

(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

8. Mai 2014 (08.05.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2014/067707 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G03F 7/20 (2006.01) G02B 7/00 (2006.01)

G03F 1/62 (2012.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/069575

(22) Internationales Anmeldedatum:

20. September 2013 (20.09.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2012 219 806.7

30. Oktober 2012 (30.10.2012) DE

61/720,079 30. Oktober 2012 (30.10.2012) US

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

(72) Erfinder: GRUNER, Toralf; Opalstr. 22, 73433 Aalen-
Hofen (DE). BLEIDISTEL, Sascha; Klosterstr. 2, 73432

Aalen (DE). WOLF, Alexander; Robert-Koch-Str. 1,
73447 Oberkochen (DE). HARTJES, Joachim;
Sonnenstr. 3, 73433 Aalen (DE). SCHWAB, Markus;
Limesstr. 47/2, 73434 Aalen (DE). HAUF, Markus;
Hafenberg 4, 89075 Ulm (DE).

(74) Anwalt: LORENZ & KOLLEGEN
PATENTANWÄLTE

PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT; Klaus P.
Raunecker, Alte Ulmer Straße 2, 89522 Heidenheim (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, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PRESSURE FLUCTUATIONS IN A PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

(54) Bezeichnung : DRUCKSCHWANKUNGEN IN EINER PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGE

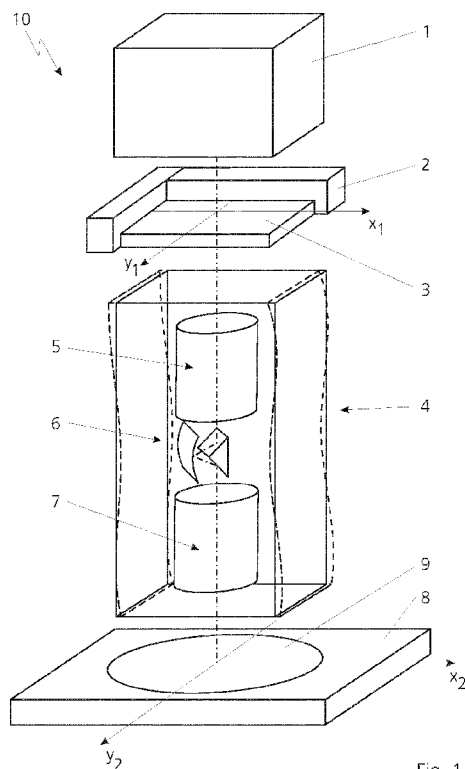


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a projection exposure apparatus (10) for semiconductor lithography, comprising an illumination system (1) for illuminating a mask (3) arranged on a movable mask stage (2), and comprising a projection lens (4) for imaging the mask (3) onto a semiconductor substrate (9), wherein at least one means (11, 14, 44, 20, 17, 42, 15, 19) is present for at least partly decoupling at least parts of the illumination system (1) and/or of the projection lens (4) from the influence of pressure fluctuations in the medium surrounding the projection lens (4) or the illuminated system (1), said pressure fluctuations being attributed to movements of the mask stage (2) during the operation of the apparatus (10).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Projektionsbelichtungsanlage (10) für die Halbleiterlithographie, mit einem Beleuchtungssystem (1) zum Beleuchten einer auf einem beweglichen Maskentisch (2) angeordneten Maske (3) und einem Projektionsobjektiv (4) zum Abbilden der Maske (3) auf ein Halbleitersubstrat (9), wobei mindestens ein Mittel (11, 14, 44, 20, 17, 42, 15, 19) vorhanden ist, mindestens Teile des Beleuchtungssystems (1) und/oder des Projektionsobjektives (4) von dem Einfluss von Druckschwankungen in dem das Projektionsobjektiv (4) oder das Beleuchtungssystem (1) umgebende Medium, welche auf Bewegungen des Maskentisches (2) im Betrieb der Anlage (10) zurückgehen, mindestens teilweise zu entkoppeln.



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.

AT, BG, CZ, EE, HR, HU, IS, LT, LV, MK, MT, NO,
PL, RO, RS, SI, SK, SM), OAPI (KM).

Veröffentlicht:

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, LR, NA, RW, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL,

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Projektionsbelichtungsanlage mit mindestens einem Mittel zur
Reduktion des Einflusses von Druckschwankungen

Die Erfindung betrifft Mittel zur Reduktion des Einflusses von Druckschwankungen bei einer Projektionsbelichtungsanlage zur lithographischen Erzeugung von Strukturen auf einem Halbleitersubstrat mit einem Beleuchtungssystem, einem Maskentisch, einem Projektionsobjektiv und einer Waferstage.

Mit einer Projektionsbelichtungsanlage werden im Allgemeinen auf einem scheibenförmigen Substrat aus einem Halbleitermaterial, wobei hier der Begriff Wafer synonym eingesetzt wird, Mikro- und Nanostrukturen erzeugt. Dazu wird der Wafer, der typischerweise mit einer photoempfindlichen Schicht versehen wird, gezielt mit einer elektromagnetischen Strahlung, welche durch eine in den optischen Strahlengang eingebrachte Maske optisch moduliert ist, bestrahlt. Die Maske kann während des Belichtungsprozesses von einem Maskentisch und der Wafer typischerweise von einer Waferstage gehalten werden.

Eine Projektionsbelichtungsanlage weist ein Beleuchtungssystem zur Aufbereitung der elektromagnetischen Strahlung einer Strahlungsquelle und ein Projektionsobjektiv auf, welches zur optischen Abbildung des elektromagnetischen Feldes der Maskebene auf das Halbleitersubstrat eingesetzt wird.

Ein wesentlicher Parameter bei dem lithographischen Prozess ist die optische Abbildungsqualität der Projektionsbelichtungsanlage, da die Qualität der in dem Wafer erzeugten Mikro- und Nanostrukturen stark von der auftretenden optischen Abbildung beeinflusst wird. Um eine qualitativ hochwertige

optische Abbildung zu erhalten, müssen jedoch insbesondere auch enge Toleranzen eingehalten werden. Die Toleranzen beziehen sich in der Regel sowohl auf die Materialeigenschaften und die geometrischen Eigenschaften der optischen Einzelkomponenten als auch auf deren Positionen relativ zueinander. Zu den optischen Einzelkomponenten zählen insbesondere optische Linsen, Spiegel und Filter.

Während einem Einsatz der Projektionsbelichtungsanlage können mechanische Schwingungen in das System impliziert werden, wobei die optische Abbildung negativ beeinflusst werden kann. Insbesondere können die optischen Einzelkomponenten und die übergeordneten Baugruppen durch die mechanischen Schwingungen bewegt werden und gegenüber ihrer Idealposition verschoben werden. Es kann auch der Fall auftreten, dass sich die optischen Einzelkomponenten aufgrund der mechanischen Schwingung deformieren und dadurch ihre optischen Eigenschaften in unerwünschter Weise moduliert werden. Zu den optischen Eigenschaften der genannten Einzelkomponenten und deren übergeordneten Baugruppen kann insbesondere auch die Beeinflussung der Polarisierung der elektromagnetischen Strahlung, die durch die Projektionsbelichtungsanlage läuft, zählen.

Moderne Projektionsbelichtungsanlagen arbeiten im sogenannten Scanmodus, wobei die Maske und das Halbleitersubstrat gemäß dem optischen Abbildungsmaßstab des Projektionsobjektivs synchron verfahren werden. Um dabei Zeit, die für die Bewegung benötigt wird, einzusparen, werden die Maske und der Wafer zum Teil auch stark beschleunigt. Eine derartige Bewegung kann in dem Medium, das die Maske bzw. den Wafer umgibt, eine Druckschwankung hervorrufen, die sich anschließend auf die

Projektionsbelichtungsanlage übertragen kann. Die Ausprägung des Einflusses von Druckschwankungen kann folglich bei Projektionsbelichtungsanlagen, die im Scanmodus arbeiten, noch verstärkt sein.

Im Allgemeinen ist der Einfluss von Druckschwankungen auf die optische Abbildungsqualität von mehreren Parametern abhängig, wobei unter anderem auch die Bauart der Projektionsbelichtungsanlage eine wesentliche Rolle spielen kann. Die direkte Auswirkung der Druckschwankungen auf die Projektionsbelichtungsanlage kann beispielsweise mit mechanischen Schwingungsmoden beschrieben werden.

In gleicher Weise kann auch die Größe der Druckschwankungen von zahlreichen Parametern abhängig sein. Insbesondere kann auch der Durchmesser der Wafer einen vergleichsweise hohen Einfluss haben, da vergleichsweise große Beschleunigungen während des Scanvorgangs auftreten können. Beispielsweise sollen auch Wafer mit einem Durchmesser von ca. 450 mm bei gleichzeitig hoher optischer Abbildungsgüte eingesetzt werden können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Mittel zur Reduktion des Einflusses von Druckschwankungen auf eine Projektionsbelichtungsanlage zu vermeiden bzw. zu reduzieren. Dadurch soll eine Optimierung der optischen Abbildungsqualität während der lithographischen Belichtung erzielt werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche be-

treffen vorteilhafte Ausführungsformen und Varianten der Erfindung.

Die vorliegende Anmeldung nimmt die Priorität der Deutschen Patentanmeldung Nr. 10 2012 219 806.7 und der US Patentanmeldung Nr. 61/720,079 in Anspruch deren beider Inhalte hierin durch Bezugnahme vollumfänglich in der vorliegenden Anmeldung mit aufgenommen wird.

Eine Projektionsbelichtungsanlage für die Halbleiterlithographie kann im Sinne der Erfindung ein Beleuchtungssystem zum Beleuchten einer auf einem beweglichen Maskentisch angeordneten Maske und ein Projektionsobjektiv zum Abbilden der Maske auf einen Wafer aufweisen. Zur Reduktion des Einflusses von Druckschwankungen können Mittel vorteilhaft genutzt werden, die mindestens Teile des Beleuchtungssystems und/oder des Projektionsobjektives von dem Einfluss von Druckschwankungen in dem das Projektionsobjektiv oder das Beleuchtungssystem umgebenden Medium, welche auf Bewegungen des Maskentisches im Betrieb der Anlage zurückgehen, mindestens teilweise entkoppeln.

Die Projektionsbelichtungsanlage kann beispielsweise ein Mittel aufweisen, das einen den Maskentisch umgebenden abgeschlossenen Raum bildet.

Bei der Projektionsbelichtungsanlage kann weiterhin der den Maskentisch umgebende Raum, insbesondere der oben angesprochene abgeschlossene Raum mit einem Gas gefüllt sein, dessen Schallabsorption höher als die der Luft ist. Durch die verringerte Schallabsorption soll sich eine Druckschwankung mit

reduzierter Stärke ausbreiten und der Einfluss auf die Projektionsbelichtungsanlage gering gehalten werden.

Bei der erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage kann in dem abgeschlossenen Raum ein gegenüber der Umgebung verminderter Druck herrschen, so dass mit diesem Mittel die Ausbreitung einer Druckschwankung reduziert wird.

Bei der Projektionsbelichtungsanlage kann gemäß der Erfindung insbesondere auch das dem Maskentisch nächstgelegene optische Element des Beleuchtungssystems und/oder des Projektionsobjektives gegenüber dem Beleuchtungssystem bzw. dem Projektionsobjektiv mindestens teilweise mechanisch entkoppelt sein.

Um den Einfluss von Druckschwankungen zu minimieren kann bei einer Projektionsbelichtungsanlage beispielsweise auch das dem Maskentisch nächstgelegene optische Element des Beleuchtungssystems und/oder des Projektionsobjektives mit dem Beleuchtungssystem bzw. dem Projektionsobjektiv manipulierbar verbunden sein.

Insbesondere kann auch ein Mittel vorhanden sein, das dem Maskentisch nächstgelegene optische Element oder auch ein anderes optisches Element des Beleuchtungssystems und/oder des Projektionsobjektives unter Berücksichtigung von auf eine Bewegung des Maskentisches zurückgehende Schallwellen zu bewegen.

Bei einer vorteilhaften Projektionsbelichtungsanlage kann auch ein Mittel zur Schallerzeugung vorhanden sein, welches geeignet ist, auf eine Bewegung des Maskentisches zurückge-

hende Schallwellen mindestens teilweise für den räumlichen Bereich des Projektionsobjektives zu neutralisieren.

Ferner kann eine Abschirmung auch dadurch erreicht werden, dass zwischen dem Maskentisch und dem Beleuchtungssystem und/oder dem Projektionsobjektiv ein Pellikel, also eine dünne, optisch weitgehend neutrale Membran, angeordnet ist. Derartige Pellikel werden üblicherweise als Kontaminationsabschirmung in Halbleiterlithographieanlagen verwendet. Somit könnte eine vorteilhafte Doppelwirkung, nämlich Kontaminationsabschirmung und mechanischen Entkopplung erreicht werden.

Bei einer erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage sollen die Mittel zur Reduktion des Einflusses von Druckschwankungen insbesondere auch kombiniert eingesetzt werden können.

Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem Projektionsobjektiv bei Schwingungsanregung,
- Figur 2 eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer Kapselung der Maske,
- Figur 3 eine Projektionsbelichtungsanlage mit flexibler Lagerung,
- Figur 3a eine mögliche Ausführungsform einer flexiblen Lagerung,
- Figur 4 eine Projektionsbelichtungsanlage mit aktiver Manipulation,
- Figur 5 eine Projektionsbelichtungsanlage mit Pellikeln,
- Figur 6 eine Projektionsbelichtungsanlage mit Schallquelle.

Figur 1 zeigt schematisch eine Projektionsbelichtungsanlage 10 nach dem Stand der Technik mit einem Beleuchtungssystem 1, einem Maskentisch 2 mit Maske 3, einem Projektionsobjektiv 4 mit drei Optikgruppen 5, 6 und 7 sowie einer Waferstage 8 mit Halbleitersubstrat 9. Dabei werden im sogenannten Scanbetrieb die Maske 3 und das Halbleitersubstrat 9 gemäß dem optischen Abbildungsmaßstab synchron bewegt. Das hier dargestellte Projektionsobjektiv 4 ist als katadioptrisches System ausgeführt, bei welchem wie in der Figur 1 angedeutet durch die Optikgruppe 6 eine Faltung des Projektionsstrahls vorgenommen wird. Dabei ist die Erfindung selbstverständlich nicht auf katadioptrische Systeme beschränkt.

Bei der Beschleunigung des Maskentischs 2 insbesondere während eines Scanvorgangs kann eine Schwingungsmode des Projektionsobjektivs 4 angeregt werden. In Fig. 1 ist das Projektionsobjektiv 4 in der ausgelenkten Position, welche hier stark überhöht skizziert ist, gestrichelt dargestellt. Diese Schwingungsanregung führt dazu, dass die einzelnen Optikgruppen 5, 6, und 7 ebenfalls ausgelenkt werden können, wobei die Auslenkung der Optikgruppen 5, 6 und 7 hier nicht zeichnerisch angedeutet ist.

Figur 2 zeigt eine erste Ausführungsform der Erfindung, bei welcher der Maskentisch 2 in einem abgeschlossenen Raum 11 angeordnet ist. Der abgeschlossene Raum 11 wird auch als Maskenkapselung bezeichnet und kann beispielsweise mit einem Gas gefüllt oder auch teilweise oder vollständig evakuiert sein. Die Kapselung kann insbesondere Aluminium, Edelstahl, wie z.B. Invar und/oder Keramik enthalten.

Die Maskenkapselung 11 zeigt dabei die transparenten Bereiche 112, die einen Durchtritt der zur Beleuchtung der Maske 3 bzw. zu deren Abbildung erforderlichen elektromagnetischen Strahlung ermöglichen. Das Material der transparenten Bereiche 112 kann insbesondere Quarz oder Kalziumfluorid sein. Der Innenraum der Maskenkapselung 11 kann dabei wie bereits erwähnt über den Gasanschluss 113 evakuiert oder auch mit einem Gas gefüllt sein, welches gegenüber Luft eine verminderte Schallübertragung zeigt. Das verwendete Gas kann unter Atmosphärendruck oder auch mit einem gewissen Unterdruck in der Maskenkapselung 11 eingefüllt sein. Typische Drücke in der Maskenkapselung 11 können etwa die Hälfte des normalen Atmosphärendrucks betragen, wobei jedoch auch Drücke, die $1/10$ des normalen Atmosphärendrucks oder kleiner sind, sinnvoll sein können.

Insbesondere kann es sich bei dem genannten Gas um Helium handeln. Die Kapselung des Maskentisches 2 und die Evakuierung bzw. das Einfüllen des genannten Gases in die Maskenkapselung 11 hat die Wirkung, dass Bewegungen des Maskentisches 2 beim Scanvorgang sich nur in vermindertem Umfang in Form von Druckwellen bzw. Druckstößen in das umgebende Medium übertragen, so dass die Einwirkung der Bewegungen des Maskentisches 2 auf die umgebenden bzw. nachfolgenden Bestandteile der Projektionsbelichtungsanlage 10, also insbesondere auch des Projektionsobjektivs 4, wirksam vermindert wird. Auf diese Weise wird es möglich, auch Halbleitersubstrate größerer Abmessungen mit vertretbarem Durchsatz zu belichten, da durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen der Maskentisch 2 beim Scannen schneller bewegt werden kann, ohne dass es zu nicht mehr

tolerierbaren mechanischen Störeinflüssen auf das Projektionsobjektiv 4 kommt.

Figur 3 zeigt eine Variante der Erfindung, bei welcher auf eine Kapselung des Maskentisches 2 verzichtet werden kann. Im vorliegenden Beispiel zeigt das Beleuchtungssystem 1 die planparallele Platte 13, welche das dem Maskentisch 2 nächstliegende optische Element auf der Beleuchtungsseite darstellt. Die planparallele Platte 13 ist dabei über eine flexible Lagerung mit dem Beleuchtungssystem 2 verbunden. Die flexible Lagerung 14 ist derart beschaffen, dass eine gewisse mechanische Entkopplung der planparallelen Platte 13 von dem übrigen Beleuchtungssystem 1 gewährleistet ist. Insbesondere erlaubt die flexible Lagerung 14 Bewegungen der planparallelen Platte 13 in x-, y- und z-Richtung, wie anhand der Pfeile in Figur 3 dargestellt, wobei auch kombinierte Bewegungen der planparallelen Platte 13 in Richtung der dargestellten Translationsfreiheitsgrade sich insgesamt nicht auf die optische Abbildung auswirken sollen. Mögliche, von dem bewegten Maskentisch 2 ausgehende Druckstöße bzw. Druckwellen im umgebenden Medium können also von der planparallelen Platte 13 ohne Auswirkungen auf die Abbildungsqualität des Systems abgefangen werden. In ähnlicher Weise ist das dem Maskentisch 2 nächstliegende erste optische Element 41 des Projektionsobjektivs 4 über die flexible Lagerung 44 mit dem Projektionsobjektiv 4 verbunden. Bei dem optischen Element 41 kann es sich ebenso wie bei dem optischen Element 13 um eine planparallele Platte handeln. Auch hier führen die gezeigten Maßnahmen zu einer Verringerung des Einflusses der Bewegungen des Maskentisches 2 bzw. der durch die Bewegungen hervorgerufenen Druckstöße auf das Projektionsobjektiv 4. Die Räume 15

und 45, die sich zwischen den optischen Elementen 13 und 41 und jeweils dem Beleuchtungssystem 1 bzw. dem Projektionsobjektiv 4 ergeben, können gegebenenfalls unter einem gewissen Unterdruck stehen bzw. mit einem Gas mit im Vergleich zu Luft höherer Schallabsorption angefüllt sein.

Die Figur 3a zeigt eine mögliche Ausführungsform der flexiblen Lagerungen 14 und 44, wobei die Lagerung der Figur 3a das Bezugszeichen 20 trägt. Bei dieser Ausführungsform gibt es eine bevorzugte Bewegungsrichtung A, so dass mögliche Linearbewegungen in dieser Richtung elastisch kompensiert werden können. Bei diesem Lagertyp sollen insbesondere die Bewegungen in Richtung der beiden Linearkomponenten, die hier mit B bzw. C gekennzeichnet sind, weitgehend unterbunden werden. Generell sollten derartige flexible Lagerungen 20 eine vergleichsweise hohe Steifigkeit in den Kippfreiheitsgraden, d.h. bei Bewegungen gemäß den Rotationsachsen D, E bzw. F, aufweisen.

Bei der in Figur 3a gezeigten flexiblen Lagerung 20 handelt es sich im Wesentlichen um eine Parallelfeder-Anordnung, welche in diesem Beispiel drei Federzonen 25 aufweist. Die hier dargestellte flexible Lagerung 20 zeigt einen ersten Ring 21 mit drei Säulen 22 und einem zweiten Ring 23 mit weiteren drei Säulen 24. Diese Säulen 22 und 24 sind jeweils zu einer Seite über zahlreiche Einzelfederelemente 26 verbunden, wobei diese Einzelfederelemente 26 hier als Blattfedern ausgeführt sind. Durch diese Parallelfeder-Anordnung wird eine flexible Lagerung mit der Einschränkung der Freiheitsgrade insbesondere der optischen Komponenten 13 und 44 gewährleistet.

Bei den optischen Elementen 13 und 41 muss es sich nicht notwendigerweise um planparallele Platten handeln. Grundsätzlich sind eine Vielzahl möglicher optischer Elemente denkbar; vorteilhaft ist es, wenn sich Relativbewegungen der optischen Elemente 13 bzw. 41 relativ zum Maskentisch 2 bzw. zum Beleuchtungssystem 1 oder zum Projektionsobjektiv 4 nicht auf die Qualität der Abbildung des Gesamtsystems auswirken. Die beschriebenen planparallelen Platten stellen in diesem Fall lediglich eine – wenn auch die wohl einfachste – Möglichkeit dar.

Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei welcher die optischen Elemente 13' und 41' über Aktuatoren 17 bzw. 42 mit dem Beleuchtungssystem 1 bzw. dem Projektionsobjektiv 4 verbunden sind. Die Aktuatoren 17 und 42 stehen dabei über Steuerleitungen 171 und 172 bzw. 421 und 422 mit der Steuereinheit 16 in Verbindung. Diese Variante erlaubt die aktive Ausregelung von optischen Abbildungsfehlern, die von den durch den bewegten Maskentisch 2 in das System eingetragenen Störungen herrühren. Dabei werden die mechanischen Schwingungen bzw. die optischen Abbildungsfehler, die in unkorrigiertem Zustand durch die Bewegungen des Maskentisches 2 in das Gesamtsystem eingetragen werden können, beispielsweise zunächst messtechnisch erfasst. Auf Basis der erfassten Daten wird nachfolgend ein Korrekturszenario erarbeitet, welches für den jeweiligen Betriebsmodus der Projektionsbelichtungsanlage 10 in der Steuereinheit 16 hinterlegt wird. Weiterhin soll es insbesondere möglich sein, dass auch Daten bzw. Ergebnisse einer numerischen Simulation als Basis für die Auslegung des Korrekturszenarios eingesetzt werden. Mit anderen Worten können die Störungen, die von dem Maskentisch 2 bzw.

von seiner Bewegung herrühren, beispielsweise zunächst toleriert, nachfolgend jedoch durch aktive Maßnahmen, nämlich die Ansteuerung der Aktuatoren 17 bzw. 42 ausgeregelt werden. Dabei müssen die optischen Elemente 13' bzw. 41', welche zur Korrektur der genannten bewegungsinduzierten Fehler dienen, nicht notwendigerweise als dem Maskentisch 2 nächstgelegene optische Elemente ausgebildet sein; auch eine Anordnung an anderer Stelle der zugehörigen Systeme 1, 2 bzw. 4 ist denkbar. Die gezeigte Anordnung der optischen Elemente 13' und 41' bietet jedoch den Vorteil, dass sich die in Figur 4 gezeigte Lösung vergleichsweise einfach in einem im Betrieb befindlichen System nachrüsten lässt. Daneben ist zu den beiden Figuren 3 und 4 noch zu bemerken, dass nicht notwendigerweise beide Systeme, also das Beleuchtungssystem 1 und das Projektionsobjektiv 4 mit den vorstehend beschriebenen optischen Elementen versehen sein müssen. Es ist ebenso denkbar, nur das Beleuchtungssystem 1 oder auch nur das Projektionsobjektiv 4 entsprechend auszustatten. Bei den Aktuatoren 17 und/oder 42 kann es sich insbesondere um Piezoaktuatoren handeln.

Figur 5 zeigt eine Variante der Erfindung, bei welcher Pellikel 15 zur Anwendung kommen. In der in Figur 5 gezeigten Variante ist sowohl oberhalb als auch unterhalb des Maskentisches 2 ein Pellikel 15 angeordnet. Die Pellikel weisen eine Stärke im Bereich von 0,1mm auf und sind somit aufgrund ihrer hohen Durchlässigkeit für die verwendete elektromagnetische Strahlung optisch praktisch neutral, schirmen jedoch die störenden Druckstöße wirkungsvoll ab. Als Material für die Pellikel kann in vorteilhafter Weise Zellulosenitrat verwendet werden.

Figur 6 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei welcher auf konstruktive Maßnahmen an den Subsystemen Beleuchtungssystem 1, Maskentisch 2 oder Projektionsobjektiv 4 verzichtet werden kann. Im vorliegenden Beispiel werden die durch die Bewegung des Maskentisches 2 ausgesandten Druckstöße bzw. Druckwellen mittels einer Schallerzeugungseinheit 19 in der Umgebung des Maskentisches 2 neutralisiert. Die Schallquelle 191 ist dabei über die Steuerleitung 192 mit der Steuereinheit 193 verbunden und erzeugt angepasst an den jeweiligen Betriebsmodus der Projektionsbelichtungsanlage 10 und die damit verbundenen Bewegungen des Maskentisches 2 Druckstöße bzw. Druckwellen, welche die von dem Maskentisch 2 ausgehenden Störungen zumindest in der näheren Umgebung neutralisieren. Hierzu kann in der Steuereinheit 193 ein entsprechendes Schallmuster für ein jeweiliges Nutzungsszenario bereits in Form einer Datenbank hinterlegt sein; alternativ oder zusätzlich kann auch mittels eines oder mehrerer Schalldrucksensoren im Bereich des Maskentisches 2 (nicht dargestellt) eine Anfangskalibrierung des Systems im Hinblick auf maximale Schallunterdrückung im Bereich der Projektionsbelichtungsanlage vorgenommen werden. Daneben oder zusätzlich ist es auch denkbar, über Bildfehlermessungen in der Substratebene (beispielsweise mittels eines Wellenfrontsensors) die Schallerzeugungseinheit 19 beim Anfahren in einem neuen Betriebsmodus derart einzuregeln, dass die von der Bewegung des Maskentisches 2 herrührenden Bildfehler möglichst reduziert werden.

Patentansprüche:

1. Projektionsbelichtungsanlage (10) für die Halbleiterlithographie, mit einem Beleuchtungssystem (1) zum Beleuchten einer auf einem beweglichen Maskentisch (2) angeordneten Maske (3) und einem Projektionsobjektiv (4) zum Abbilden der Maske (3) auf ein Halbleitersubstrat (9), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Mittel (11,14,44,20,17,42,15,19) vorhanden ist, mindestens Teile des Beleuchtungssystems (1) und/oder des Projektionsobjektives (4) von dem Einfluss von Druckschwankungen in dem das Projektionsobjektiv (4) oder das Beleuchtungssystem (1) umgebende Medium, welche auf Bewegungen des Maskentisches (2) im Betrieb der Anlage (10) zurückgehen, mindestens teilweise zu entkoppeln.
2. Projektionsbelichtungsanlage (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei mindestens einem Mittel um einen den Maskentisch umgebenden abgeschlossenen Raum (11) handelt.
3. Projektionsbelichtungsanlage (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der den Maskentisch umgebende abgeschlossene Raum (11) mit einem Gas gefüllt ist, dessen Schallabsorption höher als die der Luft ist.
4. Projektionsbelichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass in dem abgeschlossenen Raum (11) ein gegenüber der Umgebung verminderter Druck herrscht.

5. Projektionsbelichtungsanlage (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das dem Maskentisch (2) nächstgelegene optische Element (13,41) des Beleuchtungssystems (1) und/oder des Projektionsobjektives (4) gegenüber dem Beleuchtungssystem (1) bzw. dem Projektionsobjektiv (4) mindestens teilweise mechanisch entkoppelt ist.
6. Projektionsbelichtungsanlage (10) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens teilweise mechanische Entkopplung der optischen Elemente (13,41) über eine Parallelfeder-Anordnung (20) erfolgt.
7. Projektionsbelichtungsanlage (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein optisches Element des Beleuchtungssystems (1) und/oder des Projektionsobjektives (4) mit dem Beleuchtungssystem (1) bzw. dem Projektionsobjektiv (4) manipulierbar verbunden ist.
8. Projektionsbelichtungsanlage (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem optischen Element jeweils um das dem Maskentisch (2) nächstgelegene optische Element (13,13',41,41') handelt.
9. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Mittel (17,42) vorhanden ist, das optische Element (13',41') des Beleuchtungssystems (1) und/oder des Projektionsobjektives (4) unter Berücksichtigung von auf eine Bewegung des Maskenti-

sches (2) zurückgehende Schallwellen zu bewegen.

10. Projektionsbelichtungsanlage (10) einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Schallerzeugungseinheit (19) vorhanden ist, welche geeignet ist, auf eine Bewegung des Maskentisches zurückgehende Schallwellen mindestens teilweise für den räumlichen Bereich des Projektionsobjektives (4) zu neutralisieren.
11. Projektionsbelichtungsanlage (10) einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Maskentisch (2) und dem Beleuchtungssystem (1) und/oder dem Projektionsobjektiv (4) ein Pellicel (15) angeordnet ist.

1/7

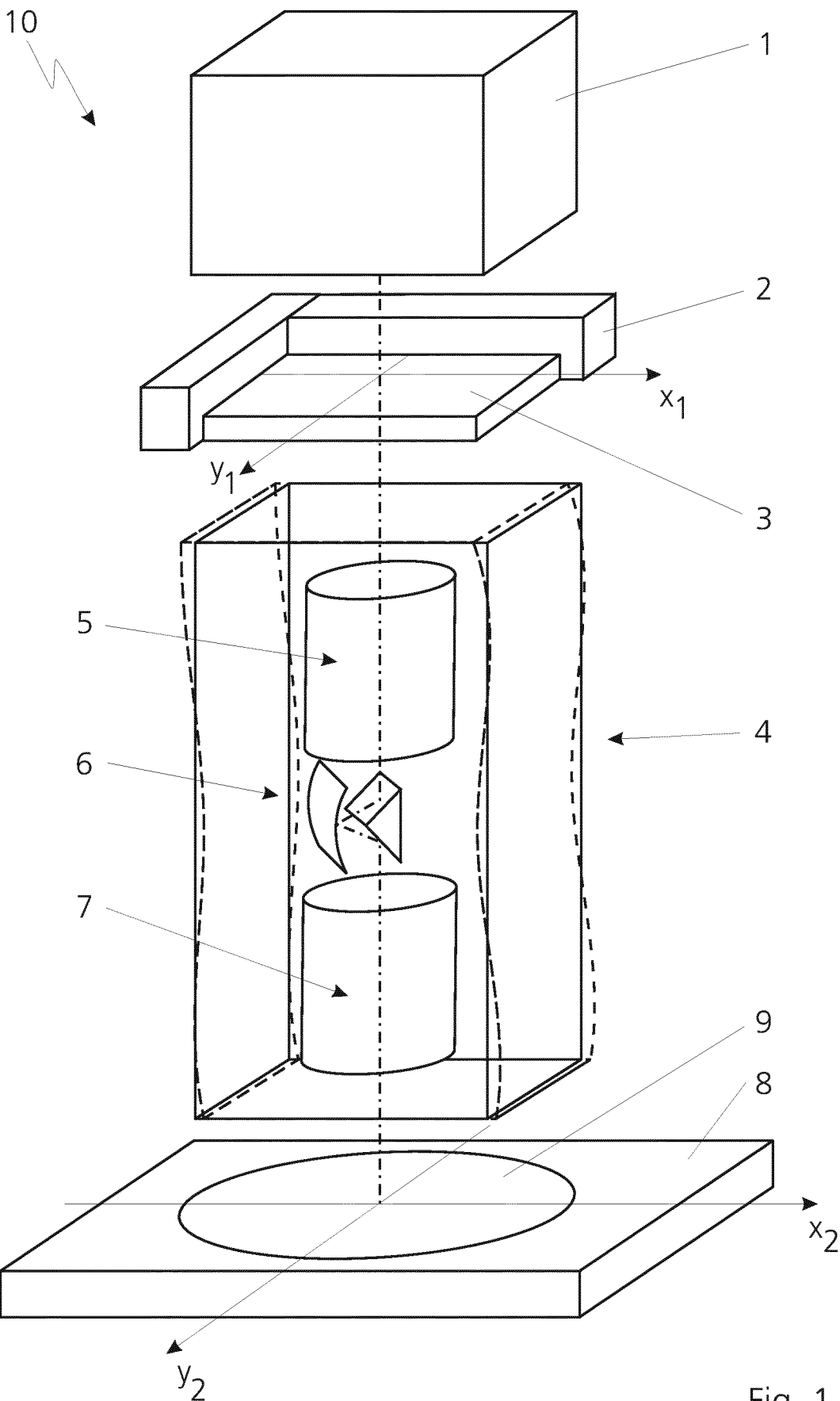


Fig. 1

2/7

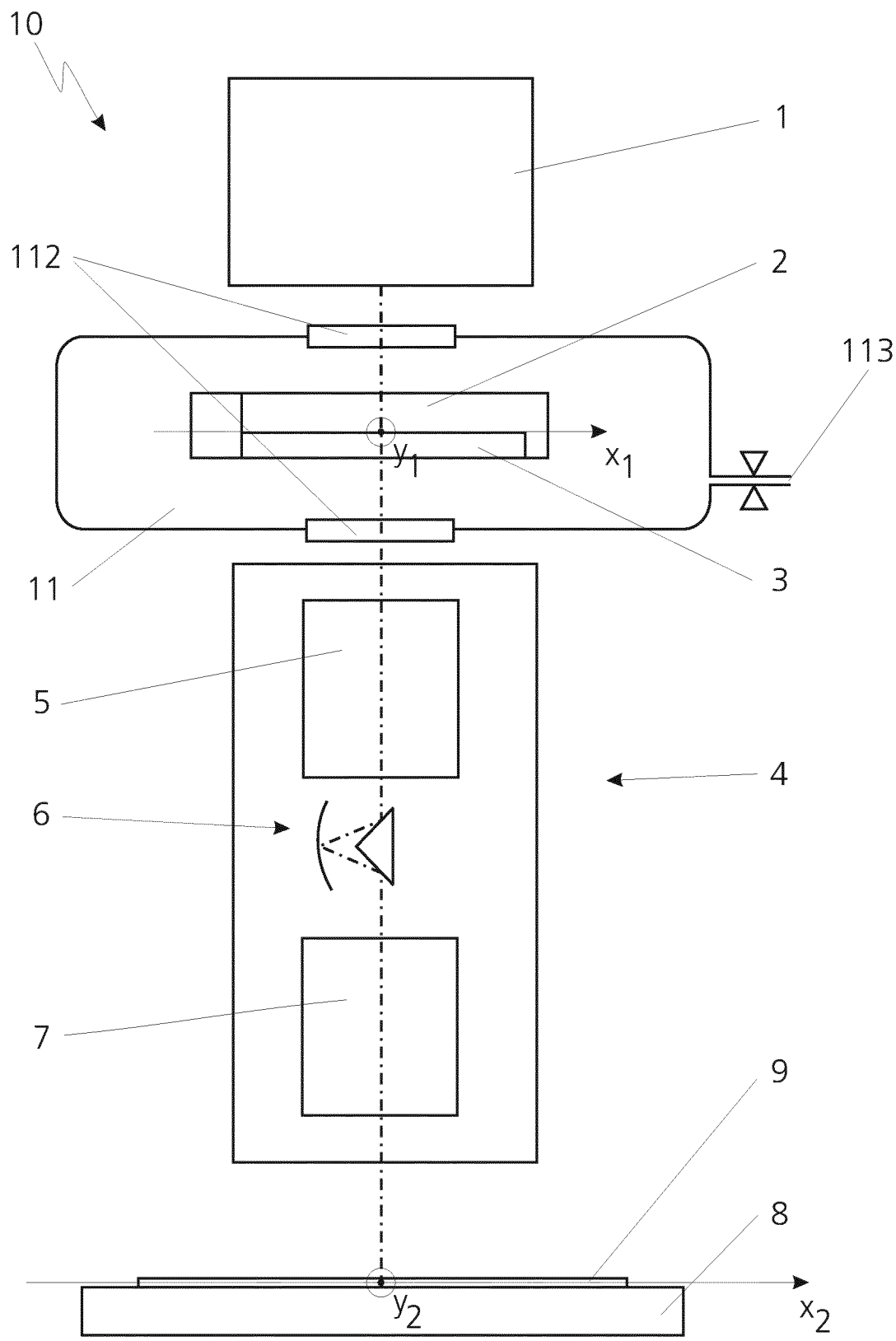


Fig. 2

3/7

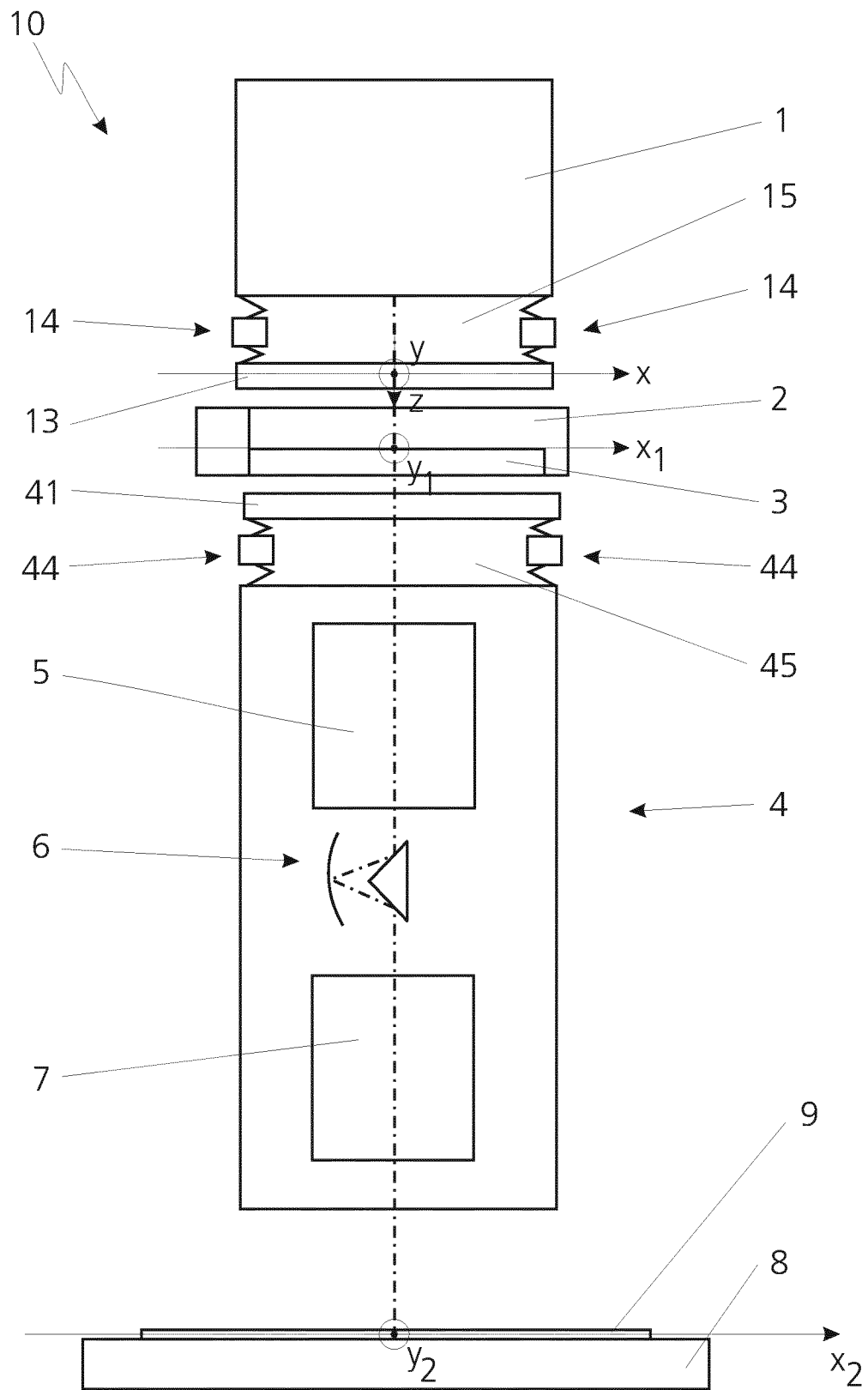


Fig. 3

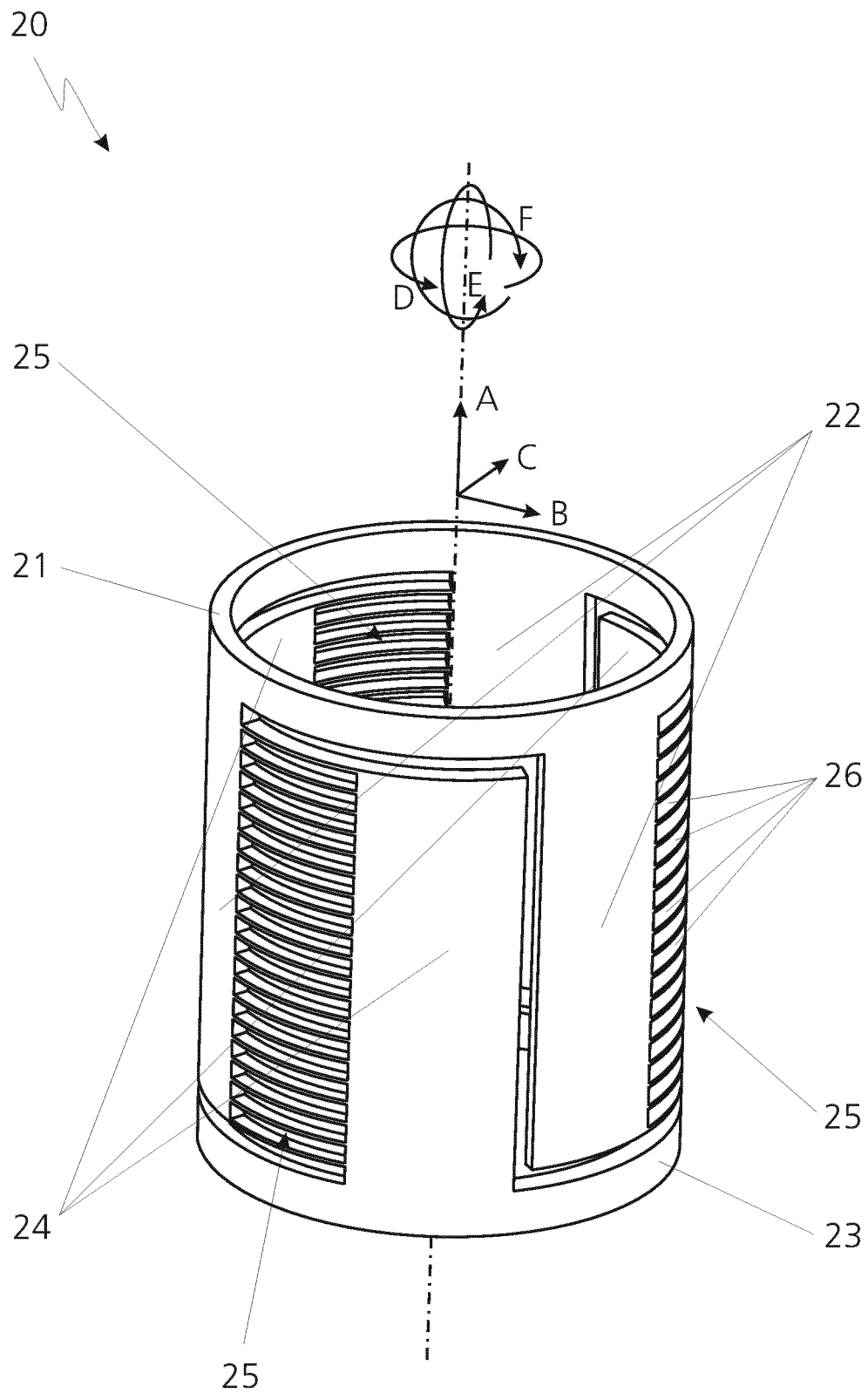


Fig. 3a

5/7

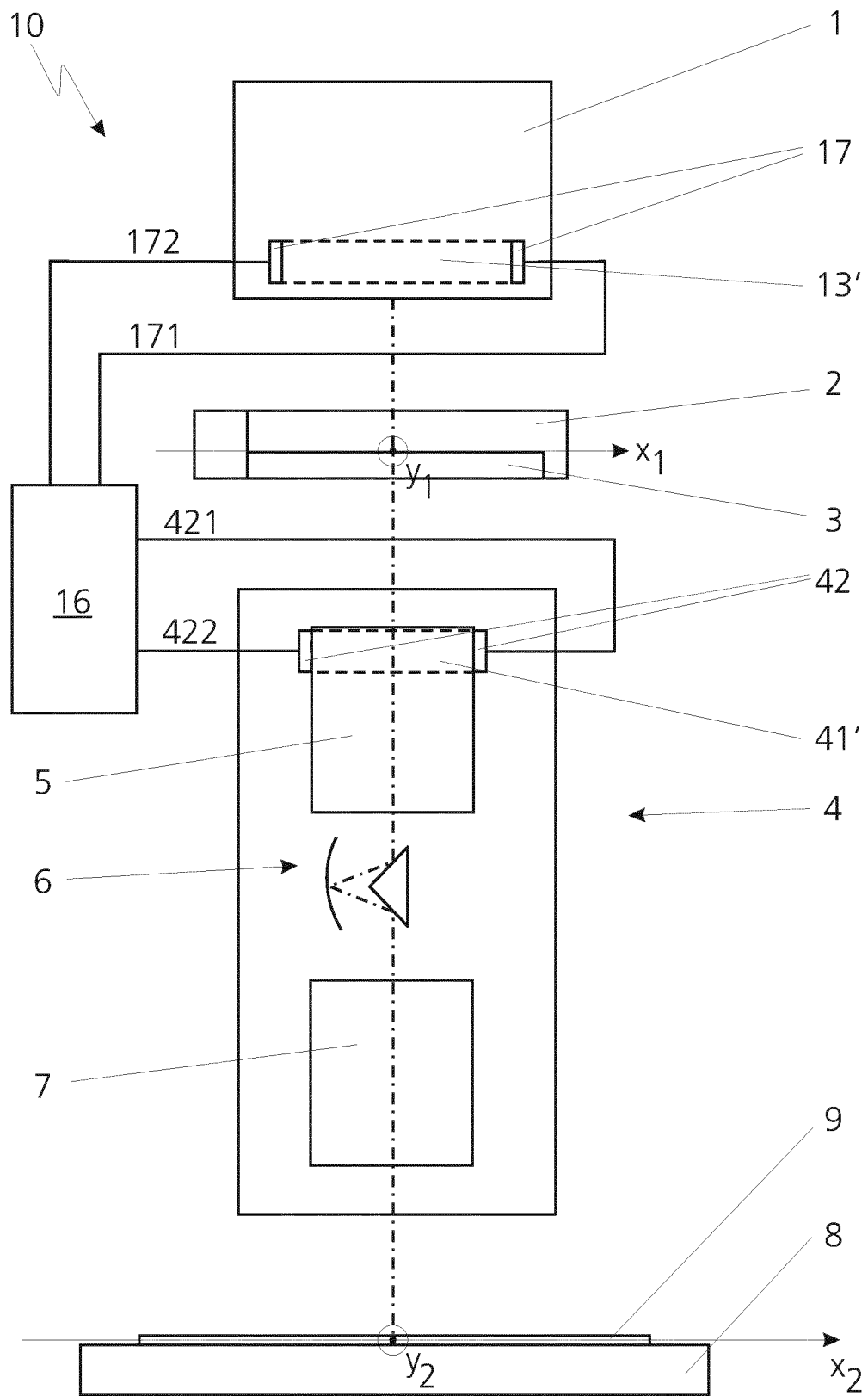


Fig. 4

6/7

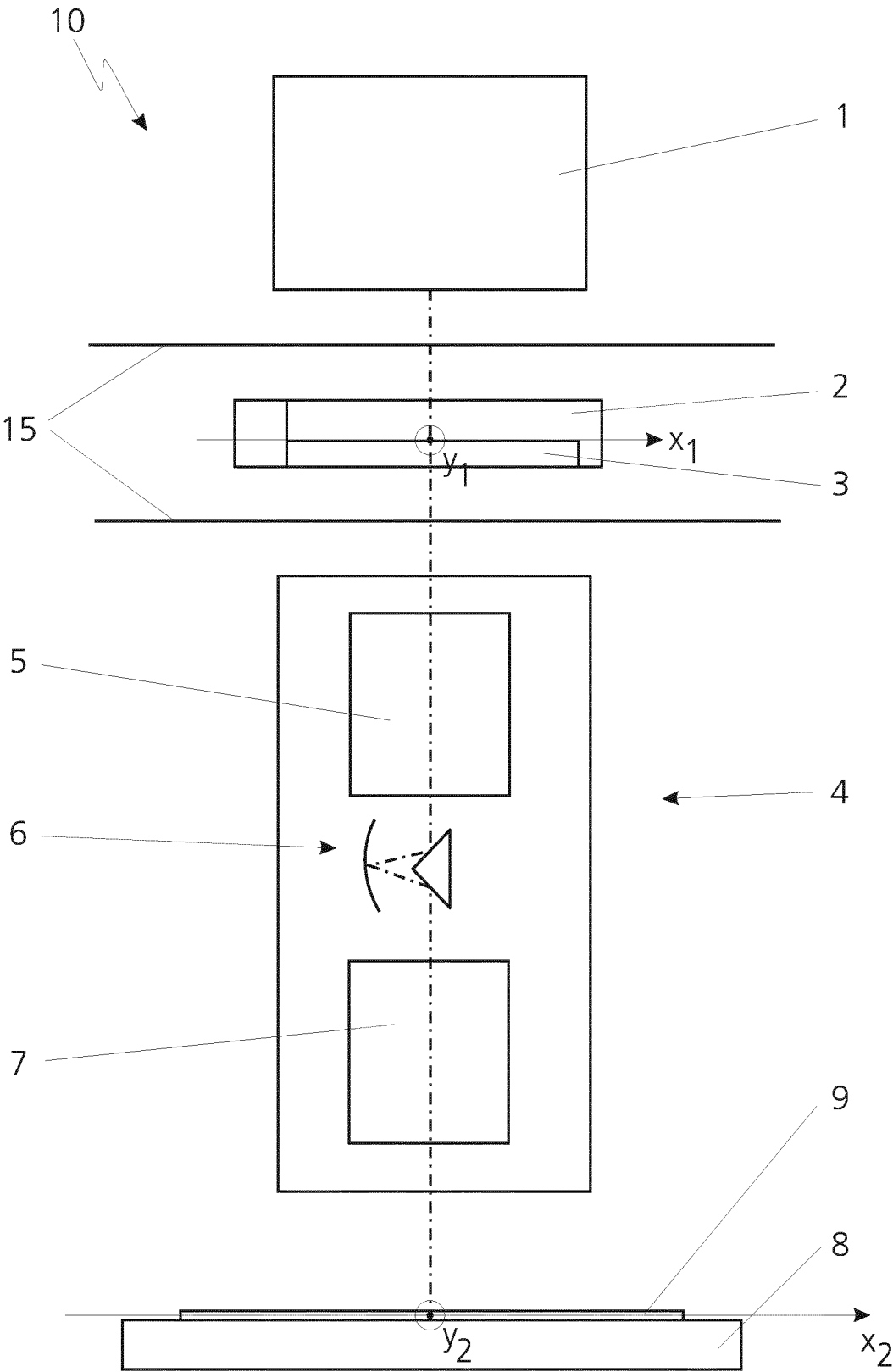


Fig. 5

7/7

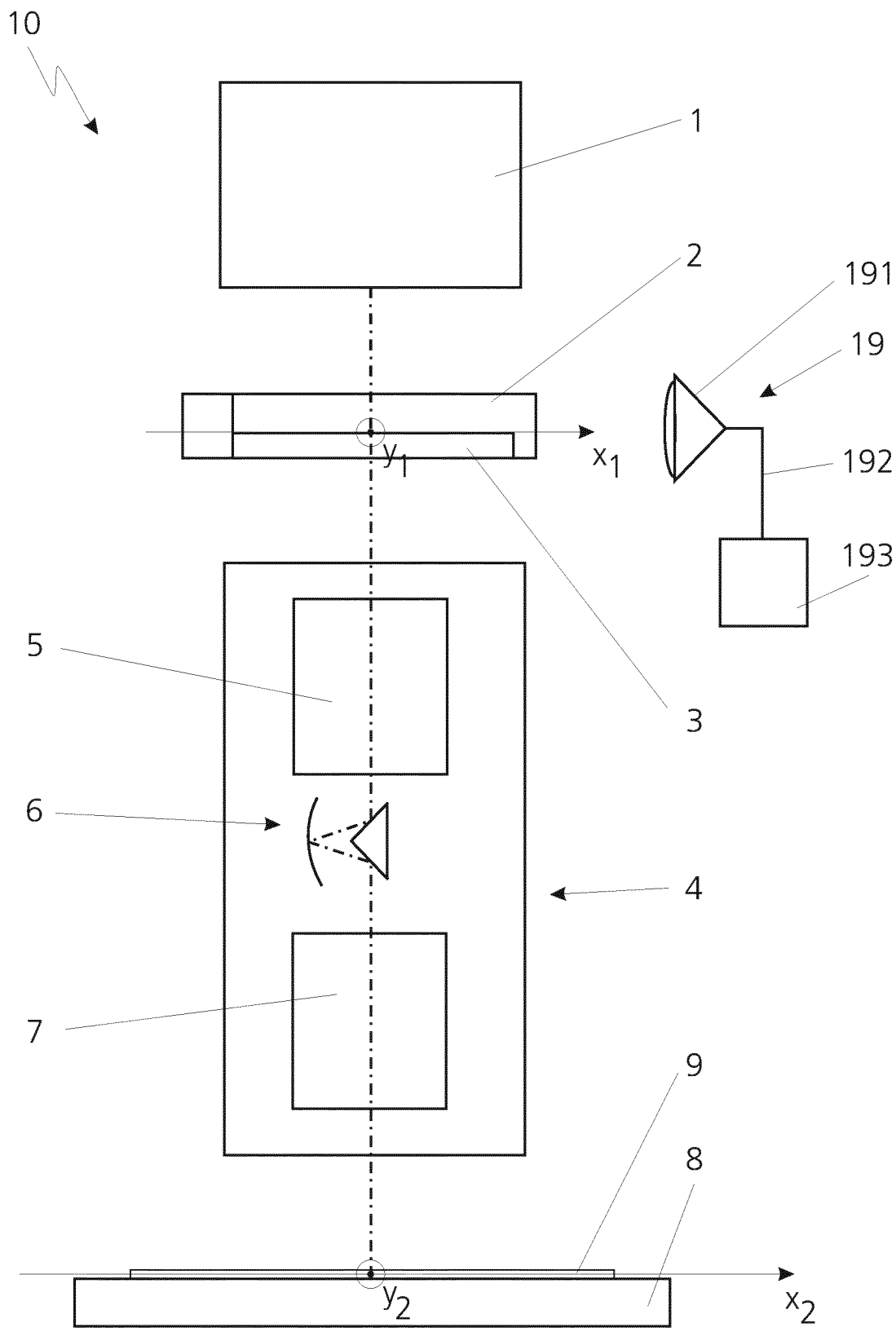


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/069575

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G03F7/20 G03F1/62 G02B7/00
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)

G02B G03F H01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 877 843 A (TAKAGI SHIN-ICHI [JP] ET AL) 2 March 1999 (1999-03-02) column 9, lines 10-16,42-46 column 11, lines 21-26 figures 1-3	1-3
X	----- EP 2 068 349 A1 (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 10 June 2009 (2009-06-10) paragraphs [0013], [0015], [0018], [0026], [0027] figure 1	1,2,4
X	----- US 2007/146656 A1 (VAN EMPEL TJARKO A R [NL] VAN EMPEL TJARKO ADRIAAN RUDOLF [NL]) 28 June 2007 (2007-06-28) paragraphs [0004], [0010] claims 1,2,4-6 ----- -/-	1,5,6



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

6 December 2013

Date of mailing of the international search report

17/12/2013

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Heryet, Chris

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/069575

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/316129 A1 (BUTLER HANS [NL] ET AL) 24 December 2009 (2009-12-24) abstract; figures paragraphs [0003] - [0006], [0038] -----	1,7-9
X	US 2009/161085 A1 (BUTLER HANS [NL] ET AL) 25 June 2009 (2009-06-25) abstract; figures 1-4 paragraphs [0037] - [0043] -----	1,10
X	US 6 197 454 B1 (YAN PEI-YANG [US]) 6 March 2001 (2001-03-06) column 3, line 12 - column 4, line 37 figures 2,3 -----	1,2,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/069575

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5877843	A	02-03-1999	KR 100443452 B1 20-10-2004 US 5877843 A 02-03-1999
EP 2068349	A1	10-06-2009	EP 2068349 A1 10-06-2009 JP 5141979 B2 13-02-2013 US 2009218511 A1 03-09-2009 WO 2008041575 A1 10-04-2008
US 2007146656	A1	28-06-2007	JP 2007173814 A 05-07-2007 US 2007146656 A1 28-06-2007 US 2009190111 A1 30-07-2009
US 2009316129	A1	24-12-2009	JP 4797089 B2 19-10-2011 JP 2010016369 A 21-01-2010 NL 2002902 A1 22-12-2009 US 2009316129 A1 24-12-2009
US 2009161085	A1	25-06-2009	JP 5079672 B2 21-11-2012 JP 2009141349 A 25-06-2009 NL 1036192 A1 09-06-2009 US 2009161085 A1 25-06-2009
US 6197454	B1	06-03-2001	US 6197454 B1 06-03-2001 US 6280886 B1 28-08-2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G03F7/20 G03F1/62 G02B7/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G02B G03F H01L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 877 843 A (TAKAGI SHIN-ICHI [JP] ET AL) 2. März 1999 (1999-03-02) Spalte 9, Zeilen 10-16,42-46 Spalte 11, Zeilen 21-26 Abbildungen 1-3 -----	1-3
X	EP 2 068 349 A1 (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 10. Juni 2009 (2009-06-10) Absätze [0013], [0015], [0018], [0026], [0027] Abbildung 1 -----	1,2,4
X	US 2007/146656 A1 (VAN EMPEL TJARKO A R [NL] VAN EMPEL TJARKO ADRIAAN RUDOLF [NL]) 28. Juni 2007 (2007-06-28) Absätze [0004], [0010] Ansprüche 1,2,4-6 ----- -/-	1,5,6
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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
6. Dezember 2013		17/12/2013
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Heryet, Chris

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/316129 A1 (BUTLER HANS [NL] ET AL) 24. Dezember 2009 (2009-12-24) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0003] - [0006], [0038] -----	1,7-9
X	US 2009/161085 A1 (BUTLER HANS [NL] ET AL) 25. Juni 2009 (2009-06-25) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 Absätze [0037] - [0043] -----	1,10
X	US 6 197 454 B1 (YAN PEI-YANG [US]) 6. März 2001 (2001-03-06) Spalte 3, Zeile 12 - Spalte 4, Zeile 37 Abbildungen 2,3 -----	1,2,11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/069575

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5877843	A	02-03-1999	KR	100443452 B1	20-10-2004
			US	5877843 A	02-03-1999

EP 2068349	A1	10-06-2009	EP	2068349 A1	10-06-2009
			JP	5141979 B2	13-02-2013
			US	2009218511 A1	03-09-2009
			WO	2008041575 A1	10-04-2008

US 2007146656	A1	28-06-2007	JP	2007173814 A	05-07-2007
			US	2007146656 A1	28-06-2007
			US	2009190111 A1	30-07-2009

US 2009316129	A1	24-12-2009	JP	4797089 B2	19-10-2011
			JP	2010016369 A	21-01-2010
			NL	2002902 A1	22-12-2009
			US	2009316129 A1	24-12-2009

US 2009161085	A1	25-06-2009	JP	5079672 B2	21-11-2012
			JP	2009141349 A	25-06-2009
			NL	1036192 A1	09-06-2009
			US	2009161085 A1	25-06-2009

US 6197454	B1	06-03-2001	US	6197454 B1	06-03-2001
			US	6280886 B1	28-08-2001
