

(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
01. November 2018 (01.11.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/197191 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B08B 5/00 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
B08B 7/00 (2006.01) *G02B 27/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/058979

(22) Internationales Anmeldedatum:
09. April 2018 (09.04.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 207 030.7
26. April 2017 (26.04.2017) DE

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

(72) Erfinder: FORCHT, Konstantin; Ludwigstr. 13, 73430
Aalen (DE). ROGALSKY, Olaf; Schwörhausgasse 5,
89073 Ulm (DE). AMENT, Irene; Talweg 18, 73434 Aa-
len (DE).

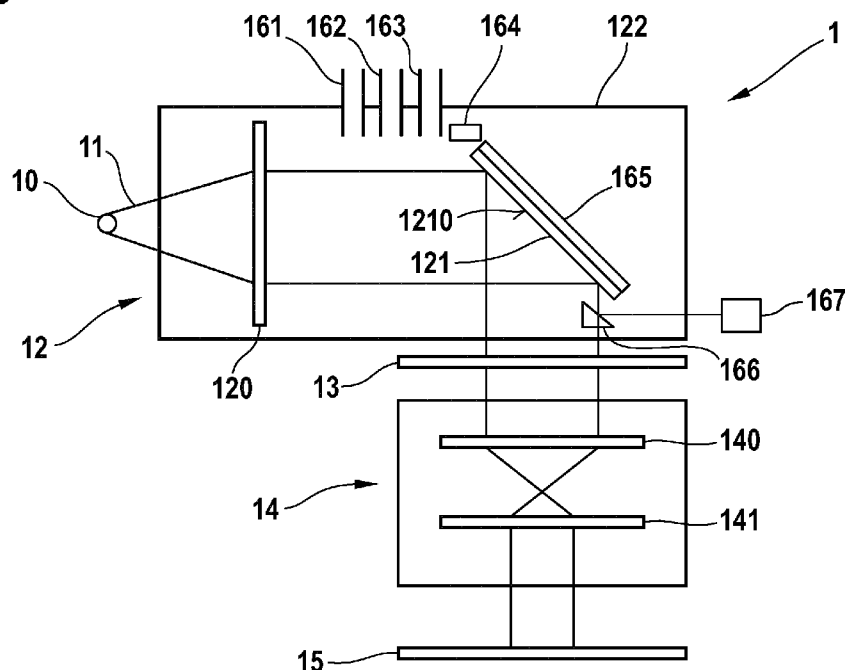
(74) Anwalt: WERNER & TEN BRINK - PATENT-
ANWÄLTE PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT
MBB; Mendelstr. 11, 48149 Münster (DE).

(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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: PROCESS FOR CLEANING OPTICAL ELEMENTS FOR THE ULTRAVIOLET WAVELENGTH RANGE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REINIGUNG VON OPTISCHEN ELEMENTEN FÜR DEN ULTRAVIOLETTEN
WELLENLÄNGENBEREICH

Fig. 1



(57) Abstract: Proposed for cleaning optical elements for the ultraviolet wavelength range having at least one metal-containing layer on a surface is a process comprising the steps of: - supplying activated hydrogen to the surface having the metal-containing layer; subsequently supplying inert gas having an H₂O volume fraction of below 5 ppm, preferably below 1 ppm, particularly preferably below 0.2 ppm. To this end, an optical system (1) may comprise a housing (122), a means for supply (161) of activated hydrogen, a means for supply (162) of inert gas having an H₂O volume fraction of below 5 ppm and a discharge means (163) for pumping gas out of the housing (122).

(57) Zusammenfassung: Zur Reinigung von optischen Elementen für den ultravioletten Wellenlängenbereich mit mindestens einer

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

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

metallhaltigen Schicht auf einer Oberfläche wird ein Verfahren vorgeschlagen mit den Schritten: - Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff zu der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht; - anschließend Zufuhr von Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm, bevorzugt unter 1 ppm besonders bevorzugt unter 0,2 ppm. Dazu kann ein optisches System (1) ein Gehäuse (122), eine Zufuhreinrichtung (161) von aktiviertem Wasserstoff, eine Zufuhreinrichtung (162) von Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm und eine Abfuhreinrichtung (163) zum Abpumpen von Gas aus dem Gehäuse (122) aufweisen.

Verfahren zur Reinigung von optischen Elementen für den ultravioletten Wellenlängenbereich

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Reinigung von optischen
5 Elementen für den ultravioletten Wellenlängenbereich mit mindestens einer metallhaltigen
Schicht auf einer Oberfläche. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein optisches System mit
einem optischen Element für den ultravioletten Wellenlängenbereich mit mindestens einer
metallhaltigen Schicht auf einer Oberfläche. Die vorliegende Anmeldung nimmt die Priorität
der deutschen Patentanmeldung 10 2017 207 030.7 vom 26. April 2017 in Anspruch, auf die
10 vollumfänglich Bezug genommen wird.

Insbesondere im kurzwelligeren ultravioletten Wellenlängenbereich bis zu 120 nm, auch
vakuumultraviolette Strahlung (VUV-Strahlung) genannt, kann nicht nur mit transmissiven
optischen Elementen gearbeitet werden, sondern muss oft auch auf reflektive optische
15 Elemente zurückgegriffen werden. Besonders bewährt haben sich dabei optische Elemente,
die auf einem Substrat eine metallische Schicht mit darüberliegend einer Schutzschicht oder
ein hochreflektierendes Schichtsystem aufweisen. Die Schutzschicht bzw. das
Schichtsystem kann ein oder mehrere Fluoride aufweisen. Derartige optische Elemente sind
beispielsweise aus der US 5,850,309 bekannt.

20 Die Schutzschicht bzw. das Schichtsystem haben u.a. die Funktion, die metallische Schicht
vor Kontamination, insbesondere durch Oxidation zu schützen. Es ist allerdings beobachtet
worden, dass schon geringe Sauerstoff- oder Wasserkonzentrationen im Bereich von
tausendstel Promille zu einer Degradation der Beschichtung auf der metallischen Schicht
25 und anschließend auch der metallischen Schicht führen können. Aus der DE 10 2009 001
488 A1 ist für optische Elemente für den extrem ultravioletten Wellenlängenbereich, etwa 1
nm bis 20 nm, bekannt, ihre Oberfläche mittels aktiviertem Wasserstoff zu reinigen und
gleichzeitig ein Monomer insbesondere eines Kohlenwasserstoffs bereitzustellen, das unter
Einfluss des aktivierten Wasserstoffs an der Oberfläche des zu reinigenden optischen
30 Elements polymerisiert und dadurch eine Schutzschicht bildet, die eine geringe Adsorption
für Metallhydride aufweist, die sich bei der Reinigung und insbesondere beim Betrieb mit
Plasmastrahlungsquellen bilden können.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Reinigungsverfahren für optische Elemente für den ultravioletten Wellenlängenbereich, insbesondere bis 120 nm vorzuschlagen.

5 Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Reinigung von optischen Elementen für den ultravioletten Wellenlängenbereich mit mindestens einer metallhaltigen Schicht auf einer Oberfläche, aufweisend die Schritte:

- Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff zu der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht;
- anschließend Zufuhr von Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm.

10

Durch die Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff, d.h. Wasserstoffradikalen oder ionisiertem Wasserstoff wird die Oberfläche des optischen Elements von Kontaminationen gereinigt. Insbesondere kann die Oxidation der metallhaltigen Schicht rückgängig gemacht werden. Um dabei das Risiko einer erneuten Oxidation der gereinigten Oberfläche durch eine durch
15 die Behandlung mit aktiviertem Wasserstoff eventuell erhöhte Konzentration von Wasser, Sauerstoff, Hydroxidionen oder Hydroxylradikalen zu reduzieren, wird die Atmosphäre im Bereich der Oberfläche des optischen Elements mit metallhaltiger Schicht durch trockenes Inertgas, nämlich Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm, bevorzugt unter 1 ppm besonders bevorzugt unter 0,2 ppm ersetzt. Das vorgeschlagene Verfahren eignet sich
20 besonders gut für optische Elemente mit einer metallischen Schicht, insbesondere ohne zusätzlicher schützender Beschichtung bzw. einer solchen, die beim Betrieb des optischen Elements bereits so beschädigt ist, dass die metallische Schicht nicht mehr vollständige bedeckt ist oder durch die ein endlicher Anteil von Sauerstoff hindurchdiffundieren kann.

25 Vorteilhafterweise wird der aktivierte Wasserstoff zugeführt, indem Inertgas molekularer Wasserstoff mit einem Anteil von 1-20 Vol.-% zugegeben wird und diese Mischung an einer Heizdrahtanordnung vorbeigeleitet wird oder einer dissoziierenden Strahlung ausgesetzt wird. Über die Wärmeeinwirkung bzw. die dissoziierende Strahlung kann der molekulare Wasserstoff in Wasserstoffradikale aufgespalten oder auch ionisiert werden. Der aktivierte
30 Wasserstoff hat höhere Reaktionsraten als molekularer Wasserstoff, so dass mit aktiviertem Wasserstoff auch bessere Reinigungsraten erreicht werden können.

Bevorzugt wird das Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm, bevorzugt unter 1 ppm besonders bevorzugt unter 0,2 ppm zwischen 1 min und 100 min zugeführt, um die
35 Atmosphäre im Bereich des zu reinigenden optischen Elements hinreichend auszutauschen

und zu trocknen.

Vorteilhafterweise wird der aktivierte Wasserstoff zwischen 1 min und 100 min zugeführt, um vorliegende Kontaminationen wie etwa kohlenwasserstoffhaltige Ablagerungen oder

5 Oxidation der Oberfläche, insbesondere der metallhaltigen Schicht hinreichend zu entfernen.

In bevorzugten Ausführungsformen wird das optische Element geheizt. Dies kann während der Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff, während der Zufuhr von trockenem Inertgas oder während beiden Schritten geschehen. Während der Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff kann
10 durch den Wärmeeintrag die Reduktion der Kontamination mittels Wasserstoffs auf der Oberfläche des optischen Elements beschleunigt werden. Während der Zufuhr von trockenem Inertgas kann durch den Wärmeeintrag das Trocknen der Oberfläche des optischen Elements beschleunigt werden.

15 Bevorzugt wird das optische Element auf eine Temperatur bis 120°C, besonders bevorzugt bis 100°C aufgeheizt. So kann die Reinigung beschleunigt werden, ohne durch zu hohen Wärmeeintrag das optische Element zu beeinträchtigen. Findet die Reinigung während des laufenden Betriebs statt, wird das optische Element vorzugsweise auf ca. 40°C bis 50°C erwärmt.

20

Um den Trocknungsprozess zu unterstützen, wird vorteilhafterweise in der Nähe der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht eine Kühlfalle und/oder ein Trocknungsmittel und/oder eine Fläche mit einem Platinmetall angeordnet. Dadurch kann die Wasser- und die Sauerstoffkonzentration im Inertgas weiter reduziert werden.

25

In bevorzugten Ausführungsformen wird die Schrittfolge Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff und Zufuhr von Inertgas mindestens einmal wiederholt. Auf diese Weise kann die Reinigung beispielsweise durch Anpassen der Dauer der einzelnen Schritte schonender und/oder rascher gestaltet werden. Besonders gut kann auf diese Weise die Reinigung beim
30 laufenden Betrieb durchgeführt werden, da bei Bedarf immer wieder aktivierter Wasserstoff zugeführt werden kann und dazwischen durch Spülen mit dem trockenen Inertgas die Oxidationswahrscheinlichkeit reduziert werden kann.

Besonders bevorzugt wird an der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht die

35

Wasserkonzentration und/oder Oxidkonzentration gemessen und in Abhängigkeit von einem

oder mehreren festgelegten Schwellenwerten einer oder mehrere Schritte zum Reinigen des optischen Elements begonnen oder beendet. So kann etwa bei Überschreiten einer Oxidkonzentration mit der Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff begonnen werden und bei Unterschreiten auf die Zufuhr von trockenem Inertgas umgeschaltet werden. Man kann auch
5 nur die Wasserkonzentration oder beide Parameter überwachen und zum Starten oder Beenden der Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff oder von trockenem Inertgas einsetzen.

Optional kann als abschließender Schritt Inertgas mit einem Fluor- oder Fluoridanteil oder einem Kohlenwasserstoffanteil zugegeben werden. Der Kohlenwasserstoffanteil kann zur
10 Bildung einer polymeren Schutzschicht gegen Oxidation der Oberfläche des optischen Elements mit metallhaltiger Schicht führen. Der Fluor- oder Fluoridanteil kann zur Bildung einer Fluoridschutzschicht auf der Oberfläche gegen Oxidation führen.

Ferner wird die Aufgabe gelöst durch ein optisches System mit einem optischen Element für
15 den ultravioletten Wellenlängenbereich mit mindestens einer metallhaltigen Schicht auf einer Oberfläche in einem Gehäuse und einer Zufuhreinrichtung von aktiviertem Wasserstoff in das Gehäuse, einer Zufuhreinrichtung von Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm, bevorzugt unter 1 ppm besonders bevorzugt unter 0,2 ppm in das Gehäuse und einer Abfuhreinrichtung zum Abpumpen von Gas aus dem Gehäuse. Ein solches optisches
20 System kann zur Reinigung des optischen Elements mit mindestens einer metallhaltigen Schicht auf einer Oberfläche wie soeben beschrieben eingesetzt werden.

Vorteilhafterweise weist es zum Unterstützen des Reduktions- und/oder des Trocknungsschrittes eine Heizeinrichtung und/oder eine Strahlungsquelle auf.

25 Bevorzugt ist zum weiteren Senken des Wasser- und Sauerstoffgehalts im Inertgas in der Nähe der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht eine Kühlfalle und/oder ein Trocknungsmittel und/oder eine Fläche mit einem Platinmetall angeordnet.

30 In besonders bevorzugten Ausführungsformen weist es eine Messeinheit zur Messung der Wasser- und/oder Oxidkonzentration an der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht auf. In Abhängigkeit der gemessenen Wasser- und/oder Oxidkonzentration kann das zuvor erläuterte Reinigungsverfahren gesteuert werden.

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

- 5 Figur 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung für die UV-Lithographie;
- Figur 2 eine schematische Darstellung eines Waferinspektionssystems;
- 10 Figur 3 eine schematische Darstellung eines ersten optischen Elements;
- Figur 4 eine schematische Darstellung eines zweiten optischen Elements;
- Figur 5 eine erste Variante des vorgeschlagenen Reinigungsverfahrens; und
- 15 Figur 6 eine zweite Variante des vorgeschlagenen Reinigungsverfahrens.

Figur 1 zeigt eine schematische Prinzipskizze einer Vorrichtung 1 für die UV-Lithographie. Die UV-Lithographievorrichtung 1 weist als wesentliche Bestandteile insbesondere zwei optische Systeme 12, 14 auf, ein Beleuchtungssystem 12 und Projektionssystem 14. Für die

20 Durchführung der Lithographie ist eine Strahlungsquelle 10 notwendig, besonders bevorzugt ein Excimerlaser, der beispielsweise bei 248 nm, 193 nm oder 157 nm emittiert und der integraler Bestandteil der UV-Lithographievorrichtung sein kann. Die von der Strahlungsquelle 10 emittierte Strahlung 11 wird mit Hilfe des Beleuchtungssystems 12 so aufbereitet, dass damit eine Maske 13, auch Retikel genannt, ausgeleuchtet werden kann.

25 Im hier dargestellten Beispiel weist das Beleuchtungssystem 12 transmittierende und reflektierende optische Elemente auf. Stellvertretend sind hier das transmittierende optische Element 120, das die Strahlung 11 beispielsweise bündelt, und das reflektierende optische Element 121 dargestellt, dass die Strahlung beispielsweise umlenkt. In bekannter Weise können im Beleuchtungssystem 12 verschiedenste transmittierende, reflektierende und

30 sonstige optische Elemente in beliebiger, auch komplexerer Weise miteinander kombiniert werden.

Die Maske 13 weist auf ihrer Oberfläche eine Struktur auf, die auf ein zu belichtendes Element 15, beispielsweise einen Wafer im Rahmen der Produktion von

35 Halbleiterbauelementen, mithilfe des Projektionssystems 14 übertragen wird. Das

Projektionssystem 14 weist im hier dargestellten Beispiel mindestens ein transmittierendes optisches Element auf. Im hier dargestellten Beispiel sind stellvertretend zwei transmittierende optische Elemente 140, 141 dargestellt, die beispielsweise insbesondere dazu dienen, die Strukturen auf der Maske 13 auf die für die Belichtung des Wafers 15 gewünschte Größe zu verkleinern. Auch beim Projektionssystem 14 können u.a. reflektive optische Element vorgesehen sein und verschiedenste optische Elemente in bekannter Weise beliebig miteinander kombiniert werden. Es sei darauf hingewiesen, dass auch optische Systeme ohne transmittierende optische Elemente eingesetzt werden können.

- 10 Im Folgenden soll exemplarisch näher auf das Beleuchtungssystem 12 eingegangen werden. Die optischen Elemente 120, 121 sind in einem Gehäuse 122 angeordnet. Diese Gehäuse 122 weist eine Zuleitung 161 für aktivierten Wasserstoff, eine Zuleitung 162 für Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm, bevorzugt unter 1 ppm besonders bevorzugt unter 0,2 ppm und eine Ableitung 163 zum Abpumpen von Gas aus dem Gehäuse
- 15 122 auf. Die Zuleitungen 161, 162 können beide oder einzeln auch für während des Betriebs der UV-Lithographievorrichtung eingesetztes Spülgas eingesetzt werden. Es kann dafür auch eine separate Zuleitung vorgesehen sein. Bevorzugt wird als Inertgas eine Mischung aus Stickstoff und einem oder mehreren Edelgasen eingesetzt, insbesondere falls diese Reinigung in-situ und auch während des Betriebs des optischen Elements stattfindet.
- 20 Alternativ können auch ein oder mehrere Edelgase ohne Stickstoff eingesetzt werden. Gegenüber reinem Stickstoff als Inertgas hat dies den Vorteil, dass beim Betrieb weniger UV-Strahlung absorbiert wird.

- Bei dem optischen Element 121 handelt es sich um einen Spiegel mit einer Oberfläche
- 25 1210, die eine Metallverspiegelung aufweist. Um über einen breiten Wellenlängenbereich, beispielsweise 100 nm bis 200 nm mit guter Reflektivität eingesetzt werden zu können, hat sich eine Metallschicht aus Aluminium bewährt. Weitere geeignete Metall sind insbesondere für den Einsatz bei streifendem Einfall Edelmetalle und Platinmetalle. Die Metallschicht kann offen liegen. Sie kann eine Schutzschicht aus einer dielektrischen Schicht aufweisen.
- 30 Geeignet sind u.a. Metallfluoride als Schutzschichtmaterial. Eine besonders gute Transmission über den genannten weiten Wellenlängenbereich weist beispielsweise Magnesiumfluorid auf. Ferner kann auf der Metallschicht auch ein Schichtsystem vorgesehen sein, um die optischen Eigenschaften des optischen Elements 121 gezielt zu beeinflussen.

In den Figuren 3 und 4 sind schematisch mögliche beispielhafte Ausführungen von optischen Elementen 3, 4 mit einer Oberfläche 37, 47, die eine Metallverspiegelung 33, 43 aufweist, dargestellt. Die Metallverspiegelung 33, 43 ist jeweils auf einem Substrat 31, 41 aufgebracht. Sie kann unmittelbar auf dem Substrat 31, 41 aufgebracht sein oder es kann
5 zwischen der Metallverspiegelung 33, 43 und dem Substrat 31, 41 eine Haftvermittlerschicht und/oder andere funktionale Schichten vorgesehen sein. Bei der in Figur 3 dargestellten Ausführungsvariante ist zum Schutz der Metallverspiegelung 33 eine Schutzschicht 35 vorgesehen. Die Schutzschicht 35 kann mehr als eine Lage aufweisen. Bei der in Figur 4 dargestellten Ausführungsvariante ist zur Beeinflussung der optischen Eigenschaften des
10 optischen Elements 4 zusätzlich auf der Metallverspiegelung 43 ein Schichtsystem 49 vorgesehen, bevorzugt aus dielektrischen Materialien, insbesondere aus alternierend angeordneten Schichten mit unterschiedlichen Brechungsindizes. Insbesondere kann damit für bestimmte Wellenlängenbereiche gezielt die Reflektivität erhöht werden. Die Schutzschicht 45 ist im in Figur 4 dargestellten Beispiel auf dem Schichtsystem 49
15 angeordnet. Es sei darauf hingewiesen, dass in anderen, nicht dargestellten Varianten ein optisches Element keine Metallverspiegelung, sondern eine Metallfluoridschicht aufweisen kann.

Während des Betriebs von optischen Systemen mit derartigen optischen Elementen,
20 beispielsweise UV-Lithographievorrichtungen oder Wafer- oder Maskeninspektionssysteme, kann die Oberfläche des jeweiligen optischen Elements kontaminiert werden, insbesondere durch Oxidation durch Sauerstoffradikale oder -ionen, die während des Betriebs unter Einfluss der UV-Strahlung auf im Spülgas oder der Gasatmosphäre im optischen System befindlichen Sauerstoff oder Wasser. Beispielsweise können durch die Oxidation
25 Metallfluoridschichten wie etwa aus Magnesiumfluorid beschädigt werden und Metallschichten, u.a. aus Aluminium durch Oxidation stark an Reflektivität verlieren. Insbesondere Metalloxide können aber mittels Wasserstoffs wieder zu Metall reduziert werden. Z.B. kann Aluminiumoxid auf diese Weise entfernt werden, damit wieder eine Aluminiumoberfläche zur Verfügung steht. Es sei darauf hingewiesen, dass sowohl
30 Sauerstoff- als auch Wasserstoffradikale durch eine Schutzschicht aus beispielsweise einem Metallfluorid, etwa aus Magnesiumfluorid hindurchdiffundieren können und es vorkommen kann, dass gleichzeitig beispielsweise eine Schutzschicht und eine darunterliegende Metallschicht oxidiert und/oder reduziert werden können.

Zur Reinigung des Spiegels 121 wird im in Figur 1 dargestellten Beispiel zunächst der Spiegeloberfläche 1210 aktivierter Wasserstoff zugeführt. Im hier dargestellten Beispiel wird dies bewerkstelligt, indem über die Zuleitung 161 molekularer Wasserstoff in das Gehäuse 122 eingeleitet wird und dort zum Dissoziieren der Strahlung der Strahlungsquelle 10 ausgesetzt wird. In Varianten kann auch eine dedizierte Strahlungsquelle vorgesehen sein, deren Emissionsspektrum speziell für das Dissoziieren von molekularem Wasserstoff optimiert ist. In Abwandlungen kann der molekulare Wasserstoff, bevorzugt vor dem Einleiten in das Gehäuse 122, um eine zusätzliche Kontamination innerhalb des Gehäuses 122 zu vermeiden, an einer Heizdrahtanordnung vorbeigeleitet. Dazu wird die Reinigung bevorzugt bei Unterdruck oder sogar Vakuum durchgeführt, was über die Ableitung 163 ermöglicht werden kann. Bei Reinigung bei Umgebungsdruck kann es von Vorteil sein, eine Heizdrahtanordnung im Kantenbereich des Spiegels 121 vorzusehen.

Zur Unterstützung der dissoziierenden Wirkung der Strahlung der Strahlungsquelle 10 sowie der reinigenden Wirkung des aktivierten Wasserstoffs ist der Spiegel 121 mit einer Heizeinrichtung 165 versehen. Im in Figur 1 dargestellten Beispiel ist die Heizeinrichtung derart ausgebildet, dass der Spiegel 121 über seine gesamte Oberfläche 1210 möglichst homogen erwärmt wird.

Über die Zuleitung 162 wird im Anschluss an die Zugabe von aktiviertem Wasserstoff Inertgas mit einem H_2O -Volumenanteil von unter 5 ppm, bevorzugt unter 1 ppm besonders bevorzugt unter 0,2 ppm in das Gehäuse 122 und insbesondere an die Spiegeloberfläche geleitet, um eine neue Kontamination der gereinigten Oberfläche 1210 mit metallhaltiger Schicht durch Oxidation zu vermeiden. Um diesen Effekt zu unterstützen, kann die Heizeinrichtung 165 auch während dieses Verfahrensschritt zum Erwärmen des Spiegels 121 eingesetzt werden. Außerdem ist im in Figur 1 dargestellten Beispiel in der Nähe der Spiegeloberfläche 1210 ein Trocknungsmittel, beispielsweise mit hygroskopischem Material vorgesehen. Mithilfe dieser Maßnahmen kann der H_2O -Volumenanteil besonders niedrig gehalten werden.

Der Reinigungsprozess inklusive Trocknung wird im in Figur 1 dargestellten Beispiel überwacht und gesteuert, indem vom Spiegel 121 reflektierte Strahlung mittels eines Strahlteilers 166 auf einen Detektor 167 geleitet wird und zur weiteren Auswertung zur Verfügung steht, beispielsweise in einer nicht dargestellten Steuereinrichtung. Insbesondere kann auf diese Weise die Wasserkonzentration und/oder die Oxidkonzentration auf der

Spiegeloberfläche 1210 gemessen werden und in Abhängigkeit vom Über- bzw. Unterschreiten von entsprechenden Schwellenwerten entweder mehr aktivierter Wasserstoff oder mehr trockenes Inertgas zugeführt werden. Eine solche Vorgehensweise erlaubt ein Reinigen bzw. hinreichendes Unterdrücken von Kontamination nicht nur in-situ, sondern
5 auch während des Lithographieprozesses. Man kann diese Messung auch dazu nutzen, von normalem Betrieb in den Reinigungsbetrieb umzuschalten. In Varianten ist für die Messung der Wasser- und/oder Oxidkonzentration eine separate Infrarotstrahlungsquelle für eine besonders präzise Konzentrationsbestimmung vorgesehen sein.

- 10 In nicht dargestellten Varianten kann über eine der Zuleitungen 161, 162 oder eine weitere Zuleitung Inertgas mit einem Fluor- oder Fluoridanteil oder mit einem Kohlenwasserstoffanteil in das Gehäuse 122 eingeleitet werden, nachdem der Reinigungsvorgang einschließlich Trocknens abgeschlossen ist und/oder zur Schaffung einer Schutzgasatmosphäre für optische Element mit metallfluoridhaltiger Oberfläche. Der
15 Kohlenwasserstoffanteil kann beispielsweise insbesondere in Verbindung mit UV-Strahlung zu einer Schutzschicht auf der metallhaltigen Spiegeloberfläche 1210 polymerisieren. Mit einem Fluor- oder Fluoridanteil kann sich auf der metallhaltigen Spiegeloberfläche 1210 durch Reaktion mit dem Material an der Spiegeloberfläche 1210 eine fluoridhaltige Schutzschicht ausbilden. Eine bereits vorhandene fluoridhaltige Schicht hat außerdem eine
20 geringere Wahrscheinlichkeit zu oxidieren, wenn während des Betriebs die Atmosphäre im optischen System auch Fluorverbindungen aufweist.

- Bevorzugt wird dem Inertgas eine Fluoridverbindung, insbesondere eine flüchtige Fluoridverbindung zugegeben. Geeignet sind beispielsweise Edelgasfluoride wie u.a.
25 verschiedene Xenonfluoride (z.B. Xenondifluorid, Xenontetrafluorid) oder Kryptonfluoride (z.B. Kryptondifluorid), Edelmetallfluoride wie u.a. Platinhexafluorid, Fluorkohlenwasserstoffe wie u.a. Tetrafluormethan, Tetrafluorethan, oder auch Flusssäure. Unter Einfluss von UV-Strahlung können die Fluor-Verbindungen zu Fluorradikal oder Fluoridionen dissoziieren. Insbesondere metallfluoridhaltige Schutzschichten können über die Fluorradikal- bzw.
30 Fluoridionenzugabe ausgebessert und damit der Schaden durch Oxidation begrenzt werden. Bei Metallschichten kann sich durch diese Zugabe eine Metallfluoridschicht ausbilden, die als Schutzschicht dienen kann, beispielsweise Aluminiumfluorid auf Aluminium. Bei der Zugabe von Inertgas mit erhöhtem Kohlenwasserstoffanteil hat sich u.a. die Zugabe von Methylmethacrylat bewährt, das unter UV-Bestrahlung zu Polymethylmethacrylat
35 auspolymerisiert und ebenfalls eine Schutzschicht bilden kann.

Es sei darauf hingewiesen, dass in Verbindung mit dem in Figur 1 dargestellten Beispiel zwar nur ein optisches Element für den ultravioletten Wellenlängenbereich mit mindestens einer metallhaltigen Schicht auf einer Oberfläche diskutiert wird, dass aber

5 selbstverständlich zwei, drei, vier, fünf oder mehr derartige optische Elemente in einem optischen System für etwa die UV-Lithographie vorgesehen sein können.

Optische Elemente wie zuvor beschreiben können auch in Wafer- oder Maskeninspektionssystemen eingesetzt werden. Eine beispielhafte Ausführung eines

10 Waferinspektionssystems 2 ist schematisch in Figur 2 dargestellt. Die Erläuterungen gelten ebenso für Maskeninspektionssystem.

Das Waferinspektionssystem 2 weist eine Strahlungsquelle 20 auf, deren Strahlung mittels eines optischen Systems 222 auf einen Wafer 25 gelenkt wird. Dazu wird die Strahlung von

15 einem konkaven Spiegel 220 des optischen Systems 22 auf den Wafer 25 reflektiert. Bei einem Maskeninspektionssystem könnte man anstelle des Wafers 25 eine zu untersuchende Maske anordnen. Die vom Wafer 25 reflektierte, gebeugte und/oder gebrochene Strahlung wird von einem ebenfalls zum optischen System 22 gehörigen konkaven Spiegel 221 auf einen Detektor 23 zur weiteren Auswertung geleitet. Beide und ggf. weitere, nicht

20 dargestellte optische Elemente des optischen Systems 222 können wie zuvor anhand der Figur 3 oder 4 ausgestaltet sein.

Das optische System 22 umfasst neben den beiden Spiegeln 220, 221 ein Gehäuse 222 mit einer Zuleitung 261, die sowohl für die Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff als auch für die

25 Zufuhr von Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm, bevorzugt unter 1 ppm besonders bevorzugt unter 0,2 ppm genutzt werden kann, sowie eine Ableitung 263 zum Abpumpen von Gas aus dem Gehäuse 222.

Bei der Strahlungsquelle 20 kann es sich beispielsweise um genau eine Strahlungsquelle

30 oder eine Zusammenstellung von mehreren einzelnen Strahlungsquellen handeln, um ein im Wesentlichen kontinuierliches Strahlungsspektrum zur Verfügung zu stellen. Besonders bevorzugt sind die Wellenlängenbereich von etwa 120 nm bis etwa 190 nm, von etwa 190 nm bis etwa 210 nm oder von etwa 190 nm bis etwa 290 nm. In Abwandlungen kann auch eine oder mehrere schmalbandige Strahlungsquellen eingesetzt werden.

Im in Figur 2 dargestellten Beispiel ist im Bereich der Einmündung der Zuleitung 261 in das Gehäuse 222 eine Strahlungsquelle 271 angeordnet, deren Wellenlänge bzw.

Wellenlängenbereich kleiner oder gleich 160 nm zu einer höheren Dissoziationsrate bei molekularem Wasserstoff und bevorzugt gleichzeitig zu einer geringeren Dissoziationsrate

5 bei molekularem Sauerstoff oder Wasser führt. Auch wenn der durch die Zuleitung 261 eingeleitete Wasserstoff bereits teilweise aktiviert ist, beispielsweise indem er zuvor an einer Heizdrahtanordnung vorbeigeleitet wurde, kann durch die dissoziierende Strahlung der Strahlungsquelle 271 die Aktivierungsrate deutlich erhöht werden. Damit kann die Reinigungsrate ebenfalls erhöht werden. Wenn die Reinigung nicht während des normalen
10 Betriebs des Inspektionssystems 2 durchgeführt wird, sondern in einem dedizierten Reinigungsbetrieb, wird vorteilhafterweise die Strahlungsquelle 20 ausgeschaltet.

Um den Trocknungsprozess bei der Zufuhr von Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm, bevorzugt unter 1 ppm besonders bevorzugt unter 0,2 ppm zu unterstützen,

15 sind im in Figur 2 dargestellten Beispiel an jedem Spiegel je eine Kühlfalle 268, 269 sowie je eine Fläche 264, 270 mit einem Platinmetall, insbesondere Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium oder Platin angeordnet. Damit kann der Wasser- und Sauerstoffgehalt in der Atmosphäre im Gehäuse und insbesondere in der Nähe der Oberflächen 2210 und 2220 mit metallhaltiger Schicht der Spiegel 220 und 221 zusätzlich reduziert werden. Die
20 Platinmetallflächen 264, 270 können dabei als Katalysator wirken, an dem molekularer Sauerstoff in Wasser umgewandelt wird, das von den Kühlfallen 268, 269 aus der Restgasatmosphäre im Gehäuse 222 entfernt werden kann. Alternativ zu den Kühlfallen 268, 269 können auch Trocknungsmittel aus porösem Material mit guter Adhäsion für Wasser eingesetzt werden wie etwa Zeolithe. Ferner wird kontinuierlich auch Gas aus dem
25 Gehäuse 222 über die Ableitung 263 abgepumpt und damit ggf. ebenfalls Wasser entfernt.

Zur Kontrolle des Reinigungs- und Trocknungsfortschritts kann die vom Detektor 23 empfangene Strahlung beispielsweise über spektroskopische Methoden auch in Hinblick auf die Wasser- oder Oxidkonzentration an den Oberflächen 2210, 2220 mit metallhaltiger

30 Schicht der Spiegel 220, 221, insbesondere des im Strahlengang zweiten Spiegels 221 analysiert werden. Je nach Messergebnis kann beispielsweise vom Waferinspektionsbetrieb auf Reinigungsbetrieb umgeschaltet werden oder zwischen der Zugabe von aktiviertem Wasserstoff und von trockenem Inertgas gewechselt werden, insbesondere bei Reinigung während des Waferinspektionsbetriebs. In Varianten kann die Messung mit einer dedizierten
35 Infrarotstrahlungsquelle spektroskopisch durchgeführt werden.

Im Übrigen kann zum Abschluss des Reinigungsbetriebs über die Zuleitung 261 oder eine weitere Zuleitung Inertgas mit einem Fluor- oder Fluoridanteil oder mit einem Kohlenwasserstoffanteil in das Gehäuse 222 eingeleitet werden, nachdem der

- 5 Reinigungsvorgang einschließlich Trocknens abgeschlossen ist. Der Kohlenwasserstoffanteil kann beispielsweise insbesondere in Verbindung mit UV-Strahlung zu einer Schutzschicht auf den metallhaltigen Spiegeloberflächen 2210, 2220 polymerisieren. Mit einem Fluor- oder Fluoridanteil kann sich auf den metallhaltigen Spiegeloberflächen 2210, 2220 durch Reaktion mit dem Material an den Spiegeloberflächen 2210, 2220 eine fluoridhaltige
10 Schutzschicht ausbilden.

Mögliche beispielhafte Ausführungen des hier vorgeschlagenen Reinigungsverfahrens sollen anhand der Figuren 5 und 6 weiter illustriert werden.

- 15 In der beispielhaften Ausführungsform entsprechend Figur 5 wird in einem ersten Schritt 501 das zu reinigende optische Element für den ultravioletten Wellenlängenbereich mit mindestens einer metallhaltigen Schicht auf einer Oberfläche beheizt. Bevorzugt wird das optische Element auf eine Temperatur bis 120°C, besonders bevorzugt bis 100°C aufgeheizt. So kann die Reinigung beschleunigt werden, ohne durch zu hohen
20 Wärmeeintrag das optische Element zu beeinträchtigen. In Varianten kann die Reinigung während des laufenden Betriebs des optischen Elements stattfinden. In solchen Fällen wird das optische Element vorzugsweise auf ca. 40°C bis 50°C erwärmt. Vorteilhafterweise wird das optische Element während des gesamten Reinigungsprozesses beheizt.
- 25 In einem weiteren Schritt 503 wird der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht zur Entfernung von Kontamination, insbesondere von Kontamination auf der Basis von Oxidation zugeführt. In der beispielhaften Ausführungsform entsprechend Figur 5 wird der aktivierte Wasserstoff zugeführt, indem Inertgas molekularer Wasserstoff mit einem Anteil von 1-20 Vol.-% zugegeben wird und diese Mischung an einer Heizdrahtanordnung vorbeigeleitet wird und
30 einer dissoziierenden Strahlung ausgesetzt wird, um eine besonders hohe Aktivierungsrate zu erreichen, d.h. einen besonders hohen Anteil von ionisiertem Wasserstoff und Wasserstoffradikalen. Der aktivierte Wasserstoff wird je nach Kontaminationsgrad und Aktivierungsgrade zwischen 1 min und 100 min, bevorzugt während einigend Minuten bis wenigen 10 Minuten zugeführt, um vorliegende Kontaminationen wie etwa
35 kohlenwasserstoffhaltige Ablagerungen oder Oxidation der Oberfläche, insbesondere der

metallhaltigen Schicht hinreichend zu entfernen. Durch eine Beheizung des optischen Elements gemäß Schritt 501 kann der Aktivierungsgrad leicht erhöht werden wie auch die Reaktionsrate, mit der Kontamination entfernt wird.

- 5 Nach Ablauf dieser Zeitspanne wird in einem weiteren Schritt 505 der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht trockenes Inertgas zugeführt, um das Risiko einer erneuten Oxidation der gereinigten Oberfläche durch eine durch die Behandlung mit aktiviertem Wasserstoff eventuell erhöhte Konzentration von Wasser, Sauerstoff, Hydroxidionen oder Hydroxylradikalen zu reduzieren. Somit wird die Atmosphäre im Bereich der Oberfläche des
- 10 optischen Elements mit metallhaltiger Schicht durch besonders trockenes Inertgas ersetzt. Als Inertgas wird dabei in vorliegenden Beispiel eine Mischung aus Stickstoff und einem oder mehreren Edelgasen eingesetzt, insbesondere falls diese Reinigung in-situ und auch während des Betriebs des optischen Elements stattfindet. Alternativ können auch ein oder mehrere Edelgase ohne Stickstoff eingesetzt werden, falls der Reinigungsprozess während
- 15 des Betriebs des optischen Elements durchgeführt wird, um weniger UV-Strahlung zu absorbieren. Im übrigen wird das Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm, bevorzugt unter 1 ppm besonders bevorzugt unter 0,2 ppm je nach Wasseranteil im Inertgas und Konzentration von Wasser, Sauerstoff, Hydroxidionen und/oder Hydroxylradikalen zwischen 1 min und 100 min, bevorzugt während einigen bis mehreren 10 Minuten
- 20 zugeführt, um die Atmosphäre im Bereich der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht des zu reinigenden optischen Elements hinreichend auszutauschen und zu trocknen.

- Wie bereits in Zusammenhang mit der UV-Lithographievorrichtung aus Figur 1 bzw. dem Wafer- bzw. Maskeninspektionssystem aus Figur 2 erläutert, kann in der Nähe der zu
- 25 reinigenden Oberfläche mit metallhaltiger Schicht eine Kühlfalle und/oder ein Trocknungsmittel und/oder eine Fläche mit einem Platinmetall angeordnet werden, um zu einer besonders wasserarmen Atmosphäre im Bereich dieser Oberfläche beizutragen. Auch das Beheizen des optischen Elements gemäß Schritt 501 ist dem förderlich.

- 30 Um einen besonders guten Reinigungseffekt zu erzielen werden die Schritte Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff und Zufuhr von trockenem Inertgas jeweils als Schritt 507 und Schritt 509 wiederholt. In Varianten kann bereits ohne Wiederholung dieser Schrittfolge ein hinreichendes Ergebnis erreicht sein oder kann diese Schrittfolge auch mehr als einmal, also zwei, drei, vier, fünf Mal oder noch öfter wiederholt werden.

Die in Figur 6 illustrierte beispielshafte Ausführungsform unterscheidet sich von der zuvor in Verbindung mit Figur 5 erläuterten beispielhaften Ausführungsform insbesondere dahingehend, dass an der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht die Oxidkonzentration gemessen wird und in Abhängigkeit von einem oder in weiteren Varianten mehreren festgelegten Schwellenwerten aktivierter Wasserstoff oder trockenes Inertgas zugegeben.

In einem ersten Schritt 601 wird die Oxidkonzentration an der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht gemessen, um festzustellen, ob ein entsprechender Schwellenwert überschritten ist, ab dem die Oxidkontamination mittels aktiviertem Wasserstoff zu entfernen ist. Sobald dieser Schwellenwert überschritten ist, wird in einem Schritt 603 wie zuvor beschrieben die Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff zugeschaltet. Dazu kann der normale Betrieb des optischen Systems mit einem solchen optischen Element je nach optischem System unterbrochen oder weitergeführt werden. In einem weiteren Schritt 605 wird erneut die Oxidkonzentration an der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht gemessen, um festzustellen, ob der Schwellenwert wieder unterschritten ist. Sobald dies der Fall ist, wird wie zuvor beschrieben in einem Schritt 607 auf Zufuhr von trockenem Inertgas umgeschaltet. Anschließend kann wieder gemäß Schritt 601 die Oxidkonzentration an der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht gemessen, um festzustellen, ob der Schwellenwert überschritten ist, ab dem die Oxidkontamination mittels aktivierten Wasserstoffs zu entfernen ist. Das Verfahren gemäß dieser beispielhaften Ausführungsform kann beliebig lange fortgeführt werden.

Alternativ oder kumulativ kann auch die Wasserkonzentration an der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht gemessen werden. Bevorzugt werden spektroskopische Methoden eingesetzt. In Varianten kann mit verschiedenen Schwellenwerten gearbeitet werden und kann die Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff und von trockenem Inertgas auch ganz oder teilweise parallel durchgeführt werden. Diese beispielhafte Ausführungsform erlaubt insbesondere das gezielte Reinigen auch während des Betriebs eines optischen Systems mit einem solchen optischen Element.

Im Übrigen kann in Varianten der beschriebenen beispielhaften Ausführungsformen zum Abschluss des Reinigungsprozesses Inertgas mit einem Fluor- oder Fluoridanteil oder mit einem Kohlenwasserstoffanteil der gereinigten Oberfläche zugeführt werden. Der Kohlenwasserstoffanteil kann beispielsweise insbesondere in Verbindung mit UV-Strahlung zu einer Schutzschicht auf der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht polymerisieren. Mit

einem Fluor- oder Fluoridanteil kann sich durch Reaktion mit dem Oberflächenmaterial eine fluoridhaltige Schutzschicht ausbilden.

Das vorgeschlagene Verfahren eignet sich besonders gut für optische Elemente mit einer
5 metallischen Schicht, insbesondere ohne zusätzlicher schützender Beschichtung bzw. einer
solchen, die beim Betrieb des optischen Elements bereits so beschädigt ist, dass die
metallische Schicht nicht mehr vollständige bedeckt ist oder durch die ein endlicher Anteil
von Sauerstoff hindurchdiffundieren kann. Insbesondere eignet es sich gut für die Reinigung
10 von optischen Elementen, die für Wellenlängen in den Bereichen von etwa 120 nm bis etwa
190 nm, von etwa 190 nm bis etwa 210 nm oder von etwa 190 nm bis etwa 290 nm
ausgelegt sind, wie sie unter anderem in Wafer- oder Maskeninspektionssystemen oder in
UV-Lithographievorrichtungen eingesetzt werden können.

Bezugszeichen

	1	UV-Lithographievorrichtung
	2	Waferinspektionssystem
5	3	optisches Element
	4	optisches Element
	10	Strahlungsquelle
	11	Strahlung
	12	Beleuchtungssystem
10	13	Maske
	14	Projektionssystem
	15	zu belichtendes Element
	20	Strahlungsquelle
	21	Strahlung
15	22	optisches System
	23	Detektor
	25	Wafer
	31	Substrat
	33	Metallverspiegelung
20	35	Schutzschicht
	37	Oberfläche
	41	Substrat
	43	Metallverspiegelung
	45	Schutzschicht
25	47	Oberfläche
	49	Schichtsystem
	120	Linse
	121	Spiegel
	122	Gehäuse
30	140	Linse
	141	Linse
	161	Zuleitung
	162	Zuleitung
	163	Ableitung
35	164	Trocknungsmittel

	165	Heizeinrichtung
	166	Strahlteiler
	167	Detektor
	220	Spiegel
5	221	Spiegel
	222	Gehäuse
	261	Zuleitung
	263	Ableitung
	264	Platinteil
10	268	Kühlfalle
	269	Kühlfalle
	270	Platinteil
	271	Strahlungsquelle
	501 - 509	Verfahrensschritt
15	601 - 607	Verfahrensschritt
	1210	Spiegeloberfläche
	2210	Spiegeloberfläche
	2220	Spiegeloberfläche

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung von optischen Elementen für den ultravioletten
5 Wellenlängenbereich mit mindestens einer metallhaltigen Schicht auf einer Oberfläche,
aufweisend die Schritte:
- Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff zu der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht;
- anschließend Zufuhr von Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der aktivierte Wasserstoff
zugeführt wird, indem Inertgas molekularer Wasserstoff mit einem Anteil von 1-20 Vol.-
% zugegeben wird und diese Mischung an einer Heizdrahtanordnung vorbeigeleitet wird
und/oder einer dissoziierenden Strahlung ausgesetzt wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Inertgas mit
einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm zwischen 1 min und 100 min zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der
aktivierte Wasserstoff zwischen 1 min und 100 min zugeführt wird.
- 20 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die
Schrittfolge Zufuhr von aktiviertem Wasserstoff und Zufuhr von Inertgas mindestens
einmal wiederholt wird.
- 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das
optische Element geheizt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das
optische Element auf eine Temperatur bis 120°C aufgeheizt wird.
- 30 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass an der
Oberfläche mit metallhaltiger Schicht die Wasserkonzentration und/oder
Oxidkonzentration gemessen wird und in Abhängigkeit von einem oder mehreren
festgelegten Schwellenwerten einer oder mehrere Schritte zum Reinigen des optischen
35 Elements begonnen oder beendet werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass in der Nähe der Oberfläche mit metallhaltiger Schicht eine Kühlfalle und/oder ein Trocknungsmittel und/oder eine Fläche mit einem Platinmetall angeordnet wird.
- 5 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass als abschließender Schritt Inertgas mit einem Fluor- oder Fluoridanteil oder einem Kohlenwasserstoffanteil zugegeben wird.
- 10 11. Optisches System (1, 2) mit einem optischen Element (121, 220, 221) für den ultravioletten Wellenlängenbereich mit mindestens einer metallhaltigen Schicht (33, 43) auf einer Oberfläche (37, 47) in einem Gehäuse (122, 222) und einer Zufuhreinrichtung (161, 261) von aktiviertem Wasserstoff in das Gehäuse (122, 222), einer Zufuhreinrichtung (162, 261) von Inertgas mit einem H₂O-Volumenanteil von unter 5 ppm in das Gehäuse (122, 222) und einer Abfuhreinrichtung (163, 263) zum Abpumpen von Gas aus dem Gehäuse (122, 222).
- 15 12. Optisches System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Heizeinrichtung (165) und/oder eine Strahlungsquelle (271) aufweist.
- 20 13. Optisches System nach Anspruch 11 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass in der Nähe der Oberfläche (37, 47) mit metallhaltiger Schicht (33, 43) eine Kühlfalle (268, 269) und/oder ein Trocknungsmittel (164) und/oder eine Fläche (264, 270) mit einem Platinmetall angeordnet ist.
- 25 14. Optisches System nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Messeinheit (167, 23) zur Messung der Wasser- und/oder Oxidkonzentration an der Oberfläche (37, 47) mit metallhaltiger Schicht (33, 43) aufweist.

Fig. 1

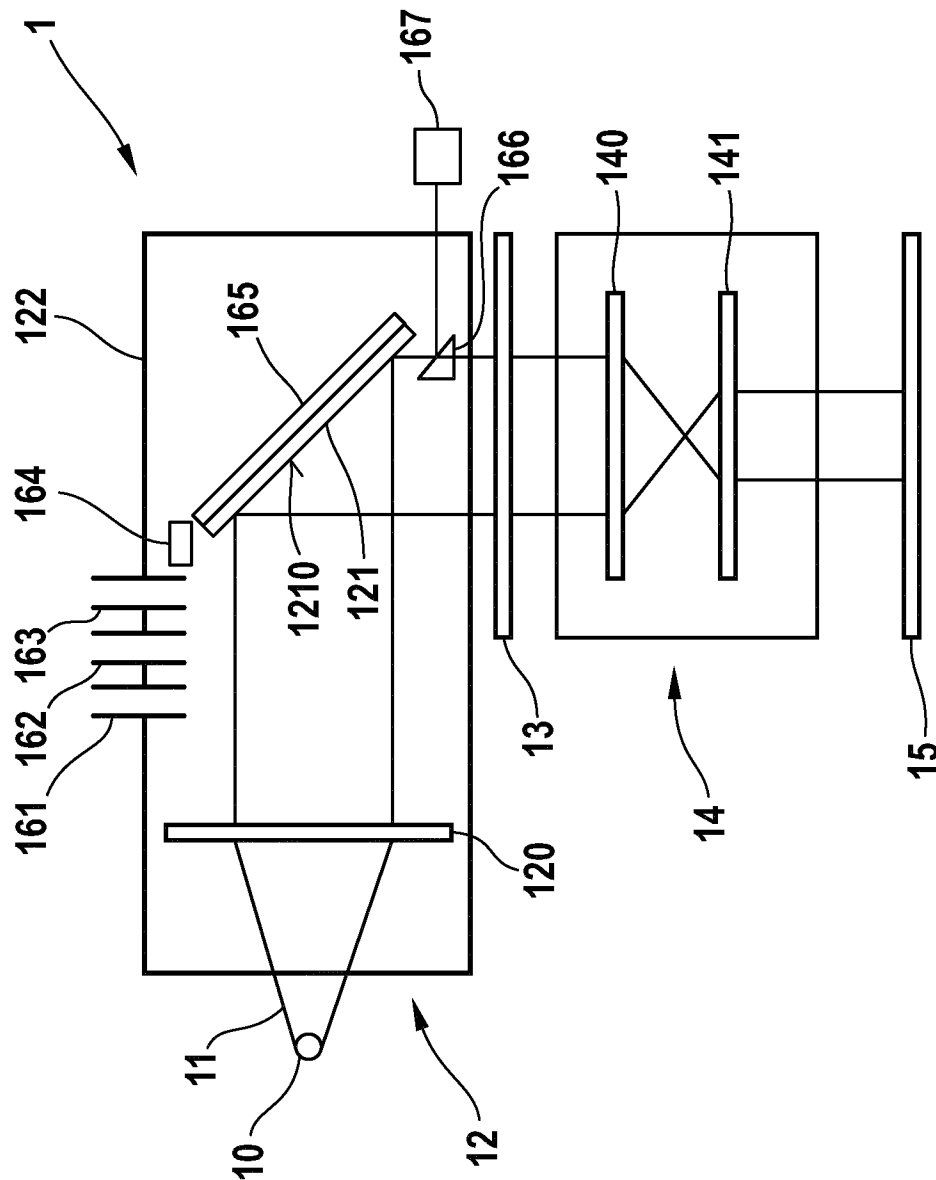
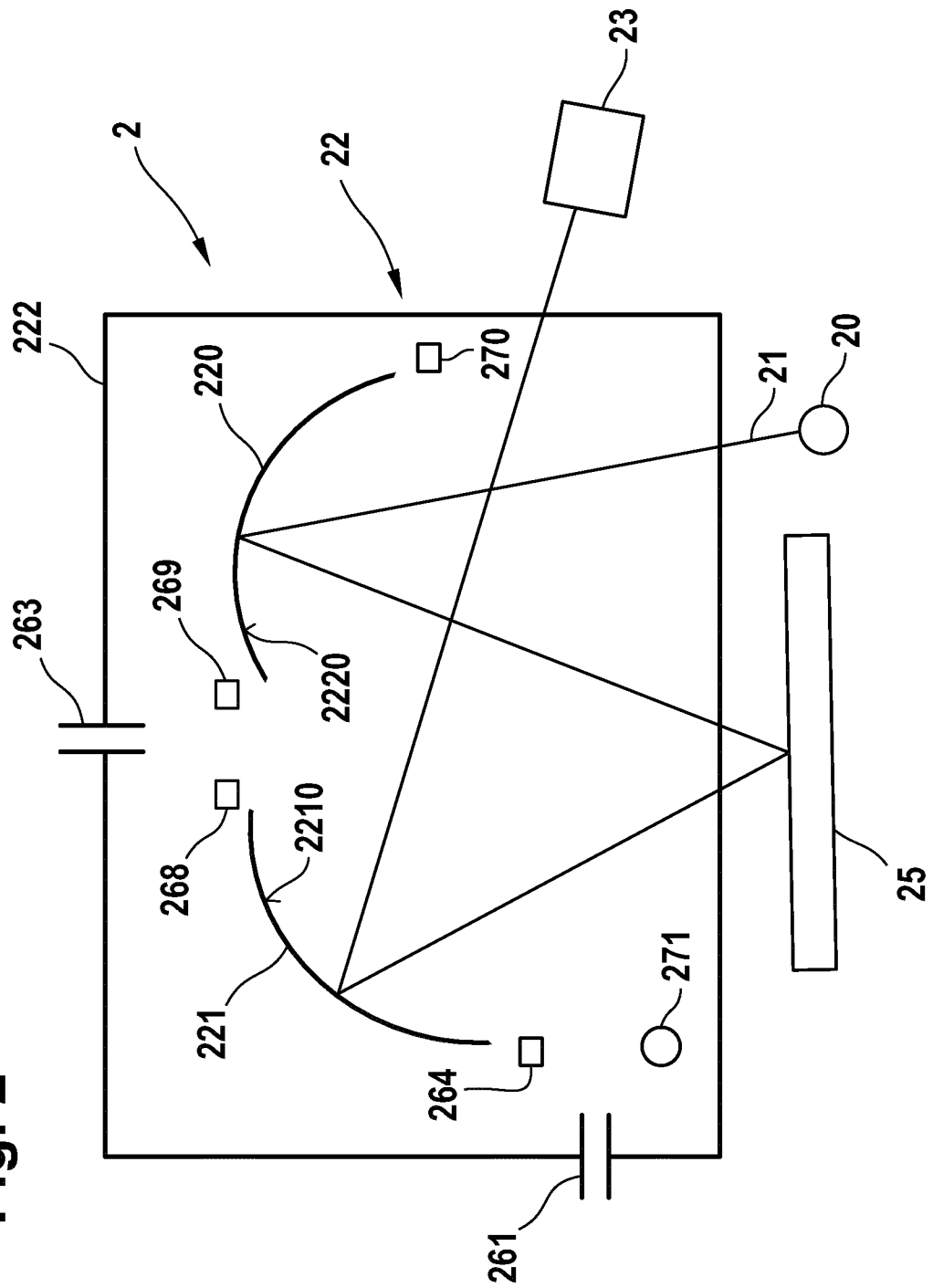


Fig. 2



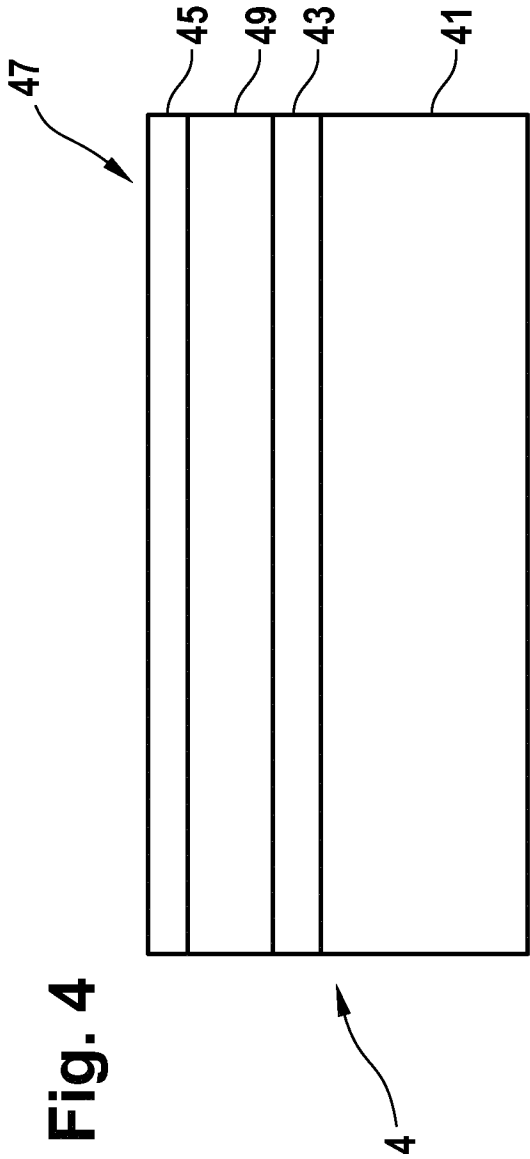
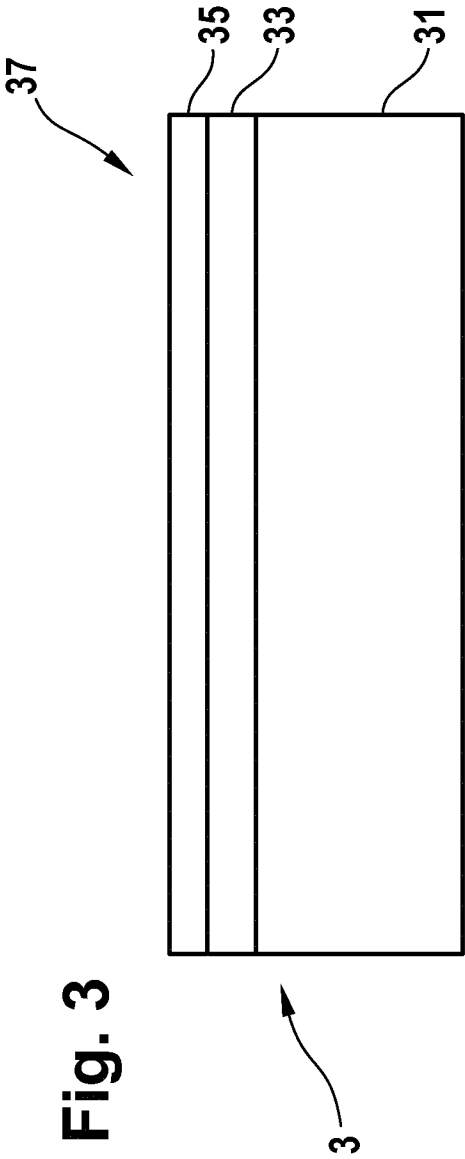
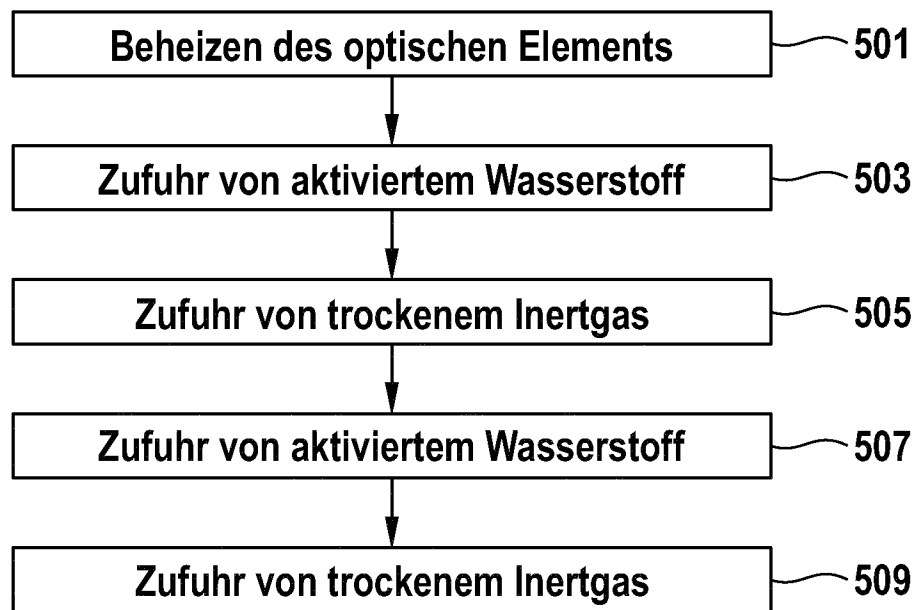
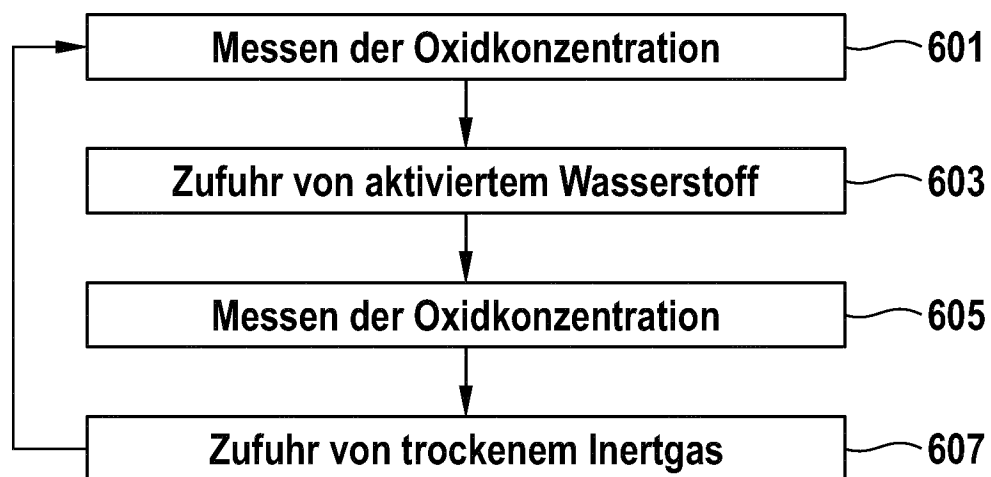


Fig. 5**Fig. 6**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/058979

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B08B5/00 B08B7/00 G03F7/20 G02B27/00 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B08B G03F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2009/309045 A1 (METZMACHER CHRISTOF [NL] ET AL) 17 December 2009 (2009-12-17) paragraphs [0009] - [0019] -----	1-14
Y	US 2013/148200 A1 (EHM DIRK HEINRICH [DE] ET AL) 13 June 2013 (2013-06-13) paragraphs [0042] - [0043] -----	1-14
Y	US 2013/186430 A1 (EHM DIRK HEINRICH [DE] ET AL) 25 July 2013 (2013-07-25) paragraph [0024] -----	8
Y	DE 10 2009 045170 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 7 April 2011 (2011-04-07) paragraph [0020] -----	10
☐ 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 29 June 2018		Date of mailing of the international search report 09/07/2018
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 Stemmer, Michael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/058979

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009309045 A1	17-12-2009	EP 2064005 A2	03-06-2009
		JP 5178724 B2	10-04-2013
		JP 2010503197 A	28-01-2010
		US 2009309045 A1	17-12-2009
		WO 2008029315 A2	13-03-2008

US 2013148200 A1	13-06-2013	CN 101495921 A	29-07-2009
		CN 101968609 A	09-02-2011
		DE 102006044591 A1	03-04-2008
		EP 1927032 A2	04-06-2008
		JP 5129817 B2	30-01-2013
		JP 2010503980 A	04-02-2010
		KR 20090057368 A	05-06-2009
		TW 200834246 A	16-08-2008
		US 2009231707 A1	17-09-2009
		US 2013148200 A1	13-06-2013
		WO 2008034582 A2	27-03-2008

US 2013186430 A1	25-07-2013	JP 5099793 B2	19-12-2012
		JP 2011504294 A	03-02-2011
		KR 20100098515 A	07-09-2010
		KR 20140097574 A	06-08-2014
		TW 200922703 A	01-06-2009
		US 2010288302 A1	18-11-2010
		US 2013186430 A1	25-07-2013
		WO 2009059614 A1	14-05-2009

DE 102009045170 A1	07-04-2011	CN 102576196 A	11-07-2012
		DE 102009045170 A1	07-04-2011
		EP 2483746 A1	08-08-2012
		JP 5349697 B2	20-11-2013
		JP 2013506308 A	21-02-2013
		KR 20120058587 A	07-06-2012
		US 2012250144 A1	04-10-2012
		WO 2011039061 A1	07-04-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B08B5/00 B08B7/00 G03F7/20 G02B27/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B08B G03F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2009/309045 A1 (METZMACHER CHRISTOF [NL] ET AL) 17. Dezember 2009 (2009-12-17) Absätze [0009] - [0019] -----	1-14
Y	US 2013/148200 A1 (EHM DIRK HEINRICH [DE] ET AL) 13. Juni 2013 (2013-06-13) Absätze [0042] - [0043] -----	1-14
Y	US 2013/186430 A1 (EHM DIRK HEINRICH [DE] ET AL) 25. Juli 2013 (2013-07-25) Absatz [0024] -----	8
Y	DE 10 2009 045170 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 7. April 2011 (2011-04-07) Absatz [0020] -----	10
☐ 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
29. Juni 2018		09/07/2018
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 Stemmer, Michael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/058979

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2009309045	A1	17-12-2009	EP	2064005 A2	03-06-2009
			JP	5178724 B2	10-04-2013
			JP	2010503197 A	28-01-2010
			US	2009309045 A1	17-12-2009
			WO	2008029315 A2	13-03-2008

US 2013148200	A1	13-06-2013	CN	101495921 A	29-07-2009
			CN	101968609 A	09-02-2011
			DE	102006044591 A1	03-04-2008
			EP	1927032 A2	04-06-2008
			JP	5129817 B2	30-01-2013
			JP	2010503980 A	04-02-2010
			KR	20090057368 A	05-06-2009
			TW	200834246 A	16-08-2008
			US	2009231707 A1	17-09-2009
			US	2013148200 A1	13-06-2013
			WO	2008034582 A2	27-03-2008

US 2013186430	A1	25-07-2013	JP	5099793 B2	19-12-2012
			JP	2011504294 A	03-02-2011
			KR	20100098515 A	07-09-2010
			KR	20140097574 A	06-08-2014
			TW	200922703 A	01-06-2009
			US	2010288302 A1	18-11-2010
			US	2013186430 A1	25-07-2013
			WO	2009059614 A1	14-05-2009

DE 102009045170	A1	07-04-2011	CN	102576196 A	11-07-2012
			DE	102009045170 A1	07-04-2011
			EP	2483746 A1	08-08-2012
			JP	5349697 B2	20-11-2013
			JP	2013506308 A	21-02-2013
			KR	20120058587 A	07-06-2012
			US	2012250144 A1	04-10-2012
			WO	2011039061 A1	07-04-2011
