

(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
8. Juni 2017 (08.06.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/092995 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G03F 7/20 (2006.01) **G02B 5/30** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/077210

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. November 2016 (10.11.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 223 982.9
2. Dezember 2015 (02.12.2015) DE

(72) Erfinder; und

(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): **CARL, Michael** [DE/DE]; Leibnizstrasse 16, 73431 Aalen (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, 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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

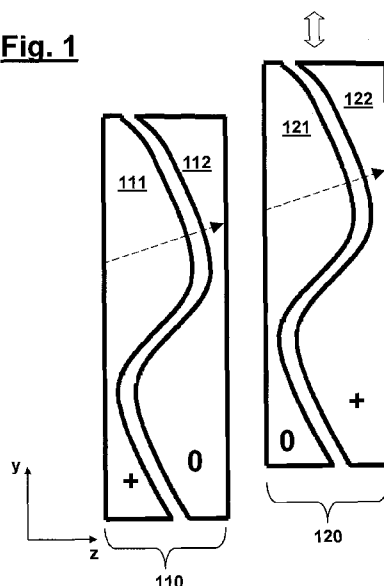
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTICAL SYSTEM OF A MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION EXPOSURE SYSTEM OR OF A WAFER INSPECTION SYSTEM

(54) Bezeichnung : OPTISCHES SYSTEM EINER MIKROLITHOGRAPHISCHEN PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGE ODER EINER WAFERINSPEKTIONSANLAGE

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to an optical system of a microlithographic projection exposure system or of a wafer inspection system. The optical system has an optical system axis (OA) and comprises a first retardation manipulator (1 10, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810), a second retardation manipulator (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820), and a manipulator for displacing the second retardation manipulator (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820) independently of the first retardation manipulator (1 10, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810) in at least one direction which is transversal to the optical system axis (OA). The second retardation manipulator (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820) leaves the wave front of the light passing through during the operation of the optical system unchanged, and in a specified starting position of the first retardation manipulator and the second retardation manipulator, the sum of the retardation produced by the first retardation manipulator and by the second retardation manipulator is the same for all of the beams running parallel to the optical system axis (OA) during the operation of the optical system.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/092995 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

oder einer Waferinspektionsanlage, wobei das optische System eine optische Systemachse (OA) aufweist, mit einem ersten Retardierungsmanipulator (1 10, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810), einem zweiten Retardierungsmanipulator (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820), und einem Manipulator zur Verschiebung des zweiten Retardierungsmanipulators (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820) unabhängig von dem ersten Retardierungsmanipulator (1 10, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810) in wenigstens einer zur optischen Systemachse (OA) transversalen Richtung, wobei der zweite Retardierungsmanipulator (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820) die Wellenfront von im Betrieb des optischen Systems hindurchtretendem Licht unverändert lässt, und wobei in einer vorgegebenen Ausgangsposition des ersten Retardierungsmanipulators und des zweiten Retardierungsmanipulators die Summe der von dem ersten Retardierungsmanipulator und dem zweiten Retardierungsmanipulator bewirkten Retardierungen für sämtliche im Betrieb des optischen Systems parallel zur optischen Systemachse (OA) verlaufenden Strahlen übereinstimmt.

Optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage
oder einer Waferinspektionsanlage

Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der Deutschen Patentanmeldung DE 10 2015 223 982.9, angemeldet am 2. Dezember 2015. Der Inhalt 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 optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage oder einer Waferinspektionsanlage.

Stand der Technik

Mikrolithographie wird zur Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente, wie beispielsweise integrierter Schaltkreise oder LCD's, angewendet. Der Mikrolithographieprozess wird in einer sogenannten Projektionsbelichtungsanlage durchgeführt, welche eine Beleuchtungseinrichtung und ein Projektionsobjektiv aufweist. Das Bild einer mittels der Beleuchtungseinrichtung beleuchteten Maske (= Retikel) wird mittels des Projektionsobjektivs auf ein mit einer lichtempfindlichen Schicht (z.B. Photoresist) beschichtetes und in der Bildebene des Projektionsobjektivs angeordnetes Substrat (z.B. einen Siliziumwafer) projiziert, um die Maskenstruktur auf die lichtempfindliche Beschichtung des Substrats zu übertragen.

Weitere, in der Mikrolithographie eingesetzte optische Systeme umfassen auch Inspektionssysteme z.B. in Form eines Maskeninspektionssystems (zur Inspektion von Retikeln bzw. Masken zur Verwendung in einer Projektionsbelichtungsanlage) oder einer Waferinspektionsanlage (zur Beobachtung und Prüfung von Waferober-
5 flächen). Eine Waferinspektionsanlage weist ein Auflichtmikroskop auf, dessen Objektiv die Waferebene auf einen TDI-Sensor oder eine Kamera abbildet, wobei die Bilddaten zur Überprüfung des mikrolithographischen Abbildungsergebnisses numerisch auf Abweichungen von einem Sollbild untersucht werden.

10 Sowohl für die Beleuchtungseinrichtung als auch für das Objektiv einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage oder eines Inspektions-Mikroskops sind diverse Ansätze entwickelt worden, um den Polarisationszustand sowie die Wellenfronten der Eigenpolarisationen und deren Differenz, die sogenannte Retardierung, gezielt zu beeinflussen bzw. vorhandene Störungen zu kompensieren.

15 Dabei tritt jedoch in der Praxis das Problem auf, dass ein zunächst eingestellter Polarisationszustand bzw. eine Retardierung in unerwünschter Weise verändert werden können. Zu den verantwortlichen Einflüssen gehören insbesondere zeitlich veränderliche Doppelbrechungseffekte wie die sogenannte polarisationsinduzierte
20 Doppelbrechung (PDB), Doppelbrechung infolge zeitlich variierender Verspannungen, eine Kompaktierung in nichtkristallinem Material (z.B. Quarzglas) optischer Komponenten, Degradationen und thermische Effekte sowie eine in antireflektierenden oder hochreflektierenden Schichten auf den optischen Komponenten vorhandene Doppelbrechung infolge Formdoppelbrechung oder aufgrund unter-
25 schiedlicher Fresnel-Reflexion und –Transmission für orthogonale Polarisationszustände.

Zum Stand der Technik wird lediglich beispielhaft auf DE 10 2007 055 567 A1 und DE 10 2008 040 613 A1 verwiesen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage oder einer Waferinspektionsanlage bereitzustellen, welches auch die Kompensation zeitabhängiger Doppelbrechungseffekte bzw. Retardierungen unter Vermeidung von mit dieser Kompensation einhergehenden parasitären Wellenfronteffekten ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst.

Ein optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage oder einer Waferinspektionsanlage, wobei das optische System eine optische Systemachse aufweist, weist auf:

- einen ersten Retardierungsmanipulator;
- einen zweiten Retardierungsmanipulator; und
- einen Manipulator zur Verschiebung des zweiten Retardierungsmanipulators unabhängig von dem ersten Retardierungsmanipulator in wenigstens einer zur optischen Systemachse transversalen Richtung;
- wobei der zweite Retardierungsmanipulator die Wellenfront von im Betrieb des optischen Systems hindurchtretendem Licht unverändert lässt; und
- wobei in einer vorgegebenen Ausgangsposition des ersten Retardierungsmanipulators und des zweiten Retardierungsmanipulators die Summe der von dem ersten Retardierungsmanipulator und dem zweiten Retardierungsmanipulator bewirkten Retardierungen für sämtliche im Betrieb des optischen Systems parallel zur optischen Systemachse verlaufenden Strahlen übereinstimmt.

Der Erfindung liegt insbesondere das Konzept zugrunde, zur Kompensation einer unerwünschten Systemretardierung eine Anordnung aus zwei Retardierungsmanipulatoren bereitzustellen, welche zwar in ihrer Relativposition zueinander verstellbar sind, jedoch in einer vorgegebenen Ausgangsstellung zueinander die Retar-

dierung von durch beide Retardierungsmanipulatoren hindurchtretendem Licht entweder nicht oder nur um einen über den Lichtbündelquerschnitt konstanten Wert verändern (so dass diese Ausgangsposition gewissermaßen eine „Null-Position“ bildet). Zugleich kann durch Änderung der Relativposition der beiden Retardierungsmanipulatoren zueinander im Wege einer Verschiebung des zweiten Retardierungsmanipulators in einer zur optischen Systemachse transversalen Richtung eine unerwünschte, gegebenenfalls zeitlich veränderliche Systemretardierung kompensiert werden. Hierzu können die Retardierungsmanipulatoren wie im Weiteren noch näher erläutert jeweils asphärische Oberflächen derart aufweisen, dass die Retardierungswirkung auf durch den jeweiligen Retardierungsmanipulator hindurchtretendes Licht als Ableitung einer die betreffende asphärische Oberfläche beschreibenden Funktion nach dieser Relativbewegung beschrieben werden kann. Aufgrund der Relativbewegung der Retardierungsmanipulatoren kann so im Ergebnis eine Linearkombination zweier fester Retardierungsprofile eingestellt - und damit ein mit der Zeit in seiner Amplitude gegebenenfalls skalierendes Profil einer unerwünschten Systemretardierung kompensiert - werden.

Dadurch, dass der zweite, in einer zur optischen Systemachse transversalen Richtung verschiebbare Retardierungsmanipulator derart ausgestaltet ist, dass er die Wellenfront von im Betrieb des optischen Systems hindurchtretendem Licht unverändert lässt, wird zugleich sichergestellt, dass die vorstehend beschriebene Einstellung unterschiedlicher Retardierungen im Wege der Verschiebung des zweiten Retardierungsmanipulators nicht mit einer unerwünschten, parasitären Wellenfrontänderung einhergeht.

Der hier als „zweiter Retardierungsmanipulator“ bezeichnete Retardierungsmanipulator kann bezogen auf die Lichtausbreitungsrichtung auch vor dem ersten Retardierungsmanipulator angeordnet sein.

Die Erfindung ist somit dazu geeignet, ein im optischen System zu korrigierendes Profil einer unerwünschten Systemretardierung, welches in seiner Amplitude zeitlich schwankt (z.B. da die betreffende Systemretardierung strahlungsinduziert ist

oder durch gegebenenfalls zeitlich veränderliche mechanische Spannungen hervorgerufen wird) dadurch zu kompensieren, dass erfindungsgemäß eine beliebige Linearkombination zweier vorgegebener Retardierungsverteilungen einstellbar ist.

5 Gemäß einer Ausführungsform wird eine in dem optischen System anderenorts vorhandene Retardierung durch die Anordnung aus dem ersten Retardierungsmanipulator und dem zweiten Retardierungsmanipulator wenigstens teilweise kompensiert.

10 Gemäß einer Ausführungsform ist die Summe der von dem ersten Retardierungsmanipulator und dem zweiten Retardierungsmanipulator bewirkten Retardierungen Null oder beträgt ein ganzzahliges Vielfaches der Arbeitswellenlänge.

15 Gemäß einer Ausführungsform ist der Manipulator zur Verschiebung des zweiten Retardierungsmanipulators in zwei zueinander senkrechten, zur optischen Achse jeweils transversalen Richtungen ausgelegt.

20 Gemäß einer Ausführungsform weist der erste Retardierungsmanipulator ein erstes Teilelement und ein zweites Teilelement auf.

25 Gemäß einer Ausführungsform weist der zweite Retardierungsmanipulator ein drittes Teilelement und ein viertes Teilelement auf.

30 Gemäß einer Ausführungsform ist jeweils eines der Teilelemente des betreffenden Retardierungsmanipulators derart ausgebildet, dass es für hindurchtretendes Licht eine Retardierung bewirkt, und das jeweils andere Teilelement des betreffenden Retardierungsmanipulators ist derart ausgebildet, dass es für hindurchtretendes Licht keine oder nur eine vernachlässigbare Retardierung bewirkt.

35 Gemäß einer Ausführungsform kompensieren sich die Teilelemente des betreffenden Retardierungsmanipulators in ihrer Wellenfrontwirkung gegenseitig.

Gemäß einer Ausführungsform weisen die Teilelemente in dem betreffenden Retardierungsmanipulator jeweils einander zugewandte asphärische Oberflächen auf, welche entlang der optischen Systemachse einen konstanten Abstand voneinander aufweisen.

5

Gemäß einer Ausführungsform ist jeweils eines der Teilelemente in dem betreffenden Retardierungsmanipulator aus optisch einachsigem Kristallmaterial mit zur optischen Systemachse senkrechter Orientierung der optischen Kristallachse hergestellt.

10

Gemäß einer Ausführungsform weisen das betreffende Teilelement im ersten Retardierungsmanipulator und das betreffende Teilelement im zweiten Retardierungsmanipulator zueinander senkrechte Orientierungen der optischen Kristallachse auf.

15

Gemäß einer Ausführungsform ist jeweils eines der Teilelemente des ersten Retardierungsmanipulators und des zweiten Retardierungsmanipulators aus optisch einachsigem Kristallmaterial mit zur optischen Systemachse paralleler Orientierung der optischen Kristallachse hergestellt.

20

Gemäß einer Ausführungsform weist wenigstens einer der Retardierungsmanipulatoren eine nicht-plane Lichteintrittsfläche auf.

Gemäß einer Ausführungsform weist wenigstens einer der Retardierungsmanipulatoren zur Erzeugung der Retardierung eine Beschichtung auf.

25

Die Erfindung betrifft ferner eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, eine Waferinspektionsanlage sowie ein Verfahren zur mikrolithographischen Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente.

30

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.

5 KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es zeigen:

- 10 Figur 1 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Kompensation einer unerwünschten Systemretardierung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;
- 15 Figur 2-8 schematische Darstellungen zur Erläuterung weiterer Ausführungsformen der Erfindung; und
- Figur 9 eine schematische Darstellung des möglichen Aufbaus einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage.

20 DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Im Weiteren wird zunächst das erfindungsgemäße Konzept unter Bezug auf die in Fig. 1 schematisch dargestellte, erste Ausführungsform erläutert.

- 25 Gemäß Fig. 1 umfasst eine erfindungsgemäße Anordnung zur Kompensation einer unerwünschten Systemretardierung einen ersten Retardierungsmanipulator 110 und einen zweiten Retardierungsmanipulator 120, welche in ihrer Relativposition zueinander dadurch verstellbar sind, dass der zweite Retardierungsmanipulator 120 in zur optischen Systemachse bzw. Lichtausbreitungsrichtung (= z-
- 30 Richtung im eingezeichneten Koordinatensystem) senkrechter Richtung verschiebbar ist. Vorzugsweise ist der zweite Retardierungsmanipulator 120 gemäß Fig. 1 sowohl in x- als auch in y-Richtung verschiebbar.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 weist der erste Retardierungsmanipulator 110 ein erstes Teilelement 111 und ein zweites Teilelement 112 auf, und der zweite Retardierungsmanipulator 120 weist ein drittes Teilelement 121 und ein viertes Teilelement 122 auf. Wie ebenfalls in Fig. 1 angedeutet weisen die Teilelemente 111, 112 des ersten Retardierungsmanipulators 110 und die Teilelemente 121, 122 des zweiten Retardierungsmanipulators 120 jeweils einander zugewandte asphärische Oberflächen auf, welche entlang der optischen Systemachse (d.h. in z-Richtung) einen konstanten Abstand voneinander besitzen. Im Bereich des betreffenden Spalts kann sich Luft, ein beliebiges geeignetes Gas oder ein Kleber befinden. Des Weiteren kann dieser Spalt auch eine verschwindende Dicke besitzen, so dass die jeweiligen Teilelemente auch in direktem Kontakt zueinander angeordnet sein können. Die ein- und demselben Retardierungsmanipulator zugehörigen Teilelemente verbleiben jeweils in fester Position zueinander und hierzu in beliebiger geeigneter Weise aneinander fixiert.

Des Weiteren sind bei dem zweiten Retardierungsmanipulator 120 sowohl die Lichteintrittsfläche des dritten Teilelements 121 als auch die Lichtaustrittsfläche des vierten Teilelements 122 jeweils plan ausgebildet mit der Folge, dass der zweite Retardierungsmanipulator 120 die Wellenfront von im Betrieb des die Anordnung aufweisenden optischen Systems (z.B. einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage) hindurchtretendem Licht unverändert lässt. Diese Eigenschaft ist im Beispiel von Fig. 1 (jedoch ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt wäre) auch für die Lichteintrittsfläche des ersten Teilelements 111 und die Lichtaustrittsfläche des zweiten Teilelements 112 des ersten Retardierungsmanipulators 110 erfüllt. In weiteren Ausführungsbeispielen kann - wie im Weiteren unter Bezugnahme auf Fig. 5ff noch näher erläutert - der gegenüber der optischen Systemachse feststehende Retardierungsmanipulator (d.h. in Fig. 1 der erste Retardierungsmanipulator 110) auch wenigstens eine optisch wirksame Fläche (Lichteintritts- oder Lichtaustrittsfläche) mit Brechkraft (d.h. wenigstens eine nicht-plane Fläche) aufweisen.

Des Weiteren sind im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 die Teilelemente 111 und 122 des ersten bzw. zweiten Retardierungsmanipulators 110, 120 aus optisch ein-

achsigem Kristallmaterial mit zur optischen Systemachse (z-Richtung) senkrechter Orientierung der optischen Kristallachse hergestellt. Beispielhafte geeignete Materialien sind z.B. Magnesiumfluorid (MgF_2) oder Saphir (Al_2O_3). Durch das „+“-Symbol bei jedem dieser Teilelemente in Fig. 1 soll angedeutet werden, dass beide Teilelemente 111, 122 mit einer Retardierungswirkung gleichen Vorzeichens, im Beispiel aus dem gleichen Material (z.B. jeweils aus Magnesiumfluorid) und mit der gleichen Orientierung der optischen Kristallachse, ausgestaltet sind. Dieser Umstand hat zusammen mit der Tatsache, dass die Dickenprofile der Teilelemente 111 und 122 in einer nicht verschobenen Position (d.h. „Null-Stellung“) der Retardierungsmanipulatoren 110, 120 zueinander komplementär bzw. invers sind, zur Folge, dass die Summe der von dem ersten Retardierungsmanipulator 110 bewirkten Retardierung und der von dem zweiten Retardierungsmanipulator 120 bewirkten Retardierung in zur optischen Systemachse bzw. z-Richtung senkrechter Richtung (z.B. y-Richtung) konstant ist. Mit anderen Worten stimmt die Summe der von dem ersten Retardierungsmanipulator 110 und dem zweiten Retardierungsmanipulator 120 bewirkten Retardierungen für sämtliche im Betrieb des optischen Systems parallel zur optischen Systemachse verlaufenden Strahlen überein.

Des Weiteren sind in dem Ausführungsbeispiel von Fig. 1 das zweite Teilelement 112 des ersten Retardierungsmanipulators 110 und das dritte Teilelement 121 des zweiten Retardierungsmanipulators 120 jeweils so ausgestaltet, dass sie für hindurchtretendes Licht keine Retardierung bewirken (was in Fig. 1 durch ein „0“-Symbol angedeutet ist). Dies wird im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 dadurch erreicht, dass die betreffenden Teilelemente 112 und 121 zwar ebenfalls aus optisch einachsigem Kristallmaterial hergestellt sind, wobei jedoch die optische Kristallachse in den Teilelementen 112 und 121 parallel zur optischen Systemachse bzw. z-Richtung verläuft. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass die Teilelemente in jedem der Retardierungsmanipulatoren 110, 120 jeweils aus dem gleichen Kristallmaterial hergestellt sein (d.h. den gleichen Brechungsindex aufweisen) können, so dass jeweils eine Wellenfrontwirkung aufgrund unterschiedlicher Brechungsindizes vermieden wird. Die Erfindung ist jedoch hierauf nicht beschränkt, so dass in weiteren Ausführungsformen die betreffenden, jeweils

keine Retardierungswirkung aufweisenden Teilelemente (d.h. die Teilelemente 112 und 121 gemäß Fig. 1) auch aus einem optisch isotropen Material (z.B. Quarzglas, SiO₂) hergestellt sein können.

- 5 Im Ergebnis kann mit der Ausführungsform von Fig. 1 durch Verschieben des zweiten Retardierungsmanipulators 120 in zwei zur optischen Systemachse bzw. z-Richtung transversalen Richtungen (x- und y-Richtung) ausgehend von der „Null-Stellung“ (d.h. der Stellung mit gegenüber dem ersten Retardierungsmanipulator 110 nicht verschobenem zweiten Retardierungsmanipulator 120 zur Erzie-
 10 lung einer konstanten Retardierung) gezielt ein gewünschtes Retardierungsprofil eingestellt werden, welches sich als Linearkombination von zwei jeweils festen Retardierungsprofilen ergibt.

Diese zwei vorgegebenen, im Folgenden als b_x und b_y bezeichneten Retardie-
 15 rungs-Basisprofile sind für Licht in Richtung der optischen Systemachse „z“ näherungsweise proportional zu den partiellen Ableitungen $\frac{\partial}{\partial x}$, $\frac{\partial}{\partial y}$ des Dickenprofils h des jeweiligen retardierenden Teilelements im zweiten Retardierungsmanipulator (entsprechend dem Teilelement 122, 221, 321, 422, 522 bzw. 622 in Fig. 1 bis 6):

$$20 \quad b_x \propto (n_e - n_o) \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \quad (1)$$

$$b_y \propto (n_e - n_o) \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \quad (2)$$

- 25 wobei n_e bzw. n_o die beiden Brechzahlen des doppelbrechenden Kristalls (außerordentlicher Brechungsindex bzw. ordentlicher Brechungsindex) bezeichnen. Die Basisprofile b_x und b_y müssen daher der (notwendigen und hinreichenden) Bedingung der „Wirbelfreiheit“

$$\frac{\partial}{\partial x} b_y - \frac{\partial}{\partial y} b_x = 0 \quad (3)$$

genügen. Die Richtung der Retardierungsachse ist dabei konstant und durch die optische Achse (zu Brechungsindex n_e bzw n_o) vorgegeben. Die Amplitude der Retardierung ist einstellbar als $x \cdot b_x + y \cdot b_y + b_0$, wobei (x, y, c) den Verschiebungsvektor transversal zur optischen Systemachse OA (= z-Richtung im kartesischen Koordinatensystem) und b_0 die Gesamt-Retardierung beider Manipulatoren für die Nullposition $(x, y, c)=0$ bezeichnet. Vorzugsweise ist $c=0$ und $b_0=0$, letzteres gelingt in alternativen Ausgestaltungen Fig. 3-6, die im Weiteren noch näher spezifiziert werden.

Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform, wobei die Retardierungsmanipulatoren bzw. deren Teilelemente im Vergleich zu Fig. 1 mit um „100“ erhöhten Bezugsziffern bezeichnet sind. Dabei sind im Vergleich zu Fig. 1 lediglich die Teilelemente 221 und 222 in ihrer Ausgestaltung mit bzw. ohne Retardierungswirkung vertauscht. Entsprechend ist die Geometrie des dritten Teilelements 221 komplementär zu derjenigen des ersten Teilelements 211 ausgebildet, so dass die Gesamtdicke beider Teilelemente 211, 221 bezogen auf die z-Richtung in dem (in Fig. 2 gezeigten) nicht verschobenen Zustand des zweiten Retardierungsmanipulators 220 konstant ist. Auch gemäß Fig. 2 stimmen somit in der Ausgangsposition („Null-Position“ ohne Verschiebung des zweiten Retardierungsmanipulators 220) die Summe der von beiden Retardierungsmanipulatoren 210, 220 bewirkten Retardierungen für sämtliche im Betrieb des die Anordnung aufweisenden optischen Systems parallel zur optischen Systemachse bzw. z-Achse verlaufenden Strahlen überein.

Fig. 3 zeigt eine weitere mögliche Ausführungsform, wobei die betreffenden Retardierungsmanipulatoren bzw. Teilelemente mit im Vergleich zu Fig. 1 um „200“ erhöhten Bezugsziffern bezeichnet sind. Im Unterschied zu Fig. 1 ist hier das dritte Teilelement 321 nicht ohne Retardierungswirkung, sondern mit zum ersten Teilelement 311 inverser Retardierungswirkung ausgestaltet, so dass aufgrund der übereinstimmenden Geometrie die Summe der Retardierungen des ersten

Teilelements 311 und des dritten Teilelements 321 für die Ausgangsstellung bzw. Null-Position (d.h. bei gegenüber der optischen Systemachse nicht verschobenem zweiten Retardierungsmanipulator 320) hier Null ergibt.

- 5 Dies wird im Ausführungsbeispiel von Fig. 3 dadurch erreicht, dass das Teilelement 321 aus dem gleichen optisch einachsigen Kristallmaterial wie das Teilelement 311 hergestellt ist, wobei jedoch die optische Kristallachse im Teilelement 321 senkrecht zur optischen Kristallachse im ersten Teilelement 311 verläuft. Beispielsweise kann die optische Kristallachse im dritten Teilelement 321 in x-
10 Richtung und die optische Kristallachse im ersten Teilelement 311 in y-Richtung orientiert sein. In weiteren Ausführungsformen können die betreffenden Teilelemente zur Erzielung der gewünschten Verzögerungswirkung auch aus optisch einachsigem Material mit entgegengesetztem Charakter hergestellt sein (wobei z.B. das dritte Teilelement 321 aus optisch negativ einachsigem Material und das
15 erste Teilelement 311 aus optisch positiv einachsigem Material hergestellt sein kann).

- Des Weiteren sind gemäß Fig. 3 die jeweils anderen Teilelemente des ersten bzw. zweiten Retardierungsmanipulators 310, 320 (d.h. das zweite Teilelement 312 und
20 das vierte Teilelement 322) jeweils wiederum ohne Retardierungswirkung ausgestaltet. Dies kann analog zu den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen derart erfolgen, dass das zweite Teilelement 312 aus dem gleichen Kristallmaterial wie das erste Teilelement 311, jedoch mit zur optischen Systemachse bzw. z-Richtung paralleler Orientierung der optischen Kristallachse ausgestaltet ist, wo-
25 hingegen das vierte Teilelement 322 aus dem gleichen Kristallmaterial wie das dritte Teilelement 321, jedoch mit zur optischen Systemachse bzw. z-Richtung paralleler Orientierung der optischen Kristallachse ausgestaltet ist.

- Fig. 4 zeigt eine weitere Variante, in welcher die vorstehend unter Bezugnahme
30 auf Fig. 3 beschriebene Ausgestaltung des Retardierungswirkung aufweisenden Teilelements innerhalb des zweiten Retardierungsmanipulators 420 für das vierte Teilelement 422 realisiert ist, so dass hier die Gesamtsumme aus den von dem ersten Teilelement 411 und dem vierten Teilelement 422 bewirkten Retardierungswirkungen Null ergibt.

gen für die Ausgangsstellung bzw. Null-Position (d.h. bei gegenüber der optischen Systemachse nicht verschobenem zweiten Retardierungsmanipulator 420) hier Null ergibt.

- 5 Den Ausführungsformen von Fig. 3 und Fig. 4 ist somit gemeinsam, dass in der zuvor beschriebenen Ausgangsstellung (mit „nicht verschobenem“ zweiten Retardierungsmanipulator) die gesamte Retardierung beider Retardierungsmanipulatoren über den Lichtbündelquerschnitt nicht nur konstant ist (wie in Fig. 1 und Fig. 2), sondern ganz verschwindet. Diese Ausführungsformen eignen sich daher insbesondere zur polychromatischen Retardierungskorrektur.
- 10

In den vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1-4 beschriebenen Ausführungsformen kann zusätzlich oder alternativ zu dem jeweils zweiten Retardierungsmanipulator auch der erste Retardierungsmanipulator über einen (in den Abbildungen jeweils nicht gezeigten) Manipulator transversal zur optischen Systemachse bzw. z-Richtung verschiebbar ausgestaltet sein. Des Weiteren kann in den vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1-4 beschriebenen Ausführungsformen in den Retardierungsmanipulatoren jeweils beiderseits eine Vertauschung der „0“-Elemente gegen die „+“ bzw. „-“ Elemente vorgenommen werden.

15

20

Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform, wobei die jeweiligen Retardierungsmanipulatoren bzw. Teilelemente mit im Vergleich zu Fig. 1 um „400“ erhöhten Bezugsziffern bezeichnet sind. Die Ausführungsform gemäß Fig. 5 unterscheidet sich von derjenigen aus Fig. 4 insbesondere dadurch, dass der erste Retardierungsmanipulator 510 bzw. dessen erstes Teilelement 511 eine nicht-plane Lichteintrittsfläche (welche im Ausführungsbeispiel konvex ausgestaltet ist) aufweist. Infolgedessen ist der erste Retardierungsmanipulator 510 im Unterschied zu den zuvor anhand von Fig. 1-4 beschriebenen Ausführungsformen mit einer nicht verschwindenden, mittleren Brechkraft ausgestattet. Durch diese Brechkraft kann der betreffende Retardierungsmanipulator 510 bei geeigneter Platzierung im optischen System gegebenenfalls einen gewünschten Beitrag zum optischen Strahlengang leisten, also durch entsprechende Einbindung in das optische System eine Zusatzfunktion wahrnehmen. Des Weiteren handelt es sich gemäß Fig. 5 bei diesem ers-

25

30

ten Teilelement 511 um ein Teilelement ohne Retardierungswirkung (d.h. insbesondere analog zu den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen um ein aus optisch einachsigem Kristallmaterial mit zur optischen Systemachse bzw. z-Achse paralleler Ausrichtung der optischen Kristallachse). Im Übrigen handelt es sich in

5 Fig. 5 bei den Teilelementen 512 und 522 um die sich hinsichtlich ihrer Retardierungswirkung in der Ausgangsstellung bzw. Null-Stellung des zweiten Retardierungsmanipulators 520 gegenseitig kompensierenden Teilelemente (so dass diese insofern analog zu den Teilelementen 411, 422 aus Fig. 4 sind).

10 Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform, welche sich von derjenigen aus Fig. 5 dadurch unterscheidet, dass hier zusätzlich das zweite Teilelement 612 des ersten Retardierungsmanipulators 610 auch eine nicht-plane Lichtaustrittsfläche besitzt.

Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform, welche sich von derjenigen aus Fig. 6

15 dadurch unterscheidet, dass die durch den zweiten Retardierungsmanipulator 720 bereitgestellte Retardierung durch eine Beschichtung 721 hervorgerufen wird. Dabei wird die gewünschte Retardierungswirkung durch geeignete Auswahl von Schichtmaterial, Schichtdicke sowie Geometrie bzw. Einfallswinkelverlauf im jeweiligen Schichtsystem eingestellt. Hierzu ist die Beschichtung 721 auf einem die

20 entsprechende Geometrie bzw. asphärische Oberflächenform bereitstellenden Träger 722 angeordnet. Gemäß Fig. 8 können auch beide Retardierungsmanipulatoren 810, 820 in der vorstehend beschriebenen Weise ausgestaltet sein.

Die Beschichtungsmaterialien sind vorzugsweise selbst doppelbrechend (z.B.

25 durch Kolumnenbildung bei der Bedampfung), wobei im Unterschied zu den vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis Fig. 6 beschriebenen Ausführungsformen sogar Mehrfachsichten aus isotropen Materialien infolge verschiedener Reflektivitäten für s- und p-Polarisation Retardierung bei höheren Einfallswinkeln aufweisen. Für eine Schicht aus genau zwei isotropen Materialien ist die Retardierung

30 näherungsweise quadratisch im Sinus des Einfallswinkels, proportional zur Brechzahldifferenz der beiden Materialien und monoton steigend in der Anzahl von Beschichtungs-Bilagen.

Um ausreichende Retardierungen zu erreichen sind also obige Parameter möglichst hoch zu wählen, ohne dabei die Transmission zu stark zu beeinträchtigen. Im Gegensatz zu den vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis Fig. 6 beschriebenen Ausführungsformen bestimmt nun das Höhenprofil h bzw. $-h$ der Retardierungsmanipulatoren nicht nur die Amplitude des Retardierungsprofils, sondern auch die Orientierung der Retardierung, nämlich in Richtung des Gradienten von h . Kompatibilität mit x -Verschiebungen erfordert also ein Höhenprofil, welches längs der y -Richtung konstant ist, so dass man einen Freiheitsgrad zur Korrektur verliert. Die Retardierungswirkung ist dann für homogene Beschichtungen näherungsweise proportional zu

10 rungsweise proportional zu $\frac{\partial}{\partial x} \left(\left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 \right)$.

Für ultraviolettes Licht ab 190nm verwendbare Beschichtungsmaterialien mit hoher Brechzahldifferenz sind z.B. Magnesiumfluorid (MgF_2) und Lanthanfluorid (LaF_3). Eine mögliche Ausführungsform weist z.B. eine Schicht mit wenigstens vier
15 Teillagen einer alternierenden Schichtfolge aus Magnesiumfluorid (MgF_2) und Lanthanfluorid (LaF_3) auf, die ausgehend von den üblichen Viertel-Wellenlängenschichten je nach Substrat durch Variation der Dicken auf maximale Transmission und Retardierung optimiert wird.

20 Den Ausführungsformen von Fig. 7 und Fig. 8 ist mit den zuvor beschriebenen Ausführungsformen von Fig. 1 bis Fig. 6 gemeinsam, dass ebenfalls die Summe der von beiden Retardierungsmanipulatoren 710, 720 bzw. 810, 820 bewirkten Retardierung in der Ausgangsstellung bzw. „Nullposition“ (mit gegenüber der optischen Systemachse nicht verschobenem zweiten Retardierungsmanipulator 720
25 bzw. 820) für sämtliche parallel zur optischen Systemachse bzw. z -Richtung verlaufenden Strahlen übereinstimmt. Durch Verschiebung des jeweils zweiten Retardierungsmanipulators 720, 820 relativ zur optischen Systemachse kann somit wiederum eine beliebige Amplitude eines vorgegebenen Basisprofils eingestellt werden, nicht jedoch eine Linearkombination zweier linear unabhängiger Profile.

30 Fig. 9 zeigt in lediglich schematischer Darstellung den prinzipiellen Aufbau einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage gemäß einer Ausführungs-

form der Erfindung. Dabei lässt sich das erfindungsgemäße Konzept gleichermaßen sowohl in der Beleuchtungseinrichtung als auch im Projektionsobjektiv realisieren.

- 5 Die mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage weist eine Beleuchtungseinrichtung 901 und ein Projektionsobjektiv 902 auf. Die Beleuchtungseinrichtung 901 dient zur Beleuchtung einer Struktur tragenden Maske (Retikel) 903 mit Licht von einer Lichtquelleneinheit 904, welche beispielsweise einen ArF-Laser für eine Arbeitswellenlänge von 193 nm sowie eine ein paralleles Lichtbündel erzeugende
- 10 Strahlformungsoptik umfasst. Das parallele Lichtbündel der Lichtquelleneinheit 904 trifft zunächst auf ein diffraktives optisches Element 905, welches über eine durch die jeweilige beugende Oberflächenstruktur definierte Winkelabstrahlcharakteristik in einer Pupillenebene P1 eine gewünschte Intensitätsverteilung (z.B. Dipol- oder Quadrupolverteilung) erzeugt. In Lichtausbreitungsrichtung nach dem
- 15 diffraktiven optischen Element 905 befindet sich eine optische Einheit 906, welche ein ein paralleles Lichtbündel mit variablem Durchmesser erzeugendes Zoom-Objektiv sowie ein Axikon aufweist. Mittels des Zoom-Objektives in Verbindung mit dem vorgeschalteten diffraktiven optischen Element 905 werden in der Pupillenebene P1 je nach Zoom-Stellung und Position der Axikon-Elemente unterschiedliche
- 20 Beleuchtungskonfigurationen erzeugt. Die optische Einheit 906 umfasst im dargestellten Beispiel ferner einen Umlenkspiegel 907. In Lichtausbreitungsrichtung nach der Pupillenebene P1 befindet sich im Strahlengang eine Lichtmischeinrichtung 908, welche z.B. in für sich bekannter Weise eine zur Erzielung einer Lichtmischung geeignete Anordnung aus mikrooptischen Elementen aufweisen
- 25 kann. Auf die Lichtmischeinrichtung 908 folgt in Lichtausbreitungsrichtung eine Linsengruppe 909, hinter der sich eine Feldebene F1 mit einem Retikel-Maskierungssystem (REMA) befindet, welches durch ein in Lichtausbreitungsrichtung nachfolgendes REMA-Objektiv 910 auf die Struktur tragende, in der Feldebene F2 angeordnete Maske (Retikel) 903 abgebildet wird und dadurch den ausge-
- 30 leuchteten Bereich auf dem Retikel begrenzt. Die Struktur tragende Maske 903 wird mit dem Projektionsobjektiv 902, welches im dargestellten Beispiel zwei Pupillenebenen PP1 und PP2 aufweist, auf ein mit einer lichtempfindlichen Schicht versehenes Substrat 911 bzw. einen Wafer abgebildet. Beispielhafte geeignete

Positionen zur Platzierung einer erfindungsgemäßen Anordnung aus Retardierungsmanipulatoren sind pupillennahe, bild- bzw. zwischenbildnahe Positionen oder intermediäre Positionen.

- 5 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 Fach-
- 10 liegenden Erfindung mit umfasst sind, und die Reichweite der Erfindung nur im Sinne der beigefügten Patentansprüche und deren Äquivalente beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungs-
anlage oder einer Waferinspektionsanlage, wobei das optische System eine
5 optische Systemachse (OA) aufweist, mit
- einem ersten Retardierungsmanipulator (110, 210, 310, 410, 510, 610,
710, 810);
 - einem zweiten Retardierungsmanipulator (120, 220, 320, 420, 520,
620, 720, 820); und
 - 10 • einem Manipulator zur Verschiebung des zweiten Retardierungsmani-
pulators (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820) unabhängig von
dem ersten Retardierungsmanipulator (110, 210, 310, 410, 510, 610,
710, 810) in wenigstens einer zur optischen Systemachse (OA) trans-
versalen Richtung;
 - 15 • wobei der zweite Retardierungsmanipulator (120, 220, 320, 420, 520,
620, 720, 820) die Wellenfront von im Betrieb des optischen Systems
hindurchtretendem Licht unverändert lässt; und
 - wobei in einer vorgegebenen Ausgangsposition des ersten Retardie-
rungsmanipulators (110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810) und des
20 zweiten Retardierungsmanipulators (120, 220, 320, 420, 520, 620,
720, 820) die Summe der von dem ersten Retardierungsmanipulator
und dem zweiten Retardierungsmanipulator bewirkten Retardierungen
für sämtliche im Betrieb des optischen Systems parallel zur optischen
Systemachse (OA) verlaufenden Strahlen übereinstimmt.
 - 25
2. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine in
dem optischen System anderenorts vorhandene Retardierung durch die
Anordnung aus dem ersten Retardierungsmanipulator (110, 210, 310, 410,
510, 610, 710, 810) und dem zweiten Retardierungsmanipulator (120, 220,
30 320, 420, 520, 620, 720, 820) wenigstens teilweise kompensiert wird.
3. Optisches System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
die Summe der von dem ersten Retardierungsmanipulator (110, 210, 310,

410, 510, 610, 710, 810) und dem zweiten Retardierungsmanipulator (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820) bewirkten Retardierungen Null ist oder ein ganzzahliges Vielfaches der Arbeitswellenlänge beträgt.

- 5 4. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator zur Verschiebung des zweiten Retardierungsmanipulators (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820) in zwei zueinander senkrechten, zur optischen Systemachse (OA) jeweils transversalen Richtungen ausgelegt ist.
- 10 5. Optisches System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Retardierungsmanipulator (110, 210, 310, 410, 510, 610) ein erstes Teilelement (111, 211, 311, 411, 511, 611) und ein zweites Teilelement (112, 212, 312, 412, 512, 612) aufweist.
- 15 6. Optisches System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Retardierungsmanipulator (120, 220, 320, 420, 520, 620, 720, 820) ein drittes Teilelement (121, 221, 321, 421, 521, 621) und ein viertes Teilelement (122, 222, 322, 422, 522, 622) aufweist.
- 20 7. Optisches System nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils eines der Teilelemente des betreffenden Retardierungsmanipulators derart ausgebildet ist, dass es für hindurchtretendes Licht eine Retardierung bewirkt, und das jeweils andere Teilelement des betreffenden Retardierungsmanipulators derart ausgebildet ist, dass es für hindurchtretendes
- 25 Licht keine Retardierung bewirkt.
- 30 8. Optisches System nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilelemente des betreffenden Retardierungsmanipulators sich in ihrer Wellenfrontwirkung gegenseitig kompensieren.
9. Optisches System nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilelemente in wenigstens einem Retardierungs-

manipulator jeweils einander zugewandte asphärische Oberflächen aufweisen, welche entlang der optischen Systemachse (OA) einen konstanten Abstand voneinander aufweisen.

- 5 10. Optisches System nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils eines der Teilelemente in dem betreffenden Retardierungsmanipulator aus optisch einachsigem Kristallmaterial mit zur optischen Systemachse (OA) senkrechter Orientierung der optischen Kristallachse hergestellt ist.
- 10 11. Optisches System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das betreffende Teilelement im ersten Retardierungsmanipulator und das betreffende Teilelement im zweiten Retardierungsmanipulator zueinander senkrechte Orientierungen der optischen Kristallachse aufweisen.
- 15 12. Optisches System nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils eines der Teilelemente des ersten Retardierungsmanipulators (110, 210, 310, 410, 510, 610) und des zweiten Retardierungsmanipulators (120, 220, 320, 420, 520, 620) aus optisch einachsigem Kristallmaterial mit zur optischen Systemachse (OA) paralleler Orientierung der optischen Kristallachse hergestellt ist.
- 20 13. Optisches System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Retardierungsmanipulatoren (510, 610, 710, 720, 810, 820) eine nicht-plane Lichteintrittsfläche aufweist.
- 25 14. Optisches System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Retardierungsmanipulatoren (720, 810, 820) zur Erzeugung der Retardierung eine Beschichtung (721, 812, 821) aufweist.
- 30 15. Mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage mit einer Beleuchtungseinrichtung und einem Projektionsobjektiv, wobei die Beleuchtungseinrich-

tung (901) und/oder das Projektionsobjektiv (902) als optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 14 ausgebildet sind.

5 16. Waferinspektionsanlage, dadurch gekennzeichnet, dass die Waferinspektionsanlage ein optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 14 aufweist.

17. Verfahren zur mikrolithographischen Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente mit folgenden Schritten:

- 10
- Bereitstellen eines Substrats (911), auf das zumindest teilweise eine Schicht aus einem lichtempfindlichen Material aufgebracht ist;
 - Bereitstellen einer Maske (903), die abzubildende Strukturen aufweist;
 - Bereitstellen einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 15; und
- 15
- Projizieren wenigstens eines Teils der Maske (903) auf einen Bereich der Schicht mit Hilfe der Projektionsbelichtungsanlage.

Fig. 2

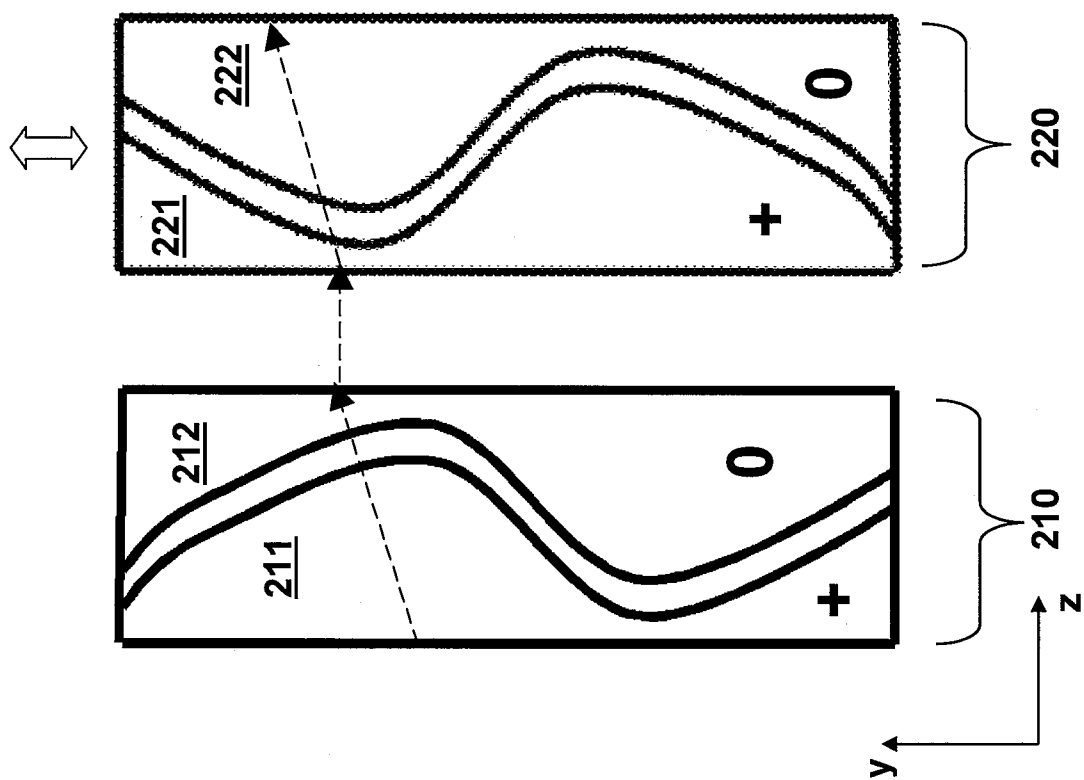


Fig. 1

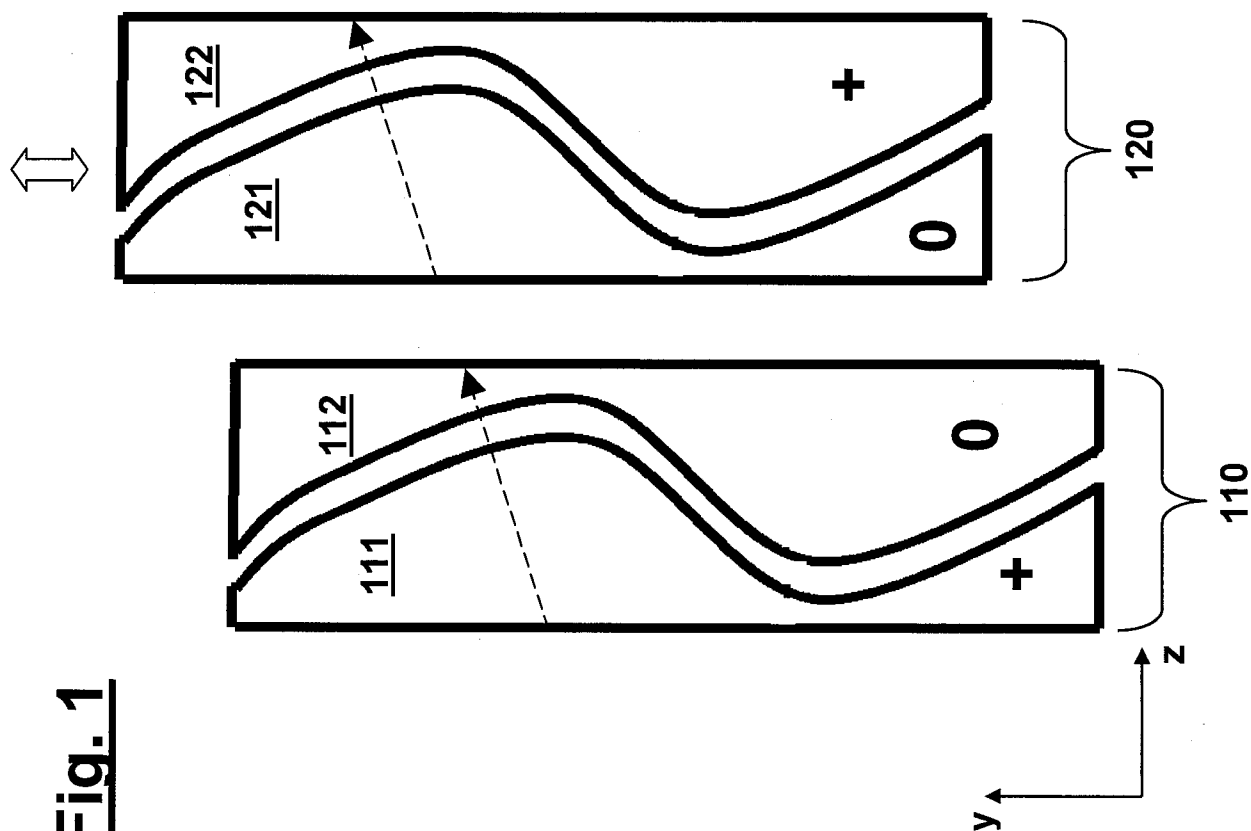


Fig. 4

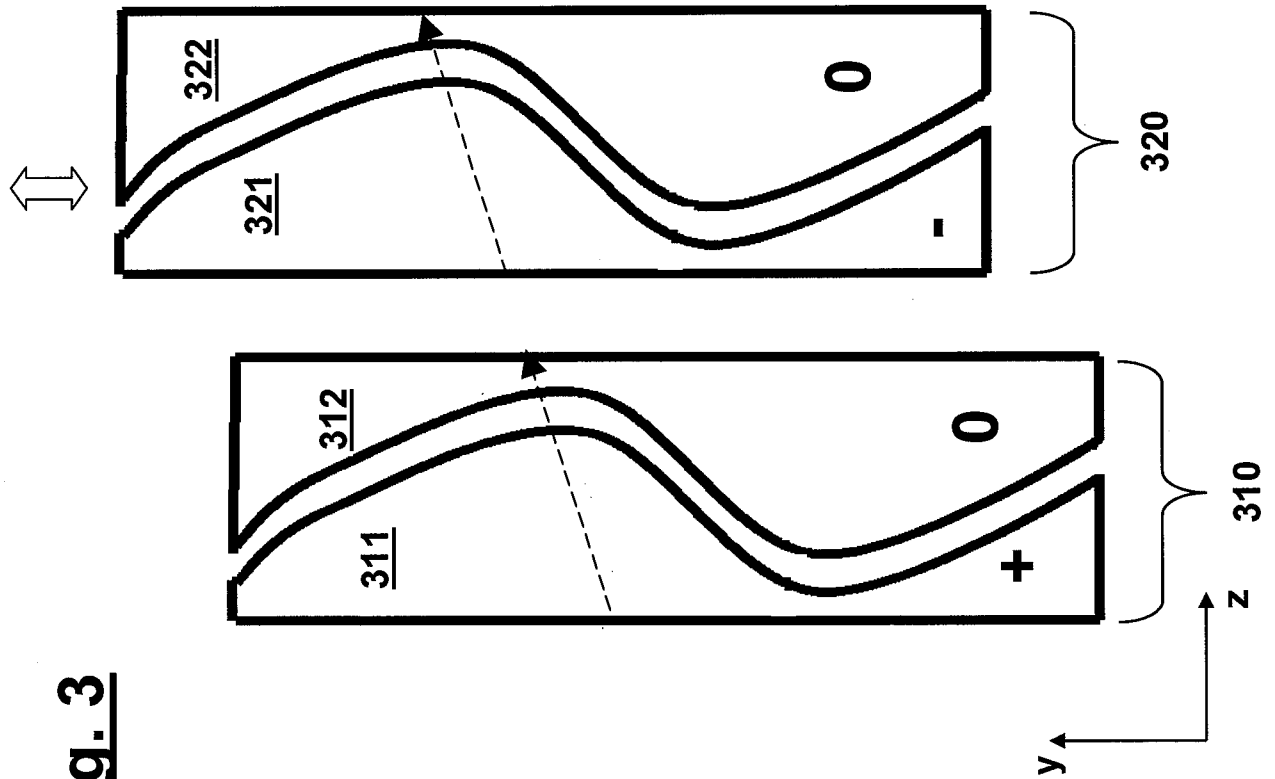
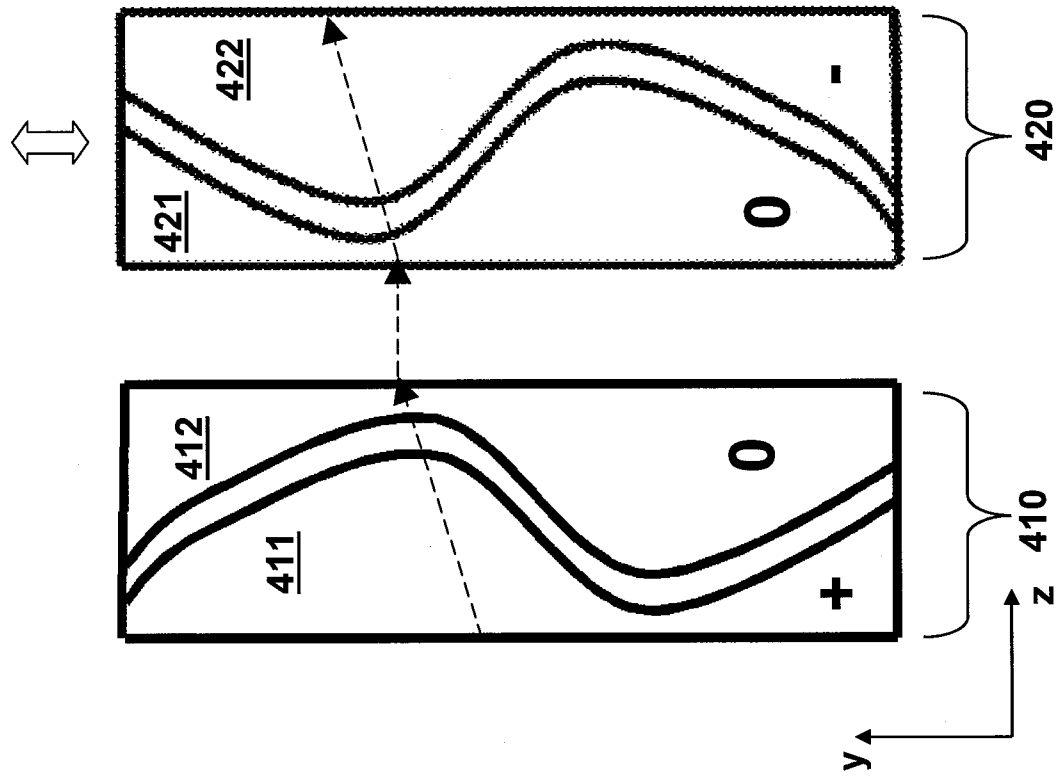
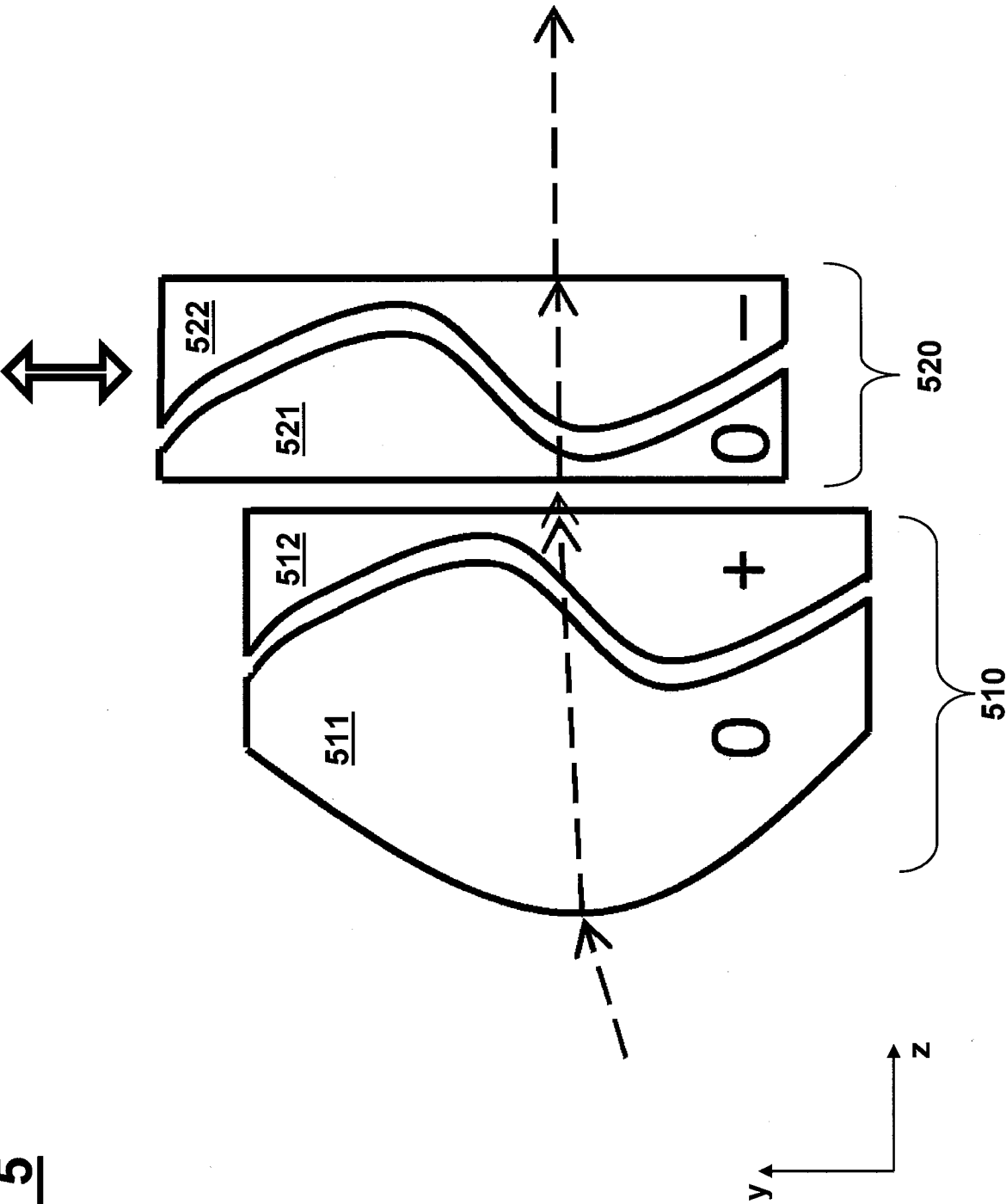


Fig. 3

Fig. 5



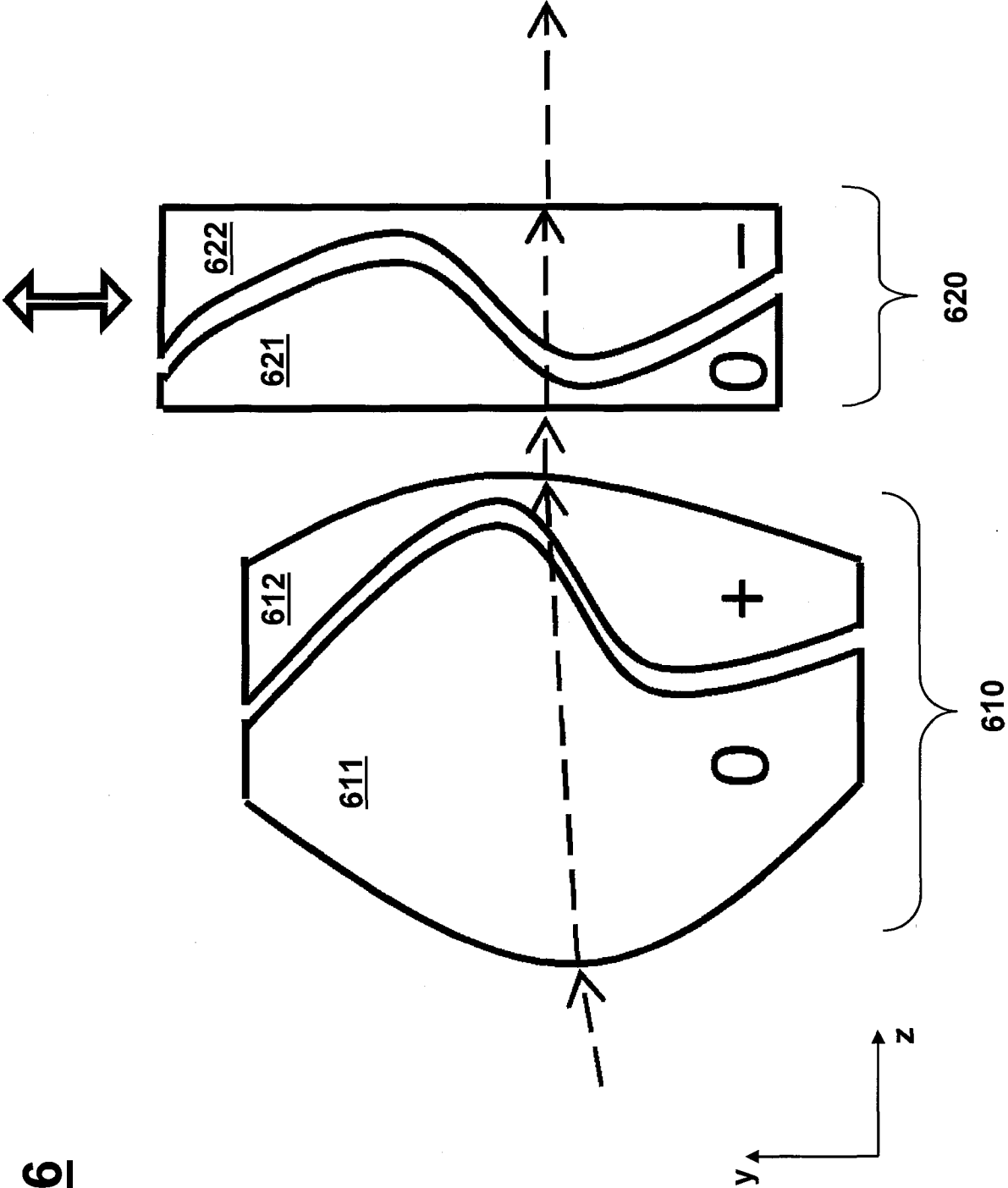
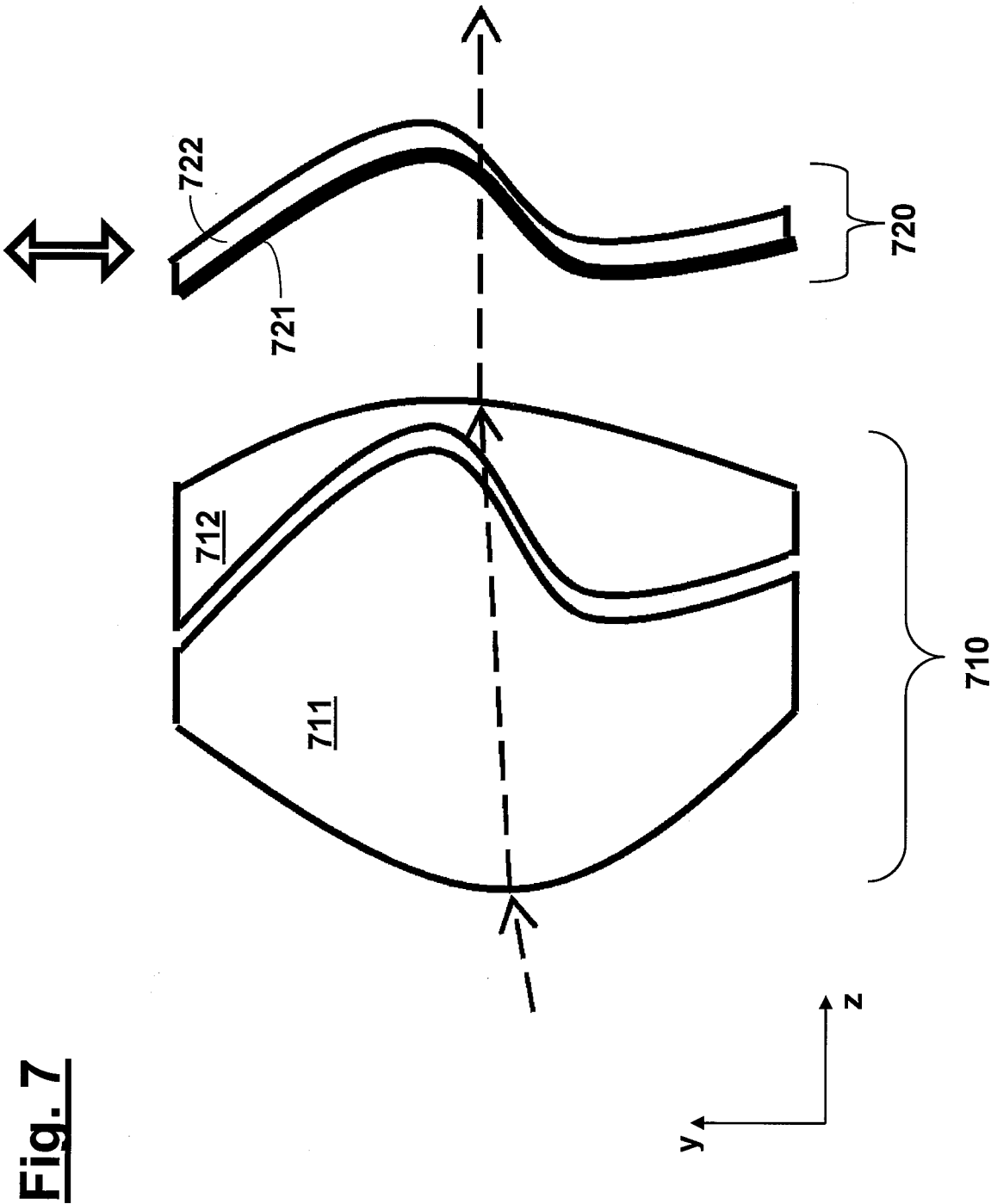


Fig. 6



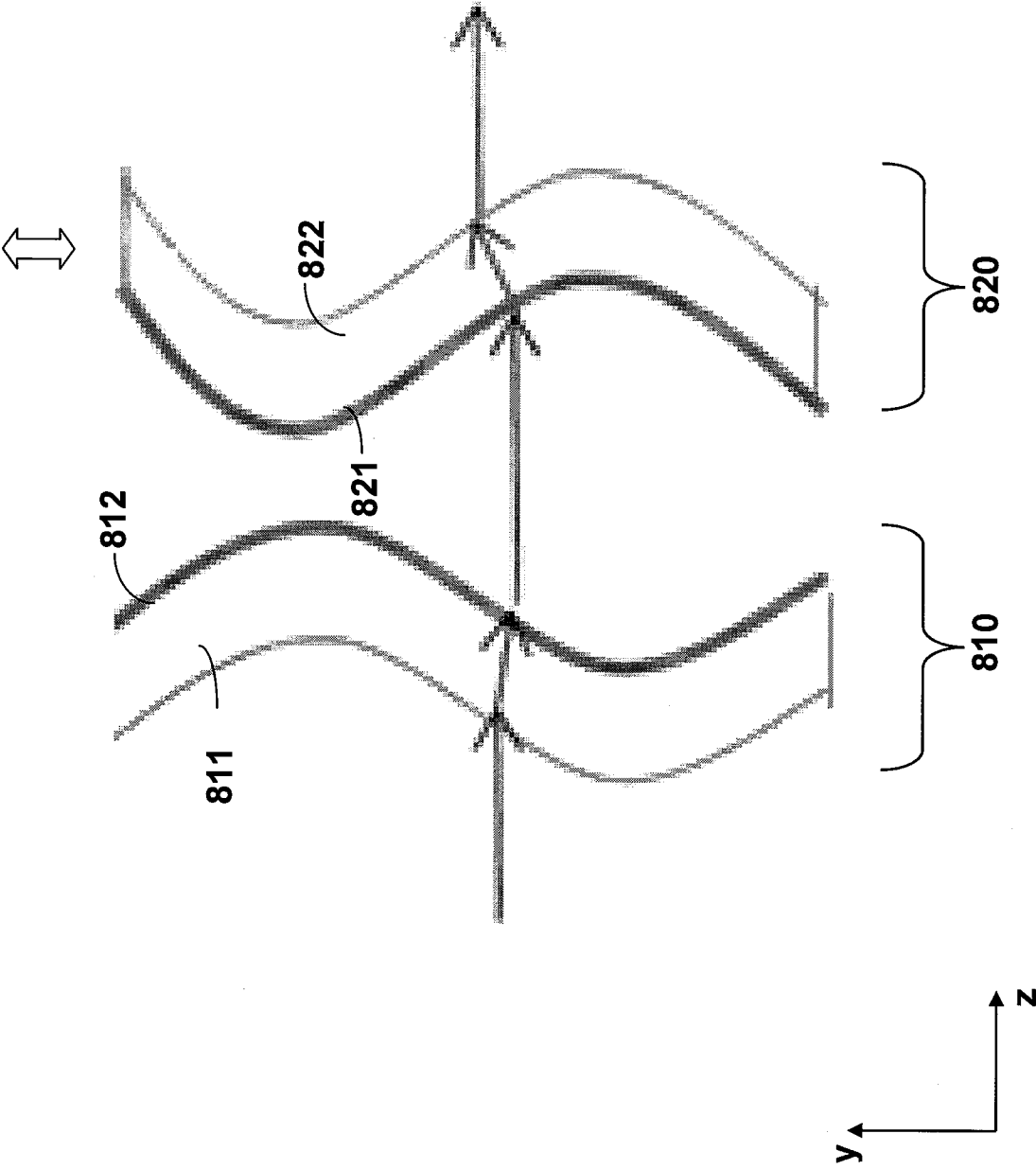
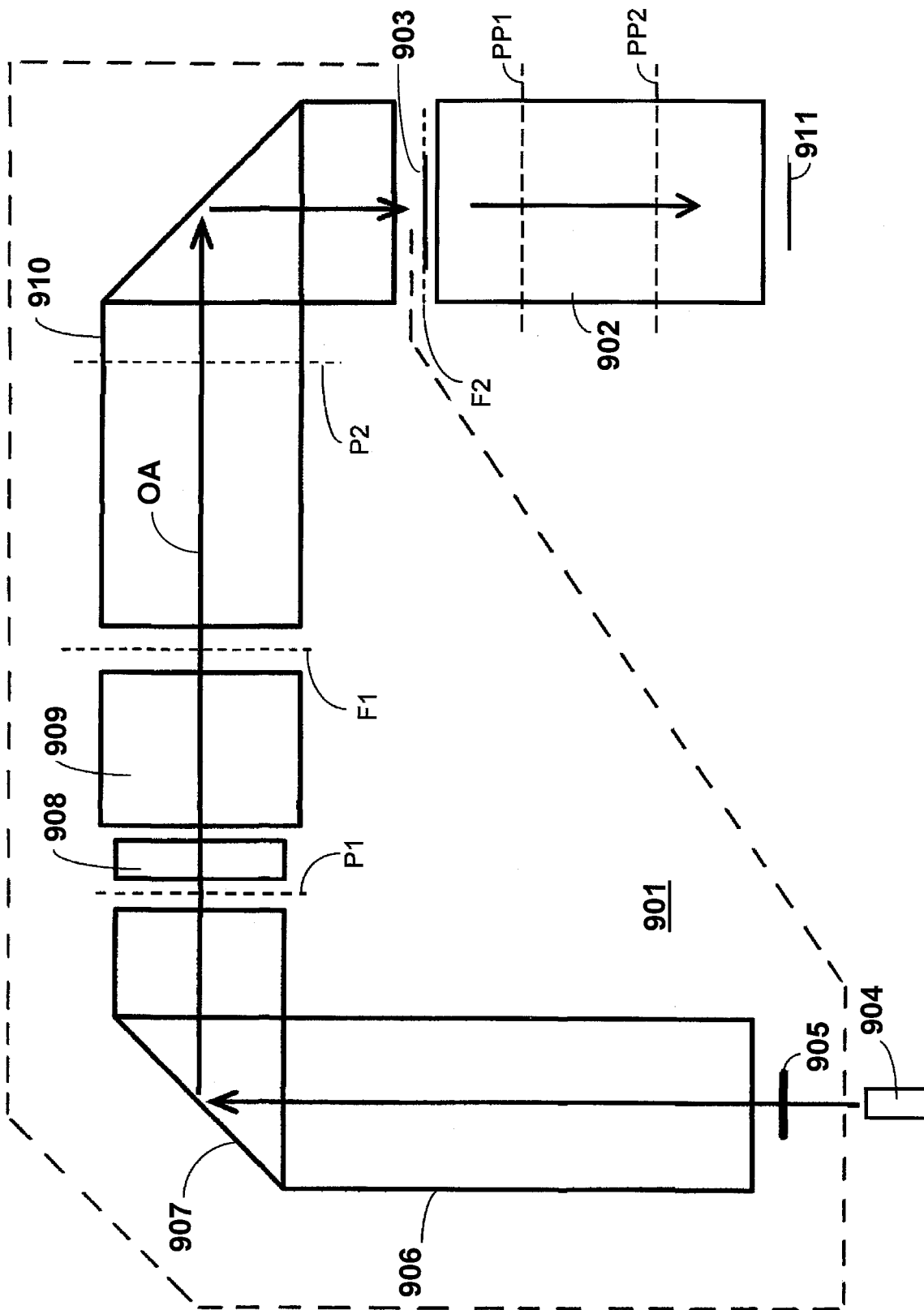


Fig. 8

Fig. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/077210

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20 G02B5/30
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)
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, INSPEC, 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 2009/115989 A1 (TANAKA HIROHISA [JP]) 7 May 2009 (2009-05-07) paragraphs [0007], [0083], [0116] - [0131], [0139] - [0142]; figures 1, 9, 12 -----	1-17
Y	DE 10 2007 055567 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 28 May 2009 (2009-05-28) cited in the application paragraphs [0013], [0014], [0061], [0065]; figures 13c, 13d -----	1-17
Y	DE 10 2005 033564 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 1 February 2007 (2007-02-01) paragraph [0032] -----	14



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

21 March 2017

Date of mailing of the international search report

28/03/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Eisner, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/077210

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009115989 A1	07-05-2009	EP 1953805 A1	06-08-2008
		JP 5067162 B2	07-11-2012
		JP 2012182479 A	20-09-2012
		KR 20080066041 A	15-07-2008
		TW 200725161 A	01-07-2007
		US 2009115989 A1	07-05-2009
		WO 2007055120 A1	18-05-2007

DE 102007055567 A1	28-05-2009	CN 101868743 A	20-10-2010
		DE 102007055567 A1	28-05-2009
		EP 2212729 A2	04-08-2010
		JP 5172968 B2	27-03-2013
		JP 2011508409 A	10-03-2011
		KR 20100109897 A	11-10-2010
		TW 200938879 A	16-09-2009
		US 2010231888 A1	16-09-2010
		WO 2009065819 A2	28-05-2009

DE 102005033564 A1	01-02-2007	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G03F7/20 G02B5/30
 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, INSPEC, 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 2009/115989 A1 (TANAKA HIROHISA [JP]) 7. Mai 2009 (2009-05-07) Absätze [0007], [0083], [0116] - [0131], [0139] - [0142]; Abbildungen 1, 9, 12 -----	1-17
Y	DE 10 2007 055567 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 28. Mai 2009 (2009-05-28) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0013], [0014], [0061], [0065]; Abbildungen 13c, 13d -----	1-17
Y	DE 10 2005 033564 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 1. Februar 2007 (2007-02-01) Absatz [0032] -----	14



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 er-
scheinen 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

21. März 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/03/2017

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/EP2016/077210

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009115989 A1	07-05-2009	EP 1953805 A1	06-08-2008
		JP 5067162 B2	07-11-2012
		JP 2012182479 A	20-09-2012
		KR 20080066041 A	15-07-2008
		TW 200725161 A	01-07-2007
		US 2009115989 A1	07-05-2009
		WO 2007055120 A1	18-05-2007

DE 102007055567 A1	28-05-2009	CN 101868743 A	20-10-2010
		DE 102007055567 A1	28-05-2009
		EP 2212729 A2	04-08-2010
		JP 5172968 B2	27-03-2013
		JP 2011508409 A	10-03-2011
		KR 20100109897 A	11-10-2010
		TW 200938879 A	16-09-2009
		US 2010231888 A1	16-09-2010
		WO 2009065819 A2	28-05-2009

DE 102005033564 A1	01-02-2007	KEINE	
