

(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
29. September 2016 (29.09.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/150757 A1

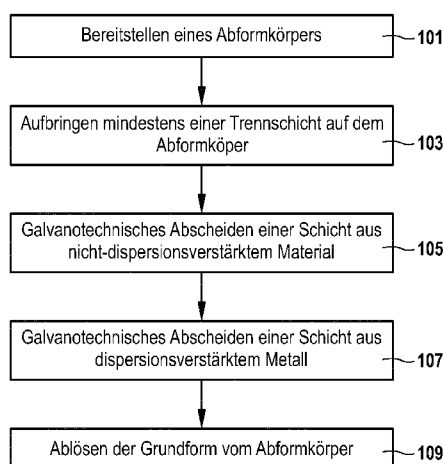
- (51) Internationale Patentklassifikation:
C25D 1/06 (2006.01) *C25D 15/00* (2006.01)
C25D 1/20 (2006.01) *G02B 5/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/055526
- (22) Internationales Anmeldedatum:
15. März 2016 (15.03.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102015104262.2 20. März 2015 (20.03.2015) DE
- (71) Anmelder: **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE];
Rudolf-eber-strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).
- (72) Erfinder: **BINGEL, Ulrich**; Hauptstrasse 24, 74545
Michelfeld (DE). **BAUER, Markus**; Am Espenrain 7,
73447 Oberkochen (DE). **SHKLOVER, Vitaliy**;
Buchenweg 7, 89551 Königsbrunn (DE).
- (74) Anwalt: **WERNER & TEN BRINK -
PATENTANWÄLTE PARTGMBB**; Mendelstr. 11,
48149 Münster (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A REFLECTIVE OPTICAL ELEMENT AND REFLECTIVE OPTICAL ELEMENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES REFLEKTIVEN OPTISCHEN ELEMENTS UND
REFLEKTIVES OPTISCHES ELEMENT

Fig. 11



- 101 Providing a molded body
103 Applying at least one separating layer onto the molded body
105 Depositing a layer of non-dispersion-reinforced material by electroplating
107 Depositing a layer of dispersion-reinforced metal by electroplating
109 Detaching the base body from the molded body

(57) Abstract: The invention relates to a method for the production of a reflective optical element with a base body, said element being filigree and yet sufficiently dimensionally stable, comprising the steps of: - providing a molded body having a surface that corresponds to the geometry of the reflective optical element; - applying a layer system with at least one separating layer onto the surface of the molded body; - electroforming a base body on the layer system; and - detaching the base body from the molded body at the at least one separating layer, characterized in that a first base body layer of non-dispersion-reinforced material and then a second base body layer of dispersion-reinforced metal is deposited during the electroforming of the base body.

(57) Zusammenfassung: Zur Herstellung eines reflektiven optischen Elements mit einem Grundkörper, das filigran und dennoch hinreichend formstabil ist, wird ein Verfahren vorgeschlagen mit den Schritten: - Bereitstellen eines Abformkörpers mit einer Oberfläche, die der Geometrie des reflektiven optischen Elements entspricht; - Aufbringen eines Schichtsystems mit mindestens

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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).

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

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

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*
- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

einer Trennschicht auf der Oberfläche des Abformkörpers; - Elektroformen eines Grundkörpers auf dem Schichtsystem; und - Ablösen des Grundkörpers vom Abformkörper an der mindestens einen Trennschicht, dadurch gekennzeichnet, dass beim Elektroformen des Grundkörpers eine erste Grundkörperschicht aus nicht-dispersionsverstärktem Material und anschließend eine zweite Grundkörperschicht aus dispersionsverstärktem Metall abgeschieden wird.

Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements und reflektives optisches Element

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements mit einem Grundkörper mit den Schritten:

- Bereitstellen eines Abformkörpers mit einer Oberfläche, die der Geometrie des reflektiven optischen Elements entspricht;
- Aufbringen eines Schichtsystems mit mindestens einer Trennschicht auf der Oberfläche des Abformkörpers;
- Elektroformen eines Grundkörpers auf dem Schichtsystem; und
- Ablösen des Grundkörpers vom Abformkörper an der mindestens einen Trennschicht.

Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein reflektives optisches Element mit einem Substrat, wobei eine Fläche des reflektiven optischen Elements zur Reflexion von elektromagnetischer Strahlung in einem bestimmten Wellenlängenbereich ausgelegt ist, sowie auf ein optisches System und eine EUV-Lithographievorrichtung.

Es wird vollumfänglich Bezug genommen auf den Inhalt der prioritätsbegründenden deutschen Patentanmeldung 10 2015 104 262.2 vom 20. März 2015.

Ein gattungsgemäßes Verfahren ist aus der WO 2008/145364 A2 bekannt, auf deren Inhalt vollumfänglich Bezug genommen wird.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, das aus der WO 2008/145364 A2 bekannte Verfahren weiterzuentwickeln.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements mit einem Grundkörper mit den Schritten:

- Bereitstellen eines Abformkörpers mit einer Oberfläche, die der Geometrie des reflektiven optischen Elements entspricht;
- Aufbringen eines Schichtsystems mit mindestens einer Trennschicht auf der Oberfläche des Abformkörpers;
- Elektroformen eines Grundkörpers auf dem Schichtsystem; und
- Ablösen des Grundkörpers vom Abformkörper an der mindestens einen Trennschicht,

wobei beim Elektroformen des Grundkörpers eine erste Grundkörperschicht aus nicht-dispersionsverstärktem Material und anschließend eine zweite Grundkörperschicht aus dispersionsverstärktem Metall abgeschieden wird.

- 5 Unter einem dispersionsverstärkten versteht man ein Verbundmaterial, das in einem bestimmten Matrixmaterial, etwa einem Metall, Partikel aus einem anderen Material aufweist. Diese Partikel werden auch Dispersoide genannte.

Unter Elektroformen wird hier ein galvanotechnisches Verfahren verstanden, bei dem ein
10 metallischer Gegenstand, hier der Grundkörper galvanisch oder chemisch bzw. außenstromlos hergestellt wird. Durch das Elektroformen des Grundkörpers in zwei Etappen, nämlich durch Abscheiden einer ersten Grundkörperschicht aus nicht-dispersionsverstärktem Material und anschließenden einer zweiten Grundkörperschicht aus dispersionsverstärktem Metall, wird ermöglicht, Grundkörper mit für die Verwendung in
15 optischen reflektiven optischen Elementen besonders geeigneten Eigenschaften herzustellen. Diese Grundkörper weisen sowohl eine sehr gute Langzeit-Formstabilität auf als auch eine sehr geringe Oberflächenrauheit, wodurch sich Intensitätsverlust bei der Reflexion von elektromagnetischer Strahlung reduzieren lassen. Durch die galvanotechnische Abscheidung lassen sich dabei auch relative dünne und leichte reflektive
20 optische Elemente herstellen. Dadurch sind die so hergestellten reflektiven optischen Elemente insbesondere für extreme Anwendungen geeignet wie in der Halbleiter-Lithographie, insbesondere im extrem-ultravioletten, im vakuum-ultravioletten oder fernen ultravioletten Wellenlängenbereich, im Weltall bei beliebigen Wellenlängen oder als Scannerspiegel für sichtbares Licht und Wellenlängen im Infrarotbereich.

25 Das Elektroformen hat herstellungstechnisch den Vorteil, dass durch Superpolitur des Abformkörpers eine Oberfläche des Grundkörpers zur Verfügung stellt, deren Rauheit auch den hohen Ansprüche bei optischen Anwendungen bei sehr kurzwelliger elektromagnetischer Strahlung wie etwa im extrem ultravioletten Wellenlängenbereich
30 genügen. Auf eine Nachbearbeitung der Oberfläche des Grundkörpers durch Polieren kann daher verzichtet werden. Ferner lassen sich über das Elektroformen auch zusätzliche Strukturen wie Hohlräume oder vorstehende Teile anformen.

Das Schichtsystem mit der mindestens einen Trennschicht kann neben einer oder mehrerer
35 Trennschichten auch funktionale Schichten aufweisen, die zusammen mit dem Grundkörper

durch Temperaturänderung oder Auflösen bzw. Wegätzen des Abformkörpers abgelöst werden können. Bei reflektiven optischen Elementen für streifenden Einfall können sie bereits die reflektierende Beschichtung bilden, die je nach Wahl des nicht-dispersionsgehärteten Materials notwendig sein könnte. Bei reflektiven optischen Elementen für quasi-normalen Einfall wird vorzugsweise nach dem Trennen ein Viellagensystem zusätzlich aufgebracht. Eine oder mehrere funktionale Schichten könnten beispielsweise als Haftvermittler zum Viellagensystem dienen oder als Schutzschicht für die beiden Grundkörperschichten gegen Strahlungsschäden bei Einsatz mit sehr kurzwelliger elektromagnetischer Strahlung. In Varianten kann auch eine Trennschicht gleichzeitig funktionale Schicht sein.

Vorteilhafterweise wird als nicht-dispersionsverstärktes Material das Matrixmaterial des dispersionsverstärkten Metalls abgeschieden. Dadurch kann der Herstellungsprozess vereinfacht werden, indem zum Abscheiden der zweiten Grundkörperschicht im Wesentlichen dem verwendeten Elektrolyten die gewünschten Dispersoide zugegeben werden.

Vorzugsweise wird die zweite Grundkörperschicht mit einem Dispersoidkonzentrationsgradienten senkrecht zur Oberfläche des Abformkörpers abgeschieden. Das kann zu einer besonders guten Haftung zwischen der ersten und der zweiten Grundkörperschicht führen, da sie gewissermaßen ineinander übergehen.

In bevorzugten Ausführungsformen wird die erste Grundkörperschicht mit einer Dicke von mindestens 1 μm , bevorzugt mindestens 15 μm , besonders bevorzugt mindestens 50 μm und die zweite Grundkörperschicht mit einer Dicke von mindestens 100 μm , bevorzugt mindestens 200 μm , besonders bevorzugt mindestens 500 μm abgeschieden. So können reflektive optische Elemente mit filigranen Strukturen, die aber bereits hinreichend fest und stabil sind, hergestellt werden.

Vorteilhafterweise wird als Metallmatrixmaterial eines oder mehrere der Gruppe umfassend Kupfer, Kupferlegierungen, Gold, Goldlegierungen, Silber, Silberlegierungen, Nickel, Nickellegierungen, Kobalt, Kobaltlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Magnesium, Magnesiumlegierungen, Platin, Platinlegierungen, Palladium und Palladiumlegierungen abgeschieden. Diese Metalle, sei es als reines Element, sei es als

Legierung haben sich als besonders geeignet für die elektrochemische Abscheidung, insbesondere zusammen mit Dispersoiden erwiesen.

Vorteilhafterweise werden als Dispersoid eines oder mehrere der Gruppe umfassend

- 5 Karbide, Boride, Oxide, Nitride, Kohlenstoff-Nanoröhrchen, Fullerene, Graphene und Diamant abgeschieden. Durch Zugabe dieser Dispersoide können Eigenschaften der Metallmatrix wie etwa Dichte, Wärmeausdehnung, Formstabilität, Wärmeleitfähigkeit gezielt beeinflusst werden.
- 10 In bevorzugten Ausführungsformen werden für das dispersionsverstärkte Metall Metallmatrix und Dispersoid derart gewählt, dass das dispersionsverstärkte Metall verglichen mit dem nicht-dispersionsverstärkten Metall eine um mindestens einen Faktor 2 erhöhte 0,2%-Dehngrenze und/oder eine um mindestens 10% erhöhte Wärmeleitfähigkeit und/oder ein um mindestens 10% erhöhtes E-Modul und/oder einen um mindestens 10% reduzierten
- 15 Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist. Auf diese Weise können gezielt für die verschiedensten Anwendungsarten optimierte reflektive optische Element hergestellt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Abformkörper aufweisend ein Material der

- 20 Gruppe umfassend Glaskeramik, Borosilikat-Kronglas, Quarzglas, Kupfer, Kupferlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen und Stahl zur Verfügung gestellt. In Kombination mit Grundkörpern mit einer Grundkörperschicht aus dispersionsverstärktem Metall können insbesondere auch Abformkörper aus Stahl einen hinreichend großen Unterschied in der Wärmeausdehnung verglichen mit dem Grundkörper aufweisen, dass
- 25 eine Trennung mittels Temperaturänderung möglich ist. Insbesondere Stahlabformkörper haben den Vorteil einer sehr hohen Formbeständigkeit, so dass sie besonders oft wiederverwendet können. Dadurch können die Herstellungskosten der auf die beschriebene Art hergestellten reflektiven optischen Elemente gesenkt werden.

- 30 Vorteilhafterweise wird auf den Abformkörper eine amorphe, spanbare Schicht aufgebracht und deren Oberflächen spanend bearbeitet. Dadurch kann der zum herzustellenden reflektiven optischen Element komplementäre Oberflächenverlauf besonders präzise gearbeitet werden. Bevorzugt setzt man dazu sogenannten „Ultraprecision-Machining“-Prozesse ein wie beispielsweise Diamant-Drehen oder Diamant-Fräsen ein. Als Material für

die amorphe, spanbare Schicht sind u.a. Aluminium, Kupfer oder auch Nickel-Phosphor-Legierungen mit hohem Phosphoranteil von etwa 10-13 Gew.-% geeignet.

In einem weiteren Aspekt wird die Aufgabe gelöst durch ein reflektives optisches Element mit einem Substrat, wobei eine Fläche des reflektiven optischen Elements zur Reflexion von elektromagnetischer Strahlung in einem bestimmten Wellenlängenbereich ausgelegt ist, wobei das Substrat eine erste Schicht aus einem nicht-dispersionsgehärteten Material und eine zweite, von der zur Reflexion ausgelegten Fläche weiter entfernte Schicht aus einem dispersionsgehärteten Metall aufweist. Bevorzugt handelt es sich um ein reflektives optisches Element für die Reflexion von Strahlung im weichen Röntgenwellenbereich, im extrem-ultravioletten, im fern-ultravioletten oder im fern-infraroten Wellenlängenbereich.

Derartige reflektive optische Elemente können u.a. mit Hilfe des zuvor beschriebenen Verfahrens hergestellt werden, wobei das Substrat im Wesentlichen aus dem Grundkörper gebildet wird. Aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Langzeit-Formstabilität, guter Wärmeleitfähigkeit bei geringer Wärmeausdehnung und geringer Dichte verglichen mit bekannten reflektiven optischen Elementen ohne dispersionsgehärtetem Metall eignen sie sich besonders gut für Anwendungen unter hohen Anforderungen, etwa bei sehr kurzwelliger elektromagnetischer Strahlung, beispielsweise im weichen Röntgenbereich (Wellenlängen im Bereich von 0,5 nm bis 6 nm), extremen ultravioletten (Wellenlängen im Bereich von 6 nm bis 20 nm) oder fern-ultravioletten Wellenlängenbereich (Wellenlängen im Bereich von 20 nm bis 200 nm), im fern-infraroten Wellenlängenbereich, im Weltraum oder in Galvanometer-Scannern. Da sie dicht und nicht ausgasend sind, sind sie auch für die Verwendung im Ultrahochvakuum geeignet.

In bevorzugten Ausführungsformen weist das Substrat zumindest stellenweise ein Verhältnis von kleinster Ausdehnung der zur Reflexion ausgelegten Fläche zu Dicke von mindestens 10 aufweist. Bei einer etwa kreisförmigen Fläche würde die kleinste Diagonale dem Durchmesser entsprechen. Die hier beschriebenen reflektiven optischen Elemente zeichnen sich dadurch aus, dass sie großflächig und trotzdem sehr dünn ausgeführt sein können, ohne sich im Gebrauch nennenswert zu verformen. Dies vereinfacht deren platzsparenden Einbau in komplexere Vorrichtungen wie etwa EUV-Lithographievorrichtungen.

Bevorzugt weist das dispersionsgehärtete Metall eine 0,2%-Dehngrenze von mindestens 500 N/mm² auf. Die 0,2%-Dehngrenze ist ein Maß für die Streckgrenze R_e , die im Englischen auch yield strength σ_y genannt wird. Die Streckgrenze bezeichnet diejenige Spannung, bis zu der ein Werkstoff bei einachsiger und momentenfreier Zugbeanspruchung keine dauerhafte plastische Verformung zeigt. Die 0,2%-Dehngrenze, auch Elastizitätsgrenze $R_{p0,2}$ genannt, ist diejenige einachsige mechanische Spannung, bei der die auf die Anfangslänge der Probe bezogene bleibende Dehnung nach Entlastung genau 0,2% beträgt, und eindeutig aus einem Nennspannungs-Totaldehnungs-Diagramm für das jeweilige Material ermittelt werden. Die bisher für insbesondere galvanotechnisch hergestellte reflektive optische Elemente verwendeten nicht-dispersoid gehärteten Metalle erreichen diese 0,2%-Dehngrenze nicht.

Vorteilhafterweise weist die erste Substratschicht eine Dicke von mindestens 1 μm , bevorzugt mindestens 15 μm , besonders bevorzugt mindestens 50 μm und die zweite Substratschicht eine Dicke von mindestens 100 μm , bevorzugt 200 μm , besonders bevorzugt 500 μm auf. Derartige reflektive optische Elemente weisen mit der ersten Substratschicht eine Oberfläche mit besonders geringer Rauigkeit auf, die unmittelbar als reflektierende Fläche im streifenden Einfall oder als Trägerfläche für eine oder wenige darüberliegende reflektierende Schicht für den streifenden Einfall oder für ein Viellagensystem für den quasi-normalen Einfall. Gleichzeitig überwiegen die speziellen mechanischen Eigenschaften der zweiten Substratschicht.

Bevorzugt weist das reflektive optische Element als nicht-dispersionsverstärktes Material das Matrixmaterial des dispersionsverstärkten Metalls auf. Das reduziert nicht nur den Herstellungsaufwand, sondern erlaubt eine maximale Haftung zwischen der ersten und der zweiten Substratschicht.

Vorteilhafterweise weist die zweite Substratschicht einen Dispersoidkonzentrationsgradienten senkrecht zur zur Reflexion ausgelegten Fläche auf. Dabei kann es sich um eine Konzentration in Gewichtsprozent oder auch in Volumenprozent handeln. Der Gradient kann auch durch eine Variation der Dispersoidgröße verursacht sein. Das erlaubt reflektive optische Elemente mit einem besonders hohen Dickenverhältnis von zweiter Substratschicht aus dispersionsverstärktem Metall und erster Substratschicht ohne dispersionsverstärktem Material.

Bevorzugt weist die zweite Substratschicht als Metallmatrixmaterial eines oder mehrere der Gruppe umfassend Kupfer, Kupferlegierungen, Gold, Goldlegierungen, Silber, Silberlegierungen, Nickel, Nickellegierungen, Kobalt, Kobaltlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Magnesium, Magnesiumlegierungen, Platin, Platinlegierungen, Palladium und Palladiumlegierungen auf. Diese Metalle, reine Elemente oder Legierungen, zeichnen sich durch gute Wärmeleitfähigkeit, geringe Dichte, geringe Wärmeausdehnung, hohe Streckgrenze oder gute elektrochemische Abscheidbarkeit aus.

Bevorzugt weist die zweite Substratschicht als Dispersoid eines oder mehrere der Gruppe umfassend Karbide, Boride, Oxide, Nitride, Kohlenstoff-Nanoröhrchen, Fullerene, Graphene und Diamant auf. Damit lassen sich die Eigenschaften des jeweiligen Matrixmetalls in die gewünschte Richtung gezielt beeinflussen.

Vorteilhafterweise weist das dispersionsverstärkte Metall verglichen mit dem nicht-dispersionsverstärkten Metall eine um mindestens einen Faktor 2 erhöhte 0,2%-Dehngrenze und/oder eine um mindestens 10% erhöhte Wärmeleitfähigkeit und/oder ein um mindestens 10% erhöhtes E-Modul und/oder einen um mindestens 10% reduzierten Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, wodurch derartige reflektive Elemente für verschiedenste Einsatzarten geeignet sein können.

In bevorzugten Ausführungsformen ist das reflektive optische Element als Kollektorspiegel für eine EUV-Lithographievorrichtung ausgebildet ist. Besonders bevorzugt handelt es sich um genestete Kollektorspiegel wie u.a. aus der DE 10 2005 053415 A1 bekannt, bei denen mehrere möglichst dünne Spiegelschalen konzentrisch angeordnet sind, wobei sie durch Stege in bestimmten Abständen zueinander gehalten werden, die ebenfalls möglichst dünn sein sollten, um Abschattungseffekte zu verringern.

Ferner wird die Aufgabe gelöst durch ein optisches System für eine EUV-Lithographievorrichtung bzw. durch eine EUV-Lithographievorrichtung mit einem reflektiven optischen Element wie zuvor beschrieben oder hergestellt gemäß dem erläuterten Verfahren.

Die vorliegende Erfindung soll unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Dazu zeigen

- Figur 1 schematisch eine Ausführungsform einer EUV-Lithographievorrichtung mit einem Beleuchtungssystem mit einem hier vorgeschlagenen reflektiven optischen Element als Kollektorspiegel;
- 5 Figur 2 schematisch ein hier vorgeschlagenes reflektives optisches Element als Kollektorspiegel;
- Figur 3 schematisch einen Abformkörper;
- 10 Figur 4 schematisch einen Abformkörper mit Schichtsystem;
- Figur 5 schematisch einen Abformkörper mit einer ersten Grundkörperschicht;
- Figur 6 schematisch einen Abformkörper mit einer zweiten
15 Grundkörperschicht auf der ersten Grundkörperschicht;
- Figur 7 schematisch einen Abformkörper und ein erster davon abgetrennter Grundkörper;
- 20 Figur 8 schematisch einen Abformkörper und ein zweiter davon abgetrennter Grundkörper;
- Figur 9 schematisch ein reflektives optisches Element;
- 25 Figur 10 schematisch der Verlauf der Dispersoidkonzentration im reflektiven optischen Element aus Figur 9;
- Figur 11 schematisch einen Ablauf des hier vorgeschlagenen Verfahrens; und
- 30 Figur 12 schematisch einen Abformkörper mit noch nicht abgetrenntem reflektiven optischen Element.

In Figur 1 ist schematisch eine EUV-Lithographievorrichtung 10 dargestellt. Wesentliche Komponenten sind das Beleuchtungssystem 14, die Photomaske 17 und das

Projektionssystem 20. Die EUV-Lithographievorrichtung 10 wird unter Vakuumbedingungen betrieben, damit die EUV-Strahlung in ihrem Inneren möglichst wenig absorbiert wird.

Als Strahlungsquelle 12 kann beispielsweise eine Plasmaquelle oder auch ein Synchrotron dienen. Im hier dargestellten Beispiel handelt es sich um eine Plasmaquelle. Die emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich von etwa 5 nm bis 20 nm wird zunächst vom Kollektorspiegel 13 gebündelt. Der Betriebsstrahl wird dann in das Beleuchtungssystem 14 eingeführt. Im in Figur 1 dargestellten Beispiel weist das Beleuchtungssystem 14 zwei Spiegel 15, 16 auf. Die Spiegel 15, 16 leiten den Strahl auf die Photomaske 17, die die Struktur aufweist, die auf den Wafer 21 abgebildet werden soll. Bei der Photomaske 17 handelt es sich ebenfalls um ein reflektives optisches Element für den EUV-Wellenlängenbereich, das je nach Herstellungsprozess ausgewechselt wird. Mit Hilfe des Projektionssystems 20 wird der von der Photomaske 17 reflektierte Strahl auf den Wafer 21 projiziert und dadurch die Struktur der Photomaske auf ihn abgebildet. Das Projektionssystem 20 weist im dargestellten Beispiel zwei Spiegel 18, 19 auf. Es sei darauf hingewiesen, dass sowohl das Projektionssystem 20 als auch das Beleuchtungssystem 14 jeweils nur einen oder auch drei, vier, fünf und mehr Spiegel aufweisen können. In Abwandlungen kann die Strahlungsquelle 12 auch außerhalb des Beleuchtungssystems 14 angeordnet sein.

Bei jedem der Spiegel 13, 15, 16, 18, 19 wie auch bei der Photomaske kann es sich um ein reflektives optisches Element mit einem Substrat handeln, bei dem eine Fläche des reflektiven optischen Elements zur Reflexion von elektromagnetischer Strahlung in einem bestimmten Wellenlängenbereich ausgelegt ist und bei dem das Substrat eine erste Schicht aus einem nicht-dispersionsgehärteten Material und eine zweite, von der zur Reflexion ausgelegten Fläche weiter entfernte Schicht aus einem dispersionsgehärteten Metall aufweist. Im hier dargestellten Beispiel ist der Kollektorspiegel 13 derartig ausgebildet.

Ein Beispiel für eine Ausführung als genesteter Kollektorspiegel 22 ist in Figur 2 schematisch dargestellt. Als optisch wirksame Elemente 23 weist der Kollektorspiegel 22 eine Mehrzahl von Spiegelschalen 25 auf, die jeweils für sich rotationssymmetrisch bezüglich einer Symmetrieachse 26 ausgebildet und konzentrisch zueinander ineinander genestet sind. Die einzelnen Spiegelschalen 25 haben eine Ausdehnung in Richtung der Symmetrieachse 26, wobei ihre optisch wirksame Schicht jeweils durch die Oberfläche gebildet wird, die der Symmetrieachse 26 zugewandt ist, also jeweils ihre innere Oberfläche.

Im Betrieb des Kollektorspiegels 22 tritt elektromagnetische Strahlung von einer Strahlungsquelle 27, speziell einer Plasmaquelle, die auf der Symmetrieachse 26, jedoch außerhalb der Spiegelschalen 25 angeordnet ist, in den Kollektorspiegel 22 ein und wird an den der Symmetrieachse 26 zugewandten Oberflächen der einzelnen Spiegelschalen 25 reflektiert. Der Einfall der elektromagnetischen Strahlung der Strahlungsquelle 27 auf die einzelnen Spiegelschalen 25 ist dabei mehr oder weniger streifend. Jede einzelne der Spiegelschalen 25 weist eine im Wesentlichen topfförmige Struktur auf, die an beiden Längsenden offen ist. Dabei ist die kleinste Ausdehnung der Oberfläche mit der optisch wirksamen Schicht, hier die Projektion der Symmetrieachse 26 auf die Oberfläche um mehr als eine Größenordnung größer als die Dicke der jeweiligen Spiegelschale 25.

Als Fassungselemente 24 weist der Kollektorspiegel 22 beispielhaft eine Mehrzahl von Speichen 28 auf, im gezeigten Ausführungsbeispiel insgesamt sechs Speichen. Die sechs Speichen gehen in ein gemeinsames Speichenrad 29 über. Um störende Abschattungseffekte aufgrund der Speichen 28 zu verringern, sind sie besonders dünn ausgeführt. Die Speichen 28 können im Rahmen des galvanotechnischen Prozesses zusätzlich zum Grundkörper mit angewachsen werden, wobei sie einen möglichst hohen Gehalt an dem dispersionsverstärkten Metall mit erhöhter Festigkeit aufweisen. Weitere Teile die galvanotechnisch angewachsen werden können, können u.a. Trägerstrukturen wie beispielsweise Wabenstrukturen oder Metallschäume, Halteelemente oder Stützstrukturen sein. Optional können auf diese Weise auch Hohlräume integriert werden, wie etwa Kühlkanäle. Auch Kühlelemente können galvanotechnisch in reflektive optische Elemente integriert werden.

Das Verfahren, um reflektive optische Elemente mit einem Grundkörper herzustellen, wird nachstehend anhand der Figur 11 in Verbindung mit den Figuren 3 bis 10 erläutert werden. In einem ersten Schritt 101 wird zunächst ein Abformkörper, oft auch Mandrel genannt, zur Verfügung gestellt. Ein Abformkörper 30 ist schematisch in Figur 3 dargestellt. Der Abformkörper weist eine Oberfläche 31 auf, die der Geometrie des herzustellenden reflektiven optischen Elements entspricht und insbesondere für Anwendungen im sehr kurzwelligen Wellenlängenbereich unter 200 nm, insbesondere kleiner 20 nm superpoliert ist. Die quadratische Rauheit, die auch RMS(root mean squared roughness)-Rauheit genannt wird, wird aus dem Mittel der Quadrate der Abweichung der Messpunkte über die Oberfläche zu einer mittleren Fläche berechnet, die so durch die Oberfläche gelegt wird, das die Summe der Abweichungen bezogen auf die mittlere Fläche minimal ist. Insbesondere für

optische Elemente für die EUV-Lithographie ist die Rauheit in einem Ortsfrequenzbereich von 0,1 μm bis 200 μm von besonderer Bedeutung, um negative Einflüsse auf die optischen Eigenschaften der optischen Elemente zu vermeiden. Vorzugsweise ist die Oberfläche 31 des Abformkörpers 31 derart poliert, dass sie eine quadratische Rauheit von maximal ca. 0,5 nm, bevorzugt 0,3 nm, besonders bevorzugt 0,2 nm aufweist.

Bevorzugt werden Abformkörper 31 aus Glaskeramik, Borosilikat-Kronglas, Quarzglas, Kupfer, Kupferlegierungen, Aluminium oder Aluminiumlegierungen eingesetzt. Je nach Wahl des Grundkörpermaterials werden vorteilhafterweise auch Abformkörper 31 aus Stahl verwendet. Sofern der Unterschied im Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen Abformkörper und Grundkörper groß genug für ein thermisches Trennen der beiden Körper ist, haben Abformkörper 31 aus Stahl den Vorteil einer besonders hohen Langzeitformstabilität, so dass sie besonders oft wieder verwendet werden können, was die Herstellungskosten verringert.

In einem nächsten Schritt 103 (Figur 11) wird auf dem Abformkörper 31 ein Schichtsystem mit mindestens einer Trennschicht 40 (siehe Figur 4) aufgebracht. Das Schichtsystem kann aus einer Trennschicht bestehen oder komplexer aufgebaut sein und ein oder mehrere ein Trennschichtsystem bildende Schichten und/oder eine oder mehrere funktionale Schichten aufweisen, wobei die eine oder mehrere Trennschichten auch zugleich die Funktion von funktionalen Schichten übernehmen können. Grundsätzlich könnte das Schichtsystem 40 zumindest teilweise auch elektrochemisch galvanisch oder außenstromlos aufgebracht werden. Bevorzugt werden aber physikalische und/oder chemische Abscheidungsverfahren aus der Gasphase eingesetzt, auch PVD (physical vapor deposition) oder CVD (chemical vapor deposition) Verfahren genannt. Dies kann auch ionen- und/oder plasmaunterstützt geschehen. Die Dicken der ggf. mehreren Schichten des Schichtsystems 40 liegen dabei im Nanometerbereich. Besonders bevorzugte Materialien sind Siliziumdioxid, Gold, Platin, Palladium und Ruthenium.

Anschließend wird der Grundkörper auf dem Schichtsystem elektrogeformt. Dies geschieht nach dem hier vorgeschlagenen Verfahren in zwei Schritten. In einem ersten Schritt 105 (Figur 11) wird wie in Figur 5 dargestellt galvanotechnisch eine erste Grundkörperschicht 50 aus einem nicht-dispersionsverstärktem Material auf dem Schichtsystem 40 auf dem Abformkörper 30 abgeschieden. In einem zweiten Schritt 107 (Figur 11) wird darüber eine zweite Grundkörperschicht 60 aus einem dispersionsverstärktem Metall galvanotechnisch

abgeschieden (siehe Figur 6). Bevorzugt wird als nicht-dispersionsverstärktes Material das Matrixmaterial des dispersionsverstärkten Metalls abgeschieden. Dies hat herstellungstechnisch den Vorteil, dass in beiden Schritten 105 und 107 ein Elektrolyt verwendet werden kann, dem für den zweiten Schritt Dispersoide beigesetzt werden.

5

Die Dickenverhältnisse werden derart gewählt, dass der Abformkörper 30 eine Dicke d_3 im Bereich einiger Zentimeter aufweist und das Schichtsystem 40 eine Dicke d_4 in der Größenordnung von 10^0 bis 10^1 Nanometern. Die erste Grundkörperschicht 50 wird so abgeschieden, dass sie eine Dicke d_5 von mindestens 1 μm , bevorzugt mindestens 15 μm , besonders bevorzugt mindestens 50 μm aufweist. Die zweite Grundkörperschicht 60 wird so abgeschieden, dass sie eine Dicke d_6 von mindestens 100 μm , bevorzugt 200 μm , besonders bevorzugt 500 μm aufweist. Der Grundkörper 30, der die beiden Grundkörperschichten 50 und 60 umfasst und der beim fertigen reflektiven optischen Element das Substrat bildet, weist bevorzugt eine Dicke von bis zu 2 mm, bevorzugt bis zu 1,5 mm, besonders bevorzugt bis 1 mm auf. Beim fertigen reflektiven optischen Element können die erste und zweite Grundkörperschicht auch mit erster und zweiter Substratschicht bezeichnet werden. Diese Dickenverhältnisse sind besonders geeignet für reflektive optische Elemente mit lateralen Abmessungen im Bereich von einigen Zentimetern bis einigen zehn Zentimetern.

20

In einem letzten Schritt 109 (Figur 11) wird der Grundkörper an der mindestens einen Trennschicht vom Abformkörper getrennt. Dies kann beispielsweise chemisch durch Wegätzen bzw. Auflösen des Abformkörpers oder einer oder mehrere eigens dafür ausgelegten Trennschichten geschehen. Physikalisch kann der Abformkörper oder eine oder mehrere eigens dafür ausgelegte Trennschichten auch weggeschmolzen werden. Besonders bevorzugt werden Grundkörper und Abformkörper an der mindestens einen Trennschicht durch Temperaturänderung voneinander abgesprengt. Dies erlaubt die Wiederverwendung des Abformkörpers ohne aufwendige Aufbereitung. Das Absprengen durch Temperaturänderung kann dadurch optimiert werden, dass für den Abformkörper einerseits und den Grundkörper andererseits Materialien gewählt werden, die besonders unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen. Sobald bei einer abrupten Temperaturänderung die thermisch induzierten Spannungen die Haftspannungen zwischen Grundkörper und Abformkörper, bzw. an der mindestens einen Trennschicht übersteigen, findet eine Ablösung statt.

35

In den Figuren 7 und 8 sind beispielhaft zwei verschiedene Varianten des Ablösevorgangs schematisch dargestellt. In dem in Figur 7 dargestellten Beispiel wurde das Schichtsystem 40a mit der mindestens einen Trennschicht so ausgelegt, dass die Trennung durch plötzliche Temperaturänderung zu einer Ablösung des Schichtsystems 40a vom

5 Abformkörper 30 führt, während das Schichtsystems 40a in einem Verbund mit den beiden Grundkörperschichten 50, 60, insbesondere mit der ersten Grundkörperschicht 50 verbleibt. In einer Variante ist das Schichtsystem 40a derart ausgebildet, dass es die für die Reflexion von elektromagnetischer Strahlung ausgelegte Fläche des reflektiven optischen Elements bildet. Vorzugsweise besteht das Schichtsystem dazu aus mindestens einer metallischen
10 Schicht, an der beispielsweise bei streifendem Einfall Reflexion erfolgt. Außerdem kann das Schichtsystem eine zweite, zum Vakuum abschließende Schicht aufweisen, die eine Schutzfunktion für die reflektierende Fläche übernimmt. Bei Anwendungen im extrem ultravioletten Wellenlängenbereich, insbesondere bei Wellenlängen zwischen 5 nm und 20 nm, eignet sich beispielsweise Ruthenium zum Schutz vor Kontamination der
15 reflektierenden Oberfläche. Die guten Eigenschaften der Oberfläche des Abformkörpers werden bei dem hier vorgeschlagenen Verfahren an die Oberfläche des abgelösten Grundkörpers sozusagen vererbt, so dass auf diese Weise ein Einsatz des Grundkörpers 70a mit Schichtsystem 40a ohne weitere Bearbeitung der reflektiven Fläche möglich ist.

20 In dem in Figur 8 dargestellten Beispiel ist das Schichtsystem 40 mit der mindestens einen Trennschicht derart ausgelegt, dass es beim Ablösen des Grundkörpers 70 aus erster und zweiter Grundkörperschicht 50, 60 vom Abformkörper 30 vollständig bei dem Abformkörper 30 verbleibt. Die so gebildete Oberfläche der ersten Grundkörperschicht 50 des Grundkörpers 70 kann aufgrund herstellungsbedingten geringen Rauigkeit selber als
25 reflektive Fläche eines reflektiven optischen Elements dienen, insbesondere wenn die erste Grundkörperschicht 50 metallisch ist.

Der Grundkörper 70 kann aber beispielsweise auch ohne Nachpolieren als Substrat für eine weitere reflektive Beschichtung 80 dienen, wie in Figur 9 dargestellt. Diese bildet eine zur
30 Reflexion von elektromagnetischer Strahlung ausgebildete Fläche 102. Für kurzwellige Anwendungen, insbesondere im EUV-Wellenlängenbereich kann es sich bei der Beschichtung 80 für streifenden Einfall beispielsweise um eine oder nur wenige metallische Schichten handeln und für quasi-normalen Einfall um ein Viellagensystem aus alternierend angeordneten Schichten aus Materialien mit unterschiedlichen Realteilen des
35 Brechungsindex bei der zu reflektierenden Wellenlänge. Beispielsweise für eine

Wellenlänge von 13,5 nm kann ein Viellagensystem aus alternierend angeordneten Schichten aus Molybdän und Silizium aufgebracht sein. Ein Vorteil des hier vorgeschlagenen Herstellungsverfahrens besteht darin, dass die Oberfläche des Substrats 70, speziell der ersten Substratschicht 50 eine derart geringe Rauigkeit aufweisen kann, dass insbesondere auch Viellagensysteme, deren optische Eigenschaften sehr stark von der Rauigkeit abhängen können, unmittelbar, ohne Nachpolieren aufgebracht werden können. Ferner können reflektive optische Elemente wie vorgeschlagen abformtechnisch hergestellt werden, die nicht nur plane, sphärische oder asphärische Oberflächenverläufe aufweisen, sondern deren reflektive Fläche als Freiform ausgebildet ist – in Abhängigkeit von der Außenkontur des Abformkörpers, die zum Oberflächenverlauf der reflektiven Fläche des reflektiven optischen Elements ist.

In Abwandlungen der in den Figuren 7 und 8 erläuterten Varianten können auch eine oder mehrer Schichten des Schichtsystem beim Trennen durch Temperaturänderung mit dem Abformkörper verbleiben oder mit dem Grundkörper. Beispielsweise könnte ein Schichtsystem mit einer Siliziumdioxid und einer Goldschicht vorgesehen sein, bei dem die Trennung zwischen Siliziumdioxid und Goldschicht erfolgt. Eine beispielhafte Abwandlung mit einem Trennschichtsystem 40 aus mehreren Schichten 41, 42, 43, die unterschiedlich gut an ihren jeweils unmittelbar benachbarten Schichten haften, ist schematisch in Figur 12 dargestellt. In dem hier dargestellten Beispiel handelt es sich um einen Abformkörper 30 aus Stahl, auf den als erste Schicht 41 des Trennschichtsystems 40 eine Siliziumdioxidschicht aufgebracht wurde. Diese haftet besonders gut auf Stahl. Auf die Siliziumdioxidschicht 41 wurde eine Goldschicht 42 und darüber eine Nickelschicht 43 aufgebracht. Die Nickelschicht 43 hat die Funktion einer Diffusionssperre zwischen der Goldschicht 42 und der ersten Grundkörperschicht 50 aus Kupfer. An diese schließt sich eine dispersionsverstärkte Kupferschicht als zweite Grundkörperschicht 60 an. Die Trennung der Grundschichten 50, 60 vom Abformkörper 30 erfolgt in diesem Beispiel zwischen der Goldschicht 42 und der Siliziumdioxidschicht 41, wie durch die gestrichelte Linie 44 angedeutet wird. Nach der Abtrennung bilden die Schichten 42, 43, 50, 60 ein reflektives optisches Element, bei dem die Goldschicht 42 als reflektive Schicht dient.

Das in Figur 9 dargestellte reflektive optische Element 100 ist im Wesentlichen kreisförmig mit einem Durchmesser D2 ausgebildet. Die Dicke D1 des reflektiven optischen Elements beträgt höchstens ein Zehntel des Durchmessers D2. Dadurch können besonders platzsparende reflektive optische Elemente zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere ist

dies für Kollektorspiegel für die EUV-Lithographie, insbesondere für genestete Kollektorspiegel wie in Figur 2 dargestellt von Vorteil.

Dies wird insbesondere durch das Vorhandensein von einer zweiten Grundkörperschicht bzw. Substratschicht aus dispersionsverstärktem Metall erlaubt. Bevorzugt wird ein dispersionsverstärktes Metall mit einer 0,2%-Dehngrenze von mindestens 500 N/mm^2 gewählt. Besonders geeignet als Metallmatrixmaterial sind Kupfer, Kupferlegierungen, Gold, Goldlegierungen, Silber, Silberlegierungen, Nickel, Nickellegierungen, Kobalt, Kobaltlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Magnesium, Magnesiumlegierungen, Platin, Platinlegierungen, Palladium und Palladiumlegierungen. Matrixmaterial auf der Grundlage von Edelmetallen zeichnet sich durch besonders hohe Wärmeleitfähigkeit aus. Matrixmaterial auf der Basis von Aluminium und/oder Magnesium ist insbesondere für Leichtbau-Spiegel geeignet, wie sie u.a. für Weltraumanwendungen oder in Scannern eingesetzt werden. Matrixmaterial auf der Basis von Nickel lässt sich besonders gut auch mit sehr hohen Abscheideraten elektrochemisch, speziell galvanisch oder außenstromlos aufbringen. Diese Materialien sind ohne Dispersoide auch gut für die erste Grundkörper- bzw. Substratschicht aus nicht-dispersionverstärktem Material geeignet.

Im Hinblick auf die Dispersoide für das dispersionsverstärkte Material der zweiten Grundkörper- bzw. Substratschicht werden Karbide, Boride, Oxide, Nitride, Kohlenstoff-Nanoröhrchen, Fullerene, Graphene und Diamant sowie beliebige Mischungen davon bevorzugt. Die Dispersoide können mit einer Partikelgröße zwischen ca. 10 nm und $10 \mu\text{m}$ als Mikropartikel oder Partikelgrößen kleiner 100 nm als Nanopartikel vorliegen. Ihre Form ist bevorzugt sphärisch oder dendritisch. Die Graphen liegen bevorzugt als Flocken vor. Dispersoide können beschichten sein, so dass sie nicht mehr elektrisch leitend sind. Somit lassen sie sich einfach in der Metallmatrix elektrochemisch abscheiden. Besonders bevorzugt als Dispersoide sind Graphen, Diamant, Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, Siliziumborid, Borkarbid, Bornitrid, Borkarbonnitrid, Zirkoniumdioxid, Zirkoniumnitrid, Zirkoniumborid, Aluminiumoxid (Korund), Aluminiumnitrid, Aluminiumborid, Chromdioxid, Chromborid, Magnesiumoxid, Magnesiumborid, Titankarbid, Titanborid, Tantalkarbid, Tantalborid, Molybdänkarbid, Molybdänborid, Wolframkarbid und Wolframborid. Titanboridpartikel können beispielsweise mit Titanoxidpartikel beschichtet sein, damit sie nicht mehr leitfähig sind und sich besser elektrochemisch einsetzen lassen. Dies gilt auch für andere Boride oder auch Karbide.

Vorteilhafterweise sind für die zweite Grundkörper- bzw. Substratschicht Metallmatrix und Dispersoid derart gewählt, dass das dispersionsverstärkte Metall verglichen mit dem nicht-dispersionsverstärkten Metall eine um mindestens einen Faktor 2 erhöhte 0,2%-Dehngrenze und/oder eine um mindestens 10% erhöhte Wärmeleitfähigkeit und/oder ein um mindestens 10% erhöhtes E-Modul und/oder einen um mindestens 10% reduzierten Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist. Durch entsprechende Kombination von Metallmatrix und Dispersoid sowie nicht-dispersionsverstärktem Material können die meisten Parameter entsprechend der gewünschten Anwendung des reflektiven optischen Elements eingestellt werden.

Auch die Konzentration des Dispersoids in der Metallmatrix spielt dabei eine Rolle. So kann die zweiten Grundkörperschicht derart abgeschieden werden, dass die resultierende zweite Substratschicht einen Dispersoidkonzentrationsgradienten senkrecht zur zur Reflexion ausgelegten Fläche aufweist. Dies ist schematisch auch in Figur 10 dargestellt, in der die Konzentration C in Abhängigkeit vom Abstand d von der Trennfläche vom Abformkörper aufgetragen ist: In der ersten Grundkörper- bzw. Substratschicht ist die Dispersoidkonzentration gleich Null, während sie im hier dargestellten Beispiel über die Dicke d_6 der zweiten Grundkörper- bzw. Substratschicht kontinuierlich zunimmt. Je nach Matrixmaterial und Dispersoid bzw. gewünschter Dispersoidkonzentration kann es vorteilhaft sein, zumindest im Grenzbereich der zweiten zur ersten Schicht hin einen Konzentrationsgradienten vorzusehen, um einen spannungsfreieren Verbund zwischen erster und zweiter Schicht zu erlauben, was die Lebensdauer der reflektiven optischen Elements erhöht.

In einem ersten Beispiel wurde auf einem mehrere Zentimeter dicken Abformkörper aus Aluminium eine wenige Nanometer dicke Trennschicht aus Gold aufgebracht und darauf galvanisch eine 5 μm dicke Trennschicht aus Nickel und anschließend eine erste Schicht einer Dicke von 20 μm aus reinem Kupfer abgeschieden. Anschließend wurden dem Elektrolyten Korundpartikel zugegeben und eine zweite Schicht einer Dicke von ca. 1,5 mm aus dispersionsverstärktem Kupfer mit einer Korundpartikelkonzentration im Bereich von 0,1 bis 30 Gew.-% abgeschieden, wobei der Konzentrationsgradient mit zunehmendem Abstand vom Abformkörper ansteigt. Diese zweite Schicht hatte eine 0,2%-Dehngrenze von etwa 510 N/mm^2 verglichen mit einem Wert von 160 N/mm^2 für Kupfer. Der Grundkörper auf Kupferbasis wurde durch eine plötzliche Temperaturniedrigung von mehreren 10 K an der Goldschicht vom Abformkörper getrennt, wobei die Goldschicht an dem Grundkörper

verblieb und ohne weitere Nachbearbeitung zur Reflexion von elektromagnetischer Strahlung durch das so hergestellte reflektive optische Element dient. Das reflektive optische Element ist oval und derart dimensioniert, dass das Zweifache der kleinen Halbachse 3 cm beträgt.

5

In einem zweiten Beispiel wurde auf einem mehrere Zentimeter dicken Abformkörper aus Stahl eine wenige Nanometer dicke Trennschicht aus Siliziumdioxid und eine zweite wenige Nanometer dicke Trennschicht aus Palladium aufgebracht und darauf außenstromlos eine erste Schicht einer Dicke von 50 µm aus Nickel-Phosphor-Legierung abgeschieden.

- 10 Anschließend wurden dem Elektrolyten Diamantpartikel zugegeben und eine zweite Schicht einer Dicke von ca. 2,0 mm aus dispersionsverstärkter Nickel-Phosphor-Legierung mit einer Diamantpartikelkonzentration im Bereich von 20 Gew.-% abgeschieden. Diese zweite Schicht hatte eine 0,2%-Dehnungsgrenze von etwa 580 N/mm² und außerdem eine um ca. 15% erhöhten Wärmeleitfähigkeit verglichen mit Nickel-Phosphor-Legierung. Der
- 15 Grundkörper auf Nickel-Phosphorbasis wurde durch eine plötzliche Temperaturerniedrigung von mehreren 10 K zwischen der Siliziumdioxidschicht und der Palladiumschicht vom Abformkörper getrennt, wobei die Palladiumschicht an dem Grundkörper verblieb und ohne weitere Nachbearbeitung zur Reflexion von elektromagnetischer Strahlung durch das so hergestellte reflektive optische Element dient. Das reflektive optische Element ist
- 20 quadratisch mit einer Seitenkantlänge von 5 cm lang.

In einem dritten Beispiel wurde auf einem mehrere Zentimeter dicken Abformkörper aus Aluminium eine wenige Nanometer dicke Trennschicht aus Platin aufgebracht und darauf galvanisch eine erste Schicht einer Dicke von 60 µm aus reinem Kupfer-Nickel -Legierung

- 25 abgeschieden. Anschließend wurden dem Elektrolyten Siliziumkarbidpartikel zugegeben und eine zweite Schicht einer Dicke von ca. 1,0 mm aus dispersionsverstärkter Kupfer-Nickel-Silizium-Legierung mit einer Siliziumpartikelkonzentration im Bereich von 0,1 bis 30 Gew.-% abgeschieden, wobei der Konzentrationsgradient mit zunehmendem Abstand vom Abformkörper ansteigt. Diese zweite Schicht hatte eine 0,2%-Dehnungsgrenze von etwa 550
- 30 N/mm² sowie ein um ca. 12% erhöhtes E-Modul verglichen der Kupfer-Nickel- Legierung ohne Siliziumkarbid dispersion. Der Grundkörper auf Kupferlegierungsbasis wurde durch eine plötzliche Temperaturerniedrigung von mehreren 10 K an der Platinschicht vom Abformkörper getrennt, wobei die Platinschicht an dem Grundkörper verblieb und ohne weitere Nachbearbeitung zur Reflexion von elektromagnetischer Strahlung durch das so

hergestellte reflektive optische Element dient. Das reflektive optische Element ist oval und derart dimensioniert, dass das Zweifache der kleinen Halbachse 4 cm beträgt.

- In einem vierten Beispiel wurde auf einem mehrere Zentimeter dicken Abformkörper aus Siliziumdioxid eine wenige Nanometer dicke Trennschicht aus Ruthenium aufgebracht und darauf galvanisch eine erste Schicht einer Dicke von 55 μm aus Aluminium abgeschieden. Anschließend wurden dem Elektrolyten Graphenflocken zugegeben und eine zweite Schicht einer Dicke von ca. 1,7 mm aus dispersionsverstärktem Aluminium mit einer Graphenflockenkonzentration im Bereich von 0,1 bis 10 Gew.-% abgeschieden, wobei der Konzentrationsgradient mit zunehmendem Abstand vom Abformkörper ansteigt. Diese zweite Schicht hatte ein 0,2%-Dehnungsgrenze von etwa 300 N/mm² sowie einen um ca. 10% verringerten Wärmeausdehnungskoeffizienten verglichen mit Aluminium ohne Graphen. Der Grundkörper aus Siliziumdioxid wurde durch eine plötzliche Temperaturniedrigung von mehreren 10 K an der Rutheniumschicht vom Abformkörper getrennt, wobei die Rutheniumschicht an dem Grundkörper verblieb und ohne weitere Nachbearbeitung zur Reflexion von elektromagnetischer Strahlung durch das so hergestellte reflektive optische Element dient. Das reflektive optische Element ist kreisförmig und derart dimensioniert, dass der Durchmesser 6 cm beträgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements mit einem
5 Grundkörper mit den Schritten:
- Bereitstellen eines Abformkörpers mit einer Oberfläche, die der Geometrie des reflektiven optischen Elements entspricht;
 - Aufbringen eines Schichtsystems mit mindestens einer Trennschicht auf der Oberfläche des Abformkörpers;
 - 10 - Elektroformen eines Grundkörpers auf dem Schichtsystem; und
 - Ablösen des Grundkörpers vom Abformkörper an der mindestens einen Trennschicht, dadurch gekennzeichnet, dass beim Elektroformen des Grundkörpers eine erste Grundkörperschicht aus nicht-dispersionsverstärktem Material und anschließend eine zweite Grundkörperschicht aus dispersionsverstärktem Metall abgeschieden wird.
- 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als nicht-dispersionsverstärktes Material das Matrixmaterial des dispersionsverstärkten Metalls abgeschieden wird.
- 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Grundkörperschicht mit einem Dispersoidkonzentrationsgradienten senkrecht zur Oberfläche des Abformkörpers abgeschieden wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die
25 erste Grundkörperschicht mit einer Dicke von mindestens 1 μm , bevorzugt mindestens 15 μm , besonders bevorzugt mindestens 50 μm und die zweite Grundkörperschicht mit einer Dicke von mindestens 100 μm , bevorzugt mindestens 200 μm , besonders bevorzugt mindestens 500 μm abgeschieden wird.
- 30
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Metallmatrixmaterial eines oder mehrere der Gruppe umfassend Kupfer, Kupferlegierungen, Gold, Goldlegierungen, Silber, Silberlegierungen, Nickel, Nickellegierungen, Kobalt, Kobaltlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Magnesium, Magnesiumlegierungen, Platin, Platinlegierungen, Palladium und
35 Palladiumlegierungen abgeschieden wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Dispersoid eines oder mehrere der Gruppe umfassend Karbide, Boride, Oxide, Nitride, Kohlenstoff-Nanoröhrchen, Fullerene, Graphene und Diamant abgeschieden wird.
- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass für das dispersionsverstärkte Metall Metallmatrix und Dispersoid derart gewählt werden, dass das dispersionsverstärkte Metall verglichen mit dem nicht-dispersionsverstärkten Metall eine um mindestens einen Faktor 2 erhöhte 0,2%-Dehngrenze und/oder eine um mindestens 10% erhöhte Wärmeleitfähigkeit und/oder ein um mindestens 10% erhöhtes
- 10 E-Modul und/oder einen um mindestens 10% reduzierten Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abformkörper aufweisend ein Material der Gruppe umfassend Glaskeramik, Borosilikat-
- 15 Kronglas, Quarzglas, Kupfer, Kupferlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen und Stahl zur Verfügung gestellt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf den Abformkörper eine amorphe, spanbare Schicht aufgebracht wird und deren Oberflächen
- 20 spanend bearbeitet wird.
10. Reflektives optisches Element mit einem Substrat, wobei eine Fläche des reflektiven optischen Elements zur Reflexion von elektromagnetischer Strahlung in einem bestimmten Wellenlängenbereich ausgelegt ist, dadurch gekennzeichnet, dass das
- 25 Substrat (70) eine erste Schicht (50) aus einem nicht-dispersionsgehärteten Material und eine zweite, von der zur Reflexion ausgelegten Fläche (102) weiter entfernte Schicht (60) aus einem dispersionsgehärteten Metall aufweist.
11. Reflektives optisches Element nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass
- 30 das Substrat (70) zumindest stellenweise ein Verhältnis von geringster Ausdehnung (D2) der zur Reflexion ausgelegten Fläche zu Dicke (D1) von mindestens 10 aufweist.
12. Reflektives optisches Element nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das dispersionsgehärtete Metall eine 0,2%-Dehngrenze von mindestens 500
- 35 N/mm² aufweist.

13. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Substratschicht (50) eine Dicke (d_5) von mindestens 1 μm , bevorzugt mindestens 15 μm , besonders bevorzugt mindestens 50 μm und die zweite Substratschicht (60) eine Dicke (d_6) von mindestens 100 μm , bevorzugt mindestens 200 μm , besonders bevorzugt mindestens 500 μm aufweist.

14. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass es als nicht-dispersionsverstärktes Material das Matrixmaterial des dispersionsverstärkten Metalls aufweist.

10

15. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Substratschicht (60) einen Dispersoidkonzentrationsgradienten (90) senkrecht zur zur Reflexion ausgelegten Fläche (102) aufweist.

15

16. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Substratschicht (60) als Metallmatrixmaterial eines oder mehrere der Gruppe umfassend Kupfer, Kupferlegierungen, Gold, Goldlegierungen, Silber, Silberlegierungen, Nickel, Nickellegierungen, Kobalt, Kobaltlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Magnesium, Magnesiumlegierungen, Platin, Platinlegierungen, Palladium und Palladiumlegierungen aufweist.

20

17. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Substratschicht (60) als Dispersoid eines oder mehrere der Gruppe umfassend Karbide, Boride, Oxide, Nitride, Kohlenstoff-Nanoröhrchen, Fullerene, Graphene und Diamant aufweist.

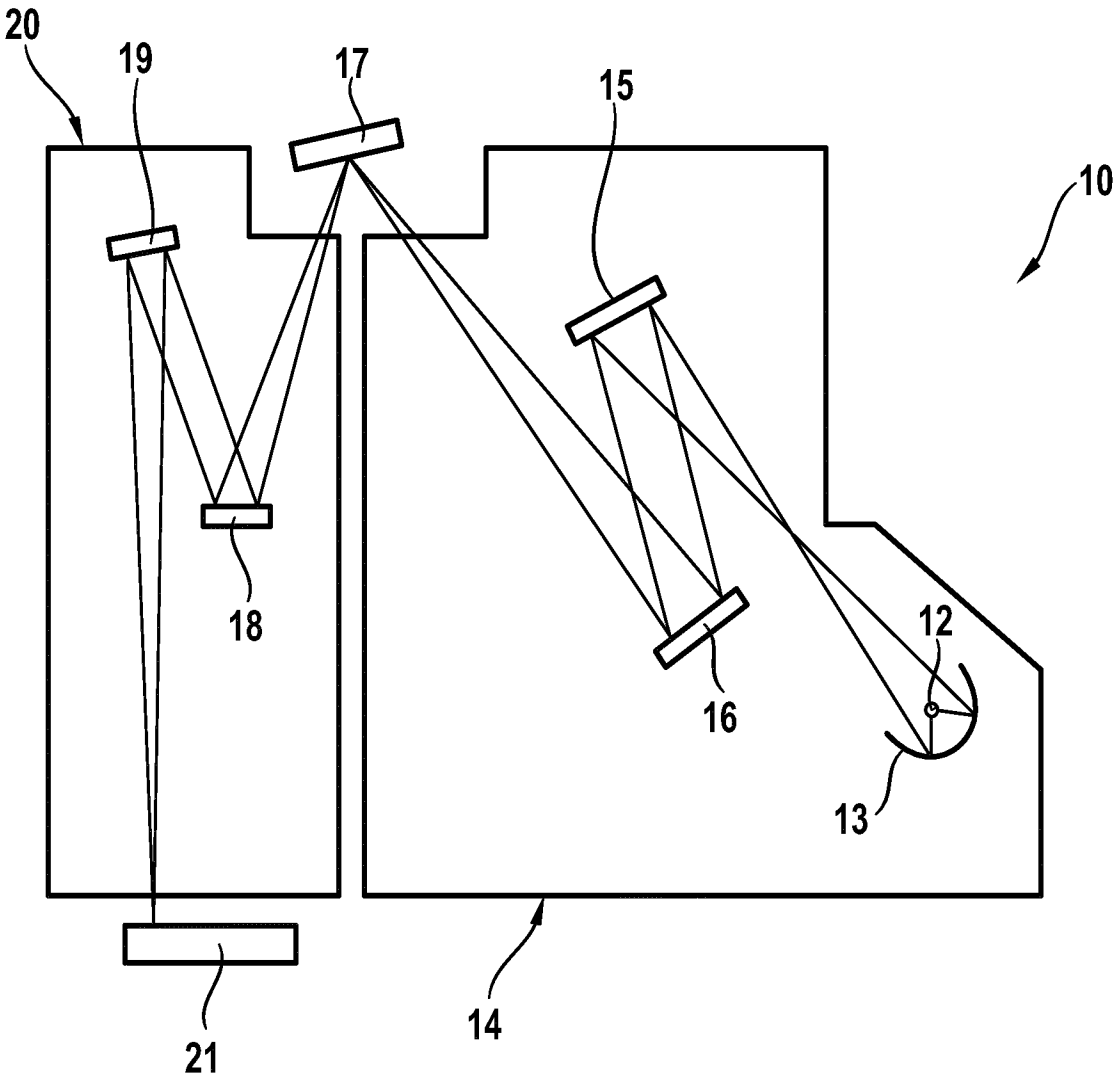
25

18. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das dispersionsverstärkte Metall verglichen mit dem nicht-dispersionsverstärkten Metall eine um mindestens einen Faktor 2 erhöhte 0,2%-Dehngrenze und/oder eine um mindestens 10% erhöhte Wärmeleitfähigkeit und/oder ein um mindestens 10% erhöhtes E-Modul und/oder einen um mindestens 10% reduzierten Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist.

30

19. Reflektives optisches Element nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass es als Kollektorspiegel (13, 22) für eine EUV-Lithographievorrichtung (10) ausgebildet ist.
- 5 20. Optisches System für eine EUV-Lithographievorrichtung mit einem reflektiven optischen Element hergestellt gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder einem reflektiven optischen Element nach einem der Ansprüche 10 bis 19.
- 10 21. EUV-Lithographievorrichtung mit einem reflektiven optischen Element hergestellt gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder einem reflektiven optischen Element nach einem der Ansprüche 10 bis 19.

Fig. 1



2 / 6

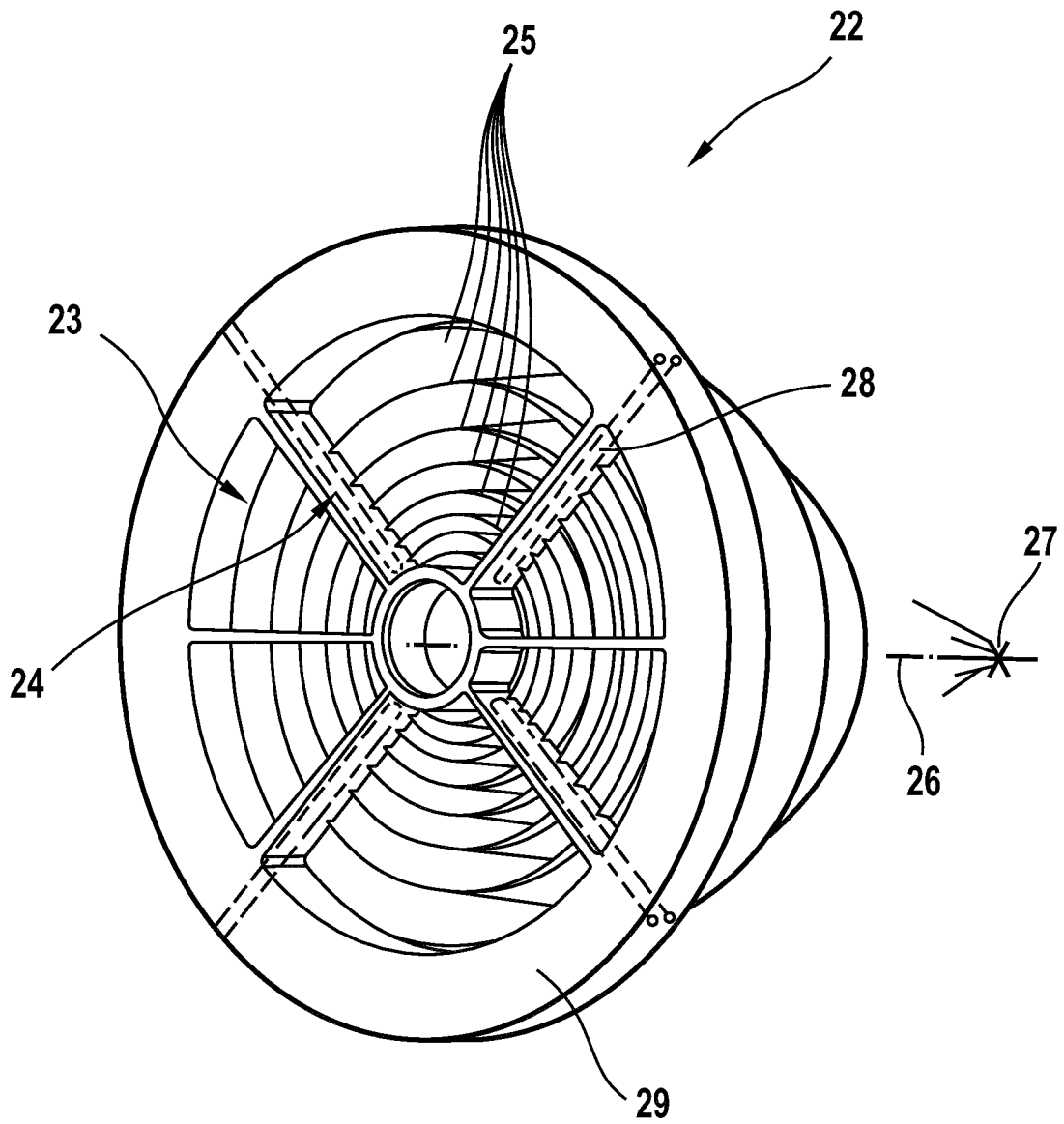


Fig. 2

Fig. 3

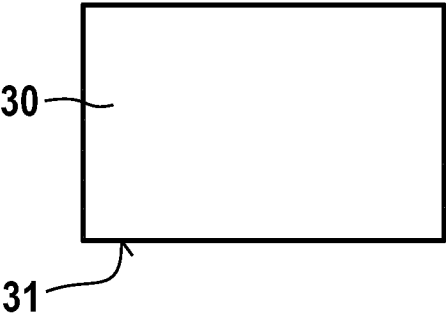


Fig. 4

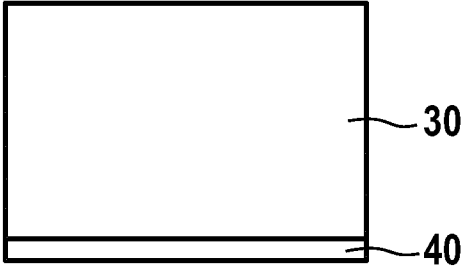


Fig. 5

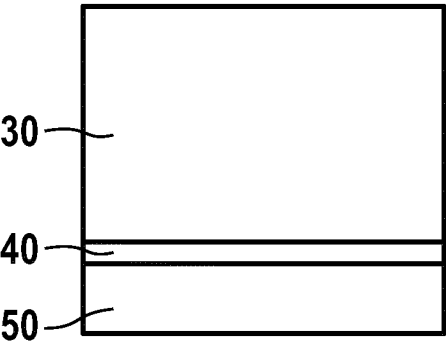


Fig. 6

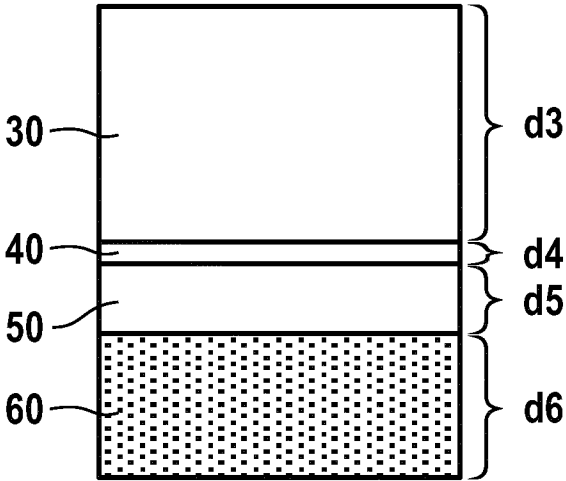


Fig. 7

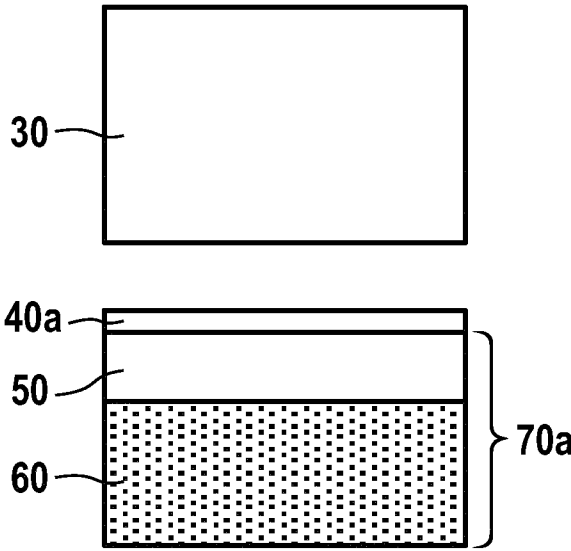


Fig. 8

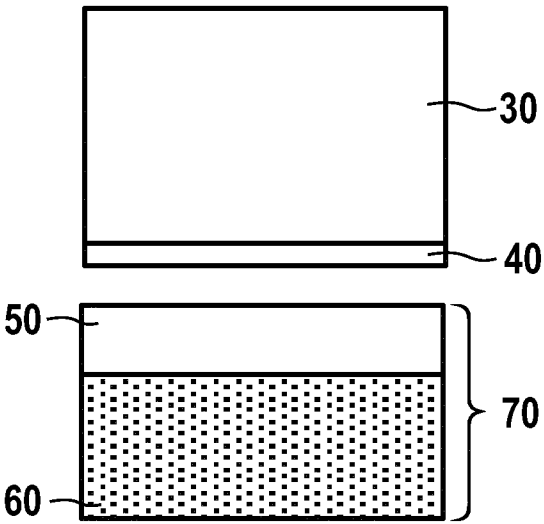


Fig. 9

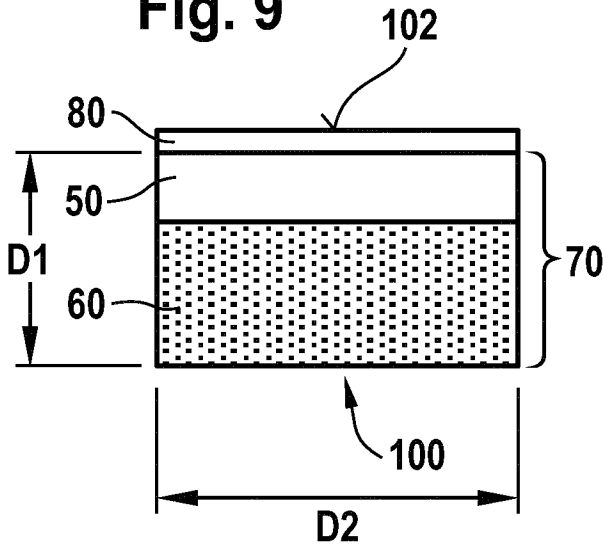


Fig. 10

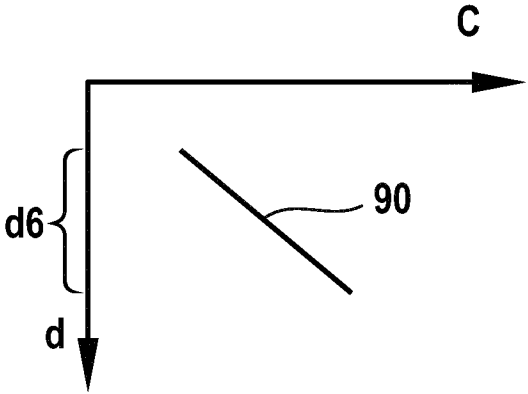


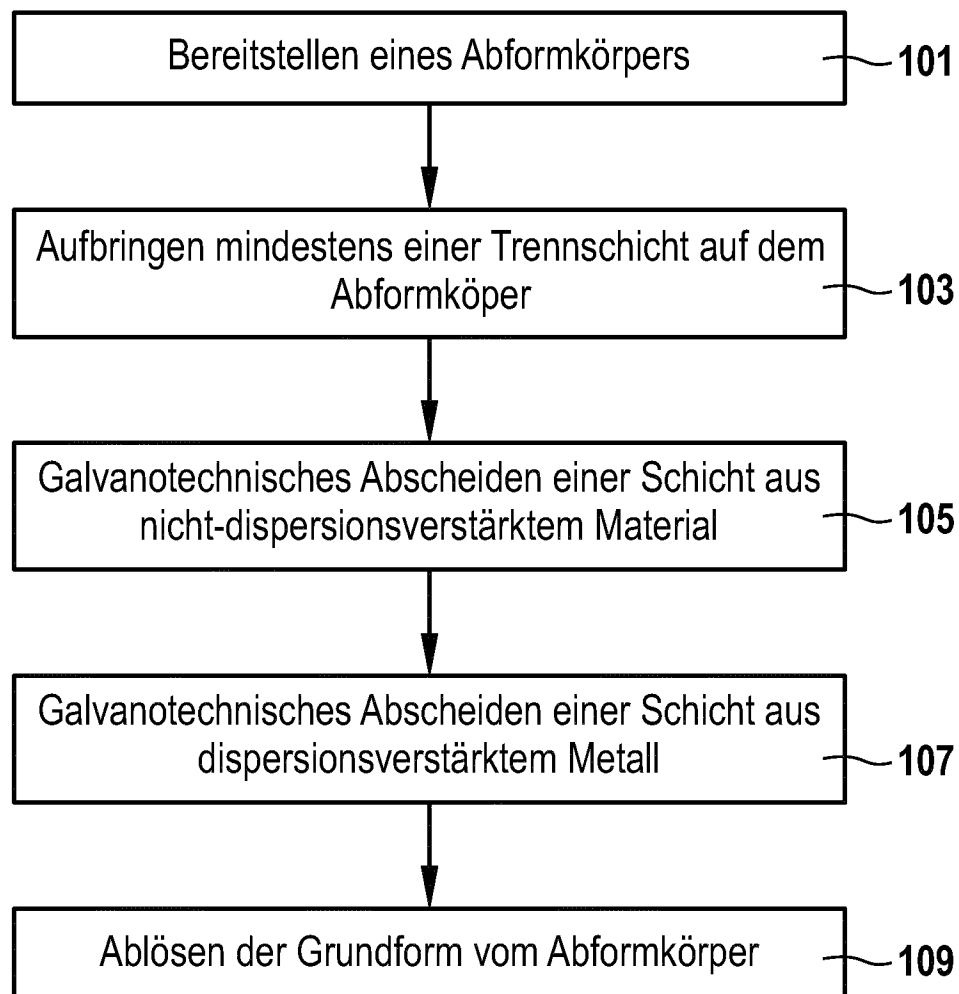
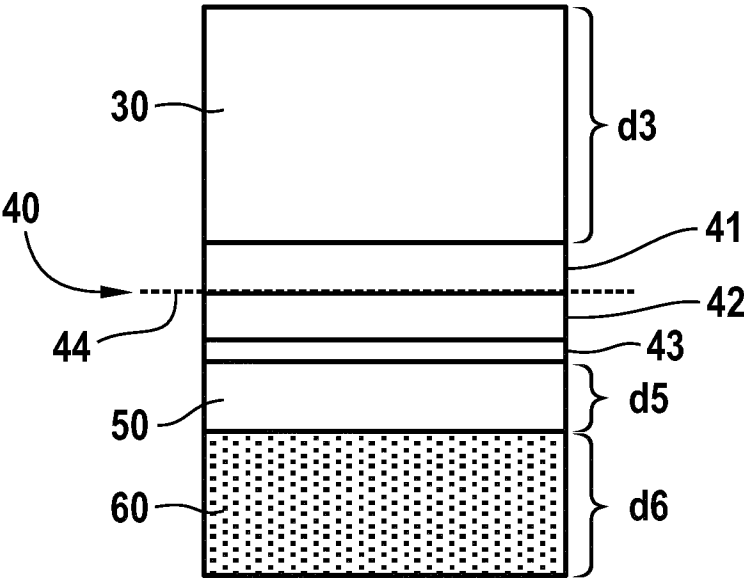
Fig. 11

Fig. 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/055526

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C25D1/06 C25D1/20 C25D15/00 G02B5/00 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) C25D 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	US 2006/147802 A1 (YASUDA KIYOTAKA [JP] ET AL) 6 July 2006 (2006-07-06)	1,3-9
Y	abstract figures 6a-6f example 1 paragraphs [0069], [0080], [0084] - [0086], [0093] - [0097] -----	2
Y	US 2012/276403 A1 (NAKAGAWA KAZUSHI [JP] ET AL) 1 November 2012 (2012-11-01) abstract paragraph [0045] -----	2
A	DE 10 2005 053415 A1 (ZEISS CARL LASER OPTICS GMBH [DE]) 10 May 2007 (2007-05-10) cited in the application abstract paragraph [0098] -----	1-9
☐ 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 27 May 2016		Date of mailing of the international search report 11/08/2016
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 Lange, Ronny

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2016/055526

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

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

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

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

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

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

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

see Supplemental Sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
see annex

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

This International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims: 1-9

Concept I according to the invention relates to a method for producing a reflective optical element having a base body, said method having the following steps: - providing a molded body having a surface that corresponds to the geometry of the reflective optical element; - applying a layer system having at least one separating layer onto the surface of the molded body; - electroforming a base body on the layer system; and - detaching the base body from the molded body at the at least one separating layer, characterized in that, during the electroforming of the base body, a first base body layer made of non-dispersion-reinforced material is deposited and then a second base body layer made of dispersion-reinforced material is deposited.

2. Claims: 10-21

Concept II according to the invention relates to a reflective optical element having a substrate, wherein a surface of the reflective optical element is designed to reflect electromagnetic radiation in a particular wavelength range, characterized in that the substrate has a first layer made of a non-dispersion-hardened material and a second layer made of a dispersion-hardened material, said second layer being spaced further from the surface designed to reflect.

Concept II according to the invention also relates to an optical system for an EUV lithography device having such a reflective optical element, and an EUV lithography device having such a reflective optical element.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/055526

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006147802 A1	06-07-2006	NONE	

US 2012276403 A1	01-11-2012	CN 102753735 A	24-10-2012
		EP 2543750 A1	09-01-2013
		JP 5006993 B2	22-08-2012
		US 2012276403 A1	01-11-2012
		WO 2011096432 A1	11-08-2011

DE 102005053415 A1	10-05-2007	DE 102005053415 A1	10-05-2007
		WO 2007051638 A1	10-05-2007

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C25D1/06 C25D1/20 C25D15/00 G02B5/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C25D 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	US 2006/147802 A1 (YASUDA KIYOTAKA [JP] ET AL) 6. Juli 2006 (2006-07-06)	1,3-9
Y	Zusammenfassung Abbildungen 6a-6f Beispiel 1 Absätze [0069], [0080], [0084] - [0086], [0093] - [0097]	2
Y	US 2012/276403 A1 (NAKAGAWA KAZUSHI [JP] ET AL) 1. November 2012 (2012-11-01) Zusammenfassung Absatz [0045]	2
A	DE 10 2005 053415 A1 (ZEISS CARL LASER OPTICS GMBH [DE]) 10. Mai 2007 (2007-05-10) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Absatz [0098]	1-9
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
27. Mai 2016		11/08/2016
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 Lange, Ronny

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

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

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

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

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

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
see annex

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

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

1. Ansprüche: 1-9

Erfinderische Idee I betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines reflektiven optischen Elements mit einem Grundkörper mit den Schritten:- Bereitstellen eines Abformkörpers mit einer Oberfläche, die der Geometrie des reflektiven optischen Elements entspricht;- Aufbringen eines Schichtsystems mit mindestens einer Trennschicht auf der Oberfläche des Abformkörpers;- Elektroformen eines Grundkörpers auf dem Schichtsystem; und- Ablösen des Grundkörpers vom Abformkörper an der mindestens einen Trennschicht,dadurch gekennzeichnet, dass beim Elektroformen des Grundkörpers eine erste Grundkörperschicht aus nicht-dispersionsverstärktem Material und anschließend eine zweite Grundkörperschicht aus dispersionsverstärktem Metall abgeschieden wird.

2. Ansprüche: 10-21

Erfinderische Idee II betrifft ein r eflektives optisches Element mit einem Substrat, wobei eine Fläche des reflektiven optischen Elements zur Reflexion von elektromagnetischer Strahlung in einem bestimmten Wellenlängenbereich ausgelegt ist,dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat eine erste Schicht aus einem nicht-dispersionsgehärteten Material und eine zweite, von der zur Reflexion ausgelegten Fläche weiter entfernte Schicht aus einem dispersionsgehärteten Metall aufweist. Erfinderische Idee II betrifft auch ein optisches System für eine EUV-Lithographievorrichtung mit einem solchen reflektiven optischen Element sowie eine EUV-Lithographievorrichtung mit einem solchen reflektiven optischen Element.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/055526

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006147802 A1	06-07-2006	KEINE	

US 2012276403 A1	01-11-2012	CN 102753735 A	24-10-2012
		EP 2543750 A1	09-01-2013
		JP 5006993 B2	22-08-2012
		US 2012276403 A1	01-11-2012
		WO 2011096432 A1	11-08-2011

DE 102005053415 A1	10-05-2007	DE 102005053415 A1	10-05-2007
		WO 2007051638 A1	10-05-2007
