

(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
27. Januar 2022 (27.01.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/017678 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G03F 7/20 (2006.01)

G02B 26/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/065590

(22) Internationales Anmeldedatum:

10. Juni 2021 (10.06.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2020 209 141.2

21. Juli 2020 (21.07.2020)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE]; Rudolf-Eber-
Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder; und

(71) Anmelder (nur für US): **HOLDERER, Hubert** [DE/DE];
Zeppelinweg 19, 73447 Oberkochen (DE). **KOERNER,**
Christian [DE/DE]; Hoerselbergstrasse 6, 81677 Mu-
nchen (DE). **ILLIGMANN, Christian** [DE/DE]; Wa-
senstrasse 28, 73453 Abtsgmuend (DE). **HOLZ, Mar-**
kus [DE/DE]; Galgenbergstrasse 23, 73431 Aalen (DE).
SCHMITT, Stefan [DE/DE]; Saleuxer Strasse 4, 73563
Moegglingen (DE).

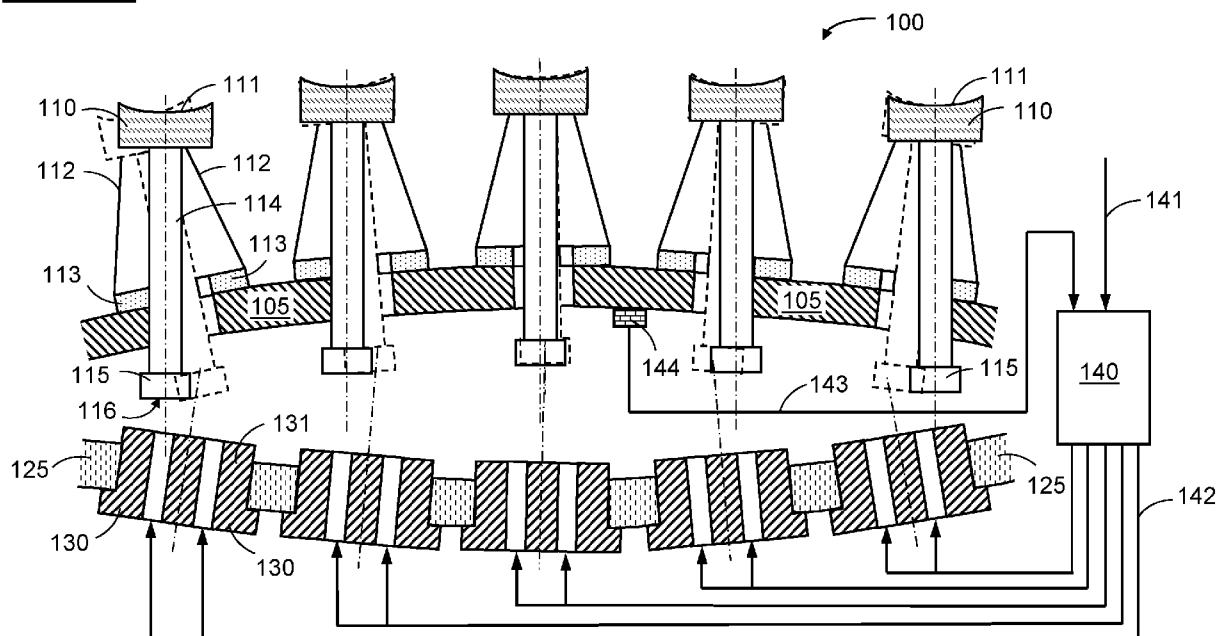
(74) Anwalt: **FRANK, Hartmut**; BONSMANN · BONSMANN · FRANK Patentanwälte, Reichspräsidentenstraße
21-25, 45470 Mülheim a.d. Ruhr (DE).

(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, DJ, DK, DM,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN OPTICAL SYSTEM FOR MICROLITHOGRAPHY, AND OPTICAL SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES OPTISCHEN SYSTEMS FÜR DIE MIKROLITHOGRAPHIE, SOWIE
OPTISCHES SYSTEM

Fig. 1d



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an optical system for microlithography, and an optical system, wherein the optical system comprises a light source and a mirror assembly (100) having a plurality of mirror elements (110) mechanically connected to a support structure, and wherein these mirror elements can be adjusted via actuators associated with the respective mirror elements, by independently adjustable tilt angles, in order to generate a desired light distribution of the light coming from the mirror assembly, wherein the method comprises the following steps: determining expected, thermally induced tilt angle changes for the mirror elements (110) for different thermal states of the optical system; and modifying tilt angles adjusted during operation of the optical system via the actuators associated with the respective mirror elements according to the above-mentioned determination, in such a way

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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)*

that the expected tilt angle changes are at least partially compensated.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines optischen Systems für die Mikrolithographie, sowie ein optisches System, wobei das optische System eine Lichtquelle sowie eine Spiegelanordnung (100) mit einer Mehrzahl von an eine Tragstruktur mechanisch angebundenen Spiegelementen (110) aufweist, und wobei diese Spiegelemente über den Spiegelementen jeweils zugeordnete Aktoren um unabhängig voneinander einstellbare Kippwinkel zur Erzeugung einer gewünschten Lichtverteilung des von der Spiegelanordnung ausgehenden Lichtes verstellbar sind, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: Ermitteln von für unterschiedliche thermische Zustände des optischen Systems zu erwartenden, thermisch induzierten Kippwinkeländerungen für die Spiegelemente (110), und Modifizieren der über die den jeweiligen Spiegelementen zugeordneten Aktoren im Betrieb des optischen Systems eingestellten Kippwinkel in Abhängigkeit von dieser Ermittlung derart, dass die zu erwartenden Kippwinkeländerungen wenigstens teilweise kompensiert werden.

Verfahren zum Betreiben eines optischen Systems für die Mikrolithographie,
5 sowie optisches System

Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der Deutschen Patent-
anmeldung DE 10 2020 209 141.2, angemeldet am 21. Juli 2020. Der Inhalt
10 dieser DE-Anmeldung wird durch Bezugnahme („incorporation by reference“) mit
in den vorliegenden Anmeldungstext aufgenommen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines optischen Systems für
die Mikrolithographie, sowie ein optisches System.

Stand der Technik

Mikrolithographie wird zur Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente, wie bei-
spielsweise integrierter Schaltkreise oder LCD's, angewendet. Der Mikrolitho-
graphieprozess wird in einer sogenannten Projektionsbelichtungsanlage durch-
geführt, welche eine Beleuchtungseinrichtung und ein Projektionsobjektiv auf-
weist. Das Bild einer mittels der Beleuchtungseinrichtung beleuchteten Maske
(= Retikel) wird hierbei mittels des Projektionsobjektivs auf ein mit einer licht-
empfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes und in der Bildebene des Pro-
jektionsobjektivs angeordnetes Substrat (z.B. ein Siliziumwafer) projiziert, um
30 die Maskenstruktur auf die lichtempfindliche Beschichtung des Substrats zu
übertragen.

In für den EUV-Bereich ausgelegten Projektionsobjektiven, d.h. bei Wellenlängen von z.B. etwa 13.5 nm oder geringer, werden mangels Verfügbarkeit geeigneter lichtdurchlässiger refraktiver Materialien Spiegel als optische Komponenten für den Abbildungsprozess verwendet.

In der Beleuchtungseinrichtung einer für den Betrieb im EUV ausgelegten mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage ist insbesondere der Einsatz von Facettenspiegeln in Form von Feldfacettenspiegeln und Pupillenfacettenspiegeln als bündelführende Komponenten z.B. aus DE 10 2008 009 600 A1 bekannt. Derartige Facettenspiegel sind aus einer Vielzahl von Spiegelementen oder Spiegelfacetten aufgebaut, welche jeweils zum Zwecke der Justage oder auch zur Realisierung bestimmter Beleuchtungswinkelverteilungen über Festkörpergelenke kippbar ausgelegt sein können. Diese Spiegelfacetten können wiederum ihrerseits eine Mehrzahl von Mikrospiegeln umfassen.

Des Weiteren ist auch in einer Beleuchtungseinrichtung einer für den Betrieb bei Wellenlängen im DUV-Bereich ausgelegten mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage zur Einstellung definierter Beleuchtungssettings (d.h. Intensitätsverteilungen in einer Pupillenebene der Beleuchtungseinrichtung) der Einsatz von Spiegelanordnungen, z.B. aus WO 2005/026843 A2, bekannt, welche eine Vielzahl unabhängig voneinander einstellbarer Spiegelemente umfassen.

Ein in der Praxis auftretendes Problem ist, dass die in der Beleuchtungseinrichtung bzw. im Projektionsobjektiv vorhandenen Komponenten, wozu ggf. auch ein Träger der Spiegelemente bzw. Spiegelfacetten gehört, u.a. infolge Absorption der von der EUV-Lichtquelle emittierten Strahlung eine Erwärmung und eine damit einhergehende thermische Ausdehnung bzw. Deformation erfahren. Insbesondere führt in der o.g. Spiegelanordnung (z.B. dem Facettenspiegel) eine thermisch induzierte Deformation des Trägers der Spiegelemente ggf. zu unterschiedlichen Änderungen in der jeweiligen Kippstellung der einzelnen

Spiegelemente bzw. Spiegelfacetten, was wiederum eine Beeinträchtigung der Abbildungseigenschaften des optischen Systems zur Folge haben kann.

Zur Vermeidung von durch Wärmeeinträge in einen EUV-Spiegel verursachten
5 Oberflächendeformationen und damit einhergehenden optischen Aberrationen
sind diverse Ansätze bekannt. Unter anderem ist es bekannt, als Spiegelsub-
stratmaterial ein Material mit ultraniedriger thermischer Expansion („Ultra-Low-
Expansion-Material“), z.B. ein unter der Bezeichnung ULE™ von der Firma Cor-
ning Inc. vertriebenes Titanium-Silicatglas, zu verwenden und in einem der opti-
10 schen Wirkfläche nahen Bereich die sogenannte Nulldurchgangstemperatur (= „Zero-Crossing-Temperatur“) einzustellen. Bei dieser Zero-Crossing-Tempera-
tur, welche z.B. für ULE™ bei etwa $\vartheta = 30^{\circ}\text{C}$ liegt, weist der thermische Ausdeh-
nungskoeffizient in seiner Temperaturabhängigkeit einen Nulldurchgang auf, in
dessen Umgebung keine oder nur eine vernachlässigbare thermische Ausdeh-
15 nung des Spiegelsubstratmaterials erfolgt. Weitere Ansätze zur Vermeidung von
durch Wärmeeinträge in einen EUV-Spiegel verursachten Oberflächen-
deformationen beinhalten ein aktives direktes Kühlen oder auch ein unmittel-
bares elektrisches Heizen.

20 Mit zunehmender Leistung der Lichtquelle stellt die Sicherstellung einer hinrei-
chend effizienten Wärmeableitung bei zugleich zu gewährleistender hoher
Präzision der Spiegelemente bzw. Spiegelfacetten in der Praxis eine an-
spruchsvolle Herausforderung dar. Dies gilt insbesondere während der Auf-
heizphase bzw. nach Einschalten der Lichtquelle, da in dieser Startphase noch
25 kein thermisches Gleichgewicht vorhanden ist. Andererseits besteht auch
während einer solchen Startphase der Wunsch, letztlich kostenintensive Unter-
brechungen des Produktionsprozesses zu vermeiden.

Zum Stand der Technik wird lediglich beispielhaft auf US 2013/0100429 A1 ver-
30 wiesen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines optischen Systems für die Mikrolithographie sowie ein optisches System bereitzustellen, welche auch bei vergleichsweise hohen thermischen Lasten eine Vermeidung oder zumindest Verringerung thermisch induzierter Beeinträchtigungen der Abbildungseigenschaften mit möglichst geringem konstruktivem Aufwand sowie ohne Beeinträchtigung des mit dem optischen System erzielten Durchsatzes ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren bzw. das optische System gemäß den Merkmalen der nebengeordneten Patentansprüche gelöst.

Ein Verfahren zum Betreiben eines optischen Systems für die Mikrolithographie, wobei das optische System eine Lichtquelle sowie eine Spiegelanordnung mit einer Mehrzahl von an eine Tragstruktur mechanisch angebundenen Spiegelementen aufweist, und wobei diese Spiegelemente über den Spiegelementen jeweils zugeordnete Aktoren um unabhängig voneinander einstellbare Kippwinkel zur Erzeugung einer gewünschten Lichtverteilung des von der Spiegelanordnung ausgehenden Lichtes verstellbar sind, weist folgende Schritte auf:

- Ermitteln von für unterschiedliche thermische Zustände des optischen Systems zu erwartenden, thermisch induzierten Kippwinkeländerungen für die Spiegelemente; und
- Modifizieren der über die den jeweiligen Spiegelementen zugeordneten Aktoren im Betrieb des optischen Systems eingestellten Kippwinkel in Abhängigkeit von dieser Ermittlung derart, dass die zu erwartenden Kippwinkeländerungen wenigstens teilweise kompensiert werden.

Der Erfindung liegt insbesondere das Konzept zugrunde, in einem optischen System mit einer Spiegelanordnung aus jeweils einzeln und unabhängig voneinander aktudierbaren Spiegelementen bzw. Spiegelfacetten (z.B. einem Feld-

facettenspiegel) die ohnehin vorhandene Aktuierbarkeit der einzelnen Spiegelemente zu nutzen, um unerwünschte, thermisch induzierte (insbesondere auf eine Deformation eines Trägers der Spiegelemente zurückzuführende) Änderungen der jeweiligen Kippstellung der Spiegelemente im laufenden Betrieb des optischen Systems dynamisch zu kompensieren.

Dabei geht die Erfindung zunächst von der Überlegung aus, dass grundsätzlich sowohl die sich im Betrieb eines solchen optischen Systems für eine vorgegebene Lichtquellenleistung im Bereich der Spiegelanordnung ergebende Temperaturverteilung als auch das aus dieser Temperaturverteilung resultierende Deformationsmuster vorhersehbar sind und somit unter Nutzung der vorhandenen Aktoren bei Einstellung der Kippwinkel der Spiegelemente zur dynamischen Anpassung der entsprechenden Kippwinkel-Sollwerte im laufenden Betrieb berücksichtigt werden können.

Dabei kann – wie im Weiteren noch näher erläutert – die Ermittlung der zu erwartenden, thermisch induzierten Kippwinkeländerungen selbst in unterschiedlicher Weise, insbesondere durch Simulation oder auch im Wege einer Vorab-Kalibrierung, z.B. unter Erstellung einer entsprechenden Nachschlagtabelle (= „Lookup Table“), erfolgen.

Neben der erfindungsgemäßen Nutzung bereits vorhandener Aktuatorik und der Vermeidung bzw. Minimierung zusätzlichen konstruktiven Aufwands hat die Erfindung dabei den weiteren Vorteil, dass ein ordnungsgemäßer Betrieb der Spiegelanordnung bzw. des optischen Systems bereits während der o.g. Startphase (d.h. unmittelbar nach dem Einschalten der Lichtquelle) gewährleistet werden kann, da auch die in dieser Startphase (d.h. nach unterschiedlichen Einschaltdauern der Lichtquelle) resultierenden Temperaturverteilungen bzw. Deformationsmuster etwa auf Seiten eines Trägers der Spiegelemente im Voraus ermittelt und hinsichtlich der erfindungsgemäßen Anpassung der Kippwinkel-Sollwerte für die einzelnen Spiegelemente der Spiegelanordnung berücksichtigt werden können.

Gemäß einer Ausführungsform erfolgt während einer vorübergehenden Unterbrechung des Betriebs des optischen Systems eine Nachkalibrierung der jeweiligen Einstellungen der Spiegelemente. Hierbei kann beispielsweise eine zum Wechseln des Wafers in einer Projektionsbelichtungsanlage benötigte Zeitspanne genutzt werden, um sämtliche Spiegelemente derart in ihrer Kippstellung nachzustellen, dass diese von vorneherein (d.h. ohne aktive Ansteuerung der Aktoren) unter Berücksichtigung der bislang erfolgten thermischen Deformationen (d.h. der insoweit „aufgesammelten“ Fehler im Kippwinkel) das auftreffende Licht in die korrekte Richtung lenken, so dass bei Wiederaufnahme des Betriebs des optischen Systems dann eine Korrektur der Kippwinkelstellung bzw. eine Modifikation der Kippwinkel-Sollwerte nur hinsichtlich der nach der Betriebsunterbrechung auftretenden thermalen Einflüsse zu erfolgen hat.

Gemäß einer Ausführungsform weist das Verfahren ferner den Schritt auf: Durchführen einer Temperaturmessung an wenigstens einer Position im optischen System unter Verwendung wenigstens eines Temperatursensors, wobei das Modifizieren der eingestellten Kippwinkel ferner in Abhängigkeit vom Ergebnis dieser Temperaturmessung erfolgt.

Auf diese Weise können aufgrund der Ermittlung und Einbeziehung einer tatsächlich sich einstellenden Temperatur auch diese Temperatur im Betrieb des optischen Systems beeinflussende Umstände (wie z.B. unerwünschte Dosischwankungen der Lichtquelle, Schwankungen in der Effizienz einer vorhandenen Kühlung oder stattfindende Absorptionseffekte in einer Restgasatmosphäre im optischen System) bei der erfindungsgemäßen Modifikation der eingestellten Kippwinkel zumindest näherungsweise berücksichtigt werden.

Gemäß einer Ausführungsform weist das Verfahren ferner den Schritt auf: Durchführen einer Abstandsmessung an wenigstens einer Position im optischen System, wobei das Modifizieren der eingestellten Kippwinkel ferner in Abhängigkeit vom Ergebnis dieser Abstandsmessung erfolgt. So kann beispielsweise je nach Ausgestaltung der Spiegelanordnung bzw. Aktuatorik eine Messung des jeweiligen (temperaturabhängigen) Abstandes zwischen einem Magneten und

einer Antriebs- und Sensoreinheit erfolgen, wobei dieser Abstand dann als indirektes Maß für die aktuelle Temperatur des betreffenden Spiegelements herangezogen werden kann.

5 Gemäß einer Ausführungsform weist das Verfahren ferner den Schritt auf: Nutzung von Betriebsparametern und/oder Sensordaten von an wenigstens einer Position im optischen System vorhandenen Sensoren zum Anlernen eines Algorithmus des Maschinellen Lernens, wobei das Modifizieren der eingestellten Kippwinkel ferner in Abhängigkeit vom Ergebnis dieses angelernten Algorithmus
10 erfolgt.

Gemäß einer Ausführungsform ist der wenigstens eine Sensor aus der Gruppe ausgewählt, die Energiesensoren, Temperatursensoren, Beschleunigungssensoren, bildgebende Sensoren und Abstandssensoren enthält. Die Betriebs-
15 parameter können z.B. Sollwerte der Kippwinkel der Spiegelemente, Werte der Leistung der Lichtquelle und/oder Werte des Umgebungsdrucks in der Vakuumkammer des optischen Systems umfassen.

Das Maschinelle Lernen kann überwachtes Lernen (= „Supervised Learning“),
20 teilüberwachtes Lernen (= „Semi-Supervised Learning“) oder auch unüberwachtes Lernen (= „Unsupervised Learning“) umfassen.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Spiegelanordnung ein Feldfacettenspiegel.
25

Gemäß einer Ausführungsform ist das optische System eine Beleuchtungseinrichtung einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage.

Gemäß einer Ausführungsform ist das optische System für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 250nm, insbesondere weniger als 200nm, ausgelegt.
30

Gemäß einer Ausführungsform ist das optische System für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 30nm, insbesondere weniger als 15nm, ausgelegt.

Die Erfindung betrifft weiter auch ein optisches System für die Mikrolithographie, welches zur Durchführung eines Verfahrens mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen ausgelegt ist, mit

- 5 – einer Lichtquelle;
- einer Spiegelanordnung mit einer Mehrzahl von an eine Tragstruktur mechanisch angebundenen Spiegelementen, wobei diese Spiegelemente über den Spiegelementen jeweils zugeordnete Aktoren um unabhängig voneinander einstellbare Kippwinkel zur Erzeugung einer
10 gewünschten Lichtverteilung des von der Spiegelanordnung ausgehenden Lichtes verstellbar sind; und
- einer Steuerungsanordnung, welche auf Basis von der Steuerungsanordnung zugeführten Soll-Kippwinkeln Ansteuerungssignale an die den Spiegelementen jeweils zugeordneten Aktoren übermittelt,
- 15 – wobei diese Steuerungsanordnung dazu konfiguriert ist, die Ansteuerungssignale auf Basis von im Betrieb des optischen Systems zu erwartenden, thermisch induzierten Kippwinkeländerungen dynamisch anzupassen.

20 Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der Beschreibung sowie den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

25

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es zeigen:

- 30 Figur 1a-1d schematische Darstellungen zur Erläuterung des möglichen Aufbaus einer Spiegelanordnung und des dem erfindungsgemäßen Verfahren zugrundeliegenden Konzepts;

Figur 2-4 Flussdiagramme zur Erläuterung möglicher Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Verfahrens;

5 Figur 5 eine schematische Darstellung des möglichen Aufbaus einer für den Betrieb im EUV ausgelegten mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage; und

10 Figur 6 eine schematische Darstellung des möglichen Aufbaus einer für den Betrieb im DUV ausgelegten mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage.

15 DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Fig. 5 zeigt zunächst eine schematische Darstellung einer für den Betrieb im EUV ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage 500, in der die Erfindung beispielsweise realisierbar ist.

20 Gemäß Fig. 5 weist eine Beleuchtungseinrichtung der Projektionsbelichtungsanlage 500 einen Feldfacettenspiegel 503 und einen Pupillenfacettenspiegel 504 auf. Auf den Feldfacettenspiegel 503 wird das Licht einer Lichtquelleneinheit, welche im Beispiel eine EUV-Lichtquelle (Plasmalichtquelle) 501 und einen Kollektorspiegel 502 umfasst, gelenkt. Im Lichtweg nach dem Pupillenfacettenspiegel 504 sind ein erster Teleskopspiegel 505 und ein zweiter Teleskopspiegel 506 angeordnet. Im Lichtweg nachfolgend ist ein Umlenkspiegel 507 angeordnet, der die auf ihn treffende Strahlung auf ein Objektfeld in der Objektebene eines sechs Spiegel 521-526 umfassenden Projektionsobjektivs lenkt. Am Ort des Objektfeldes ist eine reflektive strukturtragende Maske 531 auf einem Maskentisch 530 angeordnet, die mit Hilfe des Projektionsobjektivs in eine Bildebene abgebildet wird, in welcher sich ein mit einer lichtempfindlichen

25 30

Schicht (Photoresist) beschichtetes Substrat 541 auf einem Wafertisch 540 befindet.

Die Erfindung ist nicht auf die Anwendung in einer für den Betrieb im EUV ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage beschränkt. Insbesondere kann die Erfindung auch in einer für den Betrieb im DUV (d.h. bei Wellenlängen kleiner als 250nm, insbesondere kleiner als 200nm) ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage oder auch in einem anderen optischen System vorteilhaft angewendet werden.

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren möglichen Aufbaus einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage 600, welche für den Betrieb bei Wellenlängen im DUV-Bereich (z.B. ca. 193nm) ausgelegt ist und ebenfalls eine Beleuchtungseinrichtung 601 und ein Projektionsobjektiv 608 aufweist.

Die Beleuchtungseinrichtung 601 umfasst eine Lichtquelle 602 und eine in stark vereinfachter Weise durch Linsen 603, 604 und eine Blende 605 symbolisierte Beleuchtungsoptik. Die Arbeitswellenlänge der Projektionsbelichtungsanlage 600 beträgt in dem gezeigten Beispiel 193 nm bei Verwendung eines ArF-Excimerlasers als Lichtquelle 602. Die Arbeitswellenlänge kann jedoch beispielsweise auch 248 nm bei Verwendung eines KrF-Excimerlasers oder 157 nm bei Verwendung eines F₂-Lasers als Lichtquelle 602 betragen. Zwischen der Beleuchtungseinrichtung 601 und dem Projektionsobjektiv 608 ist eine Maske 607 in der Objektebene OP des Projektionsobjektivs 608 angeordnet, die mittels eines Maskenhalters 606 im Strahlengang gehalten wird. Die Maske 607 weist eine Struktur im Mikrometer- bis Nanometer-Bereich auf, die mittels des Projektionsobjektives 608 beispielsweise um den Faktor 4 oder 5 verkleinert auf eine Bildebene IP des Projektionsobjektivs 608 abgebildet wird. Das Projektionsobjektiv 608 umfasst eine ebenfalls lediglich in stark vereinfachter Weise durch Linsen 609 bis 612 symbolisierte Linsenanordnung, durch die eine optische Achse OA definiert wird.

In der Bildebene IP des Projektionsobjektivs 608 wird ein durch einen Substrathalter 618 positioniertes und mit einer lichtempfindlichen Schicht 615 versehenes Substrat 616, bzw. ein Wafer, gehalten. Zwischen dem bildebenenseitig letzten optischen Element 620 des Projektionsobjektivs 608 und der lichtempfindlichen Schicht 615 befindet sich ein Immersionsmedium 650, bei dem es sich beispielsweise um deionisiertes Wasser handeln kann.

Den im weiteren beschriebenen Ausführungsformen ist gemeinsam, dass die sich für eine vorgegebene Leistung einer in einem optischen System eingesetzten Lichtquelle (z.B. der EUV-Lichtquelle 501 aus Fig. 5 oder der DUV-Lichtquelle 602 aus Fig. 6) die im Betrieb des optischen Systems zu erwartenden (und sich insbesondere während der Startphase nach Einschalten der Lichtquelle zeitlich ändernden) thermisch induzierten Kippwinkeländerungen der Spiegelemente einer Spiegelanordnung (z.B. des Feldfacettenspiegels 503 aus Fig. 5 oder einer in der Projektionsbelichtungsanlage 600 aus Fig. 6 eingesetzten Spiegelanordnung) ermittelt werden. Auf Basis dieser Ermittlung erfolgt dann eine Modifikation der über den jeweiligen Spiegelementen zugeordnete Aktoren tatsächlich eingestellten Kippwinkel, so dass besagte, durch die thermisch induzierte Deformation bewirkten Kippwinkeländerungen entsprechend kompensiert werden.

Fig. 1a-1d dienen zur Erläuterung des dem erfindungsgemäßen Verfahren zugrundeliegenden Konzepts anhand schematischer Darstellungen des möglichen Aufbaus einer Spiegelanordnung 100 in Form eines Facettenspiegels.

Die Spiegelanordnung 100 weist gemäß Fig. 1a eine Mehrzahl von Spiegelementen 110 auf, von denen jedes Spiegelement 110 eine optische Wirkfläche 111 besitzt und über eine Gelenkanordnung 112 an eine Basis 113 mechanisch angebunden ist. Die Basis 113 von jedem der Spiegelemente 110 ist auf einer für alle Spiegelemente 110 gemeinsamen, ersten Trägerplatte 105 befestigt. Des Weiteren ist auf der der optischen Wirkfläche 111 abgewandten Rückseite jedes Spiegelements 110 ein Stößel 114 befestigt, welcher an

seinem dem Spiegelement 110 entgegengesetzten Ende an einem Magneten 115 fixiert ist.

Jedem der Spiegelemente 110 ist ferner eine Antriebs- und Sensoreinheit 130 zugeordnet, wobei die Antriebs- und Sensoreinheiten 130 wiederum auf einer gemeinsamen zweiten Trägerplatte 125 befestigt sind. Jede Antriebs- und Sensoreinheit 130 weist (z.B. insgesamt vier) Elektromagnete 131 sowie (nicht dargestellte) Sensoren auf. Über geeignete Ansteuerung der Elektromagnete 131 kann infolge der auf den jeweils zugeordneten Magneten 115 wirkenden Magnetkraft der jeweilige Magnet 115 und damit das über den Stößel 114 angebundene Spiegelement 110 in eine gewünschte Position verkippt werden, wobei die Position über die jeweils zugeordneten Sensoren jeder Antriebs- und Sensoreinheit 130 kontrolliert wird. Die Ansteuerung der Elektromagnete 131 der Antriebs- und Sensoreinheiten 130 erfolgt über eine Steuerungseinheit 140. Dieser Steuerungseinheit 140 werden Sollpositions-Daten 141 (Soll-Kippwinkel) für die einzelnen Spiegelemente 110 zugeführt, und die Steuerungseinheit 140 übermittelt entsprechende Ansteuerungssignale 142 an die Antriebs- und Sensoreinheiten 130.

Im Betrieb des die Spiegelanordnung 100 aufweisenden optischen Systems führt die auftreffende elektromagnetische Strahlung zu einer thermisch induzierten Deformation sowohl der die Spiegelemente 110 tragenden ersten Trägerplatte 105 als auch der die Antriebs- und Sensoreinheiten 130 tragenden zweiten Trägerplatte 125.

Fig. 1b zeigt ebenfalls schematisch und beispielhaft einen infolge dieser Deformationen erreichten Zustand. Wie aus Fig. 1b ersichtlich ist, sind infolge der thermisch induzierten Deformationen die einzelnen Spiegelemente 110 aus ihrer ursprünglichen Position verschoben und verkippt mit der Folge, dass die Sensoren der Antriebs- und Sensoreinheiten 130 nunmehr eine Abweichung des jeweiligen Zentrums 116 eines Magneten 115 von der ebenfalls eingezeichneten Sensorachse detektieren (wobei beispielhaft, jedoch ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt wäre, die Sollposition des Zentrums 116 als auf der

jeweiligen Sensorachse befindlich angenommen wird). Der Umstand der Detektion einer solchen Abweichung hat nun ohne die im Weiteren beschriebenen erfindungsgemäßen Maßnahmen zur Folge, dass über die Steuerungseinrichtung 140 eine „Korrektur“ in den in Fig. 1c schematisch dargestellten Zustand erfolgt, in welchem die Zentren 116 der jeweiligen Magneten 115 wieder an der als korrekt angenommenen Position in Bezug zur entsprechenden Sensorachse der Antriebs- und Sensoreinheit 130 liegen.

Wie ebenfalls aus Fig. 1c ersichtlich ist, zeigen jedoch die einzelnen Spiegelemente 110 bzw. deren optische Wirkflächen nun nicht mehr in die eigentlich gewünschte Richtung. Vielmehr entspricht die tatsächlich gemäß Fig. 1c erfolgende Ausrichtung der Spiegelemente 110 derjenigen, welche von der Steuerungsanordnung 140 fälschlicherweise (nämlich ohne angemessene Berücksichtigung der erfolgten thermischen Deformation) als korrekte Ausrichtung angenommen wurde.

Erfindungsgemäß erfolgt nun eine Berücksichtigung der besagten thermisch induzierten Deformationen in solcher Weise, dass die entsprechenden Sollpositionen (d.h. Kippwinkel-Sollwerte) der einzelnen Spiegelfacetten in geeigneter Weise modifiziert werden, wie im Weiteren noch unter Bezugnahme auf Fig. 2-4 näher erläutert wird. Im Ergebnis bewirken dann gemäß Fig. 1d die Antriebs- und Sensoreinheiten 130 eine modifizierte – und vom vorstehenden Szenario von Fig. 1c abweichende – Aktuierung der einzelnen Spiegelemente 110 mit der Folge, dass im Ergebnis die jeweiligen optischen Wirkflächen 111 der Spiegelemente 110 unter Berücksichtigung thermisch induzierter Deformationen wieder in die gewünschte Richtung zeigen.

Des Weiteren ist gemäß Fig. 1d wenigstens ein Temperatursensor 144 an geeigneter Position an der Spiegelanordnung 100 bzw. an der ersten Trägerplatte 105 angebracht. Die im Weiteren beschriebene dynamische Anpassung der Kippwinkel-Sollwerte im Betrieb des optischen Systems kann dann zusätzlich auch auf Basis der von dem Temperatursensor 144 an die Steuerungseinheit 140 übermittelten Signale 143 erfolgen.

Erfindungsgemäß wird somit in dem in Fig. 1d gezeigten Zustand eine auch unter Berücksichtigung der thermisch induzierten Deformationen der Trägerplatten 105, 125 korrekte Ausrichtung der Spiegelemente 110 bzw. deren optischer Wirkflächen 111 erzielt. Hierzu werden wie erläutert die zur Verkipfung der Spiegelemente 110 der Spiegelanordnung 100 ohnehin vorhandenen Aktoren (welche im konkreten Ausführungsbeispiel durch die Antriebs- und Sensoreinheiten 130 in Zusammenwirken mit den Magneten 115 gebildet werden) genutzt, so dass insoweit kein zusätzlicher konstruktiver Aufwand erforderlich ist.

Zur Ermittlung der geeigneten Ansteuerungssignale 142, anhand derer die Aktuierung der einzelnen Spiegelemente 110 über die Antriebs- und Sensoreinheiten 130 erfolgt, bestehen erfindungsgemäß unterschiedliche Möglichkeiten, wie im Weiteren unter Bezugnahme auf die Flussdiagramme von Fig. 2 bis Fig. 4 erläutert wird. Diesen Ausführungsformen ist gemeinsam, dass die sich für eine vorgegebene Leistung der im jeweiligen optischen System eingesetzten Lichtquelle die im Betrieb des optischen Systems zu erwartenden (und sich insbesondere während der Startphase nach Einschalten der Lichtquelle zeitlich ändernden) thermisch induzierten Kippwinkeländerungen ermittelt werden. Auf Basis dieser Ermittlung erfolgt dann eine Modifikation der über die den jeweiligen Spiegelementen 110 zugeordneten Aktoren bzw. die Antriebs- und Sensoreinheiten 130 tatsächlich eingestellten Kippwinkel, so dass die besagten, zu erwartenden und durch die thermisch induzierte Deformation bewirkten Kippwinkeländerungen entsprechend kompensiert werden.

In einer Ausführungsform kann gemäß dem Flussdiagramm von Fig. 2 die Ermittlung der zu erwartenden thermisch induzierten Kippwinkeländerungen im Wege einer Simulation (z.B. anhand der Finite-Elemente-Methode) erfolgen. Hierbei können auf Basis der im Schritt S210 vorgegebenen Leistung der Lichtquelle auf Basis eines thermischen Modells die sich im Bereich der Spiegelanordnung 100 ergebende Temperaturverteilung sowie das aus dieser Temperaturverteilung resultierende Deformationsmuster vorhergesagt werden. Eine

solche modellbasierte Simulation wird gemäß Fig. 2 im Schritt S220 durchgeführt.

Die Aktuierung der Spiegelemente erfolgt sodann im Schritt S230 unter dynamischer Anpassung der Kippwinkel-Sollwerte mit der Folge, dass die Spiegelemente 110 wie vorstehend anhand von Fig. 1d erläutert unter Berücksichtigung der erfolgten thermisch induzierten Deformationen in die gewünschte Richtung zeigen.

In einem optionalen Schritt S240 kann zu einem geeigneten Zeitpunkt (z.B. während einer Betriebspause des optischen Systems etwa zum Wechseln eines Wafers) eine Nachkalibrierung der Positionen der Spiegelemente 110 erfolgen, so dass dann sämtliche Spiegelemente 110 bzw. deren optische Wirkflächen 111 in die gewünschte Richtung weisen und hierbei ein über die bislang vergangene Zeit bzw. Einschaltdauer der Lichtquelle aufgesammelter Fehler nachkorrigiert wird.

Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von derjenigen aus Fig. 2 dadurch, dass die Ermittlung der (z.B. zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach dem Einschalten der Lichtquelle) zu erwartenden thermisch induzierten Kippwinkeländerungen für die Spiegelemente anhand der Durchführung einer Mehrzahl von Messungen der betreffenden thermisch induzierten Kippwinkeländerungen in einer Vorab-Kalibrierung erfolgt. Eine auf diese Weise erstellte Nachschlagtabelle kann dann in analoger Weise zu der Ausführungsform von Fig. 2 anschließend im tatsächlichen Betrieb des optischen Systems zur dynamischen Anpassung der Kippwinkel-Sollwerte genutzt werden.

Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von denjenigen aus Fig. 2 und Fig. 3 dadurch, dass zusätzlich (d.h. nach zuvor im Schritt S420 erfolgter Ermittlung der zu erwartenden thermisch induzierten

Kippwinkeländerungen nach Vorgabe einer Lichtquellenleistung im Schritt S410) eine Temperaturmessung an wenigstens einer Position im optischen System durchgeführt wird. Hierzu kann gemäß Fig. 1d wenigstens ein Temperatursensor 144 an geeigneter Position z.B. auf der Spiegelanordnung 100 angebracht sein.

5 Die anschließend im Schritt S440 und analog zu den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen erfolgende dynamische Anpassung der Kippwinkel-Sollwerte im Betrieb des optischen Systems kann dann zusätzlich auch auf Basis des Ergebnisses dieser Temperaturmessung erfolgen. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass auch unerwünschte Dosisschwankungen der Lichtquelle

10 und/oder Schwankungen in der Effizienz einer vorhandenen Kühlung sowie auch ggf. stattfindende Absorptionseffekte in einer Restgasatmosphäre im optischen System zumindest näherungsweise berücksichtigt werden können, da zusätzlich zu der erfindungsgemäßen Vorab-Simulation bzw. Kalibrierung auch eine tatsächliche Temperaturmessung im Bereich der Spiegelanordnung 100 erfolgt.

15 In weiteren Ausführungsformen kann zusätzlich oder alternativ zur vorstehend genannten Temperaturmessung auch eine Messung des jeweiligen Abstandes zwischen Magnet 115 und Antriebs- und Sensoreinheit 130 erfolgen, wobei dieser Abstand wiederum als indirektes Maß für die aktuelle Temperatur des

20 betreffenden Spiegelements 110 herangezogen werden kann.

Gemäß weiteren Aspekten der Offenbarung kann eine Ermittlung geeigneter Modifikationen der Kippwinkel-Sollwerte im Betrieb der Spiegelanordnung bzw. des optischen Systems auch dadurch erfolgen, dass die Spiegelemente suk-

25 zessive von der aktuellen (Soll-)Position auf eine Messposition „umgeschaltet“ werden, in welcher das auf das betreffende Spiegelement auftreffende Licht dann in Richtung zu einem Detektor (z.B. einer CCD-Kamera) gelenkt wird, mit welchem die resultierende Positionsabweichung bestimmt wird. Hierbei wird jedoch in Kauf genommen, dass während dieser Messung der Positionsabwei-

30 chung das für die Messung genutzte Licht nicht für die eigentliche Waferbelichtung zur Verfügung steht. Des Weiteren kann alternativ oder zusätzlich auch eines der Spiegelemente bzw. ein an geeigneter Position (typischerweise an einer Position mit vergleichsweise hoher thermischer Deformation) befindlicher

reflektierender Bereich zur Ablenkung eines Messlichtstrahls genutzt werden, wobei die Positionsänderung dieses Messlichtstrahls dann wiederum auf einem Detektor gemessen und als indirektes Maß für die Temperatur bzw. die thermisch induzierte Deformation genutzt werden kann. In weiteren Ausgestaltungen kann auch eine aktive Überwachung der jeweiligen Position sämtlicher Spiegelemente über ein geeignetes externes Sensorsystem durchgeführt werden.

Wenn die Erfindung auch anhand spezieller Ausführungsformen beschrieben wurde, erschließen sich für den Fachmann zahlreiche Variationen und alternative Ausführungsformen, z.B. durch Kombination und/oder Austausch von Merkmalen einzelner Ausführungsformen. Dementsprechend versteht es sich für den Fachmann, dass derartige Variationen und alternative Ausführungsformen von der vorliegenden Erfindung mit umfasst sind, und die Reichweite der Erfindung nur im Sinne der beigefügten Patentansprüche und deren Äquivalente beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines optischen Systems für die Mikrolithographie, wobei das optische System eine Lichtquelle sowie eine Spiegelanordnung (100) mit einer Mehrzahl von an eine Tragstruktur mechanisch angebundenen Spiegelementen (110) aufweist, und wobei diese Spiegelemente (110) über den Spiegelementen jeweils zugeordnete Aktoren um unabhängig voneinander einstellbare Kippwinkel zur Erzeugung einer gewünschten Lichtverteilung des von der Spiegelanordnung (100) ausgehenden Lichtes verstellbar sind,

dadurch gekennzeichnet, dass
das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- a) Ermitteln von für unterschiedliche thermische Zustände des optischen Systems zu erwartenden, thermisch induzierten Kippwinkeländerungen für die Spiegelemente (110);
 - b) Modifizieren der über die den jeweiligen Spiegelementen zugeordneten Aktoren im Betrieb des optischen Systems eingestellten Kippwinkel in Abhängigkeit von der Ermittlung in Schritt a) derart, dass die zu erwartenden Kippwinkeländerungen wenigstens teilweise kompensiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die unterschiedlichen thermischen Zustände des optischen Systems unterschiedlichen Einschaltdauern der Lichtquelle entsprechen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln von zu erwartenden, thermisch induzierten Kippwinkeländerungen für unterschiedliche Werte der Leistung der Lichtquelle erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln im Schritt a) die Durchführung einer Simulation auf Basis eines thermischen Modells umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln im Schritt a) die Durchführung einer Mehrzahl von Messungen thermisch induzierter Kippwinkeländerungen für die Spiegelemente in einer Vorab-Kalibrierung umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während einer vorübergehenden Unterbrechung des Betriebs des optischen Systems eine Nachkalibrierung der jeweiligen Einstellungen der Spiegelemente erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieses ferner den Schritt aufweist:
- Durchführen einer Temperaturmessung an wenigstens einer Position im optischen System unter Verwendung wenigstens eines Temperatursensors (144);
- wobei das Modifizieren der eingestellten Kippwinkel im Schritt b) ferner in Abhängigkeit vom Ergebnis dieser Temperaturmessung erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieses ferner den Schritt aufweist:
- Durchführen einer Abstandsmessung an wenigstens einer Position im optischen System;
- wobei das Modifizieren der eingestellten Kippwinkel im Schritt b) ferner in Abhängigkeit vom Ergebnis dieser Abstandsmessung erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieses ferner den Schritt aufweist:
- Nutzung von Betriebsparametern und/oder Sensordaten von an wenigstens einer Position im optischen System vorhandenen Sensoren zum Anlernen eines Algorithmus des Maschinellen Lernens,

wobei das Modifizieren der eingestellten Kippwinkel im Schritt b) ferner in Abhängigkeit vom Ergebnis dieses angelernten Algorithmus erfolgt.

5 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Sensor aus der Gruppe ausgewählt ist, die Energiesensoren, Temperatursensoren, Beschleunigungssensoren, bildgebende Sensoren und Abstandssensoren enthält.

10 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spiegelanordnung (100) ein Feldfacettenspiegel ist.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische System eine Beleuchtungseinrichtung einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage ist.

15 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische System für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 250nm, insbesondere weniger als 200nm, ausgelegt ist.

20 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische System für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 30nm, insbesondere weniger als 15nm, ausgelegt ist.

25 15. Optisches System für die Mikrolithographie, zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit

- einer Lichtquelle;
 - einer Spiegelanordnung (100) mit einer Mehrzahl von an eine Tragstruktur mechanisch angebundenen Spiegelementen (110), wobei diese Spiegelemente (110) über den Spiegelementen jeweils zugeordnete Aktoren um unabhängig voneinander einstellbare Kippwinkel zur Erzeugung einer gewünschten Lichtverteilung des von der Spiegelanordnung (100) ausgehenden Lichtes verstellbar sind; und
- 30

5

- einer Steuerungsanordnung (140), welche auf Basis von der Steuerungsanordnung (140) zugeführten Soll-Kippwinkeln (141) Ansteuerungssignale (142) an die den Spiegelementen (110) jeweils zugeordneten Aktoren übermittelt,
- wobei diese Steuerungsanordnung (140) dazu konfiguriert ist, die Ansteuerungssignale (142) auf Basis von im Betrieb des optischen Systems zu erwartenden, thermisch induzierten Kippwinkeländerungen dynamisch anzupassen.

Fig. 1a

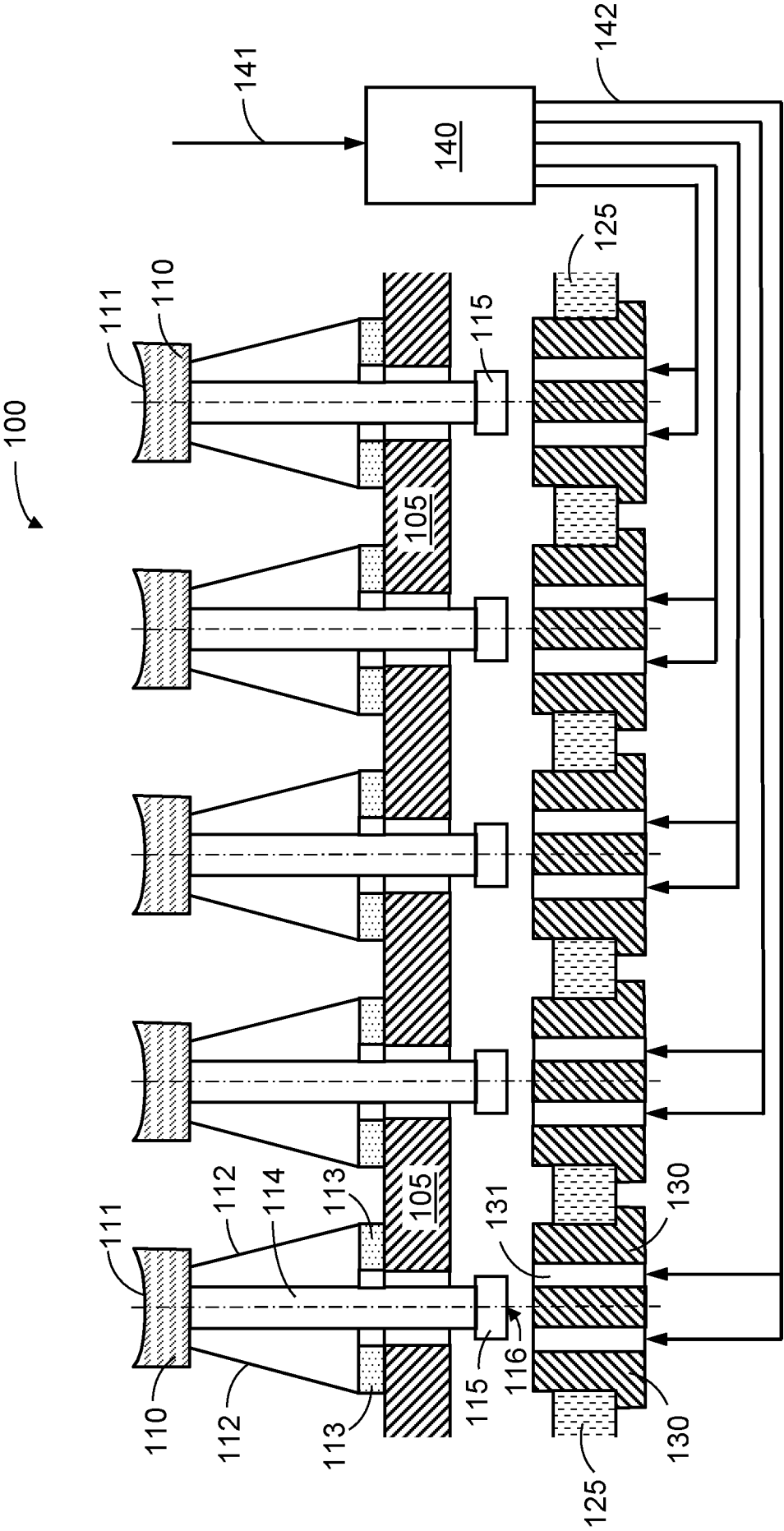


Fig. 1b

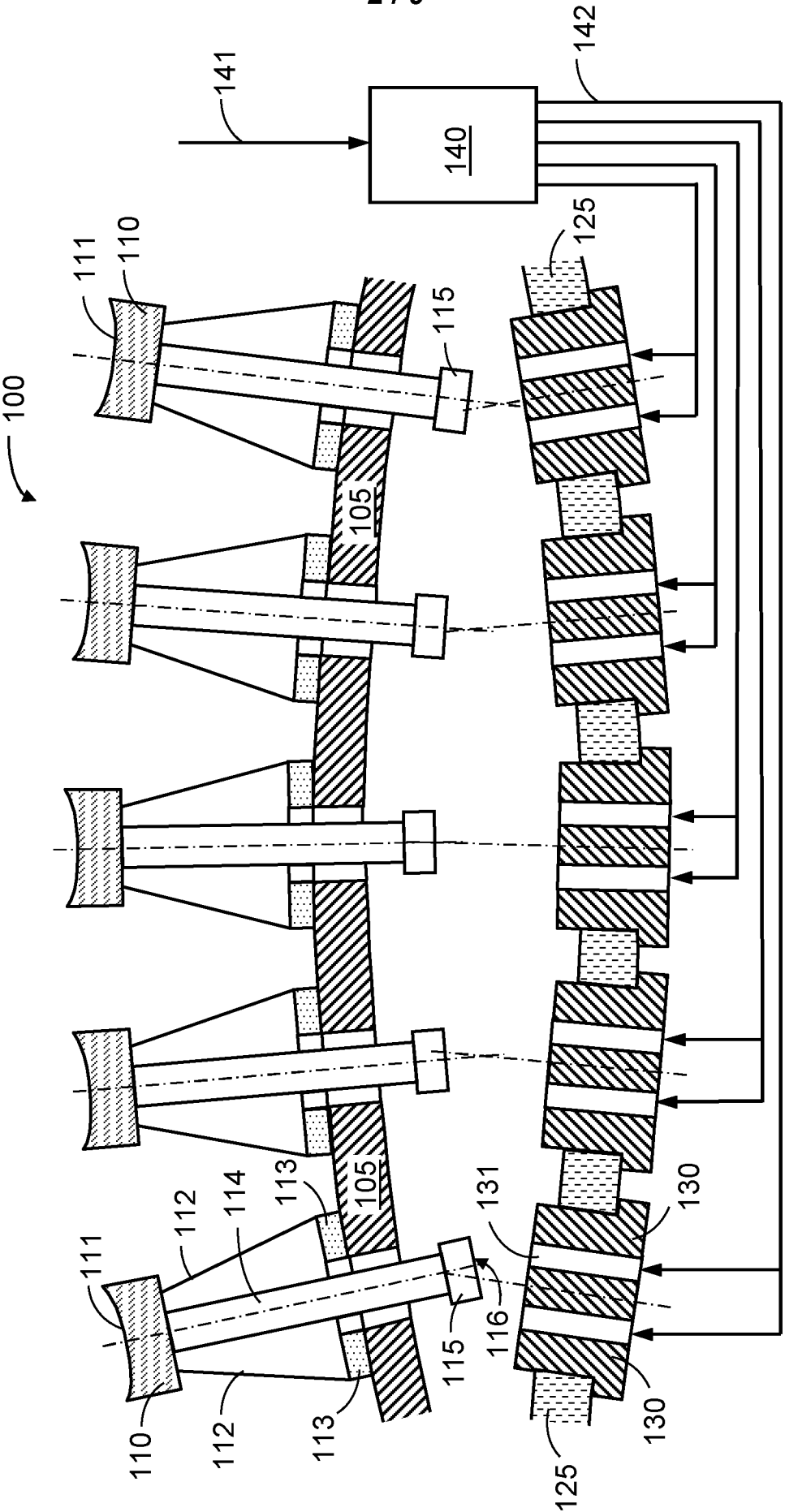


Fig. 1c

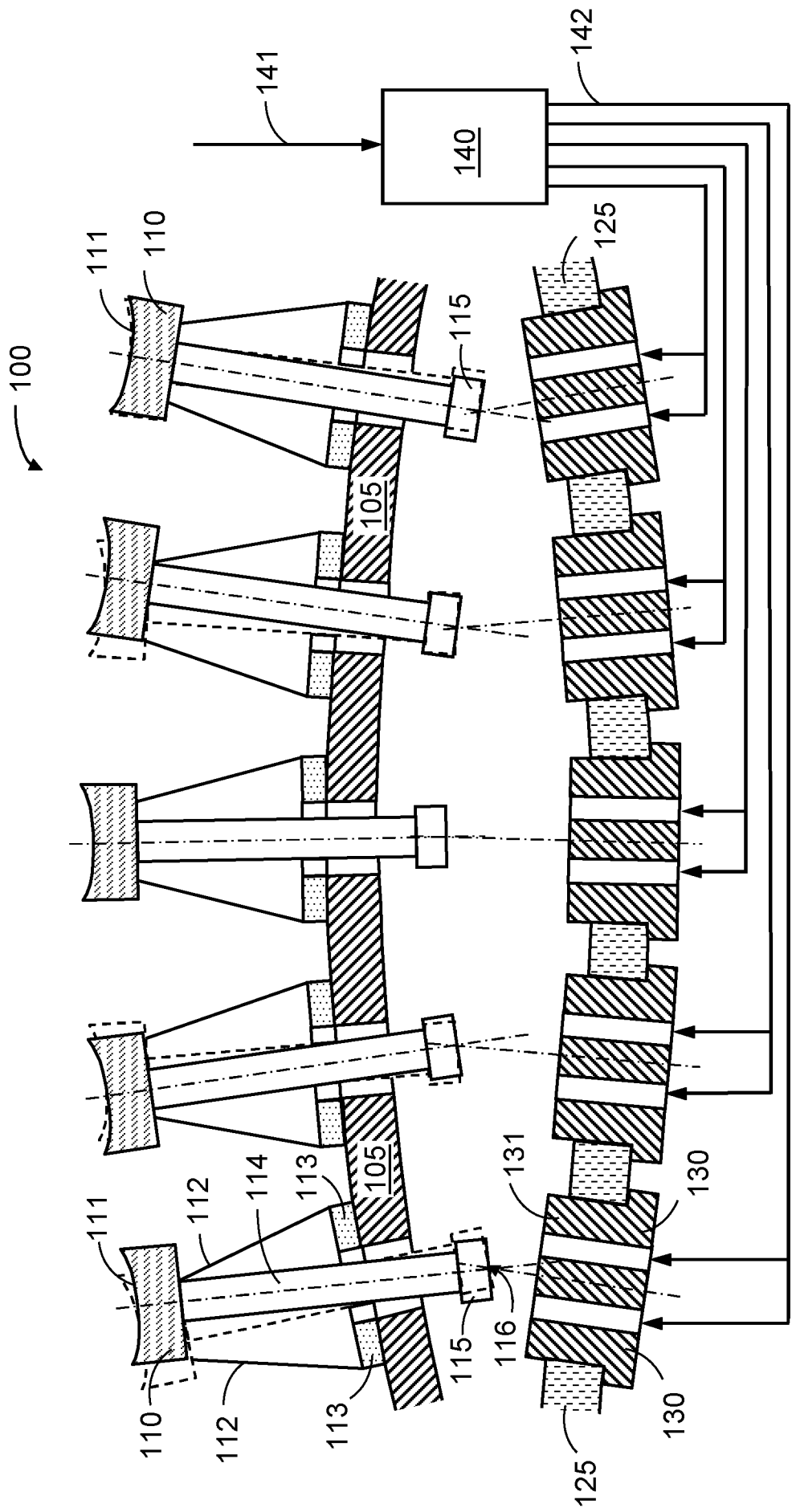


Fig. 1d

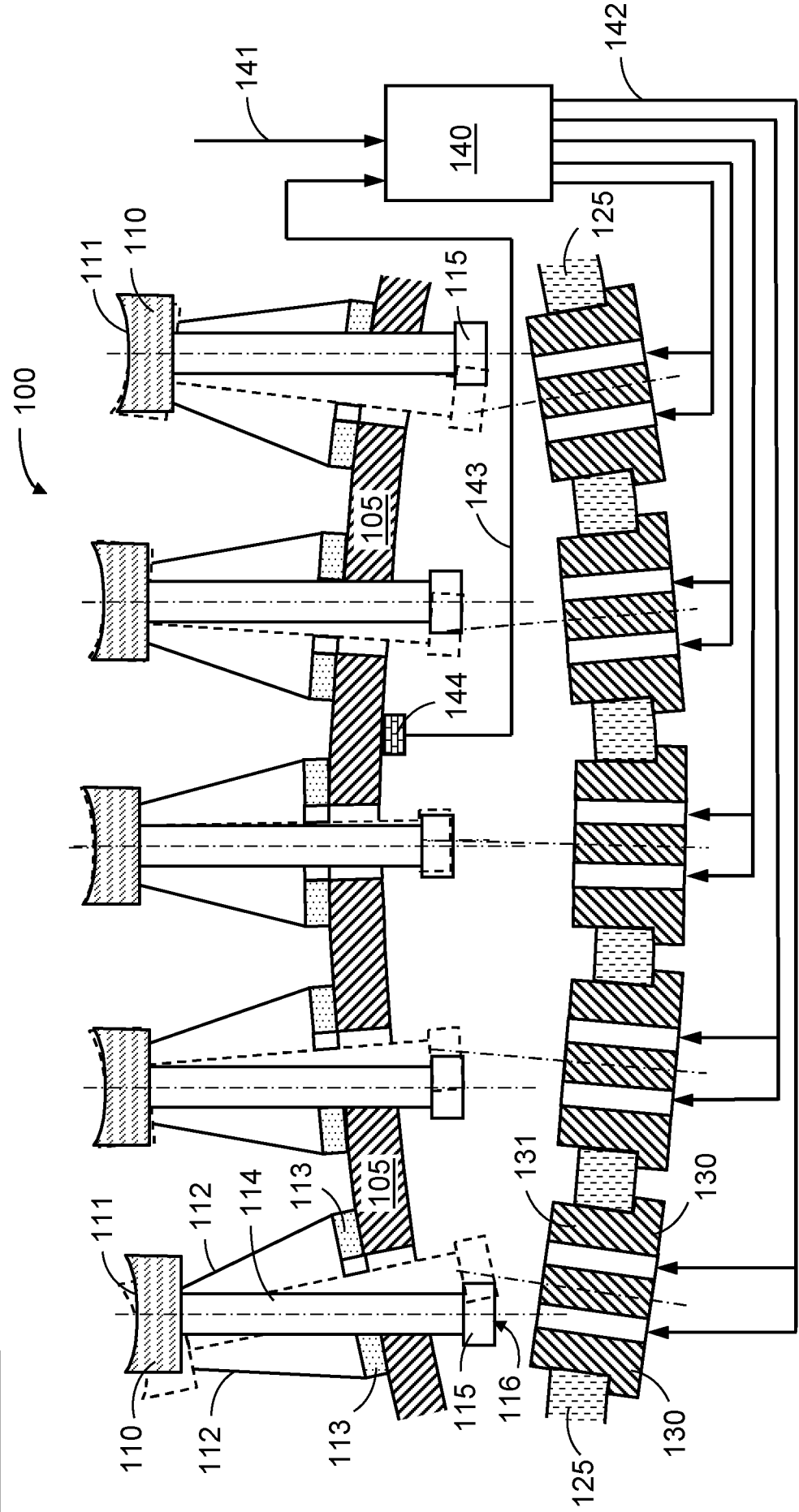


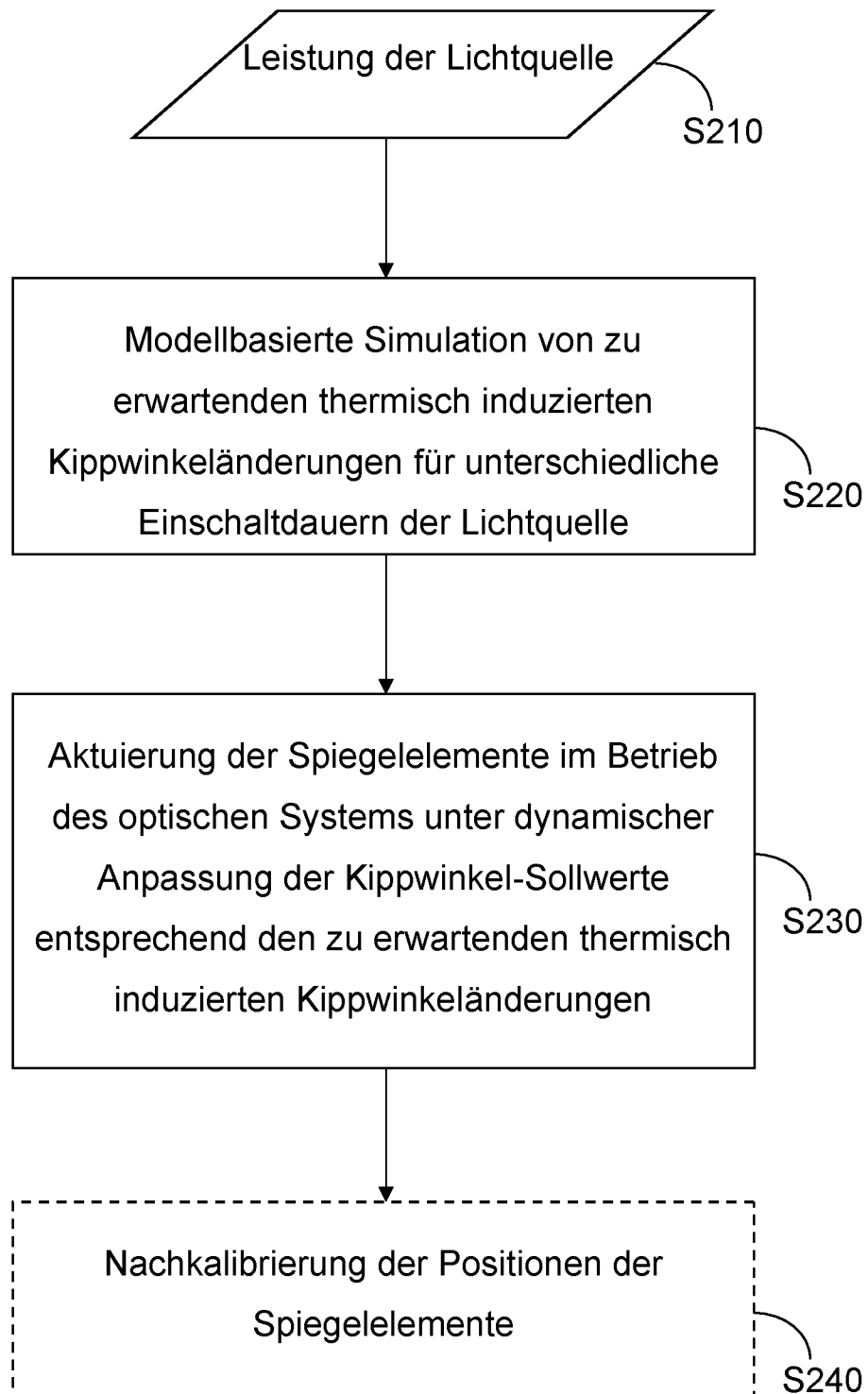
Fig. 2

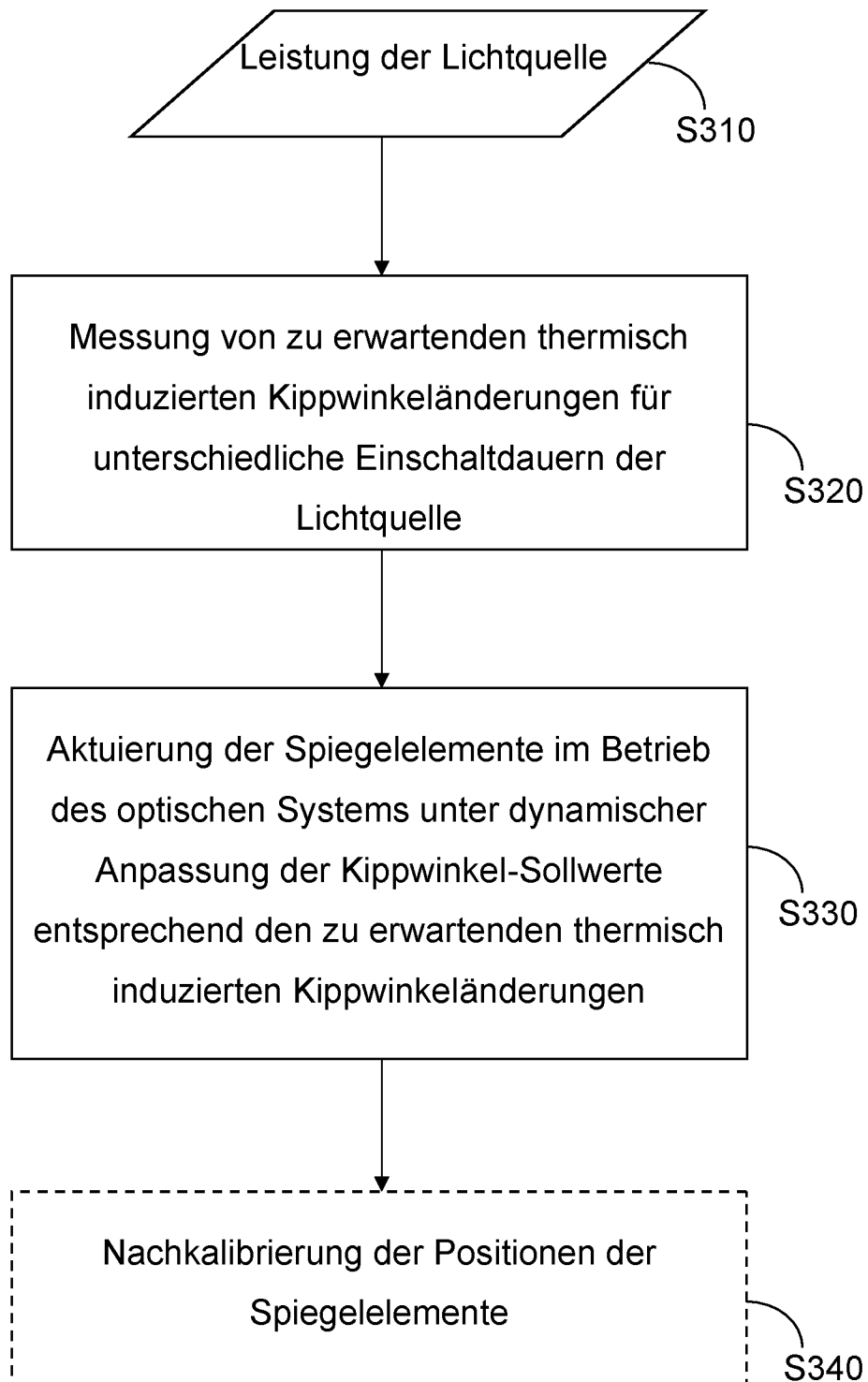
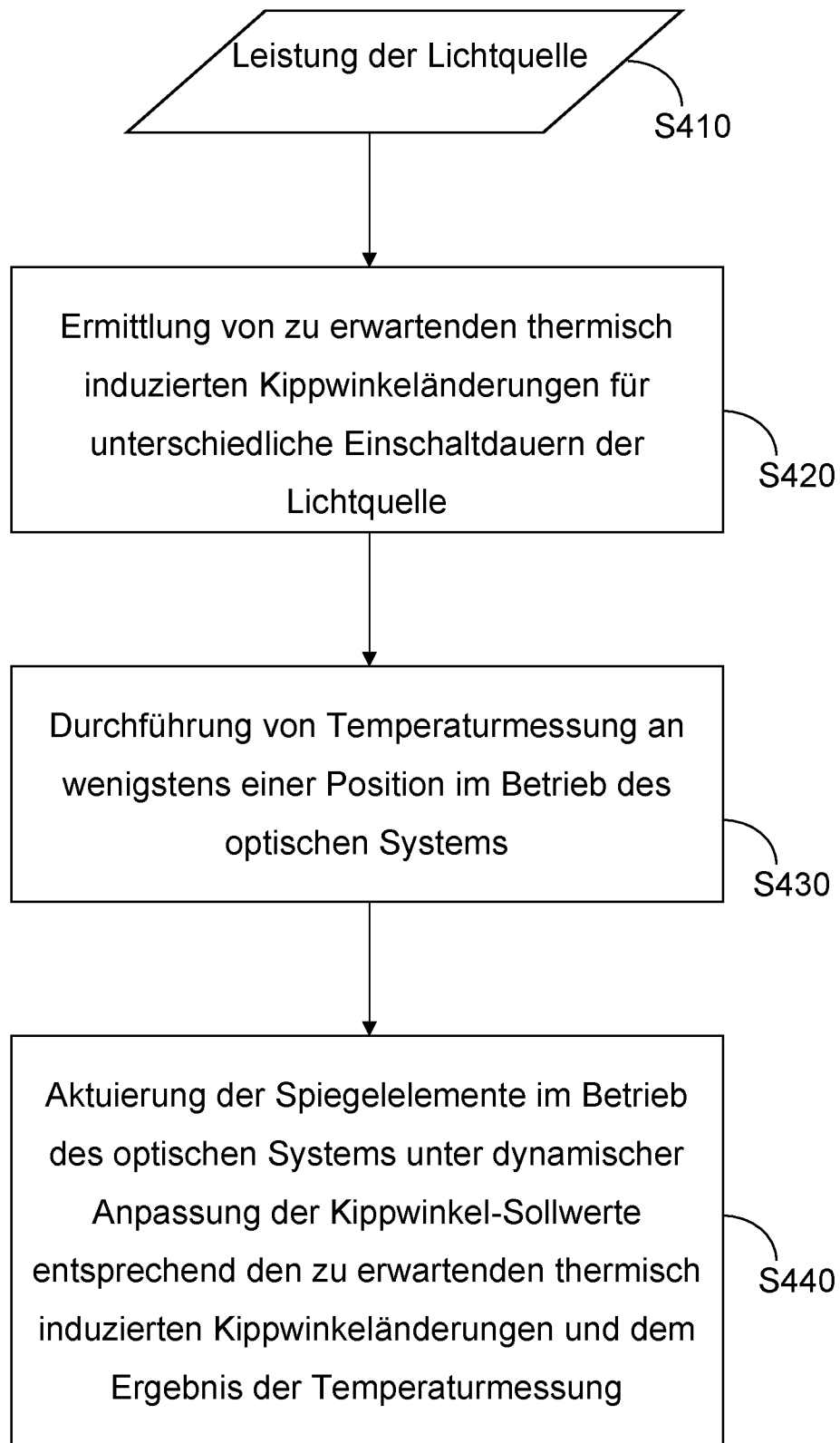
Fig. 3

Fig. 4

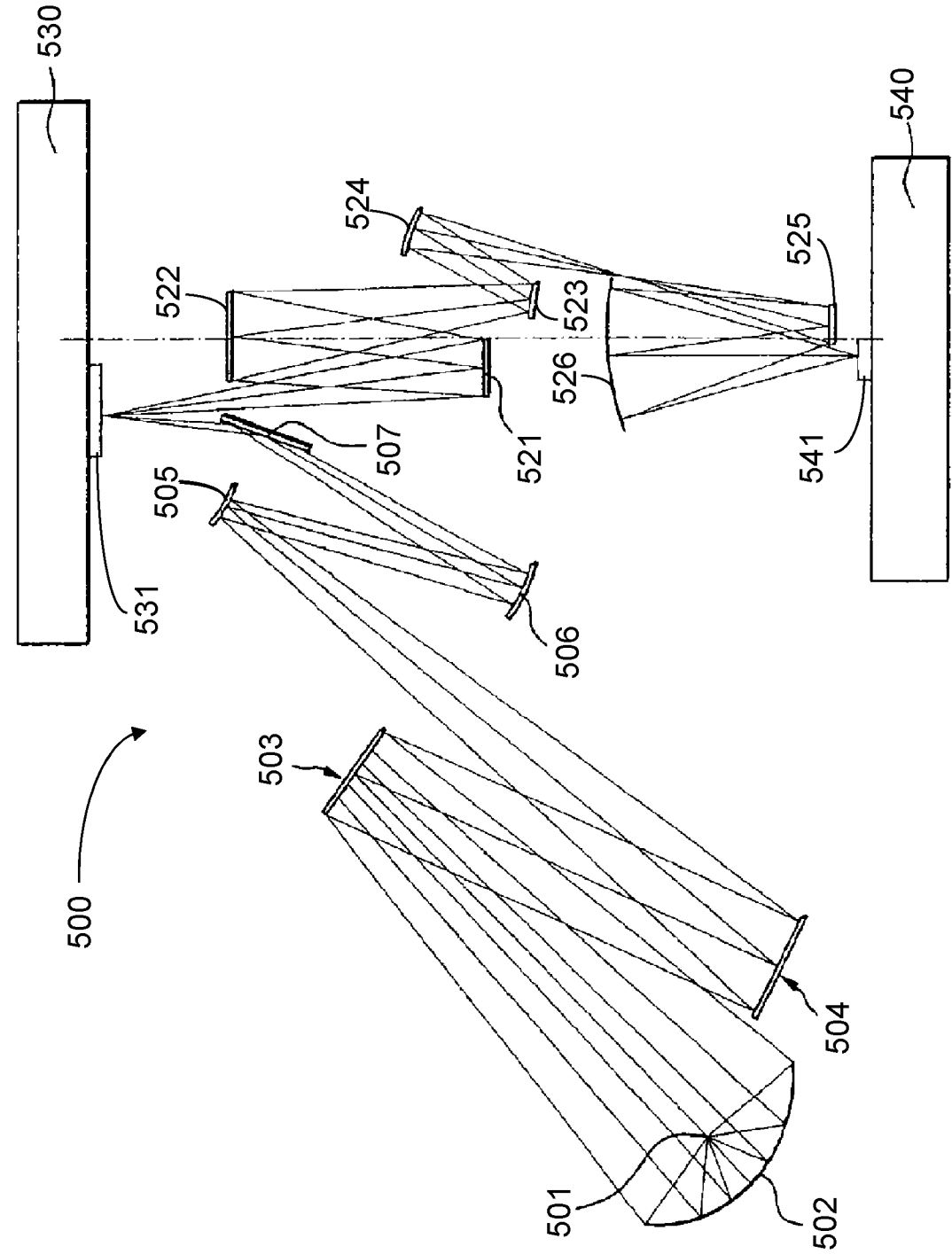
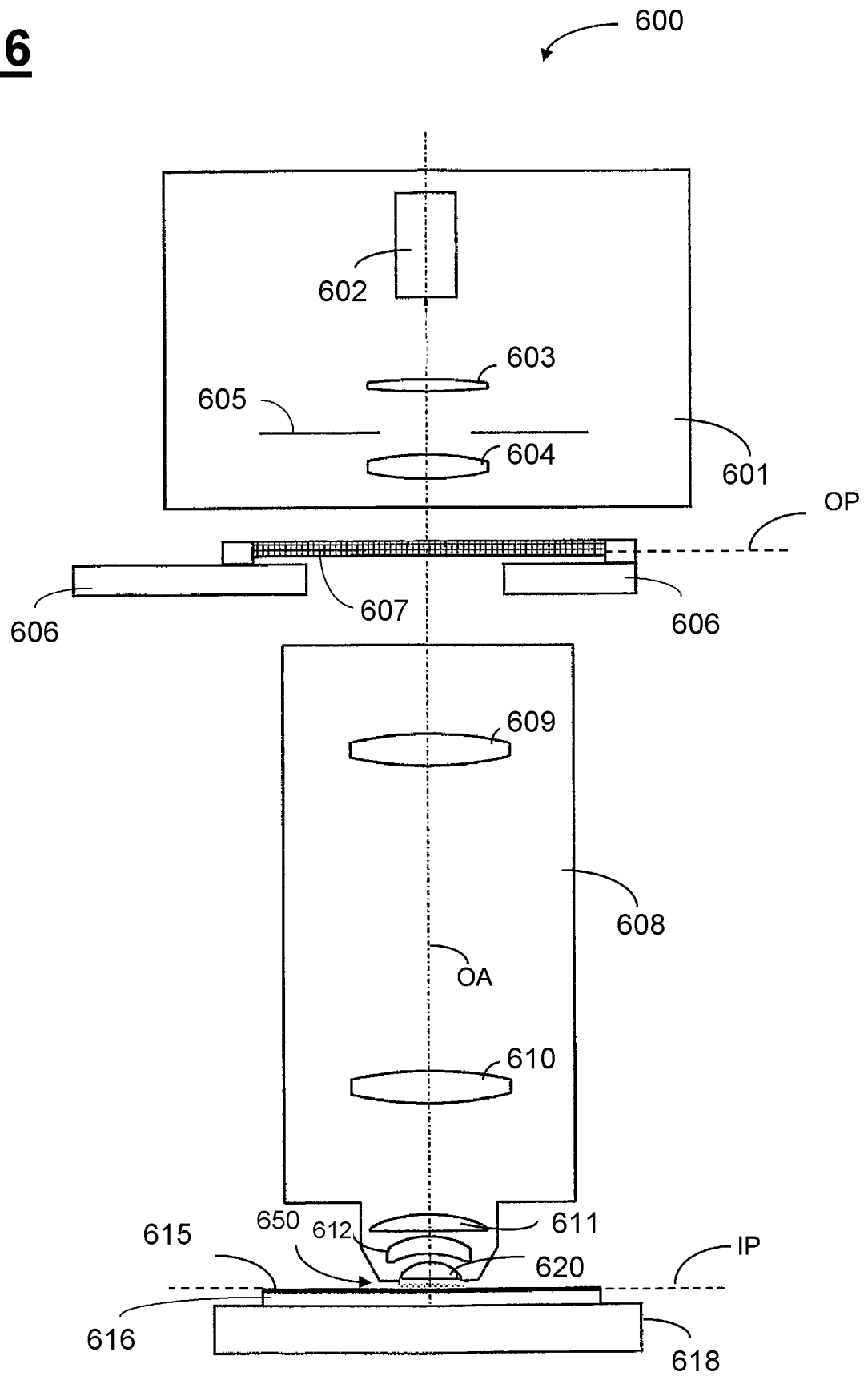


Fig. 5

Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/065590**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G03F 7/20**(2006.01)i; **G02B 26/08**(2006.01)i

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)

G03F; G02B

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, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102018219782 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 10 January 2019 (2019-01-10) paragraphs [0007], [0011], [0023] - [0026]; figures 1,2	1-4,6-15
X	WO 2012160728 A1 (NIKON CORP [JP]; FURUYA SHUNSUKE [JP]) 29 November 2012 (2012-11-29) figures 1, 2, 4, 5, 6 with description	1,5,15



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

05 October 2021

Date of mailing of the international search report

14 October 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Eisner, Klaus

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/065590

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102018219782	A1	10 January 2019	DE	102018219782	A1	10 January 2019
				DE	102019214582	A1	20 May 2020
WO	2012160728	A1	29 November 2012	JP	WO2012160728	A1	31 July 2014
				WO	2012160728	A1	29 November 2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G03F7/20 G02B26/08
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G03F G02B

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, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2018 219782 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 10. Januar 2019 (2019-01-10) Absätze [0007], [0011], [0023] - [0026]; Abbildungen 1,2	1-4,6-15
X	WO 2012/160728 A1 (NIKON CORP [JP]; FURUYA SHUNSUKE [JP]) 29. November 2012 (2012-11-29) Abbildungen 1, 2, 4, 5, 6 mit Beschreibung	1,5,15



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

5. Oktober 2021

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/10/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eisner, Klaus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/065590

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102018219782 A1	10-01-2019	DE 102018219782 A1	10-01-2019
		DE 102019214582 A1	20-05-2020

WO 2012160728 A1	29-11-2012	JP WO2012160728 A1	31-07-2014
		WO 2012160728 A1	29-11-2012
