

(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

18. Februar 2016 (18.02.2016)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/023840 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G02B 5/08 (2006.01) G02B 27/00 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

73432 Aalen (DE). VON BLANCKENHAGEN, Gisela [DE/DE]; Schlossstr. 6/2, 73433 Aalen (DE). WEBER, Jörn [DE/DE]; Telemannstr. 19, 73430 Aalen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP2015/068306

(74)

(22) Internationales Anmelde datum:

7. August 2015 (07.08.2015)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2014 216 240.8

15. August 2014 (15.08.2014) 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): EHM, Dirk Heinrich [DE/DE]; Auf die Strecken 3, 66701 Beckingen (DE). BECKER, Moritz [DE/DE]; Hasenbergstrasse 38a, 70176 Stuttgart (DE). AMENT, Irene [DE/DE]; Deutschordensstrasse 31,

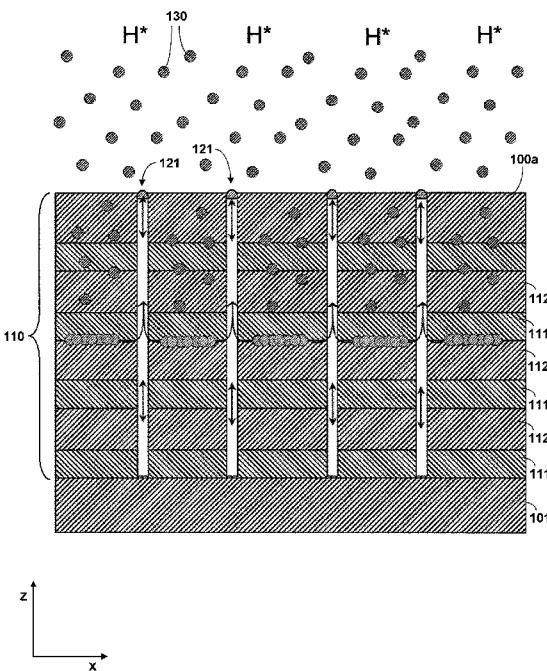
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP,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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: REFLECTIVE OPTICAL ELEMENT

(54) Bezeichnung : REFLEKTIVES OPTISCHES ELEMENT

Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a reflective optical element, in particular for a microlithographic projection exposure system or for a mask inspection system. A reflective optical element (100) according to the invention comprises a substrate (101), a reflection layer system (110), and a defect structure (120) consisting of channel-shaped defects (121), which extend from the optical active surface (100a) or from a boundary surface facing the substrate (101) into the reflection layer system (110) and allow foreign atoms to exit the reflection layer system (110), wherein the channel-shaped defects (121) increase a diffusion coefficient that is characteristic of the exiting of foreign atoms from the reflection layer system (110) by at least 20% in comparison with an analogous layer structure without said channel-shaped defects.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein reflektives optisches Element, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage oder für eine Maskeninspektionsanlage. Ein erfindungsgemäßes reflektives optisches Element (100) weist ein Substrat (101), ein Reflexionsschichtsystem (110) und eine Defektstruktur (120) aus kanalförmigen Defekten (121) auf, welche sich von der optischen Wirkfläche (100a) oder einer dem Substrat (101) zugewandten Grenzfläche bis in das Reflexionsschichtsystem (110) hinein erstrecken und ein Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem (110) ermöglichen, wobei die kanalförmigen Defekte (121) einen für das Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem (110) charakteristischen Diffusionskoeffizienten im Vergleich zu einem analogen Schichtaufbau ohne diese kanalförmigen Defekte um wenigstens 20% erhöhen.

Veröffentlicht:

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

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).

Reflektives optisches Element

5

Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der Deutschen Patentanmeldung DE 10 2014 216 240.8, angemeldet am 15. August 2014. Der Inhalt dieser DE-Anmeldung wird durch Bezugnahme („incorporation by reference“) mit in den vorliegenden Anmeldungstext aufgenommen.

10

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

15

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein reflektives optisches Element für ein optisches System, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage oder für eine Maskeninspektionsanlage.

20

Stand der Technik

25

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 hierbei mittels des Projektionsobjektivs auf ein mit einer lichtempfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes und in der Bildebene des Projektionsobjektivs angeordnetes Substrat (z.B. ein Siliziumwafer) projiziert, um die Maskenstruktur auf die lichtempfindliche Beschichtung des Substrats zu übertragen.

30

Maskeninspektionsanlagen werden zur Inspektion von Retikeln für mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlagen verwendet.

5 In für den EUV-Bereich ausgelegten Projektionsobjektiven oder Inspektionsobjektiven, d.h. bei Wellenlängen von z.B. etwa 13 nm oder etwa 7 nm, werden mangels Verfügbarkeit geeigneter lichtdurchlässiger refraktiver Materialien reflektive optische Elemente als optische Komponenten für den Abbildungsprozess verwendet.

10 Um im Betrieb einer Projektionsbelichtungsanlage u.a. einen Reflexionsverlust der reflektiven optischen Komponenten durch in das jeweilige optische System eindringende Kontaminanten zu vermeiden, ist es bekannt, die unmittelbare Umgebung der betreffenden reflektiven optischen Komponenten mit einer Atmosphäre aus z.B. Wasserstoff (als „Spülgas“) zu beaufschlagen, welches das Eindringen unerwünschter Kontaminanten in das optische System in die unmittelbare Umgebung dieser reflektiven optischen Komponenten verhindert.

15 Dabei tritt jedoch in der Praxis das Problem auf, dass dieser (ionische oder atomare) Wasserstoff in das Vielfachschichtsystem (insbesondere z.B. ein auf dem Substrat der reflektiven optischen Komponenten vorhandenes Reflexions-
schichtsystem aus einer alternierenden Folge aus Molybdän (Mo)- und Silizium (Si)-Schichten) eindringt, wo der Wasserstoff z.B. mit dem Silizium unter Bildung von flüchtigem Siliziumhydrid (Silan) reagiert oder zu molekularem Wasserstoff rekombiniert. Diese Prozesse führen zur Anreicherung von Gasphasen innerhalb des Reflexionsschichtsystems und gehen daher mit einer Volumenvergrößerung und einem „Aufblähen der Schicht“ einher, was schließlich zu einer Schichtablösung infolge eines „Abplatzens“ von Schichten des Vielfachschichtsystems und somit zu einem Reflektivitätsverlust oder sogar einer Zerstörung des reflektiven optischen Elements führen kann.

20 Zur Veranschaulichung des vorstehend beschriebenen Problems der Schichtablösung infolge des eindringenden Wasserstoffs dienen die in Fig. 6a-b ge-

zeigten Messbilder, wobei Fig. 6a eine durch die vorstehend beschriebene Volumenvergrößerung bewirkte „Blasenbildung“ im Vielfachschichtsystem (sogenannte „Blister“) und Fig. 6b eine hierdurch hervorgerufene Schichtablösung zeigen.

5

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein reflektives optisches Element, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage oder für eine Maskeninspektionsanlage, bereitzustellen, wobei eine Beeinträchtigung der Reflexionseigenschaften bzw. Zerstörung des reflektiven optischen Elements durch im Betrieb des optischen Systems akkumulierten Wasserstoff möglichst weitgehend vermieden wird.

15

Diese Aufgabe wird durch das reflektive optische Element gemäß den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst.

Ein erfindungsgemäßes reflektives optisches Element für ein optisches System, wobei das reflektive optische Element eine optische Wirkfläche aufweist, weist auf:

20

- ein Substrat;
- ein Reflexionsschichtsystem; und
- eine Defektstruktur aus kanalförmigen Defekten, welche sich von der optischen Wirkfläche oder einer dem Substrat zugewandten Grenzfläche bis in das Reflexionsschichtsystem hinein erstrecken und ein Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem heraus ermöglichen;
- wobei die kanalförmigen Defekte einen für das Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem charakteristischen Diffusionskoeffizienten im Vergleich zu einem analogen Schichtaufbau ohne diese kanalförmigen Defekte um wenigstens 20% erhöhen.

25

30

Der Erfindung liegt insbesondere das Konzept zugrunde, den eingangs beschriebenen Vorgang einer mit der Akkumulation von Wasserstoff im Vielfachschichtsystem einhergehenden Volumenvergrößerung bzw. „Blasenbildung“ dadurch zu verhindern, dass über das Einbringen einer Defektstruktur aus kanalförmigen Defekten in das reflektive optische Element geeignete „Auslasswege“ für den Wasserstoff aus dem reflektiven optischen Element bzw. dessen Reflexionsschichtsystem heraus geschaffen werden. Mit anderen Worten wird erfindungsgemäß weiterhin das Eintreten von Wasserstoff in das reflektive optische Element bzw. dessen Vielfachschichtsystem in Kauf genommen, zugleich jedoch für ein leichteres Austreten des Wasserstoffs aus dem reflektiven optischen Element bzw. dessen Reflexionsschichtsystem Sorge getragen, indem der Transport von Wasserstoff aus dem Reflexionsschichtsystem heraus über die kanalförmigen Defekte der erfindungsgemäßen Defektstruktur erhöht wird.

Die kanalförmigen Defekte dienen hierbei dazu, die Austrittswahrscheinlichkeit von Wasserstoff aus dem Reflexionsschichtsystem heraus zu erhöhen, indem für den - typischerweise im Wesentlichen senkrecht zur optischen Wirkfläche in das reflektive optische Element eindringenden und sich sodann lateral im reflektiven optischen Element verteilenden - Wasserstoff eine Mehrzahl von sich z.B. im Wesentlichen senkrecht zur optischen Wirkfläche erstreckenden „Kanälen“ bzw. „Auslasswegen“ bereitgestellt wird mit der Folge, dass der effektive Diffusionskoeffizient des Gesamtsystems gesteigert wird.

Dabei liegt der Erfindung insbesondere die Erkenntnis zugrunde, dass eine mit der vorstehend beschriebenen, erfindungsgemäßen Defektstruktur unmittelbar einhergehende Erleichterung des Eindringens von Wasserstoff in das reflektive optische Element bzw. dessen Reflexionsschichtsystem in Kauf genommen werden kann, da zugleich der Wiederaustritt des Wasserstoffs erleichtert und somit die eingangs beschriebenen, zu einer Schichtablösung führenden chemischen Reaktionen des Wasserstoffs z.B. mit dem Silizium innerhalb des Re-

flexionsschichtsystems, oder eine Rekombination zu molekularem Wasserstoff vermieden werden.

Gemäß einer Ausführungsform sind die kanalförmigen Defekte der erfindungsgemäßen Defektstruktur durch Nanoröhren, insbesondere Kohlenstoff-Nanoröhren, gebildet. Hierbei macht sich die Erfindung zu Nutze, dass solche Kohlenstoff-Nanoröhren-Beschichtungen geordnet und mit Nanoröhren-Längen, die in der Größenordnung der Eindringtiefen des Wasserstoffs in das Vielfachschichtsystem des reflektiven optischen Elements in den eingangs beschriebenen Prozessen liegen, realisiert werden können.

Lediglich beispielhaft kann die maximale Länge der kanalförmigen Defekte in der Defektstruktur, welche z.B. durch solche Kohlenstoff-Nanoröhren bereitgestellt werden können, wenigstens 30nm, insbesondere wenigstens 50nm, weiter insbesondere wenigstens 100nm, betragen. Des Weiteren kann bzw. können sich zumindest einer der kanalförmigen Defekte oder auch sämtliche der kanalförmigen Defekte durch die gesamte Dicke des Reflexionsschichtsystems hindurch erstrecken.

Durch die Formulierung, wonach die kanalförmigen Defekte der erfindungsgemäßen Defektstruktur durch Nanoröhren, insbesondere Kohlenstoff-Nanoröhren, gebildet sind, sollen im Sinne der vorliegenden Anmeldung sowohl Ausführungsformen erfasst werden, bei denen das betreffende (z.B. Kohlenstoff-) Material der Nanoröhren bei Inbetriebnahme des optischen Systems in den kanalförmigen Defekten verbleibt, als auch Ausführungsformen, bei denen dieses Material vor Inbetriebnahme durch geeignete Reinigungsschritte (z.B. unter Verwendung von atomarem Wasserstoff wie etwa aus WO 2008/148516 A2 bekannt) wieder entfernt wird.

Gemäß einer Ausführungsform werden Nanoröhren der Nanoröhren-Beschichtung vor der Aufbringung des Reflexionsschichtsystems mit wenigstens einer Schutzschicht versehen. Hierdurch können Kontaminationseffekte entlang der Nanoröhren vermieden werden.

Des Weiteren ist die Erfindung nicht auf die Erzeugung der kanalförmigen Defekte der erfindungsgemäßen Defektstruktur über (insbesondere Kohlenstoff-) Nanoröhren beschränkt.

5

In weiteren Ausführungsformen der Erfindung kann die Generierung von kanalförmigen Defekten auch unter Einsatz geeigneter Blendenstrukturen bei der Abscheidung des Vielfachschichtsystems erfolgen. Unter kanalförmigen Defekten werden hierbei jegliche Unterbrechungen des Vielfachschichtsystems verstanden, die eine gewisse Ausdehnung vertikal zur optischen Wirkfläche besitzen, so dass eine Mehrzahl von Schichten, die unterhalb der optischen Wirkfläche liegen, in unmittelbarem Kontakt zur Vakuumumgebung des jeweiligen Spiegels stehen.

10

In weiteren Ausführungsformen kann die Erzeugung der Defektstruktur auch dadurch erfolgen, dass nach der Aufbringung des Reflexionsschichtsystems ein punktuelles Ionenstrahlätzen zur Erzeugung der kanalförmigen Defekte durchgeführt wird. Dies ermöglicht es insbesondere, die kanalförmigen Defekte bzw. Lochkanäle für die Defektstruktur an gezielt ausgewählten Stellen zu erzeugen. Dabei kann das Austrittsende der kanalförmigen Defekte bzw. Lochkanäle an der (in Richtung der optischen Wirkfläche) oberen oder auch an der unteren Grenzfläche des Reflexionsschichtsystems liegen. Des Weiteren können die kanalförmigen Defekte auch als (insbesondere durch das gesamte Reflexionsschichtsystem) durchgehende Kanäle erzeugt werden.

20

25 Gemäß einer Ausführungsform wird entlang der die kanalförmigen Defekte begrenzenden Kanalwände wenigstens bereichsweise ein Gettermaterial bereitgestellt. Ein solches Gettermaterial kann insbesondere so beschaffen sein, dass es im Restgas ggf. vorhandenen Sauerstoff (O_2) abfängt. Das Gettermaterial kann beispielsweise Titan (Ti), Zirkon (Zr) oder Silizium (Si) aufweisen.

30

Gemäß einer Ausführungsform werden die kanalförmigen Defekte der Defektstruktur von der der optischen Wirkfläche abgewandten Seite des reflektiven

optischen Elements bzw. der Spiegelrückseite aus eingebracht. Bei grundsätzlich gleicher Funktionalität der Defektstruktur (im Vergleich zu einer von der optischen Wirkfläche ausgehenden Defektstruktur) hat dies den Vorteil, dass die optische Wirkfläche bzw. Spiegeloberfläche ungestört bleibt und somit insgesamt das Auftreten von Abbildungsfehlern bzw. Streulichtverlusten reduziert wird.

In weiteren Ausführungsformen kann auch während des Beschichtungsprozesses bei der Fertigung des reflektiven optischen Elements ein gezielter Einbau von Fehlstellen auf dem Substrat bzw. in dem Vielfachschichtsystem des reflektiven optischen Elements erfolgen, um dadurch lokale Unebenheiten im nachfolgenden Schichtwachstum zu begünstigen. Mit Hilfe einer geeigneten Nachbehandlung, beispielsweise einer Behandlung mit nasschemischen Verfahren oder Trockenätz-Verfahren, lassen sich auf diese Weise gezielt lokale Unterbrechungen des Vielfachschichtsystems erzeugen, die eine gewisse Ausdehnung vertikal zur optischen Wirkfläche besitzen.

Gemäß einer Ausführungsform erhöhen die kanalförmigen Defekte einen für das Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem charakteristischen Diffusionskoeffizienten im Vergleich zu einem analogen Schichtaufbau ohne diese kanalförmigen Defekte um wenigstens 40%, weiter insbesondere um wenigstens 50%.

Gemäß einer Ausführungsform beträgt die maximale Länge der kanalförmigen Defekte in der Defektstruktur wenigstens 30nm, insbesondere wenigstens 50nm, weiter insbesondere wenigstens 100nm.

Gemäß einer Ausführungsform erstreckt sich zumindest einer der kanalförmigen Defekte durch die gesamte Dicke des Reflexionsschichtsystems hindurch.

Gemäß einer Ausführungsform sind die kanalförmigen Defekte in ihrem Abstand zueinander derart angeordnet, dass sie ein Beugungsgitter zur Beugung eines unerwünschten Spektralbereichs (z.B. der Infrarotstrahlung eines CO₂-

Lasers einer Plasmalichtquelle) in Richtung einer Absorberfläche bilden, welche sich außerhalb des für die Projektionsbelichtung genutzten Strahlenganges befindet.

5 Die Erfindung betrifft weiter auch ein Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements für ein optisches System, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, wobei das reflektive optische Element ein Substrat, ein Reflexionsschichtsystem sowie eine optische Wirkfläche aufweist, wobei das Reflexionsschichtsystem mit einer Defektstruktur aus kanalförmigen Defekten versehen wird, welche sich von der optischen Wirkfläche oder einer dem Substrat zugewandten Grenzfläche bis in das Reflexionsschichtsystem hinein erstrecken und ein Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem heraus durch Erhöhen eines für das Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem charakteristischen Diffusionskoeffizienten unterstützen.

10

15

Zu Vorteilen und bevorzugten Ausgestaltungen des Verfahrens wird auf die vorstehenden Ausführungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen reflektiven optischen Element Bezug genommen.

20 Die Erfindung betrifft weiter ein optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage, insbesondere eine Kollektoreinheit (z.B. einer EUV-Lichtquelle), eine Beleuchtungseinrichtung oder ein Projektionsobjektiv, sowie auch eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage mit wenigstens einem reflektiven optischen Element mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen.

25

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

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

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

5 Es zeigen:

Figur 1-2 schematische Darstellungen zur Erläuterung des Aufbaus eines reflektiven optischen Elements gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

10

Figur 3 ein Diagramm zur Erläuterung der Wirkungsweise des erfindungsgemäßen reflektiven optischen Elements von Figur 1 bzw. 2;

15

Figur 4 ein Diagramm zur Darstellung beispielhafter Wasserstoff-Eindringtiefen in ein erfindungsgemäßes reflektives optisches Element;

20

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

25

Figur 6a-b beispielhafte Messergebnisse zur Erläuterung eines der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Problems.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER
AUSFÜHRUNGSFORMEN

30

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Aufbaus eines erfindungsgemäßen reflektiven optischen Elements 100 (z.B. eines Spiegels einer EUV-Projektionsbelichtungsanlage) gemäß einer Ausführungsform.

Das reflektive optische Element 100 weist zunächst in für sich bekannter Weise auf einem Substrat 101 aus einem beliebigen geeigneten Substratmaterial ein Reflexionsschichtsystem 110 auf, welches lediglich beispielhaft (und ohne dass die Erfindung auf bestimmte Materialien beschränkt wäre) eine Aufeinanderfolge aus Silizium (Si)–Schichten 111a, 111b, 111c,... und Molybdän (Mo)–Schichten 112a, 112b, 112c,... aufweisen kann.

Des Weiteren weist, wie in Fig. 1 lediglich schematisch und stark vereinfacht dargestellt, das reflektive optische Element 100 eine Defektstruktur 120 aus kanalförmigen Defekten 121 auf, welche sich von der optischen Wirkfläche 100a bis in das Reflexionsschichtsystem 110 hinein erstrecken. Wenngleich diese kanalförmigen Defekte 121 im dargestellten Ausführungsbeispiel über die gesamte Dicke des Reflexionsschichtsystems 110 bis hinab zum Substrat 101 verlaufen, ist die Erfindung nicht hierauf beschränkt.

15

In weiteren Ausführungsformen kann diese Erstreckung der kanalförmigen Defekte 121 auch über lediglich einen Teilbereich des reflektiven optischen Elements 100 erfolgen, wobei die Defektstruktur 120 insbesondere nur bis zu einer gewissen Tiefe in das Reflexionsschichtsystem 110 hinein und/oder nur in einem Teilbereich des Reflexionsschichtsystems 110 bezogen auf dessen laterale Ausdehnung vorgesehen sein kann.

20

Was die besagte Tiefe der kanalförmigen Defekte 121 betrifft, kann diese insbesondere in Anpassung an typische zu erwartende Eindringtiefen des Wasserstoffs in das Reflexionsschichtsystem 110 gewählt werden, wobei solche Eindringtiefen wiederum aufgrund experimenteller Daten (wie z.B. in Fig. 4 dargestellt), ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt wäre, Werte von größtenteils 30nm aufweisen können.

25

30

Während grundsätzlich allein aufgrund der kinetischen Energie der Wasserstoff-Ionen die resultierenden Eindringtiefen in das Vielfachschichtsystem eines reflektiven optischen Elements noch nicht allzu hoch sind (wobei sich bei einer kinetischen Energie der Wasserstoff-Ionen von 100 eV typische Eindringtiefen

von etwa 5-10nm ergeben), kann bei Berücksichtigung von Diffusionseffekten der Wasserstoff auch in Tiefen von bis zu 50nm in das Vielfachschichtsystem 110 des reflektiven optischen Elements 100 eindringen. Gemäß Fig. 4 kann experimentell eine Skalierung der Wasserstoffkonzentration c_H mit der Tiefe im Vielfachschichtsystem eines reflektiven optischen Elements beobachtet werden. Für unterschiedliche Proben ergibt sich zunächst ein lokales Maximum im Bereich um etwa 15nm, sowie nach Abnahme der Wasserstoffkonzentration ein weiterer Peak bei etwa 30nm. Hieraus ergibt sich, dass eine Tiefe der kanalförmigen Defekte 121 von etwa (30-50)nm i.d.R. ausreichend sein sollte, um eine hinreichende Unterstützung des Austretens von in das Vielfachschichtsystem des reflektiven optischen Elements 100 eingedrungenem Wasserstoff und damit eine wirksame Vermeidung der eingangs beschriebenen Schichtablösung zu gewährleisten.

Fig. 2 zeigt in lediglich schematischer, perspektivisch angedeuteter Weise die Defektstruktur 120 in deren Verteilung über die optische Wirkfläche 100a des reflektiven optischen Elements 100. Die Abstände der kanalförmigen Defekte 121 der Defektstruktur 120 bzw. die Flächenbelegungsdichte der kanalförmigen Defekte 121 kann unter Berücksichtigung der optischen Spezifikationsgrenzen des reflektiven optischen Elements 100 geeignet gewählt werden. Mit anderen Worten werden Zahl sowie Größe der kanalförmigen Defekte 121 in geeigneter Weise so gewählt, dass keine signifikante Einschränkung der optischen Leistungsfähigkeit (insbesondere des Reflexionsvermögens) des reflektiven optischen Elements 100 erfolgt. Der mittlere Durchmesser der kanalförmigen Defekte 121 kann z.B. größtenteils im Bereich von einem oder einigen nm bis zu etwa 25µm betragen. Insbesondere kanalförmige Defekte 121 bzw. Poren mit Durchmessern von wenigen nm besitzen nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Abbildungsgüte eines Spiegels und ermöglichen so eine besonders hohe Dichte von kanalförmigen Defekten bzw. Poren.

30

Lediglich beispielhaft kann der mittlere Durchmesser der kanalförmigen Defekte 121 größtenteils 1µm betragen, wobei im Falle eines reflektiven optischen Elements 100 in Form eines Facettenspiegels (z.B. Pupillenfacetten-

spiegels) z.B. ca. 300 Spiegelfacetten mit einem Durchmesser von je 1cm mit jeweils ca. 70.000 bis 75.000 kanalförmigen Defekten versehen werden können. Im Falle der Ausbildung der kanalförmigen Defekte 121 über Kohlenstoff-Nanoröhren werden die entsprechenden Prozessparameter bei der Erzeugung der Kohlenstoff-Nanoröhren-Schicht hierzu in geeigneter Weise eingestellt.

5

Fig. 3 zeigt ein schematisches Diagramm zur Veranschaulichung der Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Defektstruktur 120 aus kanalförmigen Defekten 121. Wie lediglich schematisch und stark vereinfacht dargestellt, dringen Wasserstoff-Ionen 130, welche im Betrieb des optischen Systems wie z.B. einer EUV-Projektionsbelichtungsanlage vergleichsweise hohen EUV-Leistungsdichten ausgesetzt sind und somit hohe Ionenenergien von z.B. über 50eV, insbesondere Ionenenergien von mehreren 100eV, aufweisen können, in das Reflexionsschichtsystem 110 ein, wo sich die Wasserstoff-Ionen über Diffusionsprozesse u.a. lateral verteilen. Über die erfindungsgemäßen kanalförmigen Defekte 121 wird nun für diese Wasserstoff-Ionen ein zu der lateralen Richtung bzw. der optischen Wirkfläche 100a senkrechter Richtung verlaufender Auslass bereitgestellt, über welchen die Wasserstoff-Ionen geordnet aus dem Reflexionsschichtsystem 110 entweichen können. Infolgedessen wird ein Akkumulieren der Wasserstoff-Ionen innerhalb des Reflexionsschichtsystems 110 zumindest weitgehend vermieden mit der Folge, dass auch die eingangs beschriebenen, letztendlich infolge lokaler Volumenvergrößerung zu einer Schichtablösung führenden Reaktionen des Wasserstoffs (etwa infolge der Bildung von Silan aufgrund der Reaktion mit Silizium oder infolge der Rekombination der Wasserstoff-Ionen zu molekularem Wasserstoff) vermieden werden.

10

15

20

25

30

Die erfindungsgemäße Defektstruktur 120 kann in verschiedener Weise realisiert werden. Eine erste mögliche Realisierung beinhaltet die Aufbringung einer Nanoröhren-Beschichtung, insbesondere aus Kohlenstoff-Nanoröhren, vor oder während der Erzeugung des Reflexionsschichtsystems 110. Diese Kohlenstoff-Nanoröhren können in dem Fachmann für sich bekannter Weise erzeugt werden. Dabei kann die entsprechende Nanoröhren-Beschichtung z.B. zunächst auf das Substrat 101 aufgebracht werden, woraufhin im Anschluss das

Reflexionsschichtsystem 110 in üblicher Weise z.B. unter Verwendung von Verfahren zur physikalischen Verdampfung, sog. PVD-Verfahren (PVD = „**P**hysical **V**apor **D**eposition“) erzeugt werden kann, so dass sich die (z.B. Molybdän- bzw. Silizium-) Schichten des Reflexionsschichtsystems 110 zwischen den Kohlenstoff-Nanoröhren ausbilden.

Alternativ kann das Reflexionsschichtsystem auch unter Verwendung des Verfahrens der Atomlagenabscheidung (ALD-Verfahren, ALD = “**A**tomic **L**ayer **D**eposition“) erzeugt werden. Anschließend kann das Kohlenstoffmaterial der die kanalförmigen Defekte 121 bildenden Kohlenstoff-Nanoröhren entweder im Schichtaufbau verbleiben oder mittels geeigneter Verfahren z.B. basierend auf der Verwendung von atomarem Wasserstoff in einem Reinigungsprozess entfernt werden.

Während in dem vorstehend beschriebenen Verfahren die so erzeugten kanalförmigen Defekte 121 sich letztendlich über die gesamte Dicke des Reflexionsschichtsystems 110 bis zur optischen Wirkfläche 100a erstrecken, wobei zugleich das Verfahren hinsichtlich der einzelnen Prozessschritte aufgrund der Ausbildung der Nanoröhren-Beschichtung noch vor Ausbildung des Reflexionsschichtsystems 110 im Aufwand vergleichsweise gering gehalten wird, kann in weiteren Ausführungsformen eine Kohlenstoff-Nanoröhren-Beschichtung auch in einem Zwischenschritt (d.h. während der gegebenenfalls hierzu kurz unterbrochenen Aufbringung des Reflexionsschichtsystems 110) erfolgen, so dass die Ausdehnung der kanalförmigen Defekte 121 in das Reflexionsschichtsystem 110 hinein auch kontrolliert (z.B. in Anpassung an eine aufgrund der maximalen Ionenenergie am Einsatzort des reflektiven optischen Elements zu erwartende Eindringtiefe der Wasserstoff-Ionen in das Reflexionsschichtsystem 110 eingestellt) werden kann.

In weiteren Ausführungsformen können zur Erzeugung der erfindungsgemäßigen Defektstruktur 120 auch andere Technologien, wie z.B. der Einsatz geeigneter Blendenstrukturen während des Beschichtungsprozesses bzw. der Erzeugung des Reflexionsschichtsystems oder auch die Erzeugung von Fehlstel-

len auf dem Substrat 101 vor Aufbringung des Reflexionsschichtsystems 110, in Verbindung mit Verfahren zur Nachbehandlung zur gezielten Erzeugung kanalförmiger Defekte eingesetzt werden.

5 Weiter kann die Erzeugung der Defektstruktur auch dadurch erfolgen, dass nach der Aufbringung des Reflexionsschichtsystems ein punktuelles Ionenstrahlätzen zur Erzeugung der kanalförmigen Defekte durchgeführt wird. Auf diese Weise können die kanalförmigen Defekte bzw. Lochkanäle für die Defektstruktur an gezielt ausgewählten Stellen erzeugt werden. Das Austrittsende 10 der kanalförmigen Defekte bzw. Lochkanäle kann an der (in Richtung der optischen Wirkfläche) oberen oder auch an der unteren Grenzfläche des Reflexionsschichtsystems liegen. Des Weiteren können die kanalförmigen Defekte auch als (insbesondere durch das gesamte Reflexionsschichtsystem hindurch) durchgehende Kanäle erzeugt werden. Ferner können die kanalförmigen Defekte sich auch durch das Substrat hindurch erstrecken, und/oder das 15 Austritt von Fremdatomen kann z.T. durch seitliche Diffusion erfolgen.

Dadurch, dass das erfindungsgemäße Konzept auf der Bereitstellung einer (zusätzlichen) Defektstruktur aus kanalförmigen Defekten zur Erleichterung des 20 Austritts von Fremdatomen bzw. Wasserstoff-Atomen aus dem Reflexionsschichtsystem beruht, trägt die Erfindung insbesondere auch dem Umstand Rechnung, dass es praktisch kaum möglich ist, die Größe des für diesen Austritt von Fremdatomen relevanten Diffusionskoeffizienten in anderer Weise (etwa durch Variation der Schichtparameter insbesondere des Reflexionsschichtsystems selbst) nennenswert zu beeinflussen. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass zur Erfüllung der erforderlichen optischen Spezifikationen 25 die Freiheit etwa in der Auswahl der einzelnen Schichtmaterialien bei Fertigung des Schichtaufbaus im reflektiven optischen Element sehr stark limitiert ist und der Diffusionskoeffizient insoweit praktisch nicht beeinflusst werden kann.

30

Mit anderen Worten wird erfindungsgemäß akzeptiert, dass die Wasserstoff-Diffusion in den ungestörten Bereichen des Schichtstapels selbst durch diverse Parameter wie z.B. Materialeigenschaften und Temperatur weitgehend vorge-

geben ist, andererseits jedoch Bereiche von „Löchern“ bzw. von lokalen Vakuumbedingungen nahezu ideale Transportvoraussetzungen für das Abführen von Fremdatomen bzw. Wasserstoff bieten, weshalb solche „lokalen Vakuumbedingungen“ durch die erfindungsgemäßen kanalförmigen Defekte quasi über eine künstlich erzeugte Porosität bereitgestellt werden. Solche lokalen Vakuumbedingungen zeigen eine Analogie zu den bei Vakuumssystemen bekannten sog. „virtuellen Lecks“. Im Gegensatz zu den i.a. unerwünschten Auswirkungen virtueller Lecks bei der Evakuierung von Vakuumssystemen (in Form sehr langer Abpumpzeiten) sind die o.g. lokalen Vakuumbedingungen für die erfindungsgemäßen Ausführungsformen nicht nachteilig, da hier ein Gleichgewicht bezüglich der Wasserstoff-Diffusion betrachtet wird, so dass die lange Abpumpzeit keine Rolle spielt.

Die Erfindung ist nicht hinsichtlich einer konkreten (z.B. kubischen, hexagonalen, etc.) Ordnung der kanalförmigen Defekte 121 innerhalb der erfindungsgemäßen Defektstruktur 120 beschränkt. So kann diese Defektstruktur 120 auch lediglich eine Nahordnung der kanalförmigen Defekte 121 aufweisen oder auch chaotisch sein.

In weiteren Ausführungsformen der Erfindung können die kanalförmigen Defekte 121 auch zur Bildung eines Beugungsgitters genutzt werden. Hierbei können die kanalförmigen Defekte 121 so in geeignetem Abstand zueinander angeordnet werden, dass ein störender bzw. unerwünschter Anteil des Beleuchtungsspektrums (z.B. Infrarotstrahlung eines CO₂-Lasers) aus dem Nutzlichtbereich bzw. Nutzlichtkegel heraus gebeugt (und ggf. auf geeignete Absorberflächen außerhalb des für die Projektionsbelichtung genutzten Strahlenganges gelenkt) wird.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung einer beispielhaften für den Betrieb im EUV ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage, welche ein erfindungsgemäßes reflektives optisches Element aufweisen kann. Hierbei kann es sich bei dem reflektiven optischen Element insbesondere um einen der vorhandenen EUV-Spiegel handeln.

Gemäß Fig. 5 weist eine Beleuchtungseinrichtung in einer für EUV ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage 10 einen Feldfacettenspiegel 3 und einen Pupillenfacettenspiegel 4 auf. Auf den Feldfacettenspiegel 3 wird das Licht einer Lichtquelleneinheit, welche eine Plasmalichtquelle 1 und einen Kollektorspiegel 2 umfasst, gelenkt. Im Lichtweg nach dem Pupillenfacettenspiegel 4 sind ein erster Teleskopspiegel 5 und ein zweiter Teleskopspiegel 6 angeordnet. Im Lichtweg nachfolgend ist ein Umlenkspiegel 7 angeordnet, der die auf ihn treffende Strahlung auf ein Objektfeld in der Objektebene eines sechs Spiegel 21-26 umfassenden Projektionsobjektivs lenkt. Am Ort des Objektfeldes ist eine reflektive strukturtragende Maske 31 auf einem Maskentisch 30 angeordnet, die mit Hilfe des Projektionsobjektivs in eine Bildebene abgebildet wird, in welcher sich ein mit einer lichtempfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes Substrat 41 auf einem Wafertisch 40 befindet.

15

Grundsätzlich kann ein beliebiger Spiegel des in Fig. 5 gezeigten Aufbaus (z.B. der Kollektorspiegel 2 oder der Pupillenfacettenspiegel 4) als ein erfindungsgemäßes reflektives optisches Element ausgestaltet, also mit einer Defektstruktur z.B. gemäß einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen versehen werden. In einer weiteren beispielhaften Anwendung kann auch ein reflektives optisches Element einer zur Inspektion von Retikeln für mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlagen eingesetzten Maskeninspektionsanlage als ein erfindungsgemäßes reflektives optisches Element ausgestaltet werden.

25

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. Reflektives optisches Element für ein optisches System, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage oder für eine Maskeninspektionsanlage, wobei das reflektive optische Element (100) eine optische Wirkfläche (100a) aufweist, mit:
 - einem Substrat (101);
 - einem Reflexionsschichtsystem (110); und
 - einer Defektstruktur (120) aus kanalförmigen Defekten (121), welche sich von der optischen Wirkfläche (100a) oder einer dem Substrat (101) zugewandten Grenzfläche bis in das Reflexionsschichtsystem (110) hinein erstrecken und ein Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem (110) heraus ermöglichen;
 - wobei die kanalförmigen Defekte (121) einen für das Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem (110) charakteristischen Diffusionskoeffizienten im Vergleich zu einem analogen Schichtaufbau ohne diese kanalförmigen Defekte um wenigstens 20% erhöhen.
2. Reflektives optisches Element nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die kanalförmigen Defekte (121) durch Nanoröhren, insbesondere Kohlenstoff-Nanoröhren, gebildet sind.
3. Reflektives optisches Element nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die kanalförmigen Defekte (121) einen für das Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem (110) charakteristischen Diffusionskoeffizienten im Vergleich zu einem analogen Schichtaufbau ohne diese kanalförmigen Defekte um wenigstens 40%, weiter insbesondere um wenigstens 50%, erhöhen.

4. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die maximale Länge der kanalförmigen Defekte (121) in der Defektstruktur (120) wenigstens 30nm, insbesondere wenigstens 50nm, weiter insbesondere wenigstens 100nm, beträgt.

5

5. Reflektives optisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der kanalförmigen Defekte (121) sich durch die gesamte Dicke des Reflexionsschichtsystems (110) hindurch erstreckt.

10

6. Reflektives optisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die kanalförmigen Defekte (121) einen mittleren Durchmesser im Bereich von 1nm bis 25µm aufweisen.

15

7. Reflektives optisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die kanalförmigen Defekte (121) in ihrem Abstand zueinander derart angeordnet sind, dass sie ein Beugungsgitter zur Beugung eines unerwünschten Spektralbereichs in Richtung einer Absorberfläche bilden.

20

8. Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements für ein optisches System, insbesondere für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, wobei das reflektive optische Element ein Substrat (101), ein Reflexionsschichtsystem (110) sowie eine optische Wirkfläche (100a) aufweist, wobei das Reflexionsschichtsystem (110) mit einer Defektstruktur (120) aus kanalförmigen Defekten (121) versehen wird, welche sich von der optischen Wirkfläche (100a) oder einer dem Substrat (101) zugewandten Grenzfläche bis in das Reflexionsschichtsystem (110) hinein erstrecken und ein Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem (110) heraus durch Erhöhen eines für das Austreten von Fremdatomen aus dem Reflexionsschichtsystem (110) charakteristischen Diffusionskoeffizienten unterstützen.

30

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Defektstruktur (120) ein gezielter Einbau von Fehlstellen auf dem Substrat (101) erfolgt.
- 5 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Defektstruktur (120) vor oder während der Aufbringung des Reflexionsschichtsystems (110) eine Nanoröhren-Beschichtung, insbesondere Kohlenstoff-Nanoröhren-Beschichtung, aufgebracht wird.
- 10 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass Nanoröhren der Nanoröhren-Beschichtung vor der Aufbringung des Reflexionsschichtsystems (110) mit wenigstens einer Schutzschicht versehen werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, 15 dass zur Erzeugung der Defektstruktur (120) eine Blendenstruktur während der Aufbringung des Reflexionsschichtsystems (110) eingesetzt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Erzeugung der Defektstruktur (120) dadurch erfolgt, dass nach 20 der Aufbringung des Reflexionsschichtsystems (110) ein punktuell Ionenstrahlätzen zur Erzeugung der kanalförmigen Defekte (121) durchgeführt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass entlang der die kanalförmigen Defekte (121) begrenzenden Kanalwände wenigstens bereichsweise ein Gettermaterial bereitgestellt wird. 25
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die kanalförmigen Defekte (121) der Defektstruktur (120) von der optischen Wirkfläche (100a) abgewandten Seite des reflektiven optischen 30 Elements aus eingebracht werden.

16. Optisches System einer mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage (10), insbesondere Beleuchtungseinrichtung oder Projektionsobjektiv, mit wenigstens einem reflektiven optischen Element nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

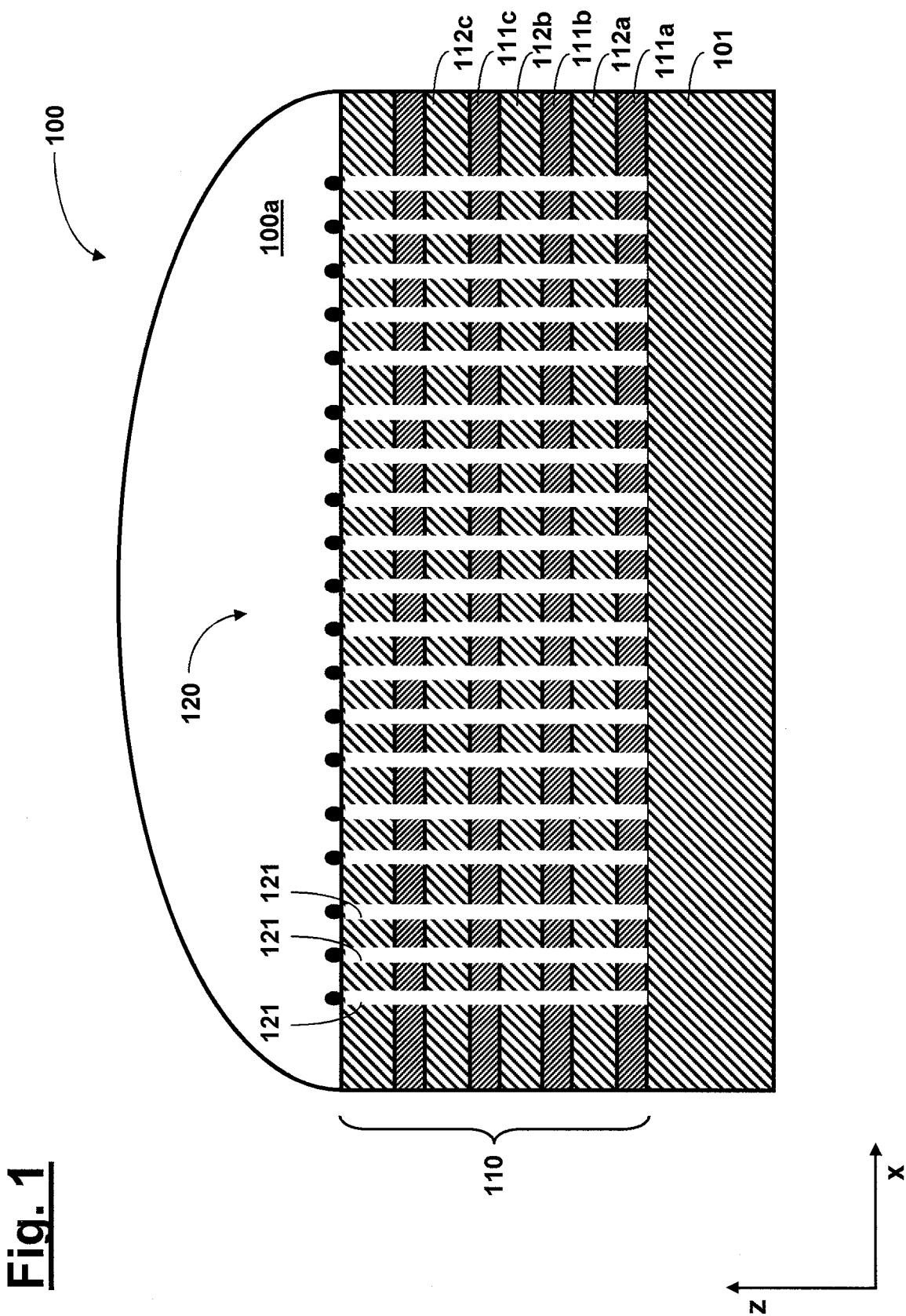
5

17. Mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage (10) mit einer Beleuchtungseinrichtung und einem Projektionsobjektiv, dadurch gekennzeichnet, dass die Projektionsbelichtungsanlage ein reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist.

10

18. Maskeninspektionsanlage zur Inspektion von Retikeln für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskeninspektionsanlage ein reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist.

15



100

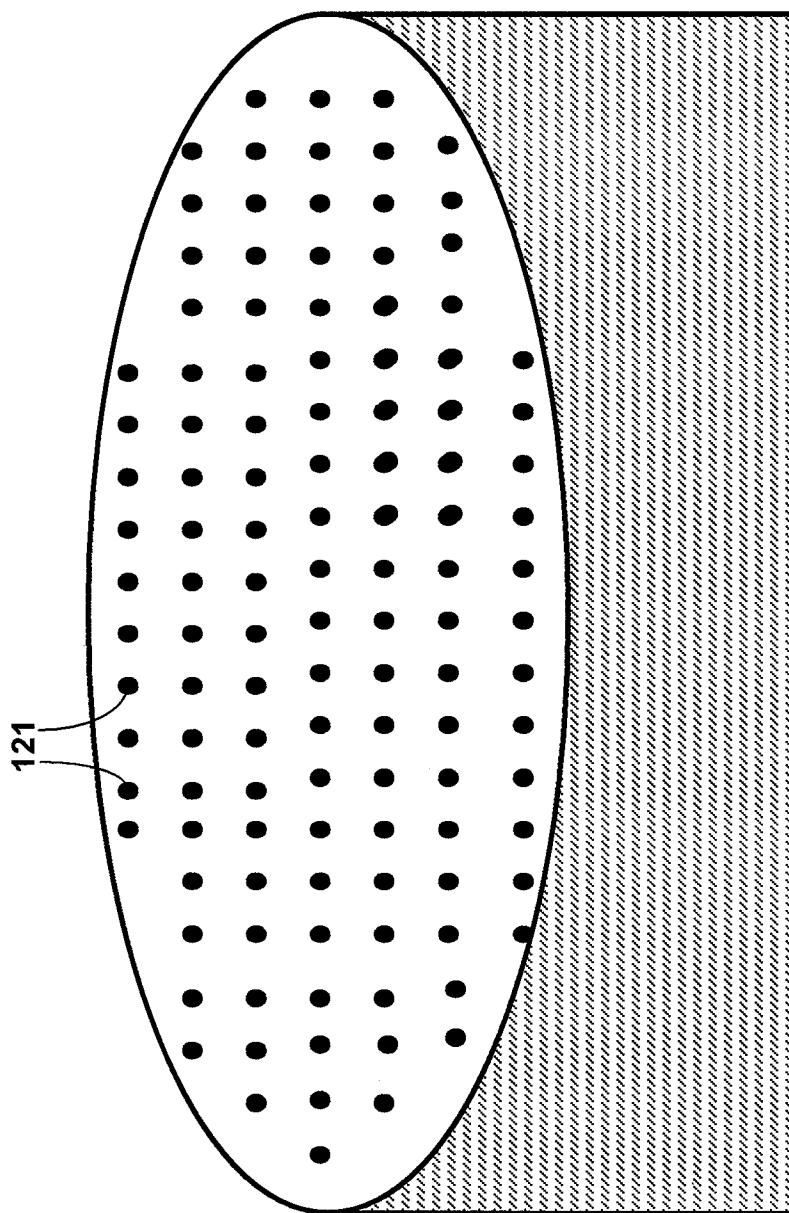


Fig. 2

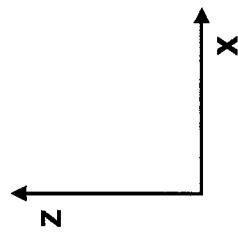
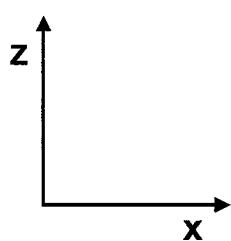
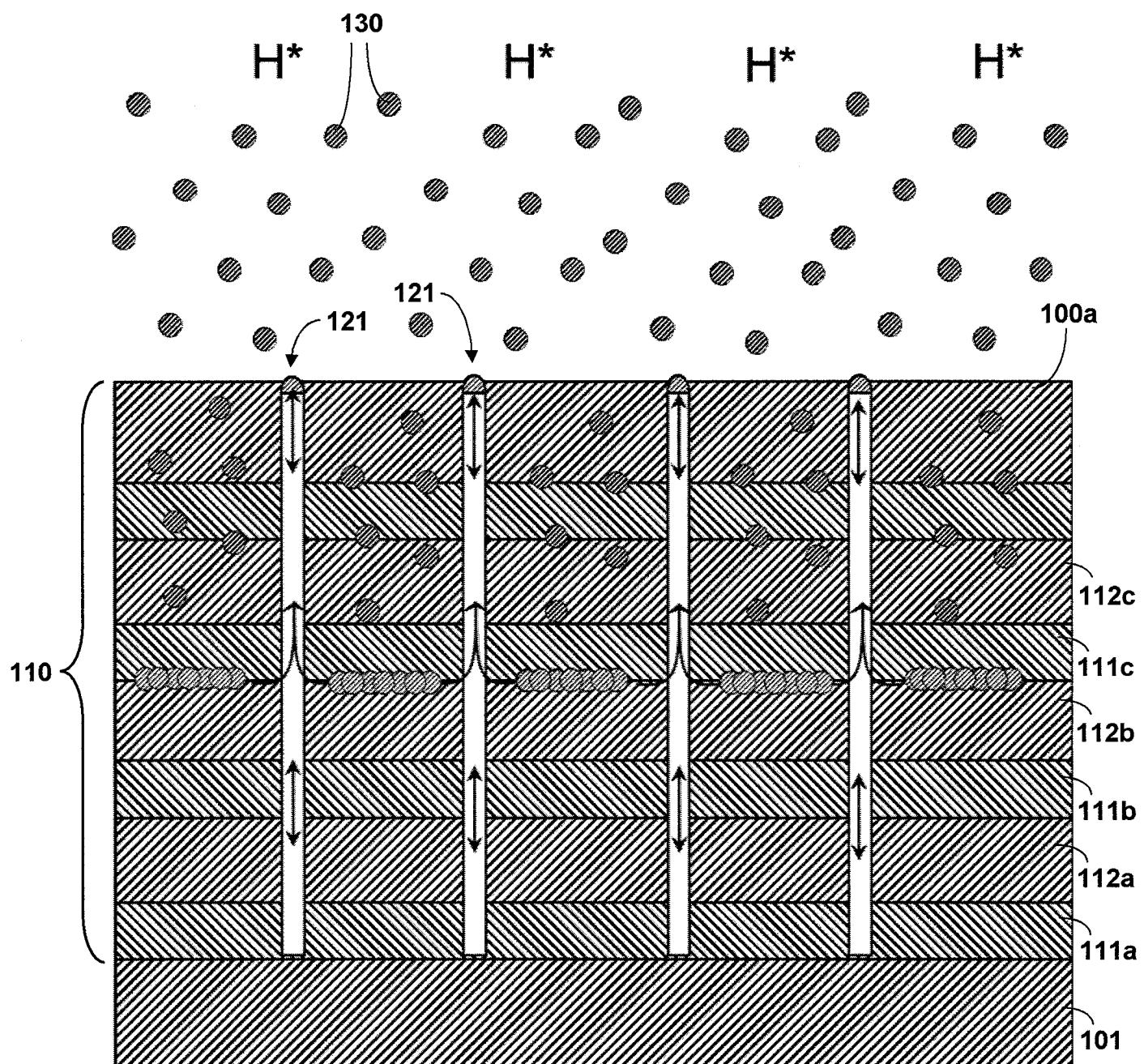


Fig. 3

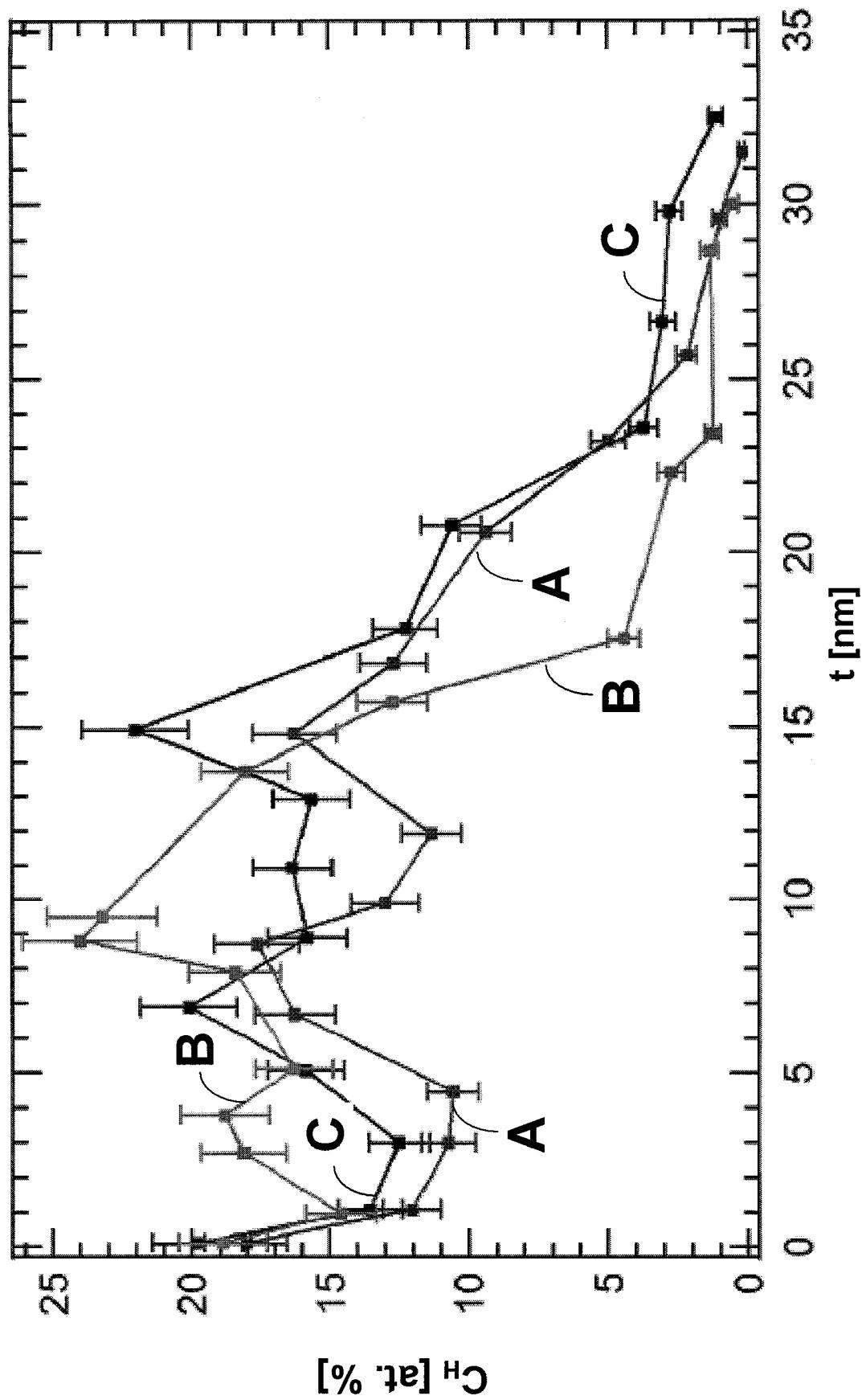


Fig. 4

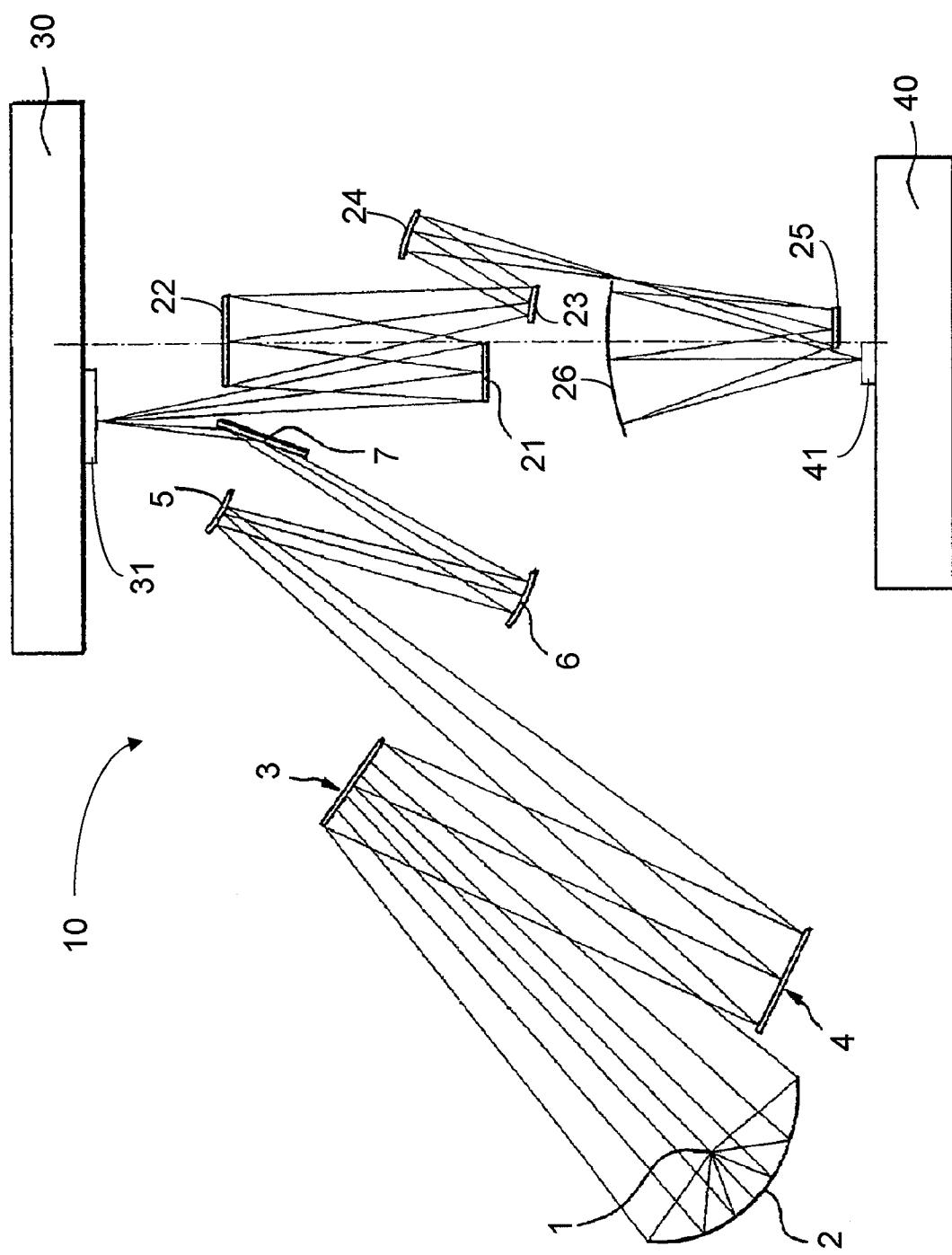
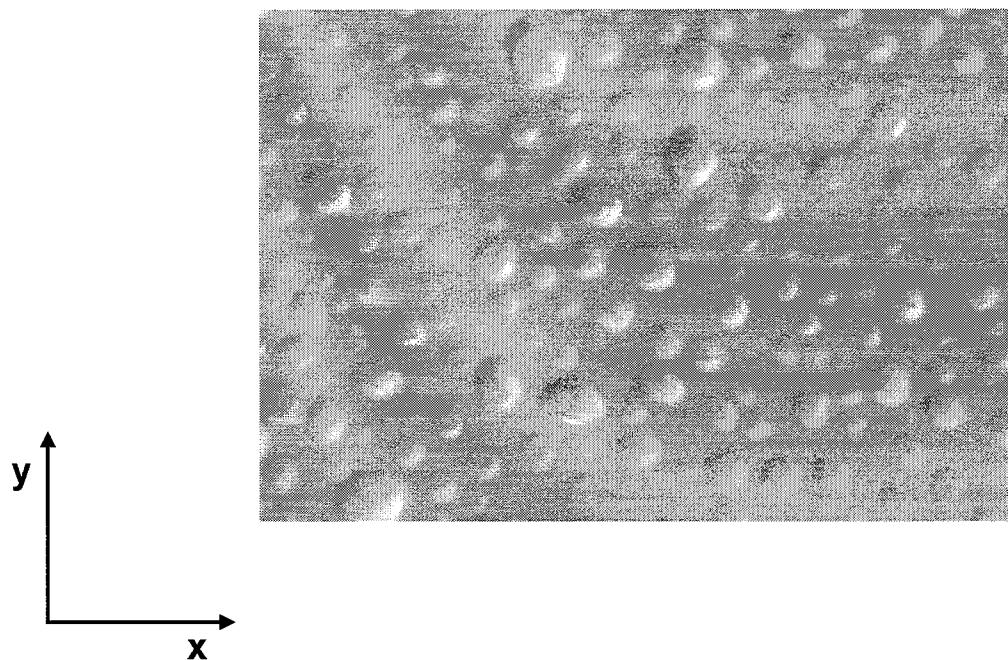
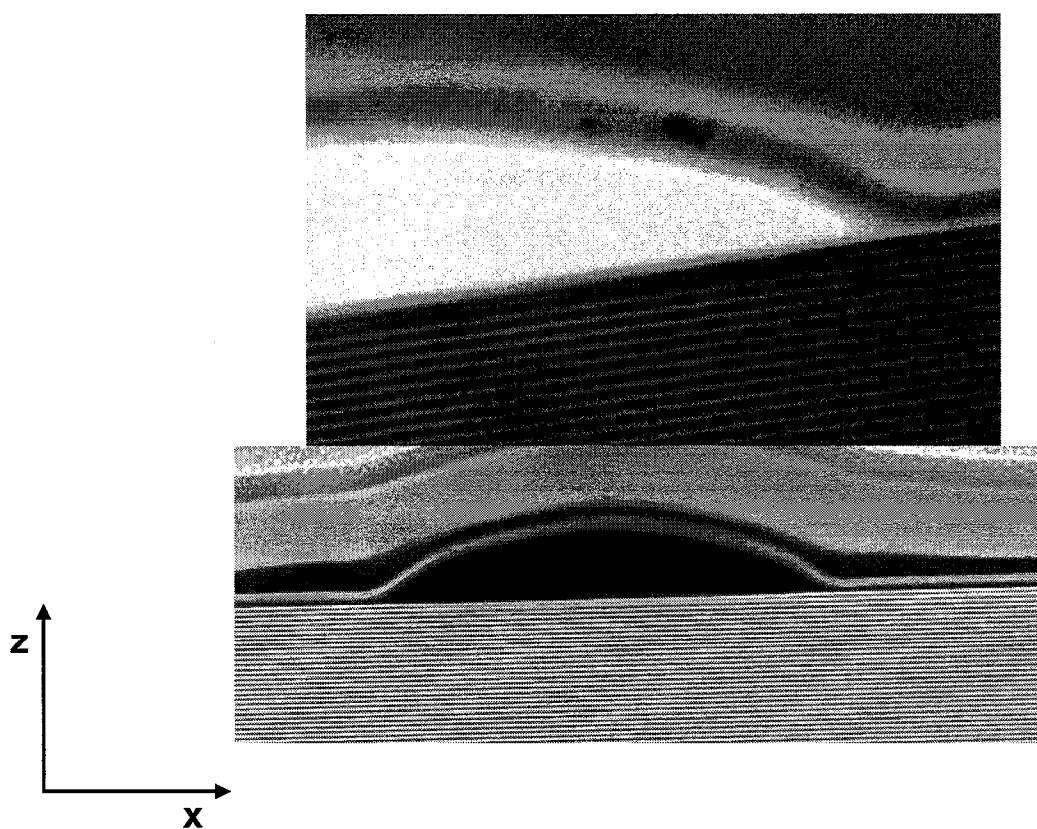


Fig. 5

Fig. 6**a)****b)**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/068306

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G02B5/08 G03F7/20 G02B27/00
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

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

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

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

EPO-Internal, 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.
X	US 2009/053465 A1 (SCHERG GERD-PETER [DE] ET AL) 26 February 2009 (2009-02-26)	1-6,8,9, 12-15
Y	paragraph [0008] - paragraph [0023]; figure 1	7,10,11, 16-18
Y	----- US 2009/252537 A1 (CHOI WOO-SEOK [KR] ET AL) 8 October 2009 (2009-10-08) abstract; figures 1-2	7
Y	----- US 2011/287363 A1 (PATTI DAVIDE GIUSEPPE [IT] ET AL) 24 November 2011 (2011-11-24) abstract; figures 4-13	10,11
Y	----- WO 2013/174656 A2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 28 November 2013 (2013-11-28) paragraphs [0003], [0061]; figure 2	16-18
	----- -/-	

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 30 October 2015	Date of mailing of the international search report 06/11/2015
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 Lehtiniemi, Henry

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/068306

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014/160455 A1 (YAKUNIN ANDREI MIKHAILOVICH [NL] ET AL) 12 June 2014 (2014-06-12) paragraph [0117] - paragraph [0127]; figure 15 -----	1,8
A	US 4 142 006 A (CHOYKE WOLFGANG J ET AL) 27 February 1979 (1979-02-27) column 3, line 2; figure 1 -----	1,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/068306

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US 2009053465	A1 26-02-2009	DE 102006008784 A1			06-09-2007
		EP 1987378 A1			05-11-2008
		JP 2009527780 A			30-07-2009
		US 2009053465 A1			26-02-2009
		WO 2007098843 A1			07-09-2007
-----	-----	-----	-----	-----	-----
US 2009252537	A1 08-10-2009	CN 101551519 A			07-10-2009
		EP 2107410 A2			07-10-2009
		JP 2009251595 A			29-10-2009
		KR 20090105747 A			07-10-2009
		US 2009252537 A1			08-10-2009
-----	-----	-----	-----	-----	-----
US 2011287363	A1 24-11-2011	NONE			
-----	-----	-----	-----	-----	-----
WO 2013174656	A2 28-11-2013	JP 2015523714 A			13-08-2015
		KR 20150021061 A			27-02-2015
		NL 2010777 A			25-11-2013
		US 2015160569 A1			11-06-2015
		WO 2013174656 A2			28-11-2013
-----	-----	-----	-----	-----	-----
US 2014160455	A1 12-06-2014	CN 103080840 A			01-05-2013
		CN 103901737 A			02-07-2014
		EP 2465012 A1			20-06-2012
		EP 2518563 A1			31-10-2012
		JP 2013534727 A			05-09-2013
		KR 20130132383 A			04-12-2013
		KR 20140027562 A			06-03-2014
		SG 186072 A1			30-01-2013
		TW 201200971 A			01-01-2012
		TW 201428437 A			16-07-2014
		US 2013088699 A1			11-04-2013
		US 2014160455 A1			12-06-2014
		WO 2011160861 A1			29-12-2011
-----	-----	-----	-----	-----	-----
US 4142006	A 27-02-1979	FR 2275908 A1			16-01-1976
		GB 1499683 A			01-02-1978
		GB 1499684 A			01-02-1978
		JP S5114033 A			04-02-1976
		US 4142006 A			27-02-1979

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/068306

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G02B5/08 G03F7/20 G02B27/00
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G02B G03F

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/053465 A1 (SCHERG GERD-PETER [DE] ET AL) 26. Februar 2009 (2009-02-26) Absatz [0008] - Absatz [0023]; Abbildung 1	1-6,8,9, 12-15 7,10,11, 16-18
Y	----- US 2009/252537 A1 (CHOI WOO-SEOK [KR] ET AL) 8. Oktober 2009 (2009-10-08) Zusammenfassung; Abbildungen 1-2	7
Y	----- US 2011/287363 A1 (PATTI DAVIDE GIUSEPPE [IT] ET AL) 24. November 2011 (2011-11-24) Zusammenfassung; Abbildungen 4-13	10,11
Y	----- WO 2013/174656 A2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 28. November 2013 (2013-11-28) Absätze [0003], [0061]; Abbildung 2	16-18
	----- ----- -/-	

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 erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30. Oktober 2015

06/11/2015

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

Lehtiniemi, Henry

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2015/068306

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2014/160455 A1 (YAKUNIN ANDREI MIKHAILOVICH [NL] ET AL) 12. Juni 2014 (2014-06-12) Absatz [0117] - Absatz [0127]; Abbildung 15 -----	1,8
A	US 4 142 006 A (CHOYKE WOLFGANG J ET AL) 27. Februar 1979 (1979-02-27) Spalte 3, Zeile 2; Abbildung 1 -----	1,8
1		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/068306

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2009053465	A1	26-02-2009	DE 102006008784 A1		06-09-2007
			EP 1987378 A1		05-11-2008
			JP 2009527780 A		30-07-2009
			US 2009053465 A1		26-02-2009
			WO 2007098843 A1		07-09-2007
<hr/>					
US 2009252537	A1	08-10-2009	CN 101551519 A		07-10-2009
			EP 2107410 A2		07-10-2009
			JP 2009251595 A		29-10-2009
			KR 20090105747 A		07-10-2009
			US 2009252537 A1		08-10-2009
<hr/>					
US 2011287363	A1	24-11-2011	KEINE		
<hr/>					
WO 2013174656	A2	28-11-2013	JP 2015523714 A		13-08-2015
			KR 20150021061 A		27-02-2015
			NL 2010777 A		25-11-2013
			US 2015160569 A1		11-06-2015
			WO 2013174656 A2		28-11-2013
<hr/>					
US 2014160455	A1	12-06-2014	CN 103080840 A		01-05-2013
			CN 103901737 A		02-07-2014
			EP 2465012 A1		20-06-2012
			EP 2518563 A1		31-10-2012
			JP 2013534727 A		05-09-2013
			KR 20130132383 A		04-12-2013
			KR 20140027562 A		06-03-2014
			SG 186072 A1		30-01-2013
			TW 201200971 A		01-01-2012
			TW 201428437 A		16-07-2014
			US 2013088699 A1		11-04-2013
			US 2014160455 A1		12-06-2014
			WO 2011160861 A1		29-12-2011
<hr/>					
US 4142006	A	27-02-1979	FR 2275908 A1		16-01-1976
			GB 1499683 A		01-02-1978
			GB 1499684 A		01-02-1978
			JP S5114033 A		04-02-1976
			US 4142006 A		27-02-1979