

(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
24. November 2016 (24.11.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/184670 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G03F 7/20 (2006.01) **G01B 11/14** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/059766
- (22) Internationales Anmeldedatum:
2. Mai 2016 (02.05.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 209 078.7 18. Mai 2015 (18.05.2015) DE
- (71) Anmelder: **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE];
Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).
- (72) Erfinder: **HORN, Jan**; Lachnerstrasse 9, 80639 München (DE). **KRONE, Stefan**; Steinertgasse 63, 73434 Aalen (DE). **BERGER, Lars**; Keplerstrasse 20, 73432 Aalen-Unterkochen (DE).

(74) Anwalt: **HORN KLEIMANN WAITZHOFFER 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, 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, KN, KP, KR, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** SENSOR ASSEMBLY AND METHOD FOR DETERMINING RESPECTIVE POSITIONS OF A NUMBER OF MIRRORS OF A LITHOGRAPHY SYSTEM

(54) **Bezeichnung :** SENSORANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG EINER JEWEILIGEN POSITION EINER ANZAHL VON SPIEGELN EINER LITHOGRAPHIEANLAGE

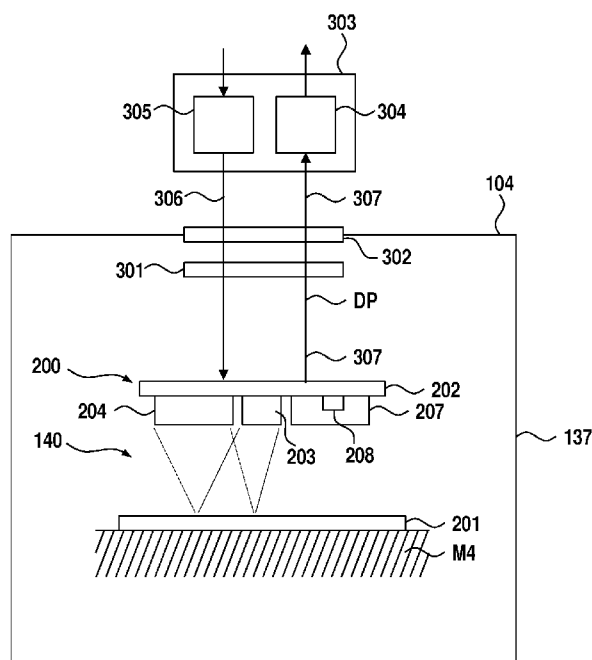


Fig. 3

(57) **Abstract:** The invention relates to a sensor assembly for determining a respective position of a number of mirrors (M1-M6) of a lithography system (100), comprising: a number of position sensor devices (140), wherein each position sensor device (140) comprises a measuring unit (201) for providing an optical position signal of a position of a mirror (M1-M6) when the measuring unit is illuminated with a light beam, a light source (203) for illuminating the measuring unit (201) with the light beam, a detection unit (204) having a plurality of photodetectors (205) for outputting an analog electrical position signal by detecting the provided optical position signal, and a signal-processing unit (207), which has at least one A/D converter (208) for converting the analog electrical position signal into a digital electrical position signal, wherein at least the light source (203) and the signal-processing unit (207) are provided in an integrated assembly (200) arranged in a vacuum housing (137); and an evaluating device (304) for determining the position of the mirror (M1-M6) by means of the digital electrical position signal.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/184670 A1



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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Es wird eine Sensoranordnung zur Ermittlung einer jeweiligen Position einer Anzahl von Spiegeln (M1-M6) einer Lithographieanlage (100) bereitgestellt, mit: einer Anzahl von Positionssensorvorrichtungen (140), wobei die jeweilige Positionssensorvorrichtung (140) eine Messeinheit (201) zur Bereitstellung eines optischen Positionssignals einer Position eines Spiegels (M1-M6) bei Belichtung durch einen Lichtstrahl, eine Lichtquelle (203) zur Belichtung der Messeinheit (201) mit dem Lichtstrahl, eine Detektionseinheit (204) mit einer Mehrzahl von Photodetektoren (205) zur Ausgabe eines analogen elektrischen Positionssignals durch Detektion des bereitgestellten optischen Positionssignals und eine Signalverarbeitungseinheit (207) umfasst, welche zumindest einen A/D-Wandler (208) zum Wandeln des analogen elektrischen Positionssignals in ein digitales elektrisches Positionssignals aufweist, wobei zumindest die Lichtquelle (203) und die Signalverarbeitungseinheit (207) in einer in einem Vakuum- Gehäuse (137) angeordneten integrierten Baugruppe (200) vorgesehen sind, und einer Auswertevorrichtung (304) zur Ermittlung der Position des Spiegels (M1-M6) mittels des digitalen elektrischen Positionssignals.

SENSORANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG EINER JEWEILIGEN POSITION EINER ANZAHL VON SPIEGELN EINER LITHOGRAPHIEANLAGE

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Sensoranordnung und ein Verfahren zur Ermittlung einer jeweiligen Position einer Anzahl von Spiegeln einer Lithographieanlage, ein Projektionssystem einer Lithographieanlage und eine Lithographieanlage. Die Sensoranordnung umfasst zumindest eine Positionssensorvorrichtung zur Bereitstellung eines Positionssignals für einen Spiegel und eine
10 Auswertevorrichtung zur Ermittlung der Position des Spiegels in Abhängigkeit von dem Positionssignal.

Der Inhalt der Prioritätsanmeldung DE 10 2015 209 078.7 wird durch Bezugnahme vollumfänglich mit einbezogen.

15

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
20 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.

25

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

chenden Optiken, das heißt Linsen, eingesetzt werden. Aus gleichem Grund ist die Strahlformung und Strahlprojektion in einem Vakuum durchzuführen.

Die Spiegel können z. B. an einem Tragrahmen (Engl.: force frame) befestigt und
5 wenigstens teilweise manipulierbar oder verkipppbar ausgestaltet sein, um eine Bewegung eines jeweiligen Spiegels in bis zu sechs Freiheitsgraden und damit eine hochgenaue Positionierung der Spiegel zueinander, insbesondere im pm-Bereich, zu ermöglichen. Somit können etwa im Betrieb der Lithographieanlage auftretende Änderungen der optischen Eigenschaften, z. B. infolge von thermi-
10 schen Einflüssen, ausgeregelt werden.

Für das Verfahren der Spiegel, insbesondere in den sechs Freiheitsgraden, sind diesen Aktuatoren zugeordnet, welche über einen Regelkreis angesteuert werden. Als Teil des Regelkreises ist eine Vorrichtung zur Überwachung des Kipp-
15 winkels eines jeweiligen Spiegels vorgesehen.

Das Dokument WO 03/052511 A2 zeigt eine Abbildungseinrichtung in einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie. Die Abbildungseinrichtung hat wenigstens ein optisches Element und wenigstens einen einen Linearantrieb
20 aufweisenden Manipulator zur Manipulation der Position des optischen Elements. Dabei weist der Linearantrieb einen angetriebenen Teilbereich und einen nicht angetriebenen Teilbereich auf, welche relativ zueinander in Richtung einer Bewegungsachse beweglich sind, wobei die Teilbereiche über Funktions-
25 elemente mit einer Wirkungsrichtung wenigstens annähernd senkrecht zur Bewegungsachse und über Funktionselemente mit einer Wirkungsrichtung wenigstens annähernd parallel zur Bewegungsachse zumindest zeitweise miteinander verbunden sind.

Ferner ist bekannt, ein an einem Spiegel angebrachtes Referenzmuster mittels
30 eines optischen Gebers (Engl.: optical encoder) zu erfassen. Ein solcher optischer Geber liefert um 90° zueinander phasenverschobene Niederspannungssignale, auch A-Signal und B-Signal genannt, aber diese phasenverschobenen Span-

nungssignale sind allerdings rauschanfällig. Auch liefert der optische Geber eine mehrdeutige relative Position (Feinposition) gegenüber einer Einschalt-Position oder Referenz-Position, nicht aber eine eindeutige absolute Position (Grobposition). Somit ist ein weiterer Positionssensor für die Einschalt-Position erforderlich.

5

Vor diesem Hintergrund besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, das Ermitteln einer Position zumindest eines Spiegels einer Lithographieanlage zu verbessern.

10 Demgemäß wird eine Sensoranordnung zur Ermittlung einer jeweiligen Position einer Anzahl von Spiegeln einer Lithographieanlage, insbesondere eines Projektionssystems einer Lithographieanlage, bereitgestellt. Die Sensoranordnung weist eine Anzahl von Positionssensorvorrichtungen auf, wobei die jeweilige Positionssensorvorrichtung eine Messeinheit zur Bereitstellung eines optischen Positionssignals einer Position eines Spiegels bei Belichtung durch einen Lichtstrahl, 15 eine Lichtquelle zur Belichtung der Messeinheit mit dem Lichtstrahl, eine Detektionseinheit mit einer Mehrzahl von Photodetektoren zur Ausgabe eines analogen elektrischen Positionssignals durch Detektion des bereitgestellten optischen Positionssignals und eine Signalverarbeitungseinheit umfasst, welche zumindest 20 einen A/D-Wandler zum Wandeln des analogen elektrischen Positionssignals in ein digitales elektrisches Positionssignal aufweist, wobei zumindest die Lichtquelle und die Signalverarbeitungseinheit in einer in einem Vakuum-Gehäuse angeordneten integrierten Baugruppe vorgesehen sind. Zudem umfasst die Sensoranordnung eine Auswertevorrichtung zur Ermittlung der Position des Spiegels 25 mittels des digitalen elektrischen Positionssignals.

Durch die Integration in derselben integrierten Baugruppe kann Platz eingespart werden. Dadurch, dass die Lichtquelle, die Signalverarbeitungseinheit und vorzugsweise zusätzlich die Photodetektoren in derselben integrierten Baugruppe 30 vorgesehen sind, kann die Position wenigstens eines Spiegels sehr schnell ermittelt werden. Insbesondere die räumliche Zusammenfassung von Photodetektoren und Signalverarbeitungseinheit erlaubt eine sehr schnelle Signalverarbeitung.

Die verkürzten Signalwege zwischen den Photodetektoren und der Signalverarbeitungseinheit bedingen weiterhin die Vorteile einer Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses und einer Reduzierung der Störanfälligkeit. Insbesondere ist die integrierte Baugruppe mit einer gegen Ausgasung schützenden Schicht
5 versehen.

Durch die Integration der Lichtquelle in der integrierten Baugruppe und damit in dem Vakuum-Gehäuse ist es nicht mehr notwendig, extern erzeugte Lichtstrahlen durch das Vakuum-Gehäuse durchzuführen. Hierdurch werden Kosten
10 eingespart. Auch die Ansteuerung der Lichtquelle oder vorzugsweise auch die Treiberschaltung für die Lichtquelle ist innerhalb des Vakuum-Gehäuses angeordnet. Beispielsweise ist die Treiberschaltung für die Lichtquelle in der Signalverarbeitungseinheit integriert. Der A/D-Wandler umfasst insbesondere eine Abtasteinheit und eine Quantisierungseinheit, die auf der integrierten Baugruppe
15 integriert sind.

Durch die innerhalb des Vakuum-Gehäuses bereitgestellte Generierung des digitalen elektrischen Positionssignals ist es vorteilhafterweise möglich, eine digitale Datenleitung zur Führung der Signale nach außen, d.h. außerhalb des Vakuum-Gehäuses, zu verwenden. Vorteilhafterweise können die Daten auf der digitalen
20 Datenleitung komprimiert und/oder durch Fehlercodes geschützt werden.

Die Erzeugung der digitalen Positionssignale unmittelbar an der Messstelle und damit in dem Vakuum-Gehäuse bietet Vorteile bezüglich Signalintegrität und
25 Handhabbarkeit des Systems. Ein Grund hierfür ist, dass die Positionssignale digital nach außen transportiert werden können. Somit entfallen vorteilhafterweise die empfindlichen und teuren Fasern und Durchführungen für extern erzeugtes Speiselight für die Positionssensorvorrichtungen.

Insbesondere ist die Lichtquelle dazu eingerichtet, die Messeinheit mittels eines modulierten Lichtstrahls, beispielsweise eines gepulsten Lichtstrahls, zu belichten. Sowohl durch die Integration der Signalverarbeitungseinheit und vorzugs-
30

weise zusätzlich der Photodetektoren in der integrierten Baugruppe als auch durch die Verwendung der modulierten Belichtung kann die Verlustleistung reduziert werden. Die modulierte Belichtung erlaubt eine gute Signalqualität bei geringer mittlerer Verlustleistung. Eine integrierte Baugruppe erlaubt ein optimiertes Design bei absolut minimierter Verlustleistung.

Unter einer integrierten Baugruppe ist eine Anordnung mit einer Anzahl von integrierten Schaltungen und/oder Bauteilen zu verstehen, die auf einer Trägerleiterplatte oder mehreren Trägerleiterplatten angeordnet sind. Die integrierte Baugruppe kann auch als integrierte Sensorelektronik bezeichnet werden.

Beispielsweise die Signalverarbeitungseinheit kann als integrierte Schaltung ausgebildet sein. Ein Beispiel für ein auf der Trägerleiterplatte angeordnetes Bauteil ist die Lichtquelle. Die Trägerleiterplatte umfasst beispielsweise eine Keramikplatine.

Unter einer „integrierten Schaltung“ ist vorliegend eine auf einem einzigen Halbleitersubstrat (Wafer) angeordnete elektronische Schaltung (auch als monolithischer Schaltkreis bezeichnet) zu verstehen. Die digitale Schaltung ist beispielsweise eine programmierbare digitale Schaltung (field-programmable gate array, FPGA) oder eine anwendungsspezifische digitale Schaltung (application-specific integrated circuit, ASIC).

Gemäß einer Ausführungsform sind die Lichtquelle und die Signalverarbeitungseinheit in einer einzigen integrierten Baugruppe vorgesehen. Hiermit wird die Integration optimiert. Die Optimierung der Integration minimiert die Verlustleistung.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Lichtquelle, die Signalverarbeitungseinheit und die Photodetektoren der Detektionseinheit in der integrierten Baugruppe vorgesehen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Detektionseinheit ferner eine Optik auf, welche dazu eingerichtet ist, das von der Messeinheit bereitgestellte optische Positionssignal auf die Photodetektoren abzubilden. Die Optik umfasst insbesondere zumindest eine Linse.

5

Beispielsweise hat das Projektionssystem der Lithographieanlage eine Anzahl $N1$ Spiegel mit einer Anzahl $N2$ von aktuierbaren Spiegeln ($N2 \leq N1$) und $N3$ Positionssensorvorrichtungen. Dabei ist jeweils eine Anzahl $N4$ der Positionssensorvorrichtungen einem der $N2$ aktuierbaren Spiegeln zugeordnet ($N3 = N4 \cdot$
10 $N2$). Insbesondere sind $N1$, $N2$, $N3$ und $N4$ natürliche Zahlen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Sensoranordnung eine Mehrzahl $N3$ von in dem Vakuum-Gehäuse angeordneten Positionssensorvorrichtungen, wobei eine jeweilige Positionssensorvorrichtung einem einer Mehr-
15 zahl $N2$ von aktuierbaren Spiegeln der Lithographieanlage zugeordnet ist, und eine in dem Vakuum-Gehäuse angeordnete Datensammelvorrichtung, welche mit der außerhalb des Vakuum-Gehäuses angeordneten Auswertevorrichtung über eine Datenverbindung verbunden ist und welche dazu eingerichtet ist, die $N3$ von den $N3$ Positionssensorvorrichtungen bereitgestellten digitalen elektrischen
20 Positionssignale zu einem digitalen Sammelsignal zu sammeln und das digitale Sammelsignal über die Datenverbindung an die Auswertevorrichtung zu übertragen.

Vorteilhafterweise stellt die Datensammelvorrichtung eine Möglichkeit bereit,
25 die digitalen Positionssignale im Vakuum-Gehäuse zu sammeln und gebündelt nach außen zu transportieren. Hierdurch werden vorteilhafterweise die Kabelkosten reduziert. Die Datensammelvorrichtung ist beispielsweise eine Elektronikeinheit, zum Beispiel eine integrierte Schaltung. Eine Realisierung mit der angesprochenen Datensammelvorrichtung hat auch den Vorteil, dass ein digitales
30 Datenkabel nach außen viel weniger steif ist als viele Kabel für viele Analogsignale und die Übertragung von störenden Anregungen von z.B. der Tragstruktur auf ein optisches Element wird so vorteilhafterweise reduziert..

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Datensammelvorrichtung und die Auswertevorrichtung über eine einzige Datenverbindung verbunden. Die Verwendung einer einzigen Datenverbindung reduziert die Kosten für notwendige Kabel und Kabeldurchführungen durch das Vakuum-Gehäuse.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Datenverbindung zwischen der Datensammelvorrichtung und der Auswertevorrichtung als eine unidirektionale Datenverbindung ausgebildet.

Durch die Verwendung einer unidirektionalen Datenverbindung nach außen wird vorteilhafterweise ein Zugriff von außen auf die Datensammelvorrichtung verhindert. Durch die Verhinderung des Zugriffs von außen kann die Datensammelvorrichtung vorteilhafterweise nicht und auch nicht unabsichtlicherweise manipuliert werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Datenverbindung eine Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung zur vakuumtauglichen Durchkontaktierung durch das Vakuum-Gehäuse, eine zwischen der Datensammelvorrichtung und der Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung gekoppelte erste Datenleitung und eine zwischen der Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung und der Auswertevorrichtung gekoppelte zweite Datenleitung auf.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Datensammelvorrichtung mit einer jeden der N3 Positionssensorvorrichtungen mittels einer jeweiligen Leitung verbunden.

Hierdurch werden einfach herstellbare Punkt-zu-Punkt-Datenverbindungen zu der Datensammelvorrichtung realisiert.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform koppelt ein Steckverbindungssockel die Datensammelvorrichtung und die erste Datenleitung elektrisch. Ein Steckver-

bindungssockel (Connector Bracket) ist ein Adapter, mit dem die Datensammelvorrichtung und die erste Datenleitung mechanisch und elektrisch gekoppelt werden können.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Sensoranordnung eine Mehrzahl N3 von in dem Vakuum-Gehäuse angeordneten Positionssensorvorrichtungen, wobei eine jeweilige Positionssensorvorrichtung einem einer Mehrzahl N2 von aktuierbaren Spiegeln der Lithographieanlage zugeordnet ist, und ein zumindest teilweise in dem Vakuum-Gehäuse angeordnetes Bussystem, welches mit der außerhalb des Vakuum-Gehäuses angeordneten Auswertevorrichtung verbunden ist und dazu eingerichtet ist, die N3 von den N3 Positionssensorvorrichtungen bereitgestellten digitalen elektrischen Positionssignale an die Auswertevorrichtung zu übertragen.

15 Gegenüber Punkt-zu-Punkt-Verbindungen im Vakuum-Gehäuse ist ein vakuumtaugliches Bussystem besonders günstig hinsichtlich Kosten und Dynamik. Zusätzlich kann die Datensammelvorrichtung entfallen, und es wird damit einfacher, Busleitungen bereits noch weiter in dem Vakuum-Gehäuse zu vereinen, um noch mehr Kabelstrecken und damit Kosten zu sparen.

20 Gemäß einer weiteren Ausführungsform teilt sich eine Teilmenge der in dem Vakuum-Gehäuse angeordneten Positionssensorvorrichtungen ein Bussystem. Die weiteren Sensoren können über ein weiteres Bussystem gekoppelt sein oder über Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zu einer dann vorzusehenden Datensammelvorrichtung. Getrennte Bussysteme können insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn die Busbandbreite zu gering ist, um eine geforderte Regelbandbreite zu unterstützen.

30 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Sensoranordnung eine Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung zur vakuumtauglichen Durchkontaktierung des Bussystems durch das Vakuum-Gehäuse auf.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Bussystem eine Mehrzahl von die Positionssensorvorrichtungen ankoppelnden Busleitungen auf, welche mit einem Steckverbindungssockel verbunden sind.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Datenverbindung eine zwischen dem Steckverbindungssockel und der Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung gekoppelte erste Datenleitung und eine zwischen der Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung und der Auswertevorrichtung gekoppelte zweite Datenleitung auf.

10

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Messeinheit ein Referenzmuster zur Beeinflussung des Lichtstrahls und eine Spiegelanordnung zur Reflexion des beeinflussten Lichtstrahls auf.

- 15 Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Referenzmuster zwischen der Lichtquelle und der Spiegelanordnung angeordnet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Referenzmuster einen Maßstab, insbesondere einen holographischen Maßstab, auf.

20

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Lichtquelle dazu eingerichtet, die Messeinheit mit einem modulierten Lichtstrahl zu belichten.

- 25 Der modulierte Lichtstrahl ist beispielsweise ein gepulster Lichtstrahl oder ein sinusförmiger Lichtstrahl. Damit lässt sich die Amplitude der Lichtleistung für bestimmte Zeitpunkte erhöhen und für bestimmte andere Zeitpunkte vermindern. Hierzu im Detail: Um die Anforderungen an Positioniergenauigkeit und Störkompensation zu erfüllen, ist bei einem Projektionssystem beispielsweise ein Regeltakt von etwa 5 kHz erforderlich. Folglich werden die Werte mit 5 kHz dem
30 Regler zugeführt und abgetastet. Der A/D-Wandler kann mit einer höheren Abtastrate arbeiten, insbesondere falls noch digitale Vorfilter bei einer höheren Abtastrate eingesetzt sind. Ein stärkeres und damit rauschärmeres Signal lässt

sich durch mehr Lichtleistung erreichen. Um aber die Lichtquelle oder das licht-
erzeugende Bauelement, wie beispielsweise einen Halbleiter-Laser oder eine La-
serdiode, nicht thermisch zu überlasten und/oder in der Treiberschaltung für die
Lichtquelle die Verlustleistung im zeitlichen Mittel gering zu halten, ist eine mo-
5 dulierte Belichtung, beispielsweise ein Pulsen oder Blitzen, vorteilhaft.

Die meisten auf Halbleiter basierenden lichterzeugenden Elemente lassen sich
im Pulsbetrieb auch über Nennstrom betreiben, so dass sehr hohe Lichtintensitä-
ten und damit sehr gute Signal-Rausch-Verhältnisse ermöglicht werden können.

10 Das Betreiben oberhalb des Nennstroms kann in gewissen Grenzen sogar ohne
oder mit akzeptabler Reduktion der erwarteten Lebensdauer durchgeführt wer-
den. Da bei gepulster Belichtung auch das optische Positionssignal gepulst ist,
wird die Abtastung des A/D-Wandlers vorzugsweise mit den Pulsen der Licht-
quelle synchronisiert. Die Pulsfrequenz kann dabei gleich der Abtastfrequenz des
15 A/D-Wandlers sein. Zusammenfassend ist der Vorteil der modulierten oder ge-
pulsten Belichtung, dass mehr Impuls-Lichtleistung und damit ein besseres Sig-
nal-Rausch-Verhältnis erreicht werden können.

Neben den hohen Lichtimpuls-Leistungen bzw. -Energien hat die gepulste Be-
20 lichtung weiteres Potenzial zur Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses,
insbesondere bei $1/f$ -Rauschen.

Die gepulste Belichtung stellt signaltheoretisch eine Multiplikation mit einer
Impulsfolge dar. Demzufolge wird auch hier bereits die relevante Messinformati-
25 on nicht mehr (nur) im Basisband (bei geringen Frequenzen) durch die Verstär-
ker und eine verbleibende Messstrecke transportiert. Eine Multiplikation mit der
Impulsfolge im Zeitbereich (durch die gepulste Belichtung) entspricht im Fre-
quenzbereich einer Faltung mit einer Impulsfolge, so dass Signalinhalte auch auf
einer höheren Trägerfrequenz und Vielfachen davon transportiert werden. Die
30 Grund-Trägerfrequenz ist hier die Pulsfrequenz, mit der die Lichtquelle gepulst
wird.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Lichtquelle und die zugehörige Treiberschaltung dazu eingerichtet, einen gepulsten Lichtstrahl zur Belichtung der Messeinheit zu generieren.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Lichtquelle und die zugehörige Treiberschaltung dazu eingerichtet, einen sinusförmigen Lichtstrahl zur Belichtung der Messeinheit zu generieren.

- 10 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Lichtquelle eine Lichterzeugungseinheit zur Erzeugung eines Lichtstrahls und eine Modulatoreinheit zur Generierung eines modulierten Lichtstrahls mit definierter Charakteristik aus dem von der Lichterzeugungseinheit erzeugten Lichtstrahl auf.

- 15 Die Modulatoreinheit erzeugt den modulierten Lichtstrahl durch Aufprägen einer definierten Charakteristik auf den von der Lichterzeugungseinheit erzeugten Lichtstrahl.

- 20 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Lichtquelle eine Lichterzeugungseinheit zur Erzeugung eines Lichtstrahls und einen Impulsgenerator auf, welcher dazu eingerichtet ist, die Lichterzeugungseinheit mittels einer Impulsfolge derart anzusteuern, dass die Lichterzeugungseinheit den modulierten Lichtstrahl mit der definierten Charakteristik ausgibt.

- 25 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Lichterzeugungseinheit einen Halbleiter-Laser auf.

- 30 Ferner wird ein Projektionssystem einer Lithographieanlage vorgeschlagen, welche eine Mehrzahl N1 von Spiegeln, welche eine Anzahl N2 von aktuierbaren Spiegeln umfasst, mit $N2 \leq N1$, und eine wie oben beschriebene Sensoranordnung umfasst. Die Sensoranordnung umfasst eine Mehrzahl N3 von Positionssensorvorrichtungen, wobei jeweils eine Anzahl N4 der Positionssensorvorrichtungen einem der N2 aktuierbaren Spiegeln zugeordnet sind, mit $N3 = N4 \cdot N2$.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Projektionssystem eine Mehrzahl von Aktuatoren zum Aktuieren der aktuierbaren Spiegel und eine Steuervorrichtung zum Steuern der Aktuatoren.

5

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Steuervorrichtung die Auswertevorrichtung auf. Insbesondere integriert die Steuervorrichtung die Auswertevorrichtung.

10 Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Auswertevorrichtung dazu eingerichtet, für einen jeden der N2 aktuierbaren Spiegel eine jeweilige Position in Abhängigkeit des jeweiligen digitalen elektrischen Positionssignals zu bestimmen.

15 Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Steuervorrichtung dazu eingerichtet, die Aktuatoren in Abhängigkeit der von der Auswertevorrichtung bestimmten Positionen der aktuierbaren Spiegel zu regeln.

Dabei benutzt die Steuervorrichtung insbesondere eine modellgestützte Regelung, um die Qualität der Messwerte bezüglich Rauschen zu verbessern. Beispielsweise innerhalb eines Kalman-Filters kann ein Modell der Regelstrecke, welche beispielsweise die Spiegel des Projektionssystems und deren Aktuatorik abbilden, laufen, und somit durch die Modellstützung die für den Regler verfügbaren Messwerte verbessern.

25

Die Steuervorrichtung kann anstelle eines klassischen Kalman-Filters auch spezielle nichtlineare Varianten des Kalman-Filters verwenden. Beispiele hierfür sind ein lineares Kalman-Filter mit stückweise linearen Modellen, ein Extended-Kalman-Filter oder ein Kalman-Filter mit Error-Backpropagation. Insbesondere bei nichtlinearem Verhalten und außergewöhnlichen Wahrscheinlichkeitsdichten, zum Beispiel bei einer multimodalen Verteilung der Roh-Messsignale der

30

Spiegel des Projektionssystems, kann bei ausreichender Rechenleistung und Speicherleistung auch der Einsatz eines Particle-Filters vorteilhaft sein.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst das Projektionssystem eine Energieversorgungsvorrichtung zum Versorgen der in dem Vakuum-Gehäuse angeordneten Sensoranordnung mit elektrischer Energie.

Des Weiteren wird eine Lithographieanlage vorgeschlagen, welche ein wie oben näher beschriebenes Projektionssystem umfasst.

10

Außerdem wird ein Verfahren zur Ermittlung einer jeweiligen Position einer Anzahl von Spiegeln einer Lithographieanlage vorgeschlagen. Dieses weist folgende Schritte a) bis d) auf:

- a) Belichten einer Messeinheit mit einem Lichtstrahl durch eine Lichtquelle,
- 15 b) Detektieren eines von der Messeinheit bei Belichtung derselben durch den Lichtstrahl bereitgestellten optischen Positionssignals durch eine Detektionseinheit zur Ausgabe eines analogen elektrischen Positionssignals,
- c) Wandeln des analogen elektrischen Positionssignals in ein digitales elektrisches Positionssignal durch einen A/D-Wandler, wobei die Schritte a) bis c) durch
- 20 eine in einem Vakuum-Gehäuse angeordnete integrierte Baugruppe, welche die Lichtquelle, die Detektionseinheit und den A/D-Wandler integriert, durchgeführt werden, und
- d) Ermitteln der Position des Spiegels mittels des digitalen elektrischen Positionssignals.

25

Vor dem A/D-Wandler und damit zwischen dem Schritt b) und dem Schritt c) wird das analoge elektrische Positionssignal insbesondere verstärkt. Das verstärkte, analoge elektrische Positionssignal wird dann dem A/D-Wandler zugeführt.

30

Gemäß einer Ausführungsform wird auch der Schritt d) durch die integrierte Schaltung ausgeführt. In einer alternativen Ausführungsform wird der Schritt d)

durch eine dem Projektionssystem zugeordnete Steuervorrichtung durchgeführt. Die Steuervorrichtung ist insbesondere extern zu dem Vakuum-Gehäuse angeordnet.

- 5 Die für die vorgeschlagene Vorrichtung beschriebenen Ausführungsformen und Merkmale gelten für das vorgeschlagene Verfahren entsprechend.

Weiterhin wird ein Computerprogrammprodukt vorgeschlagen, welches auf einer programmgesteuerten Einrichtung die Durchführung zumindest der Schritte b)
10 und c) des wie oben erläuterten Verfahrens veranlasst.

Ein Computerprogrammprodukt, wie z.B. ein Computerprogramm-Mittel, kann beispielsweise als Speichermedium, wie z.B. Speicherkarte, USB-Stick, CD-ROM, DVD, oder auch in Form einer herunterladbaren Datei von einem Server in ei-
15 nem Netzwerk bereitgestellt oder geliefert werden. Dies kann zum Beispiel in einem drahtlosen Kommunikationsnetzwerk durch die Übertragung einer entsprechenden Datei mit dem Computerprogrammprodukt oder dem Computerprogramm-Mittel erfolgen.

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

25

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

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

Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht einer Ausführungsform einer Sensoranordnung mit einer Positionssensorvorrichtung zum Ermitteln einer Position zumindest eines Spiegels der Lithographieanlage;

5

Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht einer Ausführungsform eines Projektionssystems mit zugeordneter Steuervorrichtung;

Fig. 4 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems mit zugeordneter Steuervorrichtung;

10

Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems mit zugeordneter Steuervorrichtung;

Fig. 6 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems mit zugeordneter Steuervorrichtung;

15

Fig. 7 zeigt Simulationsergebnisse für eine gepulste Belichtung bei dem Projektionssystem der Fig. 6;

20

Fig. 8 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems mit zugeordneter Steuervorrichtung;

Fig. 9 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems mit zugeordneter Steuervorrichtung;

25

Fig. 10 zeigt Simulationsergebnisse für eine modulierte Belichtung mit Sinusform bei dem Projektionssystem der Fig. 9;

Fig. 11 zeigt Simulationsergebnisse für Demodulation und Positionsbestimmung bei dem Projektionssystem der Fig. 9;

30

Fig. 12 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems mit zugeordneter Steuervorrichtung; und

Fig. 13 zeigt eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Ermitteln einer Position zumindest eines Spiegels der Lithographieanlage.

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

Fig. 1 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 Vakuum-Gehäuse vorgesehen, wobei jedes Vakuum-Gehäuse mit Hilfe einer nicht näher dargestellten Evakuierungsvorrichtung evakuiert wird. Die Vakuum-Gehäuse sind von einem nicht näher dargestellten Maschinenraum umgeben. In diesem Maschinenraum können auch elektrische Steuerungen und dergleichen 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 (extrem ultravioletten Bereich), also z.B. im Wellenlängenbereich von 5 nm bis 30 nm aussenden. 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. 1 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 die 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 136 auf die Photomaske gelenkt werden. Die Photomaske 120 weist eine Struktur auf, welche mittels des Projektionssystems 104 verkleinert auf einen Wafer 122 oder dergleichen abgebildet wird.

Das Projektionssystem 104 weist sechs Spiegel M1 - M6 zur Abbildung der Photomaske 120 auf den Wafer 122 auf. Dabei können einzelne Spiegel M1 - M6 des Projektionssystems 104 symmetrisch zur optischen Achse 124 des Projektionssystems 104 angeordnet sein. Es sollte beachtet werden, dass die Anzahl der Spiegel der EUV-Lithographieanlage 100A nicht auf die dargestellte Anzahl beschränkt ist. Es können auch mehr oder weniger Spiegel vorgesehen sein. Des Weiteren sind die Spiegel M1 - M6 i.d.R. an ihrer Vorderseite zur Strahlformung gekrümmt.

20

Das Projektionssystem 104 weist ferner eine Anzahl von Positionssensorvorrichtungen 140 zur Ermittlung einer Position eines der Spiegel M1 - M6 auf.

Unter der beispielhaften Annahme, dass das Projektionssystem 104 sechs Spiegel M1 - M6 ($N1 = 6$) aufweist, von denen fünf Spiegel aktulierbar sind ($N2 = 5$) und jeder der aktuliebaren Spiegel sechs Positionssensorvorrichtungen 140 ($N4 = 6$) zuzuordnen sind, ergibt sich eine Anzahl $N3$ der Positionssensorvorrichtungen 140 in dem Projektionssystem 104 von 30 ($N3 = N4 \cdot N2 = 6 \cdot 5 = 30$).

Ohne Einschränkung der Allgemeinheit und aus Gründen der vereinfachten Darstellung zeigt Fig. 1 eine Positionssensorvorrichtung 140.

30

Die Positionssensorvorrichtung 140 ist mit einer Auswertevorrichtung 304 (siehe Fig. 2 und 3) gekoppelt. Die Auswertevorrichtung 304 ist eingerichtet, die Position eines aktuierten Spiegels der Spiegel M1 – M6 mittels des Ausgangssignals der Positionssensorvorrichtung 140 zu ermitteln. Die Auswertevorrichtung 304 kann – wie die Positionssensorvorrichtung 140 – in dem Vakuum-Gehäuse 137 des Projektionssystems 104 angeordnet sein (siehe Fig. 2). In diesem Fall ist die Auswertevorrichtung 304 beispielsweise in der Signalverarbeitungseinheit 207 integriert. Alternativ kann die Auswertevorrichtung 304 auch extern zu dem Vakuum-Gehäuse 137 des Projektionssystems 104 angeordnet sein. Beispielsweise kann dann die Auswertevorrichtung 304 in einer dem Projektionssystem 104 zugeordneten Steuervorrichtung 303 integriert sein (siehe zum Beispiel Fig. 3).

Details zu der Positionssensorvorrichtung 140 sind mit Bezug zu den Fig. 2 bis 12 näher beschrieben.

Hierzu zeigt die Fig. 2 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform einer Sensoranordnung mit einer Positionssensorvorrichtung 140 zum Ermitteln einer Position eines Spiegels der Lithographieanlage, zum Beispiel des Spiegels M4 des Projektionssystems 104 der Lithographieanlage 100.

Die Sensoranordnung der Fig. 2 umfasst eine Anzahl von Positionsvorrichtungen 140. Ohne Einschränkung der Allgemeinheit zeigt die Fig. 2 eine Positionssensorvorrichtung 140 zum Ermitteln einer Position eines Spiegels der Lithographieanlage, zum Beispiel des Spiegels M4 des Projektionssystems 104 der Lithographieanlage 100. Beispielsweise in Fig. 4 sind mehrere Positionssensorvorrichtungen 140 zur Ermittlung der jeweiligen Position einer Mehrzahl von Spiegeln M2 – M6 dargestellt.

Die Positionssensorvorrichtung 140 der Fig. 2 umfasst eine Messeinheit 201, eine Lichtquelle 203, eine Detektionseinheit 204 und eine Signalverarbeitungseinheit 207.

Die Messeinheit 201 ist dazu eingerichtet, ein optisches Positionssignal der Position des Spiegels M4 bei Belichtung durch einen Lichtstrahl bereitzustellen. Die Lichtquelle 203 ist dazu eingerichtet, die Messeinheit 201 mit dem Lichtstrahl zu belichten. Die Detektionseinheit 204 umfasst eine Mehrzahl von Photodetektoren 205 zur Ausgabe eines analogen elektrischen Positionssignals durch Detektion des bereitgestellten optischen Positionssignals. Ohne Einschränkung der Allgemeinheit zeigt die Fig. 2 drei Photodetektoren 205. Die Signalverarbeitungseinheit 207 umfasst zumindest einen A/D-Wandler 208 zum Wandeln des analogen elektrischen Positionssignals in ein digitales elektrisches Positionssignal.

Die Sensoranordnung umfasst ferner eine Auswertevorrichtung 304 zur Ermittlung der Position des Spiegels M4 mittels des digitalen elektrischen Positionssignals. In der Ausführungsform der Fig. 2 ist die Auswertevorrichtung 304 in der Signalverarbeitungseinheit 207 integriert.

Ferner sind in der Ausführungsform der Fig. 2 die Lichtquelle 203, die Photodetektoren 205 der Detektionseinheit 204 und die Signalverarbeitungseinheit 207 auf einer Trägerleiterplatte 202 angeordnet und sind Teil einer integrierten Baugruppe 200. Die integrierte Baugruppe 200 kann zumindest teilweise mit einer gegen Ausgasung schützenden Schicht versehen sein. Die Lichtquelle 203 umfasst beispielsweise einen Halbleiter-Laser. Die Trägerleiterplatte 202 ist beispielsweise aus Keramik gefertigt. Auf der Trägerleiterplatte 202 können ferner Abblockkondensatoren (nicht gezeigt) angeordnet sein. Die Abblockkondensatoren sind insbesondere mit einer gegen Ausgasung schützenden Schicht versehen.

Des Weiteren zeigt die Fig. 2, dass die Detektionseinheit 204 eine Optik 206 aufweist, welche dazu eingerichtet ist, das von der Messeinheit 201 bereitgestellte optische Positionssignal auf die Photodetektoren 205 abzubilden. Die Optik 206 umfasst beispielsweise zumindest eine Linse.

Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht einer Ausführungsform eines Projektionsystems 104 mit zugeordneter Steuervorrichtung 303. Aus Gründen der Veran-

schaulichung zeigt die Fig. 3 nicht alle Spiegel M1 – M6 der Fig. 1, sondern beispielhaft nur einen einzigen Spiegel M4. Diesem Spiegel M4 sind insbesondere sechs Positionssensorvorrichtungen 140 zugeordnet, wobei die Fig. 3 wiederum aus Gründen der Veranschaulichung nur eine Positionssensorvorrichtung 140 zeigt. Die Positionssensorvorrichtung 140 der Fig. 3 entspricht der Positionssensorvorrichtung 140 der Fig. 2. Die Auswertevorrichtung 304 der Fig. 3 ist allerdings nicht in dem Vakuum-Gehäuse 137 des Projektionssystems 104 angeordnet, sondern ist in der Steuervorrichtung 303 des Projektionssystems 304 integriert. Die Signalverarbeitungseinheit 207 überträgt das digitale Positionssignal DP über Datenleitungen 307, einen Steckverbindungssockel 301 und eine Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung 302 an die Auswertevorrichtung 304. Details zu dieser Datenübertragung sind mit Bezug zu Fig. 4 beschrieben.

Ferner zeigt die Fig. 3 eine in der Steuervorrichtung 303 vorgesehene elektrische Spannungsversorgung 305, welche die Positionssensorvorrichtung 140 über eine elektrische Spannungsversorgungsleitung 306 mit elektrischer Energie versorgt.

Fig. 4 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems 104 mit zugeordneter Steuervorrichtung 303. Die Sensoranordnung der Fig. 4 umfasst eine Vielzahl N3 von in dem Vakuum-Gehäuse 137 angeordneten Positionssensorvorrichtungen 140, wobei eine jeweilige Positionssensorvorrichtung 140 einem einer Mehrzahl N2 von aktuierten Spiegeln M2 – M6 der Lithographieanlage 100 des Projektionssystems 104 zugeordnet ist. In dem Beispiel der Fig. 4 sind fünf Spiegel M2 – M6 aktuiert ($N2 = 5$). Ferner sind jedem der fünf aktuierten Spiegel M2 – M5 sechs Positionssensorvorrichtungen 140 zugeordnet ($N3 = 6 \cdot N2 = 30$). Aus Gründen der Veranschaulichung ist jeweils nur eine einem aktuierten Spiegel M2 – M6 zugeordnete Positionssensorvorrichtung 140 in der Fig. 4 abgebildet. Die Auswertevorrichtung 304 ist in der Ausführungsform der Fig. 4 – wie in der Ausführungsform der Fig. 3 – in der Steuervorrichtung 303 integriert.

Ferner weist die Sensoranordnung der Fig. 4 eine in dem Vakuum-Gehäuse 137 angeordnete Datensammelvorrichtung 404 auf. Die Datensammelvorrichtung 404 ist mit der außerhalb des Vakuum-Gehäuses 137 angeordneten Auswertevorrichtung 304 über eine Datenverbindung verbunden. Die Datensammelvorrichtung 404 ist dazu eingerichtet, die N3 von den N3 Positionssensorvorrichtungen 140 bereitgestellten digitalen Positionssignale DP zu einem digitalen Sammel-signal DS zu sammeln und das digitale Sammel-signal DS über die Datenverbindung an die Auswertevorrichtung 304 zu übertragen.

Vorzugsweise und wie in Fig. 4 dargestellt, sind die Datensammelvorrichtung 404 und die Auswertevorrichtung 304 über eine einzige Datenverbindung verbunden. Die Datenverbindung kann als unidirektionale Datenverbindung ausgebildet sein. Die Datenverbindung umfasst eine Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung 302 zur vakuumtauglichen Durchkontaktierung durch das Vakuum-Gehäuse 307, einen zwischen der Datensammelvorrichtung 404 und der Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung 302 gekoppelte erste Datenleitung 401 und eine zwischen der Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung 302 und der Auswertevorrichtung 304 gekoppelte zweite Datenleitung 402.

Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems 104 mit zugeordneter Steuervorrichtung 303. Die Ausführungsform der Fig. 5 unterscheidet sich von der der Fig. 4 dahingehend, dass die Sensoranordnung der Fig. 5 anstelle einer Datensammelvorrichtung 404 ein Bussystem 501 aufweist. Das Bussystem 501 ist mit der außerhalb des Vakuum-Gehäuses 137 angeordneten Auswertevorrichtung 304 verbunden. Das Bussystem 501 ist dazu eingerichtet, die N3 von den N3 Positionssensorvorrichtungen 140 bereitgestellten digitalen elektrischen Positionssignale DP an die Auswertevorrichtung 304 zu übertragen. Die Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung 302 der Fig. 5 ist zur vakuumtauglichen Durchkontaktierung des Bussystems 501 durch das Vakuum-Gehäuse 137 eingerichtet. Das Bussystem 501 der Fig. 5 umfasst eine Mehrzahl von die Positionssensorvorrichtung 140 ankoppelnden Busleitungen 502, welche mit dem Steckverbindungssockel 301 gekoppelt sind.

Fig. 6 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems 104 mit zugeordneter Steuervorrichtung 303. Die Ausführungsform der Sensoranordnung der Fig. 6 basiert auf der Ausführungsform der Fig. 3. Ferner umfasst die Lichtquelle 203 der Fig. 6 eine Lichterzeugungseinheit 601 zur Erzeugung eines Lichtstrahls und einen Impulsgenerator 602. Der Impulsgenerator 602 ist dazu eingerichtet, die Lichterzeugungseinheit 601 mittels einer Impulsfolge derart anzusteuern, dass die Lichterzeugungseinheit 601 die Messeinheit 201 mit einem modulierten Lichtstrahl, beispielsweise mit einem gepulsten Lichtstrahl, belichtet. Ferner gibt der Impulsgenerator 602 ein Synchronisationssignal 603, welches beispielsweise der generierten Impulsfolge entspricht oder daraus abgeleitet ist, an die Signalverarbeitungseinheit 207 aus. Die Signalverarbeitungseinheit 207 synchronisiert den A/D-Wandler 208 mittels des Synchronisationssignals 603.

Das optische Positionssignal kann zwei zueinander phasenverschobene Signaleanteile haben. Beispielsweise liefert die Detektionseinheit 204 um 90° zueinander phasenverschobene Spannungssignale als analoges elektrisches Positionssignal. Diese phasenverschobenen Spannungssignale können auch als A-Signal und B-Signal bezeichnet werden.

Hierzu zeigt Fig. 7 Simulationsergebnisse bei gepulster Belichtung für das Projektionssystem 104 der Fig. 6. Dabei zeigt die Kurve 701 die tatsächliche Feinposition (Ist-Position) x des Spiegels (normiert). Die Kurve 702 zeigt die Lichtpulse, die Kurve 703 zeigt das A-Signal, wohingegen die Kurve 704 das B-Signal zeigt. Des Weiteren zeigt die Kurve 705 die gemessene Feinposition des Spiegels (normiert).

Damit ist aus Fig. 7 zu erkennen, dass die gemäß $(A, B)^T = (\cos(x), \sin(x))^T$ positionabhängigen A- und B-Signale 703, 704 ebenfalls gepulst sind. Zum Beispiel durch eine pulssynchrone Abtastung können die Signale aber zurückgewonnen werden (vgl. Kurve 705).

Um einzelne Pulse in den A- und B-Signalen 703, 704 auflösen zu können, werden vorzugsweise entsprechende Verstärker mit hoher Bandbreite eingesetzt. Durch geeignete Maßnahmen in der nachgelagerten Auswertevorrichtung (Auswerteelektronik) können aber auch durch Bandbegrenzung (z.B. der Verstärker) verformte Pulse korrekt ausgewertet werden. Zum Beispiel können Pulsintegrale in den A- und B-Signalen 703, 704 ausgewertet werden, statt direkt die Auswertung der Momentan-Amplituden durchzuführen. Die Integration der Signale kann analog erfolgen oder bei Verwendung schneller A/D-Wandler digital. Die digitale Variante ist signaltechnisch vorteilhafter.

Fig. 8 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems 104 mit zugeordneter Steuervorrichtung 303. Die Ausführungsform der Sensoranordnung der Fig. 8 basiert auf der Ausführungsform der Fig. 6. Ferner umfasst die Signalverarbeitungseinheit 207 der Fig. 8 eine Signalanalyseeinheit 801. Die Signalanalyseeinheit 801 ist dem A/D-Wandler 208 in der Signalverarbeitungseinheit 207 nachgeschaltet. In der Ausführungsform der Fig. 8 wird nicht der A/D-Wandler 208 mit dem Synchronisationssignal 603 synchronisiert, sondern die nachgeschaltete Signalanalyseeinheit 801. Die Signalanalyseeinheit 801 ist beispielsweise eine Digitalpuls-Signalanalyseeinheit.

Wie oben ausgeführt, kann die Lichtquelle 203 dazu eingerichtet werden, einen modulierten Lichtstrahl, beispielsweise einen sinusförmigen Lichtstrahl, zu erzeugen. Dies hat den Vorteil, dass die Positionsinformation zur Trägerfrequenz hingeschoben wird und somit auch auf der Trägerfrequenz statt im niederfrequenten Basisband durch die Verstärker- und Kabelstrecke gehen kann.

Beispiele hierfür sind in den Fig. 9 und 12 gezeigt. Letzterer oben genannter Vorteil gilt im Besonderen für die Anordnung der Fig. 12, in welcher die Demodulation in der Steuervorrichtung 303 und damit extern im Vakuum-Gehäuse 137 durchgeführt wird.

Fig. 9 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Projektionssystems 104 mit zugeordneter Steuervorrichtung 303. Die Ausführungsform der Sensoranordnung der Fig. 9 basiert auf der Ausführungsform der Fig. 3. Die Lichtquelle 203 der Fig. 9 umfasst eine Lichterzeugungseinheit 601 zur Erzeugung eines Lichtstrahls und eine Modulatoreinheit 901 zur Generierung eines modulierten Lichtstrahls aus dem von der Lichterzeugungseinheit 601 erzeugten Lichtstrahl. Ferner umfasst die Signalverarbeitungseinheit 207 der Fig. 9 den A/D-Wandler 208 und einen dem A/D-Wandler 208 vorgeschalteten Demodulator 902. Weiter ist eine Modulationsquelle 903 vorgesehen, welche die Modulatoreinheit 901 mittels eines Synchronisationssignals 603 ansteuert. Des Weiteren steuert die Modulationsquelle 903 die Demodulationseinheit 902 mit demselben Synchronisationssignal 603 an. Folglich sind die Modulatoreinheit 901 und die Demodulationseinheit 902 miteinander synchronisiert.

Die Demodulation kann digital oder analog (siehe Fig. 9, Fig. 12) vorgenommen werden. Die digitale Demodulation erfordert schnellere A/D-Wandler, zum Beispiel mit einer Abtastrate von 10 bis 100 MHz.

Fig. 10 zeigt Simulationsergebnisse für eine modulierte Belichtung mit Sinusform bei dem Projektionssystem 104 der Fig. 9. Dabei zeigt die Kurve 701 die tatsächliche Feinposition des Spiegels (normiert), die Kurve 1001 zeigt das Modulationssignal (modulierte Belichtung), die Kurve 1002 zeigt das modulierte A-Signal und die Kurve 1003 zeigt das modulierte B-Signal. Die Kurve 705 zeigt wiederum die gemessene Feinposition des Spiegels in einer anderen Skalierung (normiert).

Die Fig. 10 illustriert dabei, dass die modulierten A- und B-Signale der Kurven 1002 und 1003 die allgemein typische Sinusform bzw. Cosinusform entsprechend der Encoderposition als Grobform (Hüllkurve) aufweisen. Zusätzlich sind die A- und B-Signale mit dem Modulationssignal 1001 multipliziert.

Bei 1/f-Rauschen kann durch eine Erhöhung der Modulationsfrequenz, zum Beispiel von 100 kHz auf 500 kHz, die Qualität des gemessenen Positionssignals verbessert werden.

- 5 Ferner zeigt die Fig. 11 Simulationsergebnisse für Demodulation und Positionsbestimmung für das Projektionssystem 104 der Fig. 9. Dabei zeigt Kurve 701 der Fig. 11 die tatsächliche Feinposition des Spiegels (normiert), die Kurve 1002 zeigt das modulierte A-Signal und die Kurve 1003 zeigt das modulierte B-Signal.
- 10 In Fig. 12 ist eine weitere Ausführungsform der Sensoranordnung mit Positionssensorvorrichtungen 140 und einer Auswertevorrichtung 303 abgebildet. Die Ausführungsform der Fig. 12 unterscheidet sich von der Ausführungsform der Fig. 9 in der Anordnung des Demodulators 902. In der Ausführungsform der Fig. 12 ist der Demodulator 902 in der Steuervorrichtung 303 angeordnet und der
- 15 Auswertevorrichtung 304 unmittelbar vorgeschaltet.

In Fig. 13 ist eine Ausführungsform eines Verfahrens zur Ermittlung einer jeweiligen Position einer Anzahl von Spiegeln M1-M6 einer Lithographieanlage 100 dargestellt.

20

Das Verfahren der Fig. 13 umfasst die folgenden Schritte S1 bis S4:

Im Schritt S1 wird eine Messeinheit 201 mit einem Lichtstrahl durch eine Lichtquelle 203 belichtet.

25

Im Schritt S2 wird ein von der Messeinheit 201 bereitgestelltes optisches Positionssignals 204 zur Ausgabe eines analogen elektrischen Positionssignals durch eine Detektionseinheit detektiert.

- 30 Im Schritt S3 wird das analoge elektrische Positionssignal in ein digitales elektrisches Positionssignal DP durch einen A/D-Wandler 208 gewandelt.

Dabei werden die Schritte S1) bis S3) durch eine in einem Vakuum-Gehäuse 137 angeordnete integrierte Baugruppe 200, welche die Lichtquelle 203, die Detektionseinheit 204 und den A/D-Wandler 208 integriert, durchgeführt.

- 5 Im Schritt S4 wird die Position des Spiegels M1-M6 mittels des digitalen elektrischen Positionssignals DP ermittelt.

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

BEZUGSZEICHENLISTE

	100	Lithographieanlage
	100A	EUV-Lithographieanlage
5	102	Strahlformungs- und Beleuchtungssystem
	104	Projektionssystem
	106A	EUV-Lichtquelle
	108A	EUV-Strahlung
	110	Spiegel
10	112	Spiegel
	114	Spiegel
	116	Spiegel
	118	Spiegel
	120	Photomaske
15	122	Wafer
	124	optische Achse des Projektionssystems
	136	Spiegel
	137	Vakuum-Gehäuse
	140	Positionssensorvorrichtung
20	200	integrierte Baugruppe
	201	Messeinheit
	202	Trägerleiterplatte
	203	Lichtquelle
	204	Detektionseinheit
25	205	Photodetektor
	206	Optik
	207	Signalverarbeitungseinheit
	208	A/D-Wandler
	301	Steckverbindungssockel
30	302	Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung
	303	Steuervorrichtung
	304	Auswertevorrichtung

	305	Energieversorgungsvorrichtung
	306	Spannungsversorgungsleitung
	307	Datenleitung
	401	erste Datenleitung
5	402	zweite Datenleitung
	403	Leitung
	404	Datensammelvorrichtung
	501	Bussystem
	502	Busleitung
10	601	Lichterzeugungseinheit
	602	Impulsgenerator
	603	Synchronisationssignal
	701	Ist-Feinposition des Spiegels, normiert
	702	Impulssignal
15	703	A-Signal der Detektionseinheit, gepulst
	704	B-Signal der Detektionseinheit, gepulst
	705	gemessene Feinposition des Spiegels, normiert
	801	Signalanalyseeinheit
	901	Modulatoreinheit
20	902	Demodulationseinheit
	903	Modulationsquelle
	1001	Modulationssignal
	1002	A-Signal der Detektionseinheit, moduliert
	1003	B-Signal der Detektionseinheit, moduliert
25	M1-M6	Spiegel
	S1-S4	Verfahrensschritte
	t	Zeit
	DP	digitales Positionssignal

PATENTANSPRÜCHE

1. Sensoranordnung zur Ermittlung einer jeweiligen Position einer Anzahl von
Spiegeln (M1-M6) einer Lithographieanlage (100), mit:
5 einer Anzahl von Positionssensorvorrichtungen (140), wobei die jeweilige Positionssensorvorrichtung (140) eine Messeinheit (201) zur Bereitstellung eines optischen Positionssignals einer Position eines Spiegels (M1-M6) bei Belichtung durch einen Lichtstrahl, eine Lichtquelle (203) zur Belichtung der Messeinheit (201) mit dem Lichtstrahl, eine Detektionseinheit (204) mit einer
10 Mehrzahl von Photodetektoren (205) zur Ausgabe eines analogen elektrischen Positionssignals durch Detektion des bereitgestellten optischen Positionssignals und eine Signalverarbeitungseinheit (207) umfasst, welche zumindest einen A/D-Wandler (208) zum Wandeln des analogen elektrischen Positionssignals in ein digitales elektrisches Positionssignals (DP) aufweist,
15 wobei zumindest die Lichtquelle (203) und die Signalverarbeitungseinheit (207) in einer in einem Vakuum-Gehäuse (137) angeordneten integrierten Baugruppe (200) vorgesehen sind, und einer Auswertevorrichtung (304) zur Ermittlung der Position des Spiegels (M1-M6) mittels des digitalen elektrischen Positionssignals (DP).
20
2. Sensoranordnung gemäß Anspruch 1, wobei die Lichtquelle (203) und die Signalverarbeitungseinheit (207) in einer einzigen integrierten Baugruppe (200) vorgesehen sind.
- 25 3. Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Lichtquelle (203), die Signalverarbeitungseinheit (207) und die Photodetektoren (205) der Detektionseinheit (204) in der integrierten Baugruppe (200) vorgesehen sind.
4. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Detektionseinheit (204) ferner eine Optik (206) aufweist, welche dazu eingerichtet ist,
30 das von der Messeinheit (201) bereitgestellte optische Positionssignal auf die Photodetektoren (205) abzubilden.

5. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, mit:

einer Mehrzahl N3 von in dem Vakuum-Gehäuse (137) angeordneten Positionssensorvorrichtungen (140), wobei eine jeweilige Positionssensorvorrichtung (140) einem einer Mehrzahl N2 von aktuierbaren Spiegeln (M2-M6) der Lithographieanlage (100) zugeordnet ist, und

einer in dem Vakuum-Gehäuse (137) angeordneten Datensammelvorrichtung (404), welche mit der außerhalb des Vakuum-Gehäuses (137) angeordneten Auswertevorrichtung (304) über eine Datenverbindung verbunden ist und welche dazu eingerichtet ist, die N3 von den N3 Positionssensorvorrichtungen (140) bereitgestellten digitalen elektrischen Positionssignale zu einem digitalen Sammelsignal (DS) zusammenzuführen oder zu kombinieren und das digitale Sammelsignal (DS) über die Datenverbindung an die Auswertevorrichtung (304) zu übertragen.

6. Sensoranordnung gemäß Anspruch 5, wobei die Datensammelvorrichtung (404) und die Auswertevorrichtung (304) über eine einzige Datenverbindung verbunden sind.

7. Sensoranordnung gemäß Anspruch 5 oder 6, wobei die Datenverbindung zwischen der Datensammelvorrichtung (404) und der Auswertevorrichtung (304) als eine unidirektionale Datenverbindung ausgebildet ist.

8. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei die Datenverbindung eine Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung (302) zur vakuumtauglichen Durchkontaktierung durch das Vakuum-Gehäuse (137), eine zwischen der Datensammelvorrichtung (404) und der Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung (302) gekoppelte erste Datenleitung (401) und eine zwischen der Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung (302) und der Auswertevorrichtung (304) gekoppelte zweite Datenleitung (402) aufweist.

9. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei die Datensammelvorrichtung (404) mit einer jeden der N3 Positionssensorvorrichtungen (140) mittels einer jeweiligen Leitung (403) verbunden ist.

5 10. Sensoranordnung gemäß Anspruch 9, wobei ein Steckverbindungssockel (301) die Datensammelvorrichtung (404) und die erste Datenleitung (401) elektrisch koppelt.

11. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, mit:

10 einer Mehrzahl N3 von in dem Vakuum-Gehäuse (137) angeordneten Positionssensorvorrichtungen (140), wobei eine jeweilige Positionssensorvorrichtung (140) einem einer Mehrzahl N2 von aktudierbaren Spiegeln (M1-M6) der Lithographieanlage (100) zugeordnet ist, und

einem zumindest teilweise in dem Vakuum-Gehäuse (137) angeordneten
15 Bussystem (501), welches mit der außerhalb des Vakuum-Gehäuses (137) angeordneten Auswertevorrichtung (304) verbunden ist und dazu eingerichtet ist, die N3 von den N3 Positionssensorvorrichtungen (140) bereitgestellten digitalen elektrischen Positionssignale (DP) an die Auswertevorrichtung (304) zu übertragen.

20

12. Sensoranordnung gemäß Anspruch 11, mit:

einer Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung (302) zur vakuumtauglichen Durchkontaktierung des Bussystems (501) durch das Vakuum-Gehäuse (137).

25

13. Sensoranordnung gemäß Anspruch 12, wobei das Bussystem (501) eine Mehrzahl von die Positionssensorvorrichtungen (140) ankoppelnden Busleitungen (502) aufweist, welche mit einem Steckverbindungssockel (301) verbunden sind.

30

14. Sensoranordnung gemäß Anspruch 13, wobei die Datenverbindung eine zwischen dem Steckverbindungssockel (301) und der Vakuum-

Durchkontaktierungsvorrichtung (302) gekoppelte erste Datenleitung (401) und eine zwischen der Vakuum-Durchkontaktierungsvorrichtung (302) und der Auswertevorrichtung (304) gekoppelte zweite Datenleitung (402) aufweist.

5

15. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Messeinheit (201) ein Referenzmuster zur Beeinflussung des Lichtstrahls und eine Spiegelanordnung zur Reflexion des beeinflussten Lichtstrahls aufweist.

10 16. Sensoranordnung gemäß Anspruch 15, wobei das Referenzmuster zwischen der Lichtquelle (203) und der Spiegelanordnung angeordnet ist.

17. Sensoranordnung gemäß Anspruch 15 oder 16, wobei das Referenzmuster einen Maßstab, insbesondere einen holographischen Maßstab, aufweist.

15

18. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei die Lichtquelle (203) dazu eingerichtet ist, die Messeinheit (201) mit einem modulierten Lichtstrahl zu belichten.

20 19. Sensoranordnung gemäß Anspruch 18, wobei die Lichtquelle (203) dazu eingerichtet ist, einen gepulsten Lichtstrahl zur Belichtung der Messeinheit (201) zu generieren.

20. Sensoranordnung gemäß Anspruch 18, wobei die Lichtquelle (203) dazu eingerichtet ist, einen sinusförmigen Lichtstrahl zur Belichtung der Messeinheit (201) zu generieren.

25

21. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 18 bis 20, wobei die Lichtquelle (203) eine Lichterzeugungseinheit (601) zur Erzeugung eines Lichtstrahls und eine Modulatoreinheit (901) zur Generierung eines modulierten Lichtstrahls aus dem von der Lichterzeugungseinheit (601) erzeugten Lichtstrahl aufweist.

30

22. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 18 bis 20, wobei die Lichtquelle (203) eine Lichterzeugungseinheit (601) zur Erzeugung eines Lichtstrahls und einen Impulsgenerator (602) aufweist, welcher dazu eingerichtet ist, die
5 Lichterzeugungseinheit (601) mittels einer Impulsfolge derart anzusteuern, dass die Lichterzeugungseinheit (601) den modulierten Lichtstrahl ausgibt.

23. Sensoranordnung gemäß Anspruch 21 oder 22, wobei die Lichterzeugungseinheit (601) einen Halbleiter-Laser aufweist.

24. Projektionssystem (104) einer Lithographieanlage (100), mit:
einer Mehrzahl N1 von Spiegeln (M1-M6), welche eine Anzahl N2 von aktui-
tuierbaren Spiegeln (M1-M6) umfasst, mit $N2 \leq N1$, und
einer Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 23, welche eine
15 Mehrzahl N3 von Positionssensorvorrichtungen (140) aufweist, wobei jeweils eine Anzahl N4 der Positionssensorvorrichtungen (140) einem der N2 aktui-
erbaren Spiegeln (M1-M6) zugeordnet ist, mit $N3 = N4 \cdot N2$.

25. Projektionssystem gemäß Anspruch 24, mit:

20 einer Mehrzahl von Aktuatoren zum Aktuieren der aktuierten Spiegel (M1-M6), und
einer Steuervorrichtung (303) zum Steuern der Aktuatoren.

26. Projektionssystem gemäß Anspruch 25, wobei die Steuervorrichtung (303) die
25 Auswertevorrichtung (304) aufweist.

27. Projektionssystem gemäß Anspruch 25 oder 26, wobei die Auswertevorrichtung (304) dazu eingerichtet ist, für einen jeden der N2 aktuierten Spiegel (M1-M6) eine jeweilige Position in Abhängigkeit des jeweiligen digitalen
30 elektrischen Positionssignals (DP) zu bestimmen.

28. Projektionssystem nach Anspruch 27, wobei die Steuervorrichtung (303) dazu eingerichtet ist, die Aktuatoren in Abhängigkeit der von der Auswertevorrichtung (304) bestimmten Positionen der aktuierbaren Spiegel (M1-M6) zu regeln.

5

29. Projektionssystem gemäß einem der Ansprüche 24 bis 28, mit:
einer Energieversorgungsvorrichtung zum Versorgen der in dem Vakuum-Gehäuse (137) angeordneten Sensoranordnung mit elektrischer Energie.

10 30. Lithographieanlage, aufweisend ein Projektionssystem (104) gemäß einem der Ansprüche 24 bis 29.

31. Verfahren zur Ermittlung einer jeweiligen Position einer Anzahl von Spiegeln (M1-M6) einer Lithographieanlage (100), mit:

- 15 a) Belichten (S1) einer Messeinheit (201) mit einem Lichtstrahl durch eine Lichtquelle (203),
b) Detektieren (S2) eines von der Messeinheit (201) bereitgestellten optischen Positionssignals durch eine Detektionseinheit (204) zur Ausgabe eines analogen elektrischen Positionssignals,
20 c) Wandeln (S3) des analogen elektrischen Positionssignals in ein digitales elektrisches Positionssignal (DP) durch einen A/D-Wandler (208), wobei die Schritte a) bis c) durch eine in einem Vakuum-Gehäuse (137) angeordnete integrierte Baugruppe (200), welche die Lichtquelle (203), die Detektionseinheit (204) und den A/D-Wandler (208) integriert, durchgeführt werden, und
25 d) Ermitteln (S4) der Position des Spiegels (M1-M6) mittels des digitalen elektrischen Positionssignals (DP).

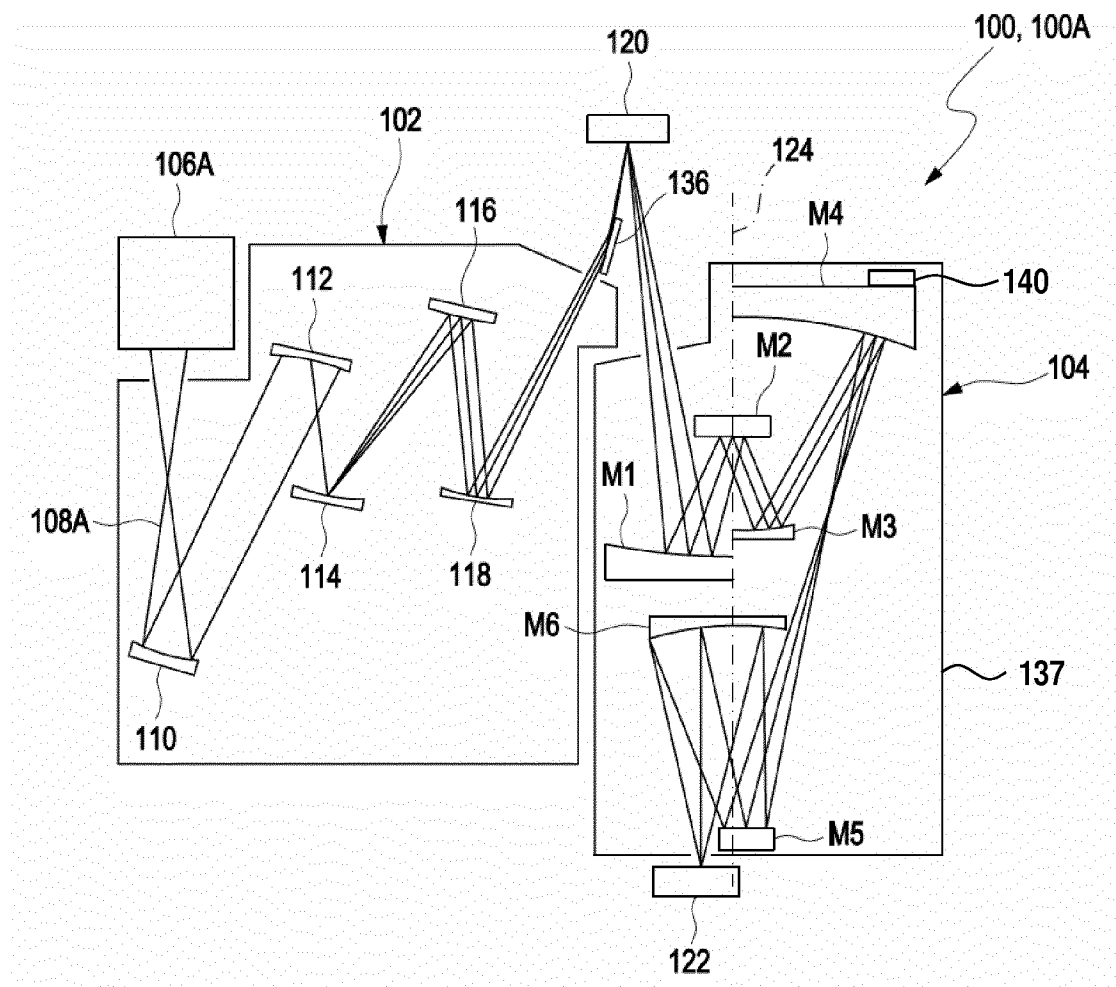


Fig. 1

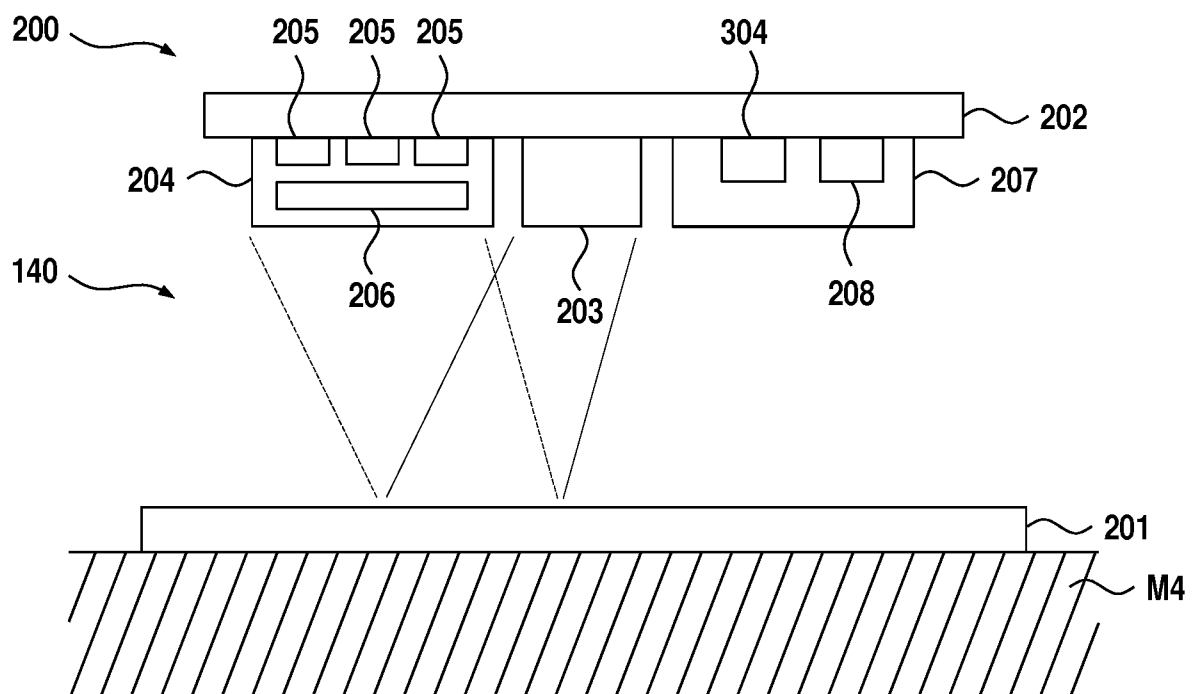


Fig. 2

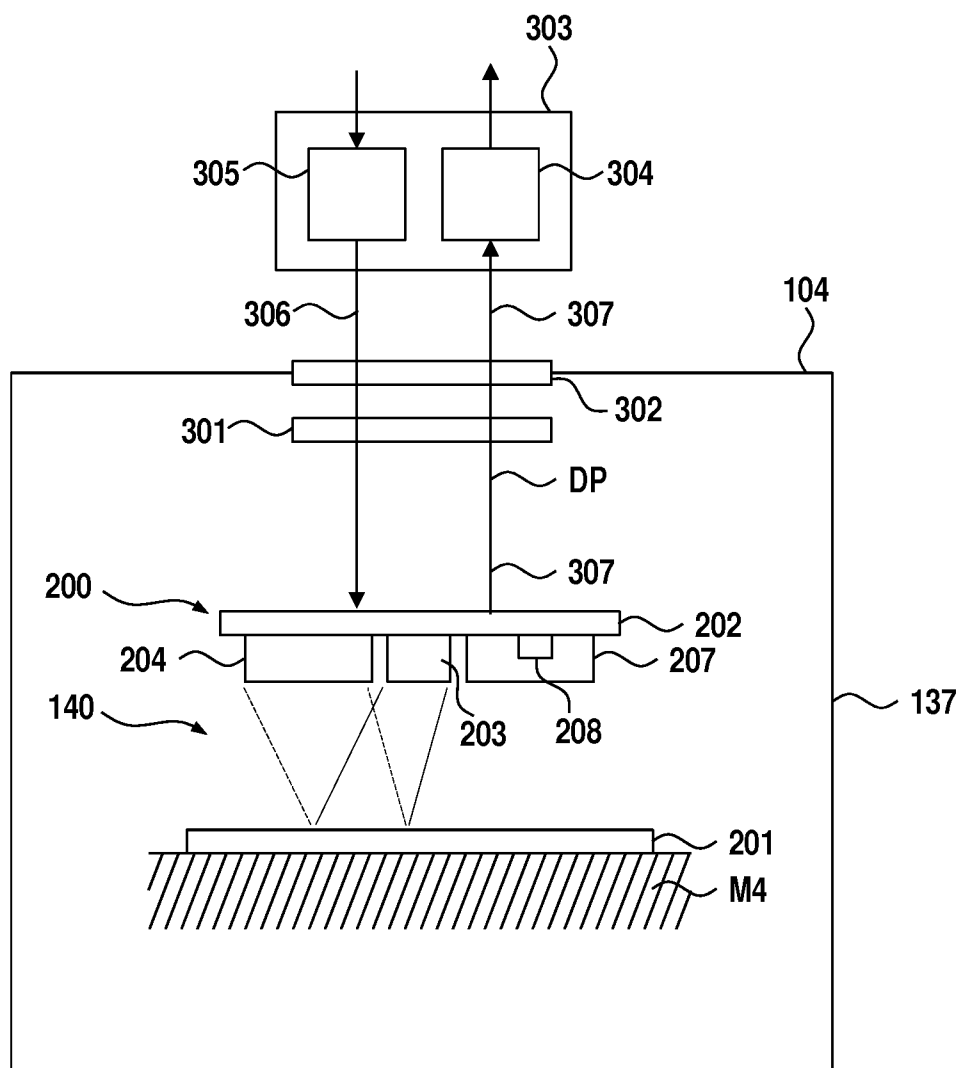


Fig. 3

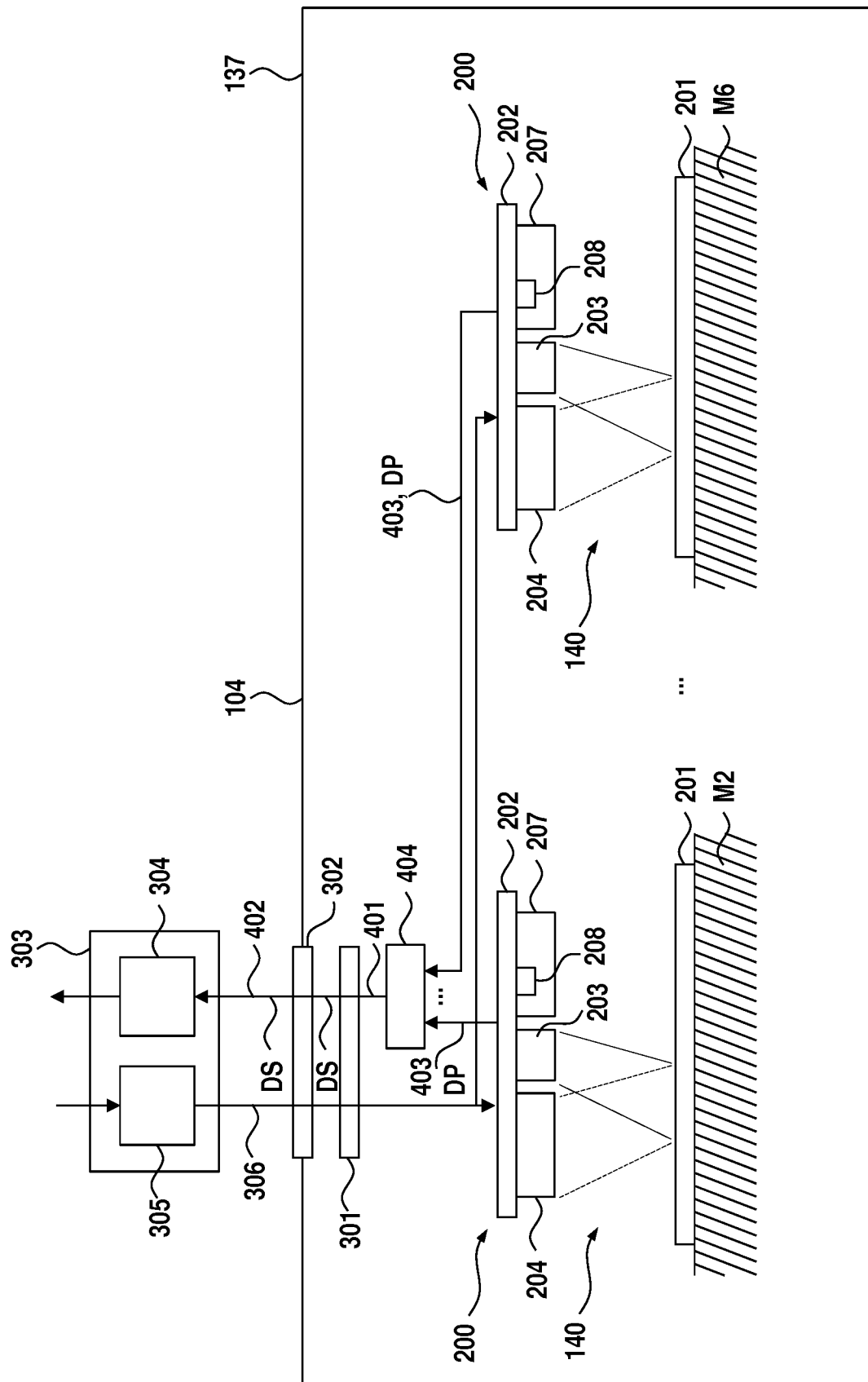


Fig. 4

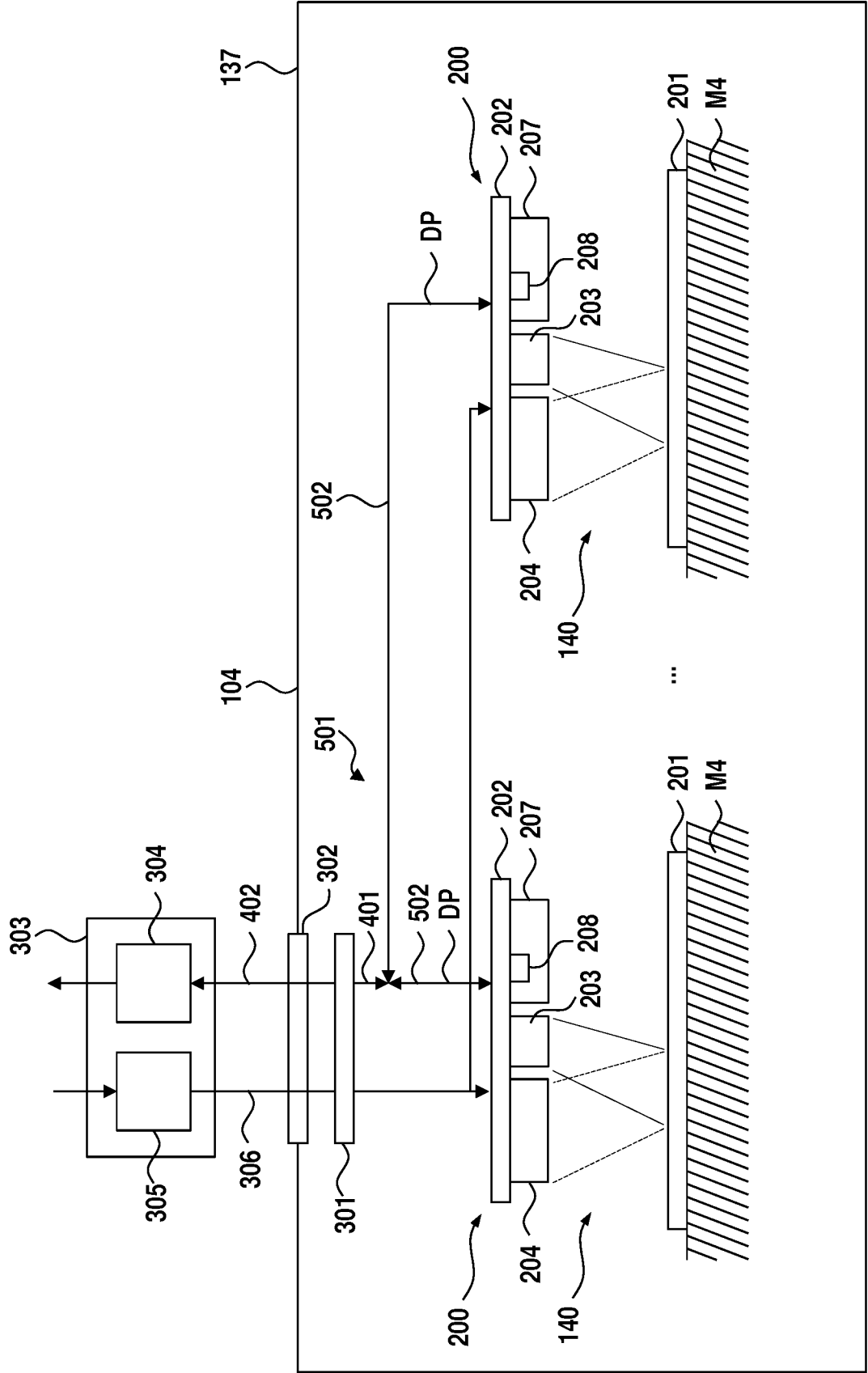


Fig. 5

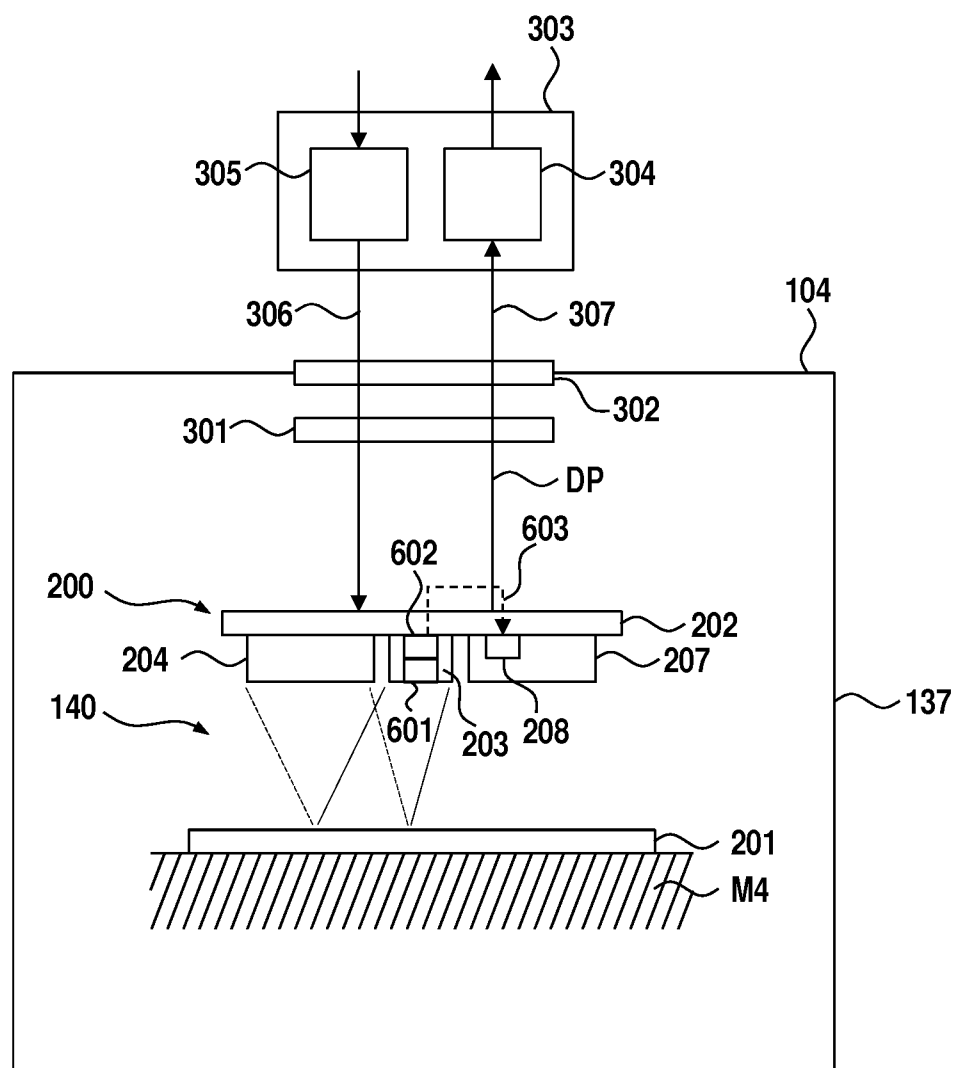


Fig. 6

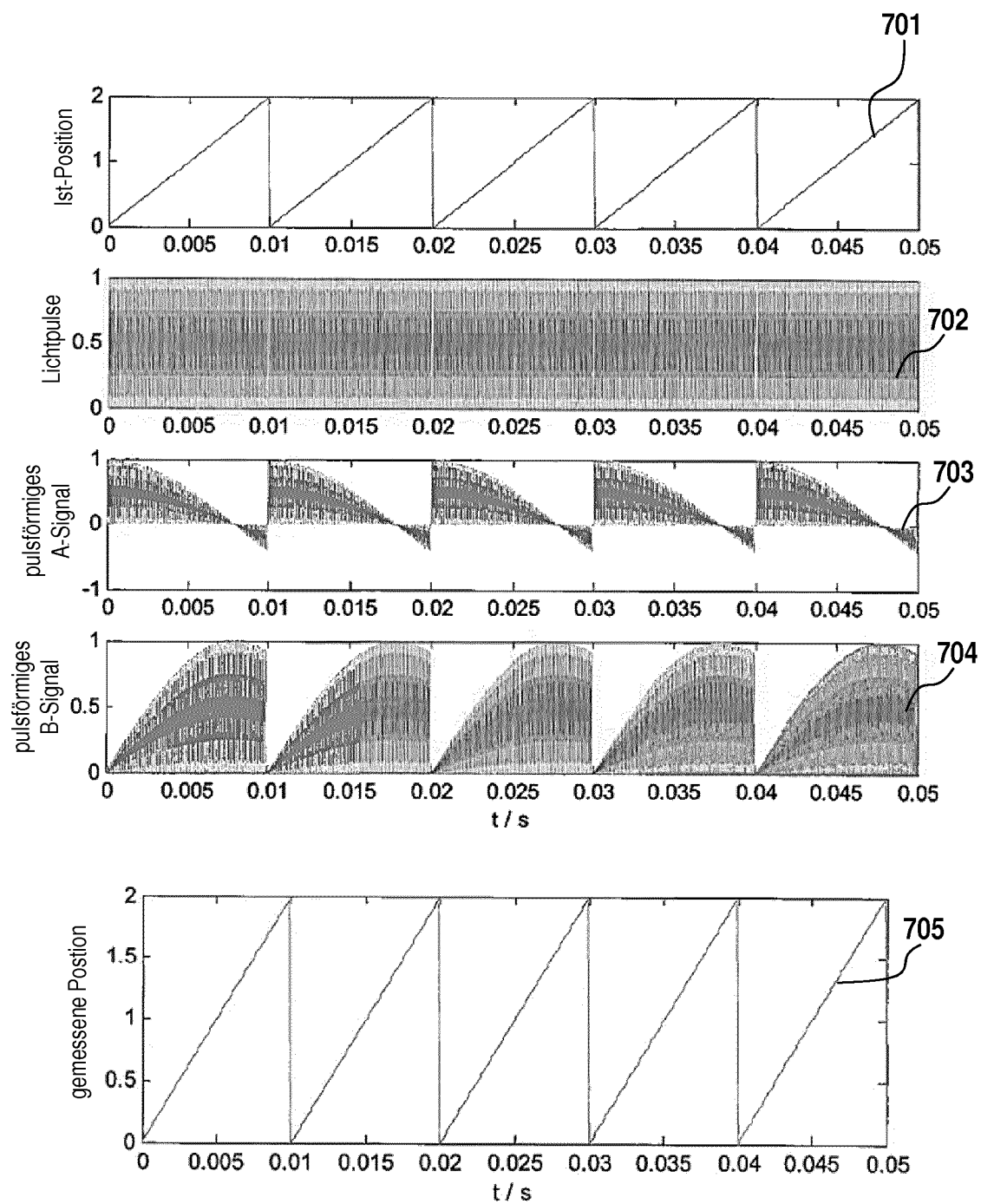


Fig. 7

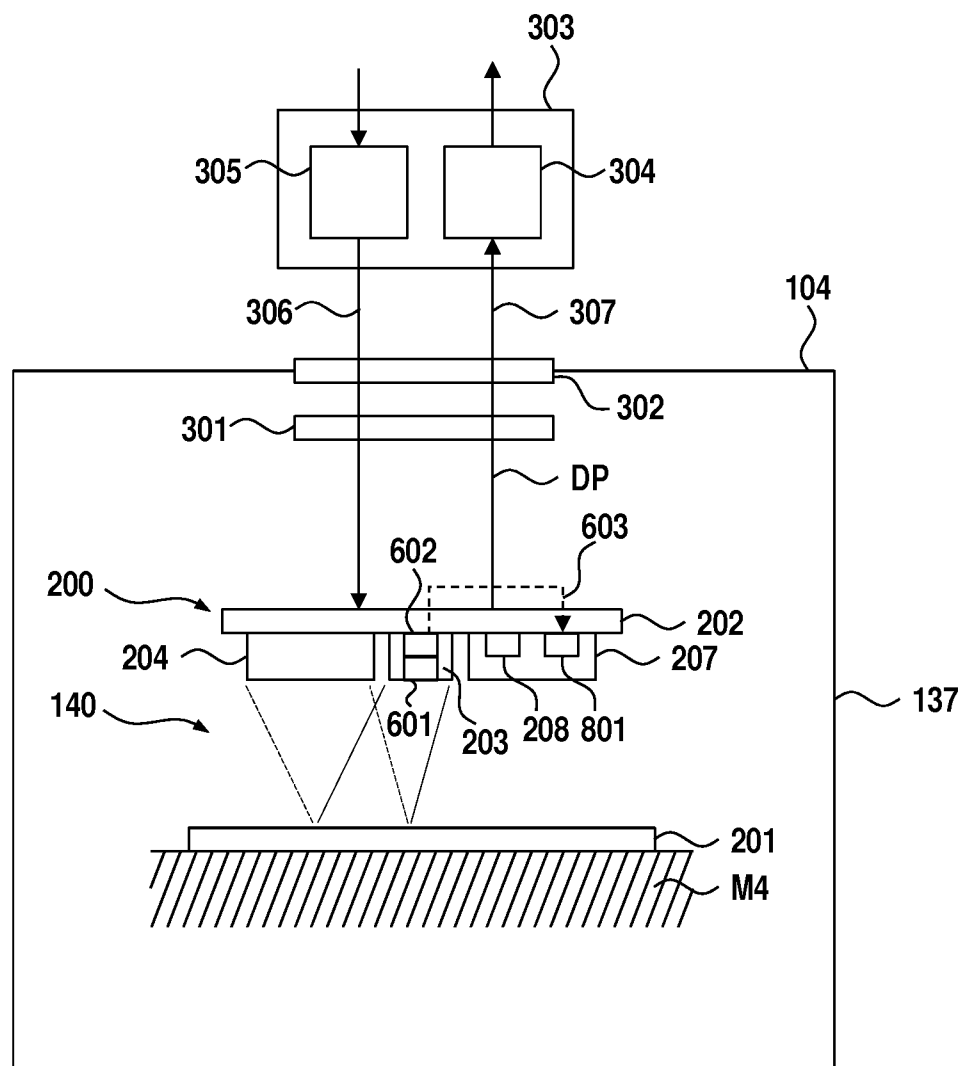


Fig. 8

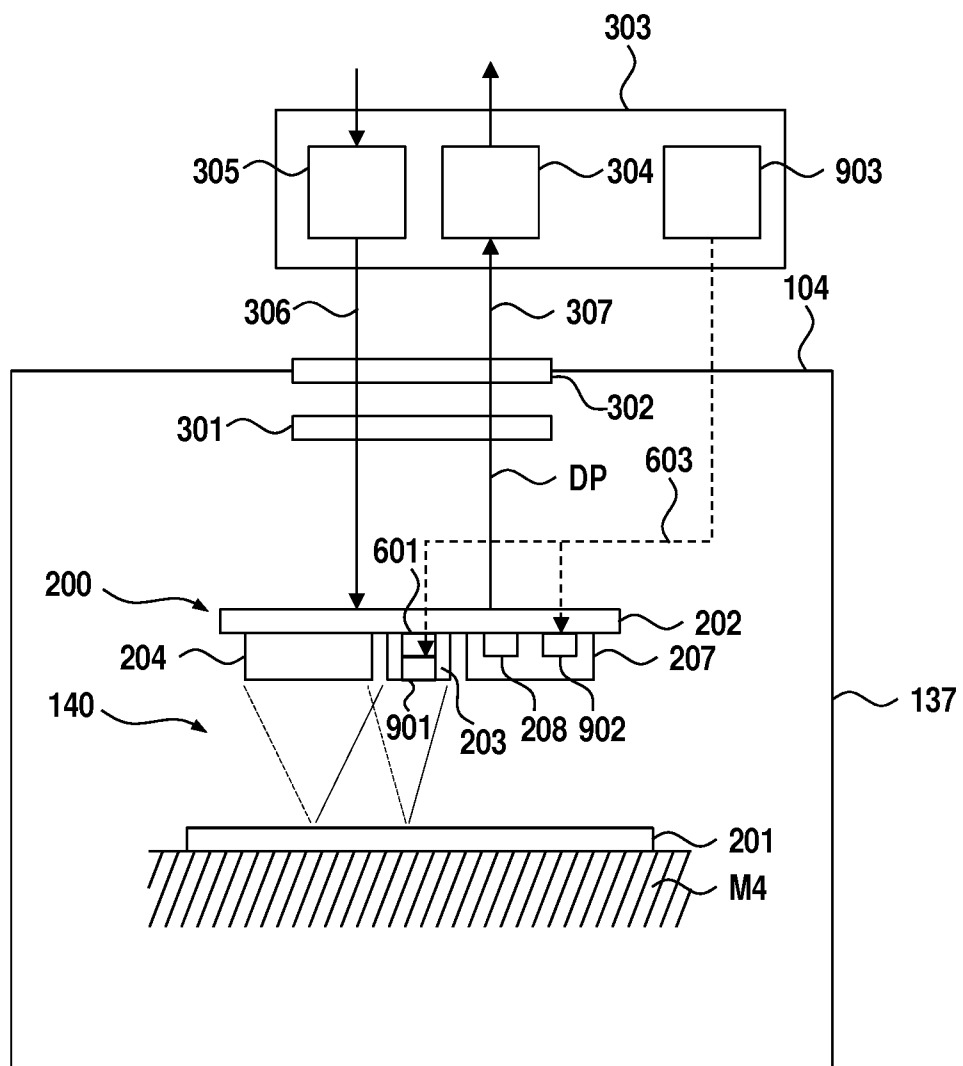


Fig. 9

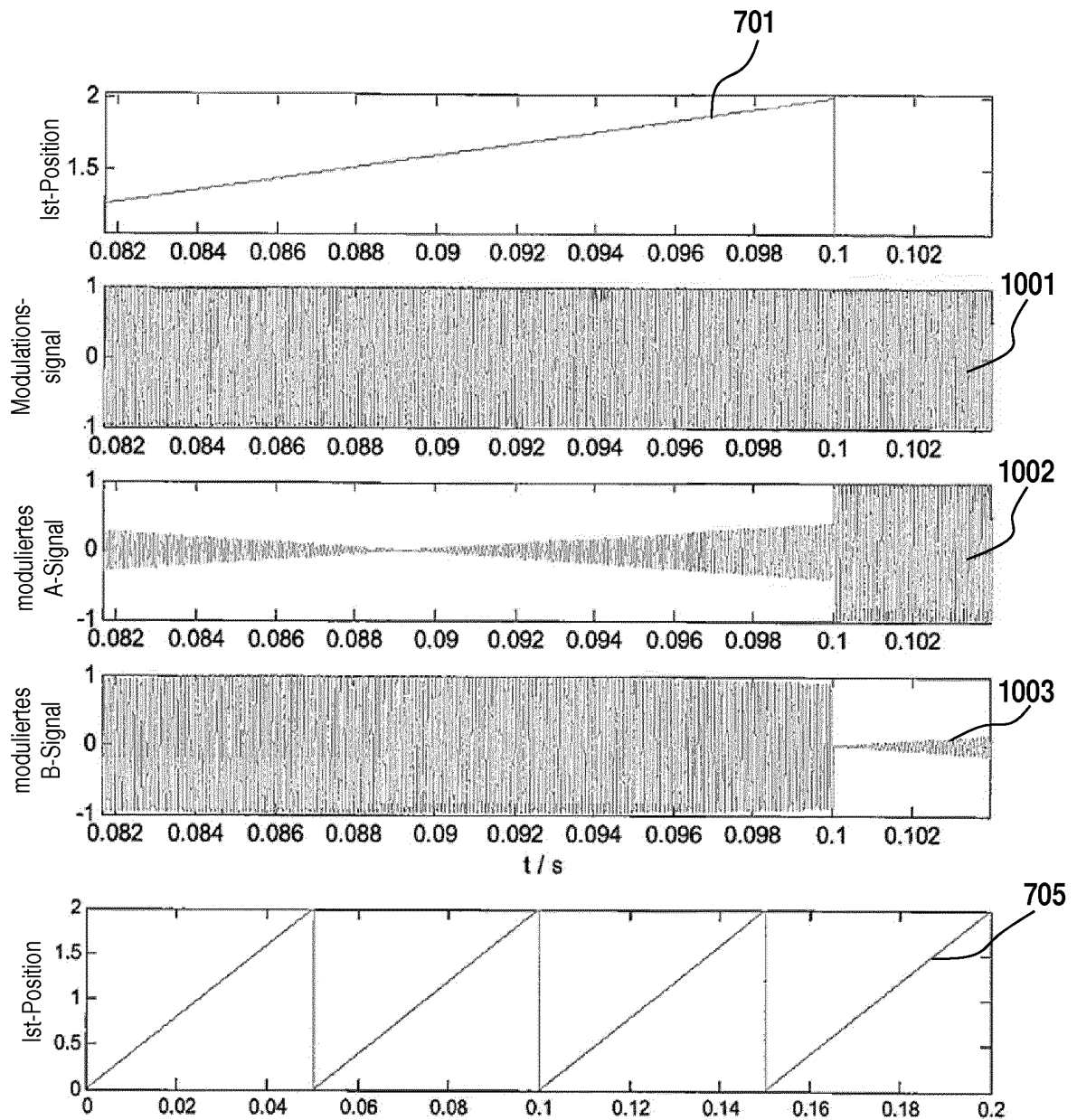


Fig. 10

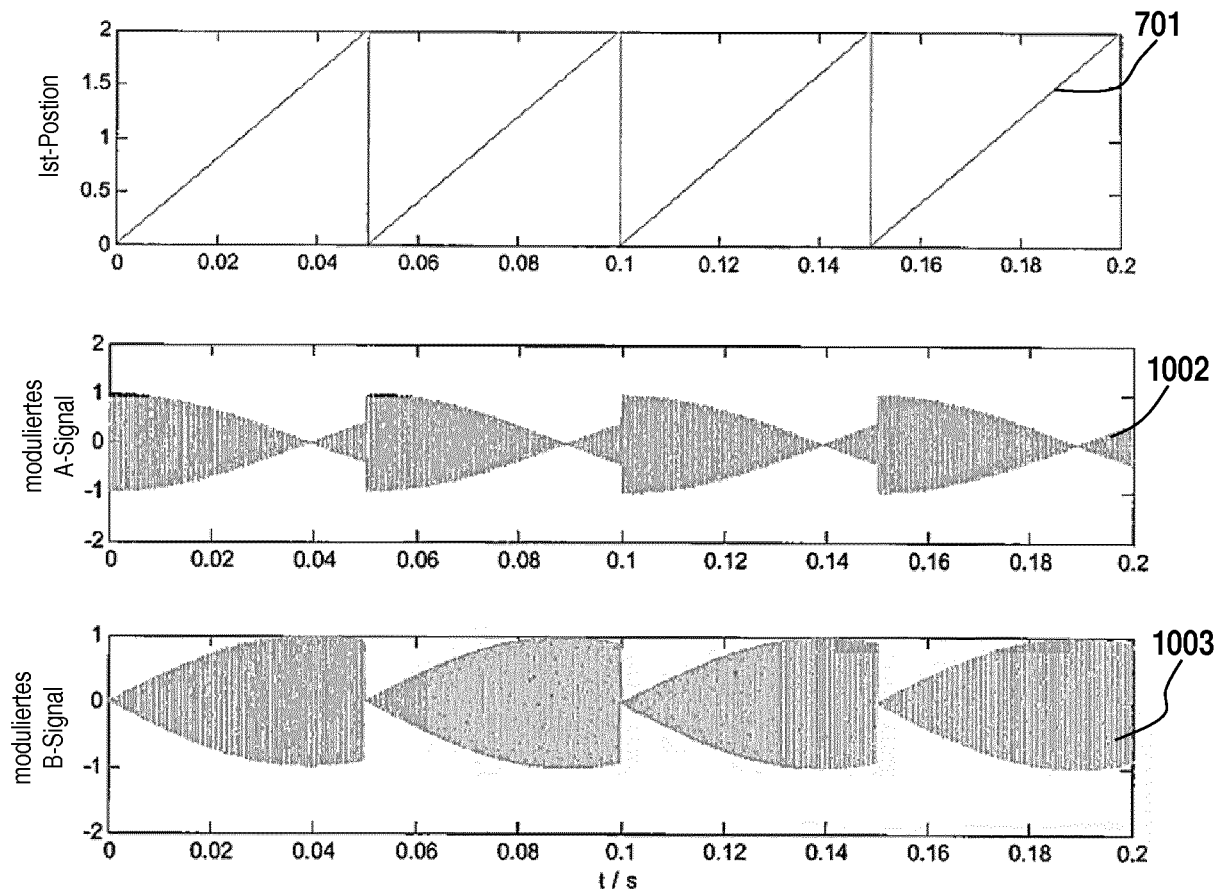


Fig. 11

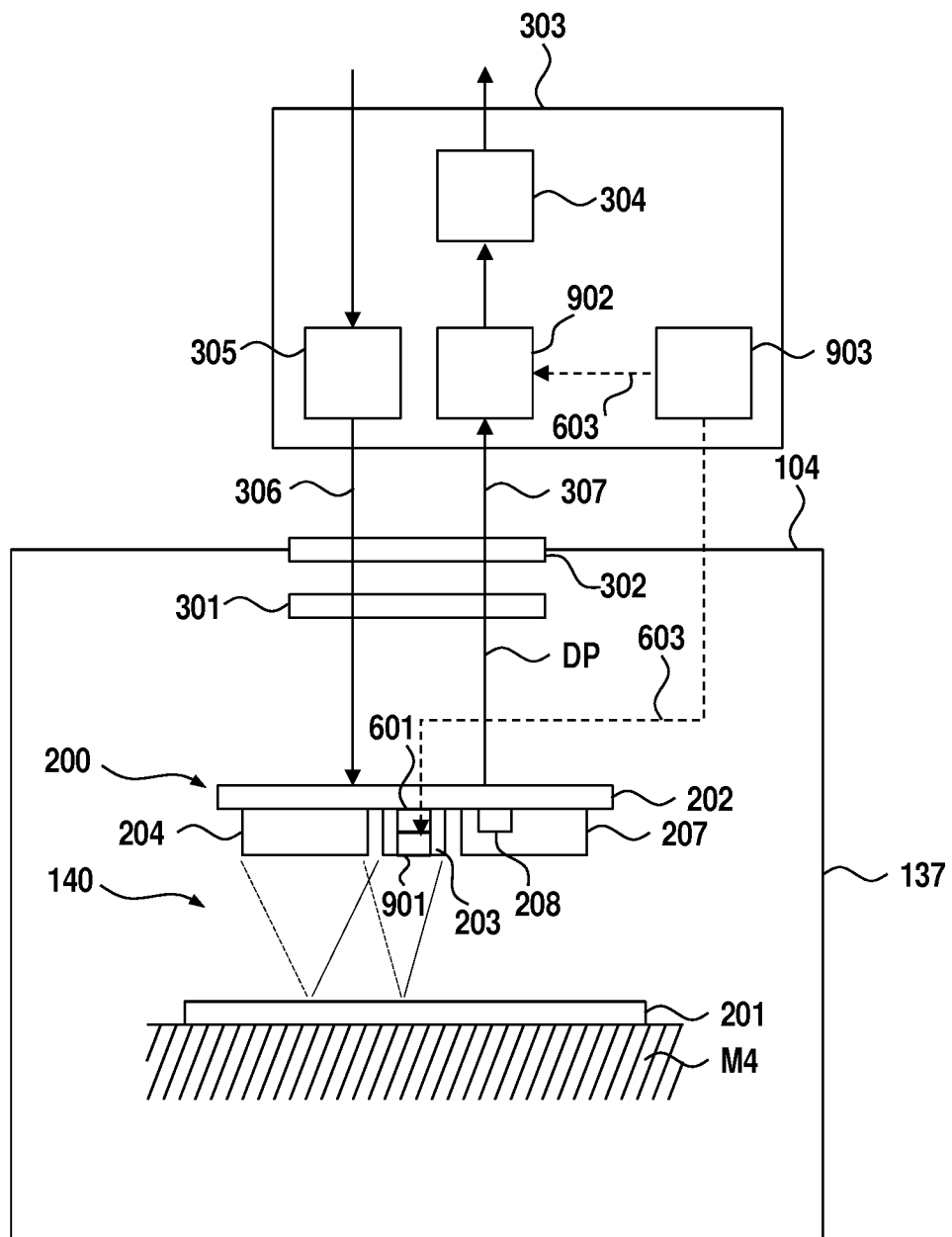


Fig. 12

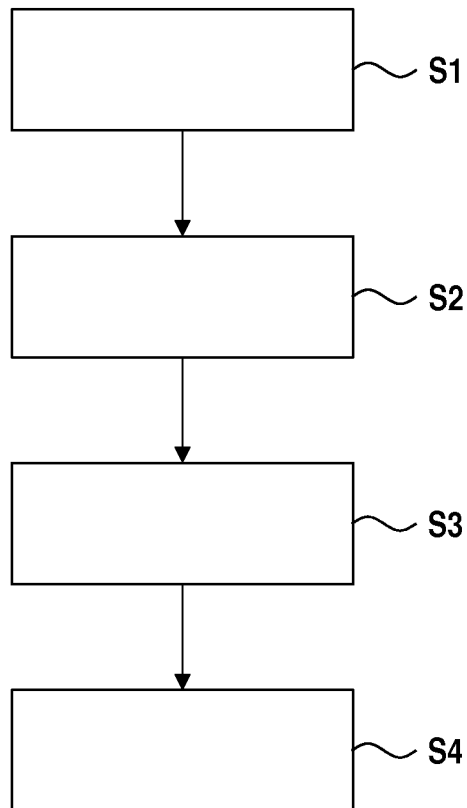


Fig. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/059766

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20 G01B11/14
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 G01B

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

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

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2011 005885 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 27 September 2012 (2012-09-27) paragraphs [0027] - [0036], [0063]; figures 1, 2 -----	1-31
A	DE 10 2013 214008 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 22 January 2015 (2015-01-22) paragraphs [0135] - [0139]; figures 1, 5 -----	1-31
A	US 2004/227915 A1 (OHTSUKA MASARU [JP]) 18 November 2004 (2004-11-18) paragraphs [0111] - [0116]; figure 9 -----	1-31



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

11 August 2016

Date of mailing of the international search report

19/08/2016

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

Eisner, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/059766

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011005885 A1	27-09-2012	CN 103459986 A	18-12-2013
		DE 102011005885 A1	27-09-2012
		JP 2014510410 A	24-04-2014
		TW 201243514 A	01-11-2012
		TW 201543180 A	16-11-2015
		US 2013343422 A1	26-12-2013
		WO 2012126621 A2	27-09-2012

DE 102013214008 A1	22-01-2015	DE 102013214008 A1	22-01-2015
		TW 201516577 A	01-05-2015
		US 2016091798 A1	31-03-2016
		WO 2015007832 A1	22-01-2015

US 2004227915 A1	18-11-2004	JP 2004266264 A	24-09-2004
		US 2004227915 A1	18-11-2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G03F7/20 G01B11/14
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G03F G01B

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2011 005885 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 27. September 2012 (2012-09-27) Absätze [0027] - [0036], [0063]; Abbildungen 1, 2	1-31
A	DE 10 2013 214008 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 22. Januar 2015 (2015-01-22) Absätze [0135] - [0139]; Abbildungen 1, 5	1-31
A	US 2004/227915 A1 (OHTSUKA MASARU [JP]) 18. November 2004 (2004-11-18) Absätze [0111] - [0116]; Abbildung 9	1-31



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

11. August 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/08/2016

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

Eisner, Klaus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059766

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011005885 A1	27-09-2012	CN 103459986 A	18-12-2013
		DE 102011005885 A1	27-09-2012
		JP 2014510410 A	24-04-2014
		TW 201243514 A	01-11-2012
		TW 201543180 A	16-11-2015
		US 2013343422 A1	26-12-2013
		WO 2012126621 A2	27-09-2012

DE 102013214008 A1	22-01-2015	DE 102013214008 A1	22-01-2015
		TW 201516577 A	01-05-2015
		US 2016091798 A1	31-03-2016
		WO 2015007832 A1	22-01-2015

US 2004227915 A1	18-11-2004	JP 2004266264 A	24-09-2004
		US 2004227915 A1	18-11-2004
