

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. September 2008 (12.09.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/107166 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G03F 7/20 (2006.01) **G01N 21/66** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/001730
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. März 2008 (05.03.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2007 011 480.1 7. März 2007 (07.03.2007) DE
10 2007 026 992.9 7. Juni 2007 (07.06.2007) DE
10 2007 026 993.7 7. Juni 2007 (07.06.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SMT AG** [DE/DE];
Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KRAUS, Dieter** [DE/DE]; Dreissentalstrasse 42, 73447 Oberkochen (DE).
EHM, Dirk Heinrich [DE/DE]; Lessingstrasse 20, 73431

Aalen (DE). **STEIN, Thomas** [DE/DE]; Adolph-Kolping-Strasse 49, 73447 Oberkochen (DE). **WÖLFLE, Harald** [DE/DE]; Reichsgrafenstrasse 22, 79102 Freiburg (DE). **SCHMIDT, Stefan** [DE/DE]; Zeppelinstrasse 73, 73430 Aalen (DE).

(74) Anwalt: **WERNER, Anne-Estelle**; 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CLEANING AN EUV LITHOGRAPHY DEVICE METHOD FOR MEASURING THE RESIDUAL GAS ATMOSPHERE AND THE CONTAMINATION AND EUV LITHOGRAPHY DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM REINIGEN EINER EUV-LITHOGRAPHIEVORRICHTUNG, VERFAHREN ZUR MESSUNG DER RESTGASATMOSPHERE BZW. DER KONTAMINATION SOWIE EUV-LITHOGRAPHIEVORRICHTUNG

Fig. 3a

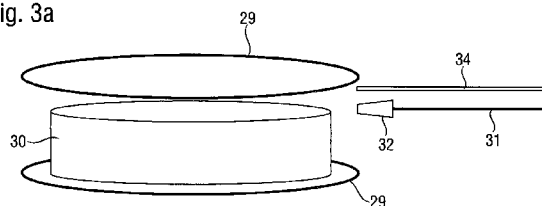
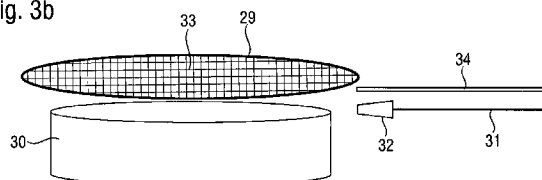


Fig. 3b



(57) Abstract: According to the invention, components (30) inside an EUV lithography device for extreme ultra-violet and soft X-ray wavelengths may be cleaned by igniting a plasma, adjacent to the components (30) for cleaning, by means of electrodes (29), the electrodes (29) having a form matching the form of the components (30) for cleaning. The residual gas atmosphere is spectroscopically measured by means of the plasma. An emission spectrum is preferably recorded in order to monitor the degree of cleaning, advantageously using an optic fibre cable (31) with an injection lens (32). In order to monitor the contamination in the gas phase within the vacuum chamber during operation of an EUV lithography device, modules are provided with means for igniting a gas discharge and means for detecting radiation emitted due to the gas discharge. Conclusions can be made about the contamination in the gas phase from the analysis of the measured spectrum.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/107166 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Erklärung gemäß Regel 4.17:

- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

(57) Zusammenfassung: Es wird vorgeschlagen, zum Reinigen von Komponenten (30) im Inneren einer EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich benachbart zu der zu reinigenden Komponente (30) ein Plasma mittels Elektroden (29) zu zünden, wobei die Elektroden (29) an die Form der zu reinigenden Komponente (30) angepasst sind. Anhand des Plasmas wird spektroskopisch die Restgasatmosphäre gemessen. Vorzugsweise wird ein Emissionsspektrum aufgenommen, um den Reinigungsgrad zu überwachen. Dazu wird vorteilhafterweise ein optisches Faserkabel (31) mit einer Einkoppeloptik (32) eingesetzt. Außerdem wird, um während des Betriebs einer EUV-Lithographievorrichtung die Kontamination in der Gasphase innerhalb der Vakuumkammern zu überwachen, vorgeschlagen, Module vorzusehen, die Mittel zum Auslösen einer Gasentladung und Mittel zur Detektion von aufgrund der Gasentladung emittierter Strahlung aufweisen. Aus der Analyse des gemessenen Spektrums kann auf die Kontamination in der Gasphase zurück geschlossen werden.

Verfahren zum Reinigen einer EUV-Lithographievorrichtung, Verfahren zur Messung der Restgasatmosphäre bzw. der Kontamination sowie EUV-Lithographievorrichtung

Gebiet der Erfindung

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Reinigen von Komponenten im Inneren einer EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich und auf ein Verfahren zur Messung der Restgasatmosphäre im Inneren einer Vakuumkammer einer EUV-Lithographievorrichtung. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf ein Modul zur Messung der Restgasatmosphäre. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine EUV-Lithographievorrichtung sowie auf ein Beleuchtungssystem und ein Projektionssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung.

10

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur Messung von Kontamination in EUV-Lithographievorrichtungen. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine EUV-Lithographievorrichtung mit Vakuumsystem, das Vakuumkammer und Pumpe aufweist, sowie auf ein Beleuchtungssystem und ein Projektionssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, mit Vakuumsystem, das Vakuumkammer und Pumpe aufweist. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf ein Modul für den Einbau in ein Vakuumsystem einer EUV-Lithographievorrichtung.

15

20

Hintergrund und Stand der Technik

In EUV-Lithographievorrichtungen werden zur Lithographie von Halbleiterbauelementen reflektive optische Elemente für den extremen ultravioletten (EUV) und weichen Röntgen-(SX-) Wellenlängenbereich (z.B. Wellenlängen zwischen ca. 5 nm und 20 nm) wie etwa Photomasken oder Multilayerspiegel eingesetzt. Da EUV-Lithographievorrichtungen in der Regel mehrere reflektive optische Elemente aufweisen, müssen diese eine möglichst hohe Reflektivität aufweisen, um eine hinreichend hohe Gesamtreflektivität sicherzustellen. Die Reflektivität und die Lebensdauer der reflektiven optischen Elemente kann durch Kontamination der optisch genutzten reflektiven Fläche der reflektiven optischen Elemente, die aufgrund der kurzwelligen Bestrahlung zusammen mit Restgasen in der Betriebsatmosphäre entsteht, reduziert werden. Da üblicherweise in einer EUV-Lithographievorrichtung mehrere reflektive optische Elemente hintereinander angeordnet sind, wirken sich auch schon geringere Kontaminationen auf jedem einzelnen reflektiven optischen Element in größerem Maße auf die Gesamtreflektivität aus.

25

30

35

Um eine hinreichende Lebensdauer bei guter Reflektivität zu gewährleisten, ist es hilfreich die Zusammensetzung der Restgasatmosphäre überwachen zu können, um bei Anstieg der Konzentration der zu Kontamination führenden Gase den Betrieb der EUV-

- 5 Lithographievorrichtung zu unterbrechen und nötigenfalls eine Reinigung insbesondere der optischen Komponenten durchzuführen. Eine Möglichkeit der Insitu-Reinigung besteht darin, sie mit einem Strahl aus atomarem Wasserstoff zu beschießen, der an einem Glühdraht aus darüber fließendem molekularem Wasserstoff generiert wird. Einerseits werden länger-kettige Moleküle auf den zu reinigenden Oberflächen durch den Energieeintrag
10 aufgespalten, andererseits reagiert der atomare Wasserstoff mit den Molekülen zu flüchtigen Verbindungen, die abgepumpt werden können.

- In Vakuumsystemen für die EUV-Lithographie, die zumindest eine Vakuumkammer und eine Pumpe aufweisen, sollte außerdem die Kontamination in der Gasphase stets unter
15 bestimmten Grenzwerten liegen, da sonst während des Belichtungsvorgangs die Kontamination aus der Gasphase mit der einfallenden Strahlung im EUV- bis weichen Röntgenwellenlängenbereich wechselwirkt und auf die optisch genutzten Flächen der reflektiven optischen Element abgeschieden wird.

20 **Zusammenfassung der Erfindung**

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Betrieb einer EUV-Lithographievorrichtung in Hinblick auf die Vermeidung von Kontamination handhabbarer zu machen.

25

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Messen der Restgasatmosphäre im Inneren einer Vakuumkammer einer EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich gelöst, bei dem im Inneren der Vakuumkammer ein Plasma gezündet wird und am Plasma eine spektroskopische Messung durchgeführt
30 wird.

- Da im Plasma prinzipiell alle in der EUV-Lithographievorrichtung vorhandenen Restgase umgesetzt werden, lässt sich insbesondere auch während des Betriebs der EUV-Lithographievorrichtung über eine spektroskopische Messung an dem Plasma die aktuelle
35 Zusammensetzung der Restgasatmosphäre bestimmen bzw. das Vorhandensein von für die

Kontamination besonders kritischen Substanzen detektieren. Ebenso lässt sich während einer Reinigung deren Abnahme detektieren.

- Außerdem wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Reinigen von Komponenten im Inneren einer EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich gelöst, bei dem benachbart zu einer Komponente mit einer zu reinigenden Fläche ein Plasma gezündet wird, wobei das Plasma mit Hilfe einer Elektrode gezündet wird, deren Form derart an die zu reinigende Fläche der Komponente angepasst ist, dass das gezündete Plasma sich über einen Bereich ausbreitet, dessen Ausdehnung sich mit einer maximalen Abweichung von ca. $\pm 20\%$ auf die zu reinigende Fläche beschränkt.

- Die Plasmareinigung mit angepasster Elektrodenform hat zum einen den Vorteil schonender für die zu reinigenden Oberflächen zu sein als die herkömmliche Wasserstoffreinigung, da Kontaminationen vermieden werden können, die bei der Erzeugung des atomaren Wasserstoff am Glühdraht generiert werden, und insbesondere die Wärmelast verringert werden kann. Denn der am Glühdraht erzeugte atomare Wasserstoff hat eine entsprechend hohe Temperatur. Der Beschuss der zu reinigenden Oberfläche mit dem atomaren Wasserstoff hat daher einen Wärmeeintrag zur Folge, der insbesondere wenn es sich um Oberflächen von optischen Komponenten auf der Basis von Viellagensystemen handelt, zu einer Strukturveränderung dieser Viellagensysteme führen kann, z.B. aufgrund von Diffusionsprozessen an der Lagengrenze, die eine irreversible Reflektivitätsminderung zur Folge hat. Plasmen hingegen werden durch Einkoppeln von elektromagnetischen Wellen in das anzuregende Gas gezündet, so dass die in das Plasma gebrachten Ionen keine wesentlich höhere Temperatur als die zu reinigende Oberfläche haben. Zum anderen führt das hier vorgeschlagene Verfahren zu einer effizienteren Reinigung, da über die Elektrodenform gewährleistet wird, dass sich das Plasma im Wesentlichen gleichmäßig über im Wesentlichen die gesamte zu reinigende Oberfläche ausbreitet.
- Beide Verfahren werden vorteilhafterweise dahingehend miteinander kombiniert, dass am Plasma, das zur Reinigung einer Komponente eingesetzt wird, eine spektroskopische Messung durchgeführt wird. Da sich während der Reinigung auch die kontaminierenden Substanzen bzw. ihre Folgeprodukte im Plasma befinden, erhält man über die spektroskopische Messung zeitnah Aufschluss über den aktuellen Reinigungsgrad und dies ohne Unterbrechung der Reinigung, wie dies bei der herkömmlichen Wasserstoffreinigung notwendig wäre.

Außerdem wird die Aufgabe gelöst durch ein Modul zur Messung der Restgasatmosphäre in einer Vakuumkammer, insbesondere in einer Vakuumkammer einer EUV-Lithographievorrichtung, das Mittel zum Zünden eines Plasmas sowie Mittel zur Messung der Emission oder Transmission des Plasmas aufweist.

Ferner wird die Aufgabe gelöst durch eine EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich, die in ihrem Inneren eine Elektrode zum Zünden des Plasmas aufweist, wobei die Elektrode benachbart zu einer begrenzten Oberfläche angeordnet ist und in ihrer Form an die Kontur der Oberfläche derart angepasst ist, dass ein gezündetes Plasma sich über einen Bereich ausbreitet, dessen Ausdehnung sich mit einer maximalen Abweichung von ca. $\pm 20\%$ auf die begrenzte Oberfläche beschränkt, sowie durch ein Beleuchtungssystem bzw. ein Projektionssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, das in seinem Inneren eine Elektrode zum Zünden des Plasmas aufweist, wobei Elektrode benachbart zu einer begrenzten Oberfläche angeordnet ist und in ihrer Form an die Kontur der Oberfläche derart angepasst ist, dass ein gezündetes Plasma sich über einen Bereich ausbreitet, dessen Ausdehnung sich mit einer maximalen Abweichung von ca. $\pm 20\%$ auf die begrenzte Oberfläche beschränkt.

Schließlich wird die Aufgabe gelöst durch eine EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich bzw. ein Beleuchtungssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, bzw. ein Projektionssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung mit einer Vakuumkammer und einem Modul zur Messung der Restgasatmosphäre in einer Vakuumkammer, das Mittel zum Zünden eines Plasmas sowie Mittel zur Messung der Emission oder Transmission des Plasmas aufweist.

Diese Aufgabe wird auch durch ein Verfahren zur Messung der Kontamination innerhalb eines Vakuumsystems einer EUV-Lithographievorrichtung gelöst, bei dem innerhalb des Vakuumsystems mittels einer Gasentladung Elektronen von in der Gasphase vorhandener Materie auf ein höheres Energieniveau angeregt werden und die Strahlung detektiert wird, die die angeregten Elektronen beim Übergang von dem höheren Energieniveau auf ein niedrigeres Energieniveau emittieren. Insbesondere wird dadurch eine Möglichkeit zur Messung der Kontamination, insbesondere in EUV-Lithographievorrichtungen, aufgezeigt, die auch während des laufenden Betriebs der EUV-Lithographievorrichtung durchführbar ist.

Bei einer Gasentladung wird auf die in der Gasphase im Bereich der Gasentladung vorhandenen Atome und Moleküle Energie übertragen, so dass deren Elektronen auf quantenmechanisch höhere Energieniveaus angeregt werden. Nach kürzester Zeit kehren
5 die Elektronen auf einen niedrigeren bzw. ihren Grundzustand zurück und geben die Energiedifferenz in Form von Photonen ab. Die Energie bzw. Wellenlänge der emittierten Photonen ist charakteristisch für die verschiedenen Atome und Moleküle.

Da eine Gasentladung gut auf lokal stark begrenztem Raum ausgelöst werden kann, lässt
10 sich dies durchführen, ohne dass der Betrieb der EUV-Lithographievorrichtung merkbar beeinflusst werden würde. Da außerdem die Emission der Photonen unmittelbar bei auslösen der Gasentladung stattfindet und es mit üblichen spektroskopischen Messmethoden möglich ist, die Emission unverzüglich zu messen und auszuwerten, lassen sich sehr zeitnah Informationen über die Kontamination in der Gasphase innerhalb der EUV-
15 Lithographievorrichtung erhalten, die ein sofortiges Reagieren z.B. durch Zuleitung anderer Gase, um über chemische Reaktionen die Kontaminationsgefahr zu verringern, oder Zuschalten von zusätzlicher Pumpleistung etc. erlauben.

Ferner wird die Aufgabe gelöst durch eine EUV-Lithographievorrichtung mit Vakuumsystem,
20 das Vakuumkammer und Pumpe, bei der im Inneren des Vakuumsystems Mittel zum Auslösen einer Gasentladung und Mittel zur Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung angeordnet sind, sowie durch ein Beleuchtungssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, mit Vakuumsystem, das Vakuumkammer und Pumpe aufweist, bei dem im Inneren des
25 Vakuumsystems Mittel zum Auslösen einer Gasentladung und Mittel Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung angeordnet sind, und durch ein Projektionssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, mit Vakuumsystem, das Vakuumkammer und Pumpe aufweist, bei dem im Inneren des Vakuumsystems Mittel zum Auslösen einer Gasentladung
30 und Mittel zur Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung angeordnet sind.

Im Übrigen wird die Aufgabe durch ein Modul für den Einbau in ein Vakuumsystem einer EUV-Lithographievorrichtung mit Mitteln zum Auslösen einer Gasentladung und Mitteln zur
35 Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung gelöst. Mithilfe des Moduls lassen sich bestehende

EUV-Lithographievorrichtungen, Beleuchtungssysteme und Projektionssysteme nachrüsten, um eine Überwachen der Kontamination auch während des Betriebs zu erlauben.

Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

5

Kurze Beschreibung der Figuren

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

10

Figur 1 schematisch eine Ausführungsform einer EUV-Lithographievorrichtung mit einem Beleuchtungssystem und einem Projektionssystem;

Figuren 2a-d Prinzipskizzen von verschiedenen spektroskopischen Messungen;

15

Figuren 3a-c schematisch eine erste und zweite Variante einer Plasma- und Messeinheit für Emissionsmessungen und eine dritte Variante für Transmissionsmessungen;

20

Figuren 4a,b schematische zwei weitere Variante einer Plasma- und Messeinheit, jeweils für Emissionsmessungen und für Transmissionsmessungen;

Figuren 5a,b schematische eine erste und zweite Variante der Verkabelung eines vakuumtauglichen Antriebs;

25

Figur 6 schematisch die Befestigung eines Kabels zu Strom- oder Spannungsversorgung;

Figur 7 die Kontaktierung eines vakuumtauglichen Antriebs;

30

Figuren 8a-c schematisch den Aufbau vakuumtauglicher Kabel;

Figur 9 schematisch den Aufbau einer Elektrode;

- Figur 10 ein Flussdiagramm zu einer Ausführungsform des Verfahrens zur Messung der Restgasatmosphäre innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung;
- 5 Figur 11 ein Flussdiagramm zu einer Ausführungsform des Verfahrens zur Reinigung einer Komponente innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung;
- 10 Figuren 12a,b schematische Darstellungen von Plasmen unterschiedlicher Dichte;
- Figur 13 eine schematische Darstellung einer Elektrodenanordnung;
- Figur 14 eine schematische Darstellung eines Plasmas mit bestimmter Energieverteilung;
- 15 Figur 15 eine schematische Darstellung der Energieverteilung des Plasmas aus Figur 14;
- Figur 16 eine schematische Darstellung einer segmentierten Elektrode;
- 20 Figuren 17a,b schematische Darstellung von Elektrodenanordnungen mit Gaszufuhr;
- Figur 18 eine schematische Darstellung eines Spektroskops;
- 25 Figur 19 schematisch eine Ausführungsform einer EUV-Lithographievorrichtung mit einem Beleuchtungssystem und einem Projektionssystem;
- Figur 20a schematisch eine erste Ausführungsform eines Moduls;
- 30 Figur 20b schematische eine zweite Ausführungsform eines Moduls;
- Figur 21 schematische eine Anordnung zur Messung des vom Funken emittierten Strahlung;
- 35 Figuren 22a,b schematische Emissionsspektren zu unterschiedlichen Zeitpunkten t_1 , t_2 der Funkenlebensdauer; und

Figur 23 ein Flussdiagramm zu einer Ausführungsform des Verfahrens zur Messung der Kontamination.

5 Ausführliche Beschreibung der Erfindung

In Figur 1 ist schematisch eine EUV-Lithographievorrichtung 10 dargestellt. Wesentliche Komponenten sind das Strahlformungssystem 11, das Beleuchtungssystem 14, die Photomaske 17 und das Projektionssystem 20.

10

Als Strahlungsquelle 12 kann beispielsweise eine Plasmaquelle oder auch ein Synchrotron dienen. Die austretende Strahlung im Wellenlängenbereich von etwa 5 nm bis 20 nm wird zunächst im Kollimator 13b gebündelt. Außerdem wird mit Hilfe eines Monochromators 13a durch Variation des Einfallswinkels die gewünschte Betriebswellenlänge herausgefiltert. Im genannten Wellenlängenbereich sind der Kollimator 13b und der Monochromator 13a üblicherweise als reflektive optische Elemente ausgebildet. Kollimatoren sind häufig schalenförmig ausgebildete reflektive optische Elemente, um einen fokussierenden bzw. kollimierenden Effekt zu erreichen. An der konkaven Fläche findet die Reflexion der Strahlung statt, wobei zur Reflexion häufig kein Viellagensystem auf der konkaven Fläche verwendet wird, da ein möglichst breiter Wellenlängenbereich reflektiert werden soll. Das Herausfiltern eines schmalen Wellenlängenbandes durch Reflexion geschieht am Monochromator, oft mit Hilfe einer Gitterstruktur oder eines Multilayersystems.

15

20

Der im Strahlformungssystem 11 in Hinblick auf Wellenlänge und räumliche Verteilung aufbereitete 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- und SX-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 den meisten Fällen befinden die Spiegel sich insbesondere während des Lithographiebetriebs in einem Vakuum, weshalb

25

30

35

das Beleuchtungssystem 14 und das Projektionssystem 20 der EUV-Lithographievorrichtung 10 Vakuumkammern 72 bzw. 73 aufweisen.

Die EUV- oder SX-Strahlung selbst, bzw. die durch die Bestrahlung generierten Photo- bzw. Sekundärelektronen, führt schon in einem geringen Umfang zum Aufspalten von Kohlenwasserstoffverbindungen, insbesondere auch von schwerflüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen, in kleinere kohlenwasserstoffhaltige Moleküle, die sich als Kontamination auf der optisch genutzten Fläche der reflektiven optischen Elemente ablagern können und dadurch deren Reflektivität verringern, insbesondere wenn eine Reaktion mit Photonen stattfindet.

Um das Vorkommen und ggf. auch die Konzentration insbesondere der Kohlenwasserstoffverbindungen, aber auch ggf. anderer kontaminierenden Substanzen in der Restgasatmosphäre zu messen, können an verschiedenen Stelle innerhalb der Lithographievorrichtung 10 modulartige Plasma- und Messeinheiten 22-28 angeordnet werden, vorzugsweise innerhalb der Vakuumkammern 72, 73. Innerhalb der Plasma- und Messeinheiten 22-28 wird über Elektroden ein Plasma gezündet. In dem Plasma finden sich alle aktuellen Bestandteile der Restgasatmosphäre in diesem Bereich der EUV-Lithographievorrichtung 10 wieder, so dass über spektroskopische Untersuchung des Plasmas genaue und konkrete Informationen über die aktuelle Zusammensetzung der Restgasatmosphäre innerhalb der EUV-Lithographievorrichtung 10 erhalten werden können. Das Plasma kann entweder zur Messung der Restgasatmosphäre während des Betriebs der EUV-Lithographievorrichtungen 10 dienen wie bei den Plasma- und Messeinheiten 22, 23, 24 oder es kann primär zur Reinigung von Komponenten 15,16,18,19 innerhalb der EUV-Lithographievorrichtung 10 verwendet werden wie bei den Plasma- und Messeinheiten 25, 27. Bei parallelen spektroskopischen Messungen am Plasma lässt sich von der aktuellen Zusammensetzung der Restgasatmosphäre in unmittelbarer Umgebung der zu reinigenden Komponente 15,16,18,19 auf den Grad der bereits erfolgten Reinigung zurückschließen: Während der Plasmareinigung gehen die kontaminierenden Substanzen bzw. ihre Folgeprodukte in die Gasphase und ins Plasma über. Fängt ihre Konzentration an zu sinken, ist dies ein Hinweis darauf, dass an der zu reinigenden Oberfläche der Komponente 15,16,18,19 weniger Kontamination vorhanden ist.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Plasma- und Messeinheiten so ausgelegt sein können, dass sie sich gleichermaßen zum Reinigen und zum Überwachen der Restgasatmosphäre eignen. Insbesondere stimuliert das Plasma die Desorption von Kohlenwasserstoffen im

Aufenthaltsbereich des Plasmas, was de facto die Nachweisempfindlichkeit von kontaminierenden Substanzen in der Restgasatmosphäre erhöht.

Anwendbar sind verschiedenste spektroskopische Methoden wie z.B.

- 5 Transmissionsmessungen. Besonders bevorzugt ist wegen des geringen instrumentellen Aufwandes bei gleichzeitig hoher Nachweisempfindlichkeit insbesondere für Kohlenwasserstoffe die Emissionsspektroskopie. Im Plasma befinden sich alle chemischen Stoffe in einem hochangeregten, ionisierten Zustand, bei dem sie zur Emission von Photonen angeregt werden. Dabei emittiert jeder Stoff Photonen bei einer oder mehreren für
10 ihn charakteristischen Wellenlängen. Daher kann aus einem Emissionsspektrum unmittelbar die Zusammensetzung des Plasmas und damit die Restgasatmosphäre gemessen werden.

- In Figur 2a ist prinzipiell ein Emissionsspektrum für ein reines Plasma ohne merkbares Restgas dargestellt. Es ist die Intensität I in Abhängigkeit der Wellenlänge λ aufgetragen. In
15 einem reinen Plasma ohne Restgas erfolgt eine Emission nur bei der charakteristischen Wellenlänge des Plasmagases. Wäre eine kontaminierende Substanz aus dem Restgas im Plasma vorhanden, gäbe es zusätzlich eine Emission bei der charakteristischen Wellenlänge λ_0 dieser kontaminierenden Substanz, wie in Figur 2b prinzipiell dargestellt. Diese Informationen kann man nutzen, um die Restgasatmosphäre gezielt auf bestimmte
20 kontaminierende Substanzen hin über die Zeit kontinuierlich zu überwachen.

- Zwei bevorzugte Möglichkeiten der Überwachung sind in den Figuren 2c,d als Prinzipskizze dargestellt, in denen speziell die Konzentration der kontaminierenden Substanz mit der charakteristischen Emissionswellenlänge λ_0 über die Veränderung der Emissionsintensität
25 $I(\lambda_0)$ bei dieser Wellenlänge in Abhängigkeit von der Zeit t kontinuierlich überwacht wird. In Figur 2c ist der Fall dargestellt, bei dem während des Betriebes der EUV-Lithographievorrichtung überwacht wird, ob es zu einem plötzlichen Auftauchen der kontaminierenden Substanz kommt, z.B. durch ein Vakuumleck oder falls der EUV- oder SX-Strahl unbeabsichtigt seine Position verändert und dabei auf eine Stelle trifft, an der sich
30 die kontaminierende Substanz abgelagert hatte, die nun durch die Bestrahlung in die Gasphase übergeht und dadurch die optischen Komponenten innerhalb der EUV-Lithographievorrichtung gefährdet. In der Emissionsmessung äußert sich dies dahingehend, dass zunächst die Intensität eine zeitlang vernachlässigbar gering ist, dann ab einem bestimmten Moment stark ansteigt (Figur 2c).

Man kann für die Konzentration bzw. den Partialdruck der kontaminierenden Substanz einen Grenzwert festlegen, der in Figur 2c der Intensität I_0 entspricht. Solange die gemessene Intensität der Emission bei der charakteristischen Wellenlänge λ_0 sich unterhalb der Grenzzintensität I_0 bewegt, besteht keine Gefahr einer übermäßigen Kontamination der optischen Komponenten der EUV-Lithographievorrichtung. Sobald die Grenzzintensität I_0 zu einer Zeit t_0 überschritten wird, besteht die Gefahr einer derart starken Kontamination der optischen Komponenten, dass die Reflektivität zu stark abnimmt. Der Betrieb der EUV-Lithographievorrichtung sollte daher möglichst schnell unterbrochen werden, bevor eine Kontamination erfolgt, damit beispielsweise das Innere der EUV-Lithographievorrichtung zusätzlich abgepumpt wird, um die kontaminierende Substanz aus der Restgasatmosphäre zu entfernen.

In Figur 2d ist illustriert, wie man mit Hilfe der Emissionsspektroskopie des Plasmas den Plasmareinigungsvorgang überwachen kann. Durch die Wechselwirkung des Plasmas mit der auf der zu reinigenden Oberfläche befindlichen Kontamination geht die der Kontamination zugrunde liegende Substanz bzw. ihre Folgeprodukte in das Plasma über. Daher ist zunächst die Intensität $I(\lambda_0)$ der Emission bei der für die kontaminierende chemische Substanz charakteristischen Wellenlänge λ_0 recht hoch. Doch nach und nach wird im Plasma die gesamte Kontamination in unschädliche Verbindungen umgesetzt und die im Plasma befindliche Menge der kontaminierenden chemischen Substanz sinkt. Im gleichen Maße sinkt mit der Zeit auch die Intensität $I(\lambda_0)$ der Emission bei der für die kontaminierende chemische Substanz charakteristischen Wellenlänge λ_0 . Auch im vorliegenden Fall kann man einen Grenzwert der Menge der im Plasma befindlichen kontaminierenden chemischen Substanz festlegen, der einer Grenzzintensität I_0 entspricht und bei dessen Unterschreitung die zu reinigende Oberfläche als hinreichend gereinigt gelten kann und der Reinigungsvorgang bei der Zeit t_0 beendet werden kann.

Es sei darauf hingewiesen, dass zum Zwecke der besseren Verständlichkeit des Funktionsprinzips die Figuren 2a-d stark vereinfacht sind. Bei reellen Gasen und kontaminierenden Substanzen wird man Emissionen bei mehreren charakteristischen Wellenlängen mit unterschiedlichen relativen Intensitäten messen. Insbesondere bei der Reinigung wird man je nach kontaminierender Substanz nicht die Substanz selber, sondern ihre Folgeprodukte nach Zersetzung der Substanz unmittelbar an der zu reinigenden Oberfläche nachweisen. Aber auch die Folgeprodukte emittieren Photonen bei den ihnen eigenen charakteristischen Wellenlängen. Tatsächlich gemessene Emissionsspektren

werden daher komplexer als die hier gezeigten Prinzipskizzen sein. Da die Emissionsspektroskopie als solche aber eine seit vielen Jahrzehnten angewendete und erforschte Messmethode ist, kann auf eine sehr große und präzise Basis an Daten insbesondere zu den Emissionsspektren einer Vielzahl von chemischen Substanzen zurückgegriffen werden.

Es sei darauf hingewiesen, dass das hier für die Emissionsspektroskopie Erläuterte im Wesentlichen auch für die Transmissionsspektroskopie gilt.

- Grundsätzlich kann nicht nur das Reinigungsplasma, sondern auch das Plasma zur Überwachung der Restgasatmosphäre während des Betriebs der EUV-Lithographievorrichtung mit einem beliebigen geeigneten Gas gezündet werden. Zur Überwachung der Restgasatmosphäre während des Betriebs sind Inertgase bevorzugt, um unerwünschte Wechselwirkungen des Plasmas mit der EUV-Lithographievorrichtung auf ein Minimum zu begrenzen. Da oft EUV-Lithographievorrichtungen in einer Restgasatmosphäre mit hohem Inertgasanteil betrieben werden, bevorzugt in einer Stickstoff-, Argon-, Krypton-, Helium- oder Xenonatmosphäre, ggf. auch in einer Wasserstoffatmosphäre oder auch einer Mischung aus zwei oder mehr dieser Gase, kann der bereits vorhandene Partialdruck schon ausreichen, um ein Plasma zu zünden. Besonders bei geringem Elektrodenabstand lässt sich schon bei nicht allzu hohen Partialdrücken ein Plasma zünden. Dies hat wiederum den Vorteil, dass das Plasma lokal stark begrenzt ist und daher nur minimal mit der EUV-Lithographievorrichtung wechselwirkt und den Betrieb nicht spürbar beeinflusst. Insbesondere ist hervorzuheben, dass die Messung der Restgasatmosphäre über eine spektroskopische Messung am Plasma durchgeführt werden kann, ohne dass die Betriebsbedingungen für die Messung verändert werden müssten. Dies ist ein großer Vorteil gegenüber üblichen Restgasanalysatoren, die auf dem Prinzip eines Massenspektrometers basieren und erst bei sehr geringen Drücken eingesetzt werden können, weswegen für eine bisher übliche Restgasanalyse zunächst das Vakuum im Inneren der EUV-Lithographievorrichtung verbessert werden muss. Dies ist nach dem hier vorgeschlagenen Verfahren nicht notwendig. Für den Fall, dass der Partialdruck eines zündbaren Plasmagases zu gering ist, kann auch eine Gaszufuhr vorgesehen werden, die dort mündet, wo das Plasma gezündet werden soll. Als Plasmagas eignen sich u.a. Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Edelgase, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Methan und höhere Homologe sowie Mischungen dieser Gase. Zum Zünden des Plasmas können elektromagnetische Wellen aus einem Frequenzbereich von ca. 10^3 Hz bis 10^{11} Hz eingekoppelt werden. Vorzugsweise werden elektromagnetische Wellen im Bereich von ca.

10³ Hz bis 10⁸ Hz, besonders bevorzugt im Bereich von ca. 10⁵ Hz bis 10⁷ Hz für den hochfrequenten Wellenlängenbereich oder von ca. 10⁹ Hz bis 10¹⁰ Hz, besonders bevorzugt von ca. 10⁹ Hz für den Mikrowellenbereich gewählt. Die zu wählende Frequenz hängt allerdings sehr stark von dem für die Zündung verwendeten Gas und auch von der

5 Geometrie der Elektrode und der zu reinigenden und eventuell weiteren angrenzenden Oberflächen und ihrem Material ab und ist daher am besten von Fall zu Fall zu bestimmen. Außerdem ist zu beachten, dass in vielen Ländern von den jeweilig zuständigen Behörden nur gewisse Frequenzbänder für die freie Benutzung freigegeben sind. Bei Verwendung von Mikrowellen sind daher z.B. ganz besonders die Frequenzen 915 GHz und 2450 GHz

10 bevorzugt.

Inertgase können auch für ein Reinigungsplasma eingesetzt werden. Im Plasma nehmen sie Energie auf, die sie an die Kontamination abgeben und dabei länger-kettige Moleküle in flüchtige kleinere Moleküle aufbrechen. Gerne werden aber auch Gase für das

15 Reinigungsplasma eingesetzt, die auch chemisch mit der Kontamination reagieren. Besonders bevorzugt ist der reduzierend wirkende Wasserstoff. Sauerstoff kann ebenfalls verwendet werden, dabei ist aber zu beachten, dass seine oxidierende Wirkung, die bei zu langer Anwendung die Oberfläche von optischen Komponenten, insbesondere auf der Basis von Viellagensystem, irreversibel schädigen kann. Mithilfe der hier vorgeschlagenen

20 spektroskopischen Überwachung des Reinigungsplasmas ist es hingegen wie in Verbindung mit Figur 2 b beschrieben möglich, einen vorbestimmten Endpunkt der Reinigung genau zu ermitteln und rechtzeitig den Reinigungsprozess zu beenden, bevor beispielsweise bei Viellagensystemen deren Abschlussschicht unterhalb der Kontamination erreicht ist, so dass auch oxidierendes Gas problemlos als Reinigungsplasmagas eingesetzt werden kann, das

25 sonst die Abschlussschicht angreifen würde. Aber auch bei anderen Gasen ist die Endpunktbestimmung der Reinigung im Rahmen der Prozessoptimierung von großem Vorteil.

Wie anhand des in Figur 1 dargestellten Beispiels einer EUV-Lithographievorrichtung 10

30 gezeigt, können die Plasma- und Messeinheiten 22, 23, 24, 26, 28 für die Messung der Restgasatmosphäre während des Betriebs der EUV-Lithographievorrichtung 10 an unterschiedlichsten Stellen innerhalb insbesondere der Vakuumkammer 72 bzw. 73 des Beleuchtungssystems 14 oder des Projektionssystems 20 angeordnet werden.

Beispielsweise kann eine solche Einheit benachbart zu einem Spiegel angeordnet werden,

35 wie etwa die Plasma- und Messeinheit 23, die benachbart zum im Strahlengang ersten

Spiegel 15 im Beleuchtungssystem 14 angeordnet ist, der wegen der höchsten Strahlenbelastung am meisten von Kontamination bedroht ist.

Eine andere bevorzugte Position ist die Anordnung an den Stellen, an denen der EUV- oder SX-Strahl in das Projektionssystem 14 oder das Beleuchtungssystem 20 eintritt oder aus ihnen austritt, wie dies für die Plasma- und Messeinheiten 22, 24, 26, 28 der Fall ist. Diese Eintritts- bzw. Austrittsstellen sind z.B. als dynamische Gasschleusen (dynamic gas lock) ausgebildet, bei denen durch Ausströmen von Edelgasen ein Gasvorhang aufgebaut wird, der ein Eindringen von Kontamination verhindern soll. Dies ist sehr wichtig in Hinblick auf die Kontaminationsvermeidung, denn insbesondere der Wafer 21 ist z.B. mit Photolack beschichtet, der stark ausgast, wobei kontaminierende Substanzen austreten. Um ein ungewolltes Eindringen kontaminierender Substanzen möglichst zeitnah zu detektieren, sind die Plasma- und Messeinheiten 22, 24, 26, 28 in der Nähe dieser kritischen Stellen angeordnet.

Die Plasma- und Messeinheiten 25 und 27 sind für die Reinigung von Spiegeln innerhalb des Projektions- oder Beleuchtungssystem optimiert. Insbesondere ist die Elektrodenform angepasst an die Kontur der zu reinigenden Oberfläche. Dadurch befindet sich das Reinigungsplasma möglichst gleichmäßig unmittelbar an der zu reinigenden Oberfläche, was eine homogene Reinigung gewährleistet. Die homogene Verteilung des Plasmas erlaubt es auch, mit weniger energiereichen Teilchen zur Reinigung zu arbeiten als bei der bisher üblichen Verwendung eines gerichteten Teilchenstrahls, bei dem die Teilchen eine so hohe Energie haben müssen, dass sie auch an den vom Teilchenstrahl entfernten Stellen noch eine hinreichende Reinigungswirkung entfalten. Die Mittel für die spektroskopische Messung des Plasmas (hier nicht im Detail dargestellt) der Plasma- und Messeinheiten 25, 27 sind derart angeordnet, dass sie während des normalen Betriebes der EUV-Lithographievorrichtung 10 nicht in den Strahlgang hineinragen. Wahlweise kann man zur Reinigung nur das Plasma ohne spektroskopische Messung verwenden oder den Reinigungsprozess durch spektroskopische Messungen überwachen.

In weiteren Ausführungsformen können die Plasma- und Messeinheiten auch beweglich bzw. verfahrbar ausgebildet sein. Insbesondere die Plasma- und Messeinheiten für die Reinigung sind in einem solchen Fall derart angeordnet, dass sie sich während des normalen Betriebs der EUV-Lithographievorrichtung ganz außerhalb des Strahlgangs befinden und nur in Richtung einer Komponente bewegt werden, wenn die jeweilige Komponente gereinigt werden soll. Dabei kann beispielsweise eine Plasma- und

Messeinheit auch für die Reinigung mehrerer Komponenten vorgesehen sein, die sich in ihrem Bewegungsradius befinden. Ggf. kann man diese beweglichen Plasma- und Messeinheiten auch dazu einsetzen, während des normalen Betriebes der EUV-Lithographievorrichtung, wenn keine Reinigung mit ihnen durchgeführt wird, die

5 Restgasatmosphäre zu überwachen.

In den Figuren 3a,b,c sind drei bevorzugte Ausführungen von Elektroden, die für die Reinigung einer Komponente einer EUV-Lithographievorrichtung optimiert sind, schematisch dargestellt. Zu reinigen ist in den dargestellten Beispielen die im Wesentlichen kreisförmige

10 Oberfläche eines EUV-Viellagenspiegels 30. Angepasst an die Kontur der zu reinigenden Oberfläche sind die Elektroden 29 als Ringelektroden ausgebildet. Somit bildet sich das Plasma unmittelbar oberhalb und vergleichsweise gleichmäßig über die gesamte zu reinigende Oberfläche verteilt aus. Dies führt zu einer homogenen Reinigung der Oberfläche und ist ein wesentlicher Fortschritt verglichen mit der Reinigung mittels eines an einem

15 Glühdraht generierten atomaren Wasserstoffstrahls. Ein weiterer Vorteil gegenüber dem herkömmlichen Wasserstoffreinigen ist außerdem, dass das Plasma im Gegensatz zu den von einem Glühdraht stammenden Wasserstoffatome keine Wärme auf die zu reinigende Oberfläche überträgt, so dass keine wärmebedingten Strukturänderungen wie etwa Diffusionsprozesse an den Lagengrenzen innerhalb des Viellagensystems verursacht

20 werden, die einen irreversiblen Reflektivitätsverlust zur Folge hätten. Denn das Plasma wird gezündet, indem in das Plasmagas über die Elektroden 29 beispielsweise hochfrequente elektromagnetische oder Mikrowellen-Strahlung eingekoppelt wird.

Benachbart zu einer Komponente mit einer zu reinigenden Fläche wird ein Plasma

25 gezündet, wobei das Plasma mit Hilfe einer Elektrode gezündet wird, deren Form derart an die zu reinigende Fläche der Komponente angepasst ist, dass das gezündete Plasma sich über einen Bereich ausbreitet, dessen Ausdehnung sich mit einer maximalen Abweichung von ca. $\pm 20\%$ auf die zu reinigende Fläche beschränkt.

Bevorzugt wird die Dichte des Plasmas an den Kontaminationsgrad angepasst. Insbesondere wird die Dichteverteilung des Plasmas derart eingestellt, dass in Oberflächenbereichen der zu reinigenden Komponente mit höherem Kontaminationsgrad ein höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

Vorteilhafterweise wird an der zu reinigenden Fläche eine bestimmte Energieverteilung des Plasmas ausgebildet. Insbesondere wird die Energieverteilung des Plasmas derart

eingestellt, dass in Oberflächenbereichen der zu reinigenden Komponente mit höherem Kontaminationsgrad ein höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

- 5 Als Elektrodenmaterial können beliebige hochschmelzende Metalle bzw. Metalllegierungen verwendet werden, wie beispielsweise Wolfram. Um das Kontaminationsrisiko aufgrund von durch das Plasma abgesputtertes Elektrodenmaterial zu minimieren, ist die eigentliche Elektrode 54 vorzugsweise mit einem sputterresistenten Material 55 ummantelt, wie in Figur 9 schematisch dargestellt ist. Besonders bevorzugt ist beispielsweise Quarzglas, das nicht
10 nur sputterresistent ist, sondern auch eine hohe Transparenz für beispielsweise hochfrequente elektromagnetische oder Mikrowellen-Strahlung aufweist, mit der das Plasma gezündet werden soll. Das Vermeiden von Sputtern des Elektrodenmaterials ist eine weitere Stärke des hier vorgeschlagenen Plasmareinigens gegenüber dem herkömmlichen Reinigen mit einem glühdraht-induzierten atomaren Wasserstoffstrahl. Denn dort lässt sich bisher
15 nicht hinreichend verhindern, dass Material des Glühdrahtes abgesputtert wird und sich auf der zu reinigenden Oberfläche ablagert.

- Die Anordnungen in Figur 3a und Figur 3b unterscheiden sich dahingehend, dass in Figur 3a mit zwei Elektroden 29 gearbeitet wird, während in Figur 3b der Spiegel 30 geerdet ist
20 und selbst als Gegenelektrode zur Elektrode 29 wirkt. Um das Plasma wirkungsvoll lokal zu begrenzen, damit es z.B. nicht ungewollt mit anderen Komponenten innerhalb der EUV-Lithographievorrichtung wechselwirkt, ist in der Anordnung aus Figur 3b die Elektrode 29 mit einem breitmaschigen metallischen Netz 33 versehen, das als Abschirmung wirkt. Vorzugsweise ist das Netz 33 aus üblichem Elektrodenmaterial. Besonders bevorzugt ist
25 das Netz 33 als Sputterschutz ebenfalls mit beispielsweise Quarzglas beschichtet. Zwar hat das Netz 33 bei entsprechender Dimensionierung keinen negativen Einfluss auf den Belichtungs- bzw. Projektionsprozess, aber bevorzugt werden Anordnungen mit Netz 33 beweglich ausgebildet, um nach dem Reinigungsvorgang aus dem Strahlgang herausbewegt zu werden, um eventuelle Transmissionsverluste der EUV- oder SX-
30 Strahlung zu minimieren.

- Alle Anordnungen aus den Figuren 3a,b,c weisen eine Gaszufuhr 34 auf, die dort mündet, wo das Plasma gezündet werden soll, um das Plasmagas zur Verfügung zu stellen. Um das Plasma auf seine Zusammensetzung und damit auf den Reinigungsgrad zu analysieren,
35 sind Mittel 31, 32 zur Durchführung spektroskopischer Messungen vorgesehen. Im hier dargestellten Beispiel wird die Emission des Plasmas mit Hilfe einer optischen Faser 31

gemessen, die die emittierten Photonen an ein Spektrometer außerhalb der EUV-Lithographievorrichtung überträgt. Dazu werden die emittierten Photonen über ein geeignetes Optikelement 32 in die Faser 31 eingekoppelt. Optische Fasern, insbesondere Glasfasern, haben den Vorteil, dass sie im Vakuum selbst bei Bestrahlung mit EUV- oder weicher Röntgenstrahlung nicht ausgasen und außerdem einen minimalen Platzbedarf haben, so dass der Betrieb der EUV-Lithographievorrichtung nicht beeinträchtigt wird. Alle übrigen Komponenten, die für die Messung notwendig wären, aber einen gewissen Platzbedarf haben und ggf. nicht vakuumtauglich sind, können beispielsweise in einem ausgelagerten Spektrometer 64 zusammengefasst sein. Für Transmissionsmessungen, wie in Figur 3c dargestellt, ist zusätzlich eine gegenüberliegende Lichtquelle vorgesehen, wobei man ebenfalls Platz sparend mit einer optischen Faser 56 und einem Optikelement 57 zum Auskoppeln der Photonen aus der Faser 56 arbeitet, um Licht einer externen Lichtquelle bis zum Plasma zu übertragen.

Ein Beispiel für eine geeignete Ausführung des Spektrometers 64 ist schematisch in Figur 18 dargestellt. Zum Einkoppeln der emittierten Photonen in die optische Faser 66 ist an ihrem einen Ende ein Optikelement in Form einer Einkoppeleinheit 65 vorgesehen. Zum Auskoppeln der Photonen aus der optischen Faser 66 ist an ihrem anderen Ende eine entsprechende Auskoppeleinheit 67 vorgesehen. Von dort kommen die Photonen in einen energiedispersiven Analysator, beispielsweise einem Gittermonochromator 68, um ein energieaufgelöstes Spektrum der emittierten Photonen aufzunehmen. Dazu werden die Photonen je nach ihrer Energie bzw. Wellenlänge am Gittermonochromator 68 um einen unterschiedlichen Winkel gebeugt, so dass sie an unterschiedlichen Stellen auf einem zweidimensionalen Detektor auftreffen, hier einem CCD-Detektor 69. Beim Auftreffen auf dem Detektor 69 werden die Photonen in elektrischen Strom umgewandelt, der proportional zur Anzahl der Photonen in dem jeweiligen Energiebereich ist und für jeden Energiebereich separat ausgelesen wird. Im vorliegenden Beispiel wird dazu ein Oszilloskop 70 verwendet, das über ein Auslesekabel 71 an den CCD-Detektor 69 angeschlossen ist. Im einfacheren Fällen lässt sich beispielsweise auch auf die Energieauflösung verzichten, indem die Photonen unmittelbar bzw. mit Hilfe einer optischen Faser von einem Photodetektor gemessen werden. Schwankungen in der Menge der detektierten Photonen bzw. entsprechende Schwankungen des erzeugten Photostroms lassen Rückschlüsse auf das Zu- oder Abnehmen der Menge an kontaminierenden Substanzen in der nahen Umgebung des Plasmas zu.

In den Figuren 12a,b sind zwei Elektrodenanordnungen schematisch dargestellt, die zu Plasmen mit unterschiedlichen Plasmadichten führen. Über den zu reinigenden Komponenten 59 sind jeweils eine Elektrode 29 angeordnet, wobei die Komponente 59 als Gegenelektrode wirkt. Die Elektrode 29 ist oberhalb einer zu reinigenden Fläche 60 angeordnet, die in den Figuren 12a,b durch die Markierungen M1, M2 begrenzt wird. Die Elektrode 29 ist in ihrer Form derart an die zu reinigende Fläche 60 der Komponente 59 angepasst, dass das durch beispielsweise Mikrowelleneinstrahlung gezündete Plasma 58 sich um $\pm 20\%$, bevorzugt $\pm 10\%$, besonders bevorzugt ± 5 auf die zu reinigende Fläche beschränkt. Angestrebt wird, dass das Plasma in seiner Ausdehnung auf der Höhe der zu reinigenden Fläche 60 ungefähr deckungsgleich mit der zu reinigenden Fläche 60 ist, um eine möglichst effiziente Reinigung zu gewährleisten. Vorzugsweise entspricht die zu reinigende Fläche 60 der Fläche eines reflektiven optischen Elements, z.B. eines Spiegels, die im Betrieb optisch genutzt wird, bei einem Spiegel beispielsweise mit einer Betriebsstrahlung ausgeleuchtet wird. In diesem Bereich sind Kontaminationen besonders störend.

Das Plasma 58 aus Figur 12a hat eine höhere Plasmadichte als das Plasma 58 aus Figur 12b, was durch die unterschiedlich dichte Punktierung symbolisiert wird. Die Plasmadichte wird u.a. beeinflusst von der verwendeten Frequenz der elektromagnetischen Welle, die eingekoppelt wird, von der Form der Elektrode 29 und von dem Elektrodenabstand, also im hier gezeigten Beispiel dem Abstand zwischen Elektrode 29 und der Komponente 59. Im Wesentlichen geht es darum, dass sich zwischen den Elektroden eine stehende Welle ausbildet, so dass lokal eine hohe Leistungsdichte zur Verfügung gestellt wird, so dass sich ein Plasma bildet. Dabei ist in gewissem Maße auch das Material der Komponente 59 bzw. der zu entfernenden Kontamination zu berücksichtigen. Ein wichtiger Parameter, insbesondere bei fester geometrischer Konfiguration ist die Leistung der eingekoppelten elektromagnetischen Welle. Eine höhere eingestrahlte Leistung führt zu einer höheren Plasmadichte.

In Figur 13 ist entsprechend eine Elektrodenanordnung dargestellt, die Mittel zum Einstellen der eingekoppelten Leistung in Form des Reglers 62 aufweist. Mit Hilfe des Reglers 62 lässt sich über die eingekoppelte Leistung die Plasmadichte an die Verteilung und Dichte der zu entfernenden Kontamination anpassen. Je höher die Plasmadichte ist, desto höher ist der Reinigungseffekt. Über den Einsatz zweidimensionaler Elektroden, wie etwa einer Ringelektrode 29, lässt sich erreichen, dass die eingestrahnten elektromagnetischen Wellen, wie etwa Mikrowellen, keine einheitliche Wellenfront ausbilden, sondern über die zu

reinigende Fläche eine unterschiedliche Leistungsverteilung haben. Dies kann für die Entfernung von Kontamination genutzt werden, die in vorhersehbar inhomogener Weise aufwächst. Bei der Dimensionierung von Elektroden mit einstellbarer Leistung ist zu berücksichtigen, dass das entstehende Plasma bei höherer Dichte eine größere

- 5 Ausdehnung haben kann. Im in Figur 13 dargestellten Beispiel ist die Elektrodengröße so gewählt, dass die durch die Elektrode 29 definierte Fläche 61, die durch die gestrichelte Linie angedeutet wird, etwas größer als die zu reinigende Fläche 60 ist, um eventuelle Schwankungen der Plasmaausdehnung auszugleichen, damit möglichst in vielen Fällen die gesamte zu reinigende Fläche 61 vom Plasma erfasst wird. Die von der Elektrode 29
10 definierte Fläche 61 sollte zu 70-150%, bevorzugt 90-120%, besonders bevorzugt 95-110%, ganz besonders bevorzugt 98-105% die zu reinigende Fläche 60 abdecken.

In Figur 14 ist ein Plasma 58 dargestellt, dass über die Strecke s eine abfallende Energieverteilung aufweist. Dies wird durch den heller werdenden Farbverlauf symbolisiert.

- 15 Ein entsprechender Graph der Energie E über der Strecke s ist in Figur 15 dargestellt. Die Plasmaenergieverteilung lässt sich z.B. über die Energieverteilung der im Plasma vorhandenen Elektronen und/oder Ionen ermitteln. Die Energieverteilung der Elektronen und der Ionen korreliert dahingehend, dass der Verlauf im Wesentlichen identisch ist, aber wegen der unterschiedlichen Massen der absolute Energiebetrag unterschiedlich ist. In
20 erster Näherung führt eine hohe Plasmadichte und ebenso eine hohe Leistungsdichte der eingekoppelten elektromagnetischen Strahlung zu einer hohen Energie an einer bestimmten Stelle. Die Energieverteilung korreliert eng mit der Reinigungswirkung des Plasmas an der bestimmten Stelle. Denn je mehr Energie die Elektronen und Ionen im Plasma haben, desto mehr Energie können sie an die Kontamination weitergeben, um diese aufzuspalten und
25 ggf. mit der Kontamination oder den Spaltprodukten zu reagieren. Ziel ist, dass möglichst viel Kontamination in flüchtige Verbindungen umgesetzt wird, die abgepumpt werden können.

- Eine besondere Elektrodenanordnung, um über die eingekoppelten elektromagnetischen
30 Wellen die Energieverteilung der Elektronen bzw. Ionen über der zu reinigenden Oberfläche 60 gezielt zu beeinflussen, ist in Figur 16 dargestellt. Die Elektrode ist in diesem Beispiel aus sechs Teilelektroden 29a-f zusammengesetzt, die jede als eigenständige Antenne eingesetzt werden können, um elektromagnetische Wellen einzukoppeln. Jede Teilelektrode 29a-f kann unabhängig über jeweils den Regler 62a-f angesteuert werden, um die Frequenz
35 und die Leistung der von der jeweiligen Teilelektrode 29a-f eingekoppelten elektromagnetischen Wellen einzustellen. Durch Interferenzen der unterschiedlichen

elektromagnetischen Wellen lassen sich unterschiedliche Plasmadichteverteilungen und unterschiedliche Ionen-/Elektronen-Energieverteilungen einstellen. Die Wahl von sechs Teilelektroden 29a-f im vorliegenden Beispiel geht auf die elliptische Kontur der zu reinigenden Fläche 60 zurück, die sich über ein Sechseck annähern lässt. Die Anzahl der
5 Teilelektroden könnte auch zwei, drei, vier, fünf, sieben, acht oder mehr betragen. Um den Reinigungsvorgang bei inhomogen verteilter Kontamination zu optimieren, kann man die eingestrahlten elektromagnetischen Wellen auch über die Zeit variieren, um insbesondere bei der Verwendung von oxidierendem Plasmagas eine Beschädigung der zu reinigenden Komponente 59 zu verhindern.

10 Ein anderer Ansatz, um ein inhomogenes Plasma zu generieren, ist in den Figuren 17a,b dargestellt. Dazu wird gezielt ein Konzentrationsgefälle des oder der Plasmagase im Bereich, in dem das Plasma gezündet wird, hergestellt. Dazu wird beispielsweise in Figur 17a von entgegen gesetzten Seiten über die Gaszufuhren 34a,b Plasmagas zugeführt. In
15 Figur 17b wird eine ringförmige Gaszufuhr 34' mit Öffnungen 63 eingesetzt, um von mehreren Seiten Plasmagas zuzuführen. Eine höhere Plasmagaskonzentration führt schon bei geringerer Leistung der eingestrahlten elektromagnetischen Welle zu einem Zünden eines Plasmas. Die gestrichelte Linie deutet auch hier die durch die Elektrode 29 definierte Fläche 61 an, die in diesem Beispiel etwas kleiner als die zu reinigende Fläche 60 ist.

20 Figuren 4a,b zeigen schematisch weitere Anordnungen von Plasma- und Messeinheiten, die ihrerseits für die Messung der Restgasatmosphäre während des Betriebes der EUV-Lithographievorrichtung oder eines anderen EUV-Vakuumsystems optimiert sind. Im vorliegenden Beispiel wird von einer Einsatzumgebung ausgegangen, indem der
25 Partialdruck der als Plasmagas verwendbaren Gase in der Restgasatmosphäre nicht ausreicht, um ein Plasma 36 zwischen den Elektroden 29 zu zünden. Daher ist neben der Strom- und Spannungsversorgung 35 auch eine Gaszufuhr 34 vorgesehen. Um die Restgasatmosphäre nicht merkbar zu verändern, wird nur die Gasmenge zugeführt, die notwendig ist, um das Plasma 36 zu zünden und aufrecht zu erhalten. Daher wird
30 vorzugsweise eine Kapillare als Gaszufuhr 34 verwendet. Indem der Elektrodenabstand möglichst gering gewählt wird, kann der benötigte Gasfluss minimiert werden.

Wie auch bei den in den Figuren 3a,b gezeigten Anordnungen wird das Plasma 36 beispielsweise mittels hochfrequenter elektromagnetischer oder Mikrowellen-Strahlung
35 gezündet. Das Plasma 36 befindet sich innerhalb einer inneren Abschirmung 37b, die ihrerseits innerhalb einer äußeren Abschirmung 37a angeordnet ist. Die innere Abschirmung

37b dient vornehmlich dazu, ggf. abgesputtertes Elektrodenmaterial aufzufangen, damit es sich dort ablagert und nicht in die Restgasatmosphäre eindringt und zu Kontamination führt. Die äußere Abschirmung dient zur lokalen Begrenzung des Plasmas 36. Vorzugsweise ist sie platz sparend als Hülse ausgebildet, die an ihren Stirnseiten offen ist, damit die

5 Restgase ungehindert bis zum Plasma vordringen können, um dort spektroskopisch detektiert zu werden. Um den Abschirmungseffekt zu erhöhen, kann man zusätzlich an mindestens einer der Stirnseiten der äußeren Abschirmung ein grobmaschiges metallisches Netz vergleichbar dem der Anordnung aus Figur 3b vorsehen.

10 Die Anordnungen aus Figur 4a und Figur 4b unterscheiden sich in Bezug auf ihre Mittel zur Durchführung spektroskopischer Messungen am Plasma. Mit der Anordnung aus Figur 4a werden mit Hilfe der optischen Faser 31 Emissionsmessungen durchgeführt. In der Anordnung aus Figur 4b werden mittels zusätzlich der optischen Faser 56 Transmissionsmessung durchgeführt.

15

Bei der Auslegung der Infrastruktur für die Plasma- und Messeinheit, aber beispielsweise auch der optischen Komponenten wie Viellagenspiegel oder Blenden sollte darauf geachtet werden, dass ihre Elemente wie z.B. Antriebe, Datenkabel, Strom- oder Spannungskabel einerseits möglichst nicht ausgasen, um das Kontaminationsrisiko gering zu halten,

20 andererseits ggf. vom Reinigungs- und/oder Überwachungsplasma nicht angegriffen werden. So sind beispielsweise die üblicherweise verwendeten PTFE-Kabel ungeeignet, da sie ausgasen und von Plasmen angegriffen werden. Insbesondere mit herkömmlichen Schrittmotoren lassen sich mit sich zwar mit gefetteten Getrieben hohe Positioniergenauigkeiten erreichen. Sie führen aber zu starken Ausgasungen.

25

In den Figuren 5a bis 8c sind einige Lösungsansätze für diese Probleme schematisch dargestellt.

Figur 5a zeigt einen Motorantrieb 41 aus Schrittmotor und Getriebe auf der Vakuumseite der

30 Wand 38. Die Einheit 41 aus Motor und Getriebe ist in dem Gehäuse 43 vakuumdicht gekapselt. Die elektrische Zuleitung erfolgt über eine vakuumdichte Durchführung 40, z.B. als Vakuumflansch mit elektrischer Durchführung, in der Wand 38 zwischen Vakuum und Atmosphäre sowie in dem Gehäuse 43, damit auch dort kein Leck zum Vakuum entsteht. Die beste Vakuumdichtigkeit erreicht man dabei mittels Metalldichtungen. Die Achse des

35 Motorantriebs 41 wird über eine Magnetkupplung 42 in das Vakuum geführt, um die mechanische Bewegung in das Vakuum öl- und fettfrei zu übertragen. Dadurch wird

gewährleistet, dass weder beim Betrieb noch bei Störung des Motors, z.B. durch Überstromung des Motors, das EUV-Vakuum kontaminiert wird. Insbesondere wird dadurch ermöglicht, herkömmliche Antriebe, die nicht für den Einsatz im Vakuum ausgelegt sind, aber sehr hohe Präzision zur Verfügung stellen, für die Bewegung von Komponenten der EUV-Lithographievorrichtung einzusetzen.

Bei den Kabeln 39 handelt es sich sowohl um Datenkabel für die Motorsteuerung als auch um elektrische Leitungen für die Spannung- bzw. Stromversorgung.

10 Datenkabel, sei es für die Motorsteuerung oder sei es zur Steuerung anderer Einheiten, sind vorzugsweise mit Edelstahl ummantelt, um zu verhindern, dass sie vom Plasma Störsignale auffangen. Edelstahl hat den Vorteil, dass es nicht oder nur gering ausgast und kaum von Plasma angegriffen wird. Andere geeignete Ummantelungsmaterialien sind auch u.a. Aluminium, Aluminiumlegierungen und korrosionsfest beschichtete Stähle. Der
15 schematische Aufbau eines edelstahlummantelten Kabels zur Verwendung als Datenkabel im EUV-Vakuum ist in Figur 8b dargestellt, in der mit 45 der als Kabel dienende Draht und mit 52 die Edelstahlummantelung bezeichnet ist. Die Enden des Datenkabels sollten in vakuumdichten Kapseln enden, die auf der einen Seite mit der Außenseite der
Edelstahlummantelung verschweißt sind und auf der anderen Seite einen Stecker
20 aufweisen, der mit einer keramischen Steckerdurchführung ausgestattet ist.

Sonstige Leitungen, über die keine Signale übermittelt werden, wie beispielsweise die Strom- und Spannungsversorgung benötigen keine Edelstahlummantelung. Sie können z.B. als einfache Drähte 45, z.B. aus Edelstahl, ganz ohne Umhüllung wie in Figur 8a dargestellt
25 oder mit einer Glasummantelung 53 wie in Figur 8c dargestellt, als Sputterschutz, falls sie sehr nah an einem Plasma verlaufen müssen, ausgebildet sein.

Sowohl die Datenkabel als auch die sonstigen Kabel müssen bereits vor ihrem Einbau in Form gebracht werden und können dann mit Hilfe von Fixierungen 44 eingebaut werden,
30 wie schematisch in Figur 5b gezeigt ist. Bei den Fixierungen 44 handelt es sich insbesondere bei Drähten ohne jegliche Umhüllung oder Ummantelung vorzugsweise um keramische Isolatoren. Ein Beispiel für eine solche Fixierung ist in Figur 6 dargestellt, bei der der Draht 45 an einer festen Unterlage 48 befestigt wird, indem er im Keramikbauteil 46 festgeklemmt wird und mit der Verschraubung 47 an der festen Unterlage 48 festgeschraubt
35 wird. Mit einer solchen Anordnung lassen sich beispielsweise bei Spannungskabeln Spannungen von bis zu 2500V übertragen.

Da die hier vorgeschlagenen Daten- und sonstigen Kabel starr sind und nahezu nicht bewegt werden können, werden sie mit bewegten Elementen wie etwa einem Motor vorzugsweise wie in Figur 7 dargestellt kontaktiert. Man schließt das entsprechende Kabel an eine feststehende Kontaktplatte 49 an, die ihrerseits mit Spiraldrähten 50 kontaktiert ist. Die Spiraldrähte wiederum sind um die Drehachse 51 des Antriebs in der Vakuumkapselung 43 angeordnet, so dass eine Kontaktierung auch bei Betrieb des Motors gewährleistet ist, wenn die Achse 51 sich dreht.

In Figur 10 ist in einem Flussdiagramm der Ablauf einer Ausführungsform des Verfahrens zur Messung der Restgasatmosphäre, insbesondere zur Überwachung der Restgasatmosphäre innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung dargestellt. In einem ersten Schritt 101 wird eine Grenzkonzentration einer kontaminierenden Substanz festgelegt, die einem bestimmten Partialdruck dieser Substanz in der Restgasatmosphäre entspricht und sich beispielsweise in einem Emissionsspektrum des Plasmas als bestimmte Intensität bei einer für diese Substanz charakteristischen Wellenlänge äußert. Um die Überwachung der Restgasatmosphäre zu starten, wird in einem Schritt 103 während des normalen Betriebs innerhalb der EUV-Lithographievorrichtung, z.B. innerhalb des Projektionssystems oder des Beleuchtungssystems, ein Plasma gezündet, dessen Emissionsspektrum gemessen wird (Schritt 105). Aus dem Emissionsspektrum wird die aktuelle Konzentration der kontaminierenden Substanz ermittelt (Schritt 107). Bei Bedarf kann man aus dem Spektrum auch allgemein die Zusammensetzung der Restgasatmosphäre ermitteln. Die ermittelte aktuelle Konzentration wird in einem Schritt 109 mit dem zuvor festgelegten Grenzwert verglichen. Falls die aktuelle Konzentration unterhalb des Grenzwertes liegt, kann die EUV-Lithographievorrichtung ohne größere Gefahr von Kontamination weiterbetrieben werden und im Rahmen der weiteren Überwachung die Schritte 105 bis 109 wiederholt werden. Ansonsten sollte der Betrieb unterbrochen werden, um beispielsweise ein Abpumpen oder eine Reinigung des Inneren der EUV-Lithographievorrichtung zu erlauben (Schritt 111).

In Figur 11 ist in einem Flussdiagramm der Ablauf einer Ausführungsform des Verfahrens zur Reinigung einer Komponente einer EUV-Lithographievorrichtung dargestellt. In einem ersten Schritt 201 wird wie im in Bezug auf Figur 10 erläuterten Verfahren eine Grenzkonzentration einer kontaminierenden Substanz festgelegt, die einem bestimmten Partialdruck dieser Substanz in der Restgasatmosphäre entspricht und sich beispielsweise in einem Emissionsspektrum des Plasmas als bestimmte Intensität bei einer für diese

Substanz charakteristischen Wellenlänge äußert. Um den Reinigungsvorgang zu starten, wird in einem Schritt 203 ein Plasma unmittelbar benachbart zur zu reinigenden Fläche der Komponente gezündet. Um parallel den Reinigungsvorgang zu überwachen, wird ein Emissionsspektrum des Plasmas aufgenommen (Schritt 205). Aus dem Emissionsspektrum wird die aktuelle Konzentration der kontaminierenden Substanz ermittelt (Schritt 207). Die ermittelte aktuelle Konzentration wird in einem Schritt 209 mit dem zuvor festgelegten Grenzwert verglichen. Falls die aktuelle Konzentration oberhalb des Grenzwertes liegt, ist noch zuviel Kontamination vorhanden, um den Reinigungsvorgang beenden zu können, und im Rahmen der weiteren Überwachung sollten die Schritte 105 bis 109 wiederholt werden. Ansonsten kann der Reinigungsvorgang beendet werden (Schritt 211). Durch diese sehr zeitnahe Überwachung des Reinigungsvorgangs kann verhindert werden, dass die zu reinigende Komponente zu lange dem Reinigungsplasma ausgesetzt wird und dadurch ggf. irreversibel beschädigt wird, was insbesondere bei optischen Komponenten, die auf Viellagensystemen basieren, leicht passieren kann.

Es sei darauf hingewiesen, dass man auch die Konzentration mehr als nur einer kontaminierenden Substanz gleichzeitig überwachen kann. Je nach Bedarf kann man kontinuierlich Messungen durchführen oder in größeren Zeitabständen stichprobenartig Messungen durchführen. Die erste Möglichkeit bietet sich insbesondere bei der Überwachung eines Reinigungsvorgangs an, die zweite Möglichkeit bei der Überwachung der Restgasatmosphäre während des laufenden Betriebs einer EUV-Lithographievorrichtung.

Im Übrigen lassen sich die hier beschriebenen Verfahren auch unter der Verwendung von Transmissionsspektroskopie durchführen.

Es sei ferner darauf hingewiesen, dass sich sowohl die Überwachung des Reinigungsvorgangs als auch die Überwachung der Restgasatmosphäre sich durch Anschließen der Plasma- und Messeinheiten an eine Kontroll- und Steuereinrichtung, die ggf. auch die Auswertung der spektroskopischen Messung übernimmt, automatisieren lässt. Vorteilhaft für insbesondere den Dauerbetrieb der EUV-Lithographievorrichtung ist außerdem, die Kontroll- und Steuereinheit so auszulegen, dass beispielsweise der Reinigungsvorgang automatisch begonnen und beendet wird bzw. der Betrieb der EUV-Lithographievorrichtung automatisch unterbrochen wird.

In Figur 19 ist schematisch eine EUV-Lithographievorrichtung 110 dargestellt. Wesentliche Komponenten sind das Strahlformungssystem 111, das Beleuchtungssystem 114, die Photomaske 117 und das Projektionssystem 120. Die EUV-Lithographievorrichtung 110 wird unter Vakuumbedingungen betrieben, damit die EUV-Strahlung in ihrem Inneren möglichst wenig absorbiert wird.

Als Strahlungsquelle 112 kann beispielsweise eine Plasmaquelle oder auch ein Synchrotron dienen. Die austretende Strahlung im Wellenlängenbereich von etwa 5 nm bis 20 nm wird zunächst im Kollimator 113b gebündelt. Außerdem wird mit Hilfe eines Monochromators 113a durch Variation des Einfallswinkels die gewünschte Betriebswellenlänge herausgefiltert. Im genannten Wellenlängenbereich sind der Kollimator 113b und der Monochromator 113a üblicherweise als reflektive optische Elemente ausgebildet. Kollimatoren sind häufig schalenförmig ausgebildete reflektive optische Elemente, um einen fokussierenden bzw. kollimierenden Effekt zu erreichen. An der konkaven Fläche findet die Reflexion der Strahlung statt, wobei zur Reflexion häufig kein Multilayersystem auf der konkaven Fläche verwendet wird, da ein möglichst breiter Wellenlängenbereich reflektiert werden soll. Das Herausfiltern eines schmalen Wellenlängenbandes durch Reflexion geschieht am Monochromator, oft mit Hilfe einer Gitterstruktur oder eines Multilayersystems.

Der im Strahlformungssystem 111 in Hinblick auf Wellenlänge und räumliche Verteilung aufbereitete Betriebsstrahl wird dann in das Beleuchtungssystem 114 eingeführt. Im in Figur 19 dargestellten Beispiel weist das Beleuchtungssystem 114 zwei Spiegel 115, 116 auf. Die Spiegel 115, 116 leiten den Strahl auf die Photomaske 117, die die Struktur aufweist, die auf den Wafer 121 abgebildet werden soll. Bei der Photomaske 117 handelt es sich ebenfalls um ein reflektives optisches Element für den EUV- und weichen Wellenlängenbereich, das je nach Herstellungsprozess ausgewechselt wird. Mit Hilfe des Projektionssystems 120 wird der von der Photomaske 117 reflektierte Strahl auf den Wafer 121 projiziert und dadurch die Struktur der Photomaske auf ihn abgebildet. Das Projektionssystem 120 weist im dargestellten Beispiel zwei Spiegel 118, 119 auf. Es sei darauf hingewiesen, dass sowohl das Projektionssystem 120 als auch das Beleuchtungssystem 114 jeweils nur einen oder auch drei, vier, fünf und mehr Spiegel aufweisen können.

Das Vakuumsystem der EUV-Lithographievorrichtung 110 ist im in Figur 19 dargestellten Beispiel in verschiedene Vakuumuntersysteme unterteilt, die jeweils über eine eigene Vakuumkammer und eine Vor- und eine Hauptpumpe verfügen. Dargestellt in Figur 19 als voneinander zumindest so weit unabhängig ausgestaltet Vakuumsysteme, dass das

Vakuum an die in unterschiedlichen Komponenten ggf. unterschiedlichen Bedingungen angepasst werden kann, sind das Vakuumsystem des Strahlformungssystems 111 mit Vakuumkammer 134, Vorpumpe 135 und Hauptpumpe 136, des Beleuchtungssystems 114 mit Vakuumkammer 138, Vorpumpe 139 und Hauptpumpe 140 sowie des Projektionssystems 120 mit Vakuumkammer 142, Vorpumpe 143 und Hauptpumpe 144. Um ein hohes Vakuum zu gewährleisten, wird im vorliegenden Beispiel nicht nur mit einer Pumpe pro Vakuumsystem gearbeitet, sondern mit jeweils einer Vorpumpe 135, 129, 143, die zunächst ein Vakuum geringerer Güte bereitstellen, das aber hinreichend ist, um die jeweilige Hauptpumpe 136, 140, 144 zuzuschalten, die ihrerseits das für den Betrieb der EUV-Lithographievorrichtung notwendige Vakuum zur Verfügung stellt. Je nach Anforderungen kann ein Vakuumsystem auch eine Kombination von drei, vier, fünf oder mehr Pumpen aufweisen. Die Pumpen können unmittelbar an den Vakuumkammern angeschlossen sein, im in Figur 19 dargestellten Beispiel sind die Pumpen über Zuleitungen 137, 141, 145 an die jeweiligen Vakuumkammern angeschlossen. Die Unterteilung in Hinblick auf das Vakuum kann ein schnelleres Abpumpen der EUV-Lithographievorrichtung zu Beginn der Betriebsaufnahme erlauben.

Im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die Gasentladung in Form einer Funkenentladung ausgelöst. Ein Funke lässt sich mit einfachen technischen Mitteln und auf lokal stark begrenztem Raum gut zünden und führt zu einer kurzfristigen Gasentladung. Zwischen beispielsweise zwei Elektroden wird ein starkes elektrisches Feld bzw. eine hohe Spannung angelegt, die zu einer Anregung der Elektronen der in der Gasphase zwischen den Elektroden vorhandenen Materie führt, die ihrerseits zur Emission von Photonen bei der Abregung der Elektronen führt. Die emittierten Photonen werden als Funke wahrgenommen und werden detektiert, bevorzugt spektroskopisch gemessen, um Informationen über das Vorhandensein kontaminierender Materialien zu erhalten.

An unterschiedlichen Stellen innerhalb der EUV-Lithographievorrichtung 110 sind symbolisch dargestellte Module 122-133 angeordnet, die Mittel zum Zünden eines Funkens und Mittel zur spektroskopischen Messung der vom Funken emittierten Strahlung aufweisen. Es sei darauf hingewiesen, dass ebenso die Mittel zum Zünden eines Funkens und die Mittel zur spektroskopischen Messung der vom Funken emittierten Strahlung als solche innerhalb der EUV-Lithographievorrichtung 110 angeordnet sein können. Dabei können insbesondere die Mittel zum Zünden eines Funkens beispielsweise über elektrische Durchführungen in den Zuleitungen oder Vakuumkammerwänden ins zu überwachende Vakuum eingebracht werden.

Das Modul 128 ist so angeordnet, dass allgemein die Kontamination innerhalb des Beleuchtungssystems 114 gemessen werden kann. Die Module 124, 125, 129, 130 und 133 sind in der Nähe von Vakuumschleusen zu schlechteren Vakuumbedingungen hin
5 angeordnet, um während des Betriebs der EUV-Lithographievorrichtung eventuelle Schwachstellen der Schleusen und deswegen erhöhte Kontamination zu detektieren. Besonders bedeutsam ist dabei das Modul 133, da der Wafer 121 für den Belichtungsprozess mit Photolack beschichtet sein kann, der ausgasen kann und bei Eindringen in die Vakuumkammer 142 des Projektionssystems 120 zu stark schädigender
10 Kontamination der Spiegel 118, 119 führen kann.

Außerdem sind Module 122, 123, 126, 127, 131, 132 in den Zuleitungen 137, 141, 145 von den Pumpen 135, 136, 139, 140, 143, 144 zu den Vakuumkammern 134, 138, 142 angeordnet. Pumpen können nämlich auch eine schwerwiegenden Quelle für Kontamination
15 sein. Zwar gasen Pumpen bei korrektem Betrieb nicht aus oder sind auf der Vakuumseite schmiermittelfrei. Allerdings sind ihre Getriebe oft mit Fluorkohlenwasserstoffen wie z.B. fluorierten Polyethern oder bei den als Vorpumpen eingesetzten Pumpen auch mit Öl oder Fett geschmiert. Zwar haben die Schmiermittel einen niedrigen Dampfdruck, aber in Vakuum, das für den EUV-Lithographiebetrieb hinreichend ist, kann dennoch zuviel davon
20 ausgasen. Der Aufwand, um die von solchen Schmiermitteln verursachte Kontamination zu entfernen, ist sehr hoch: Man müsste die EUV-Lithographievorrichtung 110 mehrere Tage lang bei Temperaturen deutlich über 100°C ausheizen, was zu irreparablen Schäden an den Spiegeln 115, 116, 118, 119 führen kann. Es ist daher von großer Bedeutung für einen reibungslosen Betrieb bei guten Bedingungen, dass Lecks und Schäden an den Pumpen
25 möglichst schnell festgestellt werden und darauf angemessen reagiert werden kann, indem man beispielsweise die Leistung der übrigen Pumpen erhöht, andere Substanzen zuleitet, die mit den Schmiermittelausgasungen zu unschädlichen, flüchtigen Substanzen reagieren, oder sogar den Betrieb ganz unterbricht. Von Vorteil ist in diesem Zusammenhang, dass sich insbesondere in den Zuleitungen zu den Vorpumpen 135, 139, 143, in denen das
30 Vakuum unter Umständen nicht ganz so hoch ist, wie in der jeweiligen Vakuumkammer 134, 138, 142, besonders leicht ein Funken zu zünden ist. Auch ein plötzliches starkes Ausgasen aufgrund eines Pumpenschadens lässt sich als erhöhte Kontamination in der Gasphase nachweisen, da Funken auch bei atmosphärischem Druck gezündet werden können. Im Gegensatz zur hier vorgestellten Funkenemissionsmessung können herkömmliche
35 Restgasanalysatoren für solche Fälle nicht eingesetzt werden, da sie in der Regel nur bei

Drücken von 10^{-5} mbar und niedriger eingesetzt werden können und dann auch eine geringe Nachweisempfindlichkeit haben.

Zwei bevorzugte Ausführungsformen eines Moduls 146 mit Mitteln 149, 153 zum Zünden
5 eines Funkens 150 und Mitteln 151, 152 zur spektroskopischen Messung der vom Funken
emittierten Strahlung 150 für den Einbau in eine EUV-Lithographievorrichtung sind in den
Figuren 20a,b schematisch dargestellt. Die in den Figuren 20a,b dargestellten Beispiele sind
für den Einbau in Pumpenzuleitungen optimiert, indem das Modul 146 als Rohrabschnitt
10 ausgebildet ist, der an beiden Enden einen Flansch 147 zum Anschluss an die Zuleitung
148 aufweist. Es können auch unmittelbar die Pumpe und/oder die Vakuumkammer an den
beiden Flanschen angeschlossen werden. Ebenso ist möglich, das Modul beispielsweise als
an nur einer Seite geöffnet und mit Flansch versehen auszubilden, um es etwa an eine
Vakuumkammerwand oder Zuleitung anzuschließen.

15 Unabhängig von der äußeren Gestalt des Moduls können die Mittel zum Zünden eines
Funkens 150 beispielsweise als Elektrodenpaar 149 ausgebildet sein, wie in Figur 20a
dargestellt. In einer Abwandlung kann auch die Modulwand oder eine Wand der
Vakuumkammer, der Zuleitung oder der Pumpe als Gegenelektrode dienen, so dass nur
eine der beiden Elektroden 149 ausreicht. Bei entsprechend geringem Abstand zur
20 Gegenelektrode kann/können die Elektroden sehr klein und Platz sparend ausgelegt sein,
so dass durch den Funken 150 keine Beeinträchtigung des Betriebs der EUV-
Lithographievorrichtung zu erwarten ist.

Besonders bevorzugt ist die Verwendung einer Zündkerze 153 zum Zünden eines Funkens
25 150 wie in Figur 20b dargestellt. Zündkerzen sind kostengünstig und leicht erhältlich. Da sie
in der Regel aus Keramik sind und daher auch bei Bestrahlung mit EUV- oder weicher
Röntgenstrahlung nicht ausgasen und zur Kontamination in der Gasphase beitragen, sind
sie gut für den Einsatz im Vakuum in EUV-Lithographievorrichtungen geeignet.

30 Für die Durchführung der spektroskopischen Messung der vom Funken emittierten
Strahlung wird bevorzugt eine Kombination aus in das Vakuum hineinragender optischen
Faser 151 und außerhalb des EUV-Vakuums angeordnetem Spektroskop 152 eingesetzt.
Auch optische Fasern, insbesondere Glasfasern, haben den Vorteil, dass sie im Vakuum
selbst bei Bestrahlung mit EUV- oder weicher Röntgenstrahlung nicht ausgasen und
35 außerdem einen minimalen Platzbedarf haben, so dass der Betrieb der EUV-
Lithographievorrichtung nicht beeinträchtigt wird. Alle übrigen Komponenten, die für die

Messung notwendig wären, aber einen gewissen Platzbedarf habe und ggf. nicht vakuumtauglich sind, sind im vorliegenden Beispiel in dem ausgelagerten Spektrometer 152 zusammengefasst.

- 5 Ein Beispiel für eine geeignete Ausführung des Spektrometers 152 ist schematisch in Figur 21 dargestellt. Zum Einkoppeln der emittierten Photonen in die optische Faser 151 ist an ihrem einen Ende eine Einkoppeleinheit 154 vorgesehen. Zum Auskoppeln der Photonen aus der optischen Faser 151 ist an ihrem anderen Ende eine entsprechende Auskoppeleinheit 155 vorgesehen. Von dort kommen die Photonen in einen
- 10 energiedispersiven Analysator, beispielsweise einem Gittermonochromator 156, um ein energieaufgelöstes Spektrum der emittierten Photonen aufzunehmen. Dazu werden die Photonen je nach ihrer Energie bzw. Wellenlänge am Gittermonochromator 156 um einen unterschiedlichen Winkel gebeugt, so dass sie an unterschiedlichen Stellen auf einem zweidimensionalen Detektor auftreffen, hier einem CCD-Detektor 157. Beim Auftreffen auf
- 15 dem Detektor 157 werden die Photonen in elektrischen Strom umgewandelt, der proportional zur Anzahl der Photonen in dem jeweiligen Energiebereich ist und für jeden Energiebereich separat ausgelesen wird. Im vorliegenden Beispiel wird dazu ein Transientenrekorder 159 verwendet. Unter einem Transientenrekorder wird ein schneller Datenspeicher verstanden, der in kurzer Zeit eine große Menge an Daten aufnehmen und
- 20 speichern kann, so dass er beispielsweise viele Emissionsspektren pro Sekunde über einen charakteristischen Energiebereich abfahren und digitalisieren kann. Im vorliegenden Beispiel ist der Transientenrekorder 159 so schnell getaktet, dass er während der Lebensdauer eines Funkens mehr als einmal über das Auslese kabel 158 den CCD-Detektor 157 komplett auslesen kann. Dadurch lässt sich zusätzliche Information über die aktuelle
- 25 Kontamination erhalten, wie noch erläutert werden wird. Es sei darauf hingewiesen, dass auch Geräte zum Auslesen des Detektors eingesetzt werden können, die nur einmal pro Funken den Detektor auslesen, da dadurch die wesentlichen Informationen über die Kontamination gewonnen werden können. Dazu eignen sich z.B. herkömmliche Oszilloskope. Im einfachsten Fall lässt sich auch auf die Energieauflösung verzichten, indem
- 30 die Photonen unmittelbar bzw. mit Hilfe einer optischen Faser von einem Photodetektor gemessen werden. Schwankungen in der Menge der kontaminierenden Substanzen in der Gasphase äußern sich dann in einer Schwankung des erzeugten Photostroms.

- In den Figuren 22a,b sind schematisch zwei Spektren bei energieaufgelöster Messung der
- 35 vom Funken emittierten Photonen dargestellt. Dazu sind in beliebigen Einheiten der gemessene Strom J , der äquivalent zur Photonenintensität bzw. -anzahl und damit zur

Menge bestimmter kontaminierender Substanzen ist, über der Energie E aufgetragen. Dabei wurden die Spektren zu unterschiedlichen Zeitpunkten t_1 und t_2 während der Lebensdauer eines Funkens aufgenommen. Da die Energie E der emittierten Photonen von den jeweiligen quantenmechanischen Energieniveaus innerhalb der bei der Funkenentladung angeregten Atome und Moleküle abhängen, sind die Energien bzw. die Energiekombinationen der emittierten Photonen charakteristisch für die jeweiligen Atome oder Moleküle. Im in Figur 22a gezeigten Spektrum zu Beginn der Funkenlebensdauer lassen sich bei drei verschiedenen Energien E1, E2, E3 Photonen in unterschiedlicher Anzahl nachweisen, die der einfacheren Darstellung halber hier drei verschiedenen Substanzen in unterschiedlichen Konzentrationen entsprechen. Da das Spektrum zu Beginn der Funkenlebensdauer aufgenommen wurde, kann man davon ausgehen, dass es sich im Wesentlichen um Kontamination aus der Gasphase handelt. Das in Figur 4b gezeigte Spektrum wurde hingegen zum Ende der Funkenlebensdauer aufgenommen. Im Vergleich zu Zeitpunkt t_1 liegen mehr Photonen der Energie E2 und zusätzlich Photonen der Energie E4 vor. Man kann dies so interpretieren, dass hier nicht nur die Kontamination in der Gasphase abgebildet wird, sondern auch die Oberflächenkontamination auf den Elektroden, die durch die Funkenentladung zumindest zum Teil in die Gasphase übergeht. Die Photonen der Energie E4 sind ein Hinweis auf eine ohne Funkeneinwirkung nicht flüchtige Kontamination, die sich bereits auf Oberflächen innerhalb des Vakuumsystems abgelagert hat. Die Photonen der Energie E2 sind ein Hinweis auf eine Substanz, die sowohl in der Gasphase als auch nichtflüchtig auf der Oberfläche vorliegt. Die Photonenintensität bei E3 bleibt unverändert, was auf eine Substanz nur in der Gasphase hinweist. Die Photonenintensität bei E1 sinkt über die Funkenlebensdauer, was passieren kann, wenn eine Substanz durch den Funken nicht nur angeregt, sondern auch zersetzt wird. Bei bestimmten Substanzen sind zeitliche Veränderungen in der Photonenintensität über die Funkenlebensdauer auch durch Fluoreszenzeffekte verursacht, bei denen die Photonen erst mit Verzögerung spontan emittiert werden. Durch sorgfältige Auswertung der Spektren zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der Funkenlebensdauer lassen sich also recht präzise über die aktuell im Vakuumsystem vorhandene kontaminierenden Substanzen und ihren Zustand machen.

Falls es nicht auf den Zustand der kontaminierenden Substanzen in der Gasphase oder auf der Oberfläche ankommt, ist eine spektroskopische Messung pro Funke ausreichend. Durch Vergleich mit den zuvor gemessenen Spektren lassen sich Veränderungen in der Konzentration und ggf. Zusammensetzung bei mehreren Substanzen der Kontamination detektieren. Zur Überwachung der Kontamination während des Betriebs einer EUV-

Lithographievorrichtung kann es ausreichen, nur die Schwankung der Gesamtkonzentration der kontaminierenden Substanzen zu beobachten, z.B. wenn zusätzlich auch andere Überwachungsverfahren eingesetzt werden, oder wenn nur auf Pumpenschäden oder Lecks überwacht werden soll, die sich in einer plötzlichen und merkbaren

- 5 Gesamtkonzentrationserhöhung äußern würden. In solchen Fällen kann auch auf die Energieauflösung bei der Photonenmessung verzichtet werden und beispielsweise ein einfacher Photonendetektor oder eine Kamera sind zur Detektion des Auftretens von emittierter Strahlung ausreichend.
- 10 In Figur 23 ist in einem Flussdiagramm ein Beispiel für die Durchführung des hier vorgeschlagenen Verfahrens zur Kontaminationsmessung dargestellt. In einem ersten Schritt 301 wird zunächst eine Grenzkonzentration einer kontaminierenden Substanz, die besonderes überwacht werden soll, festgelegt. Welche kontaminierende Substanzen sinnvollerweise überwacht werden sollten und wo die jeweiligen Grenzkonzentrationen
- 15 liegen hängt von der konkreten EUV-Lithographievorrichtung und ihren Komponenten sowie von den Betriebsbedingungen ab. In einem weiteren Schritt 303 wird versucht, zwischen den innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung angeordneten Elektroden einen Funken zu zünden. Dies ist allerdings nur möglich, wenn der Druck innerhalb der EUV-Lithographievorrichtung einen gewissen Mindestwert übersteigt, also mehr Materie in der
- 20 Gasphase vorhanden ist. Durch Einstellen des Elektrodenabstandes und der Zündspannung lässt sich erreichen, dass ein Funke ab einer bestimmten Vakuumsverschlechterung überspringt. Vorzugsweise wird diese so gewählt, dass noch keine Kontamination der optischen Elemente, insbesondere der Spiegel in wesentlichem Ausmaße zu erwarten ist. So lange noch kein Funke überspringt, wird der Zündvorgang von Zeit zu Zeit wiederholt
- 25 (Schritt 305). Sobald ein Funke überspringt, wird die spektroskopische Messung der vom Funken emittierten Strahlung durchgeführt (Schritt 307). Bei Bedarf lässt sich das Signal, dass ein Funke übergesprungen ist, nutzen, um beispielsweise diese Information an eine zentrale Steuerung zu melden und ggf. die Pumpenleistung zu erhöhen oder andere Maßnahmen zu ergreifen. Aus der spektroskopischen Messung lässt sich die aktuelle
- 30 Konzentration der jeweiligen Substanz ermitteln (Schritt 309) und mit dem Grenzwert vergleichen (Schritt 311). Sollte der Grenzwert überschritten werden, ist der Betrieb der EUV-Lithographie zu beenden, bevor beispielsweise die Spiegel oder andere Komponenten geschädigt werden, oder eine sonstige geeignete Maßnahme zu ergreifen. Andernfalls lassen sich die vorgenannten Schritte wiederholen (Schritt 313), um die Kontamination in
- 35 der Gasphase kontinuierlich während des Betriebs der EUV-Lithographievorrichtung weiter zu überwachen. In aufwändigeren Ausführungen lässt sich ebenfalls die Größe des Funkens

überwachen, um daraus zusätzliche Rückschlüsse auf eine Verschlechterung oder Verbesserung des Vakuums zu ziehen.

Es sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen dieses Ausführungsbeispiels zwar eine
5 Gasentladung in Form einer Funkenentladung beschrieben wird, sich aber auch alle
anderen Arten von Gasentladung einsetzen lassen, wie etwa u.a. Glimmentladung oder
Lichtbogenentladung. Auch zur Detektion der emittierten Strahlung können außer den hier
dargestellten Mitteln auch andere bekannte Mittel eingesetzt werden. Wie die Wahl, wie eine
Gasentladung ausgelöst werden soll, liegt die Art und Weise der Strahlungsdetektion im
10 Belieben des Fachmanns, der entsprechend den Randbedingungen der Messumgebung
und der Art der gewünschten Messergebnisse die geeigneten Maßnahmen ergreifen wird.

Ferner sei darauf hingewiesen, dass für die Messung der Restgasatmosphäre auf ein Modul
mit Mitteln zum Auslösen einer Gasentladung zurückgegriffen werden kann, wie auch zur
15 Messung der Kontamination auf ein Modul mit Mitteln zum Zünden eines Plasmas
zurückgegriffen werden kann. Bei beiden Messungen wird eine spektroskopische Analyse
durchgeführt, die entsprechend der jeweiligen Fragestellung ausgewertet werden kann.
Insbesondere können auch Module vorgesehen werden, die sowohl Mittel zum Auslösen
einer Gasentladung als auch Mittel zum Zünden eines Plasmas aufweisen, wobei je nach
20 gewünschter Messung eine Gasentladung ausgelöst oder ein Plasma gezündet wird und
spektroskopisch analysiert und ausgewertet wird.

Bezugszeichen

	10	EUV-Lithographievorrichtung
	11	Strahlformungssystem
5	12	EUV-Strahlungsquelle
	13a	Monochromator
	13b	Kollimator
	14	Beleuchtungssystem
	15	erster Spiegel
10	16	zweiter Spiegel
	17	Maske
	18	dritter Spiegel
	19	vierter Spiegel
	20	Projektionssystem
15	21	Wafer
	22-28	Plasma- und Messeinheit
	29, 29a-f	Elektrode
	30	Spiegel
	31	optische Faser
20	32	Optikelement
	33	Netz
	34, 34', 34a,b	Gaszufuhr
	35	Strom- und Spannungsversorgung
	36	Plasma
25	37a,b	Abschirmung
	38	Wand
	39	Kabel
	40	Durchführung
	41	Motor
30	42	Magnetkupplung
	43	Kapselung
	44	Fixierung
	45	Draht
	46	Keramikbauteil
35	47	Verschraubung
	48	feste Unterlage

	49	Kontaktplatte
	50	Spiraldrähte
	51	Drehachse
	52	Edelstahlhülle
5	53	Glasummantelung
	54	Elektrodraht
	55	Quarzglasummantelung
	56	optische Faser
	57	Optikelement
10	58	Plasma
	59	Komponente
	60	zu reinigende Fläche
	61	definierte Fläche
	62, 62a-f	Regler
15	63	Öffnung
	64	Spektrometer
	65	Einkoppeleinheit
	66	optische Faser
	67	Auskoppeleinheit
20	68	Gittermonochromator
	69	CCD-Detektor
	70	Oszilloskop
	71	Auslese kabel
	72	Vakuumkammer
25	73	Vakuumkammer
	110	EUV-Lithographievorrichtung
	111	Strahlformungssystem
	112	EUV-Strahlungsquelle
	113a	Monochromator
30	113b	Kollimator
	114	Beleuchtungssystem
	115	erster Spiegel
	116	zweiter Spiegel
	117	Maske
35	118	dritter Spiegel
	119	vierter Spiegel

	120	Projektionssystem
	121	Wafer
	122-133	Modul
	134	Vakuumkammer
5	135	Vorpumpe
	136	Hauptpumpe
	137	Zuleitung
	138	Vakuumkammer
	139	Vorpumpe
10	140	Hauptpumpe
	141	Zuleitung
	142	Vakuumkammer
	143	Vorpumpe
	144	Hauptpumpe
15	145	Zuleitung
	146	Modul
	147	Flansch
	148	Zuleitung
	149	Elektrode
20	150	Funke
	151	optische Faser
	152	Spektrometer
	153	Zündkerze
	154	Einkoppeleinheit
25	155	Auskoppeleinheit
	156	Gittermonochromator
	157	CCD-Detektor
	158	Auslekabel
	159	Transientenrekorder
30		
	101-111	Verfahrensschritte
	201-211	Verfahrensschritte
	301-313	Verfahrensschritte
35	I	Intensität

	$\lambda, \lambda_{\text{q}}$	Wellenlänge
	t, t_0	Zeit
	M1, M2	Markierung
	s	Strecke
5	J	Strom
	E, E1, E2, E3, E4	Energie
	t_1, t_2	Zeitpunkte

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen der Restgasatmosphäre im Inneren einer Vakuumkammer einer EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich, dadurch gekennzeichnet, dass im Inneren der Vakuumkammer ein Plasma gezündet wird und am Plasma eine spektroskopische Messung durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Emissionsspektrum des Plasmas gemessen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma mit im Inneren der Vakuumkammer bereits vorhandenem Gas gezündet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma lokal begrenzt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die spektroskopische Messung kontinuierlich durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass für eine kontaminierende Substanz ein Grenzwert für deren Partialdruck in der Restgasatmosphäre festgelegt wird, oberhalb dessen der Betrieb des Vakuumsystems abgebrochen werden soll, und der spektroskopisch ermittelte Wert mit dem Grenzwert verglichen wird.
7. Modul zur Messung der Restgasatmosphäre in einer Vakuumkammer, insbesondere in einer Vakuumkammer einer EUV-Lithographievorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass es Mittel (29) zum Zünden eines Plasmas sowie Mittel (31, 32, 56, 57, 64-71) zur Messung der Emission oder Transmission des Plasmas aufweist.
8. Modul nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass es eine optische Faser (31, 56, 67) zur Messung der Emission oder Transmission aufweist.
9. EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich mit einer Vakuumkammer und einem Modul nach Anspruch 7 oder 8.

10. Beleuchtungssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, mit einer Vakuumkammer und einem Modul nach Anspruch 7 oder 8.

5 11. Projektionssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, mit einer Vakuumkammer und einem Modul nach Anspruch 7 oder 8.

12. Verfahren zum Reinigen von Komponenten im Inneren einer EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich, dadurch gekennzeichnet, dass benachbart zu einer Komponente mit einer zu reinigenden Fläche ein Plasma gezündet wird, wobei das Plasma mit Hilfe einer Elektrode gezündet wird, deren Form derart an die zu reinigende Fläche der Komponente angepasst ist, dass das gezündete Plasma sich über einen Bereich ausbreitet, dessen Ausdehnung sich mit einer maximalen Abweichung von ca. $\pm 20\%$ auf die zu reinigende Fläche beschränkt.

15 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichte des Plasmas an den Kontaminationsgrad angepasst wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichteverteilung des Plasmas derart eingestellt wird, dass in Oberflächenbereichen der zu reinigenden Komponente mit höherem Kontaminationsgrad eine höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass an der zu reinigenden Fläche eine bestimmte Energieverteilung des Plasmas ausgebildet wird.

25 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieverteilung des Plasmas derart eingestellt wird, dass in Oberflächenbereichen der zu reinigenden Komponente mit höherem Kontaminationsgrad eine höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

30 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma durch Einkoppeln elektromagnetischer Wellen gezündet wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma durch Einkoppeln elektromagnetischer Wellen im Frequenzbereich zwischen 10^3 Hz und 10^{11} Hz gezündet wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma mit einem Inertgas gezündet wird.

5 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma mit Argon, Krypton, Xenon, Stickstoff oder He, oder Wasserstoff oder einer Mischung aus zwei oder mehr solcher Gase gezündet wird.

10 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass am Plasma eine spektroskopische Messung durchgeführt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Emissionsspektrum des Plasmas gemessen wird.

15 23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass die spektroskopische Messung kontinuierlich durchgeführt wird.

20 24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass für eine kontaminierende Substanz ein Grenzwert für deren Partialdruck in der Restgasatmosphäre festgelegt wird, unterhalb dessen die Reinigung beendet werden soll, und der spektroskopisch ermittelte Wert mit dem Grenzwert verglichen wird.

25 25. EUV-Lithographievorrichtung für den extremen ultravioletten und weichen Röntgen-Wellenlängenbereich, dadurch gekennzeichnet, dass sie in ihrem Inneren eine Elektrode (29) zum Zünden des Plasmas (36) aufweist, wobei die Elektrode (29) benachbart zu einer begrenzten Oberfläche (30, 60) angeordnet ist und in ihrer Form an die Kontur der Oberfläche (30, 60) derart angepasst ist, dass ein gezündetes Plasma (58) sich über einen Bereich ausbreitet, dessen Ausdehnung sich mit einer maximalen Abweichung von ca. $\pm 20\%$ auf die begrenzte Oberfläche (30, 60) beschränkt.

30 26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) eine Fläche (61) definiert, die zu 70-150% die begrenzte Oberfläche (60) abdeckt.

35 27. Vorrichtung nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass die begrenzte Oberfläche (60) eine optisch zu nutzende Fläche eines reflektiven optischen Elements (15, 16, 18, 19, 30) ist.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass die Dichte eines gezündeten Plasmas veränderbar ist.

5

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass die Dichteverteilung des Plasmas derart einstellbar ist, dass in Oberflächenbereichen der begrenzten Oberfläche (30, 60) mit höherem Kontaminationsgrad ein höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

10

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass das gezündeten Plasmas eine bestimmte Energieverteilung aufweist.

15

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass die Energieverteilung des Plasmas derart einstellbar ist, dass in Oberflächenbereichen der begrenzten Oberfläche (30, 60) mit höherem Kontaminationsgrad ein höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

20

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (62) angeordnet sind, um elektromagnetischer Wellen mit einstellbarer Leistung einkoppeln zu können.

25

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (62) angeordnet sind, um elektromagnetischer Wellen im Frequenzbereich zwischen 10^3 Hz und 10^{11} Hz mit einstellbarer Leistung einkoppeln zu können.

30

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode aus zwei oder mehr Teilelektroden (29a-f) aufgebaut ist.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (54) mit einem sputterresistenten Material (55) ummantelt ist.

35

36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (54) mit einem Quarzglas (55) ummantelt ist.

37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass an der
5 Elektrode (29) ein metallisches Netz (33) befestigt ist.

38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) in einer Abschirmung (37) angeordnet ist.

10 39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass sie in ihrem Inneren Mittel (22-28, 31, 32, 56, 57, 64-71) zur Durchführung spektroskopischer Messungen aufweist.

40. Vorrichtung nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass sie Mittel (31, 32, 56, 57,
15 65-67) zur Übertragung von Photonen vom Inneren der EUV-Lithographievorrichtung (10) nach außerhalb aufweist.

41. Vorrichtung nach Anspruch 39 oder 40, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Gaszufuhr (34) aufweist, die an der Stelle mündet, an der das Plasma (36) zündbar ist.
20

42. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 39 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass sie zur Bewegung beweglicher Komponenten vakuumdicht gekapselte Motor-Getriebe-Einheiten (41, 42, 43) aufweist.

25 43. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 39 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass sie zur Strom- und/oder Spannungsversorgung von Komponenten in ihrem Inneren Drähte (45) oder glasumhüllte Drähte (45, 53) aufweist.

44. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 39 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass sie in
30 Innerem als Datenkabel edelstahlummantelte Drähte (45, 52) aufweist.

45. Beleuchtungssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass sie in ihrem Inneren eine Elektrode (29) zum Zünden des Plasmas (36) aufweist, wobei die Elektrode (29) benachbart zu einer begrenzten Oberfläche (30, 60)
35 angeordnet ist und in ihrer Form an die Kontur der Oberfläche (30, 60) derart angepasst ist, dass ein gezündetes Plasma (58) sich über einen Bereich ausbreitet, dessen Ausdehnung

sich mit einer maximalen Abweichung von ca. $\pm 20\%$ auf die begrenzte Oberfläche (30, 60) beschränkt.

46. Beleuchtungssystem nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) eine Fläche (61) definiert, die zu 70-150% die begrenzte Oberfläche (60) abdeckt.

47. Beleuchtungssystem nach Anspruch 45 oder 46, dadurch gekennzeichnet, dass die begrenzte Oberfläche (60) eine optisch zu nutzende Fläche eines reflektiven optischen Elements (15, 16, 18, 19, 30) ist.

48. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 45 bis 47, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass die Dichte eines gezündeten Plasmas veränderbar ist.

49. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 45 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass die Dichteverteilung des Plasmas derart einstellbar ist, dass in Oberflächenbereichen der begrenzten Oberfläche (30, 60) mit höherem Kontaminationsgrad ein höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

50. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 45 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass das gezündeten Plasmas eine bestimmte Energieverteilung aufweist.

51. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 45 bis 50, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass die Energieverteilung des Plasmas derart einstellbar ist, dass in Oberflächenbereichen der begrenzten Oberfläche (30, 60) mit höherem Kontaminationsgrad ein höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

52. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 45 bis 51, dadurch gekennzeichnet, dass es in seinem Inneren Mittel (22-28, 31, 32, 56, 57, 64-71) zur Durchführung spektroskopischer Messungen aufweist.

53. Projektionssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass sie in ihrem Inneren eine Elektrode (29) zum Zünden des Plasmas

(36) aufweist, wobei die Elektrode (29) benachbart zu einer begrenzten Oberfläche (30, 60) angeordnet ist und in ihrer Form an die Kontur der Oberfläche (30, 60) derart angepasst ist, dass ein gezündetes Plasma (58) sich über einen Bereich ausbreitet, dessen Ausdehnung sich mit einer maximalen Abweichung von ca. $\pm 20\%$ auf die begrenzte Oberfläche (30, 60) beschränkt.

54. Projektionssystem nach Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) eine Fläche (61) definiert, die zu 70-150% die begrenzte Oberfläche (60) abdeckt.

10 55. Projektionssystem nach Anspruch 53 oder 54, dadurch gekennzeichnet, dass die begrenzte Oberfläche (60) eine optisch zu nutzende Fläche eines reflektiven optischen Elements (15, 16, 18, 19, 30) ist.

15 56. Projektionssystem nach einem der Ansprüche 53 bis 55, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass die Dichte eines gezündeten Plasmas veränderbar ist.

20 57. Projektionssystem nach einem der Ansprüche 53 bis 56, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass die Dichteverteilung des Plasmas derart einstellbar ist, dass in Oberflächenbereichen der begrenzten Oberfläche (30, 60) mit höherem Kontaminationsgrad ein höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

25 58. Projektionssystem nach einem der Ansprüche 53 bis 57, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass das gezündeten Plasmas eine bestimmte Energieverteilung aufweist.

30 59. Projektionssystem nach einem der Ansprüche 53 bis 58, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (29) derart ausgebildet ist, dass die Energieverteilung des Plasmas derart einstellbar ist, dass in Oberflächenbereichen der begrenzten Oberfläche (30, 60) mit höherem Kontaminationsgrad ein höherer Abtrag erfolgt als in Oberflächenbereichen mit geringerem Kontaminationsgrad.

35 60. Projektionssystem nach einem der Ansprüche 53 bis 59, dadurch gekennzeichnet, dass es in seinem Inneren Mittel (22-28, 31, 32, 56, 57, 64-71) zur Durchführung spektroskopischer Messungen aufweist.

61. Verfahren zur Messung der Kontamination innerhalb eines Vakuumsystems einer EUV-Lithographievorrichtung, bei dem innerhalb des Vakuumsystems mittels einer Gasentladung Elektronen von in der Gasphase vorhandener Materie auf ein höheres Energieniveau angeregt werden und die Strahlung detektiert wird, die die angeregten Elektronen beim Übergang von dem höheren Energieniveau auf ein niedrigeres Energieniveau emittieren.

62. Verfahren nach Anspruch 61, dadurch gekennzeichnet, dass die emittierte Strahlung energieaufgelöst gemessen wird.

63. Verfahren nach Anspruch 61 oder 62, dadurch gekennzeichnet, dass die emittierte Strahlung zeitaufgelöst gemessen wird.

64. Verfahren nach einem der Ansprüche 61 bis 63, dadurch gekennzeichnet, dass eine Grenzkonzentration für Kontamination festgelegt wird, das Auslösen einer Gasentladung und die Detektion emittierter Strahlung während des Betriebs der EUV-Lithographievorrichtung durchgeführt wird, aus dem Ergebnis der Detektion die aktuelle Kontaminationskonzentration ermittelt wird und bei Überschreiten der Grenzkonzentration der Betrieb der EUV-Lithographievorrichtung beendet wird.

65. Verfahren nach einem der Ansprüche 61 bis 64, dadurch gekennzeichnet, dass überprüft wird, ob in der Gasphase hinreichend Material vorhanden ist, um eine Gasentladung auszulösen.

66. Verfahren nach einem der Ansprüche 61 bis 65, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasentladung in Form einer Funkenentladung ausgelöst wird.

67. EUV-Lithographievorrichtung mit Vakuumsystem, das Vakuumkammer und Pumpe aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass im Inneren des Vakuumsystems Mittel (149, 153) zum Auslösen einer Gasentladung und Mittel (151, 152) zur Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung angeordnet sind.

68. Vorrichtung nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Auslösen einer Gasentladung als Elektrodenpaar (149) ausgebildet sind.

69. Vorrichtung nach Anspruch 67 oder 68, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Auslösen einer Gasentladung als Zündkerze (153) ausgebildet sind.

5 70. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 67 bis 69 mit einer Zuleitung zwischen Vakuumkammer und Pumpe, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Auslösen einer Gasentladung und die Mittel zur Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung in der Zuleitung (137, 141, 145) angeordnet sind.

10 71. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 67 bis 70, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung eine optische Faser (151), die in das Vakuumsystem hineinragt, und ein damit verbundenes, außerhalb des Vakuumsystems angeordnetes Spektroskop (152) aufweisen.

15 72. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 67 bis 71, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung einen Transientenrekorder (159) aufweisen.

20 73. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 67 bis 72, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Detektion von aufgrund der Gasentladung emittierter Strahlung einen energiedispersiven Analysator (156) und einen zweidimensionalen Detektor (157) aufweisen.

25 74. Modul für den Einbau in ein Vakuumsystem einer EUV-Lithographievorrichtung mit Mitteln (149, 153) zum Auslösen einer Gasentladung und Mitteln (151, 152) zur Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung.

30 75. Modul nach Anspruch 74, dadurch gekennzeichnet, dass es mindestens einen Flansch (147) zum Anschließen an das Vakuumsystem aufweist.

76. Beleuchtungssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, mit Vakuumsystem, das Vakuumkammer und Pumpe aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass
35 sie im Inneren des Vakuumsystems Mittel (149, 153) zum Auslösen einer Gasentladung und

Mittel (151, 152) Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung angeordnet sind.

77. Projektionssystem, insbesondere für eine EUV-Lithographievorrichtung, mit
- 5 Vakuumsystem, das Vakuumkammer und Pumpe aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass sie im Inneren des Vakuumsystems Mittel (149, 153) zum Auslösen einer Gasentladung und Mittel (151, 152) zur Detektion der Kontamination innerhalb des Vakuumsystems mittels der durch die Gasentladung emittierten Strahlung angeordnet sind.

Fig. 1

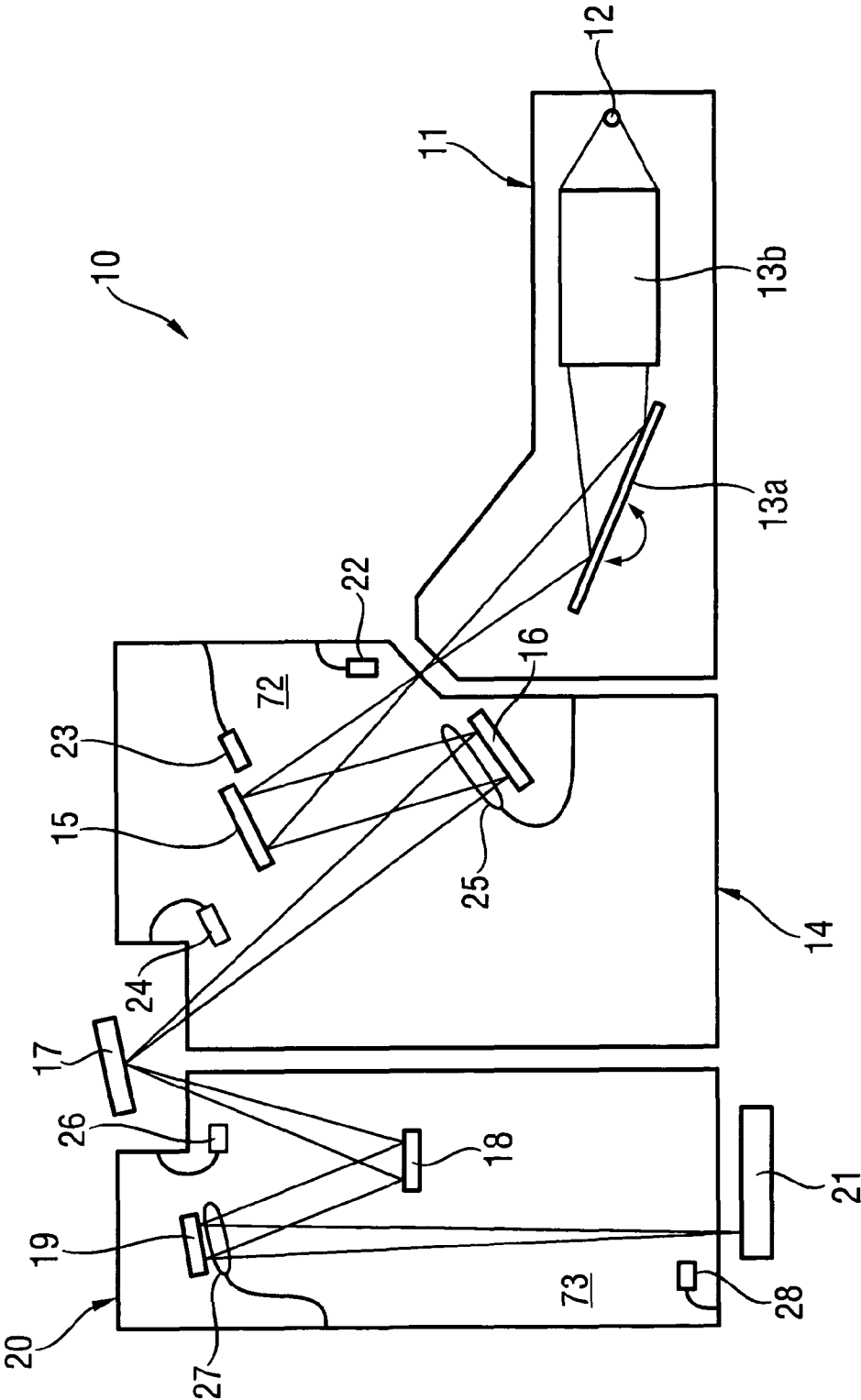


Fig. 2b

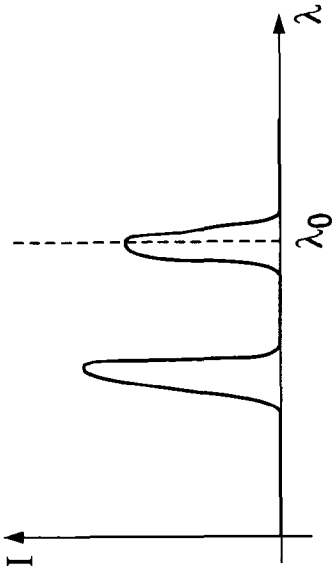


Fig. 2d

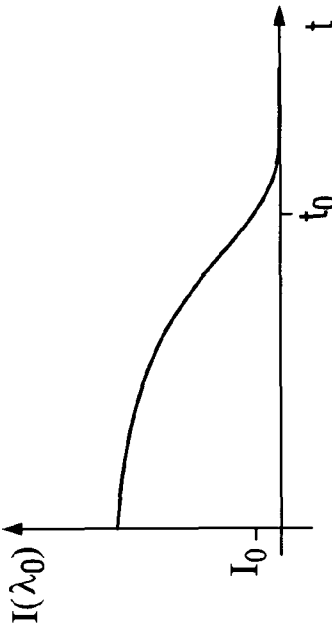


Fig. 2a

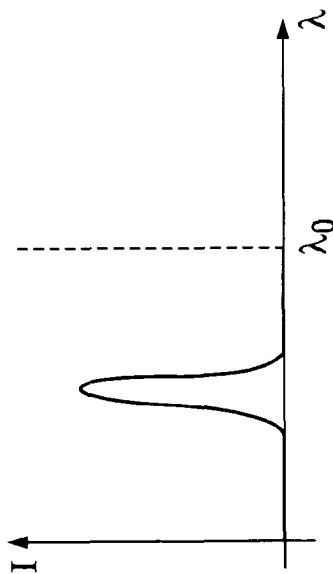


Fig. 2c



Fig. 3a

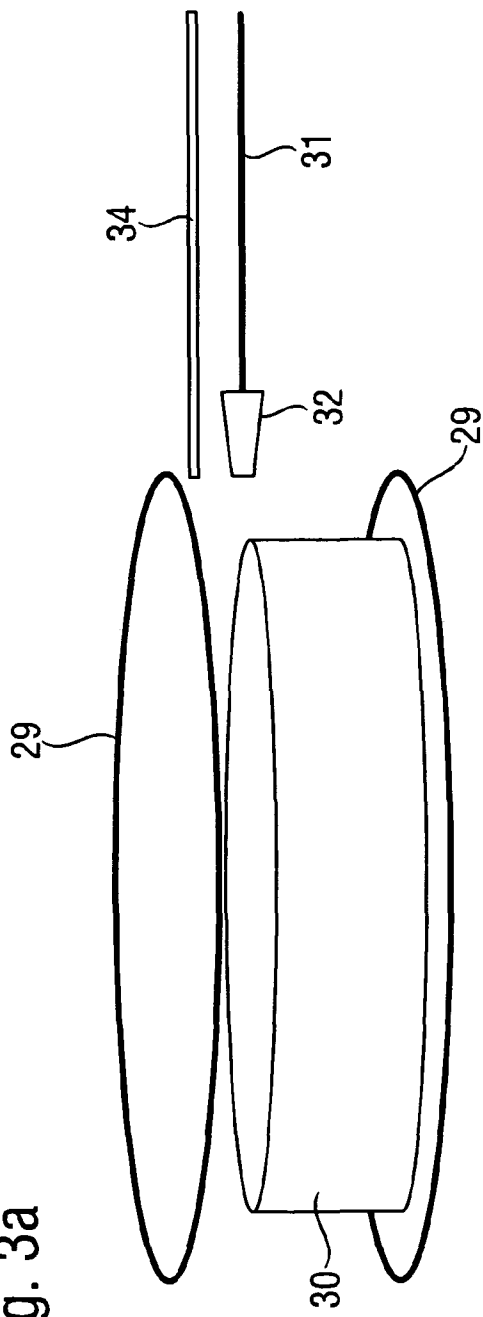
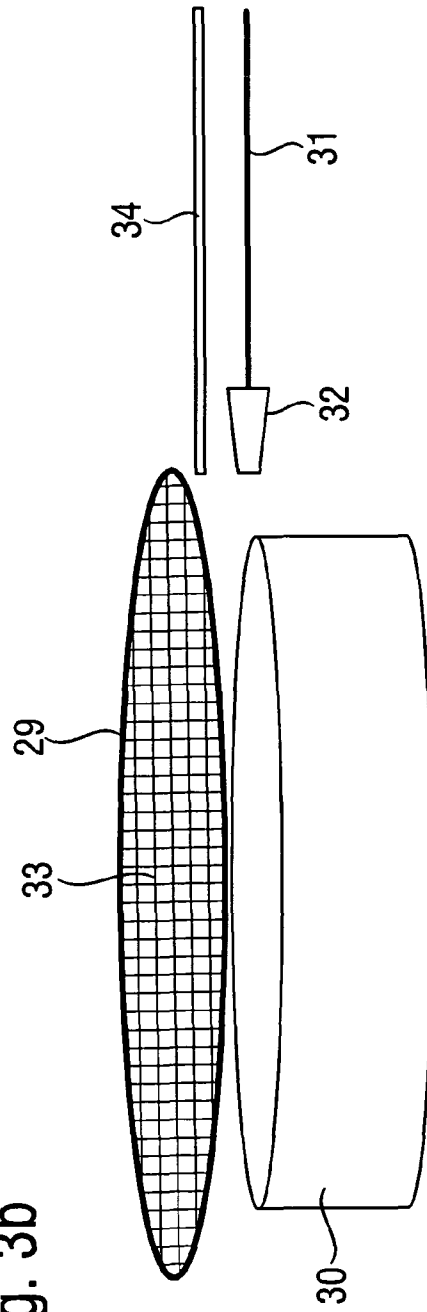


Fig. 3b



4 / 17

Fig. 3c

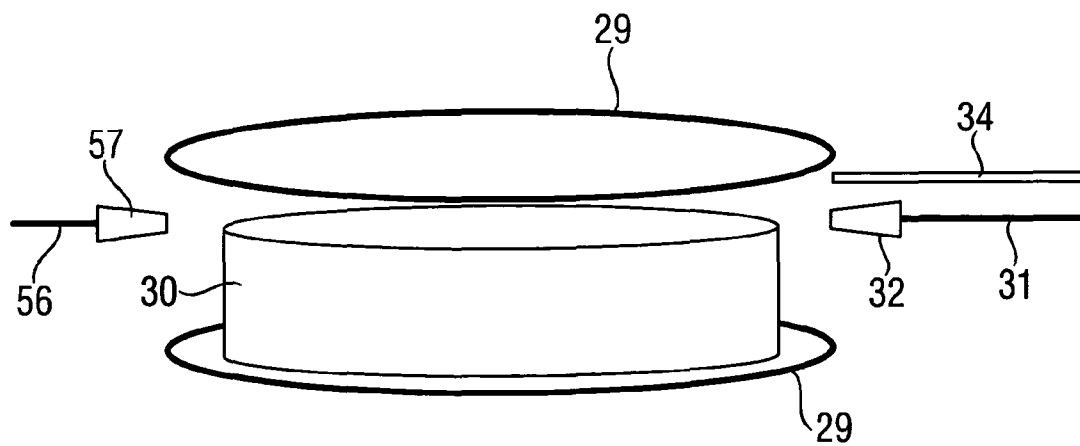
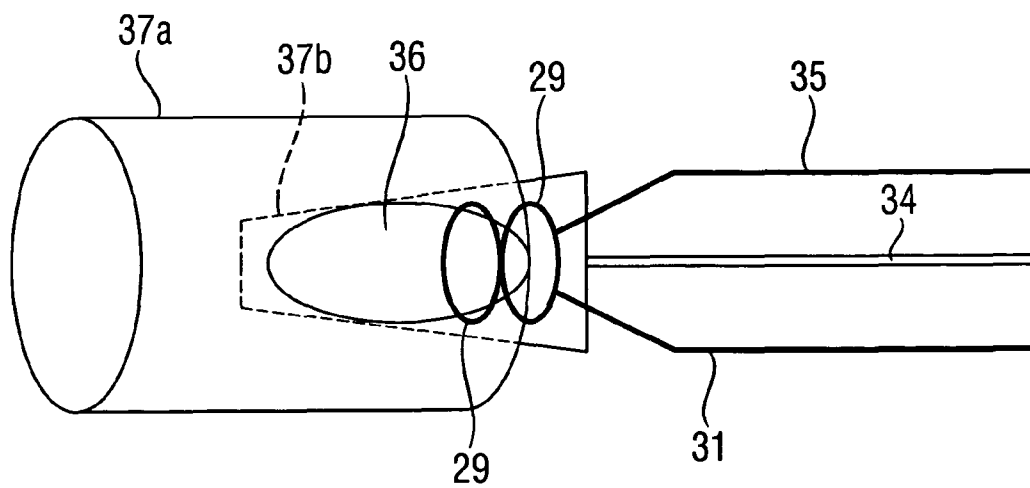


Fig. 4a



5 / 17

Fig. 4b

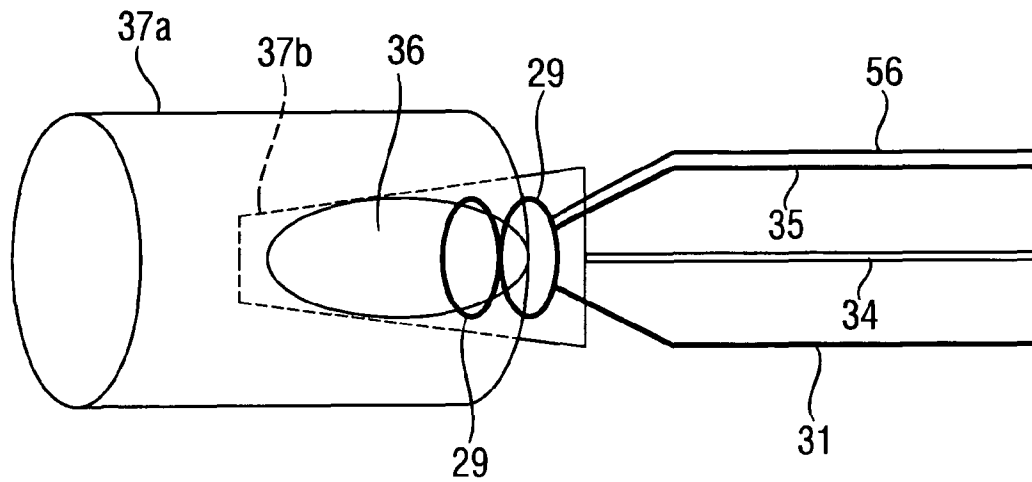
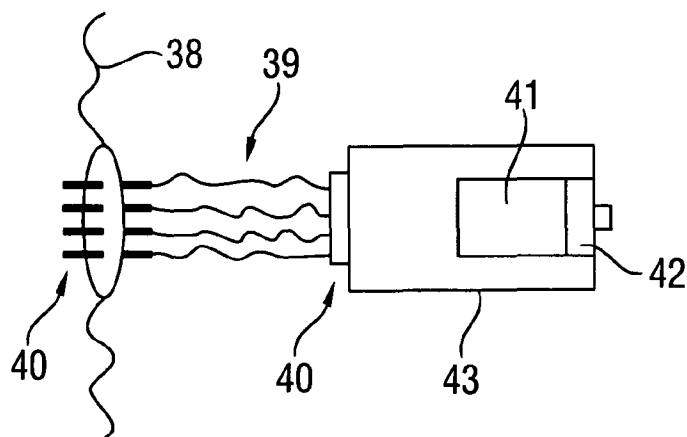


Fig. 5a



6 / 17

Fig. 5b

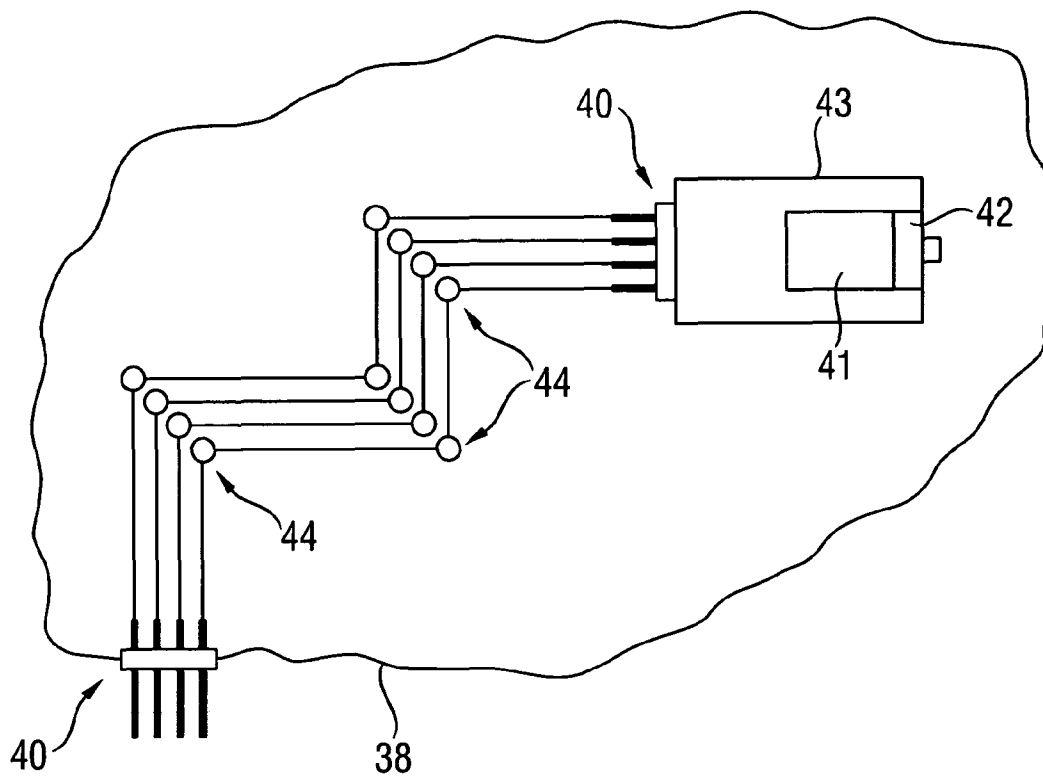


Fig. 6

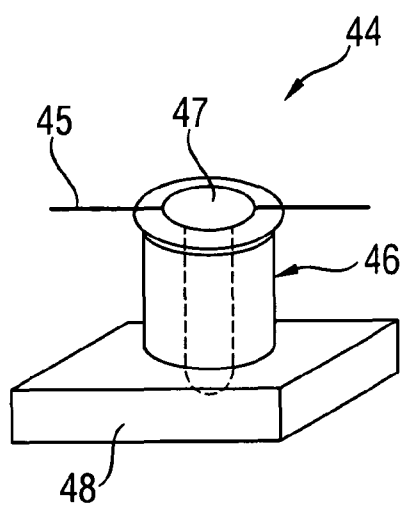
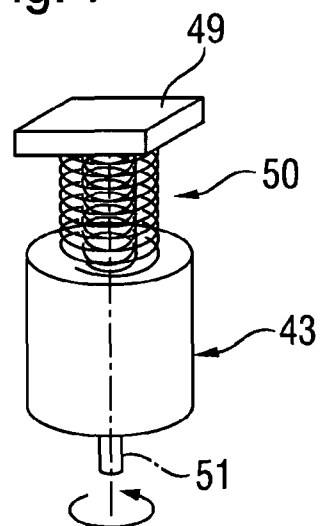


Fig. 7



7 / 17

Fig. 8a

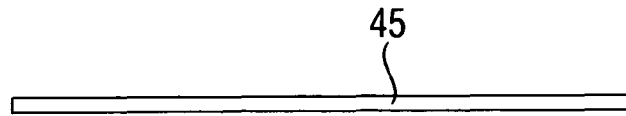


Fig. 8b

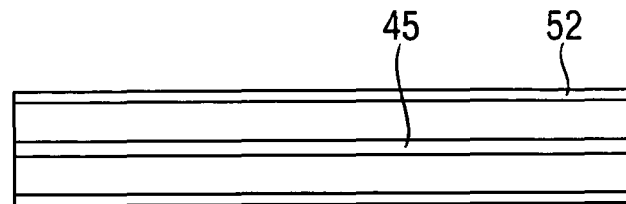


Fig. 8c

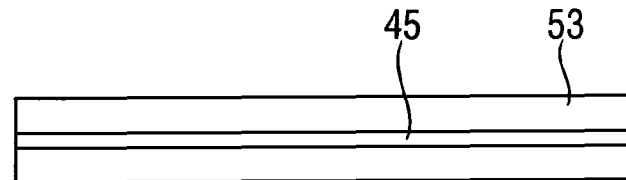
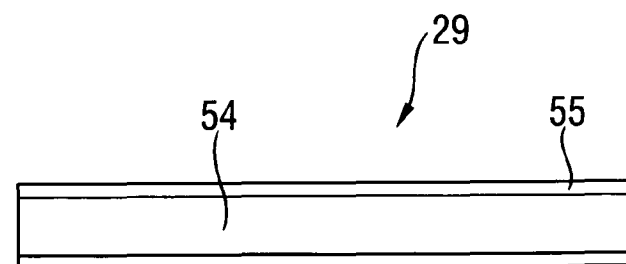
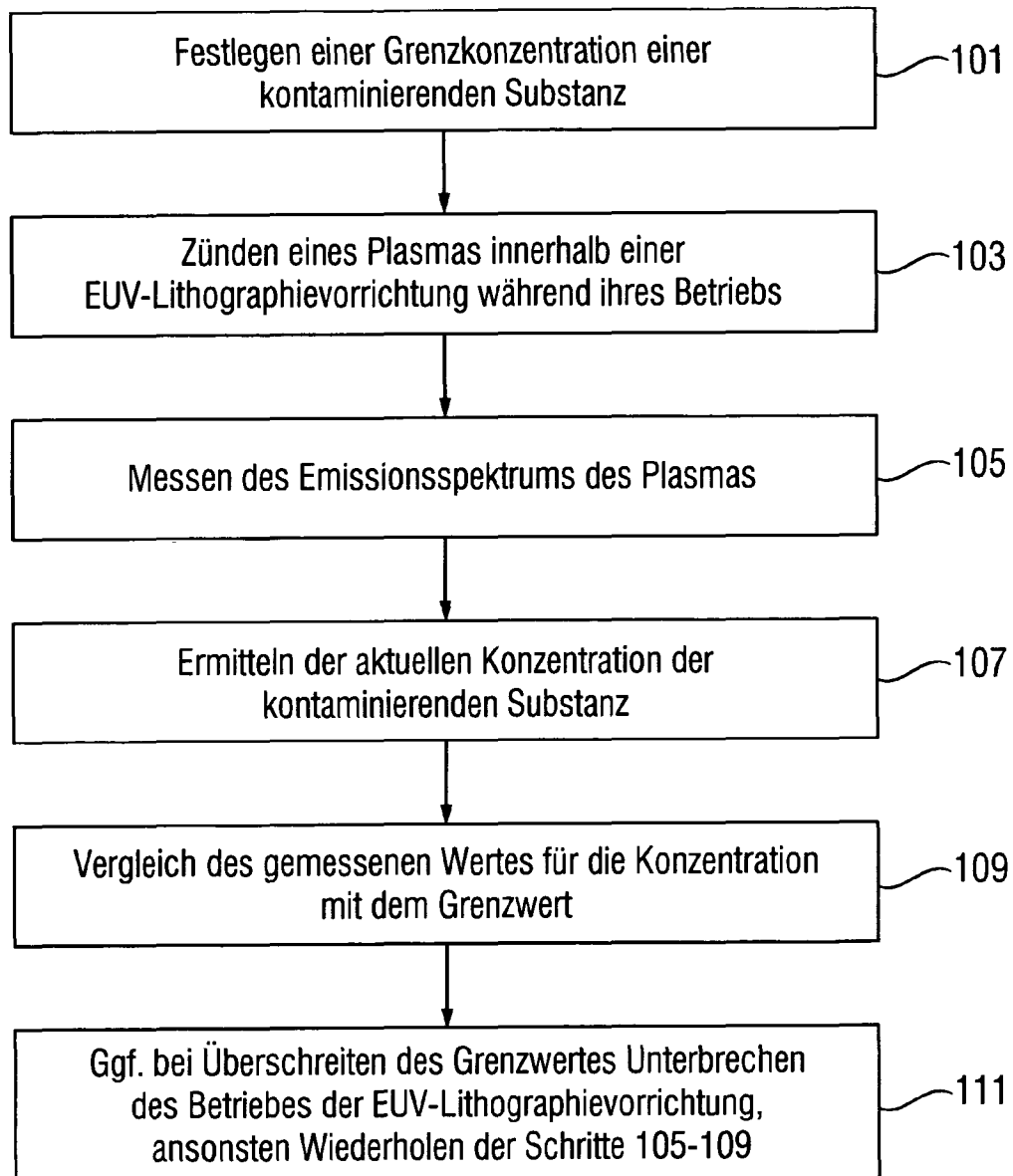


Fig. 9



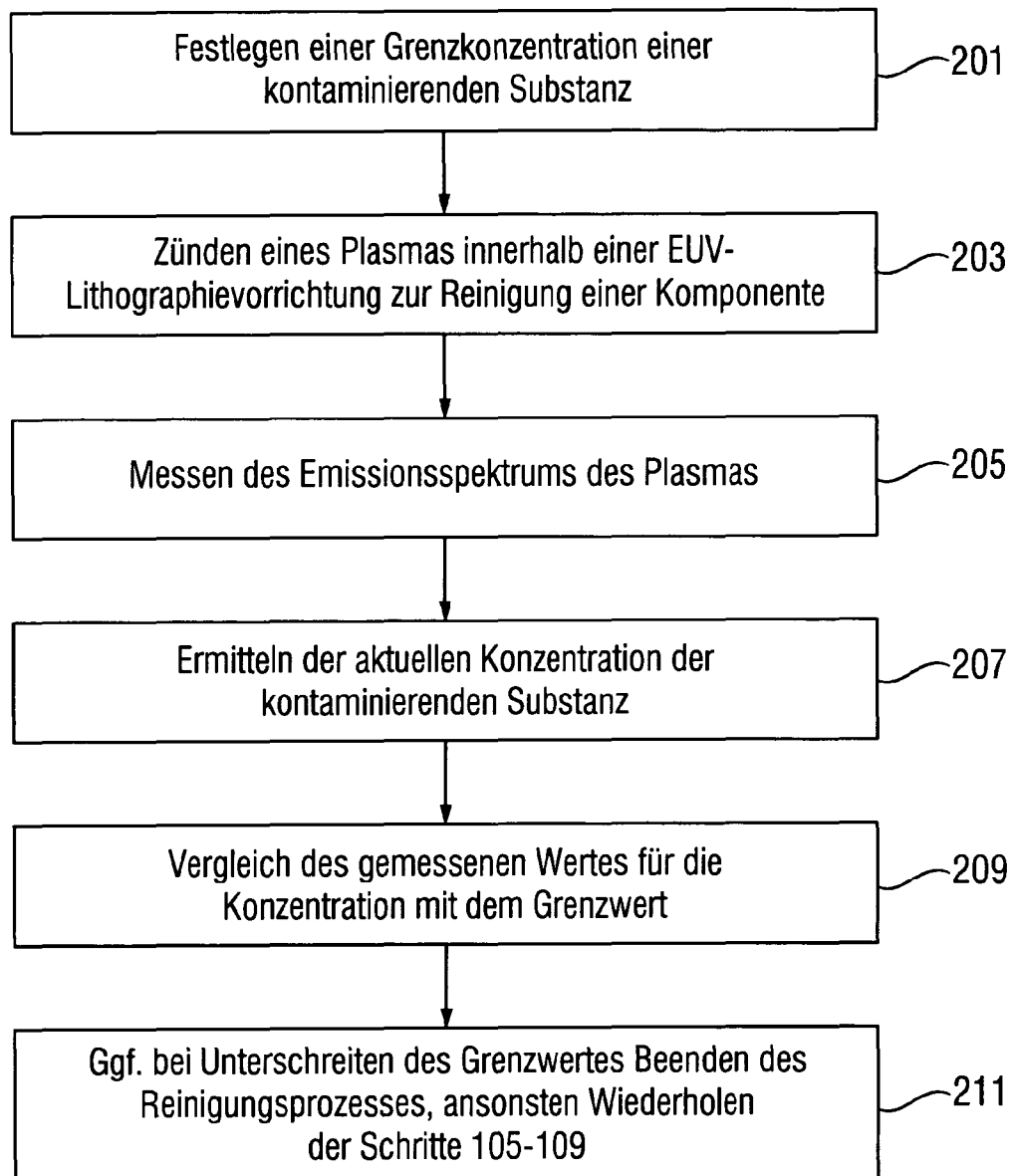
8 / 17

Fig. 10



9 / 17

Fig. 11



10 / 17

Fig. 12a

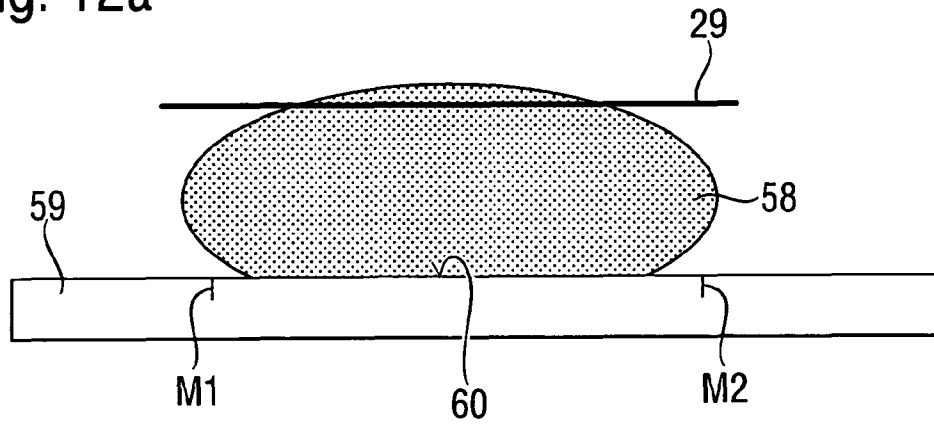


Fig. 12b

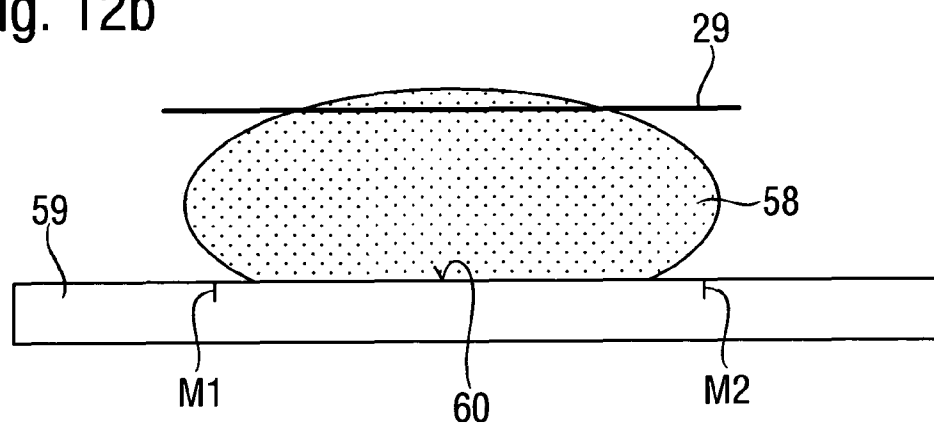
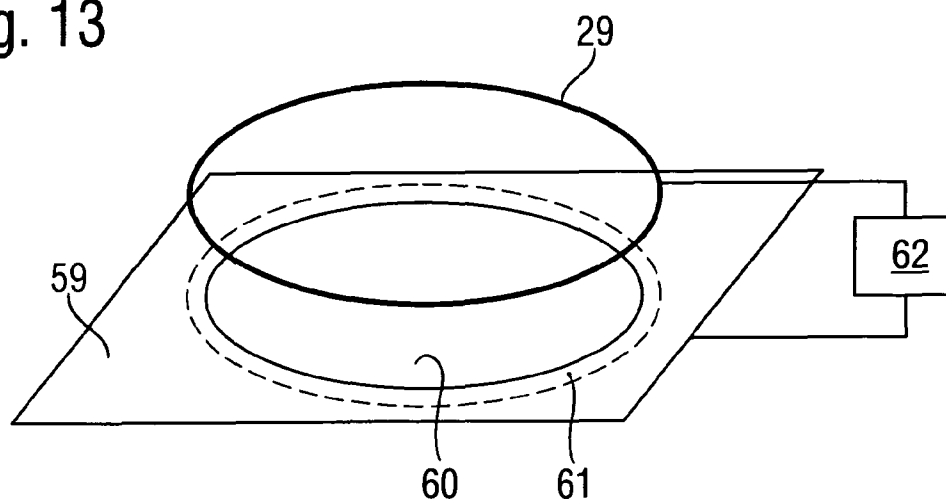


Fig. 13



11 / 17

Fig. 14

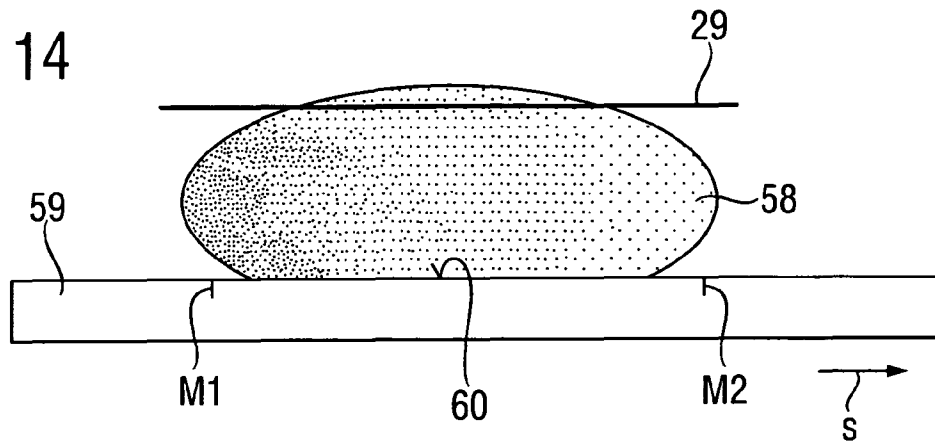


Fig. 15

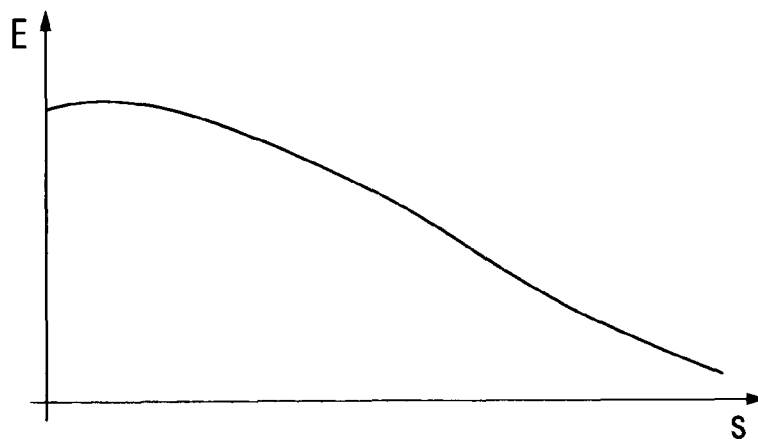
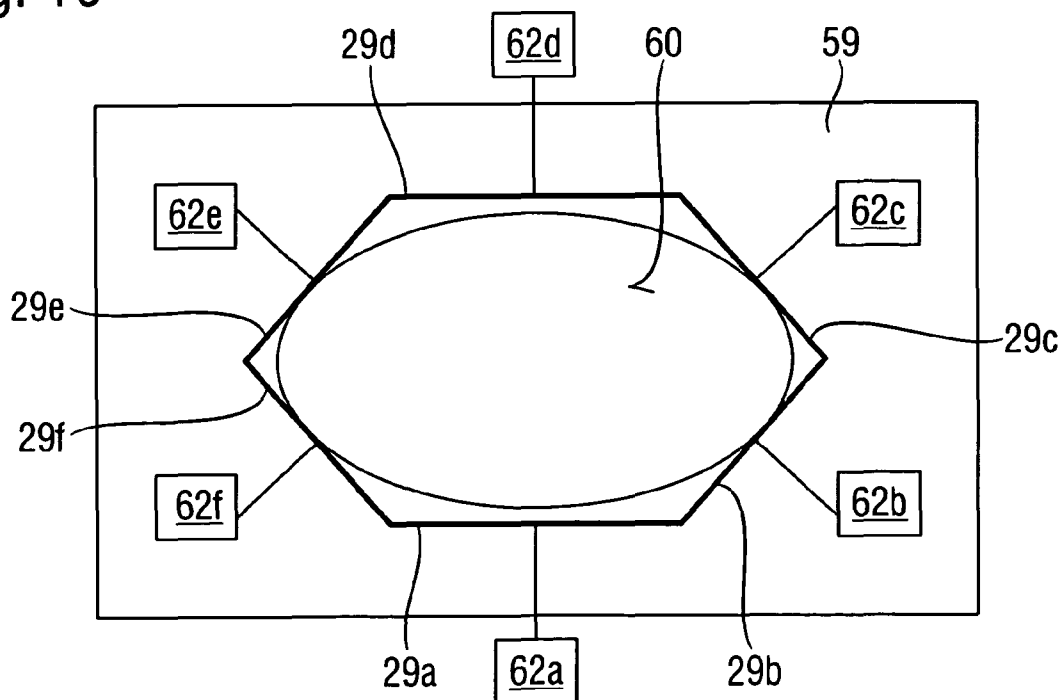


Fig. 16



12 / 17

Fig. 17a

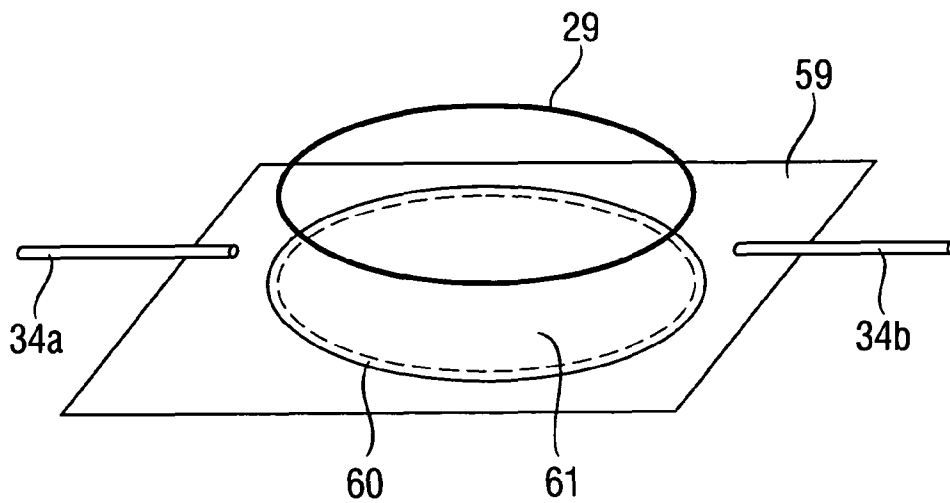
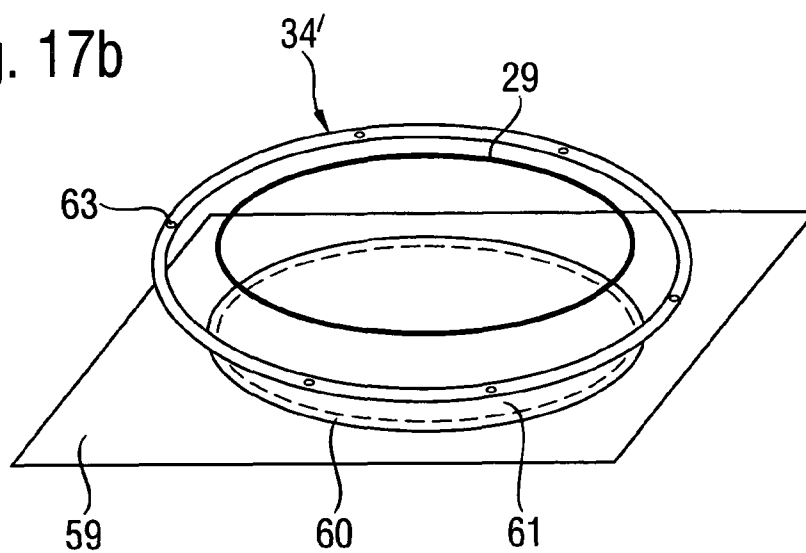
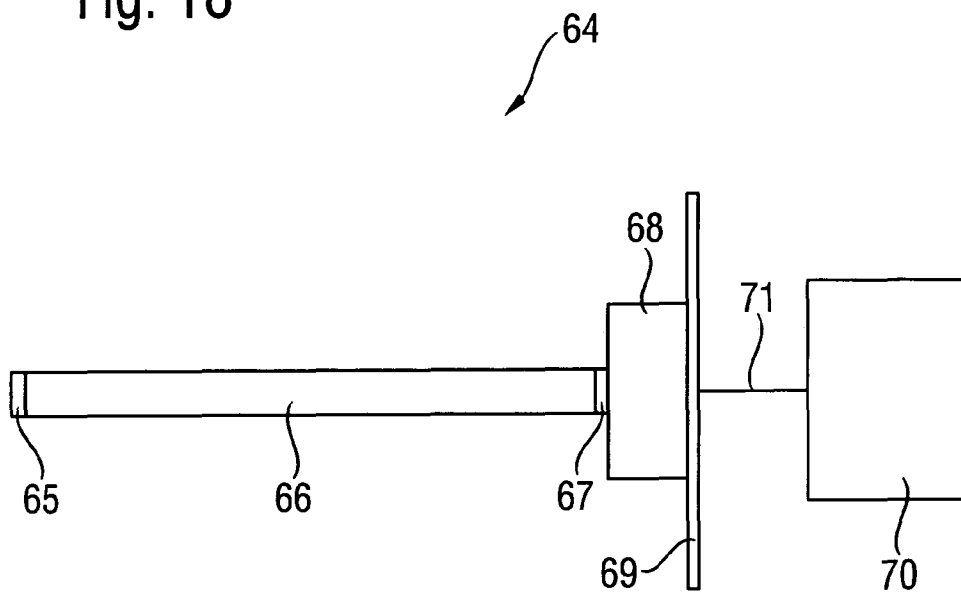


Fig. 17b



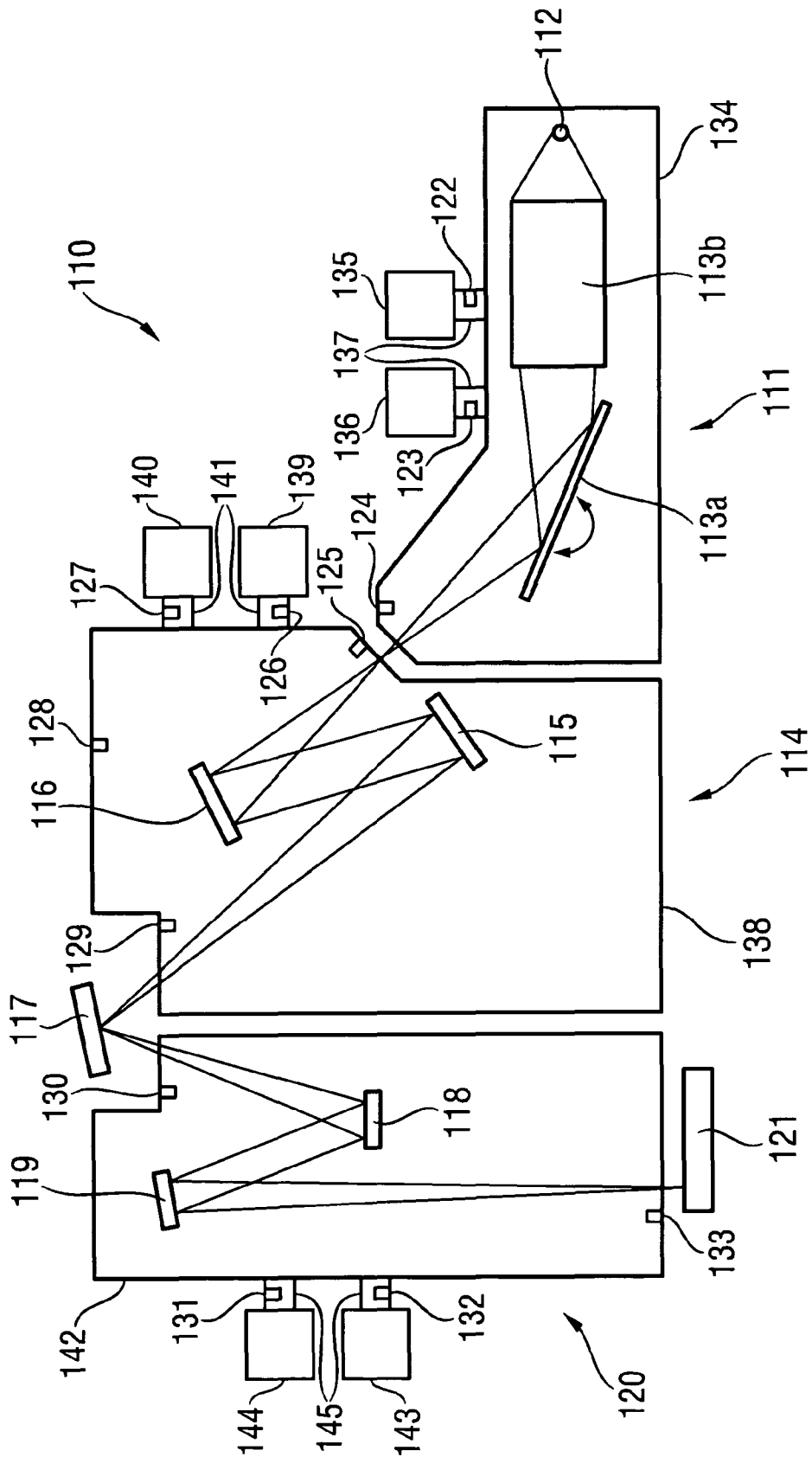
13 / 17

Fig. 18

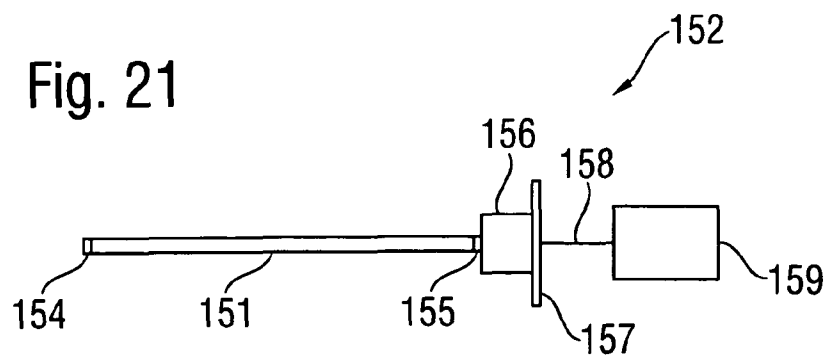
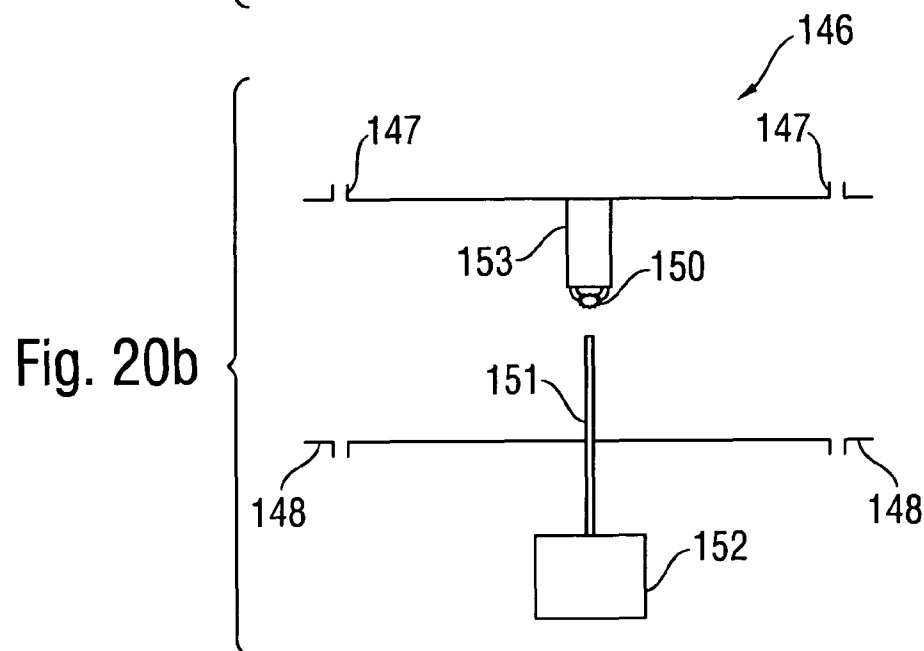
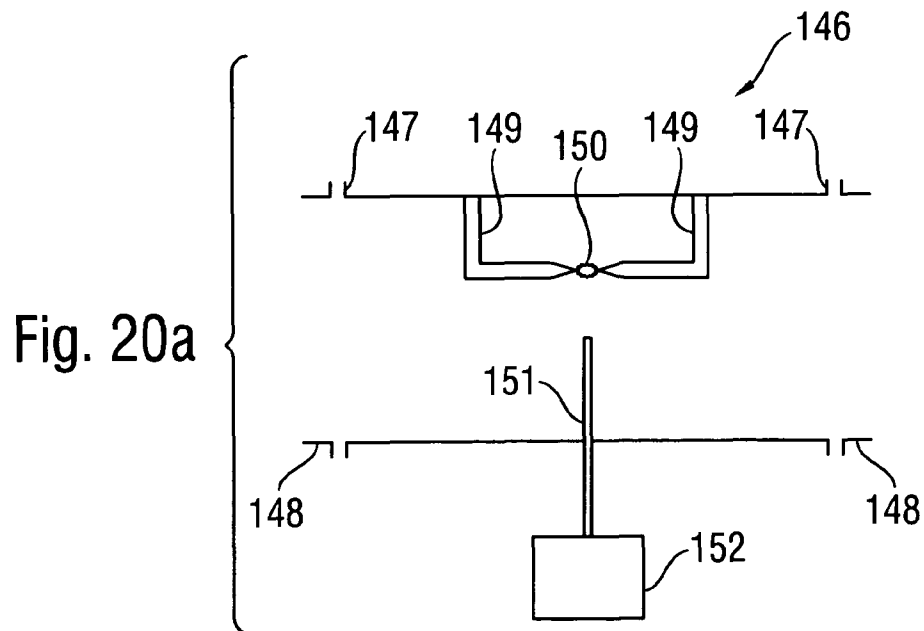


14/17

Fig. 19



15 / 17



16 / 17

Fig. 22a

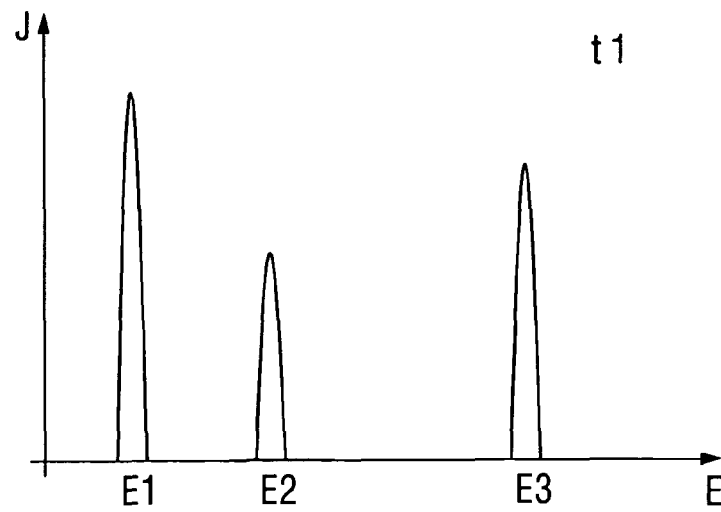
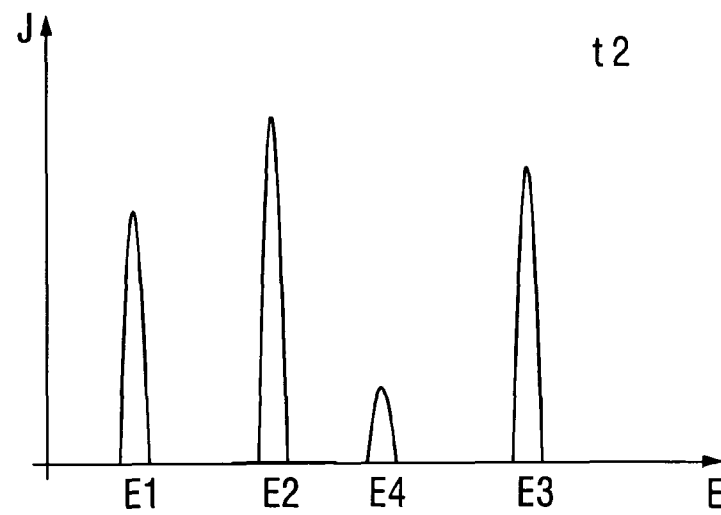
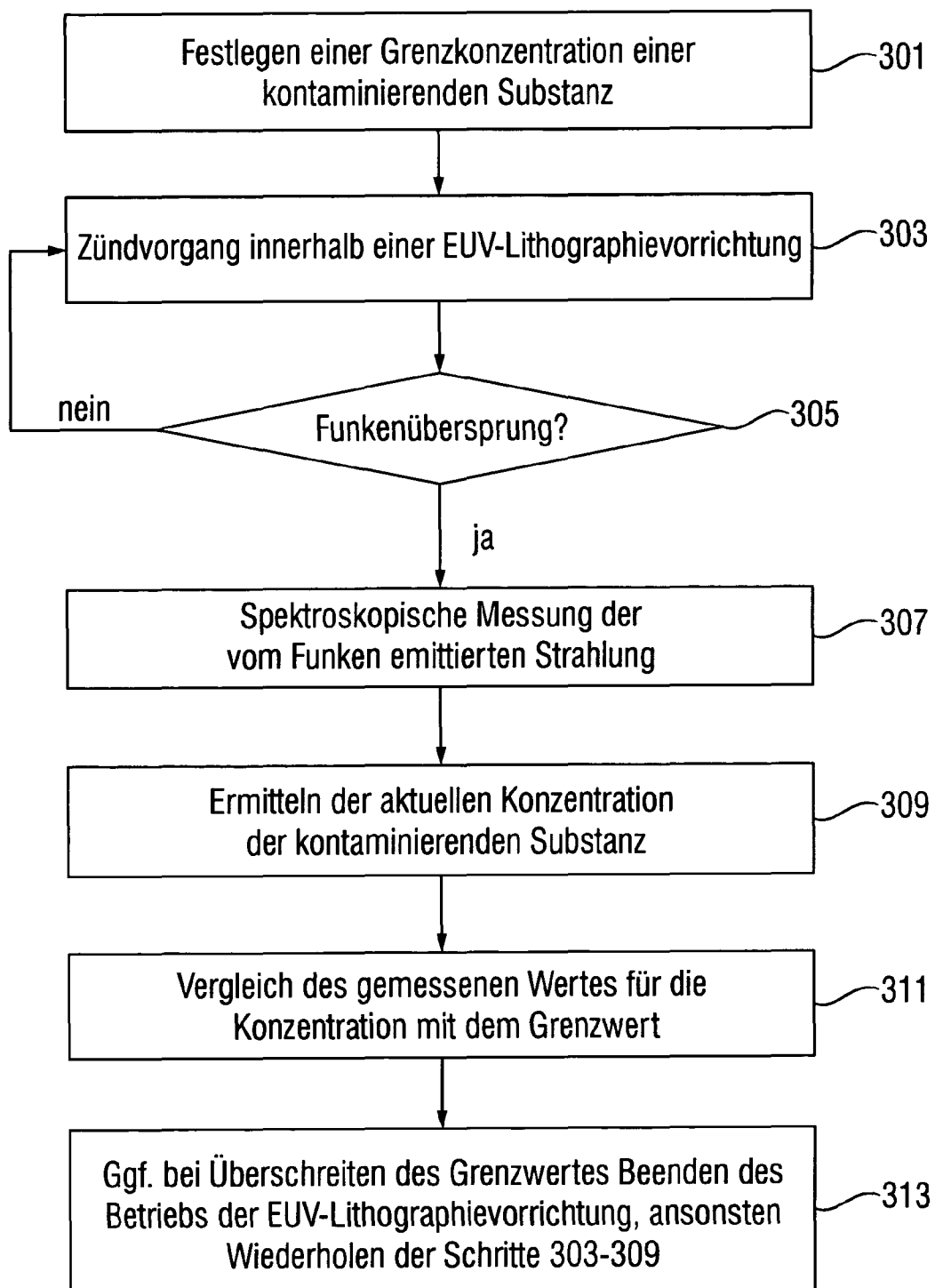


Fig. 22b



17 / 17

Fig. 23



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/001730

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20 G01N21/66

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G03F G01N H01L

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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2006/020080 A (CYMER INC [US]; ERSHOV ALEXANDER I [US]; MARX WILLIAM F [US]; BOWERING) 23 February 2006 (2006-02-23) pages 13-15; claims 35-43; figures 6-8	1-34, 37-41, 45-60
Y		35, 36, 42-44
X	US 2004/007246 A1 (CHAN MICHAEL [US] ET AL) 15 January 2004 (2004-01-15) the whole document	12-21, 25-38, 45-51, 53-59
X	JP 2006 313847 A (HITACHI HIGH TECH CORP) 16 November 2006 (2006-11-16) the whole document	7, 8
Y		42
	----- -/--	

☒ 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 document 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.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 Juli 2008

Date of mailing of the international search report

25/07/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P. B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roesch, Guillaume

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/001730

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 740 893 B1 (TANABE MASAYUKI [JP]) 25 May 2004 (2004-05-25) the whole document -----	1-11, 61-77
Y	EP 1 517 186 A (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 23 March 2005 (2005-03-23) columns 1-7; figure 2 -----	1-11, 61-77
Y	JP 2007 027237 A (CANON KK) 1 February 2007 (2007-02-01) the whole document -----	1-11, 61-77
Y	GB 2 185 573 A (BOC GROUP INC) 22 July 1987 (1987-07-22) the whole document -----	1-11, 61-77
Y	US 2003/046976 A1 (HANAOKI MINORU [JP] ET AL) 13 March 2003 (2003-03-13) pages 1-4 -----	1-11, 61-77
Y	JP 2004 186614 A (NIPPON KOGAKU KK) 2 July 2004 (2004-07-02) the whole document -----	35, 36, 43, 44
A	US 2006/066824 A1 (KNAPPE UWE [DE] ET AL) 30 March 2006 (2006-03-30) paragraphs [0010], [0031], [0035] -----	6, 7, 64
A	EP 0 848 434 A (CANON KK [JP]) 17 June 1998 (1998-06-17) pages 3-5 -----	4, 37, 38

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/001730

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006020080	A	23-02-2006	EP 1779410 A2 JP 2008508722 T KR 20070038101 A	02-05-2007 21-03-2008 09-04-2007
US 2004007246	A1	15-01-2004	US 2006000489 A1	05-01-2006
JP 2006313847	A	16-11-2006	NONE	
US 6740893	B1	25-05-2004	JP 3413131 B2 JP 2001110698 A	03-06-2003 20-04-2001
EP 1517186	A	23-03-2005	NONE	
JP 2007027237	A	01-02-2007	NONE	
GB 2185573	A	22-07-1987	AU 588959 B2 AU 6756687 A CA 1264382 A1 EP 0233694 A2 JP 62217145 A ZA 8700092 A	28-09-1989 23-07-1987 09-01-1990 26-08-1987 24-09-1987 28-10-1987
US 2003046976	A1	13-03-2003	JP 2003086574 A	20-03-2003
JP 2004186614	A	02-07-2004	NONE	
US 2006066824	A1	30-03-2006	CN 101031847 A DE 102004047677 A1	05-09-2007 06-04-2006
EP 0848434	A	17-06-1998	US 6057005 A	02-05-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G03F7/20 G01N21/66

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G03F G01N H01L

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2006/020080 A (CYMER INC [US]; ERSHOV ALEXANDER I [US]; MARX WILLIAM F [US]; BOWERING) 23. Februar 2006 (2006-02-23) Seiten 13-15; Ansprüche 35-43; Abbildungen 6-8	1-34, 37-41, 45-60
Y	-----	35, 36, 42-44
X	US 2004/007246 A1 (CHAN MICHAEL [US] ET AL) 15. Januar 2004 (2004-01-15) das ganze Dokument	12-21, 25-38, 45-51, 53-59
X	JP 2006 313847 A (HITACHI HIGH TECH CORP) 16. November 2006 (2006-11-16) das ganze Dokument	7, 8
Y	-----	42
	----- -/--	

☒ 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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Juli 2008

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/07/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Roesch, Guillaume

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 740 893 B1 (TANABE MASAYUKI [JP]) 25. Mai 2004 (2004-05-25) das ganze Dokument -----	1-11, 61-77
Y	EP 1 517 186 A (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 23. März 2005 (2005-03-23) Spalten 1-7; Abbildung 2 -----	1-11, 61-77
Y	JP 2007 027237 A (CANON KK) 1. Februar 2007 (2007-02-01) das ganze Dokument -----	1-11, 61-77
Y	GB 2 185 573 A (BOC GROUP INC) 22. Juli 1987 (1987-07-22) das ganze Dokument -----	1-11, 61-77
Y	US 2003/046976 A1 (HANAOKI MINORU [JP] ET AL) 13. März 2003 (2003-03-13) Seiten 1-4 -----	1-11, 61-77
Y	JP 2004 186614 A (NIPPON KOGAKU KK) 2. Juli 2004 (2004-07-02) das ganze Dokument -----	35, 36, 43, 44
A	US 2006/066824 A1 (KNAPPE UWE [DE] ET AL) 30. März 2006 (2006-03-30) Absätze [0010], [0031], [0035] -----	6, 7, 64
A	EP 0 848 434 A (CANON KK [JP]) 17. Juni 1998 (1998-06-17) Seiten 3-5 -----	4, 37, 38

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/001730

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006020080 A	23-02-2006	EP 1779410 A2 JP 2008508722 T KR 20070038101 A	02-05-2007 21-03-2008 09-04-2007
US 2004007246 A1	15-01-2004	US 2006000489 A1	05-01-2006
JP 2006313847 A	16-11-2006	KEINE	
US 6740893 B1	25-05-2004	JP 3413131 B2 JP 2001110698 A	03-06-2003 20-04-2001
EP 1517186 A	23-03-2005	KEINE	
JP 2007027237 A	01-02-2007	KEINE	
GB 2185573 A	22-07-1987	AU 588959 B2 AU 6756687 A CA 1264382 A1 EP 0233694 A2 JP 62217145 A ZA 8700092 A	28-09-1989 23-07-1987 09-01-1990 26-08-1987 24-09-1987 28-10-1987
US 2003046976 A1	13-03-2003	JP 2003086574 A	20-03-2003
JP 2004186614 A	02-07-2004	KEINE	
US 2006066824 A1	30-03-2006	CN 101031847 A DE 102004047677 A1	05-09-2007 06-04-2006
EP 0848434 A	17-06-1998	US 6057005 A	02-05-2000