

(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
12. Dezember 2024 (12.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/251468 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/063176

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Mai 2024 (14.05.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 205 340.3
07. Juni 2023 (07.06.2023) DE

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

(72) Erfinder: **HERMANN, Martin**; Carl-Zeiss-Strasse 22,
73447 Oberkochen (DE). **BROCH, Katharina**; Ru-
dolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE). **SCHMIDT,**
Felix; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).

ENKISCH, Hartmut; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Ober-
kochen (DE). **STROBEL, Sebastian**; Rudolf-Eber-Strasse
2, 73447 Oberkochen (DE).

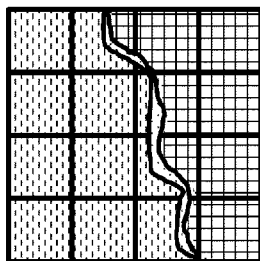
(74) Anwalt: **FRANK, Hartmut**; BONSMANN · BON-
MANN · FRANK Patentanwälte, Reichspräsidentenstraße
21-25, 45470 Mülheim a.d. Ruhr (DE).

(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, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING AN OPTICAL ELEMENT, OPTICAL ELEMENT AND COATING PLANT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES OPTISCHEN ELEMENTS, SOWIE OPTISCHES ELEMENT UND
BESCHICHTUNGSANLAGE

Fig. 2 d)



230

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing an optical element, to an optical element and to a coating plant. In the method according to the invention, at least one substrate (101, 300, 400, 800, 903) is fed coating material from at least one source (901) for the deposition of in each case one layer system on the substrate, wherein, through targeted spatially resolved selection and/or treatment of the deposited coating material and/or of the substrate, a plurality of zones (111, 112, 121, 122) that are laterally adjacent to one another in at least one predefined direction are formed in each case with a defined layer thickness profile and a defined layer composition, wherein these zones differ from one another in terms of their layer thickness profile and/or their layer composition, wherein the average dimension of the zones in the predefined direction lies in each case in the range from 0.1 mm to 2 cm, wherein the optical element is a mirror array with a plurality of mirror elements, and wherein, for different substrates of this mirror array, mutually different layer thickness profiles and/or layer compositions of the layer system deposited in each case are created.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines optischen Elements, sowie ein optisches Element und eine Beschichtungsanlage. Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren wird wenigstens einem Substrat (101, 300, 400, 800, 903) Beschichtungsmaterial von wenigstens einer Quelle (901) zur Deposition jeweils eines Schichtsystems auf dem Substrat zugeführt, wobei durch gezieltes orts aufgelöstes Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials und/oder des Substrats eine Mehrzahl von lateral in wenigstens einer vorgegebenen Richtung einander benachbarten Zonen (111, 112, 121, 122) mit jeweils definiertem Schichtdickenverlauf und definierter Schichtzusammensetzung ausgebildet wird, wobei diese Zonen sich in ihrem Schichtdickenverlauf und/oder ihrer Schichtzusammensetzung voneinander unterscheiden, wobei die mittlere Abmessung der Zonen in der vorgegebenen Richtung jeweils im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm liegt, wobei das optische Element ein Spiegel-Array mit einer Mehrzahl von Spiegelementen ist, und wobei für unterschiedliche Substrate dieses Spiegel-Arrays voneinander verschiedene Schichtdickenverläufe und/oder Schichtzusammensetzungen des jeweils deponierten Schichtsystems erzeugt werden.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Verfahren zum Herstellen eines optischen Elements,
sowie optisches Element und Beschichtungsanlage

5

Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der Deutschen Patentanmeldung DE 10 2023 205 340.3, angemeldet am 7. Juni 2023. Der Inhalt dieser DE-Anmeldung wird durch Bezugnahme („incorporation by reference“) mit
10 in den vorliegenden Anmeldungstext aufgenommen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

15 Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines optischen Elements, insbesondere für die Mikrolithographie, sowie ein optisches Element, eine Beschichtungsanlage und eine mikrolithographische Projektionsbelichtungs-
20 anlage.

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
30 (= 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.

In für den EUV-Bereich ausgelegten Projektionsobjektiven, z.B. bei Wellenlängen von z.B. etwa 13 nm, etwa 11 nm, etwa 7 nm oder etwa 4 nm, werden mangels Verfügbarkeit geeigneter lichtdurchlässiger refraktiver Materialien Spiegel als optische Komponenten für den Abbildungsprozess verwendet.

In der Beleuchtungseinrichtung einer für den Betrieb im EUV ausgelegten mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage, aber auch in für den Betrieb bei Wellenlängen im DUV-Bereich (z.B. bei Wellenlängen von ca. 248 nm oder ca. 193 nm) ausgelegten mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlagen, ist der Einsatz von aus einer Mehrzahl von Einzelspiegeln aufgebauten Spiegelanordnungen (z.B. in Form von Facettenspiegeln oder Pupillenfacettenspiegeln) zur flexiblen Einstellung unterschiedlicher Beleuchtungswinkelverteilungen bekannt. Diese Einzelspiegel können jeweils über Festkörpergelenke unabhängig voneinander einstellbar bzw. kippbar ausgelegt sein und ihrerseits als Blöcke aus einzelnen Mikrosiegeln in Form mikroelektromechanischer Systeme (sogenannter „MEMS-Spiegel“) aufgebaut sein.

Zur Herstellung der spiegelnden Beschichtung werden beispielsweise Anlagen verwendet, in denen Magnetron-Sputtern zum Einsatz kommt. Dabei wird das jeweilige Spiegelsubstrat (hierunter wird der Träger für die im Beschichtungsverfahren aufzubringende Schicht bzw. das aufzubringende Schichtsystem verstanden) über die den jeweiligen Targets (denen ein entsprechendes Beschichtungsmaterial zugeordnet ist) zugewandten Beschichtungspositionen geführt. Eine Einstellung vorgegebener Schichtdickenprofile kann in dem Fachmann grundsätzlich bekannter Weise über eine Änderung der Geschwindigkeit, eine Änderung der Leistung oder durch eine Verwendung geeigneter Blenden erfolgen. In einer Beschichtungsanlage, in der das Material über Elektronenstrahl-Verdampfen auf das Spiegelsubstrat aufgebracht wird, kann entsprechend die Einstellung vorgegebener Schichtdickenprofile über eine Verwendung geeigneter Blenden erfolgen. Ein azimuthal verlaufendes Dickenprofil kann auch

in einer Beschichtungsanlage, in der das Material über Elektronenstrahl-Verdampfen auf das Spiegelsubstrat aufgebracht wird, eingestellt werden: Hierbei werden (Rotations-)Geschwindigkeits-Profile mit einer Maske kombiniert, analog kann auch die Rate variiert werden.

5

In der Praxis besteht – insbesondere im Zuge der fortschreitenden Entwicklung zu Systemen mit höheren numerischen Aperturen (NA) sowie zur Bereitstellung ausreichender Pupillenfüllgrade – der Bedarf, die Bereitstellung von Zonen unterschiedlicher Schichtdicke und/oder unterschiedlicher Schichtzusammensetzung auch mit vergleichsweise geringen Zonengrößen zu realisieren, mit anderen Worten also bei der Spiegelherstellung die Kontrolle des Schichtdickenverlaufs bzw. der Schichtzusammensetzung mit entsprechend geringer Ortswellenlänge durchführen zu können. Dies ist insbesondere in Szenarien von Bedeutung, in denen auch bei signifikanter Variation des Einfallswinkels der auf den betreffenden Spiegel bzw. die Spiegelanordnung im Betrieb des optischen Systems auftreffenden elektromagnetischen Strahlung eine hohe Gesamttransmission sowie Uniformität des optischen Systems gewährleistet werden soll.

10

15

Die gezielte Kontrolle von Schichtdickenverlauf und -zusammensetzung ist somit von großer Bedeutung, um die Reflektivität und letztlich die Gesamtperformance des optischen Systems zu verbessern.

20

Zum Stand der Technik wird lediglich beispielhaft auf DE 10 2016 201 564 A1, DE 10 2015 225 535 A1, DE 10 2015 217 603 A1, DE 10 2012 215 359 A1, DE 10 2012 204 833 A1, WO 2022/008102 A1 und US 10,423,073 B2 verwiesen.

25

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Vor dem obigen Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Herstellen eines optischen Elements sowie ein optisches Element und eine Beschichtungsanlage bereitzustellen, welche eine

30

Realisierung von Zonen unterschiedlicher Schichtdicke und/oder Schichtzusammensetzung auch bei vergleichsweise geringen Zonengrößen ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der nebengeordneten Patentansprüche
5 gelöst.

Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zum Herstellen eines optischen Elements, insbesondere für die Mikrolithographie, in einem in einer Beschichtungsanlage durchgeführten Beschichtungsprozess,

- 10 – wobei wenigstens einem Substrat Beschichtungsmaterial von wenigstens einer Quelle zur Deposition jeweils eines Schichtsystems auf dem Substrat zugeführt wird; und
- wobei durch gezieltes orts aufgelöstes Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials und/oder des Substrats eine
15 Mehrzahl von lateral in wenigstens einer vorgegebenen Richtung einander benachbarten Zonen mit jeweils definiertem Schichtdickenverlauf und definierter Schichtzusammensetzung ausgebildet wird, wobei diese Zonen sich in ihrem Schichtdickenverlauf und/oder ihrer Schichtzusammensetzung voneinander unterscheiden;
- 20 – wobei die mittlere Abmessung der Zonen in der vorgegebenen Richtung jeweils im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm liegt;
- wobei das optische Element ein Spiegel-Array mit einer Mehrzahl von Spiegelementen ist; und
- wobei für unterschiedliche Substrate dieses Spiegel-Arrays voneinander
25 verschiedene Schichtdickenverläufe und/oder Schichtzusammensetzungen des jeweils deponierten Schichtsystems erzeugt werden.

Die Formulierung „Selektieren des deponierten Beschichtungsmaterials“ ist dabei im Sinne der vorliegenden Anmeldung so zu verstehen, dass dieses
30 Selektieren je nach Ausführungsform und wie im Weiteren beschrieben

alternativ vor, während oder nach dem Deponieren des Beschichtungsmaterials auf dem Substrat erfolgen kann.

5 Von der Formulierung „definierter Schichtdickenverlauf“ soll dabei im Sinne der vorliegenden Anmeldung auch ein konstanter Schichtdickenverlauf mit umfasst sein.

10 Gemäß einem weiteren Aspekt umfasst die Offenbarung auch ein Verfahren zum Herstellen eines optischen Elements, insbesondere für die Mikrolithographie, in einem in einer Beschichtungsanlage durchgeführten Beschichtungsprozess, wobei wenigstens einem Substrat Beschichtungsmaterial von wenigstens einer Quelle zur Deposition jeweils eines Schichtsystems auf dem Substrat zugeführt wird, und wobei durch gezieltes orts aufgelöstes Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials und/oder des
15 Substrats eine Mehrzahl von lateral in wenigstens einer vorgegebenen Richtung einander benachbarten Zonen mit jeweils definiertem Schichtdickenverlauf und definierter Schichtzusammensetzung ausgebildet wird, wobei diese Zonen sich in ihrem Schichtdickenverlauf und/oder ihrer Schichtzusammensetzung voneinander unterscheiden, wobei die mittlere Abmessung der Zonen in der vorgegebenen Richtung jeweils im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm liegt. Hierbei kann es sich bei dem optischen Element um eine Spiegelanordnung, insbesondere um ein Spiegel-Array mit einer Mehrzahl von (gegebenenfalls auch unabhängig voneinander verstellbaren) Spiegelementen oder auch um einen Einzelspiegel handeln. Ferner kann es sich gemäß einem Aspekt der Offenbarung bei dem
20 optischen Element auch um eine Linse handeln, wobei die Deposition des Schichtsystems z.B. zur Ausbildung einer Antireflexschicht (AR-Schicht) erfolgen kann.

25 Die Variation des Schichtdickenverlaufs und/oder der Schichtzusammensetzung eines Schichtsystems kann auf ein- und demselben Substrat oder auch über eine Mehrzahl von Substraten hinweg realisiert werden. Dabei kann im Falle der erfindungsgemäßen Anwendung auf die Herstellung eines Spiegel-Arrays die
30

Mehrzahl von (Spiegel-)Substraten insbesondere auch in einem gemeinsamen Modul vorgesehen bzw. zusammengebaut sein.

Im Falle der erfindungsgemäßen Anwendung auf die Herstellung eines Spiegel-Arrays kann die Erzeugung von Zonen, welche sich im Schichtdickenverlauf und/oder in ihrer Schichtzusammensetzung voneinander unterscheiden, bzw. entsprechender Zonengrenzen zwischen einander benachbarten Zonen auch innerhalb ein- und desselben Spiegelements (und nicht nur an den jeweiligen Grenzen benachbarter Spiegelemente) erfolgen. Mit anderen Worten sind erfindungsgemäß insbesondere auch Spiegel-Arrays herstellbar, bei denen die jeweiligen Grenzen zwischen Zonen unterschiedlicher Schichtdicken bzw. Schichtzusammensetzungen nicht den Grenzen zwischen benachbarten Spiegelementen entsprechen.

Das Schichtsystem kann insbesondere ein Reflexionsschichtsystem, z.B. ein Mehrfachschichtsystem aus alternierend angeordneten Molybdän (Mo)- sowie Silizium (Si)-Schichten eines für den Betrieb unter senkrechtem Einfall ausgelegten (NI-)Spiegels (NI= „normal incidence“) oder auch eine Einzelschicht aus z.B. Ruthenium (Ru) eines für den Betrieb unter streifendem Einfall ausgelegten (GI-)Spiegels (GI= „grazing incidence“), sowie gegebenenfalls auch weitere Funktionsschichten umfassen. Dabei sind die vorstehend genannten Schichtmaterialien Molybdän (Mo)/Silizium (Si) bzw. Ruthenium (Ru) jeweils zum Einsatz bei einer Arbeitswellenlänge von etwa 13 nm geeignet, wobei für andere Arbeitswellenlängen andere Schichtmaterialien (z.B. Molybdän (Mo)/Bor (B) für eine Arbeitswellenlänge von etwa 11 nm und Lanthan (La)/Bor (B) für eine Arbeitswellenlänge von etwa 7 nm) geeignet sind.

Der Erfindung liegt insbesondere das Konzept zugrunde, beim Herstellen eines optischen Elements wie insbesondere einer Spiegelanordnung Zonen unterschiedlicher Schichtdicke und/oder unterschiedlicher Schichtzusammensetzung bei vergleichsweise geringen Zonengrößen bzw. Ortswellenlängen im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm zu realisieren, indem bei der Deposition eines Schichtsystems auf einem oder mehreren Substraten durch Zufuhr von Beschichtungs-

material von wenigstens einer Quelle ein gezieltes orts aufgelöstes Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials und/oder des Substrats durchgeführt wird.

5 Das Selektieren wiederum kann erfindungsgemäß in unterschiedlicher Weise erfolgen, wozu im Weiteren noch unterschiedliche Ausführungsformen beschrieben werden. Des Weiteren beinhalten einige Ausführungsformen wenigstens einen auf einer Skala von vergleichsweise niedrigen Ortswellenlängen gezielt
10 lokal wirkenden selektiven Behandlungsschritt, mit welchem die Bereitstellung von Zonen unterschiedlicher Schichtdicke und/oder unterschiedlicher Schichtzusammensetzung mit den o.g. vergleichsweise geringen Zonengrößen im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm sowie auch mit vergleichsweise scharfen Übergängen realisiert werden kann. Das Behandeln kann lediglich beispielhaft ein
15 Dotieren, eine Oberflächenmodifikation, ein Passivieren, ein Tempern oder auch ein lichtinduziertes Ätzen umfassen.

Gemäß einer Ausführungsform besitzt eine Übergangszone zwischen einander benachbarten Zonen eine maximale Breite von 1 mm.

20 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist eine Übergangszone zwischen einander benachbarten Zonen einen vorgegebenen monotonen Verlauf einer die Ortsabhängigkeit der Schichtdicke und/oder der Schichtzusammensetzung beschreibenden Funktion auf. Dabei kann die Breite dieser Übergangszone insbesondere im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm liegen. In dieser Ausgestaltung kann
25 ein allmählicher, gegebenenfalls auch kontinuierlicher oder quasi-kontinuierlicher Übergang zwischen den zuvor genannten Zonen bereitgestellt werden; dabei kann die besagte, die Schichtzusammensetzung beschreibende Funktion beispielsweise das Verhältnis zwischen zwei Schichtmaterialien beschreiben.

30 Gemäß einer Ausführungsform wird auf ein- und demselben Substrat eine Mehrzahl von Zonen mit jeweils definiertem Schichtdickenverlauf und definierter Schichtzusammensetzung, welche sich im Schichtdickenverlauf und/oder in ihrer Schichtzusammensetzung voneinander unterscheiden, erzeugt.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Selektieren des Beschichtungsmaterials ein partielles Ausblenden und/oder ein partielles Ablenken von Beschichtungsmaterial derart, dass dieses Beschichtungsmaterial nicht zur
5 Deposition des Schichtsystems auf dem wenigstens einen Substrat beiträgt.

Gemäß einer Ausführungsform erfolgt dieses partielle Ausblenden von Beschichtungsmaterial über wenigstens eine Maske, welche während der Durchführung des Beschichtungsprozesses in einem definierten Abstand von
10 wenigstens einem Substrat angeordnet ist.

Gemäß einer Ausführungsform liegt dieser definierte Abstand im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm.

15 Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Selektieren des Beschichtungsmaterials ein partielles elektrisches Aufladen des wenigstens einen Substrats.

Gemäß einer Ausführungsform erfolgt das partielle Ausblenden von Beschichtungsmaterial über einen Schutzlack, mit welchem das wenigstens eine Substrat
20 vor Durchführung des Beschichtungsprozesses behandelt wird.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials und/oder des Substrats ein partielles Tempern des
25 wenigstens einen Substrats nach Durchführung des Beschichtungsprozesses.

Gemäß einer Ausführungsform ist das optische Element für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 400 nm, insbesondere weniger als 250 nm, weiter insbesondere weniger als 200 nm, ausgelegt.

30 Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das optische Element für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 30 nm, insbesondere weniger als 15 nm, ausgelegt. Insbesondere kann das optische Element für Wellenlängen von z.B. etwa 13 nm, etwa 11 nm, etwa 7 nm oder etwa 4 nm ausgelegt sein.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst das orts aufgelöste Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials ein Abtragen von Beschichtungsmaterial.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst das orts aufgelöste Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials ein Implantieren von Material.

- 10 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst das orts aufgelöste Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials und/oder des Substrats ein Verändern des Substrats und/oder der Substratoberfläche und/oder eines zuvor deponierten Materials.

- 15 Die Erfindung betrifft weiter ein optisches Element, insbesondere für die Mikrolithographie, welches mit einem Verfahren mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen hergestellt ist.

- 20 Die Erfindung betrifft weiter auch eine Beschichtungsanlage zum Herstellen eines optischen Elements, insbesondere für die Mikrolithographie, mit einer Prozesskammer zur Aufnahme wenigstens eines Substrats, wenigstens einer Quelle zur Bereitstellung von Beschichtungsmaterial und wenigstens einer Antriebseinheit zur Durchführung einer Relativbewegung von Quelle und Substrat, wobei die Beschichtungsanlage zur Durchführung eines Verfahrens mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen ausgestaltet ist.

- 25 Die Erfindung betrifft weiter auch eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage mit einer Beleuchtungseinrichtung und einem Projektionsobjektiv, wobei die Beleuchtungseinrichtung im Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage eine in einer Objektebene des Projektionsobjektivs befindliche Maske beleuchtet und das Projektionsobjektiv Strukturen auf dieser Maske auf eine in einer Bild-
- 30 ebene des Projektionsobjektivs befindliche lichtempfindliche Schicht abbildet, wobei die Projektionsbelichtungsanlage wenigstens ein optisches Element

aufweist, welches mit einem Verfahren mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen hergestellt ist.

5 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.

10

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es zeigen:

- 15 Figuren 1a-2d schematische Darstellungen zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Konzepts;
- Figuren 3a-4f schematische Darstellungen zur Erläuterung möglicher Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Verfahrens unter Verwendung einer Maske, welche während der Durchführung des Beschichtungsprozesses in einem definierten Abstand von dem Spiegelsubstrat angeordnet ist;
- 20
- Figuren 5a-5c schematische Darstellungen zur Erläuterung einer möglichen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit partiellem Tempern des Spiegelsubstrats nach Durchführung des Beschichtungsprozesses;
- 25
- Figuren 6a-7b schematische Darstellungen zur Erläuterung einer möglichen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welchem das Selektieren des Beschichtungsmaterials ein partielles elektrisches Aufladen des Spiegelsubstrats umfasst;
- 30

- 5 Figuren 8a-8g schematische Darstellungen zur Erläuterung möglicher Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welchem ein partielles Ausblenden von Beschichtungsmaterial über einen Schutzlack erfolgt, mit welchem das Spiegelsubstrat vor Durchführung des Beschichtungsprozesses behandelt wird;
- 10 Figur 9 eine schematische Darstellung eines prinzipiellen möglichen Aufbaus einer erfindungsgemäßen Beschichtungsanlage;
- 15 Figuren 10a-10d schematische Darstellungen zur Erläuterung grundsätzlich möglicher Anwendungsszenarien der Erfindung;
- 20 Figuren 11a-11f schematische Darstellungen zur Veranschaulichung einer möglichen Anwendung auf eine Schichtdickenvariation innerhalb des optisch wirksamen Teils bzw. Schichtsystems eines Spiegels bzw. einer Spiegelanordnung;
- 25 Figur 12 ein Diagramm zur Darstellung des wellenlängenabhängigen Reflektivitätsverlaufs für das Ausführungsbeispiel von Fig. 11a-11f;
- 30 Figuren 13a-13f schematische Darstellungen zur Veranschaulichung einer möglichen Anwendung auf eine Schichtdickenvariation innerhalb des optisch wirksamen Teils bzw. Schichtsystems eines Spiegels bzw. einer Spiegelanordnung in einer weiteren Ausführungsform;
- 35 Figur 14 ein Diagramm zur Darstellung des wellenlängenabhängigen Reflektivitätsverlaufs für das Ausführungsbeispiel von Fig. 13a-13f; und
- 40 Figur 15 eine schematische Darstellung einer für den Betrieb im EUV

ausgelegten Projektionsbelichtungsanlage.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

5

10

15

Im Weiteren wird davon ausgegangen, dass bei der Herstellung einer Spiegelanordnung (die für den Betrieb im EUV- oder auch für den DUV-Wellenlängenbereich ausgelegt sein kann) mit z.B. einer Magnetron-Beschichtungsanlage oder einer Elektronenstrahl-Beschichtungsanlage ein gewünschter Schichtdickenverlauf und/oder eine gewünschte Schichtzusammensetzung des Schichtsystems (einschließlich Reflexionsschichtsystem sowie etwaigen Funktionsschichten) variiert werden soll. Im Folgenden werden beispielhafte Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Verfahrens unter Bezugnahme auf die schematischen Diagramme von Fig. 1a-8g erläutert.

Dabei wird erfindungsgemäß auf die Anwendung des Verfahrens auf das Herstellen einer Spiegelanordnung Bezug genommen.

20

Die Offenbarung ist jedoch nicht hierauf beschränkt, so dass es sich bei dem hergestellten optischen Element auch z.B. um einen Einzelspiegel oder um eine Linse handeln kann, wobei die Deposition des Schichtsystems z.B. zur Ausbildung einer Antireflexschicht (AR-Schicht) erfolgen kann.

25

30

Den im Weiteren beschriebenen Ausführungsformen ist gemeinsam, dass beim Herstellen einer Spiegelanordnung in einem in einer Beschichtungsanlage durchgeführten Beschichtungsprozess, bei welchem wenigstens einem Substrat Beschichtungsmaterial von wenigstens einer Quelle zur Deposition jeweils eines Schichtsystems auf dem Substrat zugeführt wird, der Schichtdickenverlauf und/oder die Schichtzusammensetzung eines Schichtsystems durch gezieltes orts aufgelöstes Selektieren und/oder Behandeln des Beschichtungsmaterials und/oder des Substrats variiert werden, so dass lateral in wenigstens einer vorgegebenen Richtung einander benachbarte Zonen mit jeweils definiertem

Schichtdickenverlauf und definierter Schichtzusammensetzung ausgebildet werden, wobei diese Zonen sich in ihrem Schichtdickenverlauf und/oder ihrer Schichtzusammensetzung voneinander unterscheiden, wobei die mittlere Abmessung der Zonen in der vorgegebenen Richtung jeweils im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm liegt.

Dabei können Schichtdickenverlauf und/oder Schichtzusammensetzung in solcher Weise eingestellt werden, dass in den betreffenden Zonen die Reflektivität zur gezielten Einstellung des Reflexionsgrades bei der jeweiligen Arbeitswellenlänge (z.B. für EUV-Strahlung) jeweils teilweise unterdrückt bzw. abgeschwächt wird oder dass die betreffende Zone sogar bei der jeweiligen Arbeitswellenlänge absorbierend wirkt.

Das erfindungsgemäße orts aufgelöste Selektieren des Beschichtungsmaterials kann dabei wie im Weiteren beschrieben in unterschiedlicher Weise erfolgen, wobei diese Ausführungsformen auch in geeigneter Weise miteinander kombiniert werden können. Insbesondere kann das erfindungsgemäße orts aufgelöste Selektieren des Beschichtungsmaterials ein partielles Ablenken von Beschichtungsmaterial (mit der Folge, dass dieses Beschichtungsmaterial nicht mehr zur Deposition des Schichtsystems auf dem Spiegelsubstrat beiträgt) oder auch ein partielles Ausblenden von Beschichtungsmaterial (z.B. über einen Schutzlack, mit welchem das Spiegelsubstrat vor Durchführung des Beschichtungsprozesses behandelt wird, oder über eine Maske, welche während der Durchführung des Beschichtungsprozesses in einem definierten Abstand von dem Spiegelsubstrat angeordnet wird) umfassen.

Fig. 1a-2d zeigen zunächst schematische Darstellungen zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Konzepts.

Dabei werden erfindungsgemäß auf einem in Fig. 1a mit „101“ bezeichneten Spiegelsubstrat z.B. gemäß Fig. 1b voneinander separierte Zonen 111, 112 unterschiedlicher Schichtdicke und/oder unterschiedlicher Schichtzusammensetzung ausgebildet, welche durch eine mit „113“ bezeichnete Übergangszone

voneinander getrennt sind (wobei die Breite der Übergangszone z.B. weniger als 1 mm betragen kann. Vorzugsweise ist somit die als Zonengrenze dienende Übergangszone 113 (in welcher die Schichteigenschaften im Wesentlichen undefiniert sind) auf einen vergleichsweise schmalen Bereich mit einer Breite von weniger als 1 mm begrenzt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist eine Übergangszone zwischen einander benachbarten Zonen einen vorgegebenen monotonen Verlauf einer die Ortsabhängigkeit der Schichtdicke und/oder der Schichtzusammensetzung beschreibenden Funktion auf. Dabei kann die Breite dieser Übergangszone insbesondere im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm liegen. Wie in Fig. 1c angedeutet kann auf dem Spiegelsubstrat zwischen Zonen 121, 122 auch eine Übergangszone 123 realisiert werden, welche einen Gradientenverlauf mit sukzessiver Variation von Schichtdicke und/oder Schichtzusammensetzung aufweist.

Fig. 2a-2d zeigen schematische Darstellungen zur Veranschaulichung einer Anwendung der Erfindung auf ein Spiegelarray, welches wiederum Blöcke aus einzelnen Mikrosiegeln in Form mikroelektromechanischer Systeme (= „MEMS-Spiegel“) aufweisen kann. In Fig. 2a-2d ist dabei jeweils schematisch ein solcher Block dargestellt und mit „200“ bis „230“ bezeichnet, wobei die jeweiligen Zonengrenzen zwischen den erfindungsgemäß erzeugten Zonen unterschiedlicher Schichtdicke und/oder unterschiedlicher Schichtzusammensetzung zwischen benachbarten MEMS-Siegeln (siehe Fig. 2c) oder auch innerhalb der MEMS-Spiegel (siehe Fig. 2b und Fig. 2d) verlaufen können.

Fig. 3a-3f und Fig. 4a-4f zeigen jeweils schematische Darstellungen zur Erläuterung möglicher Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Verwendung einer Maske, welche während der Durchführung des Beschichtungsprozesses in einem definierten Abstand vom Spiegelsubstrat angeordnet ist. Gemäß Fig. 3a (= Draufsicht) und Fig. 3b (= Seitenansicht) wird in einem ersten Beschichtungsdurchgang oberhalb eines Spiegelsubstrats 300 eine Maske 301a platziert und das Spiegelsubstrat 300 nur in dem nicht von der Maske 301 abgedeckten Bereich mit einem Schichtsystem 302 beschichtet. In

einem nachfolgenden zweiten Beschichtungsdurchgang wird eine Maske 301b oberhalb des zuvor partiell beschichteten Spiegelsubstrats 300 platziert, so dass ein Schichtsystem 303 nun in dem durch diese Maske 301b nicht abgedeckten Bereich deponiert wird. Fig. 3e (= Draufsicht) und Fig. 3f (= Seitenansicht) zeigen schematisch das Ergebnis des Beschichtungsprozesses in Form zweier benachbarter Zonen entsprechend den im ersten bzw. zweiten Beschichtungsdurchgang deponierten Schichtsystemen 302, 303.

Das in Fig. 4a-4f schematisch in analoger Weise veranschaulichte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von demjenigen aus Fig. 3a-3f dadurch, dass der erste Beschichtungsdurchgang gemäß Fig. 4a-4b noch ohne Verwendung einer Maske und somit vollflächig über dem Spiegelsubstrat 400 durchgeführt wird, woraufhin im zweiten Beschichtungsdurchgang unter partiellem Abdecken des Spiegelsubstrats 400 mit einer Maske 401 eine Überbeschichtung des im ersten Beschichtungsdurchgang aufgetragenen Schichtsystems (mit „402“ bezeichnet) mit einem weiteren Schichtsystem 404 lediglich in dem von der Maske 401 nicht abgedeckten Bereich erfolgt. Fig. 4a-4f zeigt das Ergebnis des Beschichtungsprozesses in Form zweier benachbarter Zonen entsprechend den im ersten bzw. zweiten Beschichtungsdurchgang deponierten Schichtsystemen 402, 404.

Die in den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendete(n) Maske(n) wird bzw. werden in den jeweiligen Beschichtungsdurchgängen fest über dem Spiegelsubstrat montiert, wobei geeignete Abstände zwischen Maske und Spiegelsubstrat typischerweise im Bereich von 0.1 mm bis 1 cm liegen können. Dabei ist die Breite der zwischen benachbarten Zonen unterschiedlicher Schichtdicke und/oder unterschiedlicher Schichtzusammensetzung befindlichen Übergangszone durch die, von der konkreten Depositionsmethode (z.B. Elektronenstrahlverdampfung, Magnetron-Sputtern, Ionenstrahl-Sputtern) abhängige Hinterdampfung bestimmt, welche wiederum vom Abstand zwischen der Maske und der Oberfläche des Spiegelsubstrats abhängt. Der Verlauf der erzielten Reflektivität im Übergangsbereich bzw. an der Zonengrenze kann somit über den Abstand zwischen Maske und Spiegelsubstratoberfläche gesteuert werden, wobei für eine möglichst geringe Zonenbreite und möglichst gut definierte

Zonengrenzen dieser Abstand möglichst gering sein sollte. Des Weiteren kann z.B. auch die spektrale Reflexion bzw. Transmission innerhalb eines sehr kurzen Abstandes besonders stark variiert werden, womit nicht nur eine Variation der Reflektivität bei einer bestimmten Wellenlänge, sondern eine Verschiebung des gesamten Response- bzw. Reflektivitäts-Spektrums erzielt werden kann.

Fig. 5a-5c zeigen schematische Darstellungen zur Erläuterung einer weiteren Ausführungsform, wobei ein partielles Tempern des Spiegelsubstrats (zur Änderung bzw. Modifikation der Materialdurchmischung oder auch der Dichte des (z.B. zunächst poröseren) Materials nach Durchführung eines Beschichtungsprozesses erfolgt. Dabei kann insbesondere ein gemäß Fig. 5a zunächst homogen beschichteter Bereich eines Spiegelarrays (z.B. ein homogen beschichteter Block 500 von MEMS-Spiegeln 501) selektiv getempert werden, was z.B. unter Verwendung eines Lasers erfolgen kann. Dabei kann durch Absorption der Laserstrahlung bzw. -energie durch das Spiegelsubstratmaterial ein lokales Erwärmen (und gegebenenfalls Aufschmelzen) erfolgen, welches über die damit einhergehende lokale Dichteänderung (entsprechend einer selektiven Kompaktierung des Spiegelsubstratmaterials) mit einer Verschiebung der wellenlängenabhängigen Reflektivität einhergeht. Abhängig vom konkreten Anwendungsszenario kann so die resultierende Reflektivität im getemperten Bereich des Spiegelsubstrats bzw. Spiegelarrays bei einer definierten Wellenlänge bzw. in einem vorgegebenen Wellenlängenbereich abgeschwächt (und nach Wunsch gegebenenfalls auch vollständig unterdrückt) werden. In Fig. 5b ist der wie vorstehend beschrieben getemperte Bereich des Blocks 500 mit „511“ bezeichnet, wobei Fig. 5c das Resultat des gesamten Behandlungsprozesses (mit einem Bereich 521 von infolge des Temperns veränderter Reflektivität) zeigt. Dabei kann durch das Tempern die Reflektivität abhängig vom konkreten Einsatzszenario abgeschwächt bzw. unterdrückt oder auch erhöht werden (falls etwa das Reflektivitäts-Spektrum zunächst für eine höhere Wellenlänge als die Arbeits- bzw. Nutzwellenlänge eingestellt war.

Fig. 6a-6b und 7a-7b zeigen schematische Darstellungen zur Erläuterung einer weiteren möglichen Ausführungsform, bei welchem das Selektieren des

Beschichtungsmaterials jeweils ein partielles elektrisches Aufladen des Spiegelsubstrats umfasst. Hierzu wird das Substrat mit einem elektrischen Potential beaufschlagt, welches abhängig von der maximalen Energie der Beschichtungsmaterialteilchen geeignet gewählt wird. Lediglich beispielhaft kann beim
5 Magnetron-Sputtern die hierzu an das Substrat angelegte elektrische Spannung im Bereich von bis zu 20 Volt liegen. Wie in Fig. 6a bzw. Fig. 7a anhand unterschiedlicher konkreter Beispiele angedeutet können unterschiedliche Spiegelsubstratbereiche bzw. Spiegelsubstrate unterschiedlicher MEMS-Spiegel positiv oder negativ elektrisch aufgeladen werden. Dieses selektive Aufladen des Spiegelsubstrats bzw. der MEMS-Spiegel ermöglicht ebenfalls die gezielte Einstellung unterschiedlicher Schichtdicken.

Fig. 8a-8g zeigen schematische Darstellungen zur Erläuterung einer weiteren möglichen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei das
15 partielle Ausblenden von Beschichtungsmaterial über einen Schutzlack erfolgt, mit welchem das Spiegelsubstrat vor Durchführung des Beschichtungsprozesses behandelt wird. Dabei erfolgt im dargestellten Ausführungsbeispiel nach einer im Schritt Fig. 8a durchgeführten Vorstrukturierung eines Spiegelsubstrats 800 mit einem Schutzlack 801 zunächst eine homogene Beschichtung (vergleiche Fig. 8b) durch Aufbringen eines Schichtsystems 802 gefolgt von einem Entfernen des Schutzlacks 801 (vergleiche Fig. 8c), woraufhin das Spiegelsubstrat 800 nur in seinem zuvor nicht vom Schutzlack 801 abgedeckten Bereich das zuvor aufgebraute Schichtsystem 802 aufweist. Nach einer in Fig. 8d (in Draufsicht) und in Fig. 8e (im Schnitt) angedeuteten erneuten strukturierten Auftragung eines Schutzlacks 803 auf den zuvor beschichteten Bereich bzw. das
25 Schichtsystem 802 erfolgt gemäß Fig. 8f erneut eine homogene Beschichtung unter Deposition eines weiteren Schichtsystems 804, so dass nach Abziehen des Schutzlacks 803 gemäß Fig. 8g dieses weitere Schichtsystem 804 nur in dem zuletzt nicht vom Schutzlack 803 abgedeckten Bereich vorhanden ist. Im
30 Ergebnis werden somit zwei voneinander separate Zonen unterschiedlicher Schichtzusammensetzung und/oder Schichtdicke entsprechend den zuvor aufgebrauchten Schichtsystemen 802 bzw. 804 erhalten.

Fig. 9 zeigt eine schematische Darstellung eines prinzipiellen möglichen Aufbaus einer erfindungsgemäßen Beschichtungsanlage 900. Gemäß Fig. 9 wird in einer Prozesskammer (Vakuumkammer) 900 wenigstens ein von einem Halter 902 gehaltenes Substrat 903 aufgenommen und eine Relativbewegung zwischen dem Substrat 903 und einer Quelle 901 (z.B. einem jeweils ein Beschichtungsmaterial bereitstellenden Target) durchgeführt, wie über den Doppelpfeil 904 angedeutet. Auf dem Halter 902 können auch jeweils mehrere Spiegelsubstrate angeordnet und zu einzelnen Blöcken gruppiert sein. Zur Deposition jeweils eines Schichtsystems auf jedem der Spiegelsubstrate wird der die Spiegelsubstrate tragende Beschichtungshalter 902 entlang einer vorgegebenen Bewegungsbahn über die Quelle 901 bzw. das jeweilige Target geführt.

Im Weiteren werden unter Bezugnahme auf die schematischen Darstellungen von Fig. 10a-10f bzw. Fig. 12a-12f sowie die Diagramme von Fig. 11 bzw. Fig. 13 konkrete Anwendungsbeispiele beschrieben, bei denen das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Spiegels oder einer Spiegelanordnung in unterschiedlicher Weise eingesetzt wird.

Dabei kann grundsätzlich das erfindungsgemäße Verfahren zur Variation eines Schichtdickenverlaufs und/oder einer Schichtdickenzusammensetzung auf unterschiedliche Teilschichten bzw. Teilschichtsysteme innerhalb des gesamten Schichtsystems angewendet werden. Konkret kann die besagte Variation, wie im Weiteren zunächst anhand von Fig. 10a-10d veranschaulicht, im optisch wirksamen Teil bzw. Schichtsystem (siehe Fig. 10c), im oberhalb dieses optisch wirksamen Schichtsystems befindlichen Teil bzw. einer Deckschicht (siehe Fig. 10b) und/oder in einem unterhalb des optisch wirksamen Schichtsystems befindlichen Teil bzw. einer Unterlage (siehe Fig. 10d) erfolgen.

Die genannten erfindungsgemäßen Variationen der Schichtdicke in dem optisch wirksamen Teil bzw. Schichtsystem bzw. dem darüber oder darunter befindlichen Teil können auch beliebig miteinander kombiniert werden. Des Weiteren kann alternativ oder zusätzlich zur Schichtdickenvariation auch eine Variation der Zusammensetzung der jeweiligen Teilschichten bzw. Teilschichtsysteme

erfolgen.

Fig. 10a zeigt in lediglich schematischer und stark vereinfachter (Schnitt-)Darstellung zur Veranschaulichung des o.g. Prinzips unterschiedliche, lateral benachbarte Bereiche 1010, 1020, 1030 eines Spiegels oder einer Spiegelanordnung (wobei diese Bereiche im Falle einer Spiegelanordnung insbesondere auch unterschiedlichen Spiegelementen entsprechen können). Dabei beziehen sich in dem dargestellten Aufbau die Bezugsziffern „1011“, „1021“, „1031“ jeweils auf das Substrat, die Bezugsziffern „1012“, „1022“, „1032“ auf besagte Unterlage, die Bezugsziffern „1013“, „1023“, „1033“ auf den optisch wirksamen Teil und die Bezugsziffern „1014“, „1024“, „1034“ auf den darüber befindlichen Teil bzw. die Deckschicht.

In einem konkreten Anwendungsfall kann es sich bei der gemäß Fig. 10b im dargestellten Ausführungsbeispiel in den unterschiedlichen Bereichen 1010, 1020, 1030 hinsichtlich der Schichtdicke variierten Deckschicht um eine Absorberschicht zur Absorption von DUV-Licht handeln. Hinsichtlich möglicher Ausgestaltungen dieser Absorberschicht wird auf DE 10 2015 208 214 A1 verwiesen.

In einem weiteren konkreten Anwendungsfall kann es sich bei besagter, im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 10b variierten Deckschicht auch um eine Absorberschicht nach Art eines Intensitätsanpassungsfilters bzw. Graufilters handeln, um z.B. unterschiedliche Intensitätsverteilungen aufgrund unterschiedlicher Arbeitslichtquellen zu kompensieren. Hierzu wird zu möglichen Ausgestaltungen auf DE 10 2016 224 113 A1 verwiesen.

Bei der gemäß Fig. 10d in ihrer Schichtdicke variierten Unterlage kann es sich in einem konkreten Anwendungsbeispiel um eine Spannungskompensationsschicht bzw. Ausgleichsschicht handeln, welche eine Übertragung mechanischer Spannungen zwischen Substrat und optisch wirksamem Teil bzw. Schichtsystem reduziert. Hierzu wird zu möglichen Ausgestaltungen auf DE 10 2015 225 510 A1 verwiesen.

Bei dem gemäß Fig. 10c in seiner Schichtdicke lateral variierten optisch wirksamen Teil bzw. Schichtsystem kann es sich z.B. um ein Reflexionsschichtsystem aus einer alternierenden Abfolge einzelner Schichtstapel (aus jeweils einer Molybdän- und einer Siliziumschicht) handeln, wie im Weiteren unter Bezugnahme auf Fig. 11a bis Fig. 14 anhand beispielhafter Ausführungsformen beschrieben.

Unter Bezugnahme zunächst auf Fig. 11a-11f sind wieder lateral benachbarte und hinsichtlich ihrer Schichtdicke in unterschiedlicher Weise ausgestaltete Bereiche mit „1110“, „1120“, „1130“ bezeichnet. Dabei zeigen Fig. 11a, Fig. 11c und Fig. 11e jeweils schematische Draufsichten aus unterschiedliche Lagen im Gesamtschichtsystem, und Fig. 11b, Fig. 11d und Fig. 11f jeweils schematische Schnittansichten. Des Weiteren symbolisieren die schematischen Darstellungen den sukzessiven Aufbau des Schichtsystems mit Substrat (in Fig. 11a-11b mit „1111“, „1121“, „1131“ bezeichnet), erster Teilschicht aus z.B. Molybdän (in Fig. 11c-11d mit „1113a“, „1123a“, „1133a“ bezeichnet) und zweiter Teilschicht aus z.B. Silizium (in Fig. 11e-11f mit „1113b“, „1123b“, „1133b“ bezeichnet), wobei aus besagten Teilschichten in alternierender Abfolge das entsprechende Reflexionsschichtsystem aufgebaut wird. Fig. 13a-13f zeigen analoge schematische Darstellungen einer weiteren Ausführungsform, wobei die im Vergleich zu Fig. 11e-11f entsprechenden und im Wesentlichen funktionsgleichen Komponenten mit um „200“ erhöhten Bezugswerten bezeichnet sind.

Die Ausführungsform von Fig. 11a-11f und Fig. 13a-13f unterscheiden sich voneinander dadurch, dass gemäß Fig. 11a-11f das jeweilige Dickenverhältnis der Teilschichten 1113a und 1113b, 1123a und 1123b, 1133a und 1133b über die unterschiedlichen Bereiche 1110, 1120, 1130 konstant ist, wobei jedoch die „Periodenlänge“ des gebildeten Vielfachschichtsystems (d.h. die jeweilige Gesamtdicke von erster und zweiter Teilschicht) über die betreffenden Bereiche 1110, 1120, 1130 variiert. Dies hat gemäß dem Diagramm von Fig. 12 zu Folge, dass die Peak-Wellenlänge im wellenlängenabhängigen Reflektivitätsverlauf über die Bereiche hin (bei gleichbleibendem Wert der Peak-Reflektivität) variiert. Im

Unterschied dazu ändert sich in der Ausführungsform gemäß Fig. 13a-13f das jeweilige Dickenverhältnis von erster und zweiter Teilschicht von Bereich (1310, 1320 bzw. 1330) zu Bereich, wobei jedoch die jeweilige optische Weglänge konstant bleibt. Diese Ausgestaltung hat zur Folge, dass gemäß dem Diagramm von Fig. 14 die Peak-Wellenlänge über die Bereiche hinweg konstant bleibt, wobei jedoch die Peak-Reflektivität von Bereich zu Bereich variiert.

Fig. 15 zeigt schematisch im Meridionalschnitt den möglichen Aufbau einer für den Betrieb im EUV ausgelegten mikrolithographischen Projektionsbelichtungsanlage.

Gemäß Fig. 15 weist die Projektionsbelichtungsanlage 1 eine Beleuchtungseinrichtung 2 und ein Projektionsobjektiv 10 auf. Eine Ausführung der Beleuchtungseinrichtung 2 der Projektionsbelichtungsanlage 1 hat neben einer Licht- bzw. Strahlungsquelle 3 eine Beleuchtungsoptik 4 zur Beleuchtung eines Objektfeldes 5 in einer Objektebene 6. Bei einer alternativen Ausführung kann die Lichtquelle 3 auch als ein zur sonstigen Beleuchtungseinrichtung separates Modul bereitgestellt sein. In diesem Fall umfasst die Beleuchtungseinrichtung die Lichtquelle 3 nicht.

Belichtet wird hierbei ein im Objektfeld 5 angeordnetes Retikel 7. Das Retikel 7 ist von einem Retikelhalter 8 gehalten. Der Retikelhalter 8 ist über einen Retikelverlagerungsantrieb 9 insbesondere in einer Scanrichtung verlagerbar. In Fig. 15 ist zur Erläuterung ein kartesisches xyz-Koordinatensystem eingezeichnet. Die x-Richtung verläuft senkrecht zur Zeichenebene hinein. Die y-Richtung verläuft horizontal und die z-Richtung verläuft vertikal. Die Scanrichtung verläuft in Fig. 15 längs der y-Richtung. Die z-Richtung verläuft senkrecht zur Objektebene 6.

Das Projektionsobjektiv 10 dient zur Abbildung des Objektfeldes 5 in ein Bildfeld 11 in einer Bildebene 12. Abgebildet wird eine Struktur auf dem Retikel 7 auf eine lichtempfindliche Schicht eines im Bereich des Bildfeldes 11 in der Bildebene 12 angeordneten Wafers 13. Der Wafer 13 wird von einem Waferhalter

14 gehalten. Der Waferhalter 14 ist über einen Waferverlagerungsantrieb 15 insbesondere längs der y-Richtung verlagerbar. Die Verlagerung einerseits des Retikels 7 über den Retikelverlagerungsantrieb 9 und andererseits des Wafers 13 über den Waferverlagerungsantrieb 15 kann synchronisiert zueinander erfolgen.

Bei der Strahlungsquelle 3 handelt es sich um eine EUV-Strahlungsquelle. Die Strahlungsquelle 3 emittiert insbesondere EUV-Strahlung, welche im Folgenden auch als Nutzstrahlung oder Beleuchtungsstrahlung bezeichnet wird. Die Nutzstrahlung hat insbesondere eine Wellenlänge im Bereich zwischen 5 nm und 30 nm. Bei der Strahlungsquelle 3 kann es sich zum Beispiel um eine Plasmaquelle, eine synchrotronbasierte Strahlungsquelle oder um einen Freie-Elektronen-Laser („Free-Electron-Laser“, FEL) handeln. Die Beleuchtungsstrahlung 16, die von der Strahlungsquelle 3 ausgeht, wird von einem Kollektor 17 gebündelt und propagiert durch einen Zwischenfokus in einer Zwischenfokusebene 18 in die Beleuchtungsoptik 4. Die Beleuchtungsoptik 4 weist einen Umlenkspiegel 19 und diesem im Strahlengang nachgeordnet einen ersten Facettenspiegel 20 (mit schematisch angedeuteten Facetten 21) und einen zweiten Facettenspiegel 22 (mit schematisch angedeuteten Facetten 23) auf. Die Facettenspiegel 21, 22 können z.B. unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Beschichtungsanlage hergestellt sein.

Das Projektionsobjektiv 10 weist eine Mehrzahl von Spiegeln M_i ($i = 1, 2, \dots$) auf, welche gemäß ihrer Anordnung im Strahlengang der Projektionsbelichtungsanlage 1 durchnummeriert sind. Bei dem in der Fig. 15 dargestellten Beispiel weist das Projektionsobjektiv 10 sechs Spiegel M1 bis M6 auf. Alternativen mit vier, acht, zehn, zwölf oder einer anderen Anzahl an Spiegeln M_i sind ebenso möglich. Der vorletzte Spiegel M5 und der letzte Spiegel M6 weisen jeweils eine Durchtrittsöffnung für die Beleuchtungsstrahlung 16 auf. Bei dem Projektionsobjektiv 10 handelt es sich um eine doppelt obskurierte Optik. Das Projektionsobjektiv 10 hat eine bildseitige numerische Apertur, die größer ist als 0.5 und die auch größer sein kann als 0.6 und die beispielsweise 0.7 oder 0.75 betragen kann.

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

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines optischen Elements, insbesondere für die Mikrolithographie, in einem in einer Beschichtungsanlage durchgeführten Beschichtungsprozess,
- 5
- wobei wenigstens einem Substrat (101, 300, 400, 800, 903) Beschichtungsmaterial von wenigstens einer Quelle (901) zur Deposition jeweils eines Schichtsystems auf dem Substrat (101, 300, 400, 800, 903) zugeführt wird; und
 - 10 – wobei durch gezieltes orts aufgelöstes Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials und/oder des Substrats (101, 300, 400, 800, 903) eine Mehrzahl von lateral in wenigstens einer vorgegebenen Richtung einander benachbarten Zonen (111, 112, 121, 122) mit jeweils definiertem Schichtdickenverlauf und definierter Schichtzusammensetzung ausgebildet wird, wobei diese Zonen (111, 15 112, 121, 122) sich in ihrem Schichtdickenverlauf und/oder ihrer Schichtzusammensetzung voneinander unterscheiden;
 - wobei die mittlere Abmessung der Zonen (111, 112, 121, 122) in der vorgegebenen Richtung jeweils im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm liegt;
 - 20 – wobei das optische Element ein Spiegel-Array mit einer Mehrzahl von Spiegelementen ist; und
 - wobei für unterschiedliche Substrate dieses Spiegel-Arrays voneinander verschiedene Schichtdickenverläufe und/oder Schichtzusammensetzungen des jeweils deponierten Schichtsystems erzeugt werden.
 - 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Übergangszone (113) zwischen einander benachbarten Zonen (111, 112) eine maximale Breite von 1 mm besitzt.
- 30
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Übergangszone (123) zwischen einander benachbarten Zonen (121, 122) einen

vorgegebenen monotonen Verlauf einer die Ortsabhängigkeit der Schichtdicke und/oder der Schichtzusammensetzung beschreibenden Funktion aufweist.

- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass auf ein- und demselben Substrat eine Mehrzahl von Zonen mit jeweils definiertem Schichtdickenverlauf und definierter Schichtzusammensetzung, welche sich im Schichtdickenverlauf und/oder in ihrer Schichtzusammensetzung voneinander unterscheiden, erzeugt wird.
- 10
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Selektieren des Beschichtungsmaterials ein partielles Ausblenden und/oder ein partielles Ablenken von Beschichtungsmaterial derart umfasst, dass dieses Beschichtungsmaterial nicht zur Deposition des
- 15 Schichtsystems auf dem wenigstens einen Substrat beiträgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass dieses partielle Ausblenden von Beschichtungsmaterial über wenigstens eine Maske (301a, 301b, 401) erfolgt, welche während der Durchführung des
- 20 Beschichtungsprozesses in einem definierten Abstand von wenigstens einem Substrat (300, 400) angeordnet ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dieser definierte Abstand im Bereich von 0.1 mm bis 2 cm liegt.
- 25
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Selektieren des Beschichtungsmaterials ein partielles elektrisches Aufladen des wenigstens einen Substrats umfasst.
- 30
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das partielle Ausblenden von Beschichtungsmaterial über einen Schutzlack (801, 803) erfolgt, mit welchem das wenigstens eine Substrat (800) vor Durchführung des Beschichtungsprozesses behandelt wird.

- 5 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials und/oder des Substrats ein partielles Tempern des wenigstens einen Substrats nach Durchführung des Beschichtungsprozesses umfasst.
- 10 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 400 nm, insbesondere weniger als 250 nm, weiter insbesondere weniger als 200 nm, ausgelegt ist.
- 15 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element für eine Arbeitswellenlänge von weniger als 30 nm, insbesondere weniger als 15 nm ausgelegt ist.
- 20 13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das orts aufgelöste Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials ein Abtragen von Beschichtungsmaterial umfasst.
- 25 14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das orts aufgelöste Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials ein Implantieren von Material umfasst.
- 30 15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das orts aufgelöste Selektieren und/oder Behandeln des deponierten Beschichtungsmaterials und/oder des Substrats (101, 300, 400, 800, 903) ein Verändern des Substrats und/oder der Substratoberfläche und/oder eines zuvor deponierten Materials umfasst.
16. Optisches Element, insbesondere für die Mikrolithographie, dadurch gekennzeichnet, dass dieses mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 hergestellt ist.

17. Beschichtungsanlage zum Herstellen eines optischen Elements, insbesondere für die Mikrolithographie, mit

- einer Prozesskammer (900) zur Aufnahme wenigstens eines Substrats (903);
- wenigstens einer Quelle (901) zur Bereitstellung von Beschichtungsmaterial; und
- wenigstens einer Antriebseinheit zur Durchführung einer Relativbewegung von Quelle (901) und Substrat (903);

dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsanlage (900) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15 ausgestaltet ist.

18. Mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage mit einer Beleuchtungseinrichtung (2) und einem Projektionsobjektiv (10), wobei die Beleuchtungseinrichtung (2) im Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage eine in einer Objektebene des Projektionsobjektivs befindliche Maske beleuchtet und das Projektionsobjektiv (10) Strukturen auf dieser Maske auf eine in einer Bildebene des Projektionsobjektivs (10) befindliche lichtempfindliche Schicht abbildet, wobei die Projektionsbelichtungsanlage (1) wenigstens ein optisches Element aufweist, welches mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 hergestellt ist.

Fig. 1

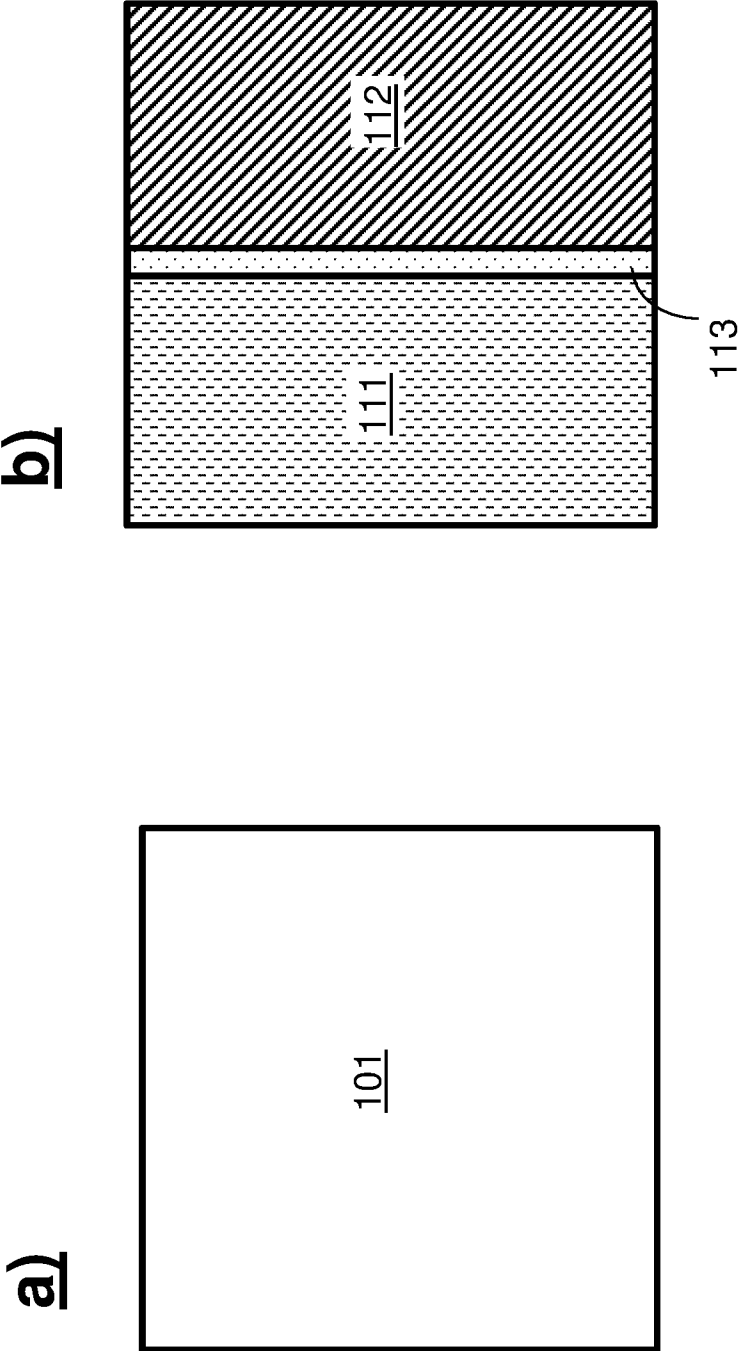


Fig. 1c

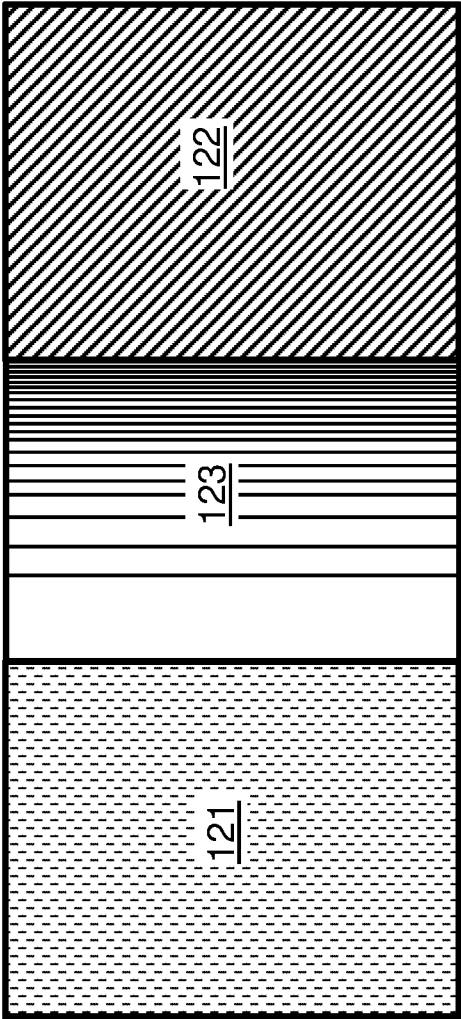


Fig. 2

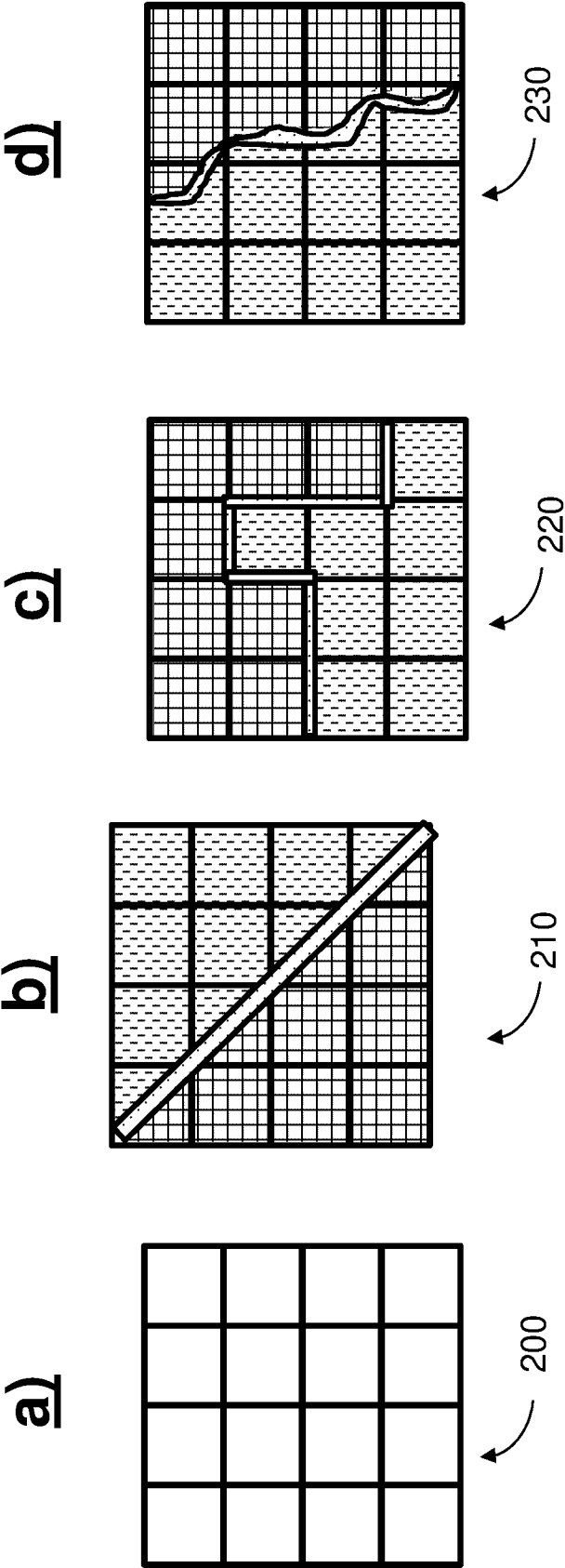


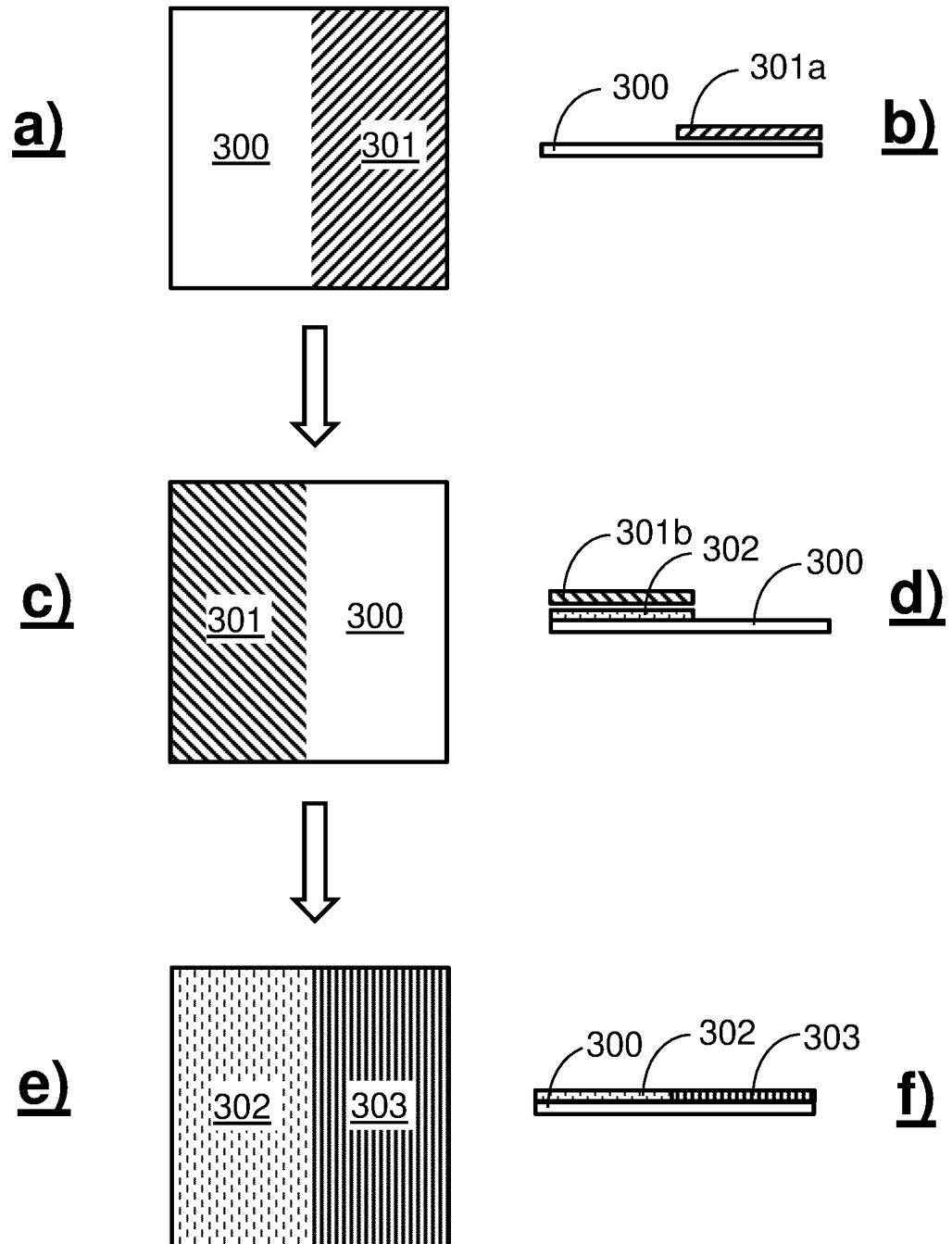
Fig. 3

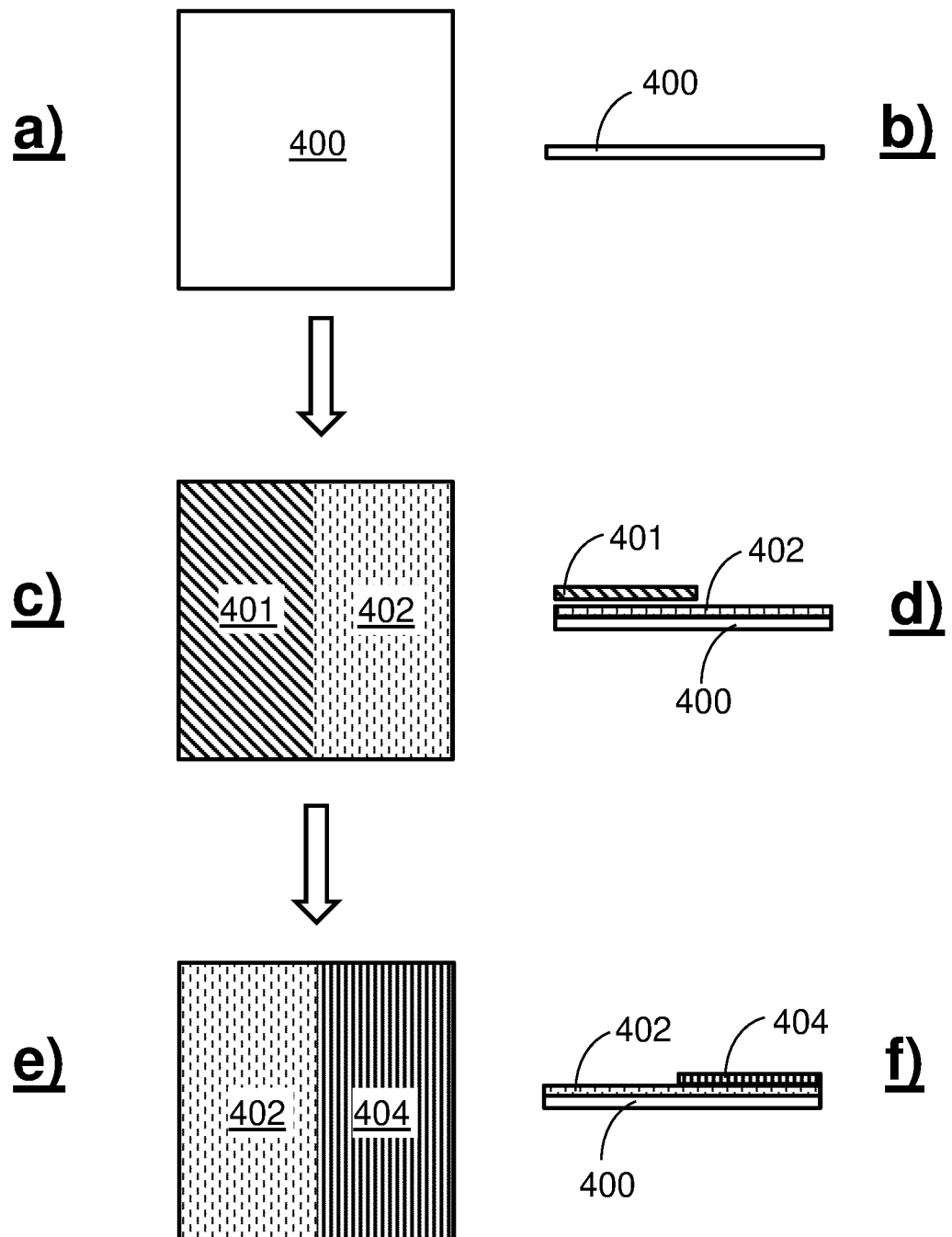
Fig. 4

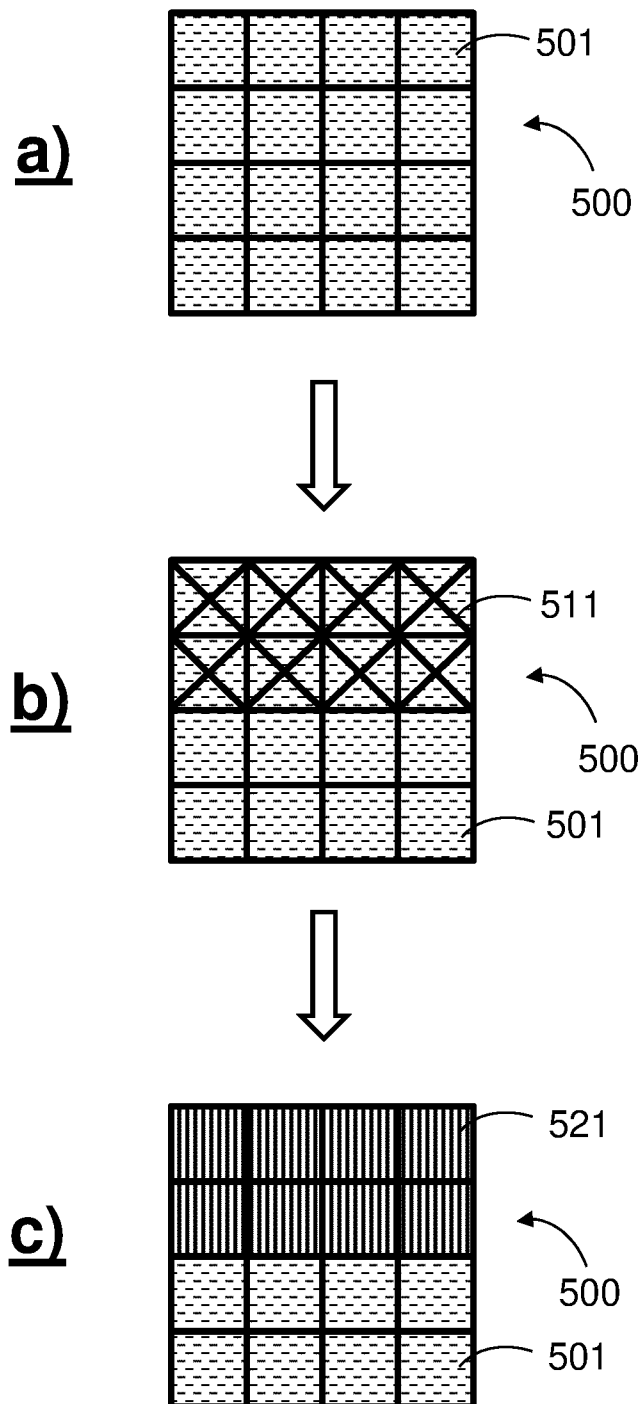
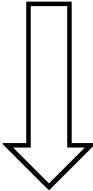
Fig. 5

Fig. 6

a)

$-\delta$	$-\delta$	$-\delta$	$-\delta$
$-\delta$	$-\delta$	$-\delta$	$-\delta$
$+\delta$	$+\delta$	$+\delta$	$+\delta$
$+\delta$	$+\delta$	$+\delta$	$+\delta$



b)

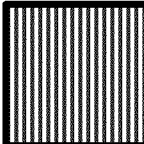
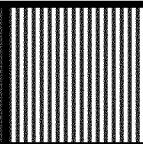
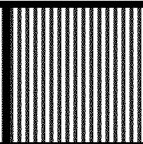
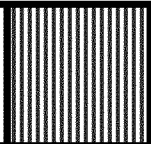
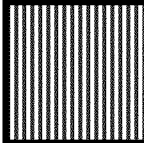
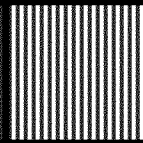
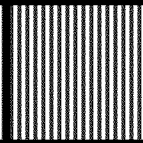
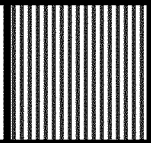
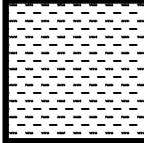
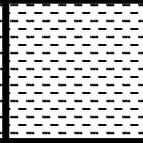
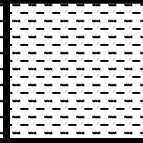
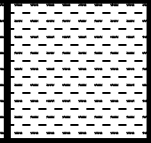
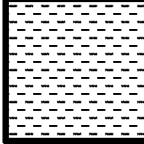
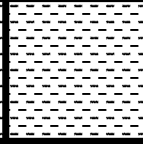
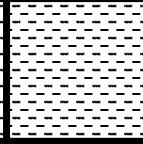
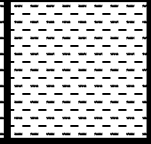
			
			
			
			

Fig. 7**a)**

$-\delta$	$+\delta$	$+\delta$	$-\delta$
$+\delta$	$-\delta$	$-\delta$	$-\delta$
$+\delta$	$+\delta$	$-\delta$	$-\delta$
$+\delta$	$-\delta$	$+\delta$	$+\delta$

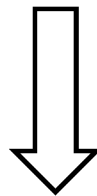
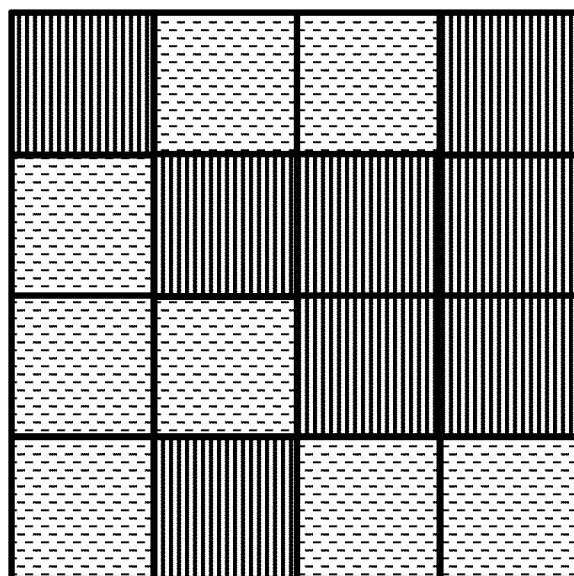
**b)**

Fig. 8

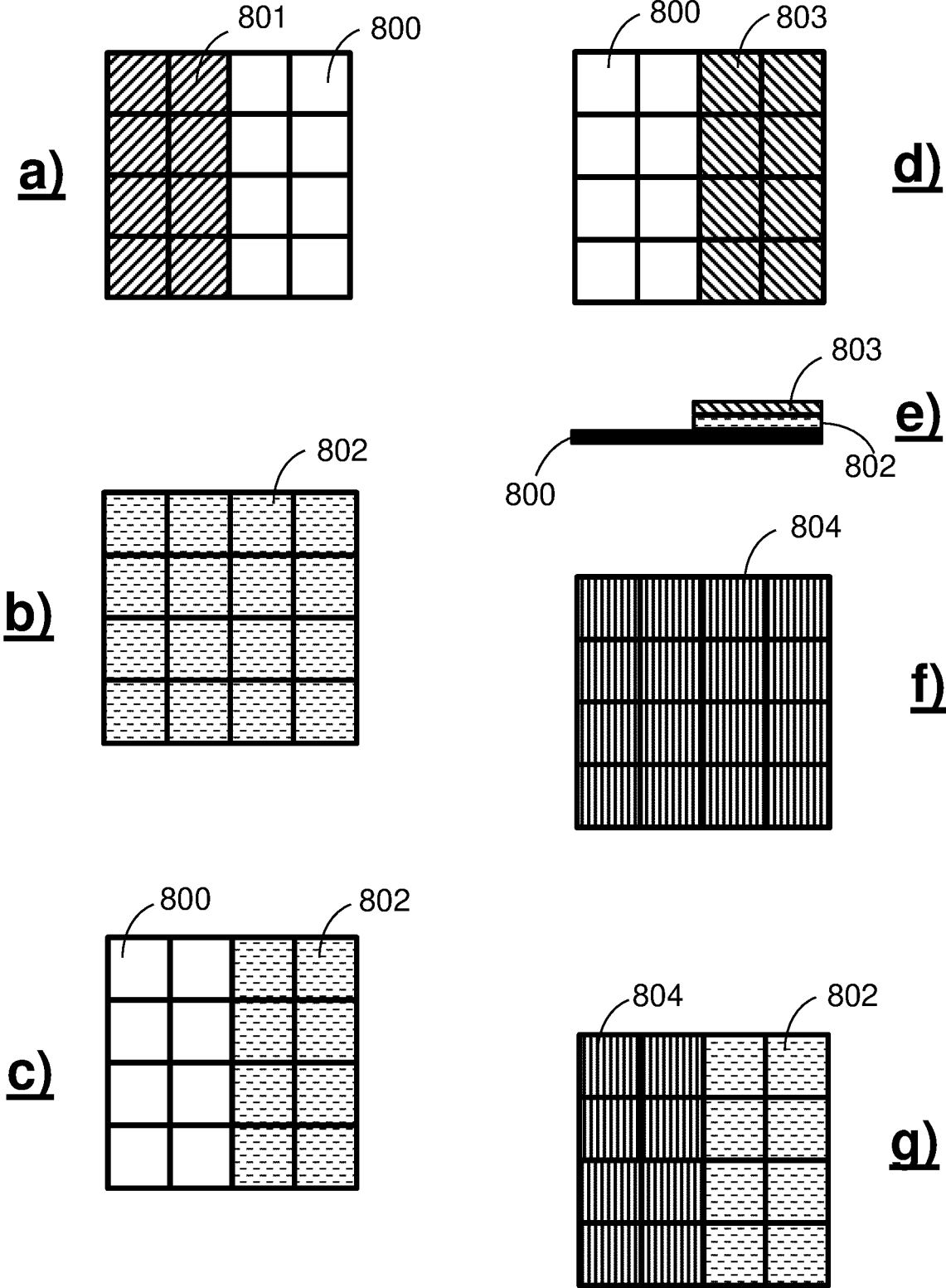


Fig. 9

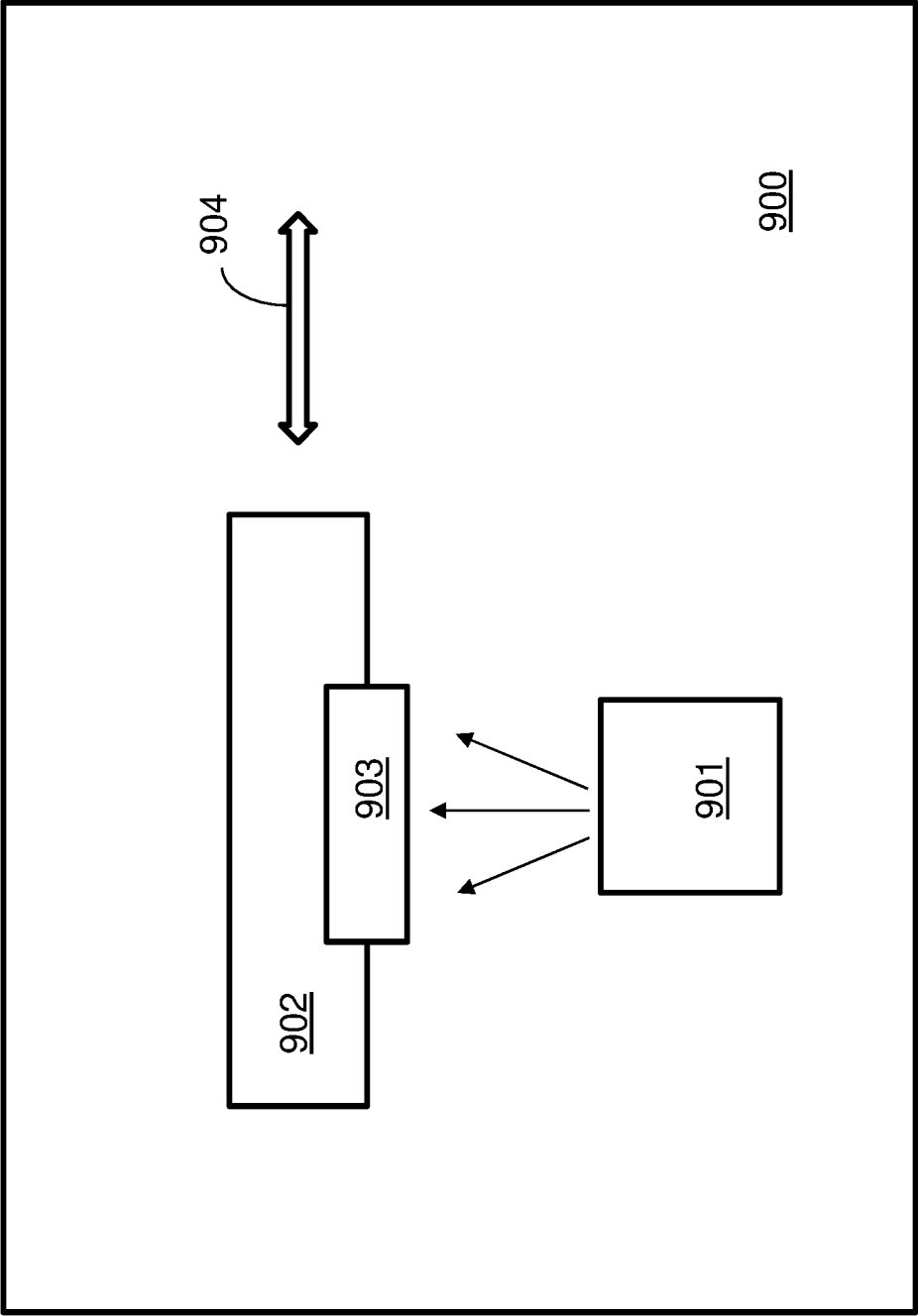


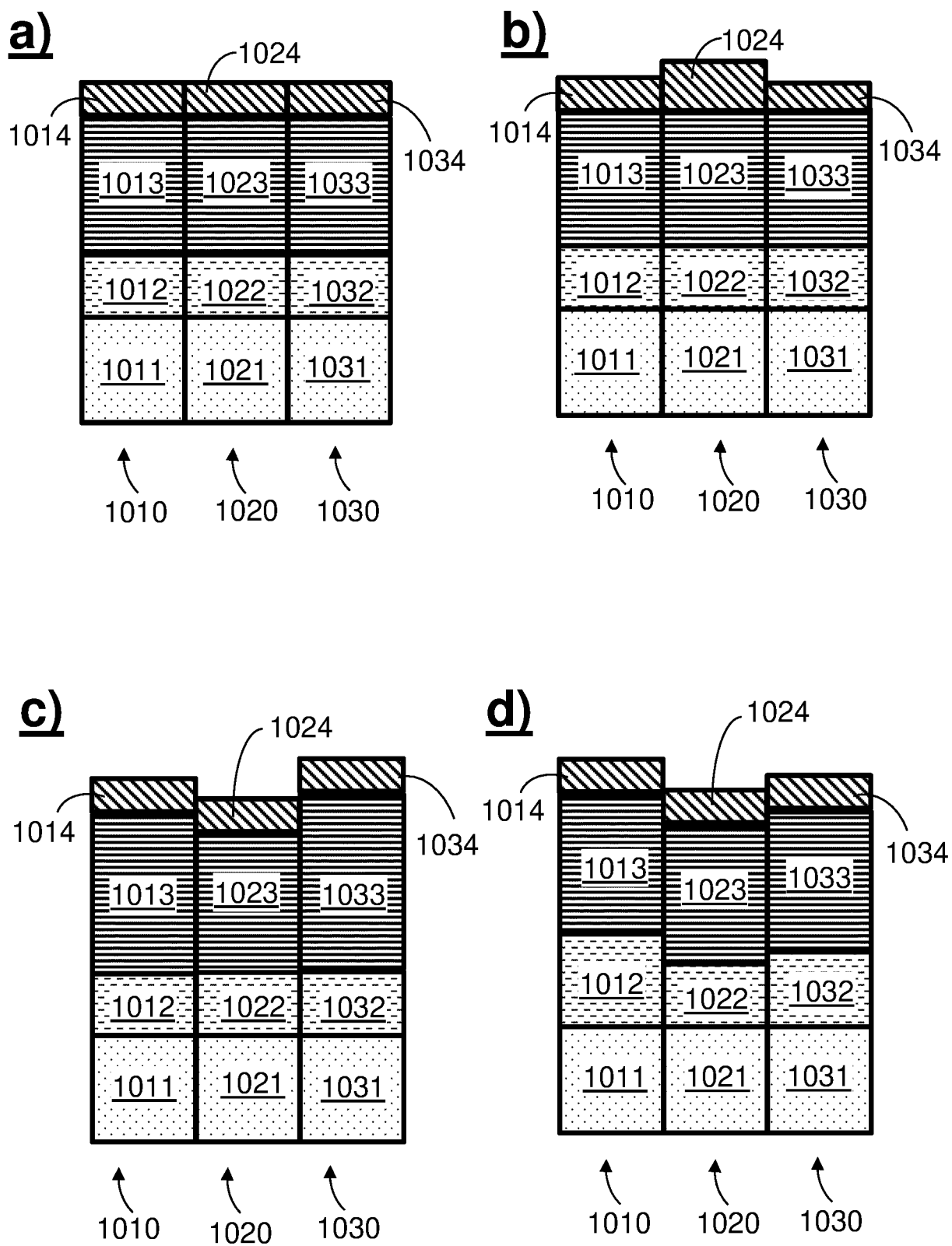
Fig. 10

Fig. 11

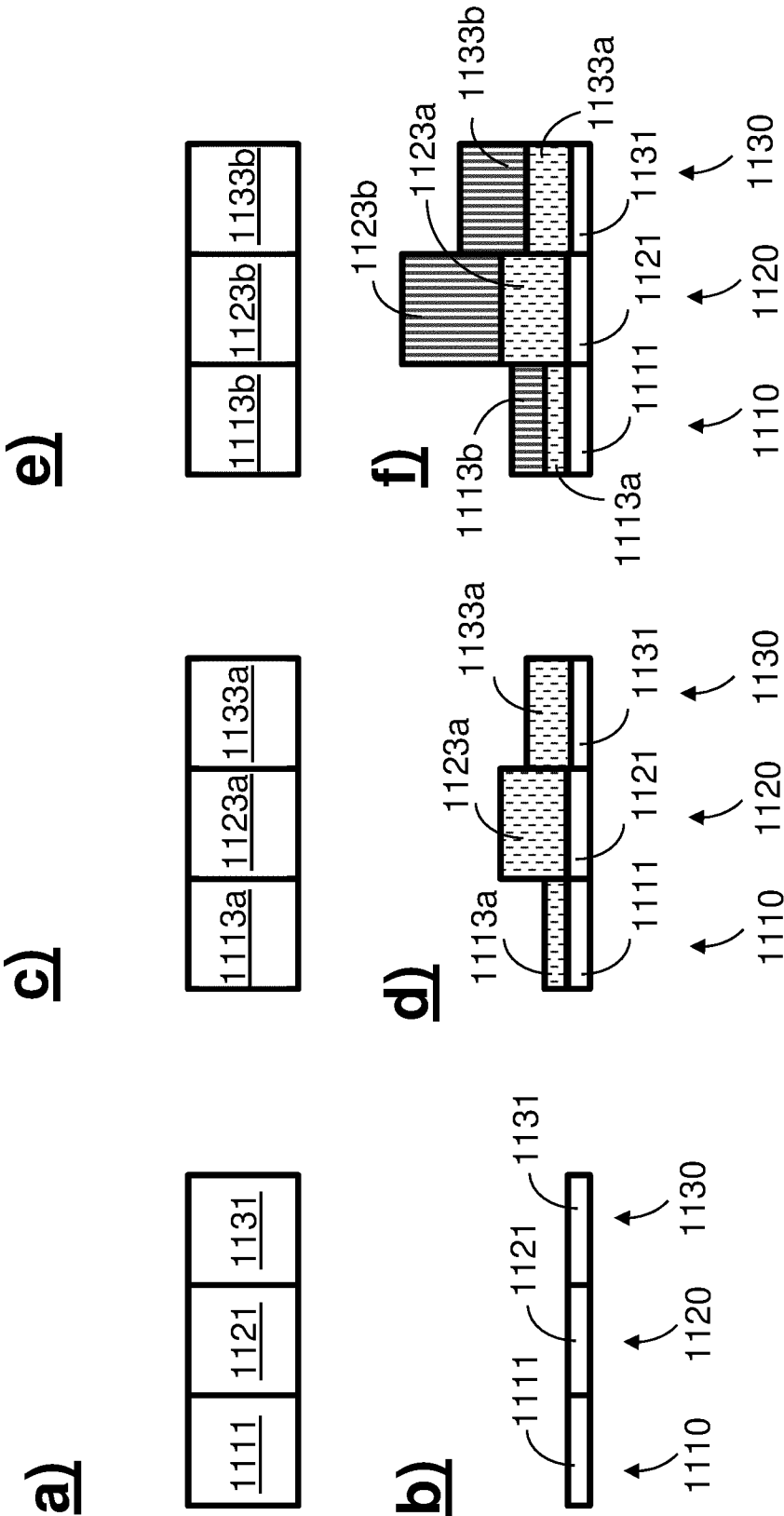


Fig. 12

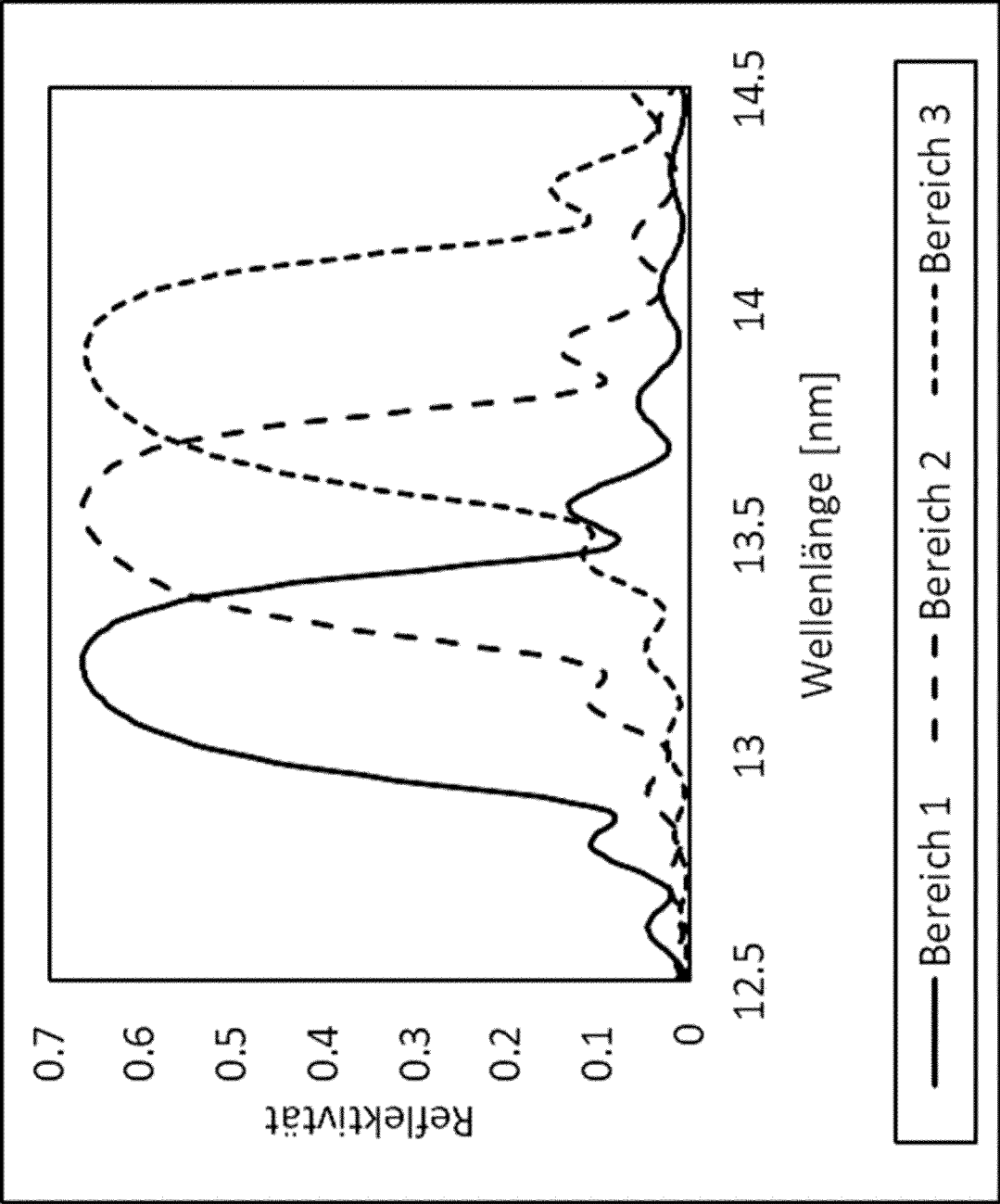


Fig. 13

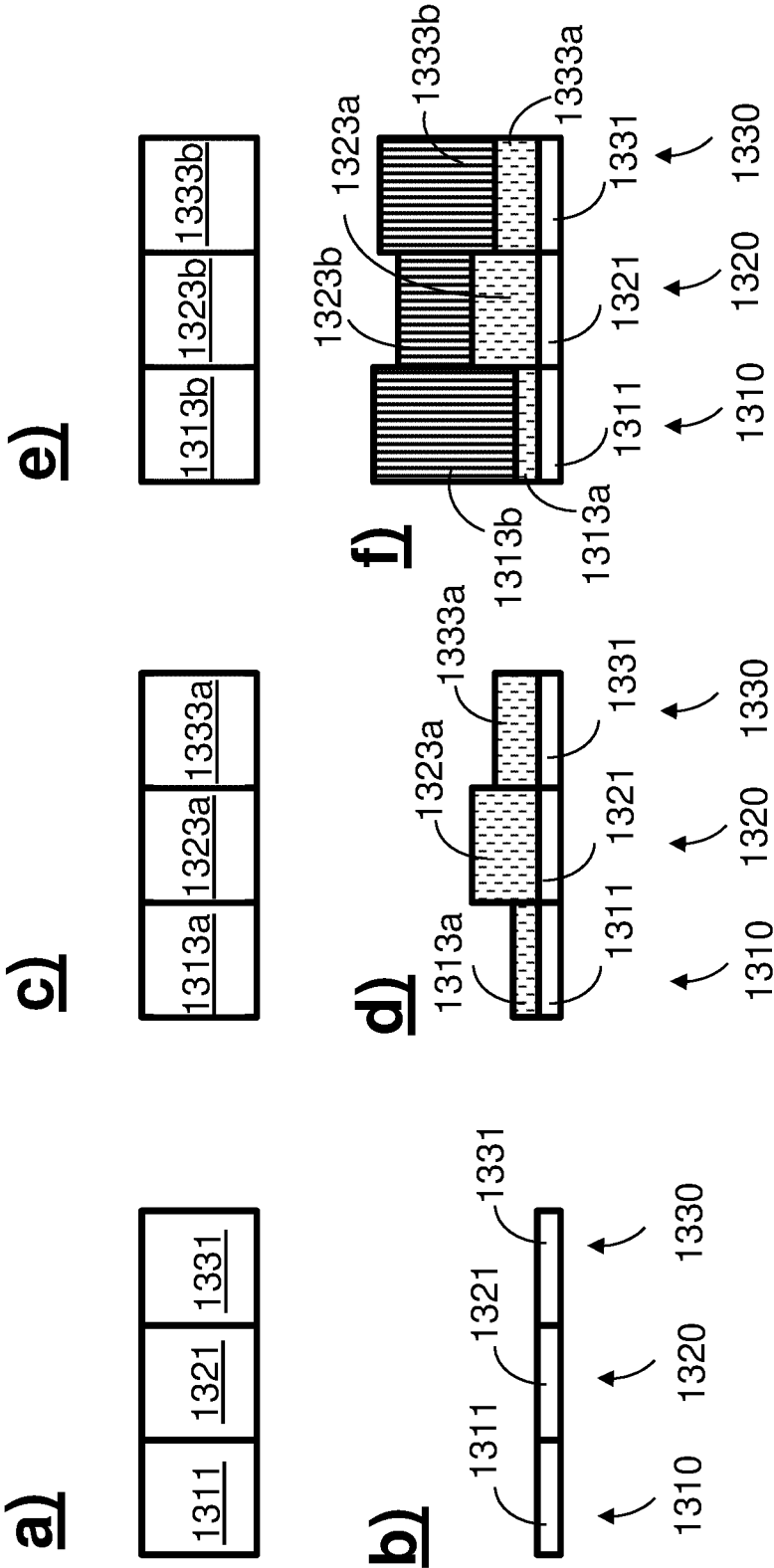


Fig. 14

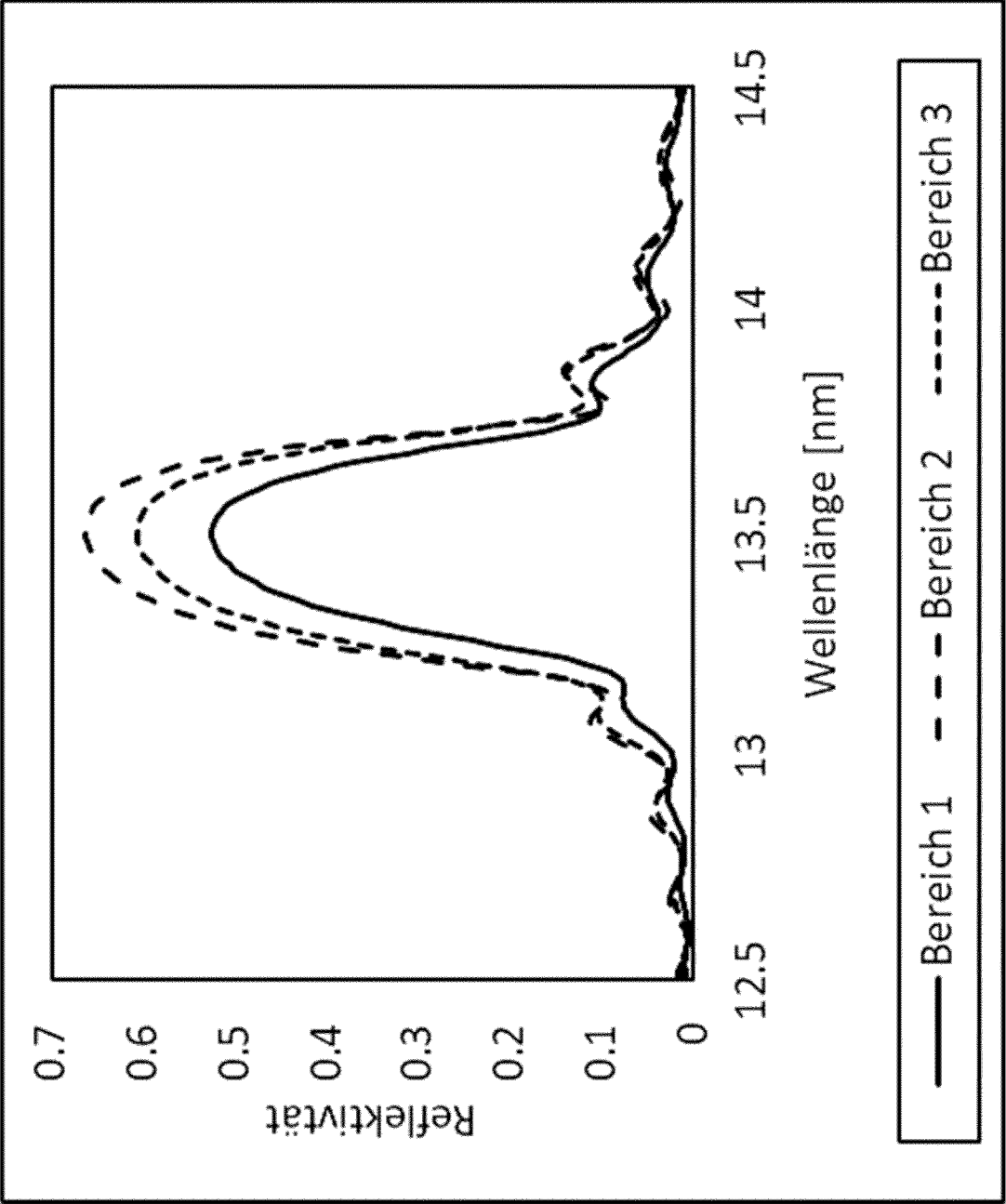
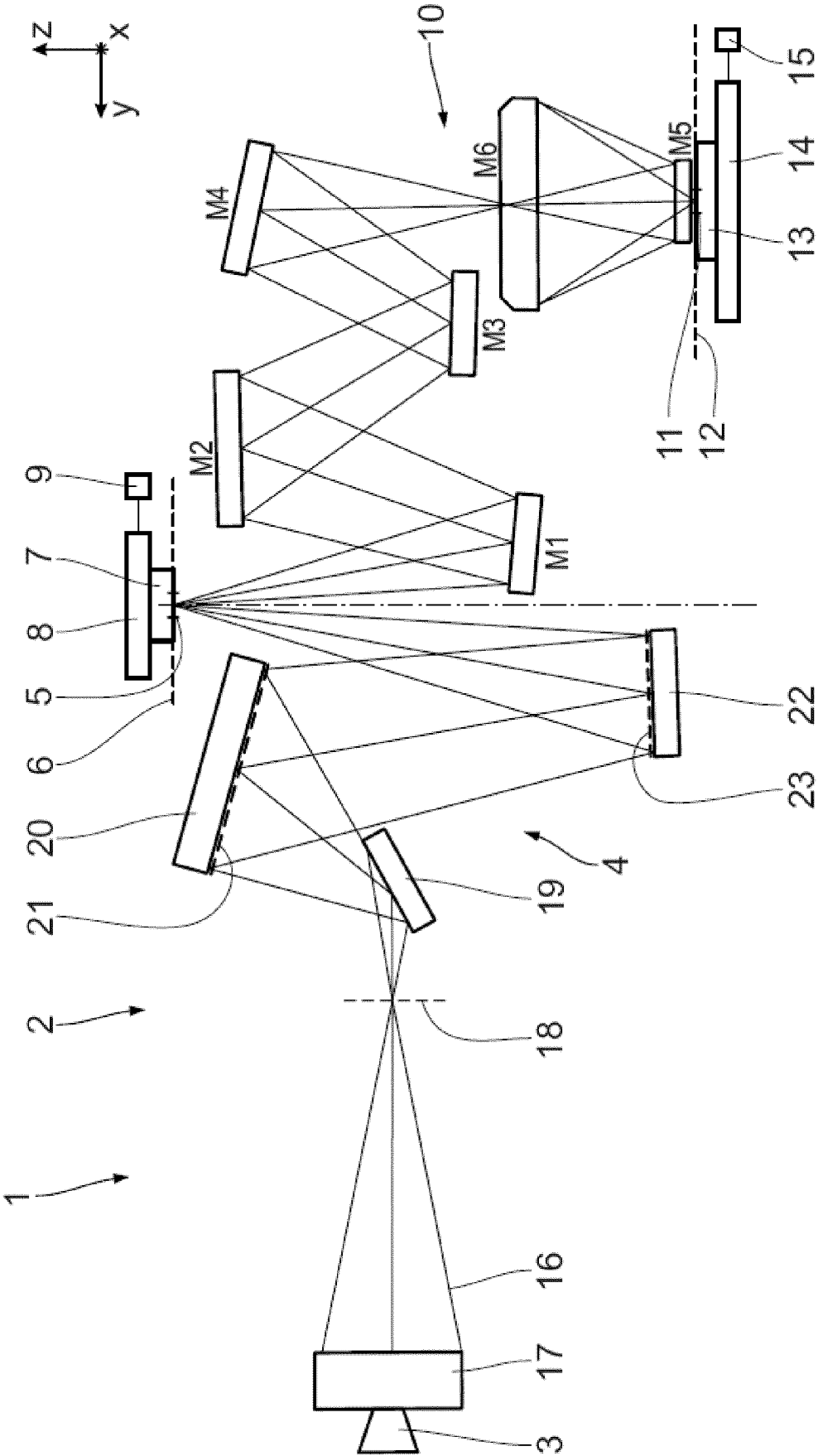


Fig. 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/063176

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 5/08**(2006.01)i; **G03F 7/00**(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F; G02B

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102011005940 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 27 September 2012 (2012-09-27) paragraphs [0022], [0042], [0046], [0062], [0073] figures 1, 7	1-18
A	EP 1367605 A1 (NIKON CORP [JP]) 03 December 2003 (2003-12-03) paragraphs [0015], [0002] - [0023] figures 1a, 1b, 4a, 4b	2-4
A	EP 1306698 A1 (NIKON CORP [JP]) 02 May 2003 (2003-05-02) paragraphs [0068], [0089], [0105] figures 19, 20	2,3,13,15
A	US 9341958 B2 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 17 May 2016 (2016-05-17) column 4, line 65 - column 5, line 10 figures 6, 8, 9	1,16-18

☐ 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

20 August 2024

Date of mailing of the international search report

30 August 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

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

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

Authorized officer

Hillmayr, Heinrich

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/063176

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102011005940	A1	27 September 2012	NONE			
EP	1367605	A1	03 December 2003	EP	1367605	A1	03 December 2003
				JP	2003014893	A	15 January 2003
				US	2003222225	A1	04 December 2003
EP	1306698	A1	02 May 2003	NONE			
US	9341958	B2	17 May 2016	DE	102011075579	A1	15 November 2012
				JP	2014514741	A	19 June 2014
				TW	201303519	A	16 January 2013
				US	2014022525	A1	23 January 2014
				WO	2012126867	A1	27 September 2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G02B5/08 G03F7/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G03F G02B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2011 005940 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 27. September 2012 (2012-09-27) Absätze [0022], [0042], [0046], [0062], [0073] Abbildungen 1, 7 -----	1 - 18
A	EP 1 367 605 A1 (NIKON CORP [JP]) 3. Dezember 2003 (2003-12-03) Absätze [0015], [0002] - [0023] Abbildungen 1a, 1b, 4a, 4b -----	2 - 4
A	EP 1 306 698 A1 (NIKON CORP [JP]) 2. Mai 2003 (2003-05-02) Absätze [0068], [0089], [0105] Abbildungen 19, 20 ----- - / - -	2, 3, 13, 15
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 20. August 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 30/08/2024
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 Hillmayr, Heinrich

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 9 341 958 B2 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 17. Mai 2016 (2016-05-17) Spalte 4, Zeile 65 - Spalte 5, Zeile 10 Abbildungen 6, 8, 9 -----	1,16-18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/063176

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011005940 A1	27-09-2012	KEINE	
EP 1367605 A1	03-12-2003	EP 1367605 A1	03-12-2003
		JP 2003014893 A	15-01-2003
		US 2003222225 A1	04-12-2003
EP 1306698 A1	02-05-2003	KEINE	
US 9341958 B2	17-05-2016	DE 102011075579 A1	15-11-2012
		JP 2014514741 A	19-06-2014
		TW 201303519 A	16-01-2013
		US 2014022525 A1	23-01-2014
		WO 2012126867 A1	27-09-2012