strahlengangs des Teilobjektivs, eine Kor-

rekturoptik, welche ein computergeneriertes Hologramm aufweist, eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen des zumindest einen ersten Lichtstrahls, und eine Ermittlungseinrichtung zum Ermitteln zumindest einer optischen Charakteristik des Teilobjektivs anhand des erfassten, zumindest einen ersten Lichtstrahls. Wie zuvor beschrieben, erlaubt der Einsatz eines computergenerierten Hologramms, dass für die Erfassungseinrichtung eine günstige Information generiert wird.

Die in Bezug auf das Verfahren beschriebenen Merkmale, Ausführungsformen und Vorteile gelten entsprechend für die Messvorrichtung.

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.

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.

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

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

Fig. 2 zeigt schematisch ein Projektionsobjektiv einer Lithographieanlage umfassend ein erstes und ein zweites Teilobjektiv;

Fig. 3A zeigt das erste Teilobjektiv aus Fig. 2;

Fig. 3B zeigt das zweite Teilobjektiv aus Fig. 2;

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform, die ebenfalls ein Teilobjektiv im vorliegenden Sinne darstellt;

Fig. 5A und 5B zeigen perspektivisch bzw. schematisch ein deflektometrisches Messverfahren gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 6A und 6B zeigen perspektivisch bzw. schematisch ein Verfahren zur Wellenfrontmessung gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 7A und 7B zeigen perspektivisch bzw. schematisch das Verfahren gemäß den Fig. 6A und 6B mit einem zusätzlich vorgesehenen computergenerierten Hologramm; und

Fig. 8 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform.

Falls nichts anderes angegeben ist, bezeichnen gleiche Bezugszeichen in den Figuren gleiche oder funktionsgleiche Elemente. Ferner sollte beachtet werden, dass die Darstellungen in den Figuren nicht notwendigerweise maßstabsgerecht sind.

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 Ultraviolett“ (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 Vakuum-Gehäuse vorgesehen, wobei jedes Vakuum-Gehäuse mit Hilfe einer nicht näher dargestellten Evakuierungsvorrichtung evakuiert wird. Die Vakuum-Gehäuse sind von einem nicht näher 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.

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 ultravioletten Bereich), also z.B. im Wellenlängenbereich von 0,1 nm bis 30 nm aussenden. 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 Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 und im Projektionssystem 104 evakuiert sind.

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 136 auf die Photomaske gelenkt werden. Die Photomaske 120 weist eine Struktur auf, welche mittels des Projektionssystems 104 verkleinert auf einen Wafer 122 oder dergleichen abgebildet wird.

Das Projektionssystem 104 weist sechs Spiegel M1 - M6 zur Abbildung der Photomaske 120 auf den Wafer 122 auf. Dabei können einzelne Spiegel M1 - M6 des Projektionssystems 104 symmetrisch zur optischen Achse 124 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.

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 sind von einem nicht näher dargestellten Maschinenraum umgeben, in welchem die Antriebsvorrichtungen zum mechanischen Verfahren bzw. Einstellen der optischen Elemente vorgesehen sind. Die DUV-Lithographieanlage 100B weist ferner eine Steuereinrichtung 126 zum Steuern verschiedener Komponenten der DUV-Lithographieanlage 100B auf. Dabei ist die Steuereinrichtung 126 mit dem Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102, einer DUV-Lichtquelle 106B, einer Halterung 128 der Photomaske 120 (Engl.: reticle stage) und einer Halterung 130 des Wafers 122 (Engl.: wafer stage) verbunden.

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 193 nm emittiert.

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 122 oder dergleichen abgebildet wird.

Das Projektionssystem 104 weist mehrere Linsen 132 und/oder Spiegel 134 zur Abbildung der Photomaske 120 auf den Wafer 122 auf. Dabei können einzelne Linsen 132 und/oder Spiegel 134 des Projektionssystems 104 symmetrisch zur optischen Achse 124 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. Insbesondere weist das Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 der DUV-Lithographieanlage 100B mehrere Linsen und/oder Spiegel auf. Des Weiteren sind die Spiegel i.d.R. an ihrer Vorderseite zur Strahlformung gekrümmt.

Nachfolgend wird zunächst bezugnehmend auf die Fig. 2 und 8 ein Verfahren zum Herstellen insbesondere des Projektionsobjektivs 104 bei einer Lithographieanlage 100 gemäß den Fig. 1A oder 1B näher erläutert. Das Projektionsobjektiv 104 wird vorliegend gleichbedeutend auch als Projektionssystem 104 bezeichnet.

Das Projektionsobjektiv 104 setzt sich beispielsweise aus zwei Teilobjektiven 200A, 200B zusammen. Genauso gut könnte sich das Projektionsobjektiv 104 aber auch aus drei, vier, fünf oder mehr Teilobjektiven zusammensetzen. Die Darstellung der optischen Elemente 200A, 200B in dem Projektionsobjektiv 104 der Fig. 2 ff. ist gegenüber der Darstellung der Fig. 1A und 1B stark schematisiert worden.

Ein jeweiliges Teilobjektiv 200A, 200B umfasst mehrere optische Elemente 202A, 202B, welche beispielsweise als Spiegel und/oder Linsen ausgebildet sein können. Ein Strahlengang innerhalb eines jeweiligen Teilobjektivs 200A, 200B ist mit 204A, 204B bezeichnet.

Die beiden Teilobjektive 200A, 200B sind über eine Schnittstelle 206 miteinander lösbar verbindbar. Fig. 2 zeigt den zusammengefügten Zustand der beiden Teilobjektive 200A, 200B, in welchem sie das zusammengebaute Projektionsobjektiv 104 bilden. Dabei ergibt sich ein durchgängiger Strahlengang 208, welcher die Teilstrahlengänge 204A, 204B umfasst. Der Strahlengang 208 führt von einer Eingangsseite 210 des Projektionsobjektivs 104 über die optischen Elemente 202A, über die Schnittstelle 206, über die optischen Elemente 202B zur Ausgangsseite 212 des Projektionsobjektivs 104. Die Eingangsseite 210 des Projektionsobjektivs 104 bildet auch gleichzeitig die Eingangsseite des Teilobjektivs

200A. Die Schnittstelle 206 bildet sowohl die Ausgangsseite des Teilobjektivs 200A wie auch die Eingangsseite des Teilobjektivs 200B. Die Ausgangsseite 212 des Projektionsobjektivs 104 bildet auch gleichzeitig die Ausgangsseite des Teilobjektivs 200B.

Die Eingangs- und Ausgangsseite 210, 212 weisen einen homozentrischen Strahlengang auf, so dass ein Bild, insbesondere die strukturierte Maske 120 (siehe Fig. 1A) auf den Wafer 122 abgebildet wird.

Vorliegend sollen jedoch die optischen Elemente 202A bzw. 202B eines jeweiligen Teilobjektivs 200A, 200B separat justiert werden, beispielsweise beim Hersteller der Lithographieanlage 100. Die so qualifizierten Teilobjektive 200A, 200B werden anschließend zum Kunden transportiert und dort zu dem Projektionsobjektiv 104 zusammengebaut.

Daher werden in einem ersten Verfahrensschritt 801 (siehe Fig. 8) das erste und zweite Teilobjektiv 200A, 200B bereitgestellt, wie in den Fig. 3A und 3B dargestellt. Die Strahlengänge dieser Teilobjektive 200A, 200B sind aufgrund des gewählten Verlaufs der Schnittstelle 206 an der Ausgangsseite des Teilobjektivs 200A bzw. an der Eingangsseite des Teilobjektivs 200B nicht homozentrisch.

Die Schnittstelle 206 kann bevorzugt in einem Teil des Strahlengangs 208 gewählt werden, in welchem der Abstand zwischen zwei benachbarten optischen Elementen 202A, 202B größer ist als der direkte Abstand zwischen beliebigen anderen optischen Elementen 202A, 202B in dem Projektionsobjektiv 104. Dieser längste Abstand ist in Fig. 2 mit a bezeichnet (entspricht nicht der Darstellung der Fig. 2, da diese insbesondere insoweit nicht maßstabsgetreu ist).

Lediglich ergänzend ist in Fig. 4 ein Teilobjektiv 400 illustriert, welches auch ein Teilobjektiv im vorliegenden Sinne darstellt, obwohl es unter Veränderung der Nachbarschaftsverhältnisse der optischen Elemente hervorgegangen ist. Im Fall der Fig. 4 wurden nämlich im Vergleich zu den Teilobjektiven gemäß den Fig. 3A

und 3B die Linsen 202A weggelassen. Definitionsgemäß werden beim Auseinanderbauen und Zusammenbauen der Teilobjektive 200A, 200B die Nachbarschaftsverhältnisse der optischen Elemente 202A, 202B nicht verändert.

Fig. 8 zeigt nun einen Verfahrensschritt 802. Im Verfahrensschritt 802 wird zumindest ein erster Lichtstrahl, in Fig. 5B beispielhaft mit 500 bezeichnet, entlang des Strahlengangs 204A des ersten Teilobjektivs 200A gesendet und hinter dem Teilobjektiv 200A erfasst.

In einem Schritt 803 wird anschließend eine optische Charakteristik des Teilobjektivs 200A anhand des erfassten, zumindest einen ersten Lichtstrahls 500 ermittelt.

In einem Schritt 804 werden die mehreren optischen Elemente 202A des ersten Teilobjektivs 200A justiert, d. h. positioniert und/oder ausgerichtet. Das Justieren kann selbstverständlich auch nur ein oder mehrere der optischen Elemente 202A des ersten Teilobjektivs 200A betreffen. Das Justieren erfolgt in Abhängigkeit von der ermittelten optischen Charakteristik. Hiernach kann eine Fixierung der optischen Elemente 202A in ihren jeweiligen Positionen erfolgen.

Die vorstehenden Schritte werden nun in Bezug auf das zweite Teilobjektiv 200B wiederholt. D. h. in dem Schritt 802 wird der zumindest eine Lichtstrahl 500 entlang des Strahlengangs 204B des zweiten Teilobjektivs 200B gesendet und hinter dem zweiten Teilobjektiv 200B erfasst. Anschließend wird in dem Schritt 803 eine optische Charakteristik des zweiten Teilobjektivs 200B anhand des erfassten, zumindest einen ersten Lichtstrahls 500 ermittelt. In dem Schritt 804 werden die optischen Elemente 202B des zweiten Teilobjektivs 200B in Abhängigkeit der ermittelten optischen Charakteristik justiert und schließlich fixiert.

In dem Schritt 805 werden das erste und zweite Teilobjektiv 200A, 200B zur Herstellung des Projektionsobjektivs 104 zusammengefügt.

Selbstverständlich könnten die vorstehenden Schritte 801 bis 804 auch parallel durchgeführt werden. D. h., die optische Qualifizierung der beiden Teilobjektive 200A, 200B geschieht zeitgleich. Anstelle des Projektionsobjektivs 104 kann selbstverständlich auch ein anderes Objektiv hergestellt werden.

Die Schritte 802 und 803 werden nachfolgend anhand drei verschiedener Verfahren im Detail illustriert, wobei die Fig. 5A und 5B ein deflektometrisches Messverfahren, die Fig. 6A und 6B ein Verfahren zur Wellenfrontmessung und die Fig. 7A und 7B ein Verfahren zur Wellenfrontmessung unter Zuhilfenahme eines computergenerierten Hologramms illustrieren.

Fig. 5A zeigt in einer perspektivischen Ansicht das erste Teilobjektiv 200A in perspektivischer Ansicht. Das erste Teilobjektiv 200A ist in einer Messvorrichtung 502 angeordnet, welche die Schritte 802 und 803 durchführt.

Die Messvorrichtung 502 umfasst eine Lichtquelle 504, beispielsweise einen Laser, und eine Maske 506 vor der Eingangsseite 210 des Teilobjektivs 200A. Die Lichtquelle 504 erzeugt einen Lichtstrahl 500 (beispielsweise ein schmales Lichtstrahlenbündel, insbesondere einen Laserstrahl). Der Lichtstrahl 500 fällt auf die Maske 506, d. h. beleuchtet sie. Die Maske 506 kann derart strukturiert sein, dass sie aus dem Lichtstrahl einen definierten Anteil herausfiltert, also insbesondere kollimierte bzw. vorbereitete Prüfstrahlen erzeugt. Insbesondere kann die Maske 506 auch dazu eingerichtet sein, einen Sternenhimmel zu erzeugen.

Nach Passieren der Maske 506 tritt der Lichtstrahl 500 durch das Teilobjektiv 200A hindurch, passiert dabei die mehreren optischen Elemente 202A (siehe auch Fig. 5B) und verlässt das Teilobjektiv 200A wieder an dessen Ausgang. Hiernach trifft der Lichtstrahl 500 auf eine Erfassungseinrichtung 508. Die Erfassungseinrichtung 508 umfasst beispielsweise eine Mattscheibe 510 sowie dahinter eine Kamera 512, welche selbst ein nicht dargestelltes Objektiv aufweisen kann.

Der erste Lichtstrahl 500 bildet auf der Mattscheibe 510 einen Lichtpunkt 514. Die Kamera 512, welche beispielsweise einen CCD-Chip aufweist, nimmt den Lichtpunkt 514 auf.

Die Messvorrichtung 502 weist weiterhin eine Ermittlungseinrichtung 516 auf, welche den Lichtpunkt 514 mit einem Referenzlichtpunkt 514‘ vergleicht. Bei dem Referenzlichtpunkt 514‘ kann es sich schlicht um einen Parameter wie bspw. eine Sollposition handeln, welche auf einem Datenspeicher der Ermittlungseinrichtung 516 abgespeichert ist. Die Istposition des Lichtpunkts 514 wird dann mit der Sollposition des Referenzlichtpunkts 514‘ verglichen. Das Vergleichsergebnis stellt beispielsweise eine optische Charakteristik im vorliegenden Sinne dar. In Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis bzw. der optischen Charakteristik kann die Ermittlungseinrichtung 516 eine Ausgabeinformation erzeugen, welche angibt, welche optischen Elemente 202A wie justiert werden müssen. Das nachfolgende Justieren kann automatisiert erfolgen.

Ferner kann die Messvorrichtung 502 einen Roboter 518 aufweisen, welcher dazu eingerichtet ist, die Lichtquelle 504 an zumindest zwei unterschiedlichen Positionen P, P‘ zu positionieren. Dadurch werden zwei voneinander beabstandete Lichtstrahlen erzeugt (der zweite Lichtstrahl ist in Fig. 5B der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt). Die beiden Lichtstrahlen werden sequenziell, d. h. zeitlich nacheinander, erzeugt. Mittels des zweiten Lichtstrahls oder noch weiterer Lichtstrahlen kann eine Genauigkeit der in Zusammenhang mit den Fig. 5A und 5B beschriebenen deflektometrischen Messung verbessert werden, d. h. die Positionen und Ausrichtungen der optischen Elemente 202A können noch besser erfasst werden.

Das eine Wellenfrontmessung illustrierende Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 6A und 6B unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 6A und 6B insbesondere dadurch, dass hinter dem Ausgang 206 eine Korrekturoptik 600 gefolgt von der Erfassungseinrichtung 508, 512, letztere beispielsweise in Form einer Kamera, angeordnet ist. Gemäß dem Ausführungsbeispiel ist, wie in

Fig. 6B zu sehen, die Korrekturoptik 600 in Form eines Mikrolinsenarrays 611 ausgebildet. Weiter ist in Fig. 6B ein Elektronikchip, beispielsweise ein CMOS- oder CCD-Chip, der Kamera 512 gezeigt.

Das Mikrolinsenarray 611 bildet Lichtstrahlen 500, 602, welche jeweils unterschiedlichen Wellenfronten zugeordnet sind, in Form eines Lichtpunktmusters 604 umfassend mehrere Lichtpunkte 514, 608 auf der Kamera 512 ab. Die Korrekturoptik 600 kann zusammen mit der Kamera 512 einen Shack-Hartmann-Sensor ausbilden.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Korrekturoptik 600 so ausgestaltet, dass sie die Wirkung des zweiten Teilobjektivs 202B nachbildet. Im Ergebnis führt dies dazu, dass ein Bild an der Eingangsseite 212 des ersten Teilobjektivs 200A an der Ausgangsseite 206 korrekt abgebildet wird, hier auf der Kamera 512. Besonders bevorzugt wird dies dadurch erreicht, dass, wie in den Fig. 7A und 7B dargestellt, die Korrekturoptik 600 weiterhin ein computergeneriertes Hologramm 700 umfasst. Beispielsweise kann das computergenerierte Hologramm 700 dazu eingerichtet sein, die Lichtstrahlen 500, 602 zu parallelisieren. Die parallelen Lichtstrahlen treffen dann auf das Mikrolinsenarray 611 parallel auf. Bei der Verwendung von EUV-Licht wird anstelle des Mikrolinsenarrays 611 ein nicht dargestelltes Lochblendenraster bevorzugt verwendet (dies gilt genauso für Fig. 6B).

Auf der Kamera 512 wird bei dem Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 7A und 7B im Unterschied zu den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 6A und 6B ein regelmäßiges – und nicht unregelmäßiges – Lichtpunktmuster 604 erzeugt. Ein Vergleich mit einem entsprechenden Referenzlichtpunktmuster 604‘ führt dann zur Bestimmung der optischen Charakteristik. Beispielsweise – und dies gilt sowohl für das Ausführungsbeispiel nach den Fig. 7A und 7B wie auch für das Ausführungsbeispiel nach den Fig. 6A und 6B – kann ein Abstand zwischen Lichtpunkten 514, 608 des Lichtpunktmusters 604 zu Referenzlichtpunkten 514‘, 608‘ eines Referenzlichtpunktmusters 604‘ in der Ermittlungseinrichtung 516 ermit-

telt und durch entsprechende Justage der optischen Elemente 202A zunehmend minimiert werden.

Beispielsweise kann eines der in den Fig. 5A bis 7B beschriebenen Messverfahren auch jeweils in unterschiedlichen Stellungen eines oder mehrerer optischer Elemente 202A durchgeführt werden. Ein entsprechendes optisches Element 202A kann beispielsweise mittels eines Aktors zwischen zwei unterschiedlichen Positionen desselben aktuiert werden.

Auch können die vorstehend beschriebenen Messverfahren kombiniert werden. Bspw. kann zunächst das Teilobjektiv 200A mittels des Verfahrens nach den Fig. 6A und 6B vermessen, anschließend eine Grobjustage der optischen Elemente 202A vorgenommen, hiernach das Teilobjektiv 200A mittels des Verfahrens nach den Fig. 7A und 7B vermessen und abschließend eine Feinjustage der optischen Elemente 202A vorgenommen werden.

Nach dem Herstellen des Projektionsobjektivs 104 werden die abbildenden Eigenschaften desselben überprüft. Im Nachgang kann dann einer Oberflächenbearbeitung einzelner optischer Elemente 202A, 202B oder eine Nachjustierung derselben über entsprechende Aktoren bzw. Manipulatoren erfolgen.

Obwohl die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf keineswegs beschränkt, sondern vielfältig modifizierbar.

BEZUGSZEICHENLISTE

100	Lithographieanlage
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	Spiegel
112	Spiegel
114	Spiegel
116	Spiegel
118	Spiegel
120	Photomaske
122	Wafer
124	optische Achse des Projektionssystems
126	Steuereinrichtung
128	Halterung der Photomaske
130	Halterung des Wafers
132	Linse
134	Spiegel
136	Spiegel
200A	Teilobjektiv
200B	Teilobjektiv
202A	optisches Element
202B	optisches Element
204A	Strahlengang
204B	Strahlengang
206	Schnittstelle

208	Strahlengang
210	Eingangsseite
212	Ausgangsseite
400	Teilobjektiv
500	Lichtstrahl
502	Messvorrichtung
504	Lichtquelle
506	Maske
508	Erfassungseinrichtung
510	Mattscheibe
512	Kamera
514	Lichtpunkt
514‘	Referenzlichtpunkt
516	Ermittlungseinrichtung
518	Roboter
600	Korrekturoptik
602	Lichtstrahl
604	Lichtpunktmuster
604‘	Referenzlichtpunktmuster
608	Lichtpunkt
608‘	Referenzlichtpunkt
611	Mikrolinsenarray
700	computergeneriertes Hologramm
801 - 805	Verfahrensschritte
a	längster Abstand

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Herstellen eines Objektivs (104) für eine Lithographieanlage (100), aufweisend folgende Schritte:

a) Bereitstellen zumindest eines ersten und eines zweiten Teilobjektivs (200A, 200B), wobei das zumindest eine erste Teilobjektiv (200A) mehrere optische Elemente (202A) und das zumindest eine zweite Teilobjektiv (200B) zumindest ein optisches Element (202B) umfasst, wobei das zumindest eine erste und zweite Teilobjektiv (200A, 200B) jeweils einen Strahlengang (204A, 204B) aufweisen, welcher an der Eingangs- und/oder Ausgangsseite (206, 210, 212) eines jeweiligen Teilobjektivs (200A, 200B) nicht-homozentrisch ausgebildet ist,

b) Senden zumindest eines ersten Lichtstrahls (500, 602) entlang eines jeweiligen Strahlengangs (204A, 204B) des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs (200A, 200B) und Erfassen des zumindest einen ersten Lichtstrahls (500, 602) hinter einem jeweiligen Teilobjektiv (200A, 200B),

c) Ermitteln zumindest einer optischen Charakteristik eines jeweiligen Teilobjektivs (200A, 200B) anhand des erfassten, zumindest einen ersten Lichtstrahls (500, 602),

d) Justieren der mehreren optischen Elemente (202A) des ersten Teilobjektivs (200A) und des zumindest einen optischen Elements (202B) des zweiten Teilobjektivs (200B) in Abhängigkeit von der ermittelten optischen Charakteristik, und

e) Zusammenfügen des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs (200A, 200B) zur Herstellung des Objektivs (104).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der zumindest eine erste Lichtstrahl (500, 602) von einer Erfassungseinrichtung (508) erfasst wird, auf welcher er einen Lichtpunkt (514, 608) erzeugt, und wobei das Ermitteln der zumindest einen optischen Charakteristik ein Vergleichen des Lichtpunkts (514, 608) mit einem Referenzlichtpunkt (514‘, 608‘) umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei eine Position des Lichtpunkts (514, 608) mit einer Position des Referenzlichtpunktes (514‘, 608‘) verglichen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei zumindest ein erster und ein von diesem beabstandeter zweiter Lichtstrahl (500, 602) entlang eines jeweiligen Strahlengangs (204A, 204B) des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs (200A, 200B) gesendet und hinter einem jeweiligen Teilobjektiv (200A, 200B) erfasst werden, und wobei die zumindest eine optischen Charakteristik anhand des erfassten, ersten und zweiten Lichtstrahls (500, 602) ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der zumindest eine erste und zweite Lichtstrahl (500, 602) von einer Erfassungseinrichtung (508) erfasst wird, auf welcher der zumindest eine erste und zweite Lichtstrahl (500, 602) ein Lichtpunktmuster (604) erzeugen, wobei das Ermitteln der zumindest einen optischen Charakteristik das Vergleichen des Lichtpunktmusters (604) mit einem Referenzlichtpunktmuster (604‘) umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei der zumindest eine erste und der von diesem beabstandete zweite Lichtstrahl (500, 602) dadurch erzeugt werden, dass eine Lichtquelle (504) zwischen zwei Positionen (p, p‘) bewegt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Lichtquelle (504) zwischen den zwei Positionen (p, p‘) mittels eines Roboters (518) bewegt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der zumindest eine erste und der von diesem beabstandete zweite Lichtstrahl (500, 602) dadurch erzeugt werden, dass zwei voneinander beabstandete Lichtquellen (504) gleichzeitig vorgesehen werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die zumindest eine optische Charakteristik zumindest eines Teilobjektivs (200A, 200B) unter Verwendung eines deflektometrischen Messverfahrens ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei für das deflektometrische Messverfahren zumindest eine Lichtquelle (504) zur Erzeugung des zumindest einen ersten Lichtstrahls (500, 602) und eine von dieser beleuchtete Maske (506) vor dem zumindest einen Teilobjektiv (200A, 200B) sowie eine Erfassungseinrichtung (508) zur Erfassung des zumindest einen ersten Lichtstrahls (500, 602) hinter dem entsprechenden Teilobjektiv (200A, 200B) angeordnet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die zumindest eine optische Charakteristik zumindest eines Teilobjektivs (200A, 200B) unter Verwendung eines Verfahrens zur Wellenfrontmessung ermittelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei für das Verfahren zur Wellenfrontmessung zumindest eine Lichtquelle (504) zur Erzeugung des zumindest einen ersten Lichtstrahls (500, 602) und eine von dieser beleuchtete Maske (506) vor dem zumindest einen Teilobjektiv (200A, 200B) angeordnet werden, weiter eine Korrekturoptik (600) zur Korrektur des zumindest einen ersten Lichtstrahls (500, 602) vorgesehen ist, und eine Erfassungseinrichtung (508) zur Erfassung des zumindest einen ersten, korrigierten Lichtstrahls (500, 602) hinter dem entsprechenden Teilobjektiv (200A, 200B) angeordnet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Korrekturoptik (600) ein Mikrolinsenarray (611) oder ein Lochblendenraster umfasst.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Korrekturoptik (600) ein computergeneriertes Hologramm (700) aufweist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei die Korrekturoptik (600) für jeden Lichtstrahl (500, 602) jeweils ein computergeneriertes Hologramm (700) aufweist.

16. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das computergenerierte Hologramm (700) vor dem Mikrolinsenarray (611) oder dem Lochblendenraster angeordnet ist.

17. Verfahren nach Anspruch 14 oder 16, wobei das computergenerierte Hologramm (700) dazu eingerichtet ist, den zumindest einen ersten und zweiten Lichtstrahl (500, 602) zu parallelisieren.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, wobei die zumindest eine optische Charakteristik zumindest eines Teilobjektivs (200A, 200B) in einem ersten Schritt unter Verwendung des Verfahrens zur Wellenfrontmessung ohne computergeneriertes Hologramm (700) und in einem zweiten Schritt mit computergeneriertem Hologramm (700) ermittelt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 18, wobei die Erfassungseinrichtung (508) eine Mattscheibe (510) und/oder ein Elektronikchip (512) ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei die mehreren optischen Elemente (202A) des ersten Teilobjektivs (200A) und das zumindest eine optische Element (202B) des zweiten Teilobjektivs (200B) nach Schritt d) fixiert werden.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei die mehreren optischen Elemente (202A) des ersten Teilobjektivs (200A) jeweils und/oder das zumindest eine optische Element (202B) des zweiten Teilobjektivs (200B) im Betrieb der Lithographieanlage (100) zwischen einer ersten und einer zweiten Position und/oder Ausrichtung aktuierbar sind, wobei Schritt c) in der ersten und zweiten Position und/oder Ausrichtung durchgeführt wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, wobei nach Schritt e) eine abbildende optische Charakteristik des hergestellten Objektivs (104) bei der Betriebswellenlänge ermittelt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, wobei in Abhängigkeit von der ermittelten abbildenden optischen Charakteristik eine Nachbearbeitung von Oberflächen oder eine Aktuierung eines oder mehrerer der optischen Elemente (202A, 202B) des zumindest einen ersten oder zweiten Teilobjektivs (200A, 200B) erfolgt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, wobei eine Schnittstelle (206) im Strahlengang (208) zwischen dem zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektiv (200A, 200B) einen Abstand (a) zwischen einem optischen Element (202A) des ersten Teilobjektivs (200A) und einem optischen Element (202B) des zweiten Teilobjektivs (200B) unterteilt, welcher länger als der längste Abstand zwischen jeden zwei benachbarten optischen Elementen (202A, 202B) des zumindest einen ersten und zweiten Teilobjektivs (200A, 200B) ist.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 24, wobei zumindest drei Teilobjektive (200A, 200B) bereitgestellt werden.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 25, wobei die mehreren optischen Elemente (202A) des ersten Teilobjektivs (200A) und/oder das zumindest eine optische Element (202B) des zweiten Teilobjektivs (200B) Spiegel und/oder Linsen sind.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26, wobei zwei oder mehrere Teilobjektive (200A, 200B) zu einem Teilobjektiv (200A, 200B) zusammengefasst werden.

28. Verfahren nach Anspruch 27, wobei die Schritte a) bis e) mit dem zusammengefassten Teilobjektiv (200A, 200B) wiederholt werden.

29. Messvorrichtung (502) zur Ermittlung einer optischen Charakteristik eines Teilobjektivs (200A, 200B) für eine Lithographieanlage (100), aufweisend

eine Sendevorrichtung (504) zum Senden zumindest eines ersten Lichtstrahls (500) entlang eines Strahlengangs (204A, 204B) des Teilobjektivs (200A, 200B),

eine Korrekturoptik (600), welche ein computergeneriertes Hologramm (700) aufweist,

eine Erfassungseinrichtung (508) zum Erfassen des zumindest einen ersten Lichtstrahls, und

eine Ermittlungseinrichtung (516) zum Ermitteln zumindest einer optischen Charakteristik des Teilobjektivs (200A, 200B) anhand des erfassten, zumindest einen ersten Lichtstrahls (500).

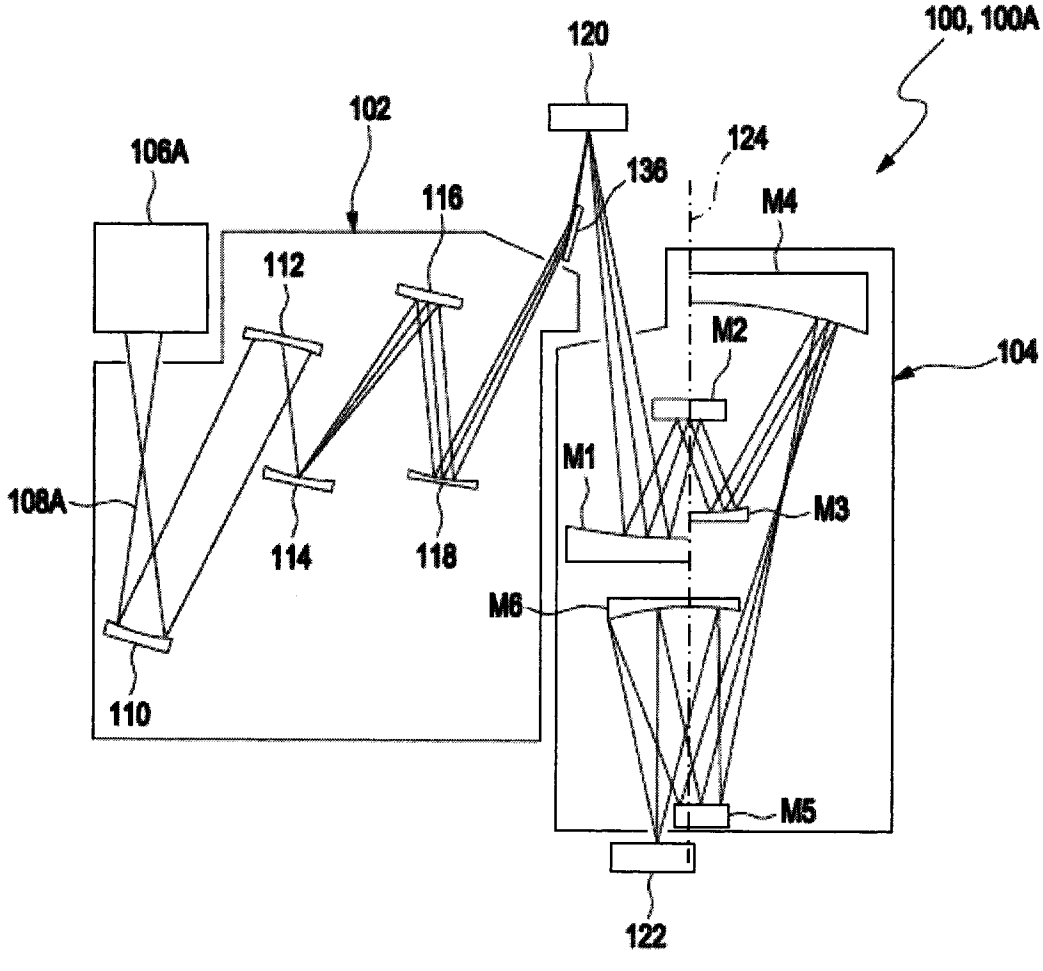

100, 100A
120
102
106A
124
136
116
M4
112
M2
104
M1
106A
M3
114
118
M6
110
M5
122

Fig. 1 A

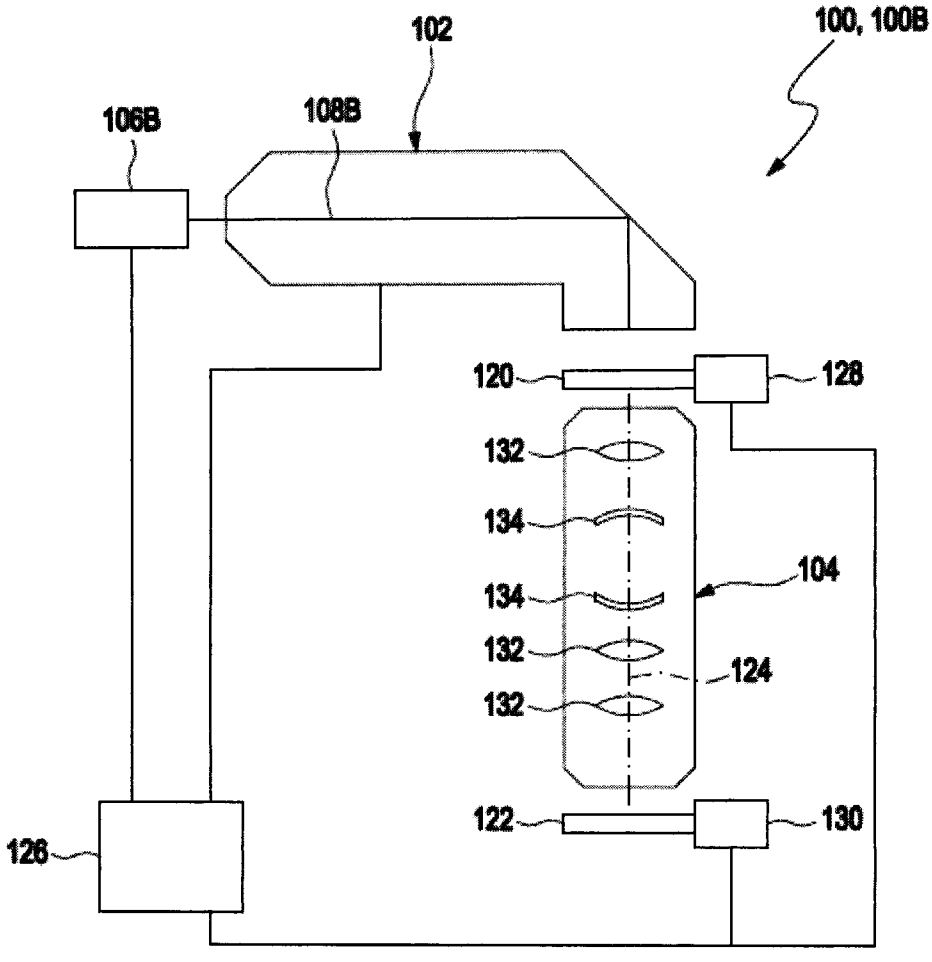

102
100, 100B
106B
108B
120
128
132
134
134
104
132
124
132
122
130
126

Fig. 1 B

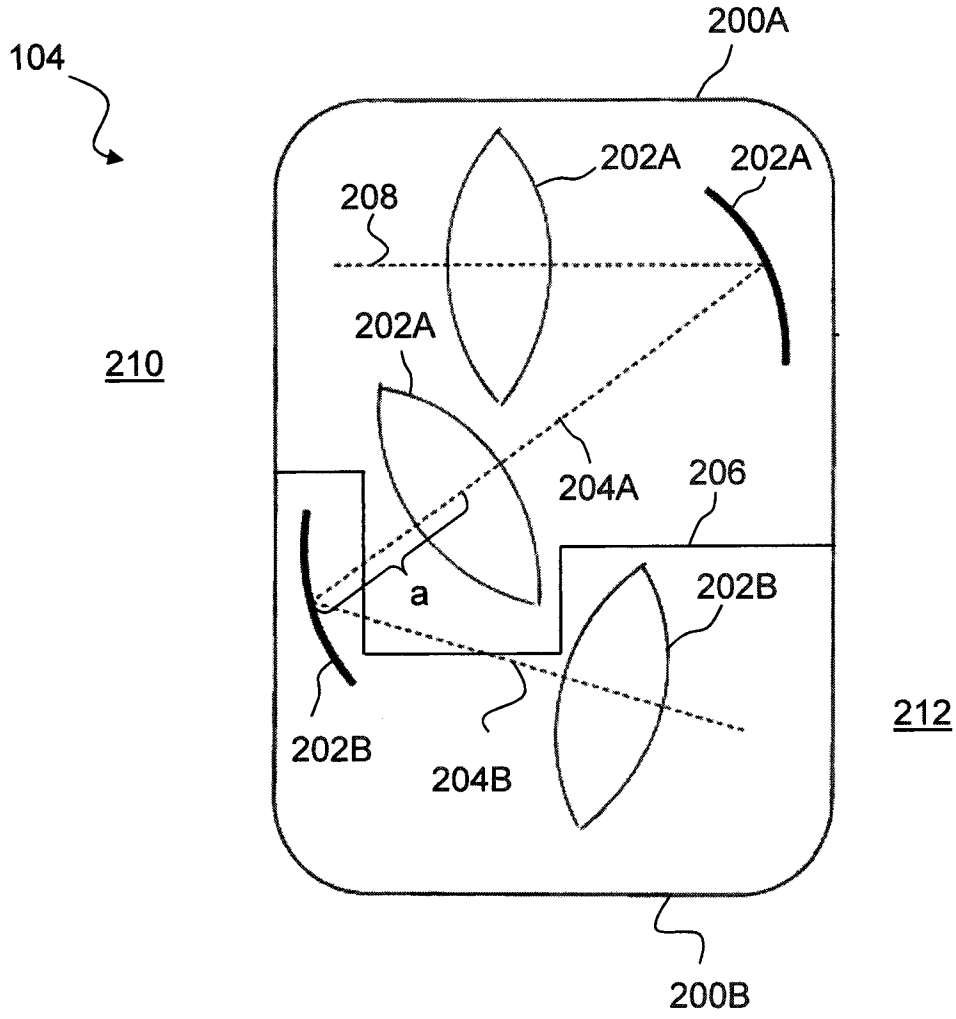

104
200A
202A
202A
208
202A
210
204A
206
a
202B
212
202B
204B
200B

Fig. 2

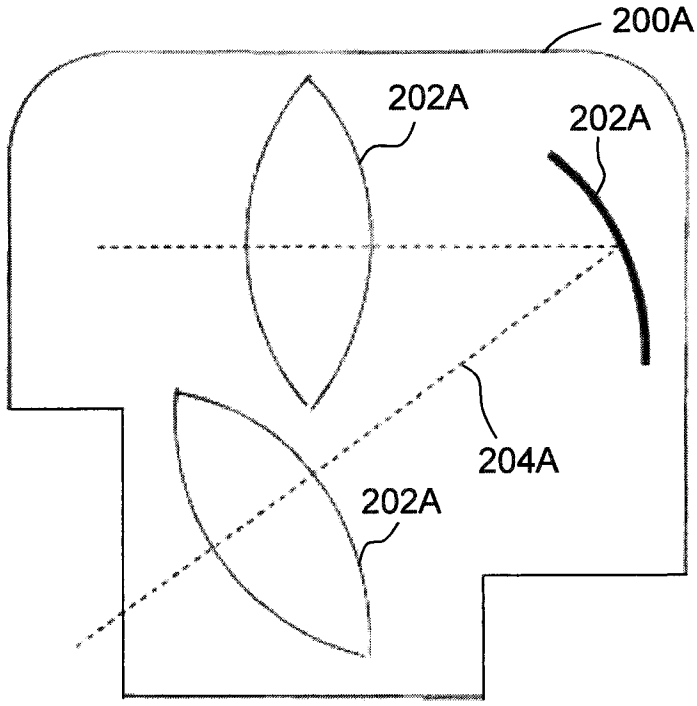


Fig. 3A

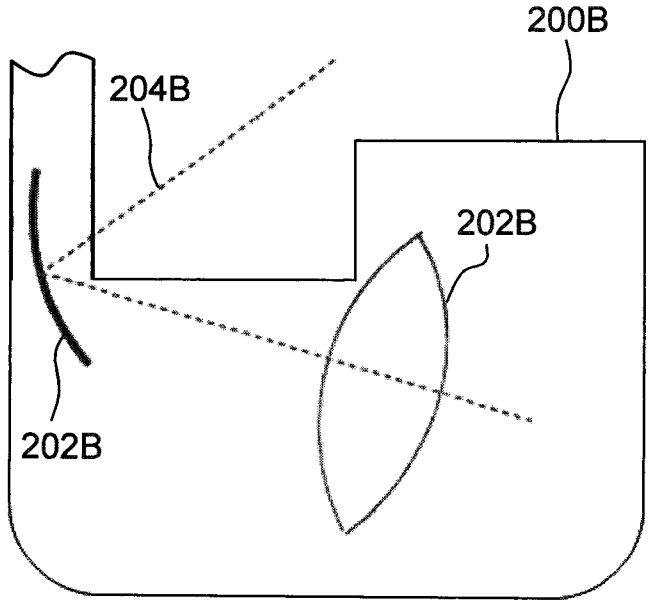


Fig. 3B

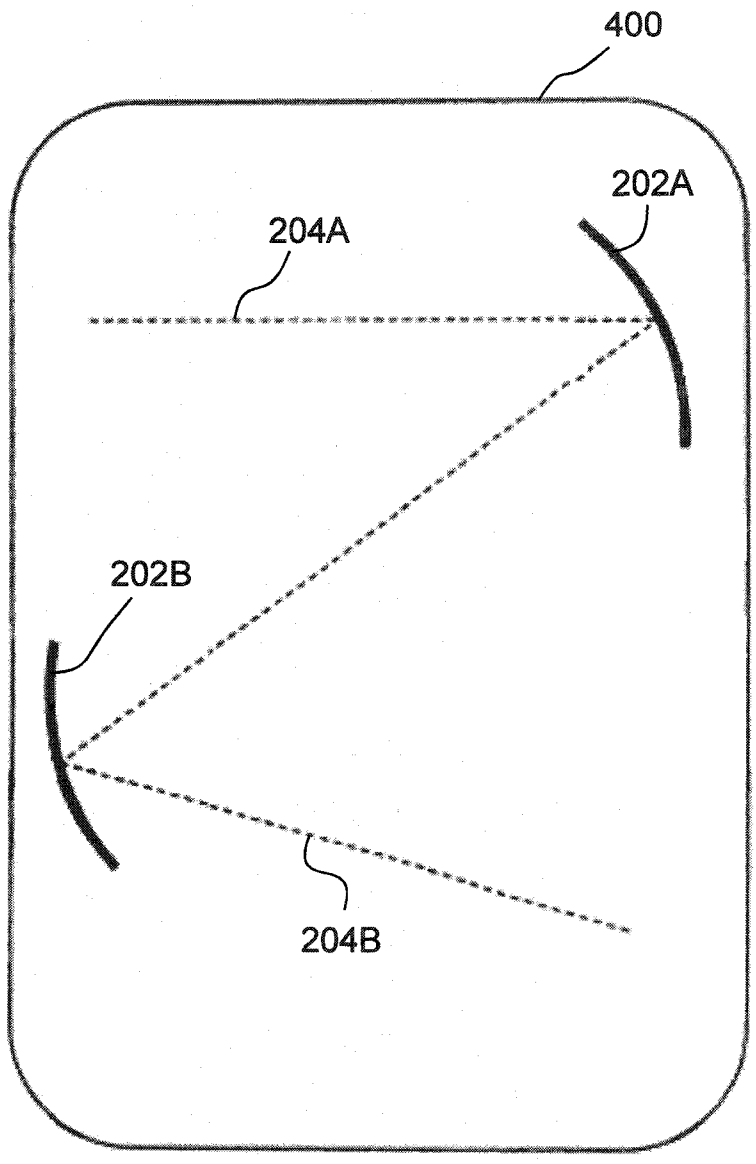


Fig. 4

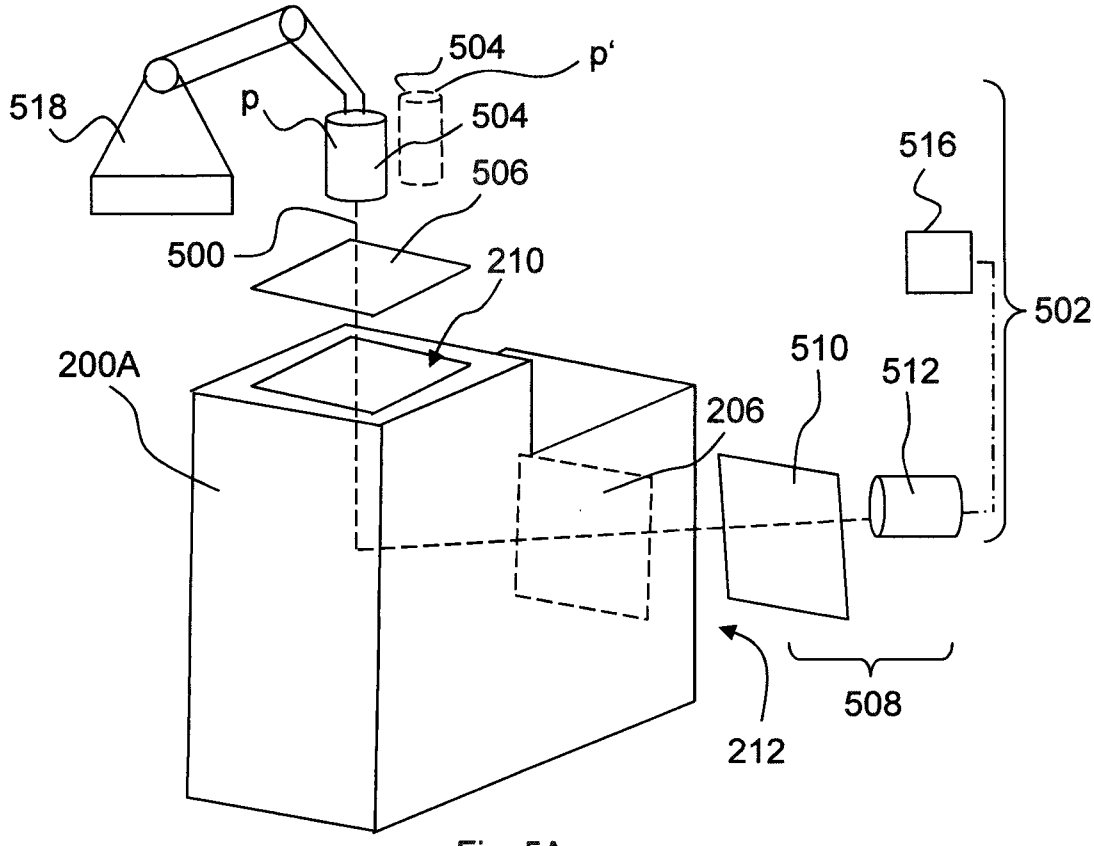

518
p
504
p'
504
506
500
210
516
502
200A
510
512
206
508
212

Fig. 5A

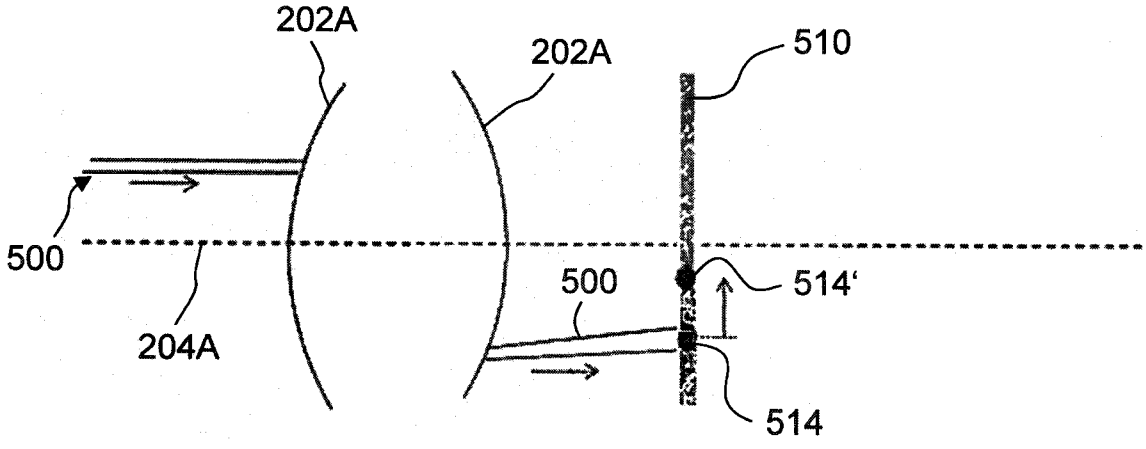

202A
202A
510
500
204A
500
514'
514

Fig. 5B

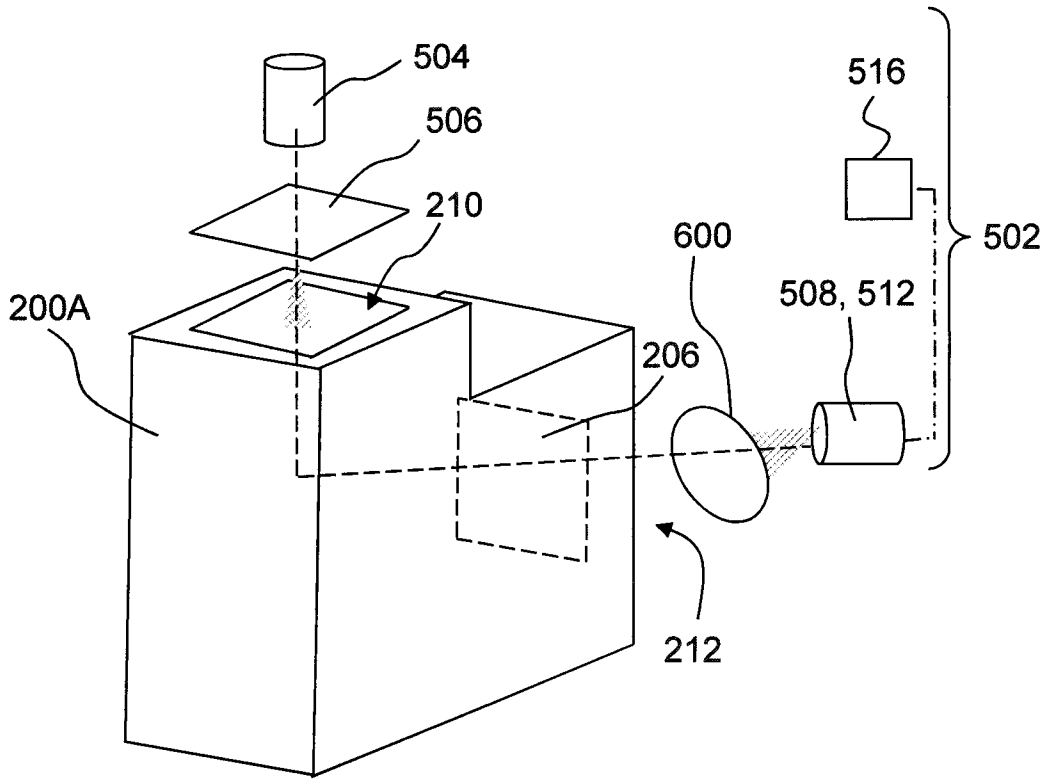

504
506
210
200A
206
600
516
502
508, 512
212

Fig. 6A

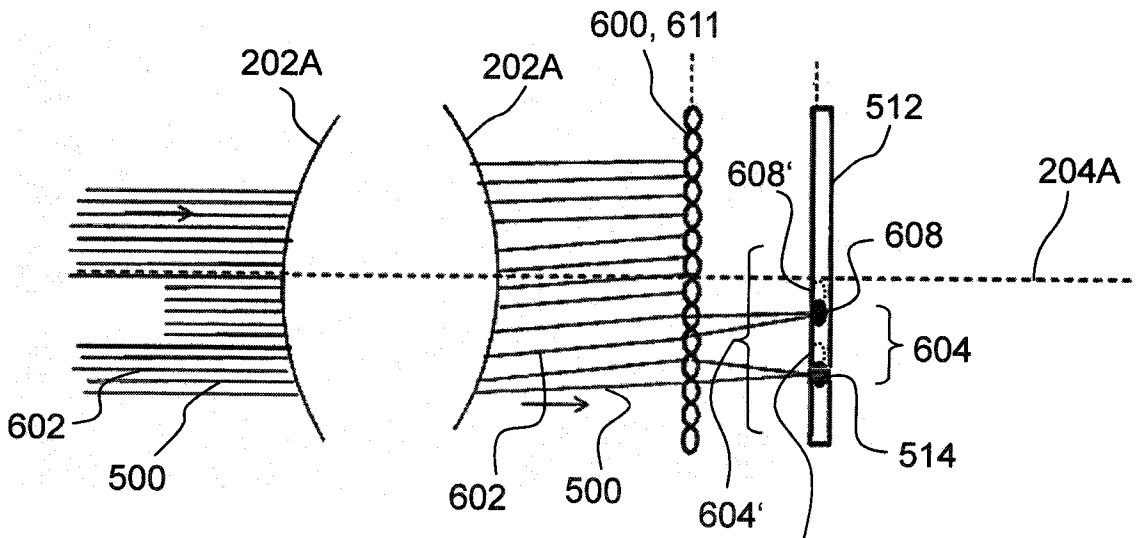

202A
202A
600, 611
512
608'
204A
608
604
602
500
602
500
604'
514
514'

Fig. 6B

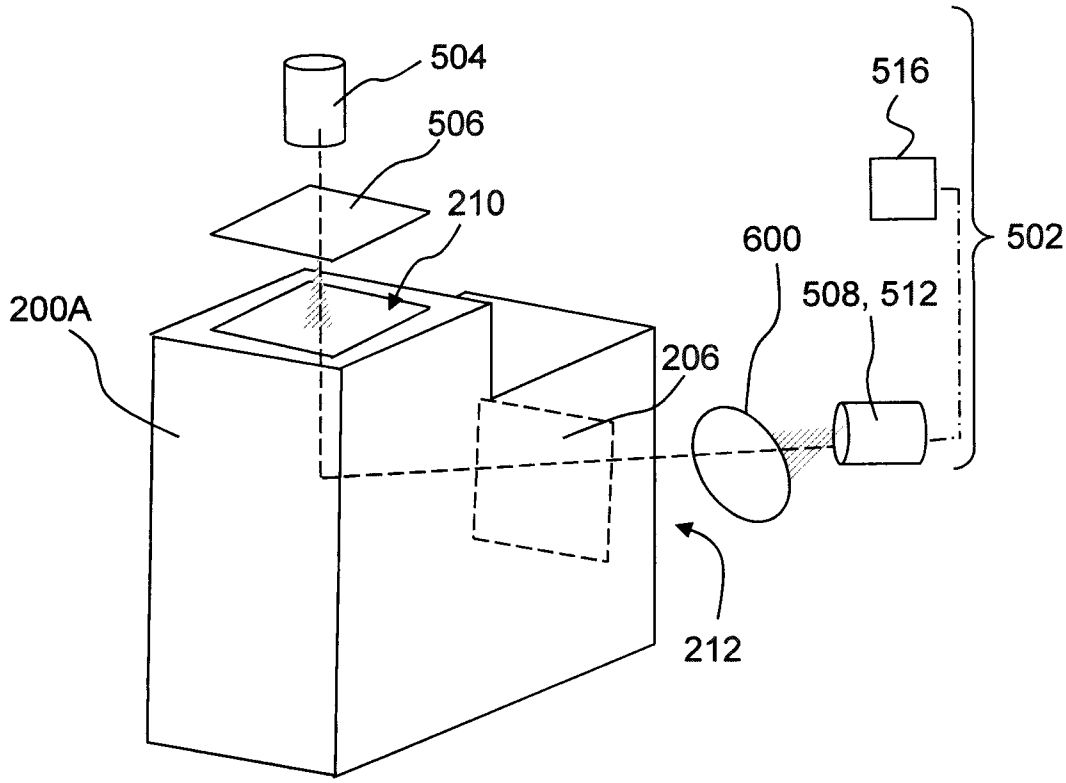

504
506
210
200A
206
516
502
600
508, 512
212

Fig. 7A

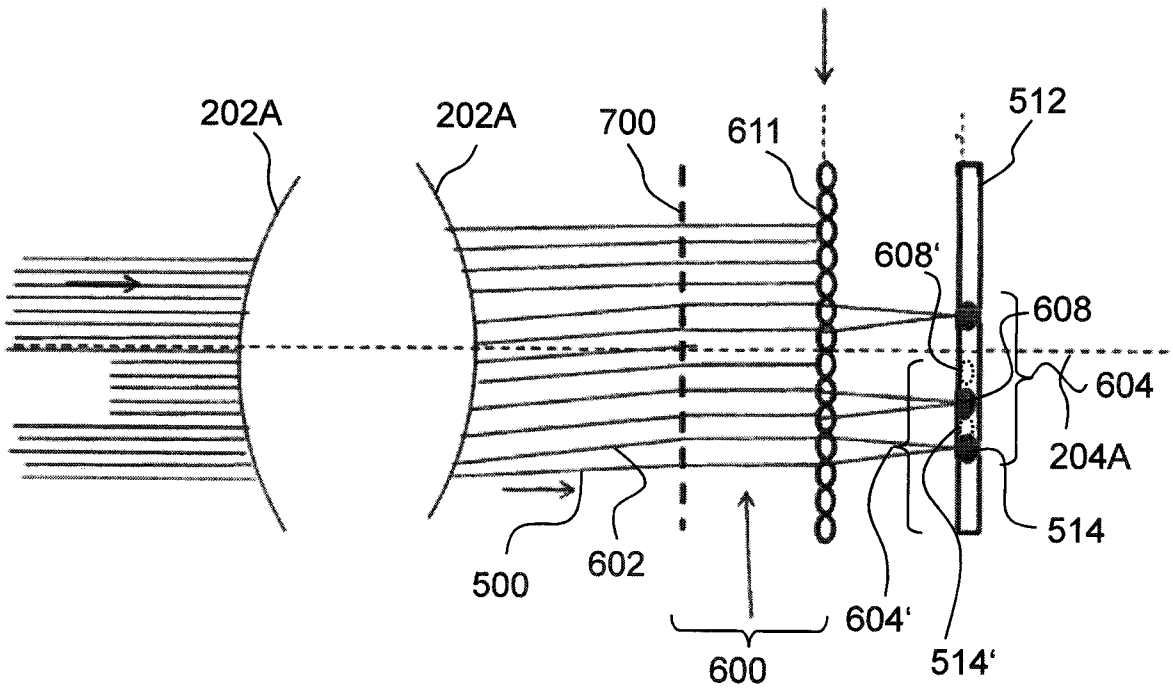

202A
202A
700
611
512
608'
608
604
204A
514
500
602
604'
514'
600

Fig. 7B

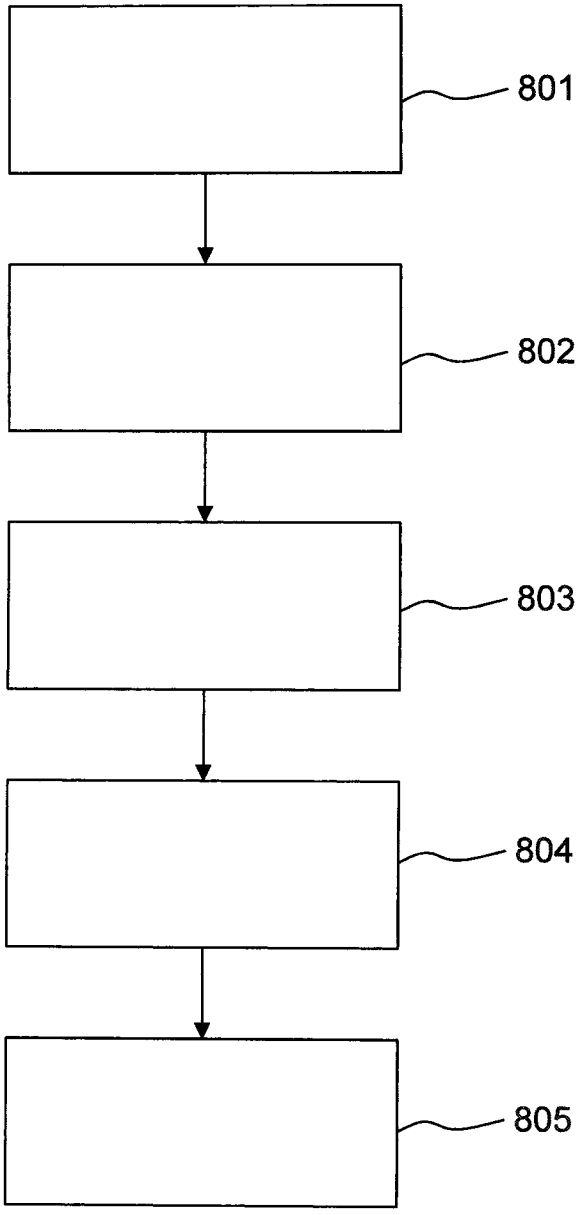


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/057078

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G02B7/00 G01M11/02 G03F7/20
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B G01M G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2009/147228 A1 (ONO KAZUYA [JP] ET AL) 11 June 2009 (2009-06-11) paragraph [0118] -----	1,11, 19-28
X	DE 101 13 017 A1 (ZEISS CARL [DE]) 26 September 2002 (2002-09-26)	29
Y	paragraphs [0022] - [0037], [0016]; figures 1,2 -----	1,11, 19-28
A	EP 1 220 037 A2 (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 3 July 2002 (2002-07-03) paragraph [0064] -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
22 June 2016	29/08/2016

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Stemmer, Michael

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2016/057078

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1, 11, 19-29

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1, 11, 19-29

Method for producing a lens which is composed of individual partial lenses, the partial lenses being characterized and adjusted optically by wavefront measurement.

---

2. Claims 2, 3

Method for producing a lens, in which the optical characteristic of the partial lenses is determined by detecting a point of light.

---

3. Claims 4-8

Method for producing a lens, in which the optical characteristic of the partial lenses is determined by detecting two light beams.

---

4. Claims 9, 10

Method for producing a lens, in which the optical characteristic of the partial lenses is determined by deflector measurement methods.

---

5. Claims 12-18

Method for producing a lens, in which the optical characteristic of the partial lenses is determined by a light beam that illuminates a mask.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/057078

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009147228 A1	11-06-2009	JP 2009147341 A	02-07-2009
		US 2009147228 A1	11-06-2009
		WO 2009075384 A1	18-06-2009
DE 10113017 A1	26-09-2002	NONE	
EP 1220037 A2	03-07-2002	EP 1220037 A2	03-07-2002
		JP 2002289515 A	04-10-2002
		KR 20020055438 A	08-07-2002
		SG 111926 A1	29-06-2005
		TW 546703 B	11-08-2003
		US 2002085190 A1	04-07-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/057078

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G02B7/00 G01M11/02 G03F7/20
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G02B G01M G03F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2009/147228 A1 (ONO KAZUYA [JP] ET AL) 11. Juni 2009 (2009-06-11) Absatz [0118] -----	1,11, 19-28
X	DE 101 13 017 A1 (ZEISS CARL [DE]) 26. September 2002 (2002-09-26)	29
Y	Absätze [0022] - [0037], [0016]; Abbildungen 1,2 -----	1,11, 19-28
A	EP 1 220 037 A2 (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 3. Juli 2002 (2002-07-03) Absatz [0064] -----	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
22. Juni 2016	29/08/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Stemmer, Michael

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/057078

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1, 11, 19-29

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchengebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.

☐ Die zusätzlichen Recherchengebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.

☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN **PCT/ISA/** 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1, 11, 19-29

   Verfahren zur Herstellung eines Objektivs das aus einzelnen Teilobjektiven zusammengesetzt wird wobei die Teilobjektive optisch durch Wellenfrontmessung charakterisiert und justiert sind

   ---

2. Ansprüche: 2, 3

   Verfahren zur Herstellung eines Objektivs in dem die optische Charakteristik der Teilobjektive durch Erfassen eines Lichtpunkts bestimmt wird

   ---

3. Ansprüche: 4-8

   Verfahren zur Herstellung eines Objektivs in dem die optische Charakteristik der Teilobjektive durch Erfassen von zwei Lichtstrahlen bestimmt wird

   ---

4. Ansprüche: 9, 10

   Verfahren zur Herstellung eines Objektivs in dem die optische Charakteristik der Teilobjektive durch deflektorische Messverfahren ermittelt werden

   ---

5. Ansprüche: 12-18

   Verfahren zur Herstellung eines Objektivs in dem die optische Charakteristik der Teilobjektive durch einen Lichtstrahl der eine Maske beleuchtet ermittelt wird

   ---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/057078

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009147228 A1	11-06-2009	JP 2009147341 A	02-07-2009
		US 2009147228 A1	11-06-2009
		WO 2009075384 A1	18-06-2009
DE 10113017 A1	26-09-2002	KEINE	
EP 1220037 A2	03-07-2002	EP 1220037 A2	03-07-2002
		JP 2002289515 A	04-10-2002
		KR 20020055438 A	08-07-2002
		SG 111926 A1	29-06-2005
		TW 546703 B	11-08-2003
		US 2002085190 A1	04-07-2002