(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 000 709 B3** 2009.11.26

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 000 709.9**
(22) Anmeldetag: **17.03.2008**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **26.11.2009**

(51) Int Cl.[8]: ***G03F 7/20*** (2006.01)
B08B 7/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen, DE

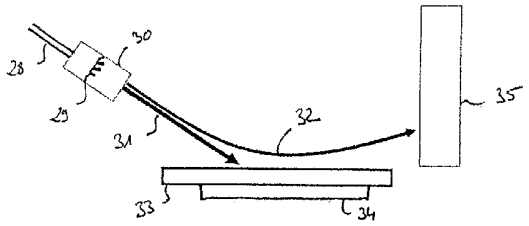
(72) Erfinder:
Hembacher, Stefan, Dr., 86399 Bobingen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US 2006/01 15 771 A1
US 2004/00 11 381 A1
US 2006/01 63 500 A1
US 2006/01 75 558 A1
WO 2008/0 34 582 A2

(54) Bezeichnung: **Reinigungsmodul, EUV-Lithographievorrichtung und Verfahren zu seiner Reinigung**

(57) Zusammenfassung: Um eine schonendere Reinigung von optischen Komponenten innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung zu erlauben, wird ein Reinigungsmodul für eine EUV-Lithographievorrichtung mit einer Zuleitung für molekularen Wasserstoff und einem Heizdraht zur Herstellung von atomarem Wasserstoff zu Reinigungszwecken vorgeschlagen, bei dem in Strömungsrichtung des Wasserstoffs (31, 32) hinter dem Heizdraht (29) Mittel (33) zum Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes angeordnet sind.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Reinigungsmodul für eine EUV-Lithographievorrichtung mit einer Zuleitung für molekularen Wasserstoff und einem Heizdraht zur Herstellung von atomarem Wasserstoff zu Reinigungszwecken sowie auf eine EUV-Lithographievorrichtung bzw. ein Projektionssystem oder ein Beleuchtungssystem für eine EUV-Lithographievorrichtung mit einem solchen Reinigungsmodul. Außerdem bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Reinigen einer Komponente innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung.

Hintergrund und Stand der Technik

[0002] In EUV-Lithographievorrichtungen werden zur Lithographie von Halbleiterbauelementen reflektive optische Elemente für den extremen ultravioletten (EUV) bzw. weichen Röntgenwellenlängenbereich (z. B. Wellenlängen zwischen ca. 5 nm und 20 nm) wie etwa Photomasken oder Mehrlagenspiegel 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.

[0003] Insbesondere die optischen Elemente einer EUV-Lithographievorrichtung können in situ mit Hilfe von atomaren Wasserstoff gereinigt werden, der sich mit insbesondere kohlenstoffhaltiger Kontamination zu flüchtigen Verbindungen umsetzt. Zur Gewinnung des atomaren Wasserstoffs wird dabei oft molekularer Wasserstoff an einen aufgeheizten Draht geleitet. Dazu werden für den Heizdraht Metalle bzw.

[0004] Metalllegierungen mit besonders hohem Schmelzpunkt verwendet. So genannte Reinigungsköpfe aus Wasserstoffzuleitung und Glühdraht sind in der Nähe von Spiegeloberflächen angeordnet, um sie von Kontamination zu reinigen. Die flüchtigen Verbindungen, die sich bei der Reaktion des atomaren Wasserstoffs mit der insbesondere kohlenstoffhaltigen Kontamination bilden, werden mit dem normalen Vakuumsystem abgepumpt.

[0005] Aus den Patentanmeldungen US 2006/0175558 A1, US 2006/0163500 A1 und US 2006/0115771 A1 sind entsprechende Reinigungsverfahren und Vorrichtungen zur Reinigung von Kollektoren für EUV-Lithographievorrichtungen bekannt. Darüber hinaus ist aus der Anmeldung WO 2008/034582 A2 bekannt, bestimmte Teilbereiche einer EUV-Lithographievorrichtung mit entsprechenden Verfahren bzw. Vorrichtungen zu reinigen. Ferner ist aus der Anmeldung US 2004/0011381 A1 eine Vorrichtung zur Erzeugung von atomarem Wasserstoff zur Reinigung von EUV-Lithographievorrichtungen bekannt.

[0006] Problematisch ist bei der bisherigen Herangehensweise, dass einerseits die Reinigungsköpfe relativ nah an den Spiegeln angeordnet sein sollten, um eine hohe Reinigungseffizienz zu erhalten. Andererseits sind gerade für den EUV- bzw. weichen Röntgenwellenlängenbereich optimierte reflektive optische Elemente oft wärmeempfindlich. Ein zu hohes Aufwärmen der Spiegel während der Reinigung führt zu einer Verschlechterung ihrer optischen Eigenschaften. Bisher wird daher eine Spiegelkühlung während der Reinigung vorgesehen oder das Reinigen als gepulstes Reinigen mit Abkühlphasen durchgeführt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die bekannten Reinigungsköpfe dahingehend zu verbessern, dass eine schonendere Reinigung der optischen Elemente ermöglicht wird.

[0008] Diese Aufgabe wird durch ein Reinigungsmodul für eine EUV-Lithographievorrichtung mit einer Zuleitung für molekularen Wasserstoff und einem Heizdraht zur Herstellung von atomarem Wasserstoff zu Reinigungszwecken gelöst, bei dem in Strömungsrichtung des Wasserstoffs hinter dem Heizdraht Mittel zum Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes angeordnet sind.

[0009] Die Mittel zum Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes erlauben es, den erzeugten atomaren Wasserstoff, soweit er in ionisierter Form vorliegt, räumlich abzulenken. Daher kann man den Heizdraht zur Herstellung von atomarem Wasserstoff so positionieren, dass sich keine freie Sichtlinie zwischen dem Heizdraht und einer zu reinigenden Komponente bzw. einer zu reinigenden Fläche ergibt. Vielmehr können die als Ionen vorliegenden Wasserstoffatome über elektrische und/oder magnetische Felder an die zu reinigende Stelle abgelenkt werden. Dadurch ist die zu reinigende Fläche nicht mehr unmittelbar der Wärmestrahlung des Heizdrahtes ausgesetzt, was insbesondere bei Spiegeln für den EUV- bzw. weichen Röntgenwellenlängenbereich von großem Vorteil ist. Denn diese sind

oft mit wärmeempfindlichen Mehrlagensystemen versehen, die ihnen ihre optischen Fähigkeiten verleihen. Die Temperaturempfindlichkeit der Mehrlagenschicht eines Spiegels für den EUV- bzw. weichen Wellenlängenbereich beschränkt die Reinigungsdauer und damit die Reinigungseffizienz pro Reinigungszyklus. Dadurch erhöht sich die notwendige Reinigungsdauer, was die Produktionszeit reduziert. Durch die nun ermöglichte schonendere und gleichzeitig zielgerichtetere Reinigung lässt sich die notwendige Reinigungsdauer verringern und damit die Produktionszeit verlängern.

[0010] Ferner wird diese Aufgabe durch eine EUV-Lithographievorrichtung bzw. ein Projektionssystem oder ein Beleuchtungssystem für eine EUV-Lithographievorrichtung mit mindestens einem solchen Reinigungsmodul gelöst.

[0011] Außerdem wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Reinigen einer Komponente innerhalb von EUV-Lithographievorrichtungen mit den Schritten Erzeugen von atomarem Wasserstoff an einem Heizdraht und Ablenken des atomaren Wasserstoffs mittels eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes auf die zu reinigende Komponente gelöst.

[0012] Indem der Anteil des atomaren Wasserstoffs, der ionisiert vorliegt, mittels eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes auf die zu reinigende Komponente abgelenkt wird, wird ermöglicht, den Heizdraht und die zu reinigende Komponente so zueinander zu platzieren, dass die zu reinigende Komponente nicht unmittelbar der Wärmestrahlung des Heizdrahtes ausgesetzt ist, was wegen des geringeren Wärmeeintrages zu einer längeren Lebensdauer der Komponente führt.

[0013] Es sei darauf hingewiesen, dass nicht nur ionisierter Wasserstoff für die hier beschriebene schonende und zielgerichtete Reinigung geeignet ist, sondern jegliche geladene Teilchen, insbesondere Ionen von Atomen oder Molekülen, die mit der zu entfernenden Kontamination zu flüchtigen Verbindungen reagieren.

[0014] Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0015] Die vorliegende Erfindung soll unter Bezugnahme auf ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Dazu zeigen

[0016] Fig. 1 schematisch eine Ausführungsform einer EUV-Lithographievorrichtung;

[0017] Fig. 2a, b schematisch eine erste Ausführungsform eines Reinigungsmoduls mit Variante;

[0018] Fig. 3 schematisch eine zweite Ausführungsform eines Reinigungsmoduls;

[0019] Fig. 4a, b schematisch den Reinigungsvorgang; und

[0020] Fig. 5 ein Flussdiagramm zu einer Ausführungsform des Reinigungsverfahrens.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0021] In Fig. 1 ist schematisch eine EUV-Lithographievorrichtung **10** dargestellt. Wesentliche Komponenten sind das Strahlformungssystem **11**, das Beleuchtungssystem **14**, die Photomaske **17** und das Projektionssystem **20**. Die EUV-Lithographievorrichtung **10** wird unter Vakuumbedingungen bzw. in speziellen Atmosphären mit geringem Partialdruck eines oder einer Kombination von Gasen betrieben, damit die EUV-Strahlung in ihrem Inneren möglichst wenig absorbiert bzw. gestreut wird. Im vorliegenden Beispiel wird dazu auch bei spezieller Atmosphäre ein Druck von etwa 10^{-4} mbar oder geringer eingehalten.

[0022] 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 Mehrlagensystem 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 Mehrlagensystems.

[0023] Der im Strahlformungssystem **11** in Hinblick auf Wellenlänge und räumliche Verteilung aufbereitete Betriebsstrahl wird dann in das Beleuchtungssystem **14** eingeführt. Im in Fig. 1 dargestellten Beispiel weist das Beleuchtungssystem **14** zwei Spiegel **15**, **16** auf, die im vorliegenden Beispiel als Mehrlagenspiegel ausgestaltet sind. 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 weichen 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, die im vorliegenden Beispiel ebenfalls als Mehrlagenspiegel ausgestaltet sind. Es sei darauf hingewiesen, dass sowohl das Projektionssystem **20** als auch das Beleuchtungssystem **14** ebenso jeweils nur einen oder auch drei, vier, fünf und mehr Spiegel aufweisen können.

[0024] Sowohl das Strahlformungssystem **11** als auch das Beleuchtungssystem **14** und das Projektionssystem **20** sind als Vakuumkammern **22**, **23**, **24** ausgestaltet, da insbesondere die Mehrlagenspiegel **15**, **16**, **18**, **19** nur im Vakuum bzw. spezieller Atmosphäre betrieben werden können. Ansonsten würde sich auf ihrer reflektiven Fläche zu viel Kontamination ablagern, die zu einer zu starken Verschlechterung ihrer Reflektivität führen würde. Auch die Photomaske **17** befindet sich daher im Vakuum bzw. spezieller Atmosphäre. Dazu kann sie sich in einer eigenen Vakuumkammer befinden oder in einer anderen Vakuumkammer **23**, **24** integriert sein.

[0025] Zur Reinigung insbesondere der reflektiven optischen Elemente sind im in Fig. 1 dargestellten Beispiel Reinigungsmodule **25**, **26**, **27** vorgesehen. Die Reinigungsmodule können entweder innerhalb von Vakuumkammern, wie im Fall des Beleuchtungssystems **23** bzw. des Projektionssystems **20** angebracht sein, bei denen die Reinigungsmodule **26**, **27** jeweils an der Innenseite der Vakuumkammern **23**, **24** angeordnet sind. Sie können auch außerhalb einer Vakuumkammer angebracht sein, wie im vorliegenden Beispiel im Falle des Strahlformungssystems **11**, bei dem das Reinigungsmodul **25** an der Außenseite der Vakuumkammer **22** angeordnet ist. In diesem Fall ist eine Verbindung zwischen dem Reinigungsmodul und der Vakuumkammer **22** vorgesehen, durch die der für die Reinigung benötigte atomare Wasserstoff durchtreten kann. Falls einzelne oder mehrere optische Elemente, etwa Spiegel **15**, **16**, **18**, **19** oder Monochromatoren **13a** oder Kollimatoren **13b**, separat in einem Gehäuse mit einem eigenen Vakuumsystem eingeschlossen sind, können die Reinigungsmodule auch innerhalb eines solchen Gehäuses angeordnet sein. Auch für die Photomaske **17** kann ein Reinigungsmodul vorgesehen sein.

[0026] Innerhalb der Reinigungsmodule **25**, **26**, **27** sind Wasserstoffzufuhren vorgesehen, um molekularen Wasserstoff auf einen Heizdraht zu leiten. Bevorzugt wird als Heizdraht ein Wolframdraht verwendet, der sich auf bis zu 2000°C aufheizen lässt, um eine hohe Aufspaltungsrate in atomaren Wasserstoff zu erreichen. Der erzeugte atomare Wasserstoff liegt teilweise in ionisierter Form vor. Dies wird genutzt, um über elektrische oder magnetische oder elektromagnetische Felder den ionisierten atomaren Wasserstoff gezielt abzulenken und auf die jeweils zu reinigende Fläche zu lenken. Dadurch können Reinigungsmodule **25**, **26**, **27** nunmehr derart in der EUV-Lithographievorrichtung **10** angeordnet werden, dass die zu reinigenden Komponenten, wie etwa die Spiegel **15**, **16**, **18**, **19** oder der Monochromator **13a** und der Kollimator **13b**, nicht mehr unmittelbar der Wärmestrahlung des Wolframdrahtes ausgesetzt sind. Durch die Steuerbarkeit des Wasserstoffstrahls ist nunmehr auch möglich, ein Reinigungsmodul für verschiedene zu reinigende optische Elemente vorzusehen. Je nach Anforderungen an die Reinigungseffizienz und je nach geometrischer Auslegung innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung bzw. ihrem Projektionssystems oder Beleuchtungssystems können auch für jedes zu reinigende Objekt bzw. jede zu reinigende Fläche ein oder mehrere separate Reinigungsmodule vorgesehen sein.

[0027] In den Fig. 2a, b ist schematisch eine bevorzugte Ausführungsform eines Reinigungsmoduls dargestellt. In einem Gehäuse **30** ist ein Heizdraht **29** angeordnet. Diesem Heizdraht **29** wird über die Wasserstoffzufuhr **28** molekularer Wasserstoff zugeführt, der durch die Hitzeeinwirkung des Heizdrahtes **29** in atomaren Wasserstoff aufgespalten wird. So ergibt sich ein Wasserstoffteilstrom, der teils aus nicht aufgespaltenem molekularen Wasserstoff und nicht ionisiertem atomaren Wasserstoff **31** zusammengesetzt ist sowie ein Teilstrom, der im Wesentlichen aus Wasserstoffionen **32** besteht. Die beiden Teilströme **31**, **32** treten derart aus dem Gehäuse **30** aus, dass sie auf ein Ablenkelement **33** zuströmen. Das Ablenkelement **33** ist im vorliegenden Beispiel plattenförmig ausgebildet. Es ist positiv geladen, so dass es auf den Teilstrom **32** mit Wasserstoffionen einen ablenkenden Einfluss hat. Denn die Wasserstoffionen sind positiv geladen und werden von dem Ablenkelement **33** abgestoßen. Dadurch wird der Ionenstrahl **32** auf die Oberfläche der zu reinigenden Komponente **35** geleitet. Über diesen grundsätzlichen Aufbau kann man erreichen, dass die Richtung des Ionenstrahls **32** von der Wärmestrahlrichtung, die mit der Strahlrichtung des nicht ionisierten Wasserstoffs **31** übereinstimmt, entkoppelt wird. Dadurch wird eine Aufheizung der zu reinigenden Fläche der Komponente **35** vermieden, die im Falle einer Spiegelfläche zu einer Deformation bzw. Verschiebung der optischen Spiegelfläche führen würde, so dass die Abbildungscharakteristik negativ beeinträchtigt wäre.

[0028] Das Ablenkelement **33** kann beispielsweise aus Metall sein, besonders bevorzugt sind geschwärzte bzw. dunkle Metallflächen. Ganz besonders bevorzugt wird eloxiertes Aluminium eingesetzt. Dies dient dazu, Wärme aus dem Wasserstoffionenstrahl **32** zu absorbieren. Um diesen Effekt noch weiter zu verstärken, ist im in Fig. 2a dargestellten Beispiel zusätzlich eine Kühleinrichtung **34** in thermischem Kontakt mit dem Ablenkelement **33** vorgesehen. Die Kühleinrichtung **34** dient als Wärmereser-

voir, in den Wärme aus dem Wasserstoffionenstrahl **32** abfließen kann. Dadurch wird der Wärmeeintrag in die Komponente **35** weiter verringert. Zusätzlich ist die Ablenkplatte **33** an ein Ladungsreservoir angeschlossen, z. B. in Form einer Spannungsquelle, um das Ablenkelement **33** durchgehend auf einem positiven Potenzial halten zu können. Durch eine Variierung des Potenzials lässt sich dabei der Wasserstoffionenstrahl **32** steuern.

[0029] Das in Fig. 2b dargestellte Beispiel unterscheidet sich von dem in Fig. 2a dargestellten Beispiel dahingehend, dass zwischen dem Heizdraht **29** und dem Ablenkelement **33** zusätzlich eine Ionisierungseinrichtung **36** vorgesehen ist. Die Ionisierungseinrichtung **36** dient dazu, den Anteil an ionisierten Wasserstoff zu erhöhen. Die Ionisierung geschieht vorzugsweise durch Stoßionisation oder elektrische Feldionisation. Bei der Stoßionisation kann es sich insbesondere auch um Ionisierung mit hochenergetischen Photonen, beispielsweise aus dem ultravioletten oder dem Röntgenwellenlängenbereich handeln. Je nach gewünschter Reinigungsleistung kann es notwendig sein, mehr oder weniger ionisierten Wasserstoff im Wasserstoffionenstrahl **32** zu haben, mit dem die Komponente **35** gereinigt wird. Dies kann mittels der Ionisierungseinrichtung **36** eingestellt werden.

[0030] Außerdem ist das Ablenkelement **33** beweglich angeordnet. Im vorliegenden Beispiel kann es um eine Achse rotieren, wie durch den Pfeil symbolisiert wird. Ein Verdrehen des Ablenkelementes **33** führt dazu, dass der Wasserstoffionenstrahl **32** relativ zur zu reinigenden Fläche der Komponente **35** auf und ab bewegt wird. Dies ermöglicht ein gezieltes Abrastern der zu reinigenden Oberfläche. Besonders bevorzugt weist das Ablenkelement bis zu sechs Freiheitsgrade auf, um es frei im Raum bewegen zu können und damit den Wasserstoffionenstrahl **32** beliebig auf zu reinigenden Flächen positionieren zu können.

[0031] Im in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind in Strömungsrichtung hinter dem Heizdraht, der sich im Gehäuse **30** befindet, Platten **37** angeordnet, um ein elektrisches Feld **38** anzulegen, und zusätzlich ein Magnet, der hier nicht dargestellt ist, um ein magnetisches Feld **39** anzulegen. Bei beiden Feldern **38**, **39** handelt es sich um im Wesentlichen homogene Felder, die senkrecht zueinander orientiert sind. Diese spezielle Anordnung wird auch Wienfilter genannt und dient dazu, aus dem Wasserstoffstrahl **31** die Wasserstoffionen **32** eines bestimmten Energiebereiches herauszufiltern. Bevorzugt wird der Energiebereich derart gewählt, dass die Wasserstoffionen eine Energie aufweisen, die so klein ist, dass keine Sputtereffeke auftreten. Denn ein Sputtern könnte zu einer Zerstörung der Oberfläche, die gereinigt wird, führen, was insbesondere bei der Reinigung von Mehrlagenspiegeln unerwünscht ist. Je nach Art der zu entfernenden Kontamination und je nach zu reinigender Oberfläche kann es aber auch von Vorteil sein, den Energiebereich so hoch zu wählen, dass es zu einer Entfernung der Kontamination nicht nur durch chemische Reaktion sondern auch mechanisch durch Sputtern kommen kann.

[0032] Die Platten **37** dienen im Übrigen auch dazu, die zu reinigende Fläche bzw. Komponente vor der Wärmestrahlung, die vom Heizdraht zur Gewinnung des atomaren Wasserstoffes ausgeht, abzuschirmen.

[0033] Die in Fig. 3 gezeigten Mittel zum Anlegen eines elektrischen Feldes **38** und eines magnetischen Feldes **39** können beispielsweise mit dem Ablenkelement **33** aus dem in Fig. 2a, b gezeigten Ausführungsbeispiel kombiniert werden, wobei sowohl eine Anordnung des Ablenkelementes vor dem Wienfilter als auch nach dem Wienfilter möglich ist. Ferner lassen sich weitere Mittel zum Anlegen von elektrischen und/oder magnetischen Feldern vorsehen, um den Ionenstrahl **32** zu formen, z. B. elektrische Linsen, und/oder um mit dem Strahl **32** noch gezielter die zu reinigende Oberfläche einer Komponente abzurastern.

[0034] Es soll nun unter Bezugnahme auf die Fig. 4a, b und Fig. 5 etwas näher auf die Durchführung der Reinigung einer Komponente innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung eingegangen werden. Da im Inneren einer EUV-Lithographievorrichtung bzw. eines Projektionssystems oder eines Beleuchtungssystems für eine EUV-Lithographievorrichtung nur begrenzt Platz vorhanden ist, kommt es oft vor, dass unterschiedliche Komponenten **41**, **40**, wie in Fig. 4a dargestellt, sich teilweise abschatten. In der in Fig. 4a skizzierten Situation ist die Komponente **41** in Strömungsrichtung des Wasserstoffes vor der Komponente **40** angeordnet, deren Oberfläche gereinigt werden soll. Bei Verwendung von herkömmlichen Reinigungsmodulen, bei denen ein Heizdraht in der Nähe einer zu reinigenden Komponente angeordnet ist, so dass der erzeugte atomare Wasserstoff unmittelbar auf die zu reinigende Fläche treffen kann, würde die gesamte Fläche **42** mit atomarem Wasserstoff beaufschlagt werden. Da aber die Komponente **41** in den Wasserstoffkegel hineinragt, wird die Komponente **41** teilweise mit atomarem Wasserstoff beaufschlagt, was unerwünscht sein kann, da es zu Reaktionen von atomarem Wasserstoff mit dem Material der Komponente **41** kommen kann. Außerdem gelangen keine Wasserstoffatome in den Bereich der Komponente **40** hinter der Komponente **41**, so dass dieser Bereich nicht hinreichend gereinigt werden kann.

[0035] Unter Verwendung der hier vorgeschlagenen Reinigungsmodule ist es nun möglich, gezielt Flä-

chen der Komponente **40** zu reinigen, ohne das die Komponente **41** wesentlich mit atomarem Wasserstoff in Kontakt kommt. Dazu wird zunächst, wie bisher auch, an einem Heizdraht atomarer Wasserstoff erzeugt (siehe Fig. 5, Schritt **101**). Im vorliegenden Beispiel wird anschließend der atomare Wasserstoff ionisiert (Schritt **103**). Dies geschieht vorzugsweise durch Stoßionisation oder elektrische Feldionisation. Bei der Stoßionisation kann es sich insbesondere auch um Ionisierung mit hochenegetischen Photonen, beispielsweise aus dem ultravioletten oder dem Röntgenwellenlängenbereich handeln. Der Wasserstoffstrahl mit einem hohen Anteil an Wasserstoffionen wird zum Kühlen und Ablenken des Strahls in Richtung auf die zu reinigende Fläche über ein gekühltes Ablenkelement gelenkt (Schritt **105**), wobei das Ablenkelement positiv geladen ist. Anschließend werden Ionen einer bestimmten Energie mittels eines elektromagnetischen Feldes herausgefiltert (Schritt **107**), um je nach zu reinigender Oberfläche und je nach zu entfernender Kontamination eine chemische und/oder mechanische Reinigung der zu reinigenden Fläche durchzuführen. Mit diesem speziell präparierten Wasserstoffionenstrahl wird nun die zu reinigende Fläche einer Komponente innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung mit Ionen einer bestimmten Energie abgerastert (Schritt **109**).

[0036] Dies ist in Fig. 4b anhand der Komponenten **41**, **40** skizziert. Mit dem hier beschriebenen Verfahren ist es nun möglich, gezielt einzelne Flächen **43** bis **47** abzurastern. Die Rasterrichtung wird durch die Pfeile symbolisiert und ist beliebig. Die Komponente **41** wird nunmehr nicht mit Wasserstoffionen beaufschlagt. Durch Anlegen zusätzlicher Magnetfelder können außerdem Flächenbereiche erreicht werden, die im von der Komponente **41** abgeschatteten Bereich liegen. Mit Hilfe des preparierten und lenkbaren Wasserstoffionenstrahls lässt sich die Reinigung an den jeweils tatsächlichen Reinigungsbedarf anpassen. Anstatt undifferenziert große Flächenbereiche zu reinigen, wird der Wasserstoffstrahl lediglich auf die Flächenbereiche **43** bis **47** mit zu entfernender Kontamination gelenkt. Außerdem ist der Wasserstoffstrahl energetisch so präpariert, dass die benötigte Reinigungsleistung erreicht wird. Dabei wird die Reinigungsleistung nicht nur durch die Energie der Wasserstoffionen bestimmt, sondern auch über die Geschwindigkeit, mit der ein Flächenbereich **43** bis **47** abgerastert wird.

[0037] Es sei darauf hingewiesen, dass nicht nur ionisierter Wasserstoff für die hier beschriebene schonende und zielgerichtete Reinigung geeignet ist, sondern jegliche geladene Teilchen, insbesondere Ionen von Atomen oder Molekülen, die mit der zu entfernenden Kontamination zu flüchtigen Verbindungen reagieren.

Bezugszeichenliste

10	EUV-Lithographievorrichtung
11	Strahlformungssystem
12	EUV-Strahlungsquelle
13a	Monochromator
13b	Kollimator
14	Beleuchtungssystem
15	erster Spiegel
16	zweiter Spiegel
17	Maske
18	dritter Spiegel
19	vierter Spiegel
20	Projektionssystem
21	Wafer
22–24	Vakuumkammer
25–27	Reinigungsmodul
28	Wasserstoffzufuhr
29	Heizdraht
30	Gehäuse
31, 32	Wasserstoffstrom
33	Ablenkelement
34	Kühleinrichtung
35	Komponente
36	Ionisierungseinrichtung
37	Platte
38	elektrisches Feld
39	magnetisches Feld
40, 41	Komponente
42–48	Fläche
101–109	Verfahrensschritte

Patentansprüche

1. Reinigungsmodul für eine EUV-Lithographievorrichtung mit einer Zuleitung für molekularen Wasserstoff und einem Heizdraht zur Herstellung von atomarem Wasserstoff zu Reinigungszwecken, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Strömungsrichtung des Wasserstoffs (**31**, **32**) hinter dem Heizdraht (**29**) Mittel (**33**, **37**) zum Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes (**38**, **39**) angeordnet sind.

2. Reinigungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung des Wasserstoffs hinter dem Heizdraht (**29**) eine Ionisierungseinrichtung (**36**) angeordnet ist.

3. Reinigungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Mittel zum Anlegen eines elektrischen Feldes ein Ablenkelement (**33**) in Strömungsrichtung des Wasserstoffs hinter dem Heizdraht (**29**) angeordnet ist, das auf einem positiven Spannungspotential liegt.

4. Reinigungsmodul nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass am Ablenkelement (**33**) eine Kühleinrichtung (**34**) angeordnet ist.

5. Reinigungsmodul nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Ablenkelement (**33**) bewegbar gelagert ist.

6. EUV-Lithographievorrichtung mit mindestens einem Reinigungsmodul (**25**, **26**, **27**) gemäß einem der Ansprüchen 1 bis 5.

7. Projektionssystem für eine EUV-Lithographievorrichtung mit mindestens einem Reinigungsmodul (**27**) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5.

8. Belichtungssystem für eine EUV-Lithographievorrichtung mit mindestens einem Reinigungsmodul (**26**) gemäß den Ansprüchen 1 bis 5.

9. Verfahren zum Reinigen einer Komponente innerhalb von EUV-Lithographievorrichtungen mit den Schritten
– Erzeugen von atomarem Wasserstoff an einem Heizdraht und
– Ablenken des atomaren Wasserstoffs mittels eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes auf die zu reinigende Komponente.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserstoff vor dem Ablenken zusätzlich ionisiert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserstoff derart abgelenkt wird, dass die zu reinigende Komponente gezielt abgerastert wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

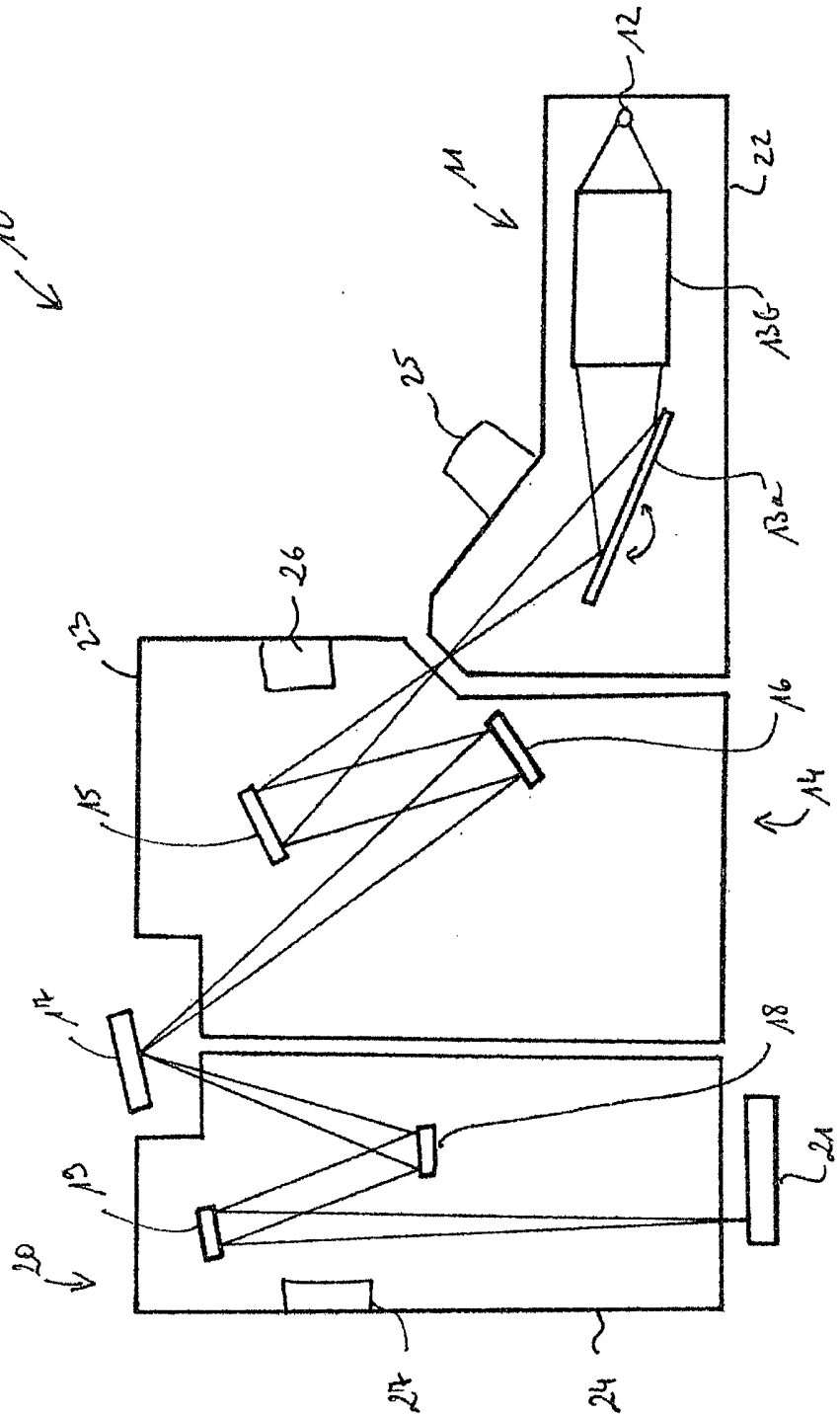


FIG. 1

Fig. 2a

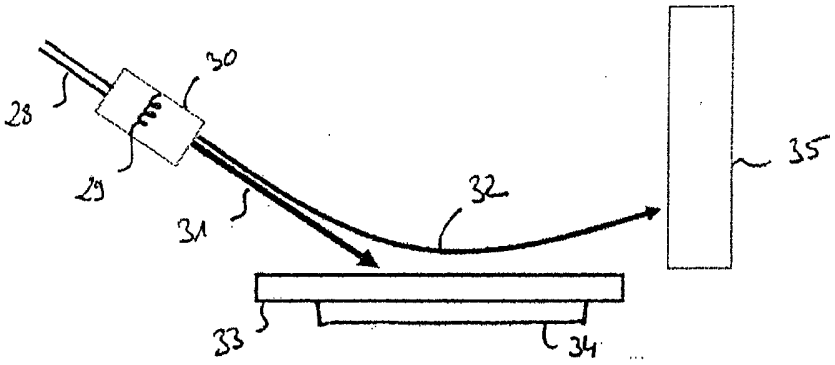


Fig. 2b

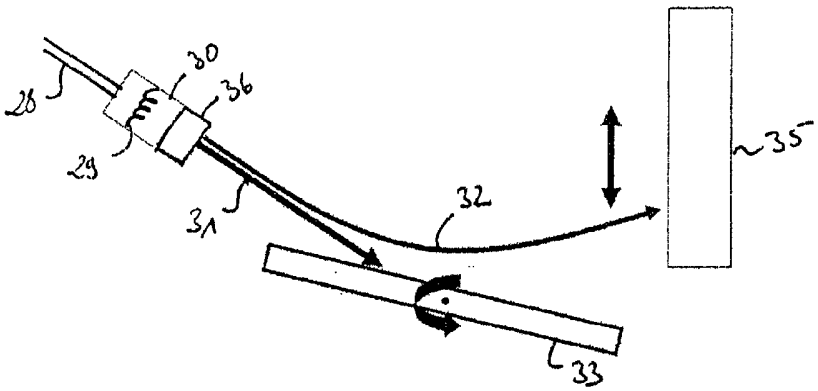


Fig. 3

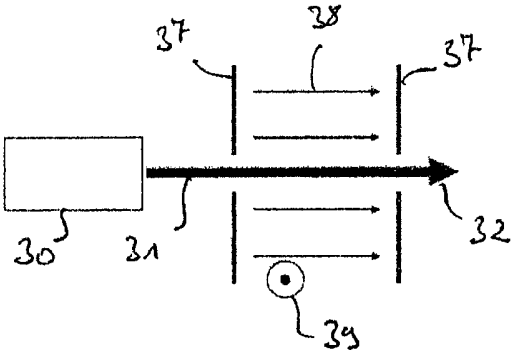


Fig. 4a

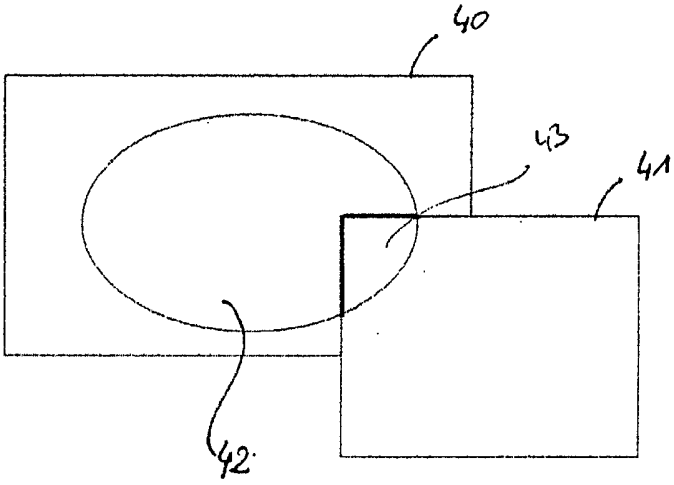


Fig. 4b

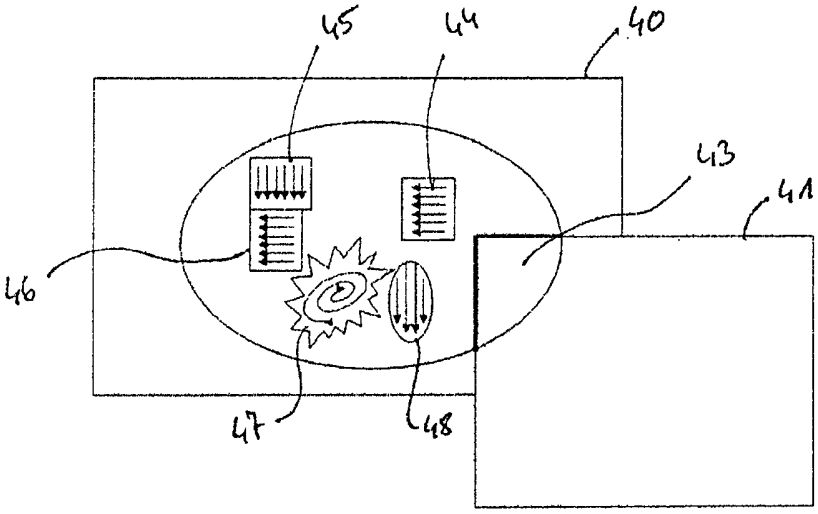
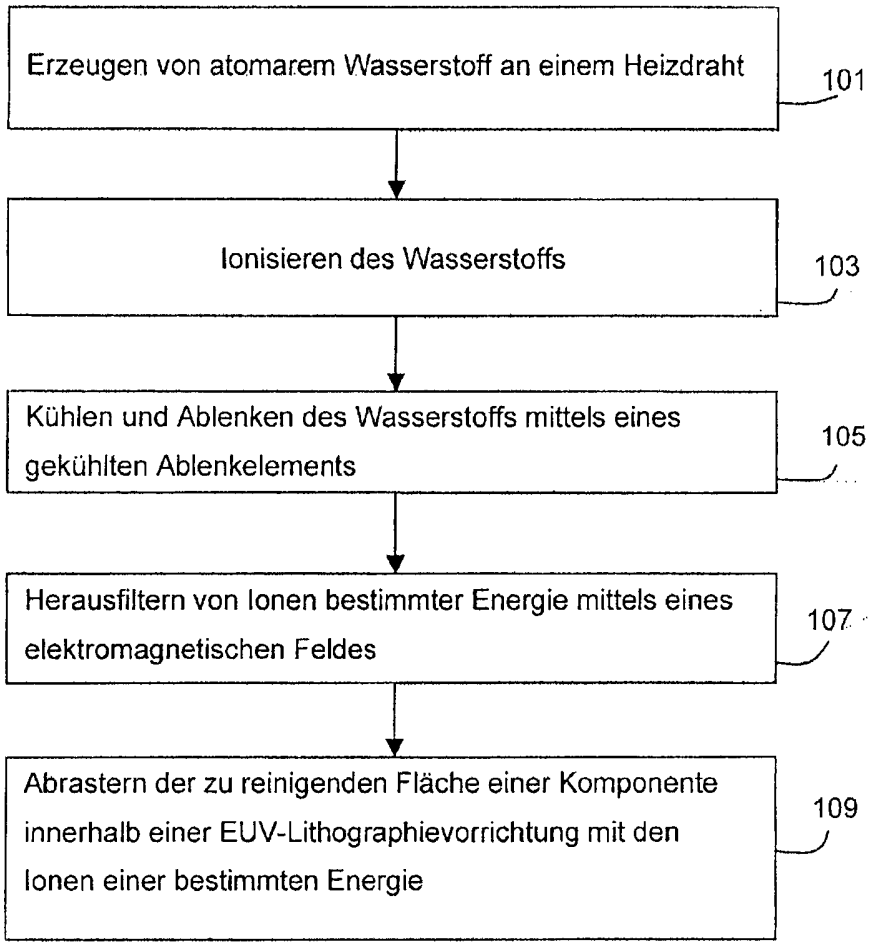


Fig. 5


Erzeugen von atomarem Wasserstoff an einem Heizdraht
101
Ionisieren des Wasserstoffs
103
Kühlen und Ablenken des Wasserstoffs mittels eines gekühlten Ablenkelements
105
Herausfiltern von Ionen bestimmter Energie mittels eines elektromagnetischen Feldes
107
Abrastern der zu reinigenden Fläche einer Komponente innerhalb einer EUV-Lithographievorrichtung mit den Ionen einer bestimmten Energie
109