(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
04. April 2024 (04.04.2024)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/068138 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G03F 7/20 (2006.01) *G02B 27/64* (2006.01)
G02B 7/18 (2021.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/072998

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. August 2023 (22.08.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 125 354.6
30. September 2022 (30.09.2022) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE]; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE). **ASML NETHERLANDS B.V.** [NL/NL]; De Run 6501, 5504 DR Veldhoven (NL).

(72) Erfinder: **FETZER, Matthias**; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE). **METTENLEITER, Luca**; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE). **STEIJNS, Richard**; De Run 6501, 5504 DR Veldhoven (NL).

(74) Anwalt: **HORN KLEIMANN WAITZHOFER PATENTANWÄLTE PARTG MBB**; Theresienhöhe 12, 80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,

(54) **Title:** COOLING DEVICE FOR COOLING A POSITION-SENSITIVE COMPONENT OF A LITHOGRAPHY SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** KÜHLVORRICHTUNG ZUM KÜHLEN EINER POSITIONSSENSITIVEN KOMPONENTE EINER LITHOGRAPHIEANLAGE

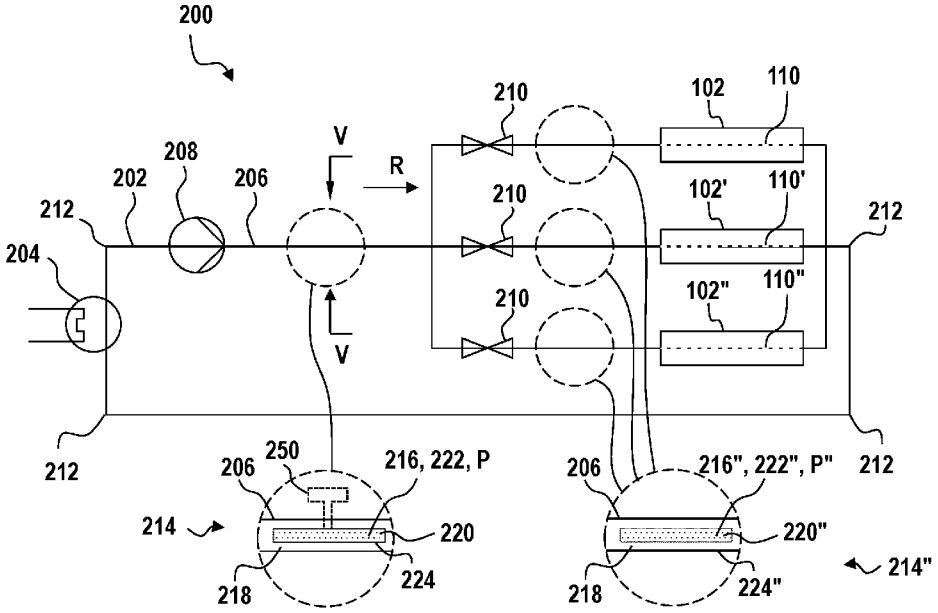

Fig. 3

(57) **Abstract:** A cooling device (200) for cooling a position-sensitive component (102) of a lithography system (1), comprising a cooling line (206) with a liquid chamber (218) for conducting a cooling liquid (112) to the position-sensitive component (102) and a gas chamber (220) for receiving a gas (222), and an elastic separating membrane (224) which is arranged inside the cooling line (206) and separates the gas chamber (220) from the liquid chamber (218).

(57) **Zusammenfassung:** Kühlvorrichtung (200) zum Kühlen einer positionssensitiven Komponente (102) einer Lithographieanlage (1), aufweisend eine Kühlleitung (206) mit einem Flüssigkeitsraum (218) zum Transportieren einer Kühlflüssigkeit (112) zu der positionssensitiven Komponente (102) und einem Gasraum (220) zum Aufnehmen eines Gases (222), und eine innerhalb der Kühlleitung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2024/068138 A1

LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

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

— *in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.*

(206) angeordnete elastische Trennmembran (224), die den Gasraum (220) von dem Flüssigkeitsraum (218) abtrennt.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung zum Kühlen einer positionssensitiven Komponente einer Lithographieanlage, eine entsprechende Lithographieanlage und ein Verfahren zum Betreiben einer Kühlvorrichtung einer Lithographieanlage.

Der Inhalt der Prioritätsanmeldung DE 10 2022 125 354.6 wird durch Bezugnahme vollumfänglich miteinbezogen

Die Mikrolithographie wird zur Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente, wie beispielsweise integrierter Schaltkreise, angewendet. Der Mikrolithographieprozess wird mit einer Lithographieanlage durchgeführt, welche ein Beleuchtungssystem und ein Projektionssystem aufweist. Das Bild einer mittels des Beleuchtungssystems beleuchteten Maske (Retikel) wird hierbei mittels des Projektionssystems auf ein mit einer lichtempfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes und in der Bildebene des Projektionssystems angeordnetes Substrat, beispielsweise einen Siliziumwafer, projiziert, um die Maskenstruktur auf die lichtempfindliche Beschichtung des Substrats zu übertragen.

Getrieben durch das Streben nach immer kleineren Strukturen bei der Herstellung integrierter Schaltungen werden derzeit EUV-Lithographieanlagen entwickelt, welche Licht mit einer Wellenlänge im Bereich von 0,1 nm bis 30 nm, insbesondere 13,5 nm, verwenden. Da die meisten Materialien Licht dieser Wellenlänge absorbieren, müssen bei solchen EUV-Lithographieanlagen reflektierende Optiken, das heißt Spiegel, anstelle von - wie bisher - brechenden Optiken, das heißt Linsen, eingesetzt werden.

Die Anforderungen an die Genauigkeit und Präzision der Abbildungseigenschaften von Lithographieanlagen steigen ständig an. Aus dynamischer Sicht gilt es im Zuge dessen den Einfluss von Störeinträgen auf die Bewegung verschiedener positionssensitiver Bauteile der Lithographieanlage zu minimieren. Beispielsweise ist eine sehr genaue Positionierung von optischen Komponenten, insbesondere Spiegeln, der Lithographieanlage erforderlich. Dynamische Störanregungen von optischen Komponenten können zum Beispiel durch die Bewegung anderer Bauteile der Lithographieanlage oder durch akustische Störungen erzeugt werden. Akustische Störungen werden beispielsweise als Druckschwankungen von Kühlflüssigkeiten in Kühlleitungen einer Kühlvorrichtung der Lithographieanlage an positionssensitive Bauteile der Lithographieanlage übertragen.

Mit weiterer Zunahme der Komplexität von Lithographieanlagen sind weitere dynamische Störanregungen innerhalb und außerhalb des Systems zu erwarten, sodass zusätzliche Mechanismen für deren Unterdrückung bzw. Kompensierung wünschenswert und erforderlich sind.

Vor diesem Hintergrund besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine verbesserte Kühlvorrichtung für eine Lithographieanlage, eine entsprechende Lithographieanlage und ein Verfahren zum Betreiben einer Kühlvorrichtung einer Lithographieanlage bereitzustellen.

Gemäß einem ersten Aspekt wird eine Kühlvorrichtung zum Kühlen einer positionssensitiven Komponente einer Lithographieanlage vorgeschlagen. Die Kühlvorrichtung weist auf:

eine Kühlleitung mit einem Flüssigkeitsraum zum Transportieren einer Kühlflüssigkeit zu der positionssensitiven Komponente und einem Gasraum zum Aufnehmen eines Gases, und

eine innerhalb der Kühlleitung angeordnete elastische Trennmembran, die den Gasraum von dem Flüssigkeitsraum abtrennt.

Durch Einbringen eines komprimierbaren Gasvolumens innerhalb der Kühlleitung können Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit gedämpft werden. Damit kann eine Ausbreitung von Druckschwankungen über die Kühlflüssigkeit deutlich verringert werden. Insbesondere ist die elastische Trennmembran dazu eingerichtet, sich zu verformen und dadurch ein Volumen des Flüssigkeitsraums auf Kosten eines Volumens des Gasraums zu verändern.

Beispielsweise führt eine Druckerhöhung der Kühlflüssigkeit, im Querschnitt der Kühlleitung gesehen, zu einer Verformung der Trennmembran in den ursprünglichen Gasraum hinein, sodass sich das Volumen des Flüssigkeitsraums vergrößert und gleichzeitigt das Volumen des Gasraums entsprechend verkleinert. Somit kann eine Druckerhöhung der Kühlflüssigkeit durch Ausdehnen der Flüssigkeit im Flüssigkeitsraum und Komprimieren des Gases im Gasraum gedämpft werden.

Analog verhält es sich bei einer Druckverkleinerung der Kühlflüssigkeit im Flüssigkeitsraum der Kühlleitung, die zu einer Vergrößerung des Volumens des Gasraums führt. Dadurch kann sich das Gas im Gasraum ausdehnen und die Kühlflüssigkeit im Flüssigkeitsraum wird komprimiert, wodurch die Druckverkleinerung der Kühlflüssigkeit gedämpft wird.

Entsprechend können auch periodische Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit mithilfe des komprimierbaren Gasvolumens gedämpft werden.

Die positionssensitive Komponente der Lithographieanlage kann eine optische oder eine mechanische Komponente der Lithographieanlage, z. B. einer Projektionsoptik der Lithographieanlage, sein. Die positionssensitive Komponente ist insbesondere ein Bauteil, das im Betrieb der Lithographieanlage mit nur kleinen Toleranzen auf einer genauen Position gehalten werden muss.

Die positionssensitive Komponente der Lithographieanlage ist beispielsweise ein Spiegel der Lithographieanlage, z. B. ein Spiegel der Projektionsoptik der Lithographieanlage. Die Spiegel einer Projektionsoptik einer EUV-Lithographieanlage sind üblicherweise mittels Aktoren an einem Tragrahmen beweglich befestigt, um eine Position des jeweiligen Spiegels genau anpassen zu können.

Die positionssensitive Komponente der Lithographieanlage kann auch eine Rahmenstruktur sein, die als (z. B. optische) Referenz dient. Die positionssensitive Komponente kann zum Beispiel ein Sensorrahmen der Lithographieanlage, z. B. der Projektionsoptik der Lithographieanlage, sein. Ein Sensorrahmen weist üblicherweise eine Sensorvorrichtung zum Messen einer aktuellen Position einer oder mehrerer optischer Komponenten der Lithographieanlage relativ zu dem Sensorrahmen auf. Der Sensorrahmen ist beispielsweise bezüglich eines Tragrahmens der optischen Komponente(n) schwingungsentkoppelt gelagert. Die Sensorvorrichtung umfasst z. B. einen oder mehrere Sensoren, wie zum Beispiel Interferometer und/oder andere Messvorrichtungen zum Erfassen einer Position der optischen Komponente(n). Die optische Komponente(n) kann/können beispielsweise Reflektorelemente aufweisen zum Reflektieren eines von den Sensoren ausgesendeten Lichts (z. B. Laserlichts). Beispielswiese dienen der eine oder die mehreren Sensoren zum Erfassen einer Position der optischen Komponente(n) in sechs Freiheitsgraden. Die sechs Freiheitsgrade umfassen insbesondere drei Translationsfreiheitgrade (z. B. in drei zueinander senkrechten Raumrichtungen) und drei Rotationsfreiheitgrade (z. B. bezüglich einer Rotation um die drei zueinander senkrechten Raumrichtungen).

Durch die vorgeschlagene Kühlvorrichtung mit dem in der Kühlleitung integrierten komprimierbaren Gasvolumen können Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit gedämpft werden und eine Übertragung an die positionssensitive Komponente reduziert oder vermieden werden. Folglich kann eine größere Präzession

der Position und damit der optischen Eigenschaften bzw. der Referenzeigenschaften der positionssensitiven Komponente erreicht werden. Folglich kann eine Abbildungseigenschaft der Lithographieanlage verbessert werden. Zudem können Störanregung auch bei zunehmend komplexer werdenden Lithographieanlagen mit einer zunehmenden Anzahl an Störquellen besser kompensiert werden.

Die Lithographieanlage ist zum Beispiel eine EUV- oder eine DUV-Lithographieanlage. Dabei steht EUV für "extremes Ultraviolett" (Engl.: extreme ultraviolet, EUV) und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts im Bereich von 0,1 nm bis 30 nm, insbesondere 13,5 nm. Weiterhin steht DUV für "tiefes Ultraviolett" (Engl.: deep ultraviolet, DUV) und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 30 nm und 250 nm.

Die EUV- oder DUV-Lithographieanlage umfasst ein Beleuchtungssystem und ein Projektionssystem. Insbesondere wird mit der EUV- oder DUV-Lithographieanlage das Bild einer mittels des Beleuchtungssystems beleuchteten Maske (Retikel) mittels des Projektionssystems auf ein mit einer lichtempfindlichen Schicht (Photoresist) beschichtetes und in der Bildebene des Projektionssystems angeordnetes Substrat, beispielsweise einen Siliziumwafer, projiziert, um die Maskenstruktur auf die lichtempfindliche Beschichtung des Substrats zu übertragen.

Die Kühlleitung ist beispielsweise eine Rohrleitung zum Durchleiten der Kühlflüssigkeit. Die Kühlleitung weist beispielsweise ein Metallrohr und/oder ein Edelstahlrohr auf. Die Kühlleitung kann beispielsweise einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen. Die Kühlflüssigkeit ist oder umfasst beispielsweise Wasser. Die Kühlleitung dient beispielsweise zum Transportieren der Kühlflüssigkeit zu und/oder von der positionssensitiven Komponente. Die Kühlleitung dient beispielsweise zum Transportieren der Kühlflüssigkeit von einer Kühleinheit der Kühlvorrichtung zu der positionssensitiven Komponente und/oder von der

positionssensitiven Komponente (zurück) zur Kühleinheit. Die Kühlvorrichtung kann auch mehr als eine Kühlleitung aufweisen.

Die Kühlvorrichtung dient insbesondere zur Vermeidung hoher Temperaturen und Temperaturschwankungen der positionssensitiven Komponente.

Insbesondere Spiegel einer EUV-Lithographieanlage (als Beispiel für positionssensitive Komponenten) erwärmen sich infolge einer Absorption der energiereichen EUV-Strahlung. Dadurch hervorgerufene hohe Temperaturen und Temperaturschwankungen im Spiegel und damit einhergehende thermische Verformungen des Spiegels können zu Wellenfrontaberrationen führen und damit die Abbildungseigenschaften der Spiegel beeinträchtigen. Zur Vermeidung von thermisch induzierten Deformationen können Spiegel der Lithographieanlage aktiv gekühlt werden.

Die Kühlvorrichtung kann auch (zusätzlich oder stattdessen) zum Kühlen beispielsweise eines Sensorrahmens (als Beispiel einer positionssensitiven Komponente) dienen. Dadurch kann eine Erwärmung des Sensorrahmens durch Wärmestrahlung verhindert werden. Wärmestrahlung wird insbesondere durch von Spiegeloberflächen oder Strukturelementen absorbiertes Arbeitslicht der Lithographieanlage verursacht. Weitere Wärmequellen können beispielsweise Aktoren und Heizköpfe sein. Mithilfe der Kühlvorrichtung kann eine stabile Temperaturumgebung für den Sensorrahmen geschaffen werden. Dadurch kann eine Positionsmessung des Spiegels oder der mehreren Spiegel mit Hilfe der von dem Sensorrahmen gehaltenen Sensorvorrichtung mit einer höheren Genauigkeit durchgeführt werden.

Die Kühlvorrichtung umfasst ferner beispielsweise eine Kühleinheit zum Kühlen der Kühlflüssigkeit, ein oder mehrere Pumpen zum Erzeugen einer

erforderlichen Kühlmittelflussrate der Kühlflüssigkeit und ein oder mehrere Ventile zum Steuern des Kühlflusses.

Zur Kühlung wird eine bestimmte Kühlmittelflussrate benötigt, welche über ein Pumpensystem realisiert wird. Dadurch kommt es zu einer dynamischen Störanregung, denn jede Pumpe erzeugt lokale Druckschwankungen. Diese werden über einen Kühlmittelschall (Wasserschall, longitudinale Wasserschallwelle) durch den gesamten Kühlkreislauft übertragen. Weiterhin kann jede Querschnittsänderung und jede Umlenkung der Flüssigkeitsleitung sowie jedes eingebaute Ventil des Kühlkreislaufs eine Störquelle darstellen, die lokale Druckschwankungen der Flüssigkeit verursacht. Diese Art von dynamischen Störanregungen wird auch flussinduzierte Vibrationen (Engl. "Flow Induced Vibrations", FIV) genannt. Durch Wasserschall wird die Störanregung an die gekühlte positionssensitive Komponente weitergeleitet. Dies verursacht, dass die Position der positionssensitiven Komponente von einer Sollposition abweicht. Insbesondere wirkt ein Druckstoß der Kühlflüssigkeit auf Flächen der gekühlten positionssensitiven Komponente ein. Der Druckstoß wird an den Flächen, auf die er wirkt, in eine Kraft gewandelt. Aufgrund dieser Kraft kommt es zu einer Abweichung der Position der positionssensitiven Komponente von der Sollposition.

Der Flüssigkeitsraum der Kühlleitung ist im Inneren der Kühlleitung angeordnet und dient zum Durchströmen der Kühlflüssigkeit. Weiterhin ist der Gasraum im Inneren der Kühlleitung angeordnet und dient zum Aufnehmen eines Gases. Durch die elastische Trennmembran, die den Flüssigkeitsraum vom Gasraum abtrennt, ist ein Volumen des Flüssigkeitsraums und des Gasraums variable. Folglich ist durch die elastische Trennmembran ein Volumen der Kühlflüssigkeit und ein Volumen des Gases variable.

Im Betrieb der Kühlvorrichtung, z. B. im Betrieb der Lithographieanlage, ist der Flüssigkeitsraum im Querschnitt der Kühlleitung gesehen beispielsweise vollständig von der Kühlflüssigkeit ausgefüllt. Weiterhin ist beispielsweise der

Gasraum im Querschnitt der Kühlleitung gesehen vollständig von dem Gas ausgefüllt.

Die elastische Trennmembran ist insbesondere dazu eingerichtet, zusammen mit einem im Gasraum aufgenommenen Gas eine Gasblase zu bilden. Die Gasblase ist in Bezug auf eine zentrale Längsachse der Flüssigkeitsleitung beispielsweise eine axiale Gasblase.

Die elastische Trennmembran ist insbesondere (reversibel) verformbar zur Anpassung des Volumens des Flüssigkeitsraums und damit der Kühlflüssigkeit an einen Druck der Kühlflüssigkeit im Flüssigkeitsraum.

Die elastische Trennmembran ist beispielsweise flüssigkeitsdicht und/oder gasdicht.

Die elastische Trennmembran weist beispielsweise ein (z. B. dünnwandiges) elastisches Material auf. Ein Material der elastischen Trennmembran umfasst zum Beispiel Polyurethan, Silikon, Gummi, Kautschuk, Naturkautschuk, Silikonkautschuk, Fluorkautschuk und/oder ein anderes elastisches Material. Fluorkautschuk ist aufgrund seiner Alterungsbeständigkeit und geringen Ausgasung besonders gut für eine Anwendung im Vakuum geeignet. Ein Material der elastischen Trennmembran kann zum Beispiel auch ein Fluorthermoplast umfassen, wie beispielsweise Tetrafluoroethylen, Hexafluoropropylen und/oder Vinyliden Fluorid.

Durch das elastische Material (z. B ein hochgedämpftes Polymer) kann zusätzlich zur Komprimierung des damit abgetrennten Gasvolumens eine weitere Dämpfung von Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit bereitgestellt werden.

Der Gasraum kann ein abgeschlossener Gasraum sein zur Aufnahme eines Gases in einem statischen Zustand. Alternativ kann der Gasraum auch Teil eines Gaskreislaufs sein, bei dem das Gas im Betrieb durch den Gasraum strömt. Beispielsweise kann in diesem Fall ein Gasfluss mithilfe einer Gaspumpe realisiert werden.

Bei dem Gas handelt es sich zum Beispiel um ein Gas, das Luft, hochreine Raumluft, Helium und/oder ein oder mehrere Edelgase umfasst.

In Ausführungsformen umfasst die Kühlvorrichtung ein Gas, das in dem Gasraum aufgenommen ist. Beispielsweise ist der Gasraum in diesen Ausführungsformen ein abgeschlossener Gasraum, in dem das Gas (z. B. dauerhaft) verbleibt.

In Ausführungsformen ist die Kühlleitung mit dem integrierten Gasvolumen dazu eingerichtet, Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit in einem Frequenzbereich von 1 bis 2 kHz, 1 bis 1 kHz, 1 bis 800 Hz, 1 bis 500 Hz, 1 bis 400 Hz, 1 bis 200 Hz, 1 bis 100 Hz und/oder 50 bis 150 Hz zu dämpfen und/oder zu unterdrücken.

Gemäß einer Ausführungsform ist die elastische Trennmembran eine Druckmembran, welche dazu eingerichtet ist, sich bei einer Druckänderung der Kühlflüssigkeit zu verformen, sodass sich ein Volumen des Gasraums entsprechend ändert.

Insbesondere verformt sich die Trennmembran bei einer Druckänderung der Kühlflüssigkeit entsprechend der Druckänderung. Das Gas im Gasraum wird als Folge insbesondere komprimiert oder dehnt sich aus.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der von der elastischen Trennmembran abgetrennte Gasraum im Querschnitt der Kühlleitung gesehen rotationssymmetrisch.

Durch eine rotationssymmetrische Ausgestaltung des Gasraums und damit des Gasvolumens gleichen sich alle wirkenden Kräfte auf die von der Trennmembran und dem Gas in dem Gasraum gebildeten Gasblase aus und es liegt ein kräftefreies System vor.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind der Flüssigkeitsraum und der mittels der elastischen Trennmembran von dem Flüssigkeitsraum abgetrennte Gasraum im Querschnitt der Kühlleitung gesehen koaxial angeordnet.

Dadurch ist eine noch bessere Dämpfung einer Druckschwankung durch das Gasvolumen möglich.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der Gasraum im Querschnitt der Kühlleitung gesehen und in Bezug auf den Flüssigkeitsraum ein innenliegender Gasraum oder ein außenliegender Gasraum.

Der Vorteil eines innenliegenden Gasraums und damit eines innenliegenden komprimierbaren Gasvolumens ist, dass das Gasvolumen dort angeordnet ist, wo die größte Strömungsgeschwindigkeit der Kühlflüssigkeit auftritt. Somit ist eine Dämpfung von Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit besonders effektiv.

Der Vorteil eines außenliegenden Gasraums ist, dass der Gasraum einfacher von außen zugänglich ist und somit das Gas leichter eingefüllt und/oder nachgefüllt werden kann. Beispielsweise kann das Gas über eine Öffnung und/oder ein Ventil in einer Wand der Kühlleitung in den Gasraum geführt werden.

Bei einem innenliegenden Gasraum wird der Gasraum beispielsweise ausschließlich durch die Trennmembran begrenzt, nicht aber durch eine Innenwand der Kühlleitung.

Bei einem außenliegender Gasraum wird der Gasraum beispielsweise sowohl durch die Trennmembran als auch durch eine Innenwand der Kühlleitung begrenzt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Kühlvorrichtung einen die elastische Trennmembran umfassenden elastischen Schlauch zur Bildung des Gasraums auf.

Dies ermöglicht eine besonders einfache Realisierung eines in eine Kühlleitung integrierten Gasvolumens.

Beispielsweise wird der Gasraum innerhalb des Schlauchs gebildet (ein Beispiel eines innenliegenden Gasraums). Dann wird der Flüssigkeitsraum entsprechend außerhalb des Schlauchs (z. B. zwischen einer Außenseite des Schlauchs und einer Innenwand der Kühlleitung) gebildet.

Alternativ kann der Gasraum beispielsweise auch außerhalb des Schlauchs (ein Beispiel eines außenliegenden Gasraums) gebildet sein (z. B. zwischen einer Außenseite des Schlauchs und einer Innenwand der Kühlleitung). Dann wird der Flüssigkeitsraum entsprechend innerhalb des Schlauchs gebildet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Kühlvorrichtung mindestens einen zwischen der elastischen Trennmembran und einer Innenwand der Kühlleitung angeordneten Abstandshalter auf.

Durch den mindestens einen Abstandshalter kann eine Anordnung der elastischen Trennmembran innerhalb der Kühlleitung, beispielsweise auch im Betrieb der Kühlvorrichtung, verbessert werden. Beispielsweise kann eine Bewegung der elastischen Trennmembran innerhalb der Kühlleitung, insbesondere im Betrieb der Kühlvorrichtung, eingeschränkt werden (ohne jedoch eine Verformung der elastischen Trennmembran einzuschränken). Beispielsweise kann eine Position des Gasraums relativ zu dem Flüssigkeitsraum eingegrenzt werden. Beispielsweise kann eine rotationssymmetrische und/oder koaxiale Anordnung des Gasraums relativ zu dem Flüssigkeitsraum auch im Betrieb (z. B. im Wesentlichen) beibehalten werden.

Der mindestens eine Abstandshalter ist beispielsweise im Gasraum oder im Flüssigkeitsraum angeordnet.

Die Kühlvorrichtung kann auch mehrere Abstandshalter aufweisen. Die mehreren Abstandshalter können (z. B. radial) an einer Längsposition der Kühlleitung und/oder (z. B. voneinander beabstandet) an mehreren Längspositionen der Kühlleitung angeordnet sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Kühlvorrichtung mehrere Abstandshalter auf, welche durch an einer Außenseite der elastischen Trennmembran angeordnete Noppen gebildet werden.

Die Noppen (z. B. Vorsprünge) stehen insbesondere von einer Außenseite der elastischen Trennmembran, z. B. in Richtung der Innenwand der Kühlleitung und/oder in einer radialen Richtung der Kühlleitung, hervor. Die Noppen können beispielsweise aus demselben Material wie die Trennmembran gebildet sein. Die Trennmembran mit den Noppen kann beispielsweise auch einstückig hergestellt sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Kühlvorrichtung Befestigungsmittel zur Befestigung der elastischen Trennmembran an einer Innenwand der Kühlleitung auf.

Dadurch kann eine Position der Trennmembran innerhalb der Kühlleitung eingeschränkt und/oder fixiert werden. Die Befestigungsmittel können beispielsweise auch den mindestens einen Abstandshalter umfassen oder bilden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Kühlvorrichtung eine Einrichtung zum Einstellen eines Drucks eines Gases in dem Gasraum auf.

Damit kann ein Gasdruck (Vorspanndruck) eines Gases in dem Gasraum und damit eine Dämpfungsfrequenz des Gasvolumens gezielt eingestellt werden. Der eingestellte Gasdruck ist insbesondere ein Gasdruck in einem Ruhezustand (d.h. einem unverformten Zustand) der Trennmembran. Eine Dämpfungswirkung des Gasvolumens ist insbesondere von einem Relativdruck zwischen dem Gasdruck des Gasvolumens und einem Druck der Flüssigkeit abhängig.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Kühlvorrichtung zwei oder mehr innerhalb der Kühlleitung angeordnete elastische Trennmembrane auf, welche entsprechend zwei oder mehr voneinander und von dem Flüssigkeitsraum abgetrennte Gasräume bilden.

Durch Bereitstellen mehrerer separater (z. B. abgeschlossener) Gasräume und damit Gasvolumina kann eine Dämpfung von Druckschwankungen noch gezielter erfolgen. Beispielsweise kann ein Gasdruck eines Gases in den mehreren Gasräumen voneinander verschieden sein, sodass Druckstöße mit unterschiedlichen Frequenzen gedämpft werden können.

Beispielsweise können auch Gasräume und damit Gasvolumina gezielt für einzelne positionssensitive Komponenten ausgelegt sein. Zum Beispiel kann ein Gasdruck eines Gases in einem jeweiligen Gasraum gezielt für die Dämpfung einer Störanregung einer jeweiligen positionssensitiven Komponente eingestellt sein. Zum Beispiel kann ein jeweiliger Gasraum benachbart und in Bezug auf eine Strömungsrichtung (Flussrichtung) der Kühlflüssigkeit (z. B. unmittelbar) vor einer jeweiligen positionssensitiven Komponente angeordnet sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die zwei oder mehr Gasräume, im Querschnitt der Kühlleitung gesehen, voneinander und von dem Flüssigkeitsraum abgetrennt, und/oder

sind die zwei oder mehr Gasräume in Bezug auf eine Strömungsrichtung der Kühlflüssigkeit voneinander und von dem Flüssigkeitsraum abgetrennt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die zwei oder mehr Gasräume in Bezug auf eine Strömungsrichtung der Kühlflüssigkeit voneinander und von dem Flüssigkeitsraum abgetrennt, weist die Kühlvorrichtung in jedem der zwei oder mehr Gasräume ein Gas auf, und haben die jeweiligen Gase voneinander verschiedene Drücke.

Beispielsweise umfasst die Kühlvorrichtung eine oder mehrere Einrichtungen, die zum Einstellen eines Drucks eines Gases in dem jeweiligen Gasraum eingerichtet ist/sind. Damit kann z. B. in jedem Gasraum ein Gasdruck und damit eine Dämpfungsfrequenz gezielt eingestellt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Kühlvorrichtung ein schaumartiges und/oder schwammartiges Element mit mehreren Blasen und einem die mehreren Blasen umgebenden elastischen Material auf, wobei der Gasraum durch die mehreren Blasen des schaumartigen und/oder schwammartigen Elements gebildet

wird, und die Trennmembran durch das die mehreren Blasen umgebende elastische Material gebildet wird.

Durch das schaumartige und/oder schwammartige Element kann der mit der Trennmembran abgetrennte Gasraum auf eine alternative Weise bereitgestellt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet, dass eine Kühlflüssigkeit in einer Strömungsrichtung durch die Kühlleitung strömt, und verjüngt sich ein Durchmesser der Kühlleitung entlang der Strömungsrichtung.

Durch diese veränderte Form der Kühlleitung kann Einfluss auf die Strömungsgeschwindigkeit der Kühlflüssigkeit genommen werden und somit ein Frequenzbereich der Dämpfung eingestellt werden.

Beispielsweise verjüngt sich der Durchmesser der Kühlleitung gleichmäßig entlang der Strömungsrichtung.

Beispielsweise erstreckt sich die Kühlleitung (z. B. geradlinig) in einer Längsrichtung und strömt die Kühlflüssigkeit entlang der Längsrichtung durch die Kühlleitung. Beispielsweise verjüngt sich der Durchmesser der Kühlleitung entlang der Längsrichtung. Alternativ kann die Kühlleitung auch gekrümmt sein, z. B. auch wendelförmig (oft auch spiralförmig genannt) verlaufen. Beispielsweise verjüngt sich der Durchmesser der Kühlleitung entlang der wendelförmig gekrümmten Kühlleitung.

Gemäß einem zweiten Aspekt wird eine Lithographieanlage, insbesondere eine EUV-Lithographieanlage vorgeschlagen. Die Lithographieanlage umfasst eine wie vorstehend beschriebene Kühlvorrichtung.

Die Lithographieanlage weist beispielsweise mindestens eine positionssensitive Komponente auf.

Gemäß einem dritten Aspekt wird ein Verfahren zum Betreiben einer Kühlvorrichtung vorgeschlagen. Die Kühlvorrichtung dient zum Kühlen einer positionssensitiven Komponente einer Lithographieanlage. Die Kühlvorrichtung weist eine Kühlleitung mit einem Flüssigkeitsraum zum Transportieren einer Kühlflüssigkeit zu der positionssensitiven Komponente und einem Gasraum zum Aufnehmen eines Gases und eine innerhalb der Kühlleitung angeordnete elastische Trennmembran, die den Gasraum von dem Flüssigkeitsraum abtrennt, auf. Das Verfahren umfasst die Schritte:

a) Durchströmen des Flüssigkeitsraums der Kühlleitung mit einer Kühlflüssigkeit, und

b) Ändern eines Volumens des Flüssigkeitsraums durch Verformen der elastischen Trennmembran als Reaktion auf eine Druckänderung der Kühlflüssigkeit in dem Flüssigkeitsraum.

Ein Ändern eines Volumens des Flüssigkeitsraums bedeutet insbesondere ein Ändern eines Volumens der Kühlflüssigkeit in dem Flüssigkeitsraum.

Die positionssensitive Komponente ist bevorzugt eine positionssensitive Komponente einer Projektionsoptik der Lithographieanlage (Projektionsbelichtungsanlage). Die positionssensitive Komponente kann jedoch auch eine positionssensitive Komponente eines Beleuchtungssystems der Lithographieanlage sein.

Gemäß einem vierten Aspekt wird eine Temperiervorrichtung zum Temperieren einer positionssensitiven Komponente einer Lithographieanlage vorgeschlagen. Die Temperiervorrichtung weist auf:

eine Flüssigkeitsleitung mit einem Flüssigkeitsraum zum Transportieren einer Temperierflüssigkeit zu der positionssensitiven Komponente und einem Gasraum zum Aufnehmen eines Gases, und

eine innerhalb der Flüssigkeitsleitung angeordnete elastische Trennmembran, die den Gasraum von dem Flüssigkeitsraum abtrennt.

Mithilfe der Temperiervorrichtung kann eine thermale Bedingung der positionssensitiven Komponente beeinflusst werde. Insbesondere kann mithilfe der Temperiervorrichtung die positionssensitive Komponente temperiert werden, das heißt gekühlt oder geheizt werden. Entsprechend handelt es sich bei der Temperiervorrichtung um eine Kühlvorrichtung oder eine Heizvorrichtung. Weiterhin handelt es sich bei der Temperierflüssigkeit entsprechend um eine Kühlflüssigkeit oder eine Heizflüssigkeit.

Soweit in der vorliegenden Anmeldung von Kühlvorrichtung, Kühlen, Kühlflüssigkeit, Kühlleitung, Verfahren zum Betreiben einer Kühlvorrichtung etc. gesprochen wird, kann entsprechend auch eine Heizvorrichtung, Heizen, Heizflüssigkeit, Heizleitung, Verfahren zum Betreiben einer Heizvorrichtung etc. verwendet werden.

"Ein" ist vorliegend nicht zwingend als beschränkend auf genau ein Element zu verstehen. Vielmehr können auch mehrere Elemente, wie beispielsweise zwei, drei oder mehr, vorgesehen sein. Auch jedes andere hier verwendete Zählwort ist nicht dahingehend zu verstehen, dass eine Beschränkung auf genau die genannte Anzahl von Elementen gegeben ist. Vielmehr sind zahlenmäßige Abweichungen nach oben und nach unten möglich, soweit nichts Gegenteiliges angegeben ist.

Die für die Kühlvorrichtung (erster Aspekt) beschriebenen Ausführungsformen und Merkmale gelten für die weiteren Aspekte (zweiter, dritter und vierter Aspekt) entsprechend und umgekehrt.

Weitere mögliche Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmalen oder Ausführungsformen. Dabei wird der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der Erfindung hinzufügen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Aspekte der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung. Im Weiteren wird die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigelegten Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Meridionalschnitt einer Projektionsbelichtungsanlage für die EUV-Projektionslithographie;

Fig. 2 zeigt ein Positioniersystem mit einer optischen Komponente der Projektionsbelichtungsanlage aus Fig. 1 gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 3 zeigt eine Kühlvorrichtung zum Kühlen der optischen Komponente aus Fig. 2 gemäß einer Ausführungsform, wobei die Kühlvorrichtung eine Kühlleitungseinrichtung mit einem integrierten komprimierbaren Gasvolumen umfasst;

Fig. 4 zeigt in einer Querschnittsansicht ein Funktionsprinzip der Kühlleitungseinrichtung aus Fig. 3;

Fig. 5 zeigt eine Querschnittsansicht der Kühlleitungseinrichtung aus Fig. 3, wobei sich eine elastische Trennmembran der Kühlleitungseinrichtung in einem Ruhezustand befindet;

Fig. 6 zeigt eine Ansicht ähnlich Fig. 5, wobei sich die elastische Trennmembran in einem elastisch verformten Zustand befindet;

Fig. 7 zeigt in einer Querschnittsansicht eine weitere Ausführungsform der Kühlleitungseinrichtung der Kühlvorrichtung aus Fig. 3;

Fig. 8 zeigt in einer Querschnittsansicht eine weitere Ausführungsform der Kühlleitungseinrichtung der Kühlvorrichtung aus Fig. 3;

Fig. 9 zeigt in einer Querschnittsansicht eine weitere Ausführungsform der Kühlleitungseinrichtung der Kühlvorrichtung aus Fig. 3;

Fig. 10 zeigt in einer Querschnittsansicht eine weitere Ausführungsform der Kühlleitungseinrichtung der Kühlvorrichtung aus Fig. 3, wobei die Trennmembran der Kühlleitungseinrichtung Abstandshalter aufweist;

Fig. 11 zeigt in einer perspektivischen Ansicht eine weitere Ausführungsform der Kühlleitungseinrichtung der Kühlvorrichtung aus Fig. 3, wobei die Kühlleitungseinrichtung Befestigungsmittel gemäß einer ersten Variante aufweist;

Fig. 12 zeigt in einer perspektivischen Ansicht eine weitere Ausführungsform der Kühlleitungseinrichtung der Kühlvorrichtung aus Fig. 3, wobei die Kühlleitungseinrichtung Befestigungsmittel gemäß einer zweiten Variante aufweist;

Fig. 13 zeigt eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der Kühlleitungseinrichtung der Kühlvorrichtung aus Fig. 3;

Fig. 14 zeigt eine Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform der Kühlleitungseinrichtung der Kühlvorrichtung aus Fig. 3;

Fig. 15 zeigt eine Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform der Kühlleitungseinrichtung der Kühlvorrichtung aus Fig. 3; und

Fig. 16 zeigt ein Flussablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betreiben einer Kühlvorrichtung einer Projektionsbelichtungsanlage gemäß einer Ausführungsform.

In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen worden, soweit nichts Gegenteiliges angegeben ist. Ferner sollte beachtet werden, dass die Darstellungen in den Figuren nicht notwendigerweise maßstabsgerecht sind.

Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform einer Projektionsbelichtungsanlage 1 (Lithographieanlage), insbesondere einer EUV-Lithographieanlage. Eine Ausführung eines Beleuchtungssystems 2 der Projektionsbelichtungsanlage 1 hat neben einer Licht- beziehungsweise Strahlungsquelle 3 eine Beleuchtungsoptik 4 zur Beleuchtung eines Objektfeldes 5 in einer Objektebene 6. Bei einer alternativen Ausführung kann die Lichtquelle 3 auch als ein zum sonstigen Beleuchtungssystem 2 separates Modul bereitgestellt sein. In diesem Fall umfasst das Beleuchtungssystem 2 die Lichtquelle 3 nicht.

Belichtet wird ein im Objektfeld 5 angeordnetes Retikel 7. Das Retikel 7 ist von einem Retikelhalter 8 gehalten. Der Retikelhalter 8 ist über einen Retikelverlagerungsantrieb 9, insbesondere in einer Scanrichtung, verlagerbar.

In der Fig. 1 ist zur Erläuterung ein kartesisches Koordinatensystem mit einer x-Richtung x, einer y-Richtung y und einer z-Richtung z eingezeichnet. Die x-Richtung x verläuft senkrecht in die Zeichenebene hinein. Die y-Richtung y verläuft horizontal und die z-Richtung z verläuft vertikal. Die Scanrichtung verläuft in

der Fig. 1 längs der y-Richtung y. Die z-Richtung z verläuft senkrecht zur Objektebene 6.

Die Projektionsbelichtungsanlage 1 umfasst eine Projektionsoptik 10. Die Projektionsoptik 10 dient zur Abbildung des Objektfeldes 5 in ein Bildfeld 11 in einer Bildebene 12. Die Bildebene 12 verläuft parallel zur Objektebene 6. Alternativ ist auch ein von 0° verschiedener Winkel zwischen der Objektebene 6 und der Bildebene 12 möglich.

Abgebildet wird eine Struktur auf dem Retikel 7 auf eine lichtempfindliche Schicht eines im Bereich des Bildfeldes 11 in der Bildebene 12 angeordneten Wafers 13. Der Wafer 13 wird von einem Waferhalter 14 gehalten. Der Waferhalter 14 ist über einen Waferverlagerungsantrieb 15 insbesondere längs der y-Richtung y verlagerbar. Die Verlagerung einerseits des Retikels 7 über den Retikelverlagerungsantrieb 9 und andererseits des Wafers 13 über den Waferverlagerungsantrieb 15 kann synchronisiert zueinander erfolgen.

Bei der Lichtquelle 3 handelt es sich um eine EUV-Strahlungsquelle. Die Lichtquelle 3 emittiert insbesondere EUV-Strahlung 16, welche im Folgenden auch als Nutzstrahlung, Beleuchtungsstrahlung oder Beleuchtungslicht bezeichnet wird. Die Nutzstrahlung 16 hat insbesondere eine Wellenlänge im Bereich zwischen 5 nm und 30 nm. Bei der Lichtquelle 3 kann es sich um eine Plasmaquelle handeln, zum Beispiel um eine LPP-Quelle (Engl.: Laser Produced Plasma, mit Hilfe eines Lasers erzeugtes Plasma) oder um eine DPP-Quelle (Engl.: Gas Discharged Produced Plasma, mittels Gasentladung erzeugtes Plasma). Es kann sich auch um eine synchrotronbasierte Strahlungsquelle handeln. Bei der Lichtquelle 3 kann es sich um einen Freie-Elektronen-Laser (Engl.: Free-Electron-Laser, FEL) handeln.

Die Beleuchtungsstrahlung 16, die von der Lichtquelle 3 ausgeht, wird von einem Kollektor 17 gebündelt. Bei dem Kollektor 17 kann es sich um einen Kollektor mit einer oder mit mehreren ellipsoidalen und/oder hyperboloiden Reflexionsflächen handeln. Die mindestens eine Reflexionsfläche des Kollektors 17 kann im streifenden Einfall (Engl.: Grazing Incidence, GI), also mit Einfallswinkeln größer als 45°, oder im normalen Einfall (Engl.: Normal Incidence, NI), also mit Einfallwinkeln kleiner als 45°, mit der Beleuchtungsstrahlung 16 beaufschlagt werden. Der Kollektor 17 kann einerseits zur Optimierung seiner Reflektivität für die Nutzstrahlung und andererseits zur Unterdrückung von Falschlicht strukturiert und/oder beschichtet sein.

Nach dem Kollektor 17 propagiert die Beleuchtungsstrahlung 16 durch einen Zwischenfokus in einer Zwischenfokusebene 18. Die Zwischenfokusebene 18 kann eine Trennung zwischen einem Strahlungsquellenmodul, aufweisend die Lichtquelle 3 und den Kollektor 17, und der Beleuchtungsoptik 4 darstellen.

Die Beleuchtungsoptik 4 umfasst einen Umlenkspiegel 19 und diesem im Strahlengang nachgeordnet einen ersten Facettenspiegel 20. Bei dem Umlenkspiegel 19 kann es sich um einen planen Umlenkspiegel oder alternativ um einen Spiegel mit einer über die reine Umlenkungswirkung hinaus bündelbeeinflussenden Wirkung handeln. Alternativ oder zusätzlich kann der Umlenkspiegel 19 als Spektralfilter ausgeführt sein, der eine Nutzlichtwellenlänge der Beleuchtungsstrahlung 16 von Falschlicht einer hiervon abweichenden Wellenlänge trennt. Sofern der erste Facettenspiegel 20 in einer Ebene der Beleuchtungsoptik 4 angeordnet ist, die zur Objektebene 6 als Feldebene optisch konjugiert ist, wird dieser auch als Feldfacettenspiegel bezeichnet. Der erste Facettenspiegel 20 umfasst eine Vielzahl von einzelnen ersten Facetten 21, welche auch als Feldfacetten bezeichnet werden können. Von diesen ersten Facetten 21 sind in der Fig. 1 nur beispielhaft einige dargestellt.

Die ersten Facetten 21 können als makroskopische Facetten ausgeführt sein, insbesondere als rechteckige Facetten oder als Facetten mit bogenförmiger oder teilkreisförmiger Randkontur. Die ersten Facetten 21 können als plane Facetten oder alternativ als konvex oder konkav gekrümmte Facetten ausgeführt sein.

Wie beispielsweise aus der DE 10 2008 009 600 A1 bekannt ist, können die ersten Facetten 21 selbst jeweils auch aus einer Vielzahl von Einzelspiegeln, insbesondere einer Vielzahl von Mikrospiegeln, zusammengesetzt sein. Der erste Facettenspiegel 20 kann insbesondere als mikroelektromechanisches System (MEMS-System) ausgebildet sein. Für Details wird auf die DE 10 2008 009 600 A1 verwiesen.

Zwischen dem Kollektor 17 und dem Umlenkspiegel 19 verläuft die Beleuchtungsstrahlung 16 horizontal, also längs der y-Richtung y.

Im Strahlengang der Beleuchtungsoptik 4 ist dem ersten Facettenspiegel 20 nachgeordnet ein zweiter Facettenspiegel 22. Sofern der zweite Facettenspiegel 22 in einer Pupillenebene der Beleuchtungsoptik 4 angeordnet ist, wird dieser auch als Pupillenfacettenspiegel bezeichnet. Der zweite Facettenspiegel 22 kann auch beabstandet zu einer Pupillenebene der Beleuchtungsoptik 4 angeordnet sein. In diesem Fall wird die Kombination aus dem ersten Facettenspiegel 20 und dem zweiten Facettenspiegel 22 auch als spekularer Reflektor bezeichnet. Spekulare Reflektoren sind bekannt aus der US 2006/0132747 A1, der EP 1 614 008 B1 und der US 6,573,978.

Der zweite Facettenspiegel 22 umfasst eine Mehrzahl von zweiten Facetten 23. Die zweiten Facetten 23 werden im Falle eines Pupillenfacettenspiegels auch als Pupillenfacetten bezeichnet.

Bei den zweiten Facetten 23 kann es sich ebenfalls um makroskopische Facetten, die beispielsweise rund, rechteckig oder auch hexagonal berandet sein können, oder alternativ um aus Mikrospiegeln zusammengesetzte Facetten handeln. Diesbezüglich wird ebenfalls auf die DE 10 2008 009 600 A1 verwiesen.

Die zweiten Facetten 23 können plane oder alternativ konvex oder konkav gekrümmte Reflexionsflächen aufweisen.

Die Beleuchtungsoptik 4 bildet somit ein doppelt facettiertes System. Dieses grundlegende Prinzip wird auch als Wabenkondensor (Engl.: Fly's Eye Integrator) bezeichnet.

Es kann vorteilhaft sein, den zweiten Facettenspiegel 22 nicht exakt in einer Ebene, welche zu einer Pupillenebene der Projektionsoptik 10 optisch konjugiert ist, anzuordnen. Insbesondere kann der zweite Facettenspiegel 22 gegenüber einer Pupillenebene der Projektionsoptik 10 verkippt angeordnet sein, wie es zum Beispiel in der DE 10 2017 220 586 A1 beschrieben ist.

Mit Hilfe des zweiten Facettenspiegels 22 werden die einzelnen ersten Facetten 21 in das Objektfeld 5 abgebildet. Der zweite Facettenspiegel 22 ist der letzte bündelformende oder auch tatsächlich der letzte Spiegel für die Beleuchtungsstrahlung 16 im Strahlengang vor dem Objektfeld 5.

Bei einer weiteren, nicht dargestellten Ausführung der Beleuchtungsoptik 4 kann im Strahlengang zwischen dem zweiten Facettenspiegel 22 und dem Objektfeld 5 eine Übertragungsoptik angeordnet sein, die insbesondere zur Abbildung der ersten Facetten 21 in das Objektfeld 5 beiträgt. Die Übertragungsoptik kann genau einen Spiegel, alternativ aber auch zwei oder mehr Spiegel aufweisen, welche hintereinander im Strahlengang der Beleuchtungsoptik 4 angeordnet sind. Die Übertragungsoptik kann insbesondere einen oder zwei Spiegel für

senkrechten Einfall (NI-Spiegel, Normal Incidence Spiegel) und/oder einen oder zwei Spiegel für streifenden Einfall (GI-Spiegel, Grazing Incidence Spiegel) umfassen.

Die Beleuchtungsoptik 4 hat bei der Ausführung, die in der Fig. 1 gezeigt ist, nach dem Kollektor 17 genau drei Spiegel, nämlich den Umlenkspiegel 19, den ersten Facettenspiegel 20 und den zweiten Facettenspiegel 22.

Bei einer weiteren Ausführung der Beleuchtungsoptik 4 kann der Umlenkspiegel 19 auch entfallen, so dass die Beleuchtungsoptik 4 nach dem Kollektor 17 dann genau zwei Spiegel aufweisen kann, nämlich den ersten Facettenspiegel 20 und den zweiten Facettenspiegel 22.

Die Abbildung der ersten Facetten 21 mittels der zweiten Facetten 23 beziehungsweise mit den zweiten Facetten 23 und einer Übertragungsoptik in die Objektebene 6 ist regelmäßig nur eine näherungsweise Abbildung.

Die Projektionsoptik 10 umfasst eine Mehrzahl von Spiegeln Mi, welche gemäß ihrer Anordnung im Strahlengang der Projektionsbelichtungsanlage 1 durchnummeriert sind.

Bei dem in der Fig. 1 dargestellten Beispiel umfasst die Projektionsoptik 10 sechs Spiegel M1 bis M6. Alternativen mit vier, acht, zehn, zwölf oder einer anderen Anzahl an Spiegeln Mi sind ebenso möglich. Bei der Projektionsoptik 10 handelt es sich um eine doppelt obskurierte Optik. Der vorletzte Spiegel M5 und der letzte Spiegel M6 haben jeweils eine Durchtrittsöffnung für die Beleuchtungsstrahlung 16. Die Projektionsoptik 10 hat eine bildseitige numerische Apertur, die größer ist als 0,5 und die auch größer sein kann als 0,6 und die beispielsweise 0,7 oder 0,75 betragen kann.

Reflexionsflächen der Spiegel Mi können als Freiformflächen ohne Rotationssymmetrieachse ausgeführt sein. Alternativ können die Reflexionsflächen der Spiegel Mi als asphärische Flächen mit genau einer Rotationssymmetrieachse der Reflexionsflächenform gestaltet sein. Die Spiegel Mi können, genauso wie die Spiegel der Beleuchtungsoptik 4, hochreflektierende Beschichtungen für die Beleuchtungsstrahlung 16 aufweisen. Diese Beschichtungen können als Multilayer-Beschichtungen, insbesondere mit alternierenden Lagen aus Molybdän und Silizium, gestaltet sein.

Die Projektionsoptik 10 hat einen großen Objekt-Bildversatz in der y-Richtung y zwischen einer y-Koordinate eines Zentrums des Objektfeldes 5 und einer y-Koordinate des Zentrums des Bildfeldes 11. Dieser Objekt-Bild-Versatz in der y-Richtung y kann in etwa so groß sein wie ein z-Abstand zwischen der Objektebene 6 und der Bildebene 12.

Die Projektionsoptik 10 kann insbesondere anamorphotisch ausgebildet sein. Sie weist insbesondere unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe ßx, ßy in x- und y-Richtung x, y auf. Die beiden Abbildungsmaßstäbe ßx, ßy der Projektionsoptik 10 liegen bevorzugt bei (ßx, ßy) = (+/- 0,25, +/- 0,125). Ein positiver Abbildungsmaßstab ß bedeutet eine Abbildung ohne Bildumkehr. Ein negatives Vorzeichen für den Abbildungsmaßstab ß bedeutet eine Abbildung mit Bildumkehr.

Die Projektionsoptik 10 führt somit in x-Richtung x, das heißt in Richtung senkrecht zur Scanrichtung, zu einer Verkleinerung im Verhältnis 4:1.

Die Projektionsoptik 10 führt in y-Richtung y, das heißt in Scanrichtung, zu einer Verkleinerung von 8:1.

Andere Abbildungsmaßstäbe sind ebenso möglich. Auch vorzeichengleiche und absolut gleiche Abbildungsmaßstäbe in x- und y-Richtung x, y, zum Beispiel mit Absolutwerten von 0,125 oder von 0,25, sind möglich.

Die Anzahl von Zwischenbildebenen in der x- und in der y-Richtung x, y im Strahlengang zwischen dem Objektfeld 5 und dem Bildfeld 11 kann gleich sein oder kann, je nach Ausführung der Projektionsoptik 10, unterschiedlich sein. Beispiele für Projektionsoptiken mit unterschiedlichen Anzahlen derartiger Zwischenbilder in x- und y-Richtung x, y sind bekannt aus der US 2018/0074303 A1.

Jeweils eine der zweiten Facetten 23 ist genau einer der ersten Facetten 21 zur Ausbildung jeweils eines Beleuchtungskanals zur Ausleuchtung des Objektfeldes 5 zugeordnet. Es kann sich hierdurch insbesondere eine Beleuchtung nach dem Köhlerschen Prinzip ergeben. Das Fernfeld wird mit Hilfe der ersten Facetten 21 in eine Vielzahl an Objektfeldern 5 zerlegt. Die ersten Facetten 21 erzeugen eine Mehrzahl von Bildern des Zwischenfokus auf den diesen jeweils zugeordneten zweiten Facetten 23.

Die ersten Facetten 21 werden jeweils von einer zugeordneten zweiten Facette 23 einander überlagernd zur Ausleuchtung des Objektfeldes 5 auf das Retikel 7 abgebildet. Die Ausleuchtung des Objektfeldes 5 ist insbesondere möglichst homogen. Sie weist vorzugsweise einen Uniformitätsfehler von weniger als 2 % auf. Die Felduniformität kann über die Überlagerung unterschiedlicher Beleuchtungskanäle erreicht werden.

Durch eine Anordnung der zweiten Facetten 23 kann geometrisch die Ausleuchtung der Eintrittspupille der Projektionsoptik 10 definiert werden. Durch Auswahl der Beleuchtungskanäle, insbesondere der Teilmenge der zweiten Facetten 23, die Licht führen, kann die Intensitätsverteilung in der Eintrittspupille der

Projektionsoptik 10 eingestellt werden. Diese Intensitätsverteilung wird auch als Beleuchtungssetting oder Beleuchtungspupillenfüllung bezeichnet.

Eine ebenfalls bevorzugte Pupillenuniformität im Bereich definiert ausgeleuchteter Abschnitte einer Beleuchtungspupille der Beleuchtungsoptik 4 kann durch eine Umverteilung der Beleuchtungskanäle erreicht werden.

Im Folgenden werden weitere Aspekte und Details der Ausleuchtung des Objektfeldes 5 sowie insbesondere der Eintrittspupille der Projektionsoptik 10 beschrieben.

Die Projektionsoptik 10 kann insbesondere eine homozentrische Eintrittspupille aufweisen. Diese kann zugänglich sein. Sie kann auch unzugänglich sein.

Die Eintrittspupille der Projektionsoptik 10 lässt sich regelmäßig mit dem zweiten Facettenspiegel 22 nicht exakt ausleuchten. Bei einer Abbildung der Projektionsoptik 10, welche das Zentrum des zweiten Facettenspiegels 22 telezentrisch auf den Wafer 13 abbildet, schneiden sich die Aperturstrahlen oftmals nicht in einem einzigen Punkt. Es lässt sich jedoch eine Fläche finden, in welcher der paarweise bestimmte Abstand der Aperturstrahlen minimal wird. Diese Fläche stellt die Eintrittspupille oder eine zu ihr konjugierte Fläche im Ortsraum dar. Insbesondere zeigt diese Fläche eine endliche Krümmung.

Es kann sein, dass die Projektionsoptik 10 unterschiedliche Lagen der Eintrittspupille für den tangentialen und für den sagittalen Strahlengang aufweist. In diesem Fall sollte ein abbildendes Element, insbesondere ein optisches Bauelement der Übertragungsoptik, zwischen dem zweiten Facettenspiegel 22 und dem Retikel 7 bereitgestellt werden. Mit Hilfe dieses optischen Elements kann die unterschiedliche Lage der tangentialen Eintrittspupille und der sagittalen Eintrittspupille berücksichtigt werden.

Bei der in der Fig. 1 dargestellten Anordnung der Komponenten der Beleuchtungsoptik 4 ist der zweite Facettenspiegel 22 in einer zur Eintrittspupille der Projektionsoptik 10 konjugierten Fläche angeordnet. Der erste Facettenspiegel 20 ist verkippt zur Objektebene 6 angeordnet. Der erste Facettenspiegel 20 ist verkippt zu einer Anordnungsebene angeordnet, die vom Umlenkspiegel 19 definiert ist. Der erste Facettenspiegel 20 ist verkippt zu einer Anordnungsebene angeordnet, die vom zweiten Facettenspiegel 22 definiert ist.

Fig. 2 zeigt ein Positioniersystem 100 mit einer optischen Komponente 102 (als ein Beispiel einer positionssensitiven Komponente) gemäß einer Ausführungsform.

Die optische Komponente 102 ist beispielsweise ein Spiegel der Projektionsbelichtungsanlage 1 (Lithographieanlage), insbesondere der Projektionsoptik 10, aus Fig. 1. Die optische Komponente 102 ist beispielsweise einer der Spiegel M1 – M6. Im Folgenden wird die optische Komponente 102 als Spiegel beschrieben; in anderen Beispielen kann es sich jedoch auch um eine andere optische Komponente als ein Spiegel handeln.

Wie in Fig. 2 gezeigt, umfasst der Spiegel 102 eine Beschichtung 104 mit einer optisch aktiven Fläche 106. Der Spiegel 102 umfasst außerdem ein Substrat 108. In dem Substrat 108 sind Kühlleitungen 110 angeordnet, durch welche eine Kühlflüssigkeit 112, wie beispielsweise Wasser, geleitet wird, um den Spiegel 102 aktiv zu kühlen. Eine Kühlung des Spiegels 102 dient dazu, thermische Deformationen des Spiegels 102, auch bei Einstrahlung energiereicher EUV-Strahlung 16 (Fig. 1), zu vermeiden.

Der Spiegel 102 ist mittels einer Aktoreinrichtung 114 beweglich an einem Tragrahmen 116 befestigt. Die Aktoreinrichtung 114 weist zum Beispiel mehrere

Aktoren 118 und eine Antriebseinheit (nicht gezeigt) auf. Die Aktoreinrichtung 114 dient zum Beispiel dazu, den Spiegel 102 in Bezug auf sechs Freiheitsgrade (Translation in X-, Y- und Z-Richtung und Rotation um die X-, Y- und Z-Richtung) zu positionieren.

Das Positioniersystem 100 weist weiterhin eine Sensoreinrichtung 120 auf, um eine aktuelle Position des Spiegels 102 zu erfassen. Die Sensoreinrichtung 120 ist in Fig. 2 lediglich schematisch angedeutet. Die Sensoreinrichtung 120 weist ein oder mehrere Sensoren, wie beispielsweise Interferometer, auf. Die Sensoren der Sensoreinrichtung 120 sind beispielsweise an einem Sensorrahmen (nicht gezeigt) befestigt. Der Sensorrahmen ist zum Beispiel schwingungsentkoppelt an dem Tragrahmen 116 befestigt. Beispielsweise wird eine aktuelle Position des Spiegels 102 mithilfe von Laserstrahlen 122 erfasst.

In Fig. 3 ist eine Kühlvorrichtung 200 zum Kühlen des Spiegels 102 gezeigt. Die Kühlvorrichtung weist einen Kühlkreislauf 202 auf. Die Kühlvorrichtung 200 umfasst eine Kühleinheit 204 zum Kühlen einer Kühlflüssigkeit 112 (Fig. 2) und Kühlleitungen 206, 110 zum Transportieren der Kühlflüssigkeit 112. Die Kühlvorrichtung 200 umfasst zudem ein oder mehrere Pumpen 208 zum Erzeugen einer erforderlichen Kühlmittelflussrate der Kühlflüssigkeit 112. Die Kühlvorrichtung 202 umfasst weiterhin ein oder mehrere Ventile 210 zum Steuern des Kühlflusses. Die Kühlvorrichtung 200 kann zum Kühlen mehrerer Komponenten der Lithographieanlage 1 dienen. Beispielhaft ist in Fig. 3 der Spiegel 102 aus Fig. 2 als eine gekühlte Komponente eingezeichnet. Die Kühlleitungen 110 (Fig. 2), die in dem Spiegelsubstrat 108 angeordnet sind, sind schematisch in Fig. 3 eingezeichnet. Weiterhin sind in Fig. 3 beispielhaft zwei weitere Spiegel 102' und 102" – ähnlich dem Spiegel 102 aus Fig. 2 – als weitere gekühlte Komponenten eingezeichnet.

Pumpen der Kühlvorrichtung 200, wie die Pumpe 208, verursachen lokale Druckschwankungen in der Flüssigkeit 112, wodurch eine dynamische Störanregung erzeugt wird. Diese Druckschwankungen werden über longitudinale Wasserschallwelle durch den gesamten Kühlkreislauft 202 übertragen. Weiterhin können auch Querschnittsänderungen (nicht gezeigt) der Kühlleitung 206, Umlenkungen 212 der Kühlleitung 206 und Ventile 210 der Kühlvorrichtung 200 Störquellen darstellen, die lokale Druckschwankungen der Flüssigkeit 112 verursachen. Durch Wasserschall wird eine solche akustische Störanregung an die gekühlte optische Komponente 102, 102', 102" (den Spiegel 102, 102', 102") weitergeleitet. Dadurch kann es zu einer Positionsänderung des jeweiligen Spiegels 102, 102', 102" kommen, sodass die tatsächliche Position des jeweiligen Spiegels 102, 102', 102" von einer Sollposition abweicht.

In dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel und der folgenden Beschreibung dient die Kühlvorrichtung 200 beispielhaft zum Kühlen der Spiegel 102, 102', 102". In anderen Beispielen kann die Kühlvorrichtung 200 jedoch auch zum Kühlen anderer positionssensitiver Komponenten, wie beispielsweise anderer Spiegel und/oder eines Sensorrahmens (nicht gezeigt) der Projektionsbelichtungsanlage 1 (Lithographieanlage) dienen.

Zur Dämpfung von Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit 112 umfasst die Kühlvorrichtung 200 eine Kühlleitungseinrichtung 214 mit einem integrierten komprimierbaren Gasvolumen 216. Insbesondere umfasst die Kühlleitungseinrichtung 214 die Kühlleitung 206 oder einen Abschnitt der Kühlleitung 206, einen Flüssigkeitsraum 218 zum Durchströmen der Kühlflüssigkeit 112 und einen Gasraum 220 zum Aufnehmen eines Gases 222 (Gasvolumen 216). Weiterhin umfasst die Kühlleitungseinrichtung 214 eine elastische Trennmembran 224 welche den Gasraum 220 von dem Flüssigkeitsraum 218 abtrennt.

In Fig. 4 ist ein Funktionsprinzip der Kühlleitungseinrichtung 200' aus Fig. 3 veranschaulicht. Auf der linken Seite von Fig. 4 ist eine Kühlleitungseinrichtung 214' mit einer Kühlleitung 206' und einer in der Kühlleitung 206' angeordneten elastischen Trennmembran 224' gezeigt, die sich in einem Ruhezustand befindet. Insbesondere ist die elastische Trennmembran 224' auf der linken Seite von Fig. 4 in einem entspannten, unverformten Zustand. Die elastische Trennmembran 224' trennt die Kühlflüssigkeit 112 in dem Flüssigkeitsraum 218' von dem Gas 222 in dem Gasraum 220'. Ein Volumen der Kühlflüssigkeit 112 ist im Ruhezustand V_{F1} und ein Volumen des Gases 222 ist im Ruhezustand V_{G1}.

Auf der rechten Seite von Fig. 4 ist die Kühlleitungseinrichtung 214' mit der elastischen Trennmembran 224' in einem Zustand gezeigt, in dem sich die elastische Trennmembran 224' in einem elastisch verformten Zustand befindet. Durch eine Druckerhöhung der Kühlflüssigkeit 112 wurde die Trennmembran 224' verformt, sodass sich das Volumen V_{F2} des Flüssigkeitsraums 218' vergrößert und gleichzeitigt das Volumen V_{G2} des Gasraums 220' entsprechend verkleinert hat. Somit kann eine Druckerhöhung der Kühlflüssigkeit 112 durch Ausdehnen der Flüssigkeit 112 und Komprimieren des Gases 222 im Gasraum 220' gedämpft werden.

Mit gestrichelter Linie ist in Fig. 4 ein Verformen der Trennmembran 224' im Fall einer Druckverkleinerung der Kühlflüssigkeit 112 im Flüssigkeitsraum 218' veranschaulicht, die zu einer Vergrößerung des Volumens des Gasraums 220' führen würde. Entsprechend können auch periodische Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit 112 mithilfe der komprimierbaren Gasblase 216' gedämpft werden.

Fig. 5 zeigt eine Querschnittsansicht der Kühlleitungseinrichtung 214 aus Fig. 3 entlang Linie V-V. In dieser Ausführungsform ist die elastische Trennmembran 224 ein Schlauch 226, in dessen Innenraum 228 sich das Gas 220 befindet. Somit ist der Gasraum 220 ein in Bezug auf den Flüssigkeitsraum 218 innenliegender

Gasraum 220. Der Flüssigkeitsraum 218, durch den die Kühlflüssigkeit 112 strömt, ist zwischen einer Außenwand 230 des Schlauchs 226 und einer Innenwand 232 der Kühlleitung 206 gebildet.

Weiterhin ist in dieser Ausführungsform der Gasraum 220 rotationssymmetrisch in Bezug auf die Kühlleitung 206 angeordnet und ausgestaltet. Insbesondere sind der Gasraum 220, der Flüssigkeitsraum 218 und die Kühlleitung 206 koaxial zueinander angeordnet. In Fig. 5 ist eine Mittelachse der Kühlleitung 206 mit dem Bezugszeichen A1 gekennzeichnet, ist eine Mittelachse des Flüssigkeitsraum 218 mit dem Bezugszeichen A2 gekennzeichnet, und ist eine Mittelachse des Gasraum 220 mit dem Bezugszeichen A3 gekennzeichnet.

In Fig. 5 befindet sich die elastische Trennmembran 224 (d. h. der Schlauch 226) in einem Ruhezustand. Ein Volumen des Gases 222 ist V_{G1}' und ein Volumen der Kühlflüssigkeit 112 ist V_{F1}'.

Fig. 6 zeigt die Kühlleitungseinrichtung 214 aus Fig. 5, wobei sich die elastische Trennmembran 224 in einem elastisch verformten Zustand befindet. Durch eine Druckerhöhung der Kühlflüssigkeit 112 wurde die Trennmembran 224 so verformt, dass sich das Volumen V_{F2}' des Flüssigkeitsraums 218 vergrößert hat und gleichzeitigt das Volumen V_{G2}' des Gasraums 220 entsprechend verkleinert hat. Insbesondere hat sich ein Durchmesser D des Schlauches 226, der die Trennmembran 224 aufweist, verkleinert. Aufgrund der Rotationssymmetrie wirkt die Druckerhöhung der Kühlflüssigkeit 112 gleichmäßig auf den Schlauch 226. Dadurch kann eine Druckerhöhung der Kühlflüssigkeit 112 durch Komprimieren des Gases 222 im Gasraum 220 gut gedämpft werden.

Fig. 7 zeigt eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform einer Kühlleitungseinrichtung 314 einer Kühlvorrichtung 300 der Lithographieanlage 1. Die Kühlleitungseinrichtung 314 umfasst eine Kühlleitung 306 mit einem

in Bezug auf einen Flüssigkeitsraum 318 außenliegenden Gasraum 320. Insbesondere ist eine Trennmembran 324 in dieser Ausführungsform in Form eines Schlauches 326 ausgebildet. Dies ist ein weiteres Beispiel eines rotationssymmetrischen Gasraums 220.

Fig. 8 zeigt eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform einer Kühlleitungseinrichtung 414 einer Kühlvorrichtung 400 der Lithographieanlage 1. Die Kühlleitungseinrichtung 414 umfasst eine Kühlleitung 406 mit zwei Trennmembranen 424 und 424', die koaxial angeordnet sind. Man kann auch sagen, dass die beiden Trennmembrane 424 und 424' im Querschnitt der Kühlleitung 406 gesehen konzentrisch sind. In dieser Ausführungsform ergeben sich drei mittels der beiden Trennmembrane 424 und 424' im Querschnitt der Kühlleitung 406 gesehen voneinander abgetrennte Räume: zwei Gasräume 420 und 420' zum Aufnehmen eines Gases 222 und ein Flüssigkeitsraum 418 zum Durchströmen der Kühlflüssigkeit 112. Insbesondere ist der im Querschnitt ringförmige Flüssigkeitsraum 418 von beiden Seiten, das heißt sowohl an seiner Innenseite 434 als auch an seiner Außenseite 436 mit einem jeweiligen Gasraum 420 und Gasraum 420' zum Druckausgleich in Kontakt.

In einer (nicht gezeigten) Variante der Ausführungsform von Fig. 8 kann auch ein ringförmiger Gasraum von zwei Flüssigkeitsräumen flankiert sein.

Fig. 9 zeigt eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform einer Kühlleitungseinrichtung 514 einer Kühlvorrichtung 500 der Lithographieanlage 1. Die Kühlleitungseinrichtung 514 umfasst eine Kühlleitung 506 mit zwei Trennmembranen 524 und 524' jeweils in Form eines Schlauches 526, 526'. Im Gegensatz zur Ausführungsform in Fig. 8 sind die Trennmembrane 524 und 524' jedoch nicht im Querschnitt gesehen koaxial angeordnet, sondern nebeneinander. Jeder der Schläuche 526, 526' ist mit einem Gas 222 gefüllt zur Bereitstellung eines komprimierbaren Gasvolumens 516, 516' zur Dämpfung von

Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit 112. Die in Fig. 9 gezeigte Ausführungsform ist ein Beispiel zweier innenliegender Gasräume 520, 520'.

In einer (nicht gezeigten) Variante der Ausführungsform von Fig. 9 können auch zwei innerhalb der Schläuche 526, 526' gebildete Flüssigkeitsräume vorgesehen sein. Weiterhin kann ein zwischen einer Außenwand 530, 530' der Schläuche 526, 526' und einer Innenwand 532 der Kühlleitung 506 angeordneter Gasraum vorgesehen sein.

Fig. 10 zeigt eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform einer Kühlleitungseinrichtung 614 einer Kühlvorrichtung 600 der Lithographieanlage 1. Die Kühlleitungseinrichtung 614 ist eine Variante der in Fig. 5 gezeigten Kühlleitungseinrichtung 214. Die Kühlleitungseinrichtung 614 gemäß der Ausführungsform von Fig. 10 unterscheidet sich von der Kühlleitungseinrichtung 214 gemäß der Ausführungsform von Fig. 5 dadurch, dass an der Trennmembran 624 mehrere Abstandshalter 638 angeordnet sind. Beispielhaft sind in Fig. 10 drei der gezeigten Abstandshalter 638 mit einem Bezugszeichen versehen. Die Abstandshalter 638 sind insbesondere zwischen einer Außenwand 630 der elastischen Trennmembran 624 und einer Innenwand 632 der Kühlleitung 606 angeordnet. Beispielsweise sind die Abstandshalter 638 durch an der Außenwand 630 der elastischen Trennmembran 624 angeordnete Noppen 640 gebildet. Die Noppen 640 können insbesondere aus demselben Material wie die elastische Trennmembran 624 gebildet sein. Beispielsweise können die Noppen auch einstückig mit der elastischen Trennmembran 624 ausgebildet sein.

Fig. 11 zeigt eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer Kühlleitungseinrichtung 714 einer Kühlvorrichtung 700 der Lithographieanlage 1. Die Kühlleitungseinrichtung 714 umfasst insbesondere Befestigungsmittel 742 zur Befestigung der elastischen Trennmembran 724 an einer Innenwand 732 der Kühlleitung 706. Die elastische Trennmembran 724 ist insbesondere in

Form eines Schlauches 726 ausgebildet. Weiterhin umfassen die Befestigungsmittel 742 zum Beispiel eine Rohrschelle 744, die um den Schlauch 726 angeordnet ist und an dem Schlauch 726 angeklemmt ist. Die Befestigungsmittel 742 umfassen zum Beispiel außerdem eine Strebe und/oder einen Steg 746, welcher die Rohrschelle 744 mit einer Innenwand 732 der Kühlleitung 706 verbindet. Insbesondere ist die Strebe/der Steg 746 an seiner einen Seite an der Rohrschelle 744 befestigt und an seiner anderen Seite an der Innenwand 732 der Kühlleitung 706 befestigt. Die Strebe/der Steg 746 stellt insbesondere ein Beispiel eines Abstandshalters dar, der den Schlauch 726 innerhalb des mit der Kühlflüssigkeit 112 gefüllten Flüssigkeitsraums 718 in Position hält.

Fig. 12 zeigt eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer Kühlleitungseinrichtung 814 einer Kühlvorrichtung 800 der Lithographieanlage 1. Die Kühlleitungseinrichtung 814 weist Befestigungsmittel 842 gemäß einer weiteren Variante auf. Die Befestigungsmittel 842 umfassen zwischen einer Außenwand 830 der Trennmembran 824 und einer Innenwand 832 der Kühlleitung 806 angeordnete Streben 844. Die Streben sind insbesondere radial angeordnet. In Fig. 12 sind beispielhaft fünf Streben gezeigt, von denen drei mit einem Bezugszeichen versehen wurden. In Fig. 12 ist ein innenliegender Gasraum 820 gezeigt, der von einem ringförmigen Flüssigkeitsraum 818 umgeben ist, jedoch kann diese Anordnung auch umgedreht sein, sodass ein außenliegender Gasraum und ein innenliegender Flüssigkeitsraum vorliegt.

Die in den Figuren 3 bis 12 gezeigten Ausführungsformen der Kühlleitungseinrichtungen 214, 214', 214", 314, 414, 514, 614, 714 und 814 sind vielseitig miteinander kombinierbar. Beispielsweise können die in Fig. 10 gezeigten Abstandshalter 638, die in Fig. 11 gezeigten Befestigungsmittel 742 und die in Fig. 12 gezeigten Befestigungsmittel 842 mit jeder der im Zusammenhang mit den Fig. 3 bis 9 gezeigten und/oder beschriebenen Ausführungsformen und Varianten kombiniert werden.

In den Figuren 8 und 9 sind zwei Beispiele für Kühlleitungseinrichtungen 414 und 514 gezeigt, bei denen mehr als eine Trennmembran 424, 524 vorgesehen ist, um im Querschnitt der Kühlleitung 406, 506 gesehen, mehr als einen Gasraum 420, 520 zur Dämpfung von Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit 112 bereitzustellen. Insbesondere sind in den Figuren 8 und 9 jeweils zwei Trennmembrane 424 und 424' bzw. 524 und 524' zur Ausbildung von jeweils zwei Gasräumen 420 und 420' bzw. 520 und 520' gezeigt. Es können jedoch auch mehr als zwei Trennmembrane derart vorgesehen sein, dass im Querschnitt der Kühlleitung 406, 506 gesehen mehr als zwei Gasräume bereitgestellt werden.

Wie in Fig. 3 gezeigt, können zusätzlich oder alternativ auch mehr als zwei Trennmembrane 224, 224" derart vorgesehen sein, dass sie in Bezug auf eine Strömungsrichtung (Flussrichtung) R der Kühlflüssigkeit 112 voneinander und von dem Flüssigkeitsraum 218 getrennt sind. Weiterhin kann die Kühlvorrichtung 200 zwei oder mehr Gasräume 220, 220" aufweisen, die mithilfe der zwei oder mehr Trennmembrane 224, 224" von dem Flüssigkeitsraum 218 abgetrennt sind. Die zwei oder mehr Gasräume 220, 220" sind insbesondere in Bezug auf die Strömungsrichtung (Flussrichtung) R der Kühlflüssigkeit 112 voneinander und von dem Flüssigkeitsraum 218 getrennt. In jedem der zwei oder mehr Gasräume 220, 220" ist ein Gas 222, 222" aufgenommen, wobei die Gase 222, 222" voneinander verschiedene Drücke P, P" haben können. Die Drücke P, P" bezeichnen insbesondere Drücke der Gase 222, 222" (Vorspanndrücke) in einem Ruhezustand der Trennmembran 224, 224".

Durch Bereitstellen mehrerer Gasvolumina 216, 216" mit unterschiedlichen Vorspanndrücken P, P" in dem Kühlkreislauf 202 können Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit 112 in dem Kühlkreislauf 202 gezielt gedämpft werden. Insbesondere kann ein Frequenzbereich einer Dämpfung durch das Einstellen des Vorspanndrucks P, P" des jeweiligen Gasvolumens 216, 216" eingestellt werden.

Beispielsweise können durch ein erstes Gasvolumen 216 in dem Kühlkreislauf 202 in Fig. 3 niederfrequente Druckstöße gedämpft werden. So ist beispielsweise bekannt, dass Anregungen aus dem Wasserkabinett eher niederfrequenter Natur sind. Daher kann das erste Gasvolumen 216 gezielt auf niederfrequente Unterdrückung ausgelegt werden und dieses möglichst nah am Wasserkabinett realisiert werden.

Weiterhin können beispielsweise durch ein zweites Gasvolumen 216" in dem Kühlkreislauf 202 in Fig. 3 höherfrequente Druckstöße gedämpft werden. Dazu wird insbesondere der Vorspanndruck P" des zweiten Gasvolumens 216" auf einen höheren Wert eingestellt als der Vorspanndruck P des ersten Gasvolumens 216. Es ist bekannt, dass durch die Positionsregelung der Spiegel 102 ein sensitiver Frequenzbereich zwischen etwa 50 und 150 Hz vorliegt. Damit könnte direkt vor den aktiv geregelten und gekühlten Spiegeln 102 das zweite Gasvolumen 216" angeordnet werden, das genau in diesem Frequenzbereich eine gute Unterdrückung zeigt.

Zum Beispiel kann auf diese Weise auch eine Kaskadierung der Druckdämpfung in dem Kühlkreislauf 202 realisiert werden. Bei der Kaskadierung werden beispielsweise in Strömungsrichtung R der Kühlflüssigkeit 112 gesehen zuerst Druckschwankungen mit niedrigen Frequenzen gedämpt (z. B. durch das erste Gasvolumen 216). In Strömungsrichtung R nachfolgend werden dann beispielsweise Druckschwankungen mit höheren Frequenzen gedämpft (z. B. durch das zweite Gasvolumen 216").

In Fig. 3 sind beispielhaft zwei Gasvolumina 216, 216" mit verschiedenen Vorspanndrücken P, P" und damit unterschiedlichen Dämpfungseigenschaften gezeigt. Es können jedoch auch mehr als zwei Gasvolumina 216, 216" mit verschiedenen Vorspanndrücken P, P" und Dämpfungseigenschaften in dem Kühlkreislauf 202 vorgesehen sein.

Außerdem können auch Gasvolumina 216, 216" gezielt an Dämpfungserfordernisse einzelner positionssensitiver Komponenten, 102, 102', 102" angepasst sein. In Fig. 3 haben die drei Gasvolumina 216", welche den drei optischen Komponenten 102, 102', 102" in Strömungsrichtung R vorgeschaltet sind, einen gleichen Vorspanndruck P". Jedoch kann ein jeweiliger Vorspanndruck P" eines Gasvolumens 216" auch gezielt an Dämpfungserfordernisse einer jeweiligen optischen Komponente 102, 102', 102" angepasst sein.

Wie in Fig. 3 gestrichelt gezeigt, kann die Kühlvorrichtung 200 eine oder mehrere Einrichtungen 250 zum Einstellen eines Druckes P, P" des Gases 222, 222" eines oder mehrerer Gasvolumina 216, 216" umfassen. Durch die eine oder mehreren Druckeinstelleinrichtungen 250 können Dämpfungseigenschaften von abgeschlossenen Gasvolumina 216, 216" über den gesamten Kühlkreislauf 202 selektiv eingestellt werden. Beispielsweise werden die Vorspanndrücke P, P" vor Inbetriebnahme der Kühlvorrichtung 200 und/oder der Lithographieanlage 1 eingestellt.

Obwohl in den Figuren 4 bis 12 nicht gezeigt, können auch die Ausführungsformen der Kühlvorrichtungen 300, 400, 500, 600, 700, 800 eine oder mehrere Einrichtungen ähnlich der Einrichtung 250 (Fig. 3) zum Einstellen eines Druckes des Gases 222 in einem oder mehreren Gasräumen 320, 420, 420', 520, 520', 620, 720, 820 umfassen.

In den Figuren 3 bis 12 sind jeweils in Strömungsrichtung R gesehen abgeschlossene Gasräume 320, 420, 420', 520, 520', 620, 720, 820 gezeigt. Jedoch kann in anderen Beispielen auch ein einziger Gasraum durch den gesamten Kühlkreislauf 202 geführt sein.

Fig. 13 zeigt eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform einer Kühlleitungseinrichtung 914 einer Kühlvorrichtung 900 der Lithographieanlage 1. Die Kühlvorrichtung 900 umfasst eine Kühlleitung 906 mit einem Flüssigkeitsraum 918, einem Gasraum 920 und eine den Flüssigkeitsraum 918 abtrennende Trennmembran 924. Gemäß dieser Ausführungsform weist die Kühlvorrichtung 900 ferner ein schaumartiges und/oder schwammartiges Element 952 auf. Das schaumartige und/oder schwammartige Element 952 weist mehrere Blasen 954 (Gasblasen 954) und ein die mehreren Blasen 954 umgebendes elastisches Material 956 auf. Der Gasraum 920 wird insbesondere durch die mehreren Blasen 954 des schaumartigen und/oder schwammartigen Elements 952 gebildet. Weiterhin bildet das die mehreren Blasen 954 umgebende elastische Material 956 die Trennmembran 924.

Fig. 14 zeigt eine Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform einer Kühlleitungseinrichtung 1014 einer Kühlvorrichtung 1000 der Lithographieanlage 1. Die Kühlvorrichtung 1000 umfasst eine Kühlleitung 1006. Obwohl in Fig. 14 nicht zu sehen, weist die Kühlleitung 1006 – wie die vorstehend beschriebenen Kühlleitungen – einen Flüssigkeitsraum, einen Gasraum und eine den Flüssigkeitsraum abtrennende Trennmembran auf. Gemäß dieser Ausführungsform ist die Kühlvorrichtung 1000 dazu eingerichtet, dass eine Kühlflüssigkeit in einer Strömungsrichtung R durch die Kühlleitung 1006 strömt. Weiterhin verjüngt sich ein Durchmesser D1 der Kühlleitung 1006 (z. B. gleichmäßig) entlang der Strömungsrichtung R. Das Bezugszeichen D1 bezeichnet einen ersten Durchmesser und D2 einen zweiten Durchmesser, der kleiner als der erste Durchmesser D1 ist. Durch die Verjüngung des Kühlleitungsdurchmessers D1 kann Einfluss auf die Strömungsgeschwindigkeit der Kühlflüssigkeit genommen werden. Auf diese Weise kann ein Frequenzbereich der Dämpfung von Druckwellen der Kühlflüssigkeit eingestellt werden.

In dem in Fig. 14 gezeigten Beispiel erstreckt sich die Kühlleitung 1006 geradlinig in einer Längsrichtung L und strömt die Kühlflüssigkeit entlang der Längsrichtung L durch die Kühlleitung 1006. Mit anderen Worten sind hier die Strömungsrichtung R und die Längsrichtung L parallel zueinander angeordnet. In Fig. 14 verjüngt sich der Durchmesser D1 der Kühlleitung 1006 entlang der Längsrichtung L.

Fig. 15 zeigt eine weitere Variante einer sich entlang einer Strömungsrichtung R' einer Kühlflüssigkeit verjüngenden Kühlleitung 1114 einer Kühlvorrichtung 1100. Die Kühlleitung 1114 in Fig. 15 ist insbesondere gekrümmt. In dem gezeigten Beispiel ist die Kühlleitung 1114 wendelförmig W geformt. Der Durchmesser D1 der Kühlleitung 1114 verjüngt sich entlang der wendelförmig W gekrümmten Kühlleitung 1114. Das Bezugszeichen D1' bezeichnet einen ersten Durchmesser und D2' einen zweiten Durchmesser, der kleiner als der erste Durchmesser D1' ist.

Im Folgenden wird mit Bezug zu Fig. 16 ein Verfahren zum Betreiben einer Kühlvorrichtung 200, 200', 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100 (Fig. 4 bis 15) einer Projektionsbelichtungsanlage 1 (Fig. 1) gemäß einer Ausführungsform beschrieben. Die Kühlvorrichtung 200, 200', 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100 dient zum Kühlen einer positionssensitiven Komponente 102, 102', 102" (Fig. 3) der Projektionsbelichtungsanlage 1 (Fig. 1).

Die Kühlvorrichtung 200, 200', 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100 umfasst eine Kühlleitungseinrichtung 214, 214', 314, 414, 514, 614, 714, 814, 914, 1014, 1114 (Fig. 4 bis 15) mit einer Kühlleitung 206, 206', 306, 406, 506, 606, 706, 806, 906, 1006, 1106. Die Kühlleitungseinrichtung 214, 214', 314, 414, 514, 614, 714, 814, 914, 1014, 1114 umfasst außerdem einen Flüssigkeitsraum 218, 218', 318, 418, 518, 618, 718, 818, 918 zum Transportieren einer Kühlflüssigkeit 112 zu der positionssensitiven Komponente 102, 102', 102". Zum Dämpfen von

Druckschwankungen der Kühlflüssigkeit 112 umfasst die Kühlleitungseinrichtung 214, 214', 314, 414, 514, 614, 714, 814, 914, 1014, 1114 zudem einen oder mehrere Gasräume 220, 220', 320, 420, 420', 520, 520', 620, 720, 820, 920 zum Aufnehmen eines Gases 222. Der jeweilige Gasraum 220, 220', 320, 420, 420', 520, 520', 620, 720, 820, 920 ist mithilfe einer elastische Trennmembran 224, 224', 324, 424, 424', 524, 524', 624, 724, 824, 924 von dem Flüssigkeitsraum 218, 218', 318, 418, 518, 618, 718, 818, 918 abgetrennt.

In einem ersten Schritt S1 des Verfahrens wird der Flüssigkeitsraum 218, 218', 318, 418, 518, 618, 718, 818, 918 der Kühlleitung 206, 206', 306, 406, 506, 606, 706, 806, 906, 1006, 1106 von der Kühlflüssigkeit 112 durchströmt.

In einem zweiten Schritt S2 des Verfahrens wird ein Volumen V_{F1} des Flüssigkeitsraums 218, 218', 318, 418, 518, 618, 718, 818, 918 (und damit ein Volumen V_{F1} der Kühlflüssigkeit 112) durch Verformen der elastischen Trennmembran 224, 224', 324, 424, 424', 524, 524', 624, 724, 824, 924 geändert. Insbesondere wird das Volumen V_{F1} des Flüssigkeitsraums 218, 218', 318, 418, 518, 618, 718, 818, 918 als Reaktion auf eine Druckänderung der Kühlflüssigkeit 112 geändert. Durch das Ändern des Volumens V_{F1} des Flüssigkeitsraums 218, 218', 318, 418, 518, 618, 718, 818, 918 und damit der Kühlflüssigkeit 112 kann eine Druckänderung, z. B. eine Druckschwankung, der Kühlflüssigkeit 112 gedämpft werden. Dadurch kann ein Übertragen einer Druckschwankung an die positionssensitive Komponente 102, 102', 102" reduziert oder vermieden werden.

Obwohl die vorliegende Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben wurde, ist sie vielfältig modifizierbar.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Projektionsbelichtungsanlage
2	Beleuchtungssystem
3	Lichtquelle
4	Beleuchtungsoptik
5	Objektfeld
6	Objektebene
7	Retikel
8	Retikelhalter
9	Retikelverlagerungsantrieb
10	Projektionsoptik
11	Bildfeld
12	Bildebene
13	Wafer
14	Waferhalter
15	Waferverlagerungsantrieb
16	Beleuchtungsstrahlung
17	Kollektor
18	Zwischenfokusebene
19	Umlenkspiegel
20	erster Facettenspiegel
21	erste Facette
22	zweiter Facettenspiegel
23	zweite Facette
100	Positioniersystem
102, 102', 102"	optische Komponente
104	Beschichtung
106	optisch aktive Fläche
108	Substrat

110, 110', 110"	Kühlleitung
112	Kühlflüssigkeit
114	Aktoreinrichtung
116	Tragrahmen
118	Aktor
120	Sensoreinrichtung
122	Laserstrahl
200	Kühlvorrichtung
202	Kühlkreislauf
204	Kühleinheit
206	Kühlleitung
208	Pumpe
210	Ventil
212	Umlenkung
214, 214'	Kühlleitungseinrichtung
216, 216', 216"	Gasvolumen
218, 218'	Flüssigkeitsraum
220, 220', 220"	Gasraum
222, 222"	Gas
224, 224', 224"	Trennmembran
226	Schlauch
228	Innenraum
230	Außenwand
232	Innenwand
250	Einrichtung (Druckeinstelleinrichtung)
300	Kühlvorrichtung
306	Kühlleitung
314	Kühlleitungseinrichtung
316	Gasvolumen
318	Flüssigkeitsraum

320	Gasraum
324	Trennmembran
326	Schlauch
400	Kühlvorrichtung
406	Kühlleitung
414	Kühlleitungseinrichtung
416	Gasvolumen
418	Flüssigkeitsraum
420, 420'	Gasraum
424, 424'	Trennmembran
434	Innenseite
436	Außenseite
500	Kühlvorrichtung
506	Kühlleitung
514	Kühlleitungseinrichtung
516	Gasvolumen
518	Flüssigkeitsraum
520	Gasraum
524, 524'	Trennmembran
526, 526'	Schlauch
530, 530'	Außenwand
532	Innenwand
600	Kühlvorrichtung
606	Kühlleitung
614	Kühlleitungseinrichtung
616	Gasvolumen
618	Flüssigkeitsraum
620	Gasraum
624	Trennmembran
630	Außenwand

632	Innenwand
638	Abstandshalter
640	Noppe
700	Kühlvorrichtung
706	Kühlleitung
714	Kühlleitungseinrichtung
716	Gasvolumen
718	Flüssigkeitsraum
720	Gasraum
724	Trennmembran
726	Schlauch
732	Innenwand
742	Befestigungsmittel
744	Rohrschelle
746	Steg/Strebe
800	Kühlvorrichtung
806	Kühlleitung
814	Kühlleitungseinrichtung
816	Gasvolumen
818	Flüssigkeitsraum
820	Gasraum
824	Trennmembran
830	Außenwand
832	Innenwand
842	Befestigungsmittel
844	Strebe
900	Kühlvorrichtung
906	Kühlleitung
914	Kühlleitungseinrichtung
918	Flüssigkeitsraum

920	Gasraum
924	Trennmembran
952	Element
954	Blase
956	Material
1000	Kühlvorrichtung
1006	Kühlleitung
1100	Kühlvorrichtung
1106	Kühlleitung
A1-A3	Achse
D	Durchmesser
D1, D1'	Durchmesser
D2, D2'	Durchmesser
L	Längsrichtung
M1-M6	Spiegel
P, P''	Druck
R, R'	Strömungsrichtung
S1-S2	Verfahrensschritte
V_{F1}, V_{F1}'	Volumen
V_{F2}, V_{F2}'	Volumen
V_{G1}, V_{G1}'	Volumen
V_{G2}, V_{G2}'	Volumen
W	Wendelform
X	Richtung
Y	Richtung
Z	Richtung

PATENTANSPRÜCHE

1. Kühlvorrichtung (200) zum Kühlen einer positionssensitiven Komponente (102) einer Lithographieanlage (1), aufweisend

eine Kühlleitung (206) mit einem Flüssigkeitsraum (218) zum Transportieren einer Kühlflüssigkeit (112) zu der positionssensitiven Komponente (102) und einem Gasraum (220) zum Aufnehmen eines Gases (222), und

eine innerhalb der Kühlleitung (206) angeordnete elastische Trennmembran (224), die den Gasraum (220) von dem Flüssigkeitsraum (218) abtrennt.

2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die elastische Trennmembran (224) eine Druckmembran ist, welche dazu eingerichtet ist, sich bei einer Druckänderung der Kühlflüssigkeit (112) zu verformen, sodass sich ein Volumen (V_{G1}', V_{G2}') des Gasraums (220) entsprechend ändert.

3. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der von der elastischen Trennmembran (224) abgetrennte Gasraum (220) im Querschnitt der Kühlleitung (206) gesehen rotationssymmetrisch ist.

4. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Flüssigkeitsraum (218) und der mittels der elastischen Trennmembran (224) von dem Flüssigkeitsraum (218) abgetrennte Gasraum (220) im Querschnitt der Kühlleitung (206) gesehen koaxial angeordnet sind.

5. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Gasraum (220, 320) im Querschnitt der Kühlleitung (206, 306) gesehen und in Bezug auf den Flüssigkeitsraum (218, 318) ein innenliegender Gasraum (220) oder ein außenliegender Gasraum (320) ist.

6. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, aufweisend einen die elastische Trennmembran (224) umfassenden elastischen Schlauch (226) zur Bildung des Gasraums (220).

7. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, aufweisend mindestens einen zwischen der elastischen Trennmembran (624) und einer Innenwand (632) der Kühlleitung (606) angeordneten Abstandshalter (638).

8. Kühlvorrichtung nach Anspruch 7, aufweisend mehrere Abstandshalter (638), welche durch an einer Außenseite (630) der elastischen Trennmembran (624) angeordnete Noppen (640) gebildet werden.

9. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, aufweisend Befestigungsmittel (742, 842) zur Befestigung der elastischen Trennmembran (724, 824) an einer Innenwand (732, 832) der Kühlleitung (706, 806).

10. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, aufweisend eine Einrichtung (250) zum Einstellen eines Drucks (P) eines Gases (222) in dem Gasraum (220).

11. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, aufweisend zwei oder mehr innerhalb der Kühlleitung (206, 406, 506) angeordnete elastische Trennmembrane (224, 224", 424, 424', 524, 524'), welche entsprechend zwei oder mehr voneinander und von dem Flüssigkeitsraum (218, 418, 518) abgetrennte Gasräume (220, 220", 420, 420', 520, 520') bilden.

12. Kühlvorrichtung nach Anspruch 11, wobei

die zwei oder mehr Gasräume (420, 420', 520, 520'), im Querschnitt der Kühlleitung (406, 506) gesehen, voneinander und von dem Flüssigkeitsraum (318, 518) abgetrennt sind, und/oder

die zwei oder mehr Gasräume (220, 220") in Bezug auf eine Strömungsrichtung (R) der Kühlflüssigkeit (112) voneinander und von dem Flüssigkeitsraum (218) abgetrennt sind.

13. Kühlvorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, wobei die zwei oder mehr Gasräume (220, 220") in Bezug auf eine Strömungsrichtung (R) der Kühlflüssigkeit (112) voneinander und von dem Flüssigkeitsraum (218) abgetrennt sind, die Kühlvorrichtung (200) in jedem der zwei oder mehr Gasräume (220, 220") ein Gas (222, 222") aufweist, und die jeweiligen Gase (222, 222") voneinander verschiedene Drücke (P, P") haben.

14. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, aufweisend ein schaumartiges und/oder schwammartiges Element (952) mit mehreren Blasen (954) und einem die mehreren Blasen (954) umgebenden elastischen Material (956), wobei der Gasraum (920) durch die mehreren Blasen (954) des schaumartigen und/oder schwammartigen Elements (952) gebildet wird, und die Trennmembran (924) durch das die mehreren Blasen (954) umgebende elastische Material (956) gebildet wird.

15. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet ist, dass eine Kühlflüssigkeit (112) in einer Strömungsrichtung (R) durch die Kühlleitung (206, 1006, 1106) strömt, und sich ein Durchmesser (D1, D1') der Kühlleitung (206, 1006, 1106) entlang der Strömungsrichtung (R) verjüngt.

16. Lithographieanlage (1), insbesondere EUV-Lithographieanlage, mit einer Kühlvorrichtung (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 15.

17. Verfahren zum Betreiben einer Kühlvorrichtung (200) zum Kühlen einer positionssensitiven Komponente (102) einer Lithographieanlage (1), wobei die

Kühlvorrichtung (200) eine Kühlleitung (206) mit einem Flüssigkeitsraum (218) zum Transportieren einer Kühlflüssigkeit (112) zu der positionssensitiven Komponente (102) und einem Gasraum (220) zum Aufnehmen eines Gases (222) und eine innerhalb der Kühlleitung (206) angeordnete elastische Trennmembran (224), die den Gasraum (220) von dem Flüssigkeitsraum (218) abtrennt, aufweist, und wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

a) Durchströmen (S1) des Flüssigkeitsraums (218) der Kühlleitung (206) mit einer Kühlflüssigkeit (112), und

b) Ändern (S2) eines Volumens (V_{F1}', V_{F2}') des Flüssigkeitsraums (218) durch Verformen der elastischen Trennmembran (224) als Reaktion auf eine Druckänderung der Kühlflüssigkeit (112) in dem Flüssigkeitsraum (218).

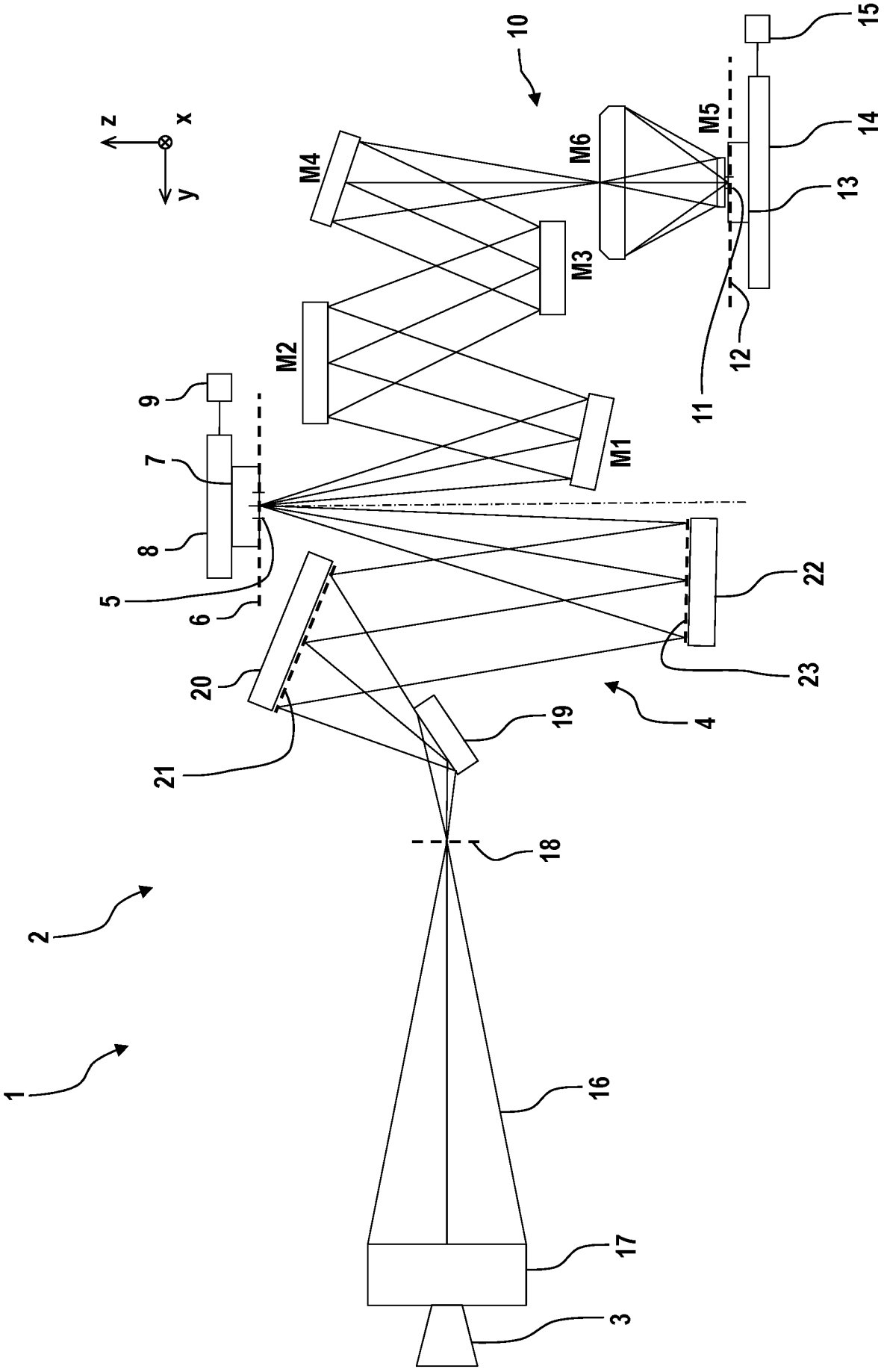
z
x
y
10
M4
M6
M5
M3
M2
M1
15
14
13
12
11
9
7
8
5
6
22
23
20
21
19
4
18
2
1
16
17
3

Fig. 1

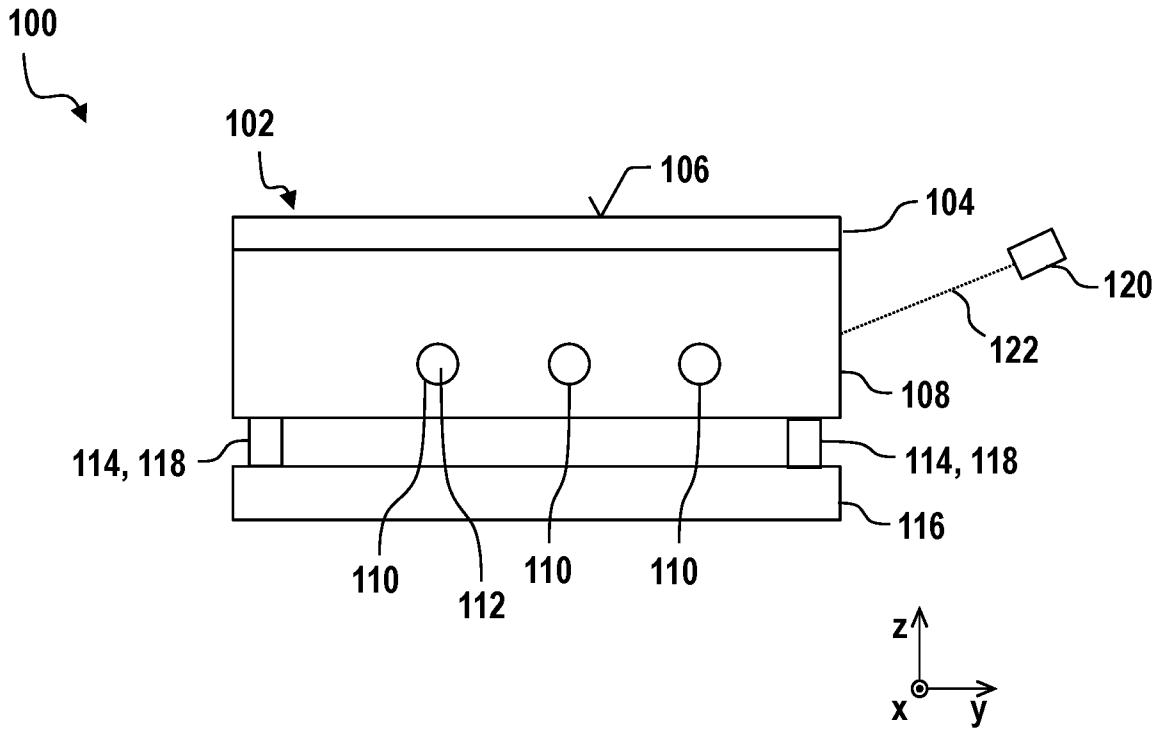
100
102
106
104
120
122
108
114, 118
114, 118
116
110
112
110
110
z
x
y

Fig. 2

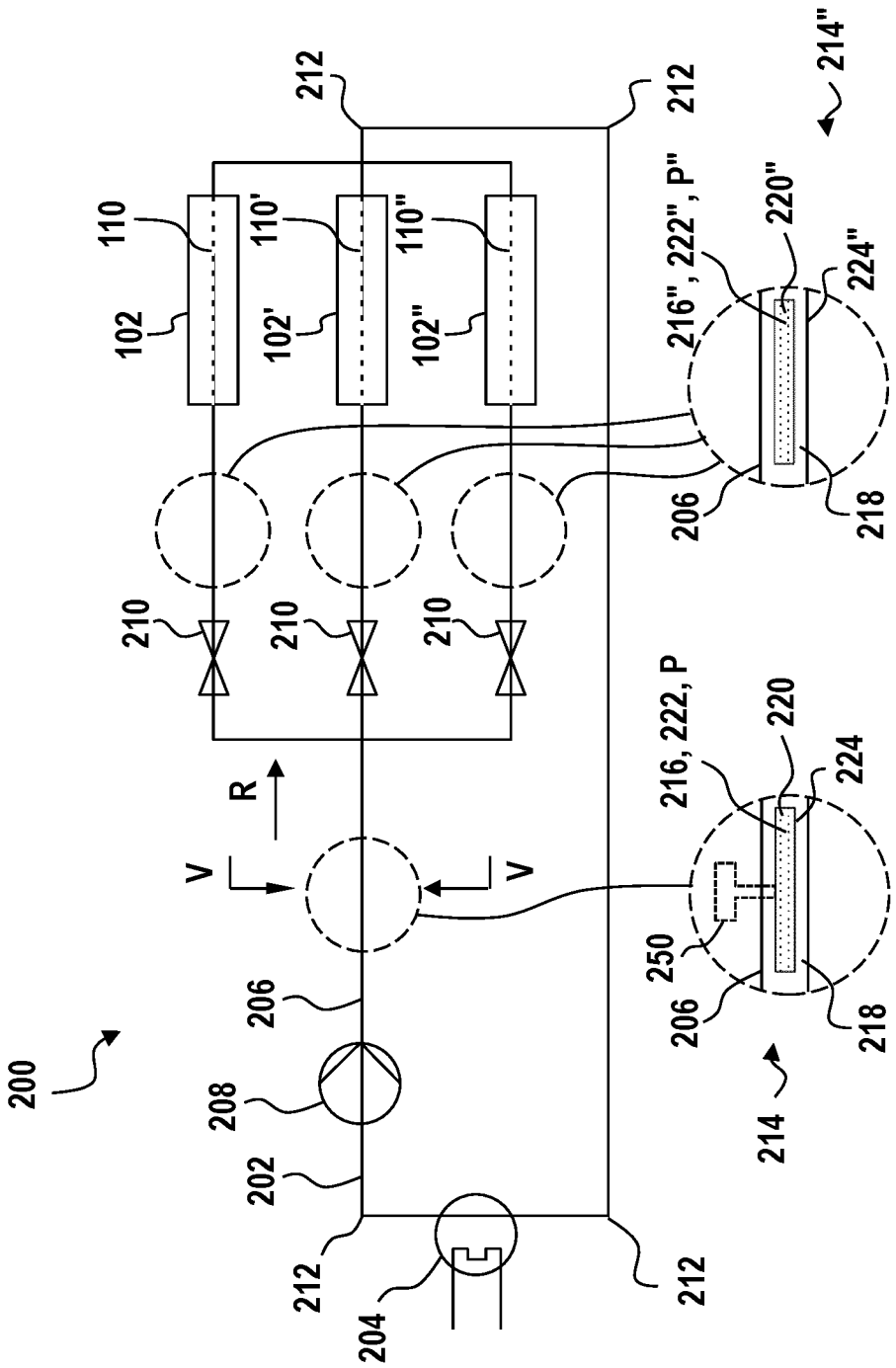
200
202
204
206
208
210
212
214
214"
216, 222, P
216", 222", P"
218
220
220"
224
224"
250
102
102'
102"
110
110'
110"
R
V
V

Fig. 3

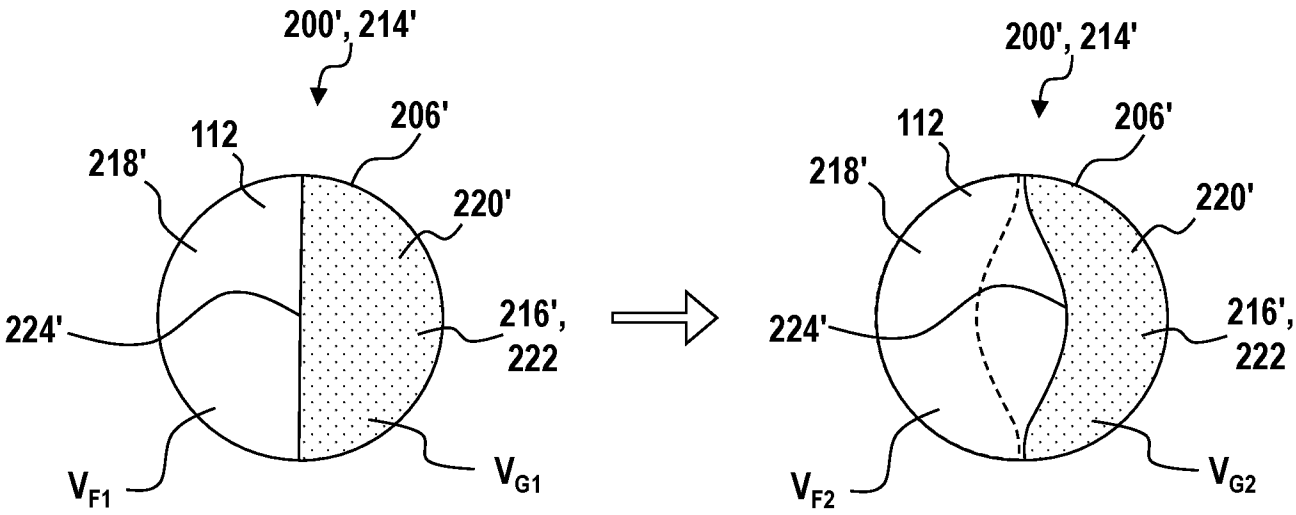

Fig. 4

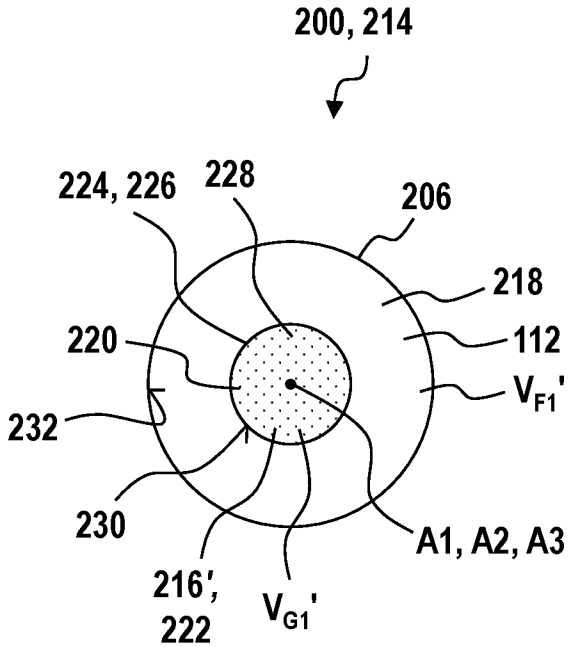

Fig. 5

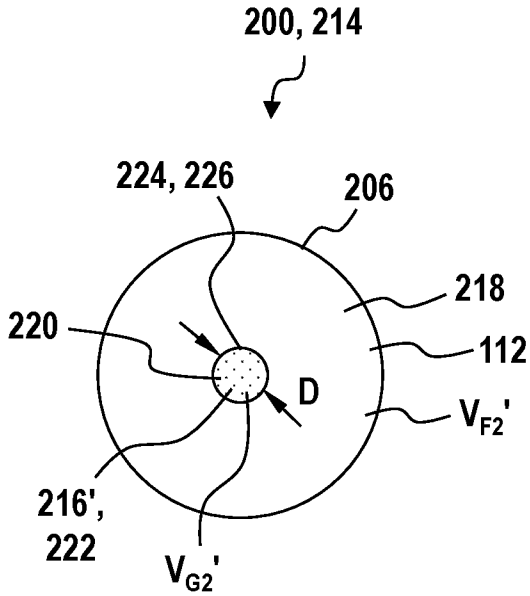

Fig. 6

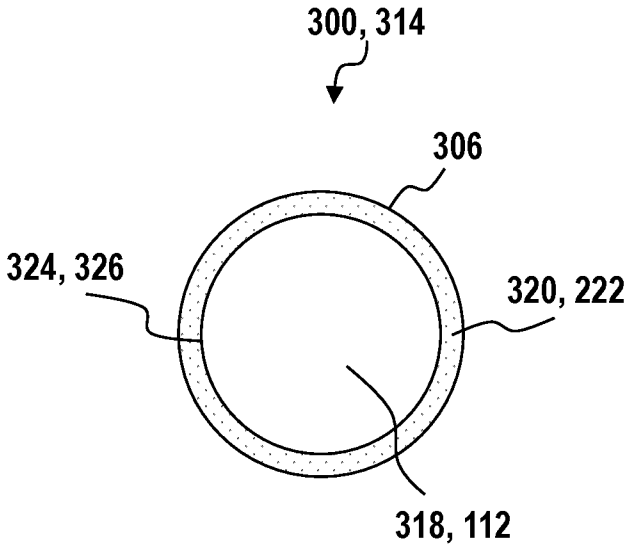

Fig. 7

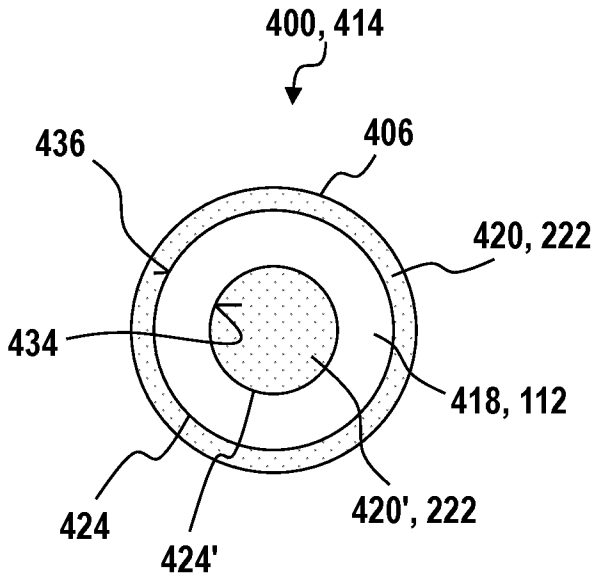

Fig. 8

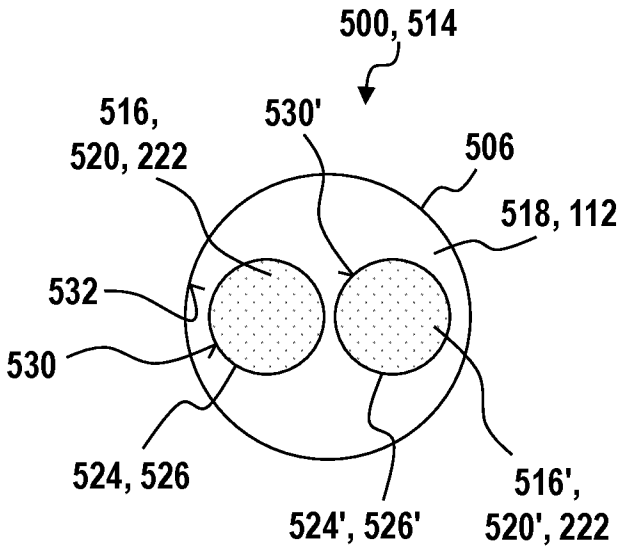

Fig. 9

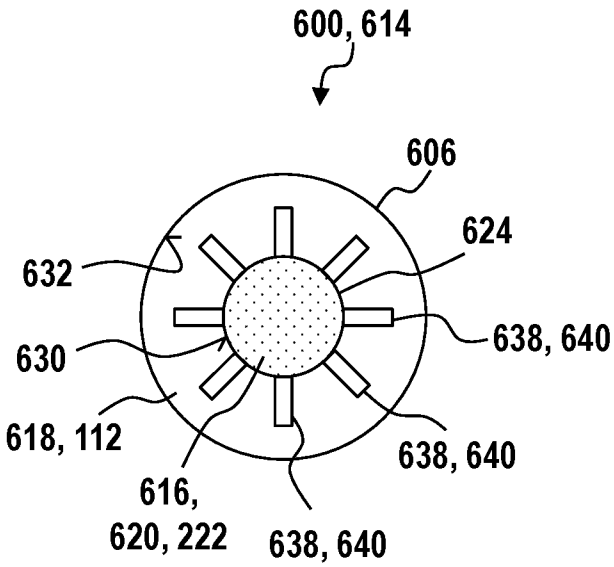

Fig. 10

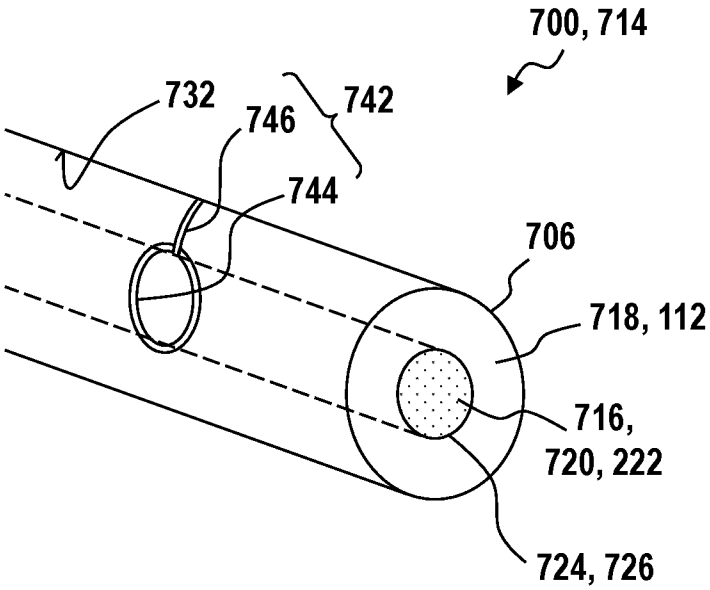

Fig. 11

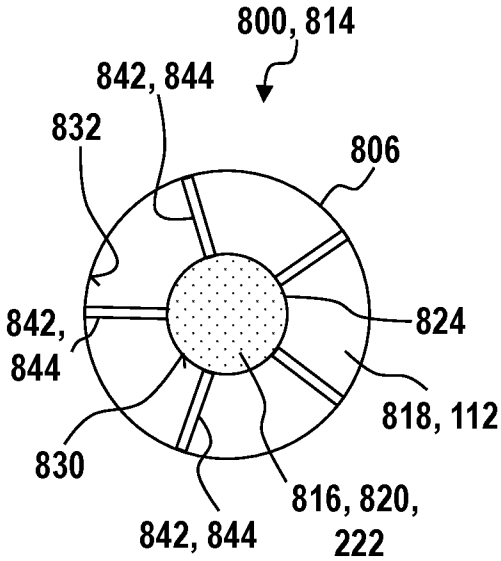

Fig. 12

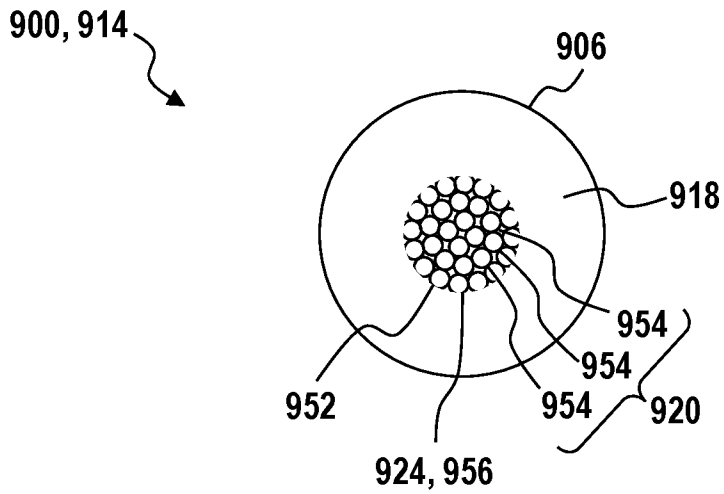

Fig. 13

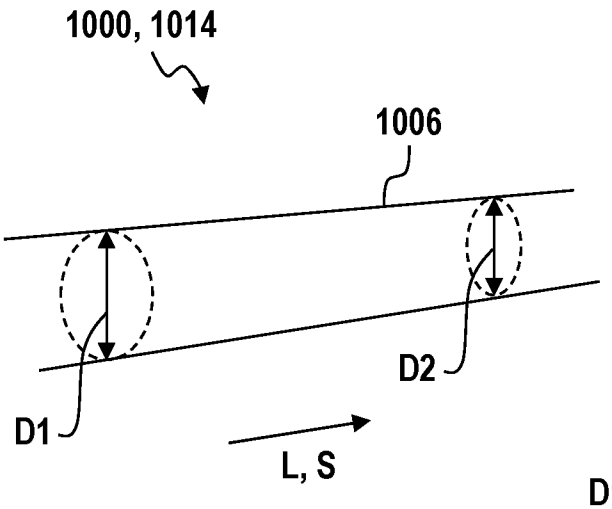

Fig. 14

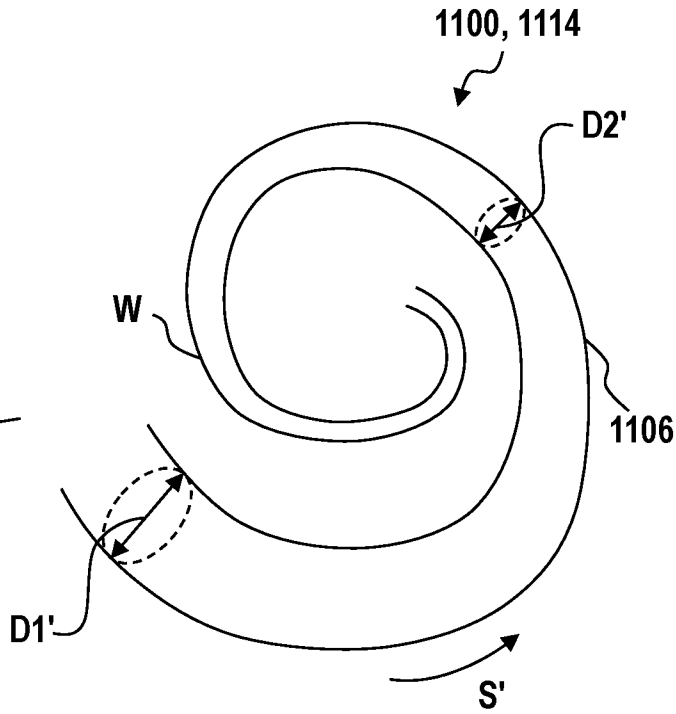

Fig. 15

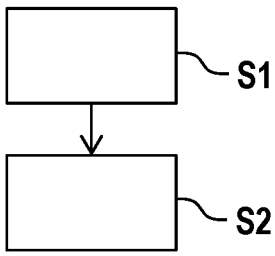

Fig. 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2023/072998

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F 7/20(2006.01)i; ***G02B 7/18***(2021.01)i; ***G02B 27/64***(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F

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

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

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	WO 2021013441 A1 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 28 January 2021 (2021-01-28) paragraphs [0068], [0069], [0080] - [0092]; figure 4	1-6, 10, 15-17 7, 9 8, 11-14
Y	DE 102013213855 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 31 July 2014 (2014-07-31) paragraphs [0023], [0024]; figure 4	7, 9
A	JP 2004095993 A (NIKON CORP) 25 March 2004 (2004-03-25) figure 2, with description	14
A	EP 1843206 A2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 10 October 2007 (2007-10-10) paragraphs [0051] - [0063]; figures 6, 7	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 November 2023	**17 November 2023**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Eisner, Klaus** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2023/072998

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2021013441 A1	28 January 2021	CN 114051599 A	15 February 2022
		JP 7334328 B2	28 August 2023
		JP 2022541296 A	22 September 2022
		US 2022350265 A1	03 November 2022
		WO 2021013441 A1	28 January 2021
DE 102013213855 A1	31 July 2014	NONE	
JP 2004095993 A	25 March 2004	NONE	
EP 1843206 A2	10 October 2007	CN 101051188 A	10 October 2007
		CN 102495539 A	13 June 2012
		EP 1843206 A2	10 October 2007
		JP 5111918 B2	09 January 2013
		JP 5513185 B2	04 June 2014
		JP 2007281462 A	25 October 2007
		JP 2010147506 A	01 July 2010
		KR 20070100171 A	10 October 2007
		SG 136117 A1	29 October 2007
		TW 200801840 A	01 January 2008
		TW 201222172 A	01 June 2012
		US 2007242245 A1	18 October 2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2023/072998

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G03F7/20 G02B7/18 G02B27/64
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G03F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y A	WO 2021/013441 A1 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 28. Januar 2021 (2021-01-28) Absätze [0068], [0069], [0080] - [0092]; Abbildung 4	1-6,10, 15-17 7,9 8,11-14
Y	DE 10 2013 213855 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 31. Juli 2014 (2014-07-31) Absätze [0023], [0024]; Abbildung 4	7,9
A	JP 2004 095993 A (NIKON CORP) 25. März 2004 (2004-03-25) Fig 2 mit Beschreibung	14
A	EP 1 843 206 A2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 10. Oktober 2007 (2007-10-10) Absätze [0051] - [0063]; Abbildungen 6,7	1-17

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. November 2023	17/11/2023

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Eisner, Klaus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/072998

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2021013441 A1	28-01-2021	CN 114051599 A	15-02-2022
		JP 7334328 B2	28-08-2023
		JP 2022541296 A	22-09-2022
		US 2022350265 A1	03-11-2022
		WO 2021013441 A1	28-01-2021
DE 102013213855 A1	31-07-2014	KEINE	
JP 2004095993 A	25-03-2004	KEINE	
EP 1843206 A2	10-10-2007	CN 101051188 A	10-10-2007
		CN 102495539 A	13-06-2012
		EP 1843206 A2	10-10-2007
		JP 5111918 B2	09-01-2013
		JP 5513185 B2	04-06-2014
		JP 2007281462 A	25-10-2007
		JP 2010147506 A	01-07-2010
		KR 20070100171 A	10-10-2007
		SG 136117 A1	29-10-2007
		TW 200801840 A	01-01-2008
		TW 201222172 A	01-06-2012
		US 2007242245 A1	18-10-2007