



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 041 436 A1** 2009.04.09

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 041 436.0**

(22) Anmeldetag: **21.08.2008**

(43) Offenlegungstag: **09.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 1/14** (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2007 047 149.3 02.10.2007

(71) Anmelder:

Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen, DE

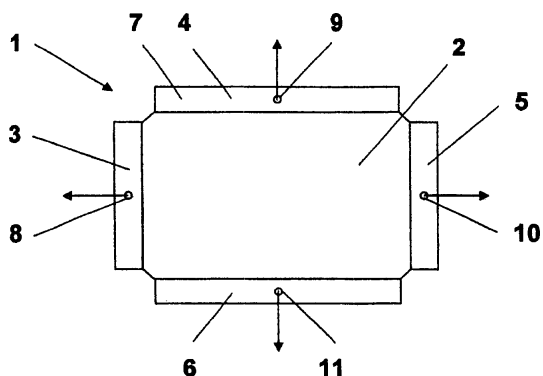
(72) Erfinder:

**Müller, Ulrich, Dr., 73430 Aalen, DE; Rath, Martin,
73486 Adelmansfelden, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optisches Membranelement**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches Membranelement für eine optische Vorrichtung in der Lithographie, insbesondere der EUV (Extrem Ultra Violett)-Lithographie, mit mindestens einer Membranschicht und einem Rahmen, der die Membranschicht zumindest teilweise umgibt und an dem zumindest ein Teil des Randes der Membranschicht gelagert ist, wobei mindestens ein Spannelement vorgesehen ist, welches ein Spannen der Membranschicht ermöglicht und wobei das optische Membranelement in einer Projektionsbelichtungsanlage, insbesondere für die EUV-Lithographie derart eingesetzt werden kann, dass die Membranschicht des Membranelements einstellbar gespannt wird, so dass die Membranschicht eben ist und wobei ein Verfahren zur Herstellung eines entsprechenden optischen Membranelements vorgesehen ist, bei welchem ein Spannelement zusammen mit der Membranschicht lithographisch erzeugt wird.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches Membranelement für eine optische Vorrichtung in der Lithographie, insbesondere der EUV (extreme ultraviolett)-Lithographie, mit mindestens einer Membranschicht und einem Rahmen, der die Membranschicht zumindest teilweise umgibt und an dem zumindest ein Teil des Randes der Membranschicht gelagert ist, sowie eine Projektionsbelichtungsanlage, insbesondere für die EUV-Lithographie, in welcher ein entsprechendes Membranelement vorgesehen ist, sowie ein Verfahren zur Verwendung eines derartigen Membranelements und ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen optischen Membranelements

STAND DER TECHNIK

[0002] Für die Herstellung feinsten Strukturen bei elektrotechnischen und/oder mikromechanischen Bauteilen im Nanometerbereich ist es erforderlich, bei der dem Herstellungsprozess zugrunde liegenden Lithographieverfahren Licht bzw. allgemein elektromagnetische Strahlung mit immer kleineren Wellenlängen einzusetzen. Entsprechend sind Projektionsbelichtungsanlagen zur Beleuchtung und Abbildung eines die gewünschte Mikrostruktur oder Nanostruktur enthaltenden Retikels bekannt, welche elektromagnetische Strahlung im Bereich des extrem ultravioletten Lichts verwenden. Für die als EUV-Lithographie bezeichnete Technik werden optische Membranen eingesetzt, um beispielsweise als Spektralfilter Verwendung zu finden, wie in der US 7,154,666 B2 beschrieben. Darüber hinaus gibt es weitere Anwendungen im Bereich der EUV-Lithographie, wie sie beispielsweise in der US 7153615, US 6749968, US 6683936 und US 6150060 beschrieben sind.

[0003] Da die in diesen Dokumenten genannten Anwendungsgebiete potentielle Einsatzgebiete für das optische Membranelement der vorliegenden Erfindung darstellen, wird der Offenbarungsgehalt der genannten Druckschriften durch Verweis vollständig hierin mit aufgenommen.

[0004] Die US 5068203 gibt weiterhin an, wie beispielsweise eine dünne Siliziummembran hergestellt werden kann. Auch deren Offenbarungsgehalt wird durch Verweis hierin mit aufgenommen.

[0005] Obwohl somit bereits optische Membranen bekannt sind und verwendet werden, besteht die Problematik bzgl. der Membranen darin, dass die Membranen, welche üblicherweise eine sehr geringe Di-

cke im Bereich von 50 bis 500 nm aufweisen, in einer ebenen und glatten Form vorliegen müssen, um in der Optik eingesetzt werden zu können und keine Aberrationen zu verursachen. Die Planität der Membran stellt somit eine große Herausforderung dar, insbesondere wenn man bedenkt, dass die flächige Erstreckung der Membranen im Bereich von 0,5 mm Kantenlänge oder Durchmesser bis zu einigen 100 mm Kantenlänge oder Durchmesser reichen kann.

GEGENSTAND DER ERFINDUNG

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0006] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine optische Membran bzw. ein optisches Membranelement bereitzustellen, welches für den Einsatz in der Optik die erforderliche Planität, also Ebenheit der Membran aufweist und insbesondere Knitterfalten oder dergleichen vermeidet. Darüber hinaus soll das Membranelement einfach herstellbar und einsetzbar sein und zugleich die erforderlichen optischen Eigenschaften, wie Transmission etc. erfüllen.

TECHNISCHE LÖSUNG

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein optisches Membranelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Projektionsbelichtungsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 24 sowie ein Verfahren zum Betrieb eines Membranelements mit den Merkmalen des Anspruchs 28 und ein Verfahren zur Herstellung eines Membranelements mit den Merkmalen des Anspruchs 32. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Die Erfindung geht aus von der Grundidee, dass eine ebene, glatte Anordnung einer optischen Membran dann möglich ist, wenn die Membran gezielt gespannt werden kann. Während bei optischen Membranen, wie beispielsweise aus Silizium oder Zirkon, die von Haus aus aufgrund der Herstellung nur sehr geringe bis keine Membranspannungen aufweisen, die Planität bzw. Ebenheit dadurch gestört ist, dass aufgrund der fehlenden Spannung Knitterfalten auftreten, ist bei anderen Membranen, wie z. B. Siliziumnitrid, die hohe Membranspannungen bei der Herstellung aufweisen, die Ungleichmäßigkeit der Spannungen durch innere Spannungen oder durch die Anordnung der Membran auf einer Tragstruktur nachteilhaft. All diese Probleme können bei gezieltem Verspannen der Membran gelöst werden. Beispielsweise können hier auch Knitterfalten, die durch innere Spannungen aufgrund von Beschichtungen, z. B. Zirkon auf Silizium, entstehen, durch gezieltes Spannen entfernt werden.

[0009] Entsprechend schlägt die Erfindung vor, ein optisches Membranelement vorzusehen, welches mindestens eine Membranschicht und einen Rah-

men aufweist, der die Membranschicht zumindest teilweise umgibt und an dem zumindest ein Teil des Randes der Membranschicht gelagert bzw. befestigt ist. Durch Vorsehen mindestens eines Spannelementes, welches auf die Membranschicht einwirken kann, kann ein gezieltes Verspannen der Membranschicht erreicht werden.

[0010] Vorzugsweise können mehrere Spannelemente verteilt um den Umfang der Membranschicht und/oder dem Rahmen vorgesehen sein, um einen ungleichmäßigen Spannungszustand der Membranschicht durch entsprechende Betätigung einzelner Spannelemente in jeder Richtung ausgleichen zu können. Insbesondere ist es hier vorteilhaft, mindestens zwei Spannelemente vorzusehen, die Zugkräfte in unabhängigen Raumrichtungen in die Membranschicht einleiten können. Durch eine höhere Anzahl von Spannelemente ist ein gezielteres und genaueres Verspannen der Membranschicht möglich.

[0011] Sofern die Verspannung der Membranschicht über eine Verformung des Rahmens erfolgt, an welchem die Membranschicht angeordnet ist, ist es vorteilhaft, wenn der Rahmen entsprechend elastisch verformbar ausgebildet ist.

[0012] Alternativ oder zusätzlich kann der Rahmen durch eine Vielzahl separater Halteelemente gebildet sein oder diese umfassen, so dass durch eine Bewegung von separaten, einzelnen Halteelementen die Membranschicht verspannt werden kann.

[0013] Der Rahmen der Membranschicht kann in einer Fassung aufgenommen sein, wobei zwischen Rahmen und Fassung die Spannelemente vorgesehen sein können. Die Spannelemente können hierbei als längenverstellbare Verbindungselemente zwischen Rahmen und Fassung ausgebildet sein, so dass durch eine Längenänderung der Verbindungselemente Kräfte erzeugt werden und die Spannung der Membranschicht einstellbar ist. Als längenverstellbare Verbindungselemente kommen insbesondere Verstellerschrauben oder dergleichen in Betracht. Darüber hinaus können jedoch auch andere Aktuatoren, wie Piezo-Elemente oder dergleichen, vorgesehen sein. Die Spannelemente können auch durch Federelemente, wie Zugfedern oder Linearfedern gebildet werden.

[0014] Bei einer weiteren Ausführungsform können die notwendigen Zugkräfte auf die Membranschicht statt durch direkte lineare Bewegungen bzw. Verstellungen auch durch Erzeugung von Drehmomenten im Zusammenhang mit Drehgelenken verwirklicht werden. Beispielsweise kann zwischen einer Fassung einerseits und Rahmen bzw. Halteelementen andererseits mindestens ein, vorzugsweise mehrere Drehgelenke vorgesehen sein, die ein erzeugtes Drehmoment in eine lineare Kraft umsetzen. Das er-

forderliche Drehmoment kann beispielsweise wiederum durch ein längenverstellbares Abstandselement, insbesondere in Form einer Stellschraube oder eines Piezo-Aktuators erzeugt werden. Auch hier können andere Aktuatoren, die Drehmomente erzeugen können, eingesetzt werden.

[0015] Neben einem Drehmoment, welches über eine Drehachse parallel zur Ebene der Membranschicht in eine lineare Zugkraft auf die Membranschicht umgesetzt wird, können auch andere Verformungen oder Arten der Kraftaufbringung zur Spannungsbeaufschlagung in der Ebene der Membranschicht genutzt werden. So kann beispielsweise der Rahmen zweiteilig ausgebildet sein, wobei ein erster innerer Teil mit der Membranschicht verbunden ist und der zweite äußere Teil mit einer Fassung verbindbar ist. Die Verbindung der beiden Rahmenteile kann über Federstege erfolgen, die bei elastischer Verformung zu einer Aufweitung des inneren Rahmenteils führen und somit wiederum Zugspannungen in der Ebene der Membranschicht erzeugen.

[0016] Durch die verschiedenen Möglichkeiten, Zugkräfte bzw. Zugspannungen in der Ebene der Membranschicht zu erzeugen, ist es möglich, die Membranschicht zu strecken und dadurch eine glatte und ebene Form der Membranschicht zu erzeugen. Insbesondere kann die Membranschicht des erfindungsgemäßen Membranelements damit einstellbar gespannt werden, wobei die Einstellung sowohl die Größe als auch die Richtung und somit die örtliche Verteilung der Spannung betrifft. Damit können Unebenheiten und Knitterfalten sowohl durch mangelnde oder zu geringe Spannung als auch durch ungleichmäßig verteilte (Eigen-)spannungen vermieden bzw. ausgeglichen werden.

[0017] Das erfindungsgemäße Membranelement mit entsprechenden Spannelementen ermöglicht auch eine Nachstellung der Spannung mit fortschreitender Zeit, beispielsweise wenn eine Relaxation eingetreten ist oder wenn durch unterschiedliche Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise Erwärmung durch die Strahlung oder dergleichen, Veränderungen erforderlich sind.

[0018] Das optische Membranelement der vorliegenden Erfindung kann insbesondere durch ein lithographisches Herstellungsverfahren erzeugt werden, um beispielsweise bei geringen Membranabmessungen mit 0,5 mm Kantenlänge oder Durchmesser die entsprechend erforderlichen mikromechanischen Bauteile für die Spannelemente herstellen zu können. Entsprechend können die Membranschicht und der Rahmen als auch die Fassung und der Rahmen sowie Fassung, Rahmen und Membranschicht einstückig ausgebildet sein.

[0019] Die Membranschicht kann eine Dicke von 50

nm bis 500 nm, insbesondere 100 nm bis 250 nm aufweisen und Kantenlängen oder Durchmesser im Bereich von 0,5 mm bis 200 mm, insbesondere 1 mm bis 100 mm besitzen.

[0020] Die Membranschicht kann mehrschichtig ausgebildet sein und/oder Funktionselemente, wie Gitterstrukturen und dergleichen sowie Filterschichten umfassen. Entsprechend kann ein erfindungsgemäßes optisches Membranelement in einer Projektionsbelichtungsanlage, insbesondere einer EUV-Projektionsbelichtungsanlage vorgesehen sein und dort als Transmissionsretikel, Debris-Filter, Abschwächer, Spektralfilter, Pellicle, Transmissionsgitter oder Transmissionsfilter zum Einsatz kommen.

[0021] Besonders bevorzugt ist eine Verwendung entsprechender Membranelemente in Verbindung mit Messeinrichtungen zur Erfassung der optischen Abbildungseigenschaften.

[0022] Die Membranschicht kann Silizium, Zirkon, Ruthenium, Rhodium, Niob, Molybdän, Bor und/oder Siliziumnitrid umfassen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0023] Weitere Vorteile, Kennzeichen und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnungen deutlich. Die Zeichnungen zeigen hierbei in rein schematischer Weise in

[0024] [Fig. 1](#) eine Draufsicht auf eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Membranelements;

[0025] [Fig. 2](#) eine Draufsicht auf eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Membranelements;

[0026] [Fig. 3](#) eine Schnittdarstellung durch ein Membranelement gemäß den [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#);

[0027] [Fig. 4](#) eine Draufsicht auf eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Membranelements;

[0028] [Fig. 5](#) eine teilweise Schnittansicht durch das Membranelement der [Fig. 4](#);

[0029] [Fig. 6](#) eine Draufsicht auf eine vierte Ausführungsform eines optischen Membranelements;

[0030] [Fig. 7](#) eine teilweise Schnittansicht des Membranelements aus [Fig. 6](#);

[0031] [Fig. 8](#) in den Teilbildern a) bis c) die Schrittfolge einer lithographischen Herstellung einer Silizi-

ummembran über einen SOI (Silicon On Insulator) Wafer;

[0032] [Fig. 9](#) eine Schnittansicht einer mehrschichtigen Membranschicht;

[0033] [Fig. 10](#) eine Schnittansicht einer Membranschicht mit Funktionselementen;

[0034] [Fig. 11](#) eine Darstellung einer Projektionsbelichtungsanlage, in welcher ein erfindungsgemäßes Membranelement eingesetzt wird;

[0035] [Fig. 12](#) eine Darstellung eines Teils eines Beleuchtungssystems für eine Projektionsbelichtungsanlage mit erfindungsgemäßen Membranelementen;

[0036] [Fig. 13](#) eine Projektionsbelichtungsanlage mit Einsatzorten für erfindungsgemäße Membranelemente; und in

[0037] [Fig. 14](#) einen Teil einer Projektionsbelichtungsanlage im Bereich der Wafer-Stage mit einem erfindungsgemäßen Membranelement.

[0038] Die [Fig. 1](#) zeigt in einer Draufsicht eine erste Ausführungsform eines optischen Membranelements **1**, bei welchem die Membranschicht **2** eine rechteckige Grundfläche bzw. Grundform aufweist, wenn man die Schichtdicke vernachlässigt.

[0039] Die Membranschicht **2** ist an den Seiten der rechteckigen Grundform, also den Stirnseiten, über Halteelemente **3**, **4**, **5** und **6**, die zusammen einen Rahmen **7** bilden, gehalten. In den Halteelementen **3**, **4**, **5**, **6** ist jeweils ein Kopplungselement in Form einer Öffnung **8**, **9**, **10**, **11** vorgesehen, in welche ein nicht näher dargestelltes Spannelement eingreifen kann. Durch das Spannelement können gemäß der bei den Öffnungen **8**, **9**, **10** und **11** dargestellten Pfeile Kräfte erzeugt werden, welche die Membranschicht **2** unter Zugspannung setzen.

[0040] Um die Kräfte erzeugen zu können, können die Spannelemente in einer nicht dargestellten Fassung, welche beispielsweise auch durch ein Gehäuse einer optischen Vorrichtung gebildet sein kann, gegengelagert sein, um beispielsweise durch Verkürzung der Spannelemente, beispielsweise in Form von Einstellschrauben oder dergleichen, die Spannung in der Membranschicht **2** zu erzeugen.

[0041] Die [Fig. 2](#) zeigt in einer ähnlichen Darstellung wie die [Fig. 1](#) eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Membranelements **1**, bei welchem ähnliche oder identische Komponenten mit den selben Bezugszeichen versehen sind. Die Ausführungsform des Membranelements der [Fig. 2](#) unterscheidet sich von derjenigen der [Fig. 1](#) dadurch,

dass die Membranschicht statt einer rechteckigen Grundfläche eine achteckige Grundfläche bzw. Grundform aufweist. Entsprechend sind anstelle der vier Halteelemente **3**, **4**, **5**, und **6** gemäß der Ausführungsform der [Fig. 1](#), Halteelemente **3** bis **6** sowie **17** bis **20** vorgesehen, die je nach Dimension der Längserstreckung der Seite der Membranschicht **2**, an welcher sie angeordnet sind, ebenfalls unterschiedlich ausgebildet sind. Allerdings weisen die Halteelemente **3** bis **6** sowie **17** bis **20** ebenfalls entsprechende Kopplungselemente **8** bis **15** in Form einer Öffnung zum Eingriff eines Spannelements auf, wie die Halteelemente **3** bis **6** der Ausführungsform der [Fig. 1](#).

[0042] Die [Fig. 3](#) zeigt in einer Schnittansicht schematisch die Funktionsweise der optischen Membranelemente, wie sie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt sind. Die [Fig. 3](#) zeigt hierbei einen Schnitt durch die Halteelemente **3** und **5** und zwar durch die entsprechenden Öffnungen **8** und **10**, die zum Eingriff der Spannelemente dienen. Wird beispielsweise durch Verkürzung der Spannelemente (nicht gezeigt), die zwischen den Halteelementen **3**, **5**, und einer umgebenden Fassung (nicht gezeigt) angeordnet sind, Kraft entsprechend der Pfeile auf die Halteelemente **3** und **5** ausgeübt, so führt dies zu einem Auseinanderbewegen der Halteelemente **3** und **5**. Da die Halteelemente **3** und **5** jedoch fest mit der Membranschicht **2** verbunden sind, wird die Membranschicht **2** unter Zugspannung gesetzt und auseinander gezogen bzw. elastisch und/oder plastisch gedehnt. Üblicherweise sollte die Kraft nicht so groß sein, dass eine plastische Dehnung der Membranschicht auftritt, sondern lediglich eine ebene Glättung und elastische Verspannung.

[0043] Die Anordnung der Membranschicht **2** an den Halteelementen **3** bis **6** bzw. **17** bis **20** kann durch formschlüssige, kraftschlüssige oder stoffschlüssige Verbindung erfolgen, insbesondere kann die Membranschicht durch eine Klemmverbindung, eine Schweißverbindung oder eine Klebeverbindung befestigt werden. Denkbar ist auch, die Halteelemente einstückig mit der Membranschicht auszubilden, beispielsweise bei einer lithographischen Herstellung von Siliziummembranen.

[0044] Ferner ist es auch denkbar, ein Membranelement gasdicht auszubilden, wobei hierzu eine Fassung um die Membranschicht **2** und die Halteelemente **3** bis **6** vorgesehen wird, wie sie beispielsweise bei der Ausführungsform der [Fig. 4](#) vorgesehen ist. Die Fassung (nicht gezeigt) ist so ausgebildet, dass die Fassung gasdicht in einem Gehäuse der Projektionsbelichtungsanlage aufgenommen werden kann. Die Membranschicht **2**, wie sie beispielsweise bei den Ausführungsformen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) vorgesehen ist, ist ebenfalls gasdicht an der Fassung angeordnet, so dass zwischen den Angriffspunkten der Halteelemente **3** bis **6** bzw. Spannelemente an der Membran

und der Fassung kein membranfreier Raum verbleibt. Die Spannelemente wirken so, dass ein innerer Bereich der Membranschicht **2** durch die Spannelemente gespannt wird, während der äußere Bereich der Membranschicht gasdicht mit der Fassung **32** verbunden ist, aber nicht gespannt ist, sondern vielmehr zur Aufnahme der gefalteten Teile der Membran dient.

[0045] Die [Fig. 4](#) zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen, optischen Membranelements, bei welchem die Membranschicht **2** eine kreisrunde Grundfläche aufweist. Entsprechend ist auch der umgebende Rahmen **7** als kreisrunder Ring ausgebildet. Der Rahmen **7** ist von einer Fassung **32** umgeben, welche eine Vielzahl von Spannelementen **30** umfasst, die äquidistant beabstandet umlaufend um die Membranschicht **2** und den Rahmen **7** angeordnet sind. Die mechanischen Spannelemente **30** weisen jeweils ein Dreh- bzw. Biegegelenk **31** auf, welches als einstückiges Festkörpergelenk in Form eines Filmscharniers die Fassung **32** mit dem Rahmen **7** verbindet. Entsprechend wird das Drehgelenk **31** im Wesentlichen durch einen dünnen, flexiblen Steg gebildet, welcher den Rahmen **7** einstückig mit der Fassung **32** verbindet.

[0046] Die Fassung **32** ist ebenfalls als kreisrunder Ring ausgebildet, wobei im Bereich der mechanischen Spannelemente **30** ein Fortsatz **34** ausgebildet ist, um beabstandet von dem Drehgelenk **31** eine Stellschraube **33** anordnen zu können, welche mit dem vom Drehgelenk entfernten Teil des Rahmens **7** zusammenwirkt. Das Zusammenwirken erfolgt hierbei so, dass die Stellschraube **33** durch ein Gewindeloch im Fortsatz **34** hindurchgeführt ist und mit einem Ende an dem vom Drehgelenk **31** beabstandeten Teil des Rahmens **7** anschlägt. Durch Verdrehen der Stellschraube **33** kann der Abstand zwischen dem Rahmenteil **7** und dem Fortsatz **34** der Fassung **32** verändert werden, so dass ein Verschwenken um das Drehgelenk **31** erfolgt. Wird somit das vom Drehgelenk **31** beabstandete Teil des Rahmens **7** durch die Stellschraube in Richtung der Membranschicht **2** bewegt, so bewegt sich das entgegengesetzte Teil des Rahmens **7**, an welchem die Membranschicht **2** befestigt ist, nach Außen und bewirkt somit eine Zugkraft, die auf die Membranschicht **2** wirkt. Entsprechend kann eine Zugspannung auf die Membranschicht **2** ausgeübt werden. Durch das Verstellen der Stellschraube **33** an den umlaufend um die Membranschicht vorgesehenen mechanischen Spannelementen **30** kann eine gewünschte Zugspannung eingestellt werden. Insbesondere können die mechanischen Spannelemente individuell einzeln derart eingestellt werden, dass eine ebene, glatte Ausbildung der Membranschicht **2** gewährleistet ist.

[0047] Die [Fig. 6](#) zeigt eine vierte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen, optischen Membranele-

ments **1**, welches eine im Wesentlichen rechteckförmige Membranschicht **2** aufweist. Die Membranschicht **2** ist in einem Rahmen **7** gehalten, der ein äußeres Rahmenteil **40** in Form eines rechteckförmigen Ringes sowie ein inneres Rahmenteil **41** mit einzelnen Halteelementen umfasst, welche mit der Membranschicht **2** fest verbunden sind. Zwischen dem äußeren Rahmenteil **40** und dem inneren Rahmenteil **41** bzw. den Halteelementen **41** sind Federstege **42** vorgesehen, die, wie in [Fig. 7](#) näher dargestellt ist, elastisch verformbar ausgebildet sind.

[0048] Die Fassung **32** besteht ebenfalls aus einer rechteckförmigen Ringstruktur, bei welcher Aufnahmeelemente **35** vorgesehen sind, die das äußere Rahmenteil **40** klemmend aufnehmen können. An der Innenseite des Fassungsringes **32** ist ein umlaufender Steg **36** ausgebildet, der mit dem inneren Rahmenteil **41** bzw. den Halteelementen derart zusammenwirkt, dass die Federstege **42** senkrecht zur Ebene der Membranschicht **2** verbogen werden. Dadurch kommt es zu einer Aufweitung der Membranschicht **2** und zum Einbringen einer entsprechenden Zugspannung.

[0049] Durch entsprechende Wahl der Höhe des umlaufenden Stegs **36** kann eine definierte Spannung eingestellt werden. Darüber hinaus kann der umlaufende Steg **36** so ausgebildet werden, beispielsweise durch schräge Gleitflächen oder dergleichen, dass eine dauerhafte Aufrechterhaltung der Spannung gewährleistet ist.

[0050] Anstelle des umlaufenden Steges **36** ist es auch vorstellbar, Stellschrauben vorzusehen, die beispielsweise durch den Fassungsring senkrecht zur Ebene der Membranschicht **2** hindurchgeführt werden und bei Aufnahme in entsprechenden Gewindelöchern einen definierten Anschlag für das innere Rahmenteil **41** bzw. die einzelnen separaten Halteelemente bilden können.

[0051] Die [Fig. 8](#) zeigt in den Teilbildern a) bis c) die Vorgehensweise bei der lithographischen Herstellung einer dünnen Siliziummembran mit einer Schichtdicke von beispielsweise 100 nm.

[0052] Hierzu wird zunächst in einem ersten Teilschritt, welcher der Abbildung der [Fig. 8a](#)) entspricht, ein sog. SOI-Wafer (Silicon On Insulator-Wafer) bereitgestellt, bei dem zwei Siliziumteilschichten **50** und **52** durch eine Siliziumdioxid-Teilschicht **51** getrennt sind. Auf der Oberfläche der Siliziumteilschicht **52** ist ein Fotoresist bzw. Fotolack **53** so aufgetragen, dass im Bereich **54** kein Fotoresist vorgesehen ist, so dass hier in einem Teilschritt gemäß [Fig. 8b](#)) die Siliziumteilschicht **52** wegätzt werden kann. Die Struktur des Fotoresists mit dem freigelassenen Bereich **54** wird durch entsprechende lithographische Beleuchtung des Fotolacks und anschließende Entfernung

des nicht ausgehärteten Fotolacks hergestellt.

[0053] Nach Erreichen der Ätzstoppschicht Siliziumdioxid **51** beim Ätzen des Siliziums im Bereich **54** wird der Fotolack **53** und die Siliziumdioxid-Teilschicht **51** im Fensterbereich **54** entfernt, so dass eine frei stehende Siliziummembran im Bereich **54** verbleibt.

[0054] In ähnlicher Weise können in weiteren Schritten vor, nach und/oder während der Membranherstellung in den Bereichen, die den Fensterbereich **54** umgeben und die als Rahmen Verwendung finden können, Strukturierungen vorgenommen werden, um mechanische Spannelemente zu erzeugen, wie sie beispielsweise in der [Fig. 5](#) dargestellt sind.

[0055] Die [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) zeigen den grundsätzlichen Aufbau von Membranschichten, wie sie gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können. So ist in der [Fig. 9](#) eine Zweischichtmembran **2** dargestellt, die die Teilschichten **60** und **61** umfasst, die beispielsweise aus Silizium und Zirkon bestehen.

[0056] In der [Fig. 10](#) ist eine Membranschicht **2** gezeigt, die eine Grundsicht **62**, beispielsweise aus Silizium umfasst, auf welcher Funktionselemente, wie Gitterstrukturen **63** und dergleichen, aufgebracht sind.

[0057] Die erfindungsgemäßen optischen Membranelemente können in Projektionsbelichtungsanlagen für die Mikrolithographie, also in Beleuchtungssystemen oder Projektionsoptiken eingesetzt werden, und zwar insbesondere in Projektionsbelichtungsanlagen, die mit Licht, also elektromagnetischer Strahlung im extremen ultravioletten Bereich arbeiten. Eine mögliche Wellenlänge ist hier beispielsweise 13,5 nm. Die optischen Membranelemente können hierbei als Transmissionsretikel **102** eingesetzt werden, wobei ein strukturierter Absorber **112** auf einer frei tragenden Membran **111** aus transmittierendem Material, beispielsweise Silizium oder Siliziumnitrid, aufgebracht ist (siehe [Fig. 11](#)). Durch die absorbierende Struktur **112** kann eine auf einem Wafer **104** zu erzeugende Struktur dargestellt werden, die mittels einer Projektionsoptik **103** verkleinert auf dem Wafer abgebildet wird. Die [Fig. 11](#) zeigt weiterhin die EUV-Lichtquelle **100** sowie das Beleuchtungssystem **101**.

[0058] Das Transmissionsretikel **102** umfasst neben der Membran **111** und dem darauf abgeschiedenen Absorber **112** eine Spannvorrichtung **110** gemäß der vorliegenden Erfindung, die dafür sorgt, dass die Membran **111** glatt und eben gespannt ist.

[0059] Eine andere Einsatzmöglichkeit besteht darin, entsprechende optische Membranelemente als

Debris-Filter einzusetzen, die dazu dienen, einen Bereich einer Projektionsbelichtungsanlage, in welcher Kontaminationen vorliegen oder entstehen können, von anderen Bereichen abzutrennen. Beispielsweise könnte die Lichtquelle vom Rest der Projektionsbelichtungsanlage durch einen entsprechenden Debris-Filter abgegrenzt werden. Durch den Debris-Filter wird das zur Abbildung benutzte Licht, beispielsweise EUV-Strahlung, hindurch gelassen, aber Neutralteilchen oder Ionen können den Filter nicht passieren.

[0060] Eine weitere Einsatzmöglichkeit der optischen Membranelemente besteht darin, als Spektralfilter eingesetzt zu werden, um eine bestimmte Wellenlänge des verwendeten Lichts bzw. allgemein der elektromagnetischen Strahlung herauszufiltern.

[0061] Entsprechende Membranelemente können auch kombiniert eingesetzt werden, beispielsweise als Debris-Filter und Spektralfilter. Dies ist in [Fig. 12](#) anhand eines Teils eines Beleuchtungssystems für ein EUV-Lithographiesystem gezeigt. Das Licht einer EUV-Lichtquelle **100** wird über einen sog. Wolterkolektor **150** gesammelt und auf einen Spiegel **154** fokussiert, von wo es über ein Zwischenbild **155** auf einen weiteren Spiegel **160** geleitet wird.

[0062] Zur Überwachung des Beleuchtungssystems sind einerseits ein Plasmapositionssensor **153** und andererseits ein Zwischenbildpositionssensor **159** vorgesehen. Zum Schutz derartiger Sensoren sind entsprechende Membranfilter **151** und **158** vorgesehen. Darüber hinaus ist in der Nähe des Zwischenbildes ein weiterer Debris-Filter **156** vorgesehen.

[0063] Der kombinierte Debris-Spektralfilter **151** ist vor einem Spiegel **152** angeordnet, welcher einen Teil des von dem Wolterkolektor **150** gesammelten Lichts der Lichtquelle **100** in Richtung des Plasmapositionssensors **153** ausblendet. Mittels des Plasmapositionssensors kann der Zustand der EUV-Lichtquelle **100** überwacht und überprüft werden.

[0064] Gleiches gilt für den Zwischenbildpositionssensor **159**, mittels dem die Lage des Zwischenbildes überwacht werden kann. Hierzu wird über den Spiegel **157** ein Teil des Lichts aus dem Strahlengang ausgeblendet und auf den Zwischenbildpositionssensor **159** gelenkt. Zwischen Spiegel **157** und Zwischenbildpositionssensor **159** ist wiederum ein kombinierter Debris-Spektralfilter **158** vorgesehen.

[0065] Durch die kombinierten Debris-Spektralfilter **151** und **158** können sowohl unerwünschte Kontaminationen beispielsweise davon abgehalten werden, auf den Sensor zu gelangen und zudem kann ein für den Sensor ungünstiger Wellenlängenbereich des Lichts ausgeblendet werden.

[0066] Der Debris-Filter **156** übernimmt dagegen lediglich die Funktion, Kontaminationen davon abzuhalten, sich entlang des Strahlengangs auszubreiten.

[0067] Die [Fig. 13](#) zeigt eine EUV-Projektionsbelichtungsanlage mit einer EUV-Lichtquelle **100**, deren Licht über die Spiegelemente M0 bis M5, welche das Beleuchtungssystem darstellen, auf ein Retikel **200** gelenkt wird. Das Retikel **200**, welches nicht als Transmissionsretikel sondern als Reflexionsretikel ausgebildet ist, reflektiert das Beleuchtungslicht, wobei über eine Projektionsoptik mit den Spiegelementen M6 bis M10 die an dem Retikel **200** vorgesehene Struktur auf einen Wafer **300** abgebildet wird.

[0068] In der Projektionsbelichtungsanlage der [Fig. 13](#) sind verschiedene Membranelemente gemäß der vorliegenden Erfindung in Form von Debris-Filtern, Verlaufsgraufiltern, Pellicle, Spektralfiltern oder im Zusammenhang mit Inline-Messtechnik vorgesehen.

[0069] So ist gemäß [Fig. 13](#) ein erster Debris-Filter **201** bzgl. der Lichtquelle **100** angeordnet, so dass in der Lichtquelle entstehende Teilchen, wie Ionen, Neutralteilchen oder dergleichen nicht in den Rest der Projektionsbelichtungsanlage gelangen können.

[0070] Während der Debris-Filter **201** lediglich im Bereich des Strahlengangs angeordnet sein kann, ist es vorteilhaft, wenn der Debris-Filter **201** so ausgebildet ist, dass eine gasdichte Abtrennung vorliegt. Entsprechend kann eine gasdichte Anordnung der Membran mit ihrem Rahmen bzw. ihrer Fassung in einem Gehäuse bzw. Gehäuseteil vorgesehen sein.

[0071] Da die Membran üblicherweise sehr dünn ausgebildet wird, ist die Wärmeleitfähigkeit der Membran an sich gering, so dass die Membran bei entsprechender Absorption von elektromagnetischer Strahlung sich erwärmt. Entsprechend ist es vorteilhaft, die Filter bzw. Membranen dort zu platzieren, wo die Lichtleistung pro Flächenelement möglichst niedrig ist, um die Temperaturbelastung niedrig zu halten. Daraus ergibt sich, dass die entsprechenden Membranen sehr großflächig ausgebildet werden, was wiederum erfordert, dass die erfindungsgemäße Zugspannung zur Erreichung einer glatten Membran besonders bedeutsam ist.

[0072] Obwohl entsprechende Debris-Filter überall im System eingesetzt werden können, wie bereits die [Fig. 12](#) gezeigt hat, ist ein Einsatz im Hinblick auf die Abtrennung der Lichtquelle, wie durch den Debris-Filter **201**, als auch eine Abtrennung der Projektionsbelichtungsanlage gegenüber dem Wafer **300** mittels eines Debris-Filters **206** bevorzugt.

[0073] Durch die Bestrahlung der fotoempfindlichen Schicht auf dem Wafer **300** kommt es nämlich zur

Freisetzung von unter Umständen aggressiven chemischen Komponenten, die zu einer Beeinträchtigung der optischen Komponenten des Projektionsystems führen könnten. Diese freigesetzten chemischen Komponenten des Wafers bzw. der darauf vorgesehenen Schichten verhindert der Debris-Filter **206**.

[0074] Darüber hinaus kann ein erfindungsgemäßes optisches Membranelemente auch als Pellicle **203** zum Schutz des Retikels eingesetzt werden.

[0075] Bei der Verwendung der erfindungsgemäßen optischen Membran als Pellicle **203** wird das Membranelement in Verbindung mit dem Retikel vorgesehen, um dieses vor Partikeln zu schützen, die insbesondere bei der Handhabung des Retikels, beispielsweise beim Retikelwechsel oder beim Transport desselben auf das Retikel gelangen könnten. Da das Pellicle beabstandet zum Retikel und fest verbunden mit diesem angeordnet ist, können evtl. Partikel lediglich auf dem Pellicle abgelagert werden, wobei durch die Anordnung außerhalb der Retikelebene die Partikel nicht in der gleichen Schärfe wie die Strukturen des Retikels abgebildet werden und somit eine geringere schädliche Wirkung entfalten können. Eine Pellicle-Membran könnte beispielsweise aus Silizium oder Zirkon gebildet werden, da diese eine möglichst hohe Transmission für das EUV-Licht ermöglichen.

[0076] Eine weitere Anwendung für optische Membranelemente gemäß der vorliegenden Erfindung ergibt die Verwendung als Verlaufs-Graufilter **202**, **204** zur Vergleichmäßigung der Ausleuchtung. Die Verlaufs-Graufilter können hierbei entweder zur gleichmäßigen Ausleuchtung des Feldes (Verlaufs-Graufilter **202**) oder der Pupille (Verlaufs-Graufilter **204**) eingesetzt werden. Bei den Verlaufs-Graufiltern **202**, **204** wird auf der Membran eine Absorberschicht mit einem Gradienten bzgl. der Dicke der Schicht vorgesehen, so dass eine Ungleichmäßigkeit der Intensitätsverteilung kompensiert wird. Auch Gitterstrukturen, die durch die beugende Wirkung zu einer Vergleichmäßigung der Intensität führen, sind vorstellbar. Die Absorberschicht kann aus Aluminium, Chrom, Tantalnitrid, Kohlenstoff oder sonstigen Elementen mit geringer Transmission für EUV-Licht gebildet sein.

[0077] Anstelle einer Absorberschicht mit Dickengradienten oder mit Gitterstruktur ist auch vorstellbar, dass eine Vergleichmäßigung der Lichtintensität durch einen dynamischen Filter, der verschiebbar ausgebildet ist, eingestellt werden kann.

[0078] Ein weiteres Einsatzgebiet ist durch den Spektralfilter **205** gegeben, der Licht bestimmter Wellenlänge herausfiltern soll. Dies gilt beispielsweise für sog. DUV-Strahlung im tiefen ultravioletten Bereich, welche beispielsweise für die fotoempfindliche

Schicht des Wafers nachteilig ist. Der Spektralfilter kann prinzipiell überall in der Projektionsbelichtungsanlage vorgesehen werden oder, wie in der Ausführungsform der [Fig. 12](#) gezeigt, mit anderen Filtern kombiniert werden.

[0079] Ferner bestehen Einsatzmöglichkeiten im Zusammenhang mit Messtechnik, wie bereits zu [Fig. 12](#) beschrieben. Neben der Messtechnik im Beleuchtungssystem, wie in [Fig. 12](#) dargestellt, können die erfindungsgemäßen optischen Membranen auch im Bereich der sog. Inline-Messtechnik im Bereich des Wafers eingesetzt werden, wie das Membranelement **216**, welches detailliert in [Fig. 14](#) dargestellt ist, zeigt.

[0080] Als sog. Inline-Messtechnik im Bereich der Waferstage **212** kommen Transmissionsbildsensoren (Transmission Image Sensors TIS) oder sog. Ilias-Sensoren (Intigrated Lens Interferometers at Scanner ILIAS) in Frage. Derartige Sensoren sind beispielsweise in der EP 1 510 870 A1 beschrieben, welche hiermit durch Verweis vollständig mit aufgenommen wird.

[0081] Die [Fig. 14](#) zeigt in einer Schnittdarstellung die Anordnung eines entsprechenden Membranelements **216** mit dem Rahmen bzw. der Spannvorrichtung **218** sowie der Membran **219** und dem darauf abgeschiedenen Absorber **210**. Unterhalb der Membran **219** im Bereich der Waferstage **212** (Substrathalterung) ist beispielsweise ein Intensitätssensor bzw. eine EUV-Kamera **217** vorgesehen.

[0082] Durch die Strukturierung des Absorbers **210** auf der Membran **219** in Form eines Gitters kann beispielsweise die Wellenfrontabberation der EUV-Strahlung **211** ermittelt werden.

[0083] Über die Anwendungsmöglichkeiten, die in Bezug auf die [Fig. 11](#) bis [Fig. 14](#) gezeigt worden sind, hinaus sind weitergehende Anwendungen entsprechender optischer Membranelemente möglich. Diese ergeben sich für den Fachmann aus der Schilderung der beschriebenen Einsatzmöglichkeiten und der angegebenen Vorteile der optischen Membranelemente.

[0084] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele detailliert beschrieben worden ist, ist für den Fachmann selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf diese Ausführungsformen beschränkt ist, sondern im Rahmen der beigefügten Ansprüche Abwandlungen oder Abänderungen möglich sind. Beispielsweise können unterschiedlichste Kombinationen einzelner Merkmale der vorliegenden Erfindung verwirklicht werden oder einzelne Merkmale weggelassen werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 7154666 B2 [0002]
- US 7153615 [0002]
- US 6749968 [0002]
- US 6683936 [0002]
- US 6150060 [0002]
- US 5068203 [0004]
- EP 1510870 A1 [0080]

Patentansprüche

1. Optisches Membranelement für eine optische Vorrichtung in der Lithographie, insbesondere der EUV(Extrem Ultra Violett)-Lithographie, mit mindestens einer Membranschicht (2) und einem Rahmen (7), der die Membranschicht zumindest teilweise umgibt und an dem zumindest ein Teil des Randes der Membranschicht gelagert ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Spannelement (30) vorgesehen ist, welches ein Spannen der Membranschicht ermöglicht.

2. Membranelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Spannelemente (30) verteilt um den Umfang der Membranschicht und/oder des Rahmens vorgesehen sind.

3. Membranelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Spannelement (36) umlaufend um den Umfang der Membranschicht und/oder des Rahmens vorgesehen ist.

4. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rahmen (7) elastisch verformbar ausgebildet ist.

5. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rahmen (7) eine Vielzahl separater Halteelemente (3, 4, 5, 6; 41) für die Membranschicht umfassen.

6. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fassung (32) vorgesehen ist, in welcher der Rahmen (7) aufgenommen ist, wobei zwischen Rahmen und Fassung das oder die Spannelemente vorgesehen sind.

7. Membranelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannelement als längenverstellbares Verbindungselement, insbesondere als Verstellerschraube oder Piezoaktuator, zwischen Rahmen und Fassung ausgebildet ist, wobei durch die Längenänderung die Spannung einstellbar ist.

8. Membranelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass Fassung (32) einerseits und Rahmen (7) oder Halteelement andererseits über mindestens ein Drehgelenk (31), insbesondere Festkörpergelenk miteinander verbunden sind, wobei das Spannelement ein Drehmoment über das Drehgelenk erzeugen kann.

9. Membranelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannelement als längenverstellbares Abstandselement, insbesondere als Stellschraube (33) oder Piezoaktuator, zwischen Rahmen oder Halteelement einerseits und Fassung andererseits beabstandet zum Drehgelenk vorgesehen

ist.

10. Membranelement nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehachse des Drehgelenks (31) parallel zur Ebene der Membranschicht vorgesehen ist.

11. Membranelement nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Rahmen (7) zweiteilig ausgebildet ist, mit einem ersten Teil (41), welches mit der Membranschicht verbunden ist, und einem zweiten Teil (40), welches mit der Fassung verbindbar ist, wobei zwischen erstem Teil und zweitem Teil mindestens ein, vorzugsweise mehrere Federstege (42) vorgesehen sind.

12. Membranelement nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Federstege (42) in einer Ebene parallel zur Membranschicht vorgesehen sind.

13. Membranelement nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das oder die Spannelemente (36) auf das erste Teil (41) des Rahmens so einwirken, dass die Federstege (42) verbogen werden, und zwar insbesondere senkrecht zur Ebene der Membranschicht.

14. Membranelement nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannelement als umlaufender Steg (36) an der Fassung oder als längenveränderlicher Aktuator, insbesondere als Verstellerschraube ausgebildet ist.

15. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht (2) und der Rahmen (7) einstückig ausgebildet sind.

16. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fassung (32) und der Rahmen (7) einstückig ausgebildet sind.

17. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht (2) und/oder der Rahmen (7) und/oder die Fassung (32) eine runde quadratische, rechteckige, mehreckige, runde oder ovale Grundform aufweisen.

18. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht (2) einen Durchmesser oder eine Kantenlänge im Bereich von 0,5 mm bis 200 mm, insbesondere 1 mm bis 100 mm aufweist.

19. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht (2) eine Dicke von 50 nm bis 500

nm, insbesondere 100 nm bis 250 nm aufweist.

20. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht **(2)** mehrschichtig ausgebildet ist.

21. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht **(2)** Funktionselemente **(63)** umfasst.

22. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht Filterschichten oder optisch wirksame Strukturen umfasst.

23. Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht mindestens eine Komponente aus der Gruppe enthält, die Silizium, Zirkon, Ruthenium, Rhodium, Niob, Molybdän, Bor und Silizium-Nitrid umfasst.

24. Projektionsbelichtungsanlage, insbesondere für die EUV-Lithographie, mit mindestens einem Membranelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

25. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Membranelement **(1)** als mindestens ein Element aus der Gruppe ausgebildet ist, welche Transmissionsretikel, Debris-Filter, Abschwächer, Spektralfilter, Pellicle, Transmissionsgitter und Transmissionsfilter umfasst.

26. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Membranelement **(1)** in Verbindung mit einer Messeinrichtung vorgesehen ist.

27. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Membranelement vorgesehen ist, welches einen Teil der Projektionsbelichtungsanlage gasdicht von einem anderen Teil der Projektionsbelichtungsanlage trennt.

28. Verfahren zum Betrieb eines Membranelements, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 23, in einer Projektionsbelichtungsanlage, insbesondere EUV-Projektionsbelichtungsanlage, in welcher das Membranelement mit elektromagnetischer Strahlung beaufschlagt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht **(2)** des Membranelements **(1)** einstellbar gespannt wird, wobei die Spannung so gewählt wird, dass die Membranschicht eben ist.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch ge-

kennzeichnet, dass die Spannung in der Größe und/oder der örtlichen Verteilung unterschiedlich einstellbar ist.

30. Verfahren nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung mit fortschreitender Zeit nachgestellt wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht unter Zugspannung gehalten wird.

32. Verfahren zur Herstellung eines optischen Membranelementes, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 23, mittels Mikrolithographie, dadurch gekennzeichnet, dass ein Festkörpergelenk **(31)** oder Deformationselement **(42)** zum Spannen einer Membranschicht des Membranelements lithographisch mit der Membranschicht erzeugt wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

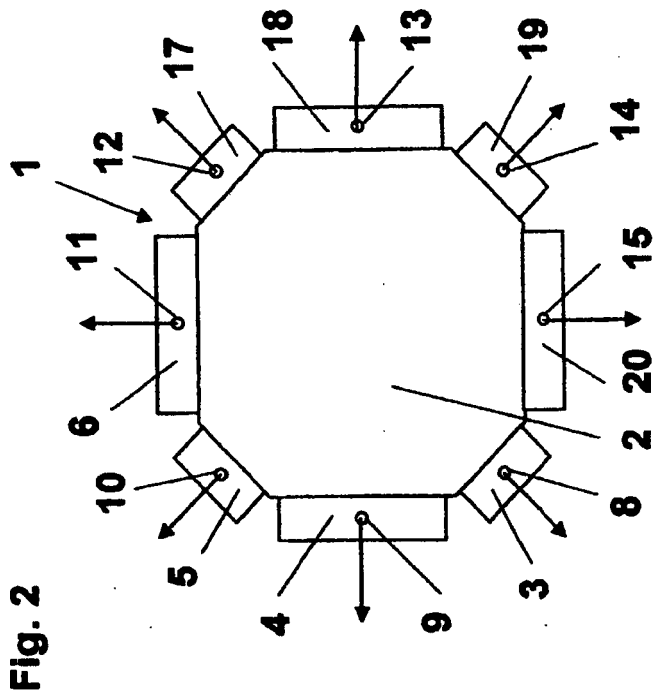


Fig. 2

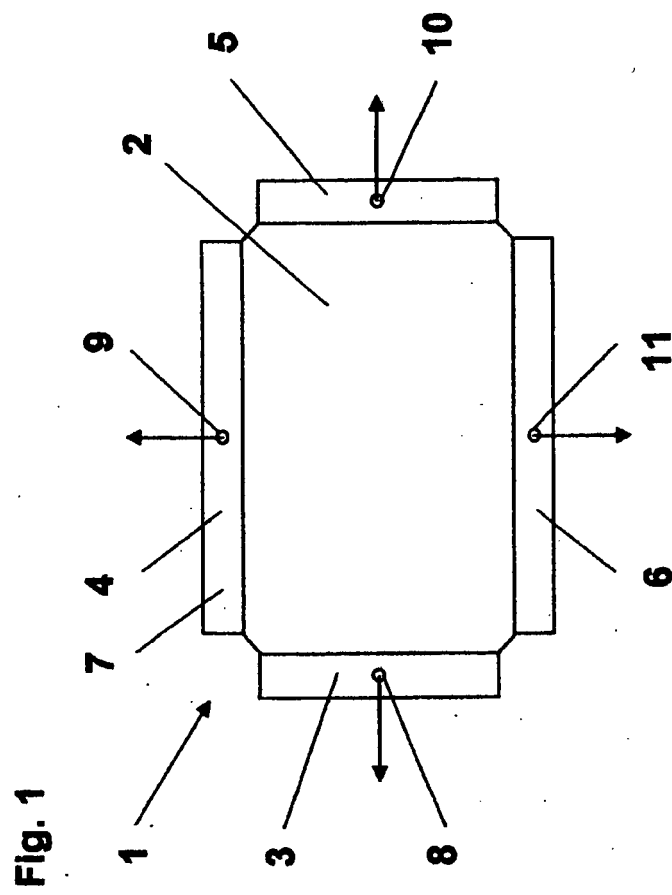


Fig. 1

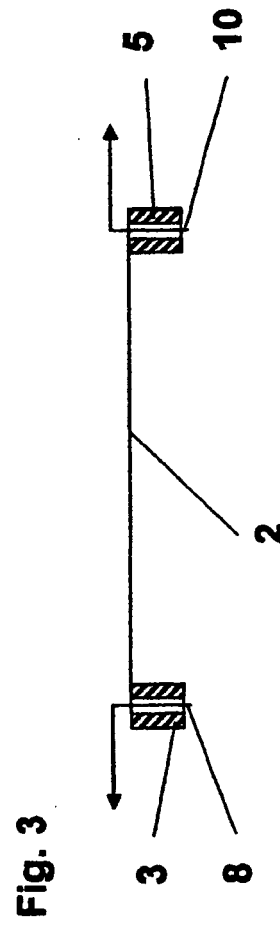


Fig. 3

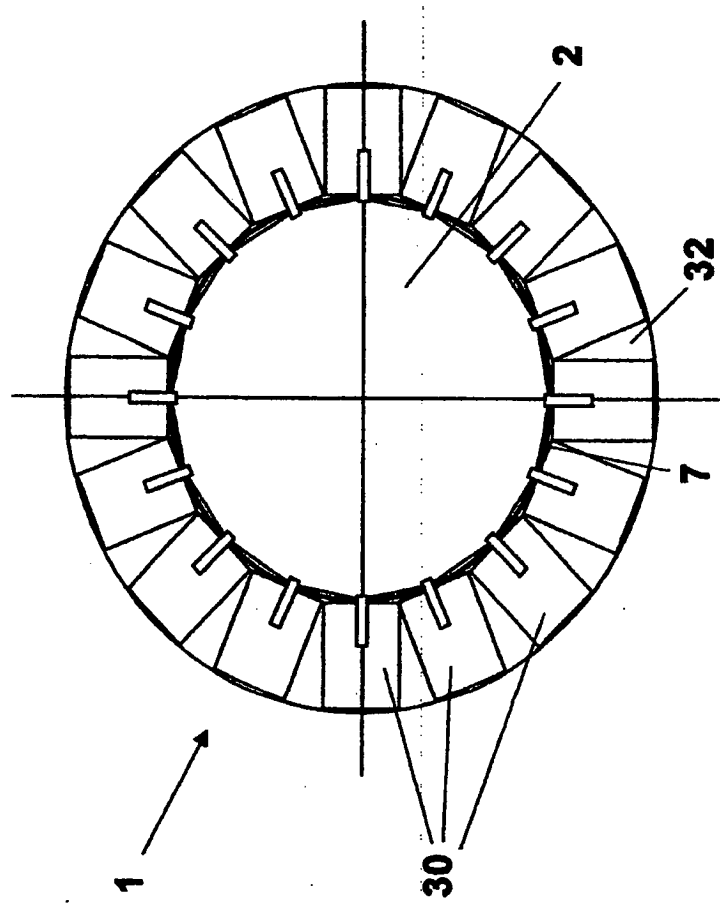


FIG. 4

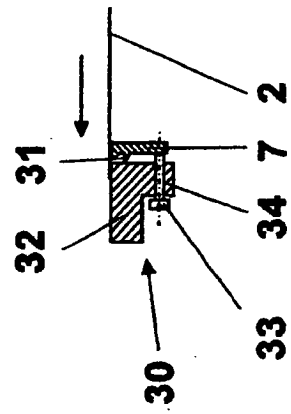


FIG. 5

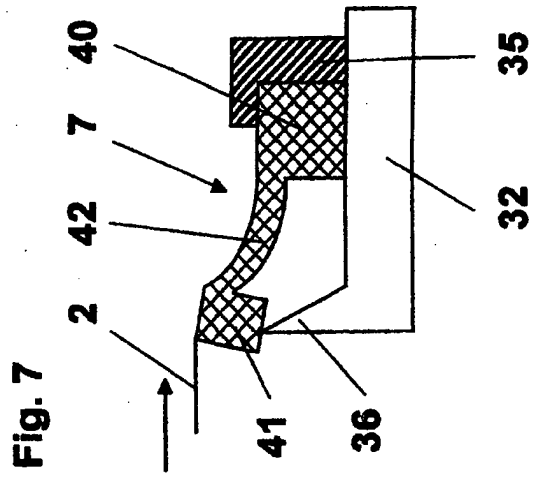
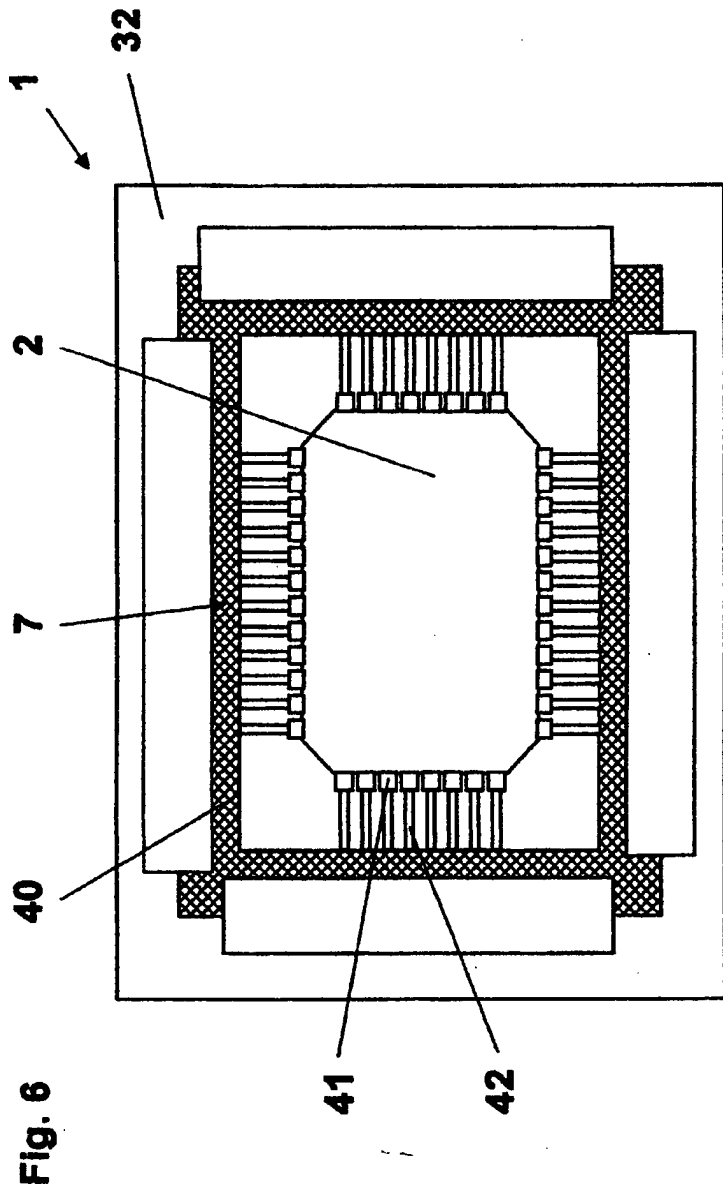


Fig. 8

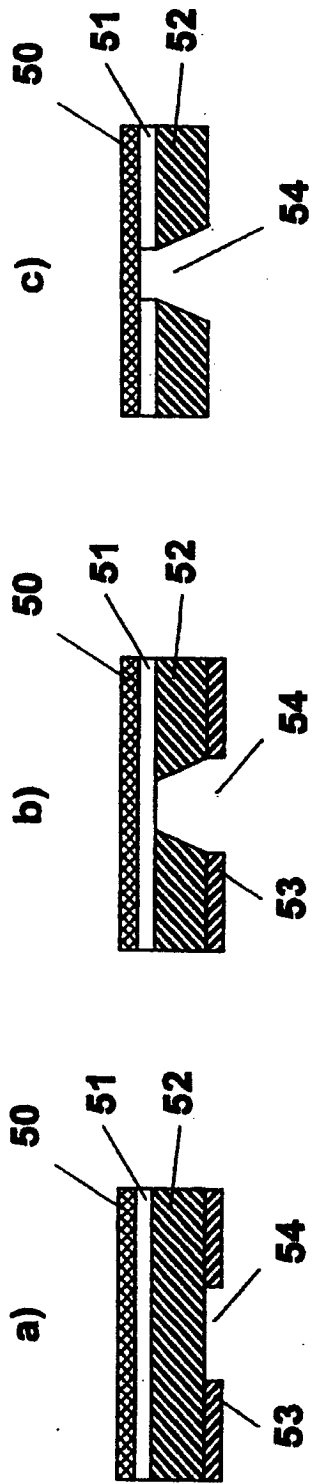


Fig. 9

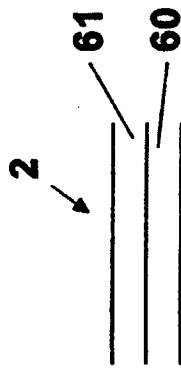
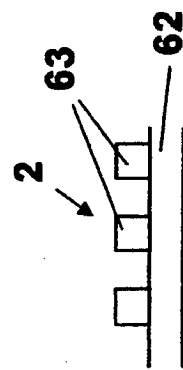


Fig. 10



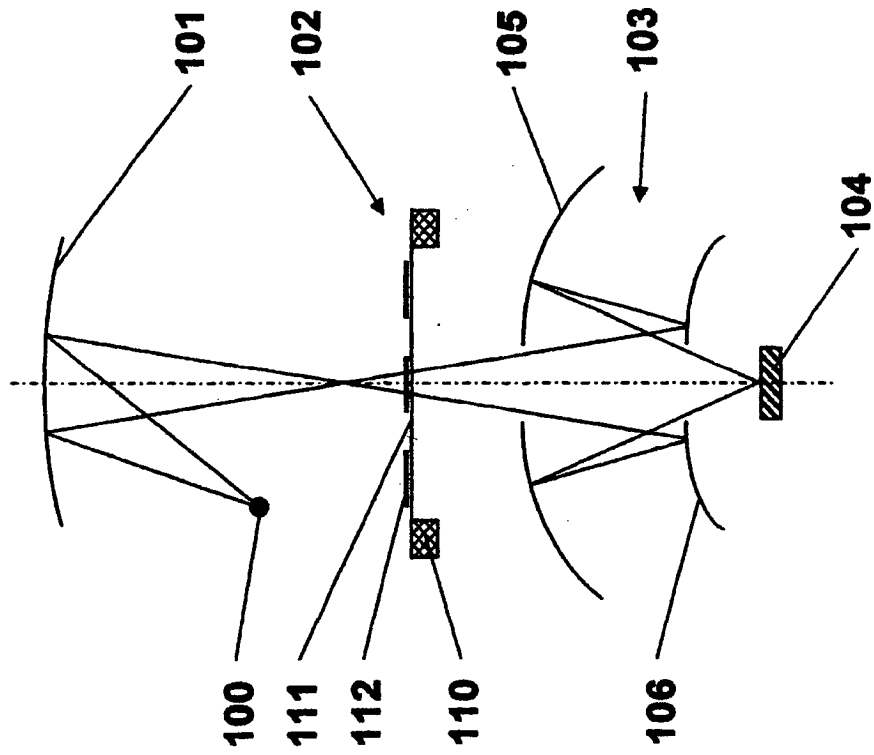
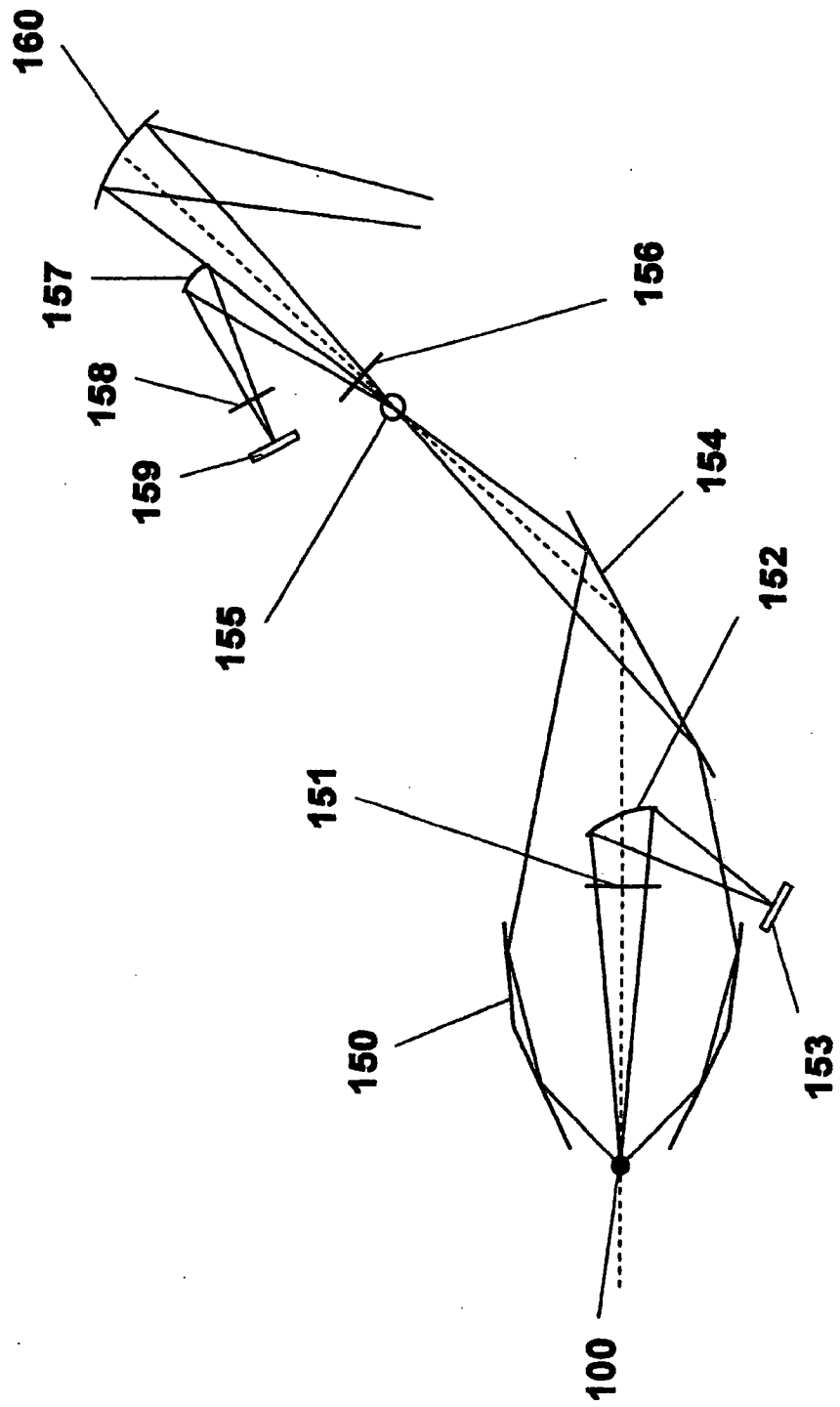


Fig. 11

Fig. 12



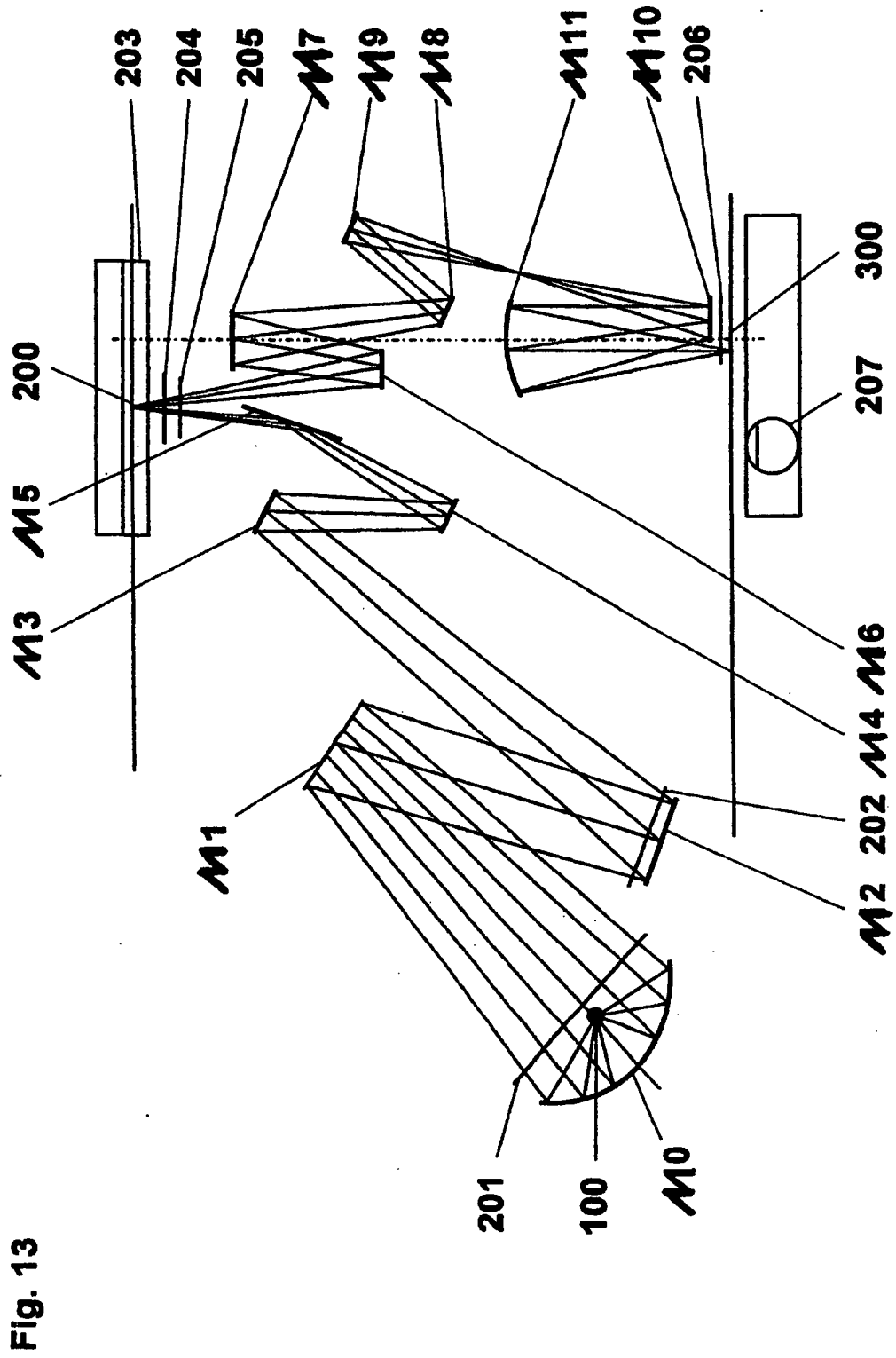


Fig. 13

Fig. 14

