(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
21. September 2017 (21.09.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/157602 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G03F 7/20 (2006.01) *G02B 7/182* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/053289

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Februar 2017 (14.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 204 143.6 14. März 2016 (14.03.2016) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE]; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder: **ZWEERING, Ralf**; Spenglerstrasse 18, 73431 Aalen (DE).

(74) Anwalt: **HORN KLEIMANN WAITZHOFER PATENTANWÄLTE PARTG MBB**; Ganghoferstr. 29a, 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTICAL DEVICE FOR A LITHOGRAPHY SYSTEM, AND LITHOGRAPHY SYSTEM

(54) Bezeichnung : OPTISCHE VORRICHTUNG FÜR EINE LITHOGRAPHIEANLAGE SOWIE LITHOGRAPHIEANLAGE

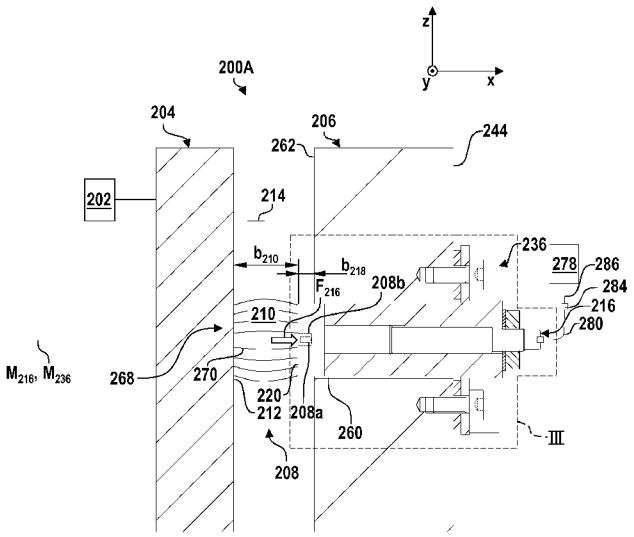


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to an optical device (200A, 200B, 200C, 200D, 200E) for a lithography system (100A, 100B), comprising an optical element (202), a supporting frame (204), which supports the optical element (202), a sensor frame (206), which is mechanically decoupled from the supporting frame (204), wherein a gap (210) is provided between the supporting frame (204) and the sensor frame (206), and a sensor assembly (208), which is designed to determine a width (b_{210}) of the gap (210) in a contactless manner, wherein the sensor assembly (208) has a contact element (216) and a contact surface (212) and wherein the contact element (216) is designed to contact the contact surface (212) in order to limit relative motion of the supporting frame (204) relative to the sensor frame (206).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung offenbart eine optische Vorrichtung (200A, 200B, 200C, 200D, 200E) für eine Lithographieanlage (100A, 100B), aufweisend ein optisches Element (202), einen Tragrahmen (204), der das optische Element (202) trägt, einen mechanisch von dem Tragrahmen (204) entkoppelten Sensorrahmen (206), wobei zwischen dem Tragrahmen (204) und dem Sensorrahmen (206) ein Spalt (210) vorgesehen ist, und eine Sensoranordnung (208), die dazu eingerichtet ist, eine Breite

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/157602 A1

Veröffentlicht:

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

(b_{210}) des Spalts (210) berührungslos zu ermitteln, wobei die Sensoranordnung (208) ein Kontaktelement (216) und eine Kontaktfläche (212) aufweist und wobei das Kontaktelement (216) dazu eingerichtet ist, die Kontaktfläche (212) zum Begrenzen einer Relativbewegung des Tragrahmes (204) relativ zu dem Sensorrahmen (206) zu kontaktieren.

OPTISCHE VORRICHTUNG FÜR EINE LITHOGRAPHIEANLAGE SOWIE LITHOGRAPHIEANLAGE

Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Vorrichtung für eine Lithographieanlage sowie eine Lithographieanlage mit einer solchen optischen Vorrichtung.

Der Inhalt der Prioritätsanmeldung DE 10 2016 204 143.6 wird durch Bezugnahme vollumfänglich mit einbezogen.

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 (z.B. ein 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 bis 30 nm, insbesondere 13,5 nm, verwenden. Bei solchen EUV-Lithographieanlagen müssen wegen der hohen Absorption der meisten Materialien von Licht dieser Wellenlänge reflektierende Optiken, das heißt, Spiegel, anstelle von – wie bisher – brechenden Optiken, das heißt, Linsen, eingesetzt werden.

Die Spiegel können beispielsweise an einem Tragrahmen (engl.: force frame) befestigt und wenigstens teilweise manipulierbar ausgestaltet sein, um eine Bewegung eines jeweiligen Spiegels in bis zu sechs Freiheitsgraden und damit eine hochgenaue Positionierung der Spiegel zueinander, insbesondere im Pikometer-

Bereich, zu ermöglichen. Somit können etwa im Betrieb der Lithographieanlage auftretende Änderungen der optischen Eigenschaften, beispielsweise in Folge von thermischen Einflüssen, kompensiert werden.

Zur Halterung der Spiegel an dem Tragrahmen werden üblicherweise Gewichtskraftkompensationseinrichtungen auf Basis von Permanentmagneten (engl.: magnetic gravity compensators) eingesetzt, wie beispielsweise in der DE 10 2011 088 735 A1 beschrieben. Die von einer solchen Gewichtskraftkompensationseinrichtung erzeugte Kompensationskraft wirkt der Gewichtskraft des Spiegels entgegen und entspricht dieser im Wesentlichen betragsmäßig.

Aktiv dagegen wird die Bewegung eines jeweiligen Spiegels - insbesondere auch in vertikaler Richtung - dagegen mit Hilfe sogenannter Lorentz-Aktuatoren gesteuert. Ein solcher Lorentz-Aktuator umfasst jeweils eine bestrombare Spule sowie davon beabstandet einen Permanentmagneten. Gemeinsam erzeugen diese eine einstellbare magnetische Kraft zur Steuerung der Bewegung des jeweiligen Spiegels. Derartige Lorentz-Aktuatoren sind beispielsweise in der DE 10 2011 004 607 beschrieben.

Zur Ermittlung der Position der Spiegel können Sensoren vorgesehen sein, die an einem Sensorrahmen (engl.: sensor frame) vorgesehen sind. Mit Hilfe der Sensoren kann die Positionierung der Spiegel überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. Der Tragrahmen und der Sensorrahmen sind mechanisch voneinander entkoppelt. Unter einer mechanischen Entkopplung ist zu verstehen, dass von dem Sensorrahmen auf den Tragrahmen oder umgekehrt keine Kräfte, Vibrationen und/oder Schwingungen übertragen werden. Dies kann beispielsweise durch eine sehr weiche und/oder federnde Lagerung des Sensorrahmens erreicht werden.

Um eine Beschädigung des Tragrahmens und/oder des Sensorrahmens bei einem Verkippen oder beim Transport der Lithographieanlage zu verhindern, können sogenannte Endstopps vorgesehen sein, die eine Relativbewegung des Tragrahmens zu dem Sensorrahmen beschränken und einen definierten Anschlag bilden.

Vor der Inbetriebnahme der Lithographieanlage wird eine Breite eines an den Endstopps vorgesehener Spalts mit Hilfe einer Fühlerlehre geprüft. Endstopps, die nicht zugänglich und/oder nicht einsehbar sind, können dabei nur schwer oder gar nicht überprüft werden. Die Messung der Breite des Spalts an den Endstopps kann alternativ zu der Verwendung einer Fühlerlehre kontaktlos mit Hilfe eines Luftdruckmessverfahrens erfolgen, bei dem in dem jeweiligen Endstopp eine Düse vorgesehen ist, durch die Luft hindurchgeleitet wird. Über die Ermittlung des Drucks der Luft können Rückschlüsse auf die Breite des Spalts geschlossen werden.

Ist der Spalt an den Endstopps zu gering, kann es zu einem mechanischen Kurzschluss, das heißt, zu einem berührenden Kontakt des Tragrahmens mit dem Sensorrahmen kommen. Ein derartiger mechanischer Kurzschluss kann das Dynamikverhalten eines Projektionsobjektivs der Lithographieanlage erheblich stören. Die korrekte Ermittlung der Breite des Spalts vor der Inbetriebnahme der Lithographieanlage ist daher für die zuverlässige Funktionalität derselben von essentieller Bedeutung.

Vor diesem Hintergrund besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine verbesserte optische Vorrichtung für eine Lithographieanlage sowie eine verbesserte Lithographieanlage bereitzustellen.

Demgemäß wird eine optische Vorrichtung für eine Lithographieanlage bereitgestellt. Die optische Vorrichtung weist ein optisches Element, einen Tragrahmen, der das optische Element trägt, einen mechanisch von dem Tragrahmen entkoppelten Sensorrahmen, wobei zwischen dem Tragrahmen und dem Sensorrahmen ein Spalt vorgesehen ist, und eine Sensoranordnung auf, die dazu eingerichtet ist, eine Breite des Spalts berührungslos zu ermitteln. Dabei weist die Sensoranordnung ein Kontaktelement und eine Kontaktfläche auf, wobei das Kontaktelement dazu eingerichtet ist, die Kontaktfläche zum Begrenzen einer Relativbewegung des Tragrahmens relativ zu dem Sensorrahmen zu kontaktieren.

Vorteilhaft erfüllen das Kontaktelement und die Kontaktfläche also zwei Funktionen: Einerseits bilden sie einen Teil einer Sensoranordnung zu berührungslosen Ermittlung der Breite des Spalts. Andererseits begrenzen sie die Relativbewegung des Trag- und Sensorrahmens zueinander, d.h., das Kontaktelement fungiert als Endstopp. Diese Funktionsintegration bedeutet eine Einsparung von Bauraum und/oder Bauteilen.

Die optische Vorrichtung kann ein Projektionssystem der Lithographieanlage sein. Das Projektionssystem kann auch als Projektionsobjektiv bezeichnet werden. Der Tragrahmen kann auch als Force Frame und der Sensorrahmen kann auch als Sensor Frame bezeichnet werden. Die optische Vorrichtung kann eine Vielzahl an optischen Elementen, beispielsweise Linsen und Spiegel, aufweisen. Darunter, dass der Tragrahmen das optische Element trägt ist zu verstehen, dass das optische Element mit Hilfe der zuvor beschriebenen Gewichtskraftkompensationseinrichtungen und Lorentz-Aktuatoren mit dem Tragrahmen gekoppelt ist. Insbesondere ist das optische Element zur Positionierung oder Positionskorrektur desselben manipulierbar, das heißt, verstellbar und/oder deformierbar. Der Tragrahmen und/oder der Sensorrahmen können aus einem keramischen Werkstoff oder einem metallischen Werkstoff gefertigt sein. Insbesondere kann der Tragrahmen aus einer Nichtoxidkeramik, beispielsweise aus einem Siliziumcarbid, gefertigt sein. Vorzugsweise ist zumindest der Tragrahmen aus einem elektrisch leitenden Werkstoff gefertigt. An dem Sensorrahmen kann insbesondere eine Vielzahl an Sensoren vorgesehen sein, die dazu eingerichtet sind, die Positionierung des optischen Elements zu erfassen. Mit Hilfe der von den Sensoren ermittelten Position des optischen Elements kann dessen Ausrichtung mit Hilfe von an den Tragrahmen gekoppelten Aktuatoren, insbesondere Lorentz-Aktuatoren, korrigiert werden. Die Breite des Spalts beträgt vorzugsweise 100 bis 300 µm.

Unter einer mechanischen Entkopplung des Tragrahmens von dem Sensorrahmen ist vorzugsweise zu verstehen, dass von dem Tragrahmen auf den Sensorrahmen und umgekehrt keine oder zumindest vernachlässigbare Schwingungen,

Kräfte und/oder Vibrationen übertragen werden. Dies kann dadurch erreicht werden, dass der Sensorrahmen mit Hilfe einer weichen Lagerung oder Aktorik gelagert ist. Beispielsweise kann der Sensorrahmen mit Hilfe von sehr weichen Federelementen gelagert sein. Vorzugsweise ist der Tragrahmen geerdet.

Zum Begrenzen der Relativbewegung des Tragrahmens bezüglich des Sensorrahmens kann das Kontaktelement die Kontaktfläche flächig oder punktuell kontaktieren. Vorzugsweise ist das Kontaktelement aus einer Aluminium-Bronze-Legierung gebildet, wodurch eine hohe Druckfestigkeit bei gleichzeitig geringem Abrieb erreicht werden kann. Insbesondere ist es für die Funktionalität der optischen Vorrichtung entscheidend, dass keine Partikel, wie beispielsweise Metallabrieb, entstehen. Hierdurch wird die Funktionalität der optischen Vorrichtung auch bei einem Kontakt des Kontaktelements und der Kontaktfläche nicht gefährdet. Die Kontaktfläche kann eine an dem Tragrahmen oder an dem Sensorrahmen vorgesehene Stirnseite desselben sein, die dann, wenn sie an dem Tragrahmen vorgesehen ist, dem Sensorrahmen zugewandt ist und umgekehrt. Das Kontaktelement und die Kontaktfläche sind jeweils bevorzugt elektrisch leitend. Die Breite des Spalts kann definiert sein als ein Abstand zwischen der Kontaktfläche und einer Stirnseite des Kontaktelements.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Kontaktelement zur Transportsicherung der optischen Vorrichtung bezüglich des Sensorrahmens oder des Tragrahmens verlagerbar, um den Tragrahmen mit dem Sensorrahmen zu verspannen. Vorzugsweise ist eine Vielzahl derartiger Kontaktelemente und korrespondierender Kontaktflächen vorgesehen. Zum Verspannen des Tragrahmens mit dem Sensorrahmen können die Kontaktelemente gegen die korrespondierenden Kontaktflächen gefahren werden, wodurch eine Verspannung des Tragrahmens und des Sensorrahmens erzielt werden kann. Hierdurch kann eine Transportsicherung erreicht werden. Zur Inbetriebnahme der Lithographieanlage werden die Kontaktelemente von den Kontaktflächen weggefahren und die jeweilige Breite des Spalts wird ermittelt und gegebenenfalls eingestellt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die optische Vorrichtung ferner ein an dem Sensorrahmen oder an dem Tragrahmen angebrachtes Aufnahmeelement, in dem das Kontaktelement aufgenommen ist. Das Aufnahmeelement kann beispielsweise aus einem Stahlwerkstoff gefertigt sein. Das Aufnahmeelement weist vorzugsweise einen rohrförmigen Basisabschnitt auf, in dem das Kontaktelement aufnehmbar ist. Insbesondere umfasst das Kontaktelement einen Kontaktabschnitt zum Kontaktieren der Kontaktfläche und einen in dem Basisabschnitt aufgenommenen Schaftabschnitt. Weiterhin umfasst das Aufnahmeelement vorzugsweise einen scheibenförmigen Flanschabschnitt, der materialeinstückig mit dem Basisabschnitt verbunden ist. Der Flanschabschnitt kann mit Hilfe von Befestigungselementen, wie beispielsweise Befestigungsschrauben, fest mit dem Tragrahmen oder dem Sensorrahmen verbunden sein. Zwischen dem Flanschabschnitt und dem Sensorrahmen oder dem Flanschabschnitt und dem Tragrahmen kann ein Isolationselement, wie beispielsweise eine Keramikscheibe, vorgesehen sein. Hierdurch kann eine elektrische Isolation des Aufnahmeelements und des Kontaktelements gegenüber dem Sensorrahmen oder dem Kontaktrahmen erreicht werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist zwischen dem Aufnahmeelement und dem Sensorrahmen oder zwischen dem Aufnahmeelement und dem Tragrahmen umlaufend um das Aufnahmeelement ein Spalt zur elektrischen Isolation des Aufnahmeelements und des Kontaktelements gegenüber dem Sensorrahmen oder dem Tragrahmen vorgesehen. Vorzugsweise ist das Kontaktelement elektrisch leitend mit dem Aufnahmeelement verbunden. Der Spalt läuft vorzugsweise um den Basisabschnitt des Aufnahmeelements vollständig um. Der Spalt kann beispielsweise eine Breite von 50 µm aufweisen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Kontaktelement entlang einer Mittelachse des Aufnahmeelements relativ zu diesem verlagerbar. Vorzugsweise ist das Kontaktelement rotationssymmetrisch zu einer Mittelachse desselben ausgebildet. Auch das Aufnahmeelement ist rotationssymmetrisch zu seiner Mittelachse ausgebildet. Vorzugsweise sind die Mittelachse des Kontaktelements

und die Mittelachse des Aufnahmeelements kollinear zueinander angeordnet. Das Kontaktelement weist vorzugsweise den zylinderförmigen Kontaktabschnitt sowie den stift- oder stabförmigen Basisabschnitt auf. Vorzugsweise ist außenseitig an dem Basisabschnitt ein Außengewinde vorgesehen, das formschlüssig in ein korrespondierendes, innenseitig an dem Basisabschnitt des Aufnahmeelements vorgesehenes, Innengewinde eingreift. Die Gewinde können beispielsweise jeweils ein Feingewinde, insbesondere ein M12x0,5-Gewinde, sein. Hierdurch ist das Kontaktelement durch eine Rotation desselben relativ zu dem Aufnahmeelement verlagerbar. Zum Sichern der Position des Kontaktelements relativ zu dem Aufnahmeelement kann das Kontaktelement mit Hilfe einer Sicherungsmutter gesichert werden. Zum Verstellen des Kontaktelements kann die Sicherungsmutter gelöst werden, das Kontaktelement kann anschließend zum Einstellen der Breite des Spalts zwischen der Kontaktfläche und dem Kontaktelement verdreht werden, wodurch es in das Aufnahmeelement hinein- oder aus diesem herausverlagert wird. Anschließend kann nach dem Positionieren des Kontaktelements dieses wieder mit Hilfe der Sicherungsmutter in der gewünschten Position gesichert werden. Alternativ können auch andere Einstelleinrichtungen, wie beispielsweise ein Piezoaktuator, zum Verlagern des Kontaktelements relativ zu dem Aufnahmeelement vorgesehen sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die optische Vorrichtung ferner ein Gegenkontaktelement, das die Kontaktfläche aufweist. Das Gegenkontaktelement kann beispielsweise platten- oder scheibenförmig sein. Das Gegenkontaktelement kann fest mit dem Tragrahmen oder mit dem Sensorrahmen verbunden sein. Beispielsweise kann das Gegenkontaktelement mit dem Tragrahmen oder mit dem Sensorrahmen verschraubt sein. Das Gegenkontaktelement kann eine kreisrunde Geometrie aufweisen. Vorzugsweise ist das Gegenkontaktelement geerdet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Gegenkontaktelement elektrisch leitend mit dem Sensorrahmen oder dem Tragrahmen verbunden. Vorzugsweise ist der Rahmen, an dem das Gegenkontaktelement vorgesehen ist, geerdet. Al-

ternativ kann das Gegenkontaktelement gegenüber dem Sensorrahmen oder dem Tragrahmen elektrisch isoliert sein, wobei das Gegenkontaktelement in diesem Fall selbst geerdet ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Gegenkontaktelement einen Federabschnitt auf, der dazu eingerichtet ist, sich bei einem Kontakt mit dem Kontaktelement federelastisch zu verformen. Vorzugsweise ist das Gegenkontaktelement topfförmig und weist einen rohrförmigen Basisabschnitt auf, der stirnseitig durch den Federabschnitt verschlossen ist. Dem Federabschnitt gegenüberliegend ist an dem Basisabschnitt ein Befestigungsabschnitt vorgesehen, der entweder mit dem Tragrahmen oder mit dem Sensorrahmen fest verbunden ist. Der Basisabschnitt kann ferner eine oder mehrere Bohrungen aufweisen, die dazu eingerichtet sind, einen Innenraum des Gegenkontaktelements zu entlüften. Hierdurch wird beim Anlegen eines Vakuums an die optische Vorrichtung eine Beschädigung oder eine Verformung des Gegenkontaktelements zuverlässig verhindert. Das Gegenkontaktelement ist vorzugsweise aus einer Titan-Aluminium-Legierung gefertigt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Tragrahmen eines von dem Kontaktelement und der Kontaktfläche und der Sensorrahmen das andere von dem Kontaktelement und der Kontaktfläche auf. Das heißt, entweder ist die Kontaktfläche an dem Sensorrahmen und das Kontaktelement ist an dem Tragrahmen vorgesehen oder die Kontaktfläche ist an dem Tragrahmen und das Kontaktelement ist an dem Sensorrahmen vorgesehen. Hierdurch ergibt sich ein flexibler Aufbau der optischen Vorrichtung. Hierdurch ist diese vielseitig einsetzbar.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Sensoranordnung dazu eingerichtet, eine Breite des Spalts kapazitiv, optisch oder induktiv zu ermitteln. Dadurch, dass die Breite des Spalts kapazitiv, optisch oder induktiv gemessen wird, kann auf berührende Messverfahren, beispielsweise mit Hilfe einer Fühlerlehre, und auf technisch aufwendige Messverfahren, wie das zuvor beschriebene Luft-

druckmessverfahren, verzichtet werden. Die Breite des Spalts kann auch dann zuverlässig ermittelt werden, wenn der Spalt nicht zugänglich und/oder nicht einsehbar ist. Hierdurch bleibt die Funktionalität der Lithographieanlage stets gewährleistet.

Bevorzugt bilden bei der Sensoranordnung insbesondere zwei Flächen, von denen jeweils eine an dem Tragrahmen und die andere an dem Sensorrahmen vorgesehen ist, die Platten eines Kondensators, insbesondere eines Plattenkondensators. Bei einer Relativbewegung des Tragrahmens zu dem Sensorrahmen oder umgekehrt ändert sich die elektrische Kapazität des Kondensators. Das heißt, beim aufeinander zu Bewegen beziehungsweise beim voneinander weg Bewegen des Tragrahmens und des Sensorrahmens ändert sich die Breite des Spalts und damit die elektrisch messbare Kapazität des Kondensators. Über die Änderung der Kapazität lässt sich eine Veränderung der Breite des Spalts ermitteln. Zur Messung der Breite wird eine Kennlinie des Kondensators analog oder digital linearisiert. Die Sensoranordnung bildet somit einen kapazitiven Abstandssensor.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform bilden das Kontaktelement und die Kontaktfläche gemeinsam einen Kondensator der Sensoranordnung zur kapazitiven Ermittlung der Breite des Spalts. Ein Kondensator ist ein passives elektrisches Bauelement mit der Fähigkeit, in einem Gleichstromkreis elektrische Ladungen und die damit zusammenhängende Energie statisch in einem elektrischen Feld zu speichern. Die gespeicherte Ladung pro Spannung wird als elektrische Kapazität bezeichnet und in der Einheit Farad gemessen. In einem Wechselstromkreis wirkt ein Kondensator als Wechselstromwiderstand mit einem frequenzabhängigen Impedanzwert. Durch ein aufeinander zu verlagern des Kontaktelements und der Kontaktfläche beziehungsweise durch ein voneinander weg verlagern derselben kann die Kapazität des Kondensators verändert werden. Über die Kapazitätsänderung kann ein Rückschluss auf die Breite des Spalts zwischen dem Kontaktelement und der Kontaktfläche gezogen werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Sensoranordnung einen an dem Kontaktelement vorgesehenen Schutzring-Kondensator zur Feldabschirmung auf. Der Schutzring-Kondensator kann auch als Guard Ring bezeichnet werden. Mit Hilfe des Schutzring-Kondensators kann ein homogenes elektrisches Feld mit annähernd geraden Feldlinien zwischen dem Kontaktelement und der Kontaktfläche erreicht werden. Hierdurch kann die Messgenauigkeit erhöht werden. Die Ermittlung der Breite des Spalts kann so mit einer Genauigkeit von 10 µm erfolgen. Der Schutzring-Kondensator kann ringförmig sein und an dem Kontaktabschnitt des Kontaktelements angebracht sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Sensoranordnung zur optischen Ermittlung der Breite des Spalts einen konfokalen Sensor auf, wobei bevorzugt der konfokale Sensor oder ein Teil desselben in einer Öffnung in dem Kontaktelement angeordnet ist. Mit einem konfokalen Sensor ist ein solcher Sensor gemeint, bei welchem die Abstandsmessung auf dem Konfokalprinzip basiert, also von zwei Strahlengängen Gebrauch gemacht wird, die einen gemeinsamen Brennpunkt besitzen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist in dem Kontaktelement und/oder in der Kontaktfläche ein Wirbelstrom zur induktiven Ermittlung der Breite des Spalts erzeugbar. Ein derartiger Wirbelstromsensor ist vorteilhaft unempfindlich gegenüber Medien wie Staub im Messspalt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist an dem Kontaktelement ein elektrischer Steckverbinder zum elektrischen Verbinden desselben mit einer Auswerteeinrichtung der Sensoranordnung vorgesehen. Zwischen der Auswerteeinrichtung und dem Kontaktelement kann ein Kabel vorgesehen sein. Das Kabel weist einen Stecker auf, der lösbar in den elektrischen Steckverbinder einsteckbar ist. Weiterhin kann an dem Kontaktelement ein elektrisches Kabel vorgesehen sein, das dann, wenn das Kontaktelement räumlich schwer zugänglich ist, von diesem weggeführt und an einer gut zugänglichen Stelle der optischen Vorrichtung angebracht ist. Die Auswerteeinrichtung kann dann zur Bestimmung der Breite des

Spalts mit diesem Kabel verbunden werden. Die Auswerteeinrichtung kann nacheinander an allen Kontaktelementen der optischen Vorrichtung angesteckt werden. Es können auch mehrere Auswerteeinrichtungen vorgesehen sein. Die Auswerteeinrichtungen werden nach dem Einstellen der Breite des Spalts wieder von der optischen Vorrichtung entfernt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Kontaktelement einen kugelförmig gewölbten Kontaktabschnitt auf. Hierdurch kann ein punktförmiger Kontakt des Kontaktelements mit der Kontaktfläche erreicht werden. Alternativ kann der Kontaktabschnitt zylinderförmig mit einer kreisrunden Querschnittsfläche und einer ebenen Stirnseite ausgebildet sein. Hierdurch kann ein flächiger Kontakt des Kontaktelements mit der Kontaktfläche erreicht werden.

Ferner wird eine Lithographieanlage, insbesondere eine EUV- oder DUV-Lithographieanlage, mit zumindest einer Vorrichtung, wie vorstehend beschrieben, bereitgestellt. EUV steht für "extremes Ultraviolett" und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 0,1 und 30 nm. DUV steht für "tiefes Ultraviolett" und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 30 und 250 nm.

Die für die vorgeschlagene optische Vorrichtung beschriebenen Ausführungsformen und Merkmale gelten für die vorgeschlagene Lithographieanlage entsprechend.

Weitere mögliche Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebene Merkmale 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 Ausführungs-

beispiele der Erfindung. Im Weiteren wird die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigelegten Figuren näher erläutert.

Fig. 1A zeigt eine schematische Ansicht einer EUV-Lithographieanlage;

Fig. 1B zeigt eine schematische Ansicht einer DUV-Lithographieanlage;

Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Ausführungsform einer optischen Vorrichtung für die Lithographieanlage gemäß Fig. 1A oder Fig. 1B;

Fig. 3 zeigt eine vergrößerte Detailansicht III gemäß der Fig. 2;

Fig. 4 zeigt eine schematische Aufsicht der optischen Vorrichtung gemäß Fig. 2 und 3;

Fig. 5 zeigt eine schematische Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform einer optischen Vorrichtung für die Lithographieanlage gemäß Fig. 1A oder Fig. 1B;

Fig. 6 zeigt eine schematische Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform einer optischen Vorrichtung für die Lithographieanlage gemäß Fig. 1A oder Fig. 1B;

Fig. 7 zeigt eine schematische Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform einer optischen Vorrichtung für die Lithographieanlage gemäß Fig. 1A oder Fig. 1B; und

Fig. 8 zeigt eine schematische Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform einer optischen Vorrichtung für die Lithographieanlage gemäß Fig. 1A oder Fig. 1B.

In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen worden, sofern nichts Gegenteiliges angegeben ist. Soweit ein Bezugszeichen vorliegende mehrere Bezugslinien aufweist, heißt dies, dass das entsprechende Element mehrfach vorhanden ist. Bezugszeichenlinien, die auf verdeckte Details weisen, sind gestrichelt dargestellt. Ferner sollte beachtet werden, dass die Darstellungen in den Figuren nicht notwendigerweise maßstabsgerecht sind.

Die Fig. 1A zeigt eine schematische Ansicht einer EUV-Lithographieanlage 100A, welche ein Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 und ein Projektionssystem 104 umfasst. Dabei steht EUV für "extremes Ultraviolett" (engl.: extreme ultraviolet, EUV) und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 0,1 und 30 nm. Das Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 und das Projektionssystem 104 sind jeweils in einem nicht gezeigten Vakuum-Gehäuse vorgesehen, wobei jedes Vakuum-Gehäuse mit Hilfe einer nicht dargestellten Evakuierungsvorrichtung evakuiert wird. Die Vakuum-Gehäuse sind von einem nicht dargestellten Maschinenraum umgeben, in welchem Antriebsvorrichtungen zum mechanischen Verfahren bzw. Einstellen von optischen Elementen vorgesehen sind. Ferner können auch elektrische Steuerungen und dergleichen in diesem Maschinenraum vorgesehen sein.

Die EUV-Lithographieanlage 100A weist eine EUV-Lichtquelle 106A auf. Als EUV-Lichtquelle 106A kann beispielsweise eine Plasmaquelle oder ein Synchrotron vorgesehen sein, welche Strahlung 108A im EUV-Bereich (extremer ultravioletter Bereich), also z.B. im Wellenlängenbereich von 5 bis 20 nm, aussendet. Im Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 wird die EUV-Strahlung 108A gebündelt und die gewünschte Betriebswellenlänge aus der EUV-Strahlung 108A herausgefiltert. Die von der EUV-Lichtquelle 106A erzeugte EUV-Strahlung 108A weist eine relativ niedrige Transmissivität durch Luft auf, weshalb die Strahlführungsräume im Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 und im Projektionssystem 104 evakuiert sind.

Das in Fig. 1A dargestellte Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 weist fünf Spiegel 110, 112, 114, 116, 118 auf. Nach dem Durchgang durch das Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 wird die EUV-Strahlung 108A auf eine Photomaske (engl.: reticle) 120 geleitet. Die Photomaske 120 ist ebenfalls als reflektives optisches Element ausgebildet und kann außerhalb der Systeme 102, 104 angeordnet sein. Weiter kann die EUV-Strahlung 108A mittels eines Spiegels 122 auf die Photomaske 120 gelenkt werden. Die Photomaske 120 weist eine Struktur auf, welche mittels des Projektionssystems 104 verkleinert auf einen Wafer 124 oder dergleichen abgebildet wird. Das Projektionssystem 104 (auch als Projektionsobjektiv bezeichnet) weist sechs Spiegel M1 bis M6 zur Abbildung der Photomaske 120 auf den Wafer 124 auf. Dabei können einzelne Spiegel M1 bis M6 des Projektionssystems 104 symmetrisch zu einer optischen Achse 126 des Projektionssystems 104 angeordnet sein. Es sollte beachtet werden, dass die Anzahl der Spiegel M1 bis M6 der EUV-Lithographieanlage 100A nicht auf die dargestellte Anzahl beschränkt ist. Es können auch mehr oder weniger Spiegel M1 bis M6 vorgesehen sein. Des Weiteren sind die Spiegel M1 bis M6 in der Regel an ihrer Vorderseite zur Strahlformung gekrümmt.

Die Fig. 1B zeigt eine schematische Ansicht einer DUV-Lithographieanlage 100B, welche ein Strahlungsformungs- und Beleuchtungssystem 102 und ein Projektionssystem 104 umfasst. Dabei steht DUV für "tiefes Ultraviolett" (engl.: deep ultraviolet, DUV) und bezeichnet eine Wellenlänge des Arbeitslichts zwischen 30 und 250 nm. Das Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 und das Projektionssystem 104 können – wie bereits mit Bezug zu Fig. 1A beschrieben – in einem Vakuumgehäuse angeordnet und/oder von einem Maschinenraum mit entsprechenden Antriebsvorrichtungen umgeben sein.

Die DUV-Lithographieanlage 100B weist eine DUV-Lichtquelle 106B auf. Als DUV-Lichtquelle 106B kann beispielsweise ein ArF-Excimerlaser vorgesehen sein, welcher Strahlung 108B im DUV-Bereich bei beispielsweise 193 nm emittiert.

Das in Fig. 1B dargestellte Strahlformungs- und Beleuchtungssystem 102 leitet die DUV-Strahlung 108B auf eine Photomaske 120. Die Photomaske 120 ist als transmissives optisches Element ausgebildet und kann außerhalb der Systeme 102, 104 angeordnet sein. Die Photomaske 120 weist eine Struktur auf, welche mittels des Projektionssystems 104 verkleinert auf einen Wafer 124 oder dergleichen abgebildet wird.

Das Projektionssystem 104 weist mehrere Linsen 128 und/oder Spiegel 130 zur Abbildung der Photomaske 120 auf den Wafer 124 auf. Dabei können einzelne Linsen 128 und/oder Spiegel 130 des Projektionssystems 104 symmetrisch zu einer optischen Achse 126 des Projektionssystems 104 angeordnet sein. Es sollte beachtet werden, dass die Anzahl der Linsen 128 und Spiegel 130 der DUV-Lithographieanlage 100B nicht auf die dargestellte Anzahl beschränkt ist. Es können auch mehr oder weniger Linsen 128 und/oder Spiegel 130 vorgesehen sein. Des Weiteren sind die Spiegel 130 in der Regel an ihrer Vorderseite zur Strahlformung gekrümmt.

Ein Luftspalt zwischen einer letzten Linse 128 und dem Wafer 124 kann durch ein flüssiges Medium 132 ersetzt sein, welches einen Brechungsindex größer als 1 aufweist. Das flüssige Medium 132 kann beispielsweise hochreines Wasser sein. Ein solcher Aufbau wird auch als Immersionslithographie bezeichnet und weist eine erhöhte photolithographische Auflösung auf. Das flüssige Medium 132 kann als Immersionsmedium oder Immersionsflüssigkeit bezeichnet werden.

Die Fig. 2 zeigt in einer stark vereinfachten schematischen Schnittansicht eine optische Vorrichtung 200A für eine jeweilige Lithographieanlage 100A, 100B gemäß den Fig. 1A und 1B. Die Fig. 3 zeigt eine Detailansicht III gemäß der Fig. 2. Im Folgenden wird auf die Fig. 2 und 3 gleichzeitig Bezug genommen.

Die optische Vorrichtung 200A kann ein Projektionssystem 104 gemäß den Fig. 1A und 1B sein. Die optische Vorrichtung 200A umfasst ein optisches Element 202. Bei dem optischen Element 202 kann es sich um einen der Spiegel M1 bis

M6 beziehungsweise 130 oder eine der Linsen 128 handeln, welche im Zusammenhang mit den Fig. 1A und 1B beschrieben wurden. Alternativ kann es sich bei dem optischen Element 202 auch um ein optisches Gitter oder eine λ-Platte handeln. Die optische Vorrichtung 200A kann eine Vielzahl derartiger optischer Elemente 202 umfassen.

Die optische Vorrichtung 200A umfasst einen Force Frame oder Tragrahmen 204, mit dem das optische Element 202 gekoppelt ist. Zur Halterung des optischen Elements 202 an dem Tragrahmen 204 können Gewichtskraftkompensationseinrichtungen auf Basis von Permanentmagneten eingesetzt werden. Die von einer solchen Gewichtskraftkompensationseinrichtung erzeugte Kompensationskraft wirkt der Gewichtskraft des optischen Elements 202 entgegen und entspricht dieser im Wesentlichen betragsmäßig. Aktiv kann eine Bewegung des optischen Elements 202 - insbesondere auch in vertikaler Richtung - dagegen mit Hilfe sogenannter Lorentz-Aktuatoren gesteuert werden. Ein solcher Lorentz-Aktuator umfasst jeweils eine bestrombare Spule sowie davon beabstandet einen Permanentmagneten. Gemeinsam erzeugen diese eine einstellbare magnetische Kraft zur Steuerung der Bewegung des optischen Elements 202.

Das heißt, das optische Element 202 ist zur Positionierung oder Positionskorrektur desselben manipulierbar, insbesondere verstellbar und/oder deformierbar. Hierzu können ein oder mehrere Aktuatoren, insbesondere Lorentz-Aktuatoren, vorgesehen sein. Der Tragrahmen 204 kann eine Vielzahl derartiger optischer Elemente 202 tragen. Der Tragrahmen 204 kann aus einem keramischen Werkstoff gefertigt sein. Beispielsweise kann der Tragrahmen 204 aus einer Nichtoxidkeramik, beispielsweise einem Siliziumcarbid (SiC/SiSiC) gefertigt sein. Alternativ kann der Tragrahmen 204 auch aus einem anderen Werkstoff, wie beispielsweise Stahl gefertigt sein. Vorzugsweise ist der Tragrahmen 204 aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff gefertigt.

Die optische Vorrichtung 200A umfasst weiterhin einen mechanisch von dem Tragrahmen 204 entkoppelten Sensor Frame oder Sensorrahmen 206. Der Sen-

sorrahmen 206 kann ebenfalls aus einem Keramikwerkstoff, wie Siliziumcarbid, oder aus einem Stahlwerkstoff gefertigt sein. An dem Sensorrahmen 206 kann eine Vielzahl an Sensoren vorgesehen sein, die dazu eingerichtet sind, die Positionierung des optischen Elements 202 beziehungsweise der optischen Elemente 202 zu erfassen. Mit Hilfe der von den Sensoren ermittelten Position des optischen Elements 202 kann dessen Ausrichtung mit Hilfe der an dem Tragrahmen 204 vorgesehenen Aktuatoren korrigiert werden.

Unter einer mechanischen Entkopplung des Tragrahmens 204 von dem Sensorrahmen 206 ist zu verstehen, dass von dem Tragrahmen 204 auf den Sensorrahmen 206 und umgekehrt keine oder zumindest vernachlässigbare Schwingungen, Kräfte und/oder Vibrationen übertragen werden. Dies kann dadurch erreicht werden, dass der Sensorrahmen 206 mit Hilfe einer weichen Lagerung oder Aktorik gelagert ist. Beispielsweise kann der Sensorrahmen 206 mit Hilfe von sehr weichen Federelementen gelagert sein.

Die optische Vorrichtung 200A umfasst weiterhin eine Sensoranordnung 208, die dazu eingerichtet ist, eine Breite b_{210} eines Spalts 210 zwischen dem Tragrahmen 204 und dem Sensorrahmen 206 zu ermitteln. Die Breite b_{210} beträgt vorzugsweise 100 bis 300 µm. Die Sensoranordnung 208 ist dazu eingerichtet, die Breite b_{210} kapazitiv zu ermitteln. Das heißt, die Sensoranordnung 208 bildet einen kapazitiven Sensor. Ein kapazitiver Sensor arbeitet auf Basis einer Veränderung der Kapazität eines einzelnen Kondensators oder eines ganzen Kondensatorsystems.

Die Sensoranordnung 208 umfasst eine an dem Tragrahmen 204 vorgesehene Kontaktfläche 212. Die Kontaktfläche 212 kann eine dem Sensorrahmen 206 zugewandte Stirnseite des Tragrahmens 204 sein. Die Kontaktfläche 212 ist geerdet. Hierzu ist die Kontaktfläche 212 elektrisch leitend mit einer Erdung 214 verbunden. Die Erdung 214 stellt eine elektrisch leitende Verbindung des Tragrahmens 204 mit einem Gehäusefundament und/oder dem Erdreich dar.

Die Sensoranordnung 208 umfasst neben der Kontaktfläche 212 ein Kontaktelement 216. Das Kontaktelement 216 ist an dem Sensorrahmen 206 vorgesehen. Das Kontaktelement 216 kann allerdings auch an dem Tragrahmen 204 und die Kontaktfläche 212 kann entsprechend an dem Sensorrahmen 206 vorgesehen sein. Im Folgenden wird jedoch davon ausgegangen, dass das Kontaktelement 216 an dem Sensorrahmen 206 angeordnet ist. Das Kontaktelement 216 kann auch als Endstopp bezeichnet werden.

Das Kontaktelement 216 umfasst einen zylinderförmigen Kontaktabschnitt 218 mit einer Stirnseite 220. Der Kontaktabschnitt 218 kann einen kreisrunden Querschnitt aufweisen. Die Stirnseite 220 kann eben sein. Die Breite b_{210} ist definiert als der Abstand zwischen der Kontaktfläche 212 und der Stirnseite 220 des Kontaktelements 216. Das Kontaktelement 216 umfasst neben dem Kontaktabschnitt 218 einen mehrstufigen und einteilig mit dem Kontaktabschnitt 218 ausgebildeten Schaftabschnitt 222. Der Schaftabschnitt 222 und der Kontaktabschnitt 218 sind vorzugsweise rotationssymmetrisch zu einer Symmetrie- oder Mittelachse M_{216} des Kontaktelements 216 ausgebildet.

Das Kontaktelement 216 und zumindest der Kontaktabschnitt 218 sind aus einer Aluminium-Bronze-Legierung gefertigt. Hierdurch ergibt sich eine hohe Druck- und Abriebfestigkeit. Hierdurch wird das Entstehen von metallischem Abrieb bei einem Kontakt des Kontaktabschnitts 218 mit der Kontaktfläche 212 zuverlässig verhindert. Der Schaftabschnitt 222 weist vier Abstufungen 224, 226, 228, 230 auf. Insbesondere weist der Schaftabschnitt 222 eine erste Abstufung 224, eine zweite Abstufung 226, eine dritte Abstufung 228 und eine vierte Abstufung 230 auf. Ein Außendurchmesser des Kontaktabschnitts 218 ist größer als ein Außendurchmesser der ersten Abstufung 224, deren Außendurchmesser wiederum größer ist als ein Außendurchmesser der zweiten Abstufung 226, deren Außendurchmesser wiederum größer ist als ein Außendurchmesser der dritten Abstufung 228, deren Durchmesser wiederum größer ist als ein Außendurchmesser der vierten Abstufung 230.

An der ersten Abstufung 224 ist ein Außengewinde 232 vorgesehen. Das Außengewinde 232 ist vorzugsweise ein Feingewinde. Ein Feingewinde hat im Vergleich zu einem Regelgewinde ein engeres Gewindeprofil. Das Außengewinde 232 kann beispielsweise ein M12x0,5-Gewinde sein. An die erste Abstufung 224 schließt sich die zweite Abstufung 226 an, die kein Außengewinde aufweist und somit außenseitig glatt ist. An der dritten Abstufung 228 ist wiederum ein Außengewinde 234 vorgesehen. Das Außengewinde 234 kann ein M10x1,5-Gewinde sein. Die vierte Abstufung 230 ist wieder außenseitig glattwandig, das heißt, sie weist kein Gewinde auf.

Die optische Vorrichtung 200A umfasst ein an dem Tragrahmen 204 oder an dem Sensorrahmen 206 angebrachtes Aufnahmeelement 236 zum Aufnehmen des Kontaktelements 216. Wie die Fig. 2 und 3 zeigen, kann das Aufnahmeelement 236 an dem Sensorrahmen 206 vorgesehen sein. Das Aufnahmeelement 236 umfasst einen rohr- oder hülsenförmigen Basisabschnitt 238, in dem der Schaftabschnitt 222 des Kontaktelements 216 aufgenommen ist. Das Aufnahmeelement 236 kann aus einem Stahlwerkstoff gefertigt sein. Ein Innendurchmesser des Basisabschnitts 238 ist zumindest geringfügig größer als der Außendurchmesser der zweiten Abstufung 226 des Schaftabschnitts 222 des Kontaktelements 216. Das Aufnahmeelement 236 ist gegenüber dem Sensorrahmen 206 elektrisch isoliert.

Innenseitig an dem Basisabschnitt 238 kann ein zu dem Außengewinde 232 des Schaftabschnitts 222 des Kontaktelements 216 korrespondierendes Innengewinde 240 vorgesehen sein. Das Außengewinde 232 und das Innengewinde 240 sind optional. Mit Hilfe des Außengewinde 232 und des Innengewinde 240 kann das Kontaktelement 216 entlang einer Mittelachse M_{236} des Aufnahmeelements 236 relativ zu diesem verlagert werden. Die Mittelachse M_{236} ist dabei koaxial mit der Mittelachse M_{216} angeordnet. Weiterhin kann alternativ zu dem Außengewinde 232 und dem korrespondierenden Innengewinde 240 eine andere Einrichtung, beispielsweise ein Piezoaktuator, zum Verlagern des Kontaktelements 216 relativ zu dem Aufnahmeelement 236 vorgesehen sein.

Das Aufnahmeelement 236 weist weiterhin einen einteilig mit dem Basisabschnitt 238 ausgebildeten Flanschabschnitt 242 auf. Der Flanschabschnitt 242 ist scheibenförmig und läuft um den Basisabschnitt 238 herum. Zwischen dem Flanschabschnitt 242 und einer Stirnseite 244 des Sensorrahmens 206 ist eine elektrisch isolierende Keramikscheibe 246 positioniert. Der Flanschabschnitt 242 weist vorzugsweise eine Vielzahl an Bohrungen 248 auf, durch die Befestigungsschrauben 250 zum Befestigen des Aufnahmeelements 236 an dem Sensorrahmen 206 geführt sind. Die Bohrungen 248 können gleichmäßig über einen Umfang des Flanschabschnitts 242 verteilt angeordnet sein. Die Befestigungsschrauben 250 können beispielsweise Zylinderkopfschrauben mit einem M6x1,0-Gewinde sein. Die Befestigungsschrauben 250 sind gegenüber dem Flanschabschnitt 242 elektrisch isoliert, so dass das Aufnahmeelement 236 und damit auch das Kontaktelement 216 nicht elektrisch leitend mit dem Sensorrahmen 206 verbunden ist.

Das Kontaktelement 216 ist mit Hilfe einer Sicherungsmutter 252 mit dem Aufnahmeelement 236 verspannt. Die Sicherungsmutter 252 weist ein Innengewinde 254 auf, das in das Außengewinde 234 des Schaftabschnitts 222 des Kontaktelements 216 formschlüssig eingreift. Zwischen der Sicherungsmutter 252 und einer Stirnseite 256 des Basisabschnitts 238 ist eine Unterlegscheibe 258 angeordnet. Die Unterlegscheibe 258 kann eine Stahlscheibe sein.

Umlaufend um den Basisabschnitt 238 und zwischen diesem und dem Sensorrahmen 206 ist ein Spalt 260 vorgesehen, um das Aufnahmeelement 236 und damit auch das Kontaktelement 216, wie zuvor bereits erwähnt, gegenüber dem Sensorrahmen 206 elektrisch zu isolieren. Der Kontaktabschnitt 218 des Kontaktelements 216 ist teilweise innerhalb des Sensorrahmens 206 angeordnet, aber mit Hilfe des Spalts 260 gegenüber diesem elektrisch isoliert. Der Spalt 260 kann eine Breite von 50 µm aufweisen.

Der Kontaktabschnitt 218 ragt mit einem Abstand b_{218} über eine dem Tragrahmen 204 zugewandte Stirnseite 262 des Sensorrahmens 206 über diesen hinaus.

Der Abstand b_{218} ist verstellbar. Der Abstand b_{218} kann dadurch eingestellt werden, dass zunächst die Sicherungsmutter 252 gelockert oder entfernt wird. Anschließend kann das Kontaktelement 216 verdreht werden, wodurch je nach Drehrichtung mit Hilfe des Außengewindes 232 des Kontaktelementes 216 und des Innengewindes 240 des Aufnahmeelements 236 der Abstand b_{218} vergrößert und damit die Breite b_{210} des Spalts verkleinert oder der Abstand b_{218} verkleinert und damit die Breite b_{210} des Spalts 210 vergrößert werden kann. Ist der gewünschte Abstand b_{218} beziehungsweise die gewünschte Breite b_{210} eingestellt, wird die Sicherungsmutter 252 wieder angezogen, um das Kontaktelement 216 in der gewünschten Position zu fixieren. In einer Endposition, in der ein minimaler Abstand b_{218} beziehungsweise eine maximale Breite b_{210} des Spalts 210 eingestellt ist, liegt eine Stirnseite 264 des Kontaktabschnitts 218 des Kontaktelements 216 an einer Stirnseite 266 des Basisabschnitts 238 des Aufnahmeelements 236 an.

Das Kontaktelement 216 und insbesondere der Kontaktabschnitt 218 kann die Kontaktfläche 212 zum Begrenzen einer Relativbewegung des Tragrahmens 204 relativ zu dem Sensorrahmen 206 kontaktieren. Das heißt, das Kontaktelement 216 kann an der Kontaktfläche 212 anschlagen. Zu einem Kontakt zwischen dem Kontaktelement 216 und der Kontaktfläche 212 kann es beispielsweise bei starken Schwingungen, Vibrationen oder einem Verkippen der optischen Vorrichtung 200A kommen. Dies kann beispielsweise bei einem Transport der optischen Vorrichtung 200A vorkommen. Dadurch, dass mit Hilfe des Kontaktelements 216 und der Kontaktfläche 212 ein definierter Anschlag verwirklicht wird, kann eine Beschädigung der optischen Vorrichtung 200A verhindert werden. Die Verwendung einer Aluminium-Bronze-Legierung für das Kontaktelement 216 verhindert ferner zuverlässig das Entstehen von metallischem Abrieb wenn das Kontaktelement 216 die Kontaktfläche 212 kontaktiert.

Das Kontaktelement 216 kann auch zur Transportsicherung der optischen Vorrichtung 200A eingesetzt werden. Insbesondere kann, wie zuvor beschrieben, das Kontaktelement 216 bezüglich des Aufnahmeelements 236 beziehungsweise be-

züglich des Sensorrahmens 206 oder für dem Fall, dass das Kontaktelement 216 an dem Tragrahmen 204 vorgesehen ist, bezüglich des Tragrahmens 204 verlagert werden, um den Tragrahmen 204 mit dem Sensorrahmen 206 zu verspannen. Hierzu wird das Kontaktelement 216 solange bezüglich des Aufnahmeelements 236 verlagert, bis dieses an der Kontaktfläche 212 anliegt.

Das Kontaktelement 216 und die Kontaktfläche 212 bilden gemeinsam einen elektrischen Kondensator 268, insbesondere einen Plattenkondensator, der Sensoranordnung 208. Die Kontaktfläche 212 und das Kontaktelement 216 bilden den elektrischen Kondensator 268, wobei die Kapazität des Kondensators 268 durch die Breite b_{210} des Spalts bestimmt ist. Insbesondere bilden das Kontaktelement 216, genauer gesagt die Stirnseite 220, und die Kontaktfläche 212 zwei einander gegenüberliegend angeordnete Platten eines Plattenkondensators. Beim aufeinander zu bewegen beziehungsweise beim voneinander weg bewegen der Stirnseite 220 und der Kontaktfläche 212 ändert sich die Breite b_{210} und damit die elektrisch messbare Kapazität des Kondensators 268. Über die Änderung der Kapazität lässt sich eine Veränderung der Breite b_{210} des Spalts 210 ermitteln. Zur Messung der Breite b_{210} wird eine Kennlinie des Kondensators 268 analog oder digital linearisiert. Zwischen dem Kontaktelement 216 und der Kontaktfläche 212 bildet sich ein elektrisches Feld, dessen Feldlinien 270 schematisch dargestellt sind. Die Feldlinien 270 sind gekrümmt.

Anstelle der vorstehend beschriebenen kapazitiven Messung der Breite b_{210} des Spalts 210 kann auch eine induktive oder optische Messung erfolgen:

Beispielsweise könnte zu einer induktiven Messung vorgesehen sein, dass die Bewegung des Kontaktelements 216 relativ zu der Kontaktfläche 212 zur Induktion eines Wirbelstroms in dem Kontaktelement 216 führt. Dieser Wirbelstrom wird erfasst. Anhand des erfassten Wirbelstroms wird die Breite b_{210} des Spalts 210 ermittelt.

Ferner könnte beispielsweise zu einer optischen Messung ein konfokaler oder ein sonstiger optischer Sensor 208a in einer Öffnung 208b des Kontaktelements 216 (insbesondere in Form einer Bohrung) angeordnet sein, wie in Fig. 2 schematisch angedeutet. An der Kontaktfläche 212 könnte ein entsprechender optischer Messstrahl erzeugt oder zurückreflektiert werden.

Eine bei einem Kontakt des Kontaktelements 216 mit der Kontaktfläche 212 in das Kontaktelement 216 eingeleitete Kraft F_{216} wird über das Kontaktelement 216, das Aufnahmeelement 236 und die Befestigungsschrauben 250 in den Sensorrahmen 206 eingeleitet. Die Krafteinleitung ist in der Fig. 3 mit Hilfe eines Pfeils 272 dargestellt.

An dem Kontaktelement 216, beispielsweise an einer der Stirnseite 220 abgewandten rückseitigen Stirnseite 274 desselben kann ein elektrischer Steckverbinder 276 zum elektrischen Verbinden des Kontaktelements 216 mit einer Auswerteeinrichtung 278 vorgesehen sein. Die Auswerteeinrichtung 278 ist dazu eingerichtet, Signale des Kondensators 268 auszuwerten und die aktuelle Breite b_{210} auszugeben. Die optische Vorrichtung 200A kann die Auswerteeinrichtung 278 umfassen. Die Auswerteeinrichtung 278 weist eine Verbindungsleitung oder ein Kabel 280 auf, an dem endseitig ein Stecker 282 zum elektrischen Verbinden mit dem Steckverbinder 276 vorgesehen ist. Das Kabel 280 kann beispielsweise dann, wenn das Kontaktelement 216 schwer zugänglich ist an dem Kontaktelement 216 oder an dem Sensorrahmen 206 verbleiben. Hierzu kann an dem Kabel 280 ein trennbarer Steckverbinder 284 vorgesehen sein, der über ein weiteres Kabel 286 mit der Auswerteeinrichtung 278 verbunden ist.

Mit Hilfe der Sensoranordnung 208 kann somit vor der Inbetriebnahme der optischen Vorrichtung 200A die Breite b_{210} überprüft und gegebenenfalls, wie zuvor beschrieben, mit Hilfe eines Verlagerns des Kontaktelements 216 gegenüber dem Aufnahmeelement 236 eingestellt werden. Vorzugsweise beträgt die Breite b_{210} nach dem Einstellen derselben 100 bis 300 µm. Hierdurch kann ein mechanischer Kurzschluss zwischen dem Tragrahmen 204 und dem Sensorrahmen 206,

das heißt, ein berührender Kontakt, zwischen der Kontaktfläche 212 und dem Kontaktelement 216 im Betrieb der optischen Vorrichtung 200A zuverlässig verhindert werden. Ein manuelles Messen der Breite b_{210}, beispielsweise mit Hilfe einer Fühlerlehre, ist verzichtbar. Die Breite b_{210} ist auch dann zuverlässig und einfach ermittelbar, wenn der Spalt 210 nicht zugänglich und nicht einsehbar ist. Weiterhin kann mit Hilfe des Kontaktelements 216 eine zuverlässige Transportsicherung der optischen Vorrichtung 200A erreicht werden.

Die Fig. 4 zeigt eine stark vereinfachte schematische Aufsicht der optischen Vorrichtung 200A. An der optischen Vorrichtung 200A kann eine Vielzahl derartiger Sensoranordnungen 208 vorgesehen sein. Der Sensorrahmen 206 ist in der Fig. 4 nicht gezeigt. In den Fig. 2 bis 4 ist ferner jeweils ein Koordinatensystem mit einer x-Achse x, einer y-Achse y und einer z-Achse z gezeigt. Mit Hilfe der Kontaktelemente 216 der Sensoranordnungen 208 kann eine Fixierung des Tragrahmens 204 an dem Sensorrahmen 206 oder umgekehrt in einer von der x-Achse x und der y-Achse y aufgespannten Ebene erreicht werden.

Die Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform einer optischen Vorrichtung 200B. Die optische Vorrichtung 200B gemäß der Fig. 5 unterscheidet sich von der optischen Vorrichtung 200A gemäß der Fig. 2 bis 4 nur dadurch, dass an dem Kontaktelement 216 und insbesondere an dem Kontaktabschnitt 218 des Kontaktelements 216 ein Guard Ring oder Schutzring-Kondensator 288 zur Feldabschirmung vorgesehen ist.

Der Schutzring-Kondensator 288 umläuft den Kontaktabschnitt 218 ringförmig. Mit Hilfe des Schutzring-Kondensators 288 kann, wie in der Fig. 5 schematisch gezeigt, das elektrische Feld abgeschirmt werden, so dass die Feldlinien 270 im Wesentlichen senkrecht zu der Stirnseite 220 des Kontaktabschnitts 218 des Kontaktelements 216 positioniert sind. Hierdurch kann die Messgenauigkeit deutlich verbessert werden. Insbesondere kann hierdurch die Breite b_{210} des Spalts bis auf eine Genauigkeit von 10 µm eingestellt werden. Die Funktionalität

der optischen Vorrichtung 200B entspricht ansonsten der Funktionalität der optischen Vorrichtung 200A.

Die Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform einer optischen Vorrichtung 200C. Die optische Vorrichtung 200C gemäß der Fig. 6 unterscheidet sich von der Vorrichtung 200A gemäß der Fig. 2 bis 4 nur dadurch, dass die optische Vorrichtung 200C ein zu dem Kontaktelement 216 korrespondierendes Gegenkontaktelement 290 umfasst, das die Kontaktfläche 212 aufweist. Das Gegenkontaktelement 290 kann beispielsweise mit dem Tragrahmen 204 verschraubt, verklebt oder vernietet sein. Das Gegenkontaktelement 290 ist aus einem metallischen Werkstoff gefertigt. Das Gegenkontaktelement 290 kann insbesondere aus einer Titan-Aluminium-Legierung gefertigt sein. Das Gegenkontaktelement 290 ist plattenförmig. Das Gegenkontaktelement 290 kann kreisrund sein.

Das Gegenkontaktelement 290 ist entweder elektrisch leitend mit dem Tragrahmen 204 verbunden und so über die Erdung 214 geerdet, oder das Gegenkontaktelement 290 ist gegenüber dem Tragrahmen 204 elektrisch isoliert und weist eine eigene Erdung 292 auf. Die optische Vorrichtung 200C kann ferner den in der Fig. 5 gezeigten Schutzring-Kondensator 288 zur Feldabschirmung umfassen. Die Funktionalität der optischen Vorrichtung 200C entspricht ansonsten der Funktionalität der optischen Vorrichtung 200A.

Die Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform einer optischen Vorrichtung 200D. Die optische Vorrichtung 200D gemäß der Fig. 7 unterscheidet sich von der optischen Vorrichtung 200C gemäß der Fig. 6 nur durch eine alternative Ausgestaltung des Gegenkontaktelements 290. Das Gegenkontaktelement 290 ist bei der Ausführungsform der optischen Vorrichtung 200D gemäß der Fig. 7 nicht als massive Platte ausgeführt, sondern umfasst einen Federabschnitt 294, der dazu eingerichtet ist, sich bei einem Kontakt mit dem Kontaktelement 216 federelastisch zu verformen. Der Federabschnitt 294 ist insbesondere eine Blattfeder.

Das Gegenkontaktelement 290 ist topfförmig und umfasst neben dem Federabschnitt 294 einen rohrförmigen Basisabschnitt 296, der in Richtung des Sensorrahmens 206 von dem Federabschnitt 294 stirnseitig verschlossen ist. Gegenüberliegend dem Federabschnitt 294 ist ein ringförmiger umlaufender Befestigungsabschnitt 298 vorgesehen, der mit dem Tragrahmen 204 fest verbunden ist. An dem Basisabschnitt 296 kann zumindest eine oder mehrere Bohrungen 300 vorgesehen sein, die diesen durchbrechen. Mit Hilfe der Bohrung 300 oder der Bohrungen 300 kann ein Innenraum 302 des Gegenkontaktelements 290 beim Evakuieren der optischen Vorrichtung 200D entlüftet werden. Hierdurch wird eine unerwünschte Deformation des Gegenkontaktelements 290 verhindert. Die optische Vorrichtung 200D kann den in der Fig. 5 gezeigten Schutzring-Kondensator 288 zur Feldabschirmung umfassen. Die Funktionalität der optischen Vorrichtung 200D entspricht ansonsten der Funktionalität der optischen Vorrichtung 200A.

Die Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform einer optischen Vorrichtung 200E. Die optische Vorrichtung 200E unterscheidet sich von der optischen Vorrichtung 200A gemäß der Fig. 2 bis 4 nur dadurch, dass der Kontaktabschnitt 218 des Kontaktelements 216 vorderseitig nicht eben sondern, insbesondere kugelförmig, gewölbt ist. Das heißt, die Stirnseite 220 ist sphärisch oder kugelkalottenförmig. Hierdurch kann ein punktueller Kontakt der Stirnseite 220 mit der Kontaktfläche 212 erzielt werden. Die Breite b_{210} des Spalts 210 ist dann definiert als ein Abstand der Kontaktfläche 212 zu einem der Kontaktfläche 212 am nächsten liegenden vordersten Punkt der Stirnseite 220.

Die optische Vorrichtung 200E gemäß der Fig. 8 kann den in der Fig. 5 gezeigten Schutzring-Kondensator 288 zur Feldabschirmung, das in der Fig. 6 gezeigte Gegenkontaktelement 290 oder das in der Fig. 7 gezeigte Gegenkontaktelement 290 umfassen. Die Funktionalität der optischen Vorrichtung 200E entspricht ansonsten der Funktionalität der optischen Vorrichtung 200A.

Obwohl die Erfindung vorliegend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf keineswegs beschränkt, sondern vielfältig modifizierbar.

BEZUGSZEICHENLISTE

100A	EUV-Lithographieanlage
100B	DUV-Lithographieanlage
102	Strahlformungs- und Beleuchtungssystem
104	Projektionssystem
106A	EUV-Lichtquelle
106B	DUV-Lichtquelle
108A	EUV-Strahlung
108B	DUV-Strahlung
110	Spiegel
112	Spiegel
114	Spiegel
116	Spiegel
118	Spiegel
120	Photomaske
122	Spiegel
124	Wafer
126	optische Achse
128	Linse
130	Spiegel
132	Medium
200A	optische Vorrichtung
200B	optische Vorrichtung
200C	optische Vorrichtung
200D	optische Vorrichtung
200E	optische Vorrichtung
202	optisches Element
204	Tragrahmen
206	Sensorrahmen
208	Sensoranordnung
208a	optischer Sensor

208b Öffnung
210 Spalt
212 Kontaktfläche
214 Erdung
216 Kontaktelement
218 Kontaktabschnitt
220 Stirnseite
222 Schaftabschnitt
224 Abstufung
226 Abstufung
228 Abstufung
230 Abstufung
232 Außengewinde
234 Außengewinde
236 Aufnahmeelement
238 Basisabschnitt
240 Innengewinde
242 Flanschabschnitt
244 Stirnseite
246 Keramikscheibe
248 Bohrung
250 Befestigungsschraube
252 Sicherungsmutter
254 Innengewinde
256 Stirnseite
258 Unterlegscheibe
260 Spalt
262 Stirnseite
264 Stirnseite
266 Stirnseite
268 Kondensator
270 Feldlinie

272	Pfeil
274	Stirnseite
276	Steckverbinder
278	Auswerteeinrichtung
280	Kabel
282	Stecker
284	Steckverbinder
286	Kabel
288	Schutzring-Kondensator
290	Gegenkontaktelement
292	Erdung
294	Federabschnitt
296	Basisabschnitt
298	Befestigungsabschnitt
300	Bohrung
302	Innenraum

b_{210}	Breite
b_{218}	Abstand
F_{216}	Kraft
M1	Spiegel
M2	Spiegel
M3	Spiegel
M4	Spiegel
M5	Spiegel
M6	Spiegel
M_{216}	Mittelachse
M_{236}	Mittelachse

PATENTANSPRÜCHE

1. Optische Vorrichtung (200A, 200B, 200C, 200D, 200E) für eine Lithographieanlage (100A, 100B), aufweisend:

ein optisches Element (202),

einen Tragrahmen (204), der das optische Element (202) trägt,

einen mechanisch von dem Tragrahmen (204) entkoppelten Sensorrahmen (206), wobei zwischen dem Tragrahmen (204) und dem Sensorrahmen (206) ein Spalt (210) vorgesehen ist, und

eine Sensoranordnung (208), die dazu eingerichtet ist, eine Breite (b_{210}) des Spalts (210) berührungslos zu ermitteln,

wobei die Sensoranordnung (208) ein Kontaktelement (216) und eine Kontaktfläche (212) aufweist und wobei das Kontaktelement (216) dazu eingerichtet ist, die Kontaktfläche (212) zum Begrenzen einer Relativbewegung des Tragrahmes (204) relativ zu dem Sensorrahmen (206) zu kontaktieren.

2. Optische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Kontaktelement (216) zur Transportsicherung der optischen Vorrichtung (200A, 200B, 200C, 200D, 200E) bezüglich des Sensorrahmens (206) oder des Tragrahmens (204) verlagerbar ist, um den Tragrahmen (204) mit dem Sensorrahmen (206) zu verspannen.

3. Optische Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, ferner umfassend ein an dem Sensorrahmen (206) oder an dem Tragrahmen (204) angebrachtes Aufnahmeelement (236), in dem das Kontaktelement (216) aufgenommen ist.

4. Optische Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei zwischen dem Aufnahmeelement (236) und dem Sensorrahmen (206) oder zwischen dem Aufnahmeelement (238) und dem Tragrahmen (204) umlaufend um das Aufnahmeelement (236) ein Spalt (260) zur elektrischen Isolation des Aufnahmeelements (236) und des Kontaktelements (216) gegenüber dem Sensorrahmen (206) oder dem Tragrahmen (204) vorgesehen ist.

5. Optische Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, wobei das Kontaktelement (216) entlang einer Mittelachse (M_{236}) des Aufnahmeelements (236) relativ zu diesem verlagerbar ist.

6. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, ferner umfassend ein Gegenkontaktelement (290), das die Kontaktfläche (212) aufweist.

7. Optische Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei das Gegenkontaktelement (290) elektrisch leitend mit dem Sensorrahmen (206) oder dem Tragrahmen (204) verbunden ist.

8. Optische Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, wobei das Gegenkontaktelement (290) einen Federabschnitt (294) aufweist, der dazu eingerichtet ist, sich bei einem Kontakt mit dem Kontaktelement (216) federelastisch zu verformen.

9. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Tragrahmen (204) eines von dem Kontaktelement (216) und der Kontaktfläche (212) und der Sensorrahmen (206) das andere von dem Kontaktelement (216) und der Kontaktfläche (212) aufweist.

10. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Sensoranordnung (208) dazu eingerichtet ist, eine Breite (b_{210}) des Spalts (210) kapazitiv, optisch oder induktiv zu ermitteln.

11. Optische Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei das Kontaktelement (216) und die Kontaktfläche (212) gemeinsam einen Kondensator (268) der Sensoranordnung (208) zur kapazitiven Ermittlung der Breite (b_{210}) des Spalts (210) bilden.

12. Optische Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Sensoranordnung (208) einen an dem Kontaktelement (216) vorgesehenen Schutzring-Kondensator (288) zur Feldabschirmung aufweist.

13. Optische Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Sensoranordnung (208) zur optischen Ermittlung der Breite (b_{210}) des Spalts (210) einen konfokalen Sensor (208a) aufweist, wobei bevorzugt der konfokale Sensor (208a) oder ein Teil desselben in einer Öffnung (208b) in dem Kontaktelement (216) angeordnet ist.

14. Optische Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei in dem Kontaktelement (216) und/oder in der Kontaktfläche (212) ein Wirbelstrom zur induktiven Ermittlung der Breite (b_{210}) des Spalts (210) erzeugbar ist.

15. Lithographieanlage (100A, 100B), insbesondere EUV- oder DUV-Lithographieanlage, mit einer optischen Vorrichtung (200A, 200B, 200C, 200D, 200E) nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

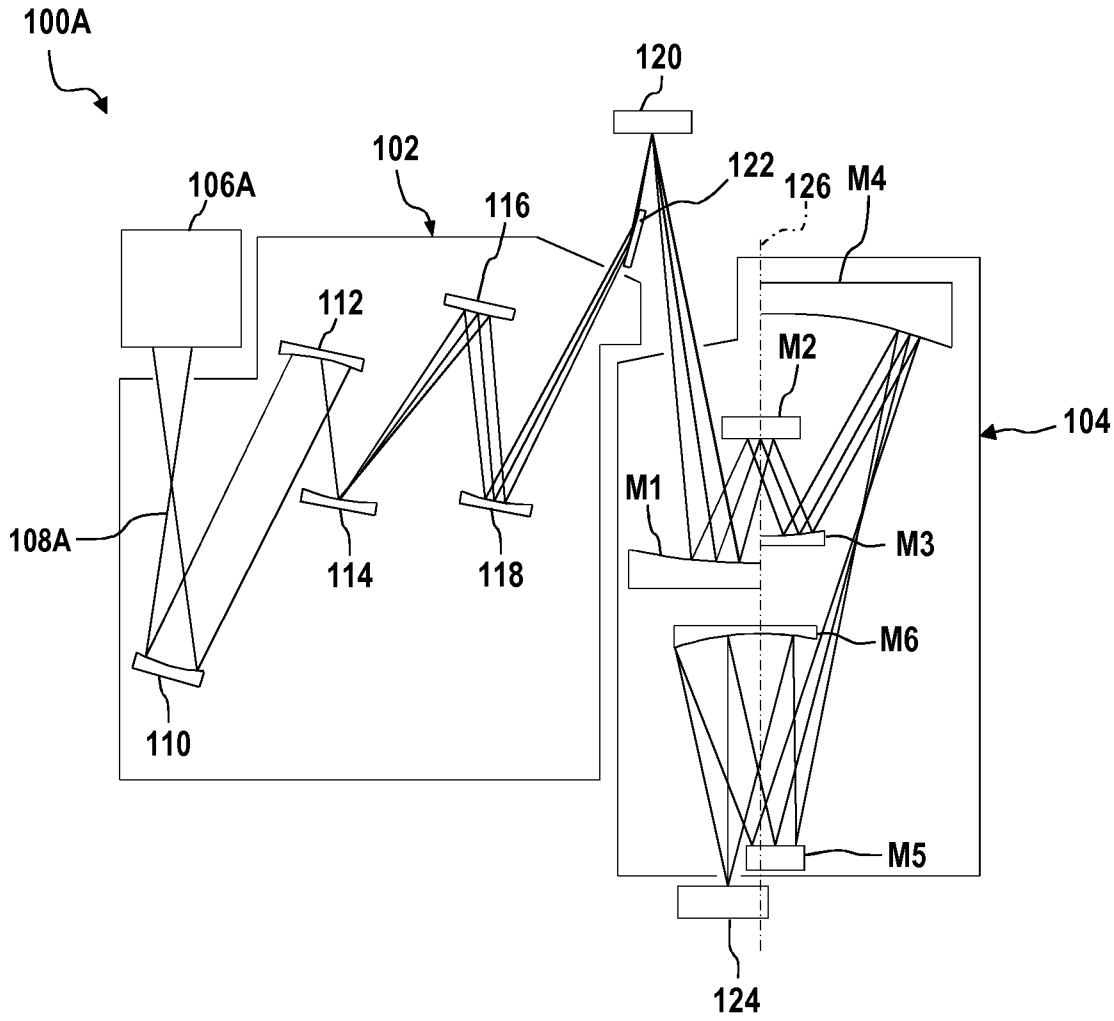

100A
120
102
122
126
M4
106A
116
112
M2
104
M1
108A
M3
114
118
M6
110
M5
124

Fig. 1A

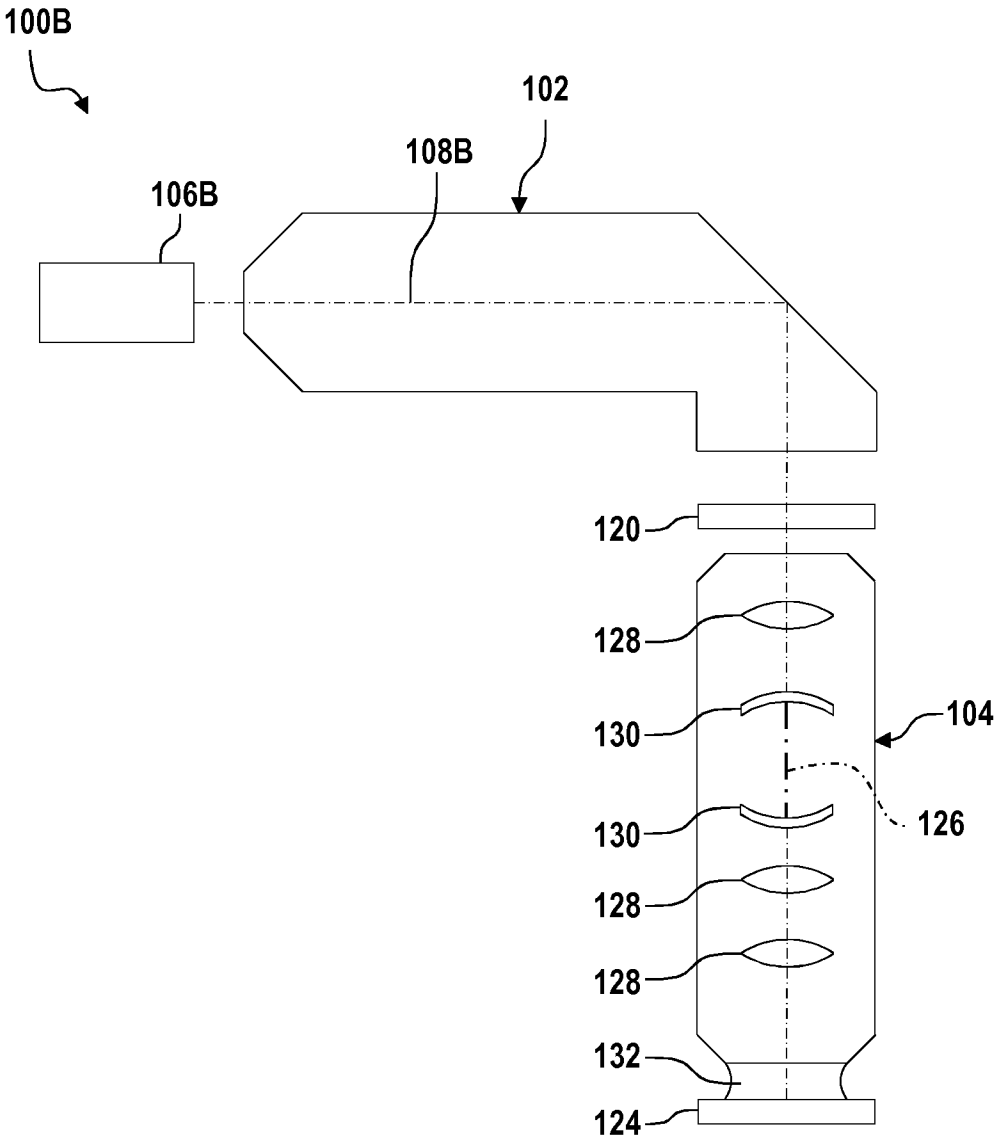


Fig. 1B

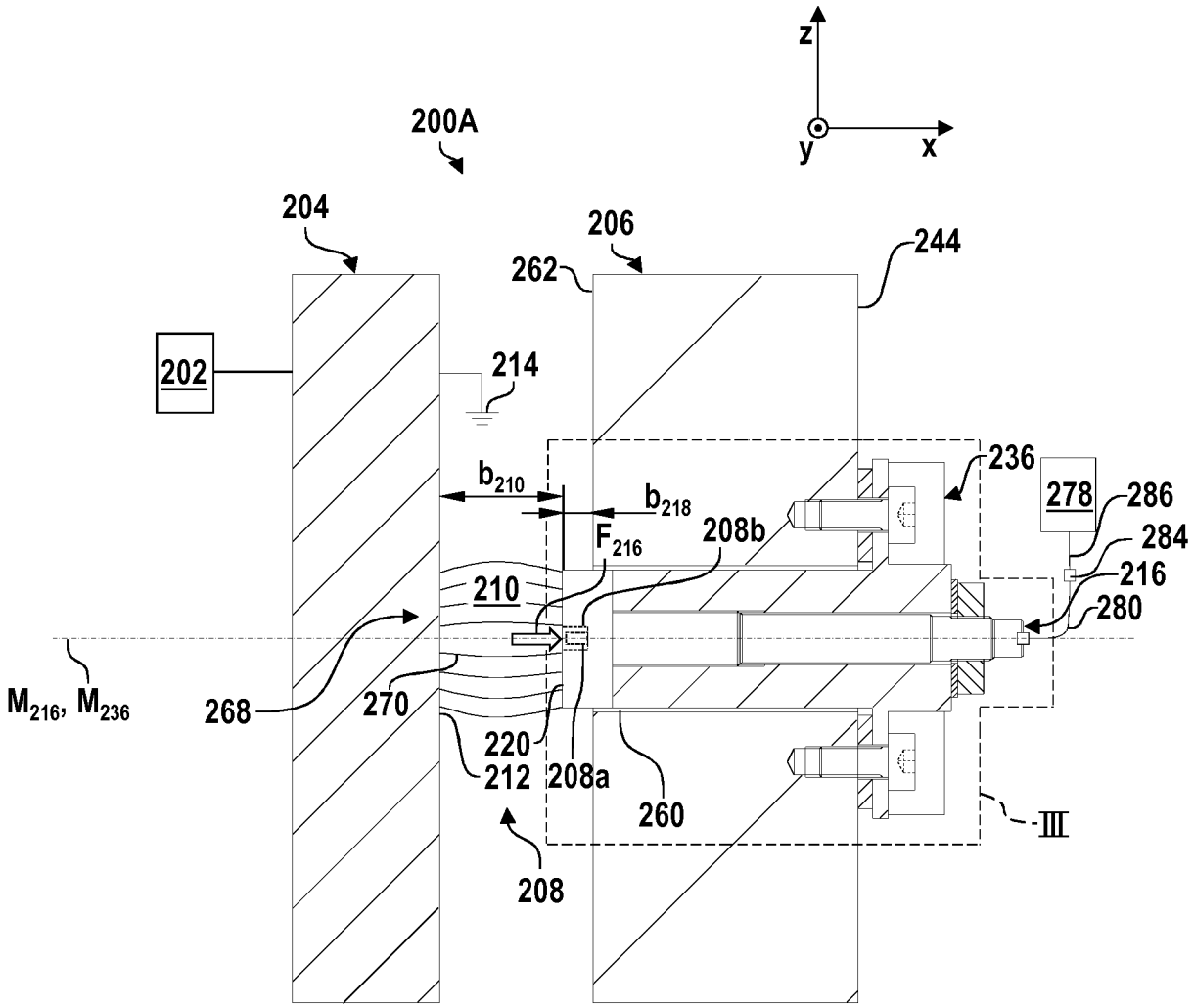

z
y
x
200A
204
206
262
244
202
214
236
278
286
284
216
280
b_{210}
b_{218}
F_{216}
208b
210
M_{216}, M_{236}
268
270
220
212
208a
260
208
III

Fig. 2

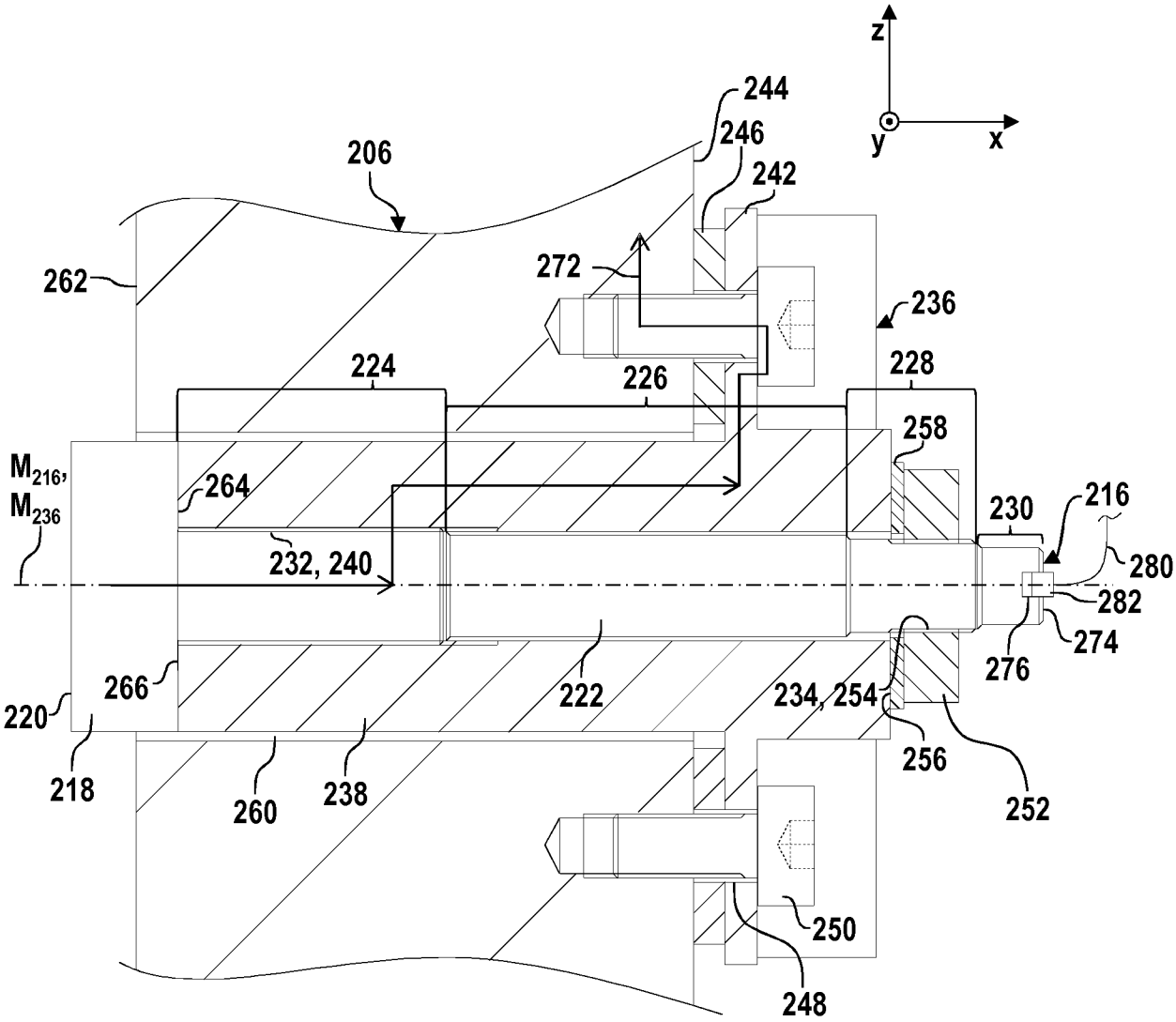

z
y
x
244
246
242
206
262
272
236
224
226
228
258
M_{216},
M_{236}
264
230
216
232, 240
280
282
274
276
266
222
234, 254
220
256
218
260
238
252
250
248

Fig. 3

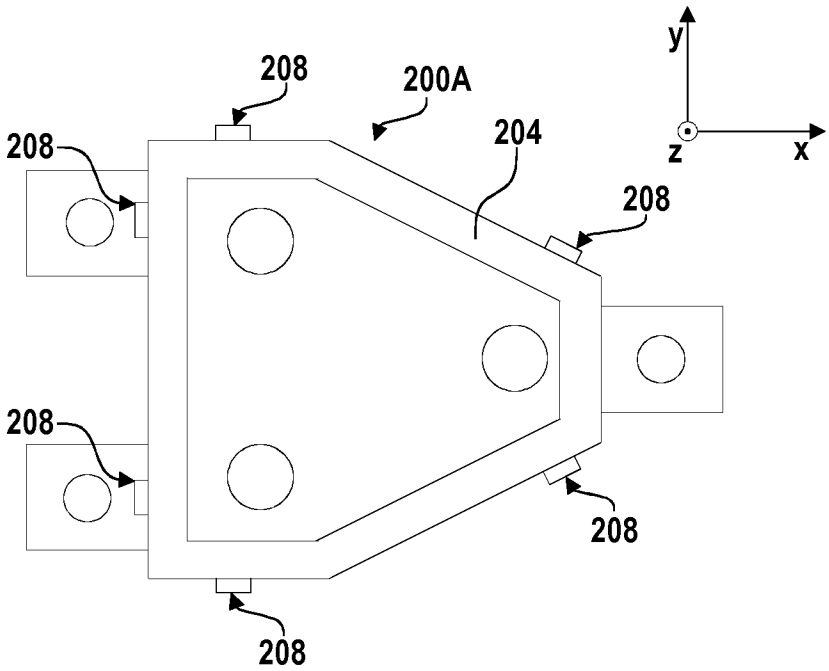


Fig. 4

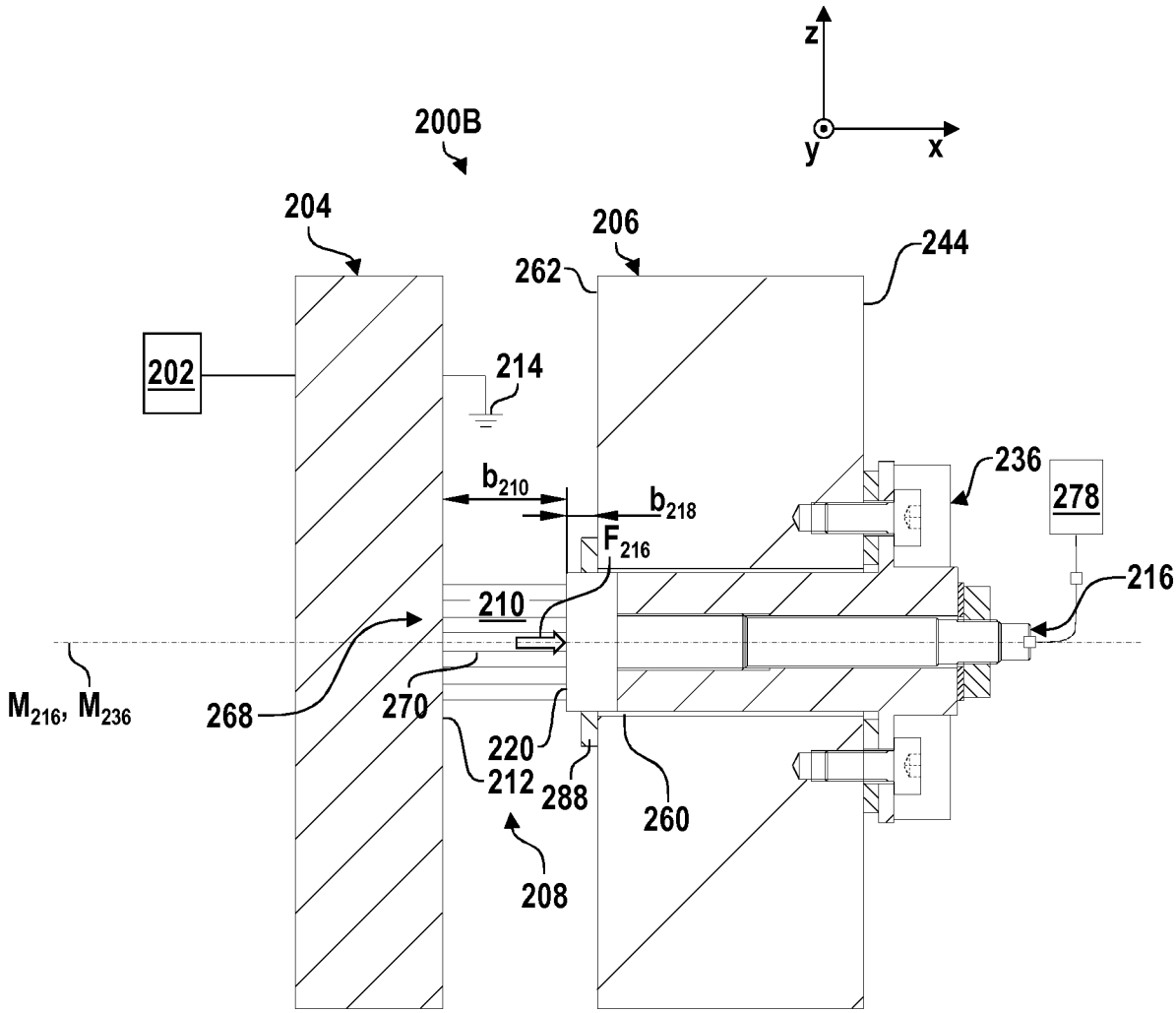

z
y
x
200B
204
206
262
244
202
214
236
278
b_{210}
b_{218}
F_{216}
216
210
M_{216}, M_{236}
268
270
220
212
288
260
208

Fig. 5

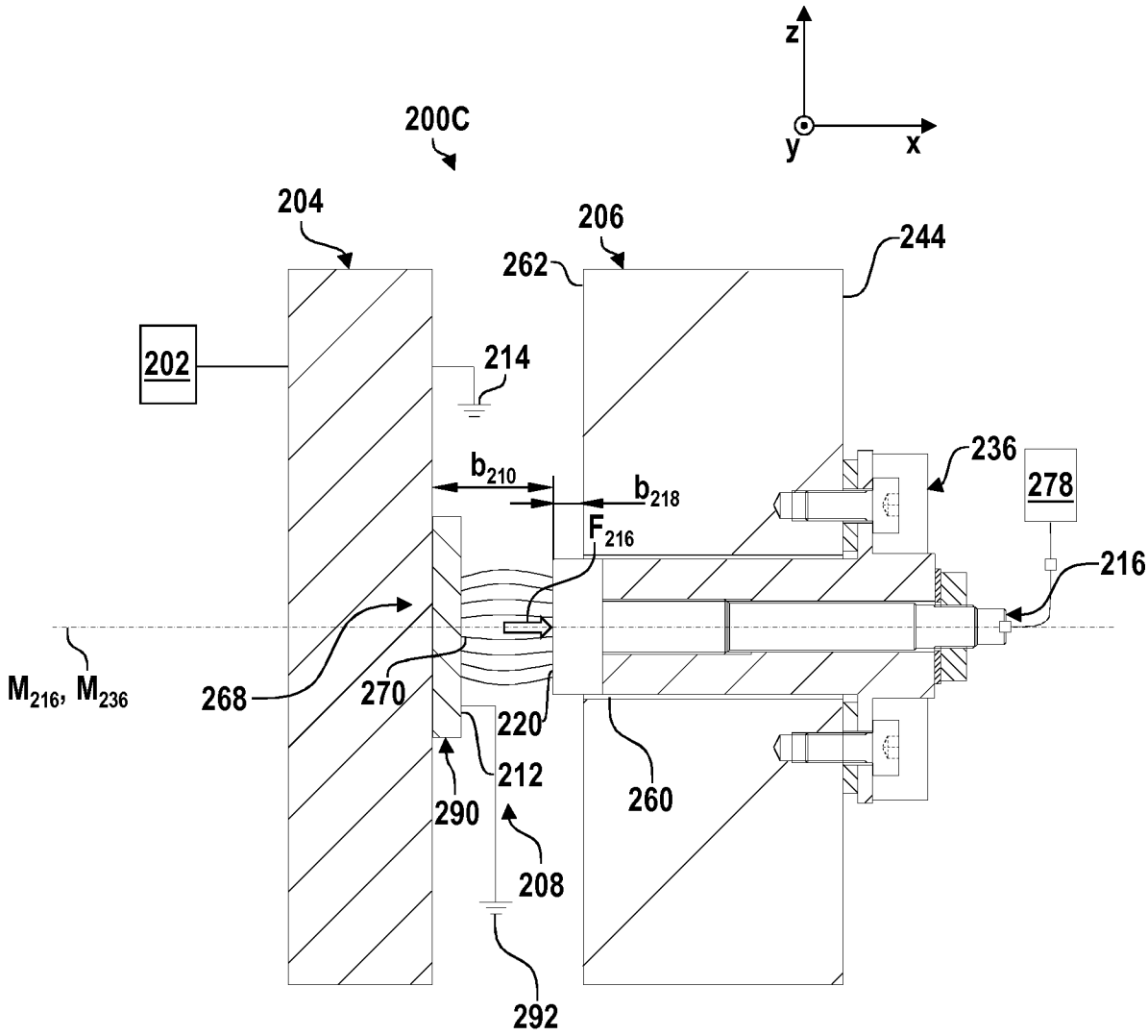

z
y
x
200C
204
206
262
244
202
214
236
278
b_{210}
b_{218}
F_{216}
216
M_{216}, M_{236}
268
270
220
212
290
260
208
292

Fig. 6

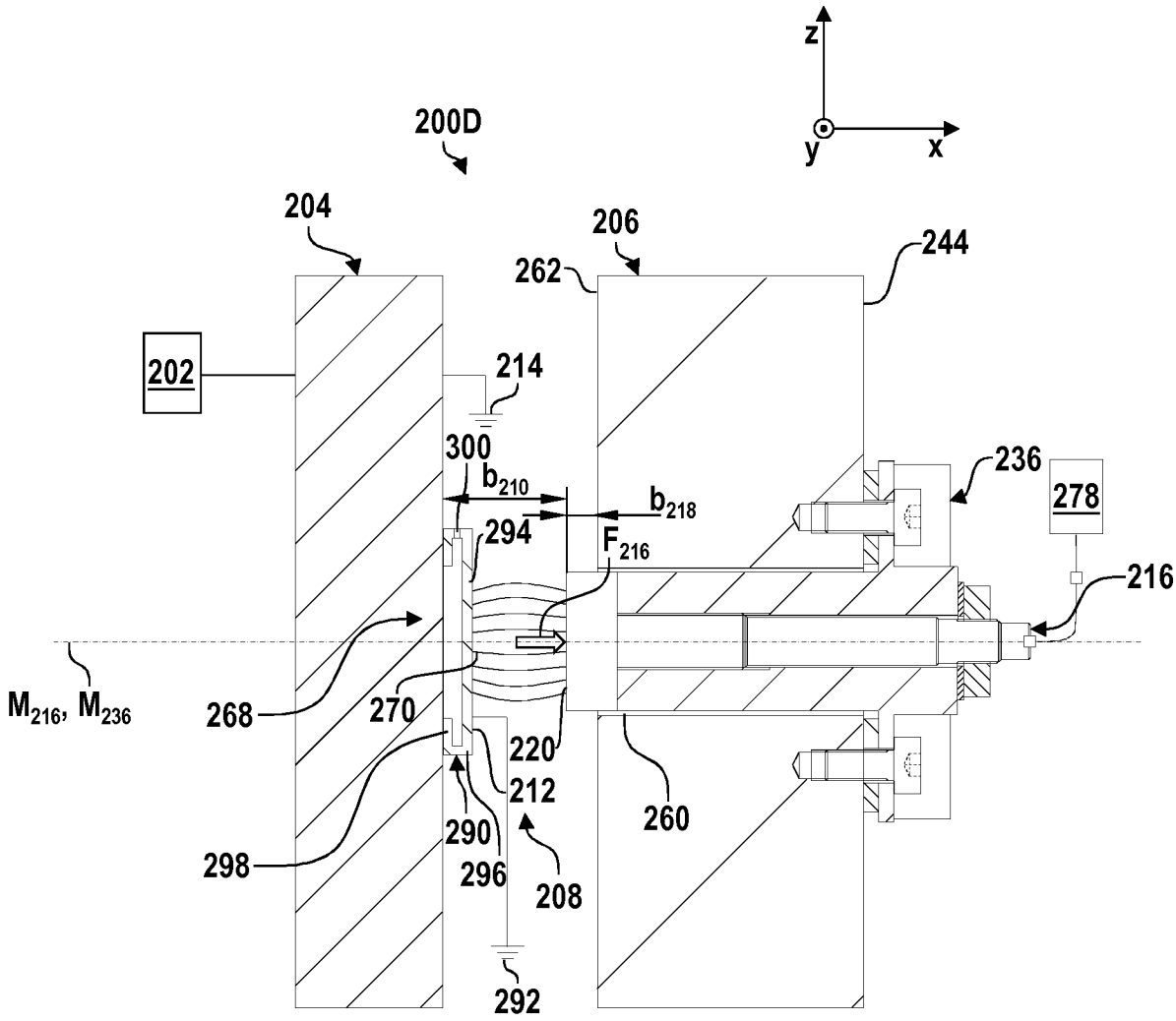

z
y
x
200D
204
206
262
244
202
214
300
b_{210}
b_{218}
294
F_{216}
236
278
216
M_{216}, M_{236}
268
270
220
212
260
290
296
298
208
292

Fig. 7

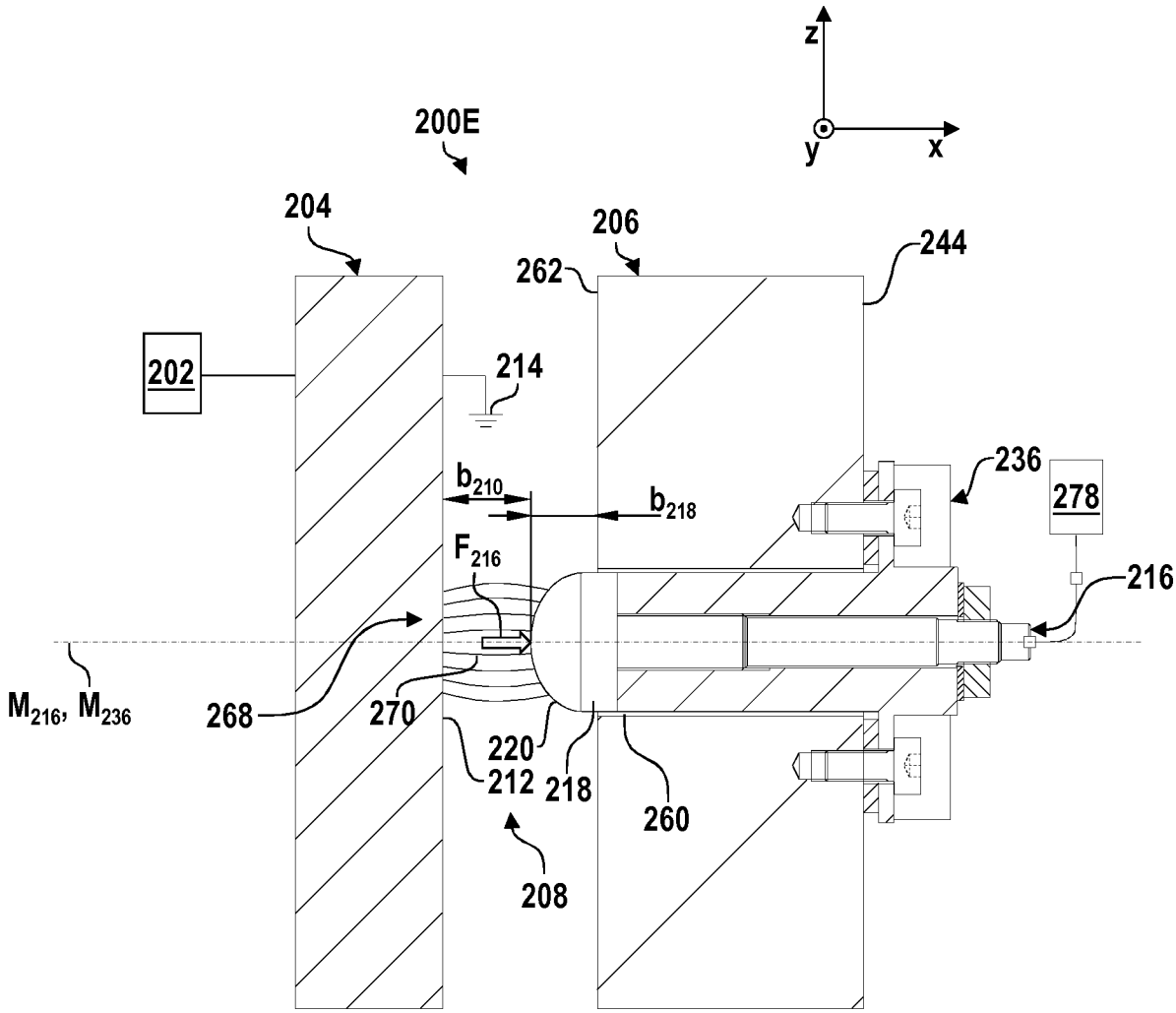

z
y
x
200E
204
206
244
262
202
214
236
278
b_{210}
b_{218}
F_{216}
216
M_{216}, M_{236}
268
270
220
212
218
260
208

Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053289

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20 G02B7/182
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G03F G02B

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2012/154774 A1 (VAN DER WIJST MARC WILHELMUS MARIA [NL] ET AL) 21 June 2012 (2012-06-21) paragraphs [0089] - [0095]; figure 11	1-15
A	DE 10 2012 212503 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 23 January 2014 (2014-01-23) paragraphs [0060], [0061]; figure 7	1-15
A	JP 2005 166996 A (NIPPON KOGAKU KK) 23 June 2005 (2005-06-23) figures 1,2	1-15
A	US 2003/010902 A1 (HOF ALBRECHT [DE] ET AL) 16 January 2003 (2003-01-16) paragraphs [0027], [0034]; figure 1	1-15

☐ 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
12 May 2017	30/05/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Eisner, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/053289

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012154774 A1	21-06-2012	CN 102566308 A	11-07-2012
		EP 2469340 A2	27-06-2012
		JP 5470362 B2	16-04-2014
		JP 2012134486 A	12-07-2012
		KR 20130130099 A	02-12-2013
		SG 182054 A1	30-07-2012
		TW 201241573 A	16-10-2012
		US 2012154774 A1	21-06-2012
		US 2016004170 A1	07-01-2016
DE 102012212503 A1	23-01-2014	DE 102012212503 A1	23-01-2014
		JP 5654092 B2	14-01-2015
		JP 5902779 B2	13-04-2016
		JP 2014022739 A	03-02-2014
		JP 2014232889 A	11-12-2014
		US 2014021324 A1	23-01-2014
		US 2015168853 A1	18-06-2015
JP 2005166996 A	23-06-2005	NONE	
US 2003010902 A1	16-01-2003	DE 10134387 A1	23-01-2003
		DE 60223630 T2	30-10-2008
		EP 1275995 A2	15-01-2003
		EP 1278089 A2	22-01-2003
		JP 3836767 B2	25-10-2006
		JP 4454917 B2	21-04-2010
		JP 2003158070 A	30-05-2003
		JP 2003163160 A	06-06-2003
		KR 20030007147 A	23-01-2003
		KR 20030035813 A	09-05-2003
		TW I243967 B	21-11-2005
		US 2003010902 A1	16-01-2003
		US 2003058422 A1	27-03-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/053289

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G03F7/20 G02B7/182
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G03F G02B

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2012/154774 A1 (VAN DER WIJST MARC WILHELMUS MARIA [NL] ET AL) 21. Juni 2012 (2012-06-21) Absätze [0089] - [0095]; Abbildung 11	1-15
A	DE 10 2012 212503 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 23. Januar 2014 (2014-01-23) Absätze [0060], [0061]; Abbildung 7	1-15
A	JP 2005 166996 A (NIPPON KOGAKU KK) 23. Juni 2005 (2005-06-23) Abbildungen 1,2	1-15
A	US 2003/010902 A1 (HOF ALBRECHT [DE] ET AL) 16. Januar 2003 (2003-01-16) Absätze [0027], [0034]; Abbildung 1	1-15

☐ 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
12. Mai 2017	30/05/2017

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

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/053289

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012154774 A1	21-06-2012	CN 102566308 A	11-07-2012
		EP 2469340 A2	27-06-2012
		JP 5470362 B2	16-04-2014
		JP 2012134486 A	12-07-2012
		KR 20130130099 A	02-12-2013
		SG 182054 A1	30-07-2012
		TW 201241573 A	16-10-2012
		US 2012154774 A1	21-06-2012
		US 2016004170 A1	07-01-2016
DE 102012212503 A1	23-01-2014	DE 102012212503 A1	23-01-2014
		JP 5654092 B2	14-01-2015
		JP 5902779 B2	13-04-2016
		JP 2014022739 A	03-02-2014
		JP 2014232889 A	11-12-2014
		US 2014021324 A1	23-01-2014
		US 2015168853 A1	18-06-2015
JP 2005166996 A	23-06-2005	KEINE	
US 2003010902 A1	16-01-2003	DE 10134387 A1	23-01-2003
		DE 60223630 T2	30-10-2008
		EP 1275995 A2	15-01-2003
		EP 1278089 A2	22-01-2003
		JP 3836767 B2	25-10-2006
		JP 4454917 B2	21-04-2010
		JP 2003158070 A	30-05-2003
		JP 2003163160 A	06-06-2003
		KR 20030007147 A	23-01-2003
		KR 20030035813 A	09-05-2003
		TW I243967 B	21-11-2005
		US 2003010902 A1	16-01-2003
		US 2003058422 A1	27-03-2003