



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 049 099 A1** 2009.04.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 049 099.4**

(22) Anmeldetag: **11.10.2007**

(43) Offenlegungstag: **23.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 11/03** (2006.01)

G01B 11/14 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Vistec Semiconductor Systems GmbH, 35781
 Weilburg, DE**

(74) Vertreter:

**Reichert, W., Dipl.-Phys. Univ. Dr.rer.nat.,
 Pat.-Anw., 93047 Regensburg**

(72) Erfinder:

**Bösser, Hans-Artur, Dr., 35236 Breidenbach, DE;
 Heiden, Michael, 61200 Wölfersheim, DE; Rinn,
 Klaus, Prof. Dr., 35452 Heuchelheim, DE; Laske,
 Frank, 35781 Weilburg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 100 47 211 A1

DE10 2005 041203 A1

US2005/00 07 601 A1

US2005/01 11 727 A1

US2005/00 99 635 A1

DE 197 09 470 A1

US 52 35 400 A

**G. Fuetterer, u.a.: "Lateral shearing interferomet
 er for phase- shift mask measurement at 193 nm". I
 n: Proceedings of SPIE Vol. 4691, Optical Microlit
 hography XV, S. 541-551, 2002; JP 2005-083 974
 AA**

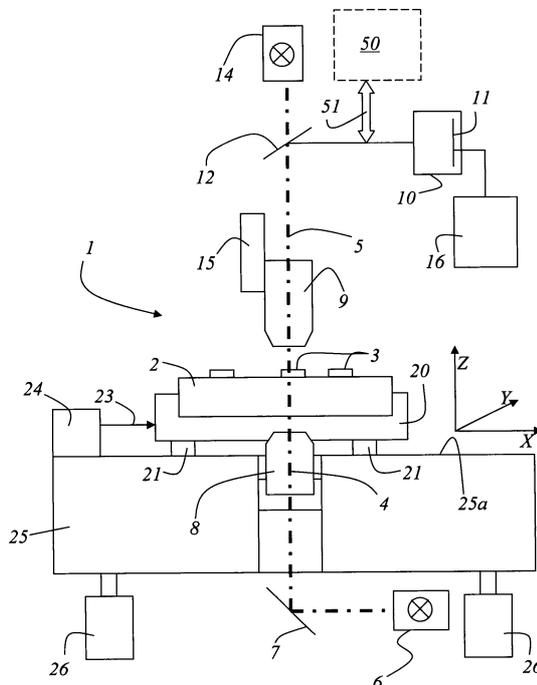
mit engl. Abstract u. maschineller Übersetzung;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung der Phasenverhältnisse einer Maske**

(57) Zusammenfassung: Es sind eine Koordinaten-Messmaschine und ein Verfahren zur Bestimmung der Phasenverhältnisse einer Maske (2) offenbart. Die Koordinaten-Messmaschine umfasst einen Block (25), der eine Ebene (25a) definiert, die einen beweglichen Messtisch (20) trägt. Eine Beleuchtungs- und Abbildungseinrichtung ist vorgesehen, wobei die Abbildungseinrichtung mindestens ein Objektiv (9) und einen Detektor umfasst. Das Objektiv (9) definiert einen Detektionsstrahlengang. Die Beleuchtungseinrichtung hat eine Lichtquelle in einem Auflichtstrahlengang und/oder eine Lichtquelle in einem Durchlichtstrahlengang ausgebildet. Im Detektionsstrahlengang ist eine Detektoreinheit angeordnet, die die von der Maske (2) erzeugten Phasenunterschiede des von der Maske (2) ausgehenden Lichts ermittelt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Koordinaten-Messmaschine zur Bestimmung der Phasenverhältnisse einer Maske. Dabei umfasst die Koordinaten-Messmaschine einen Block, der eine Ebene definiert, die einen beweglichen Messtisch trägt. Der bewegliche Messtisch verfährt in der vom Block definierten Ebene. Ferner ist eine Beleuchtungs- und Abbildungseinrichtung vorgesehen, wobei die Abbildungseinrichtung mindestens ein Objektiv und einen Detektor umfasst. Das Objektiv ist in einem Detektionsstrahlengang angeordnet. Die Beleuchtungseinrichtung umfasst eine Lichtquelle in einem Auflichtstrahlengang und/oder eine Lichtquelle in einem Durchlichtstrahlengang.

[0002] Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Bestimmung der Phasenverhältnisse einer Maske. Ein Block definiert eine Ebene, auf der ein beweglicher Messtisch angeordnet ist. Ebenso ist eine Beleuchtungs- und Abbildungseinrichtung angeordnet, wobei die Abbildungseinrichtung mindestens ein Objektiv und einen Detektor umfasst. Das Objektiv ist in einem Detektionsstrahlengang angeordnet. Die Beleuchtungseinrichtung umfasst eine Lichtquelle, die in einem Auflichtstrahlengang und/oder eine Lichtquelle, die im Durchlichtstrahlengang angeordnet ist.

[0003] Der Trend bei der Halbleiterherstellung geht zu immer kleineren Strukturen hin. Als Folge daraus, müssen ebenfalls die für die Halbleiterherstellung eingesetzten Masken mit immer kleiner werdenden Strukturen hergestellt werden. Hierzu werden bei der Halbleiterherstellung sog. Phase-Shift-Masks (PSM) eingesetzt. Die unterschiedlichen Bereiche auf der PSM-Maske führen dabei zu unterschiedlichen Phasenverschiebungen des reflektierten bzw. transmittierten Lichts. Ein schwieriger Punkt ist dabei die zuverlässige Messung des durch die PSM-Masken verursachten Phase-Shifts.

[0004] Ein Messgerät zur Vermessung von Strukturen auf Wafern und zu deren Herstellung eingesetzten Masken ist aus dem Vortragsmanuskript "Pattern Placement Metrology for Mask Making" von Frau Dr. Carola Bläsing, ausgegeben anlässlich der Tagung Semicon, Education Program in Genf am 31. März 1998, bekannt. Die dortige Beschreibung bildet die Grundlage eines Koordinaten-Messgeräts. Die vorliegende Erfindung kann in einem solchen Koordinaten-Messgerät des Standes der Technik mit Vorteil eingesetzt werden.

[0005] Ein Verfahren und ein Messgerät zur Positionsbestimmung von Strukturen auf einem Substrat, bzw. einer Maske ist aus der Deutschen Offenlegungsschrift DE 100 47 211 A1 bekannt. Zu Einzelheiten der genannten Positionsbestimmung sei daher ausdrücklich auf diese Schrift verwiesen.

[0006] Wie bereits oben erwähnt, werden für die Erreichung der hohen Auflösung bei der Halbleiterherstellung PSM-Masken eingesetzt. Dabei ist es wichtig, dass die Phasendifferenz zwischen den einzelnen Bereichen der Maske richtig eingestellt ist. Ansonsten stimmt der Kontrast des Maskenbildes auf dem Wafer nicht und die Strukturen werden falsch entwickelt. Somit ist es von Vorteil, wenn man mit der Koordinaten-Messmaschine daher auch die Phase im aufgenommenen Bild der Struktur auf der Maske mitbestimmen kann, wenn man die Position der einzelnen Strukturen auf der Maske bestimmt.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist, eine Koordinaten-Messmaschine derart auszugestalten, dass mit der Koordinaten-Messmaschine ebenfalls die Phasendifferenz zwischen den einzelnen Bereichen auf der Maske bestimmt werden kann.

[0008] Die obige Aufgabe wird gelöst durch eine Koordinaten-Messmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0009] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, bei dem mit einer Koordinaten-Messmaschine die Phasendifferenz zwischen den einzelnen Strukturen auf der Maske bestimmt werden kann.

[0010] Die obige Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, das die Merkmale des Anspruchs 16 umfasst.

[0011] Die Koordinaten-Messmaschine ist zur Bestimmung der Phasenverhältnisse einer Maske geeignet. Dabei ist in einer Ebene ein beweglicher Messtisch angeordnet, der die Masken entsprechend in dieser Ebene verfährt. Eine Beleuchtungs- und Abbildungseinrichtung ist vorgesehen, wobei die Abbildungseinrichtung mindestens ein Objektiv und einen Detektor umfasst. Das Objektiv definiert einen Detektionsstrahlengang. Die Beleuchtungseinrichtung umfasst eine Lichtquelle, in einem Auflichtstrahlengang und/oder eine Lichtquelle in einem Durchlichtstrahlengang. Dabei ist im Detektionsstrahlengang eine optische Einheit angeordnet, an Hand derer zusammen mit dem Detektor die von der Maske erzeugten Phasenunterschiede des von der Maske ausgehenden Lichts bestimmbar sind.

[0012] Der optischen Einheit ist ein eigener Detektor zugeordnet. Die optische Einheit ist zur Bestimmung der Phasenverhältnisse der Maske im Strahlengang vor dem Detektor positionierbar. Die optische Einheit umfasst dabei mindestens ein Ronchi-Gitter und die zur Abbildung erforderliche Kamera. Die Ausbreitungsrichtung einer ersten Beugungsordnung und einer minus-ersten Beugungsordnung des mindestens einen Ronchi-Gitters sind durch ein weiteres Ronchi-Gitter parallel ausrichtbar. Die optische Einheit kann ferner den Detektor umfassen.

[0013] Die optische Einheit kann ebenfalls einen ersten Teilerspiegel, einen ersten Umlenkspiegel, einen zweiten Teilerspiegel, einen drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegel und einen Detektor bzw. eine Kamera umfassen. Dabei sind der erste Teilerspiegel, der erste Umlenkspiegel, der zweite Teilerspiegel und der drehbare und/oder verschiebbare Umlenkspiegel derart angeordnet, dass ein vom ersten Teilerspiegel abgetrennter Teillichtstrahl mit einem Parallelversatz zum nicht vom ersten Teilerspiegel abgetrennten Teillichtstrahl resultiert.

[0014] Der erste und der zweite Teilerspiegel sind ein 50/50-Teiler. Die Detektoreinheit ist dabei ebenfalls im Detektionsstrahlengang der Koordinaten-Messmaschine positionierbar. Je nach Bedarf, ob eine Phasenmessung durchgeführt werden soll, kann die Detektoreinheit im Detektionsstrahlengang der Koordinaten-Messmaschine positioniert werden.

[0015] Dabei ist es ebenfalls denkbar, dass die Detektoreinheit als separates Zusatzmodul zu der Koordinaten-Messmaschine verkauft wird, so dass dieses dann in ein bereits bestehendes System zur Bestimmung von Positionen von Strukturen auf einem Substrat, bzw. einer Maske verwendet werden kann.

[0016] Auf der Maske ist mindestens ein Bereich ausgebildet, in dem eine Linienstruktur vorgesehen ist, die aus mehreren Linien besteht und wobei sich die Linien hinsichtlich der optischen Eigenschaften unterscheiden. Es ist denkbar, dass die Linien jeweils die gleiche Breite aufweisen. Die optische Eigenschaft der Linien ist dabei die Herbeiführung einer Phasenverschiebung, wobei das Ausmaß der Phasenverschiebung der Linien unterschiedlich ist.

[0017] Die phasenschiebende Linie ist dabei aus einer phasenschiebenden Schicht gebildet. Die phasenschiebende Linie kann auch aus einem Graben in der Maske bestehen.

[0018] Die Detektoreinheit besteht dabei aus zwei Ronchi-Gittern, wobei der Abstand zwischen den beiden Ronchi-Gittern derart einstellbar ist, dass aus der Interferenz der Beugungsordnungen des ersten Ronchi-Gitters die Phasenschiebung zwischen den Strukturen berechenbar ist.

[0019] In einer anderen Ausführungsform kann die Detektoreinheit einen drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegel umfassen. Durch den drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegel ist ein Interferenzbild aus den beiden Teillichtstrahlen erzeugbar, an dem das Maß der Phasenschiebung zwischen den Strukturen berechenbar ist.

[0020] Das mit Hilfe der Detektoreinheit erzeugbare Interferenzbild kann auf einen Detektor abgebildet werden, wobei der Detektor der Kamera ein

CCD-Chip ist.

[0021] Ferner ist das mit der Koordinaten-Messmaschine ausführbare Verfahren von Vorteil, da mit Hilfe dessen die Phasenunterschiede zwischen verschiedenen Strukturen auf einer Maske ermittelt werden können. Dazu wird eine optische Einheit im Detektionsstrahlengang angeordnet oder kann im Detektionsstrahlengang positioniert werden. Die optische Einheit detektiert dabei zusammen mit einem Detektor das von einem Bereich der Maske ausgehende Licht, welches dem Detektor zugeführt wird. Die optische Einheit trennt das von der Maske ausgehende Licht in zwei Teilstrahlen, wobei Wellenfronten der zwei Teilstrahlen zueinander mit einem Parallelversatz der Kamera zu der optischen Einheit zugeführt werden. Anhand des durch den Detektor aufgenommenen Bildes, welches durch die parallel versetzten Wellenfronten gebildet wird, kann damit auf den von der Maske erzeugten Phasenunterschied geschlossen werden.

[0022] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

[0023] Im Folgenden sollen Ausführungsbeispiele die Erfindung und ihre Vorteile anhand der beigefügten Figuren näher erläutern.

[0024] [Fig. 1a](#) zeigt schematisch ein Koordinaten-Messgerät in Verbindung mit einer optischen Einheit bzw. einer Detektoreinheit, die in den Detektionsstrahlengang des Koordinaten-Messgeräts verfahrbar ist.

[0025] [Fig. 1b](#) zeigt eine Ausführungsform der optischen Einheit mit einem eigenen Detektor bzw. einer eigenen Kamera.

[0026] [Fig. 2a](#) zeigt eine schematische Ansicht einer Maske, auf der ein Bereich angeordnet ist, der mit einer Schicht versehen ist, die eine Phasenverschiebung erzeugt, wobei dieser Bereich direkt neben einem Bereich angeordnet ist, der eine andere Phasenverschiebung erzeugt.

[0027] [Fig. 2b](#) zeigt schematisch eine Maske, bei der Linienstrukturen auf der Maske angeordnet sind, die sich hinsichtlich der phasenschiebenden Wirkung unterscheiden.

[0028] [Fig. 2c](#) zeigt eine schematische Seitenansicht der Maske, bei der die phasenschiebende Wirkung durch Gräben oder Vertiefungen in der Maske erzeugt werden.

[0029] [Fig. 3](#) zeigt eine Ausführungsform der optischen Einheit, die mit zwei Ronchi-Gittern versehen ist, um damit den Phasenunterschied zwischen den

Bereichen einer Maske mit unterschiedlicher phasenschiebender Wirkung zu bestimmen.

[0030] [Fig. 4](#) zeigt eine weitere Ausführungsform der Detektoreinheit, mit der die Unterschiede hinsichtlich der Beeinflussung der Phase des Beleuchtungslichts bestimmt werden können.

[0031] Eine Koordinaten-Messmaschine **1** ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Die Koordinaten-Messmaschine **1** dient im Wesentlichen dazu, die Positionen von Strukturen **3** auf einem Substrat **2** zu vermessen. Hierzu ist das Substrat **2** auf einem Messtisch angeordnet, der in einer Ebene **25a** in X-Koordinatenrichtung und in Y-Koordinatenrichtung verfahrbar angeordnet ist. Die Ebene **25a** wird im Wesentlichen aus einem Block **25** gebildet. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Block **25** aus Granit gebildet. Die Position des Messtisches **20** innerhalb der Ebene **25a** wird mit Hilfe von mindestens einem Interferometer **24** gemessen, das jeweils einen Messstrahl **23** aussendet.

[0032] Zur Beleuchtung des Substrats **2** kann sowohl eine Auflichtbeleuchtungseinrichtung **14**, als auch eine Durchlichtbeleuchtungseinrichtung **6** vorgesehen sein. Das Licht der Durchlichtbeleuchtungseinrichtung **6** gelangt über einen Umlenkspiegel **7** und einen Kondensator **8** zum Substrat **2**. Ebenso wird das Licht der Auflichtbeleuchtungseinrichtung **14** mittels eines Messobjektivs **9** auf das Substrat **2** abgebildet. Sowohl das von der Auflichtbeleuchtungseinrichtung **14**, als auch von der Durchlichtbeleuchtungseinrichtung **6** ausgesendete Licht wird mittels des Messobjektivs **9** gesammelt und über einen Strahlteiler **12** auf eine Kamera **10** gerichtet. Die Kamera **10** umfasst einen Detektor **11**, der mit einem Rechner **16** verbunden ist. Mit Hilfe des Rechners **16** werden die vom Detektor ermittelten Signale ausgewertet und digitalisiert.

[0033] Der Messtisch **20** ist dabei auf Lagern **21** verschiebbar innerhalb der Ebene **25a** angeordnet. Besonders vorteilhaft ist, wenn die Lager **21** als Luftlager ausgebildet sind. Ebenfalls ist der Block **25** auf Schwingungsdämpfern **26** gelagert, damit keinerlei Gebäudeschwingungen auf das Messsystem übertragen werden. Um mit der Koordinaten-Messmaschine **1** nun die phasenschiebenden Eigenschaften der verschiedenen Strukturen zu bestimmen, bzw. um mit der Koordinaten-Messmaschine die phasenschiebenden Eigenschaften der PSM-Masken vermessen zu können, ist eine optische Einheit **50** vorgesehen, die in den Detektionsstrahlengang **5** der Koordinaten-Messmaschine **1** verfahren werden kann. Es ist ebenso denkbar, dass die optische Einheit **50** permanent im Detektionsstrahlengang **5** der Koordinaten-Messmaschine angebracht ist. Die Verschiebbarkeit, bzw. die Positionierbarkeit der optischen Einheit **50** im Detektionsstrahlengang **5** der

Koordinaten-Messmaschine ist durch den Doppelpfeil **51** angedeutet.

[0034] [Fig. 1b](#) zeigt einen die optische Einheit **50**, der eine eigene Kamera **10a** mit einem Detektor **11a** zugeordnet ist. Die Signale des Detektors **11a** und des Detektors **11** werden dem Rechner **16** zugeführt. Im Detektionsstrahlengang vor der Kamera **10** ist ein weiterer Teiler **12a** angeordnet, der Licht auf die optische Einheit **50** lenkt. Der weitere Teile **12a** kann dabei derart ausgestaltet sein, dass er in den Detektionsstrahlengang vor der Kamera **10** bei Bedarf verfahren bzw. verbracht werden kann.

[0035] [Fig. 2a](#) zeigt eine schematische Ansicht eines Substrats **2**, bzw. einer Maske, auf der ein phasenschiebender Bereich **41** und ein phasenschiebender Bereich **42** angeordnet sind. Die beiden Bereiche **41** und **42** unterscheiden sich hinsichtlich ihrer phasenschiebenden Wirkung. In der hier dargestellten Ausführungsform sind die beiden phasenschiebenden Bereiche **41** und **42** direkt nebeneinander angeordnet. Der phasenschiebende Bereich **41** ist dadurch gebildet, dass auf einer Maske eine phasenschiebende Schicht **41a** aufgebracht ist. Im Bereich **42** ist diese Schicht einfach weggelassen, so dass hier lediglich das Material der Maske Einfluss auf die Phasenschiebung nimmt. Somit wird der Unterschied der Phasenschiebung von Bereich **41** zu Bereich **42** vermessen.

[0036] [Fig. 2b](#) zeigt eine schematische Ansicht des Substrats **2**, bzw. der Maske auf den ein Bereich **45** ausgebildet ist, der abwechselnd mehrere Bereiche **46** und **47** zeigt, die sich hinsichtlich ihrer Phasen beeinflussenden Eigenschaften unterscheiden. In einer Ausführungsform können diese Bereiche die gleiche Breite aufweisen. So ist z. B. der erste Bereich **46** mit einer phasenschiebenden Schicht **47a** versehen. Der zweite Bereich **47** ist dabei nicht mit einer phasenschiebenden Schicht versehen, so dass hier ebenfalls wieder das Material der Maske **2** für die Bestimmung der Phase der Strukturen auf der PSM-Maske herangezogen wird. Die Bereiche **46** und **47** haben dabei die gleiche Breite.

[0037] [Fig. 2c](#) zeigt eine weitere Ausführungsform, mit der die unterschiedlichen Bereiche hinsichtlich ihrer phasenschiebenden Wirkung in oder auf der Maske **2** erzeugt werden. In das Material der Maske sind mehrere Gräben **44** geätzt. Auf der Maske **2** können zusätzlich noch weitere Strukturen **43** oder Bereiche **43** aufgebracht sein. Die Gräben **44** und die Bereiche **43** erzeugen für sich jeweils eine Phasenverschiebung. Mit der gegenwärtigen Erfindung kann nun der Unterschied in der Phasenverschiebung zwischen den einzelnen Bereichen bestimmt werden.

[0038] Eine erste Ausführungsform der Detektoreinheit **50** ist in [Fig. 3](#) schematisch dargestellt. Die De-

tektoreinheit **50** ist dabei durch eine gestrichelte Umrandung kenntlich gemacht. Das Messobjektiv **9** sammelt die von der zu vermessenden Struktur **3** ausgehenden Wellenfronten. Vom Messobjektiv **9** gelangen die Wellenfronten auf das erste Ronchi-Gitter **51**. Das Ronchi-Gitter ist dabei derart ausgestaltet, dass es keine nullte Beugungsunterordnung und keine Beugung geradzahligter Ordnungen gibt. Die erste Ordnung **52₊₁** und die minus erste Ordnung **52₋₁** trägt dabei jeweils ungefähr 40% der auf das Ronchi-Gitter **51** treffenden Intensität. Die dritte Beugungsordnung **53₊₃** und die minus dritte Beugungsordnung **53₋₃** trägt dabei jeweils 5% der auf das Ronchi-Gitter **51** treffenden Intensität. In einem Abstand D zum ersten Ronchi-Gitter **51** ist ein zweites Ronchi-Gitter **54** angeordnet. Mit Hilfe des zweiten Ronchi-Gitters **54** können die erste Beugungsordnung **52₊₁** und die minus erste Beugungsordnung **52₋₁** parallelisiert werden. Mittels einer Optik **55** wird das Interferenzbild auf eine Kamera **56** abgebildet, die einen CCD-Chip **57** umfasst. Der Abstand D zwischen den beiden Ronchi-Gittern **51** und **54** ist dabei derart einstellbar, dass aus der Interferenz der Beugungsordnungen des ersten Ronchi-Gitters die Phasenverschiebung der zu vermessenden Struktur **3** berechenbar ist.

[0039] [Fig. 4](#) zeigt eine weitere Ausführungsform der Detektoreinheit **50**. Dabei sind gleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen wie bei [Fig. 3](#) bezeichnet. Wie bereits in [Fig. 3](#) beschrieben, ist die Detektoreinheit **50** dem Messobjektiv **9** nachgeordnet. Die vom Messobjektiv **9** aufgenommenen Wellenfronten des von der Struktur **3** ausgehenden Lichts gelangen bei der in [Fig. 4](#) dargestellten Ausführungsform auf einen ersten Teilerspiegel **60**. Der erste Teilerspiegel **60** ist dabei als 50/50-Teiler ausgebildet. Durch den ersten Teilerspiegel **60** wird das ankommende Licht in einen ersten Teilstrahl **71** und einen zweiten Teilstrahl **72** aufgeteilt. Der zweite Teilstrahl **72** gelangt auf einen ersten Umlenkspiegel **61** und von dort auf einen zweiten Teilerspiegel **62**. Der erste Teilstrahl **71** gelangt auf einen drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegel **63**. Vom drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegel **63** wird der erste Teilstrahl **71** auf eine Optik **55** gerichtet. Ebenso wird der zweite Teilstrahl **72** vom zweiten Teilerspiegel **62** auf die Optik **55** gerichtet. Mit Hilfe des drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegels **63**, dessen Drehbarkeit bzw. Verschiebbarkeit durch den Pfeil **64a** bzw. **64b** angedeutet ist, kann somit ein Parallelversatz zwischen dem ersten Teilstrahl **71** und dem zweiten Teilstrahl **72** eingestellt werden, so dass die beiden Teilstrahlen **71** und **72** mit dem Parallelversatz auf die Optik **55** treffen und von dieser auf die Kamera **56** und den in der Kamera vorgesehenen CCD-Chip **57** abgebildet werden. Durch den drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegel **63** ist somit ein Interferenzbild aus den beiden Teillichtstrahlen **71** und **72** erzeugbar. Mit

Hilfe des Interferenzbildes aus den beiden Teillichtstrahlen **71** und **72** kann somit das Maß der Phasenverschiebung durch die phasenschiebende Schicht auf der Maske **2** bestimmt werden.

[0040] Von besonderem Vorteil ist, wenn die Phasenverschiebung bzw. der Unterschied in der Phasenverschiebung zwischen den einzelnen Bereichen in der Koordinaten-Messmaschine mit der gleich Wellenlänge gemessen wird, mit der später die Belichtung der Masken **2** mittels des Steppers auf den Wafer erfolgt. Dies wird in der Regel also bei einer Wellenlänge von 193 nm oder 248 nm durchgeführt werden.

[0041] Die Erfindung wurde in Bezug auf eine besondere Ausführungsform beschrieben. Es ist jedoch für einen Fachmann selbstverständlich, dass Änderungen und Abwandlungen durchgeführt werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 10047211 A1 [\[0005\]](#)

Patentansprüche

1. Koordinaten-Messmaschine zur Bestimmung der Phasenverhältnisse einer Maske (2), dass die Koordinaten-Messmaschine einen Block (25) umfasst, der eine Ebene (25a) definiert, auf der ein beweglicher Messtisch (20) angeordnet ist, der die Masken (2) entsprechend in der Ebene (25a) verfährt, dass eine Beleuchtungs- und Abbildungseinrichtung angeordnet ist, wobei die Abbildungseinrichtung mindestens ein Objektiv (9) und einen Detektor (10) umfasst, wobei das Objektiv (9) einen Detektionsstrahlengang (5) definiert, und dass die Beleuchtungseinrichtung eine Lichtquelle (6, 14) in einem Auflichtstrahlengang und/oder eine Lichtquelle in einem Durchlichtstrahlengang ausgebildet hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Detektionsstrahlengang (5) eine optische Einheit (50) angeordnet ist, an Hand derer zusammen mit dem Detektor die von der Maske (2) erzeugten Phasenunterschiede des von der Maske (2) ausgehenden Lichts bestimmbar sind.

2. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der optischen Einheit ein eigener Detektor zugeordnet ist.

3. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Einheit (50) zur Bestimmung der Phasenverhältnisse der Maske (2) in den Strahlengang vor dem Detektor (10) positionierbar ist, wobei die optische Einheit (50) mindestens ein Ronchi-Gitter (51) umfasst.

4. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Einheit (50) ferner den Detektor (56) umfasst.

5. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbreitungsrichtungen einer ersten Beugungsordnung und einer minus ersten Beugungsordnung des Ronchi-Gitters (51) durch ein weiteres Ronchi-Gitter (54) parallel ausrichtbar sind.

6. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Einheit (50) einen ersten Teilerspiegel (60), einen ersten Umlenkspiegel (61), einen zweiten Teilerspiegel (62), einen drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegel (63) und einen Detektor bzw. Kamera (56) umfasst, wobei der erste Teilerspiegel (60), der erste Umlenkspiegel (61), der zweite Teilerspiegel (62) und der drehbare und/oder verschiebbare Umlenkspiegel (63) derart angeordnet sind, dass ein vom ersten Teilerspiegel (60) abgetrennter Teillichtstrahl mit einem Parallelversatz zum nicht vom ersten Teilerspiegel (60) abgetrennten Teillichtstrahl (72) resultiert.

7. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Teilerspie-

gel (60) und/oder der zweite Teilerspiegel (62) ein 50/50 Teiler ist.

8. Koordinaten-Messmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Maske (2) ein Bereich ausgebildet ist, in dem eine Linienstruktur ausgebildet ist, die aus mehreren Linien besteht und wobei sich die Linien abwechselnd hinsichtlich der optischen Eigenschaften unterscheiden.

9. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Linien eine gleiche Breite besitzen.

10. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet dass die optische Eigenschaft der einen Linien die Herbeiführung einer Phasenverschiebung ist, wobei das Ausmaß der Phasenverschiebung der Linien unterschiedlich ist.

11. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die phasenschiebende Linie aus einer phasenschiebenden Schicht gebildet ist.

12. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die phasenschiebende Linie aus einem Graben in der Maske (2) besteht.

13. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den beiden Ronchi-Gittern (51, 54) derart einstellbar ist, dass aus der Interferenz der Beugungsordnungen des ersten Ronchi-Gitters (51) die Phasenverschiebung zwischen den Strukturen (3) berechenbar ist.

14. Koordinaten-Messmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass durch den drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegel (63) ein Interferenzbild aus den beiden Teillichtstrahlen (71, 72) erzeugbar ist, an dem das Maß der Phasenverschiebung zwischen den Strukturen bestimmbar ist.

15. Koordinaten-Messmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Interferenzbild auf den Detektor abbildbar ist, wobei der Detektor eine Kamera mit einem CCD-Chip ist.

16. Verfahren zur Bestimmung der Phasenverhältnisse einer Maske (2), wobei in einer Ebene (25a) ein beweglicher Messtisch (20) angeordnet ist, der die Masken (2) entsprechend in der Ebene (25a) verfährt, dass eine Beleuchtungs- und Abbildungseinrichtung angeordnet ist, wobei die Abbildungseinrichtung mindestens ein Objektiv und einen Detektor umfasst, wobei das Objektiv (9) einen Detektionsstrah-

lengang **(5)** definiert, und dass die Beleuchtungseinrichtung eine Lichtquelle in einem Auflichtstrahlengang und/oder eine Lichtquelle in einem Durchlichtstrahlengang ausgebildet hat, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- dass einer im Detektionsstrahlengang angeordneten oder in den Detektionsstrahlengang positionierbaren optischen Einheit das von einem Bereich der Maske **(2)** ausgehende Licht zugeführt wird;
- dass die optische Einheit das von der Maske **(2)** ausgehende Licht in zwei Teilstrahlen trennt und wobei Wellenfronten der zwei Teilstrahlen **(71, 72)** zueinander mit einem Parallelversatz dem Detektor zugeführt werden; und
- dass aus dem vom Detektor aufgenommenen Bild, welches durch die parallelversetzten Wellenfronten gebildet wird, auf den von der Maske **(2)** erzeugten Phasenunterschied des von der Maske **(2)** ausgehenden Lichts geschlossen wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der optischen Einheit ein eigener Detektor zugeordnet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Einheit **(50)** zur Bestimmung der Phasenverhältnisse der Maske **(2)** in den Strahlengang vor dem Detektor gebracht wird und dass die optische Feinheit **(50)** mindestens ein Ronchi-Gitter umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die optischen Einheit **(50)** ferner den Detektor **(56)** umfasst.

20. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbreitungsrichtungen einer ersten Beugungsordnung und einer minus ersten Beugungsordnung des Ronchi-Gitters **(51)** durch ein weiteres Ronchi-Gitter **(54)** parallel ausgerichtet werden.

21. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Einheit **(50)** einen ersten Teilerspiegel **(60)**, einen ersten Umlenkspiegel **(61)**, einen zweiten Teilerspiegel **(62)**, einen drehbaren und/oder verschiebbaren Umlenkspiegel **(63)** und einen Detektor bzw. Kamera **(56)** umfasst, wobei der erste Teilerspiegel **(60)**, der erste Umlenkspiegel **(61)**, der zweite Teilerspiegel **(62)** und der drehbare und/oder verschiebbare Umlenkspiegel **(63)** derart angeordnet sind, dass ein vom ersten Teilerspiegel **(60)** abgetrennter Teillichtstrahl mit einem Parallelversatz zum nicht vom ersten Teilerspiegel **(60)** abgetrennten Teillichtstrahl **(72)** erzeugt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21 dadurch gekennzeichnet, dass der erste Teilerspiegel **(60)** und/oder der zweite Teilerspiegel **(62)** ein 50/50 Teiler ist.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Maske **(2)** ein Bereich ausgebildet ist, in dem eine Linienstruktur ausgebildet ist, die aus mehreren Linien besteht und wobei sich die Linien abwechselnd hinsichtlich der optischen Eigenschaften unterscheiden.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Linien eine gleiche Breite besitzen.

25. Verfahren nach Anspruch 23 und 24, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Eigenschaft der einen Linien die Herbeiführung einer Phasenverschiebung ist, wobei das Ausmaß der Phasenverschiebung der Linien unterschiedlich ist.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die phasenschiebende Linie aus einer phasenschiebenden Schicht gebildet ist.

27. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die phasenschiebende Linie aus einem Graben in der Maske besteht.

28. Verfahren nach Anspruch 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den beiden Ronchi-Gittern **(51, 54)** derart eingestellt wird, dass aus der Interferenz der Beugungsordnungen des ersten Ronchi-Gitters **(51)** die Phasenverschiebung der Struktur berechnet wird.

29. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass durch Drehung und/oder Verschiebung des Umlenkspiegels **(63)** ein Interferenzbild aus den beiden Teillichtstrahlen erzeugt wird, an dem das Maß der Phasenverschiebung durch die phasenschiebende Schicht bestimmt wird.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass das Interferenzbild auf den Detektor abgebildet wird, wobei der Detektor eine Kamera mit einem CCD-Chip ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

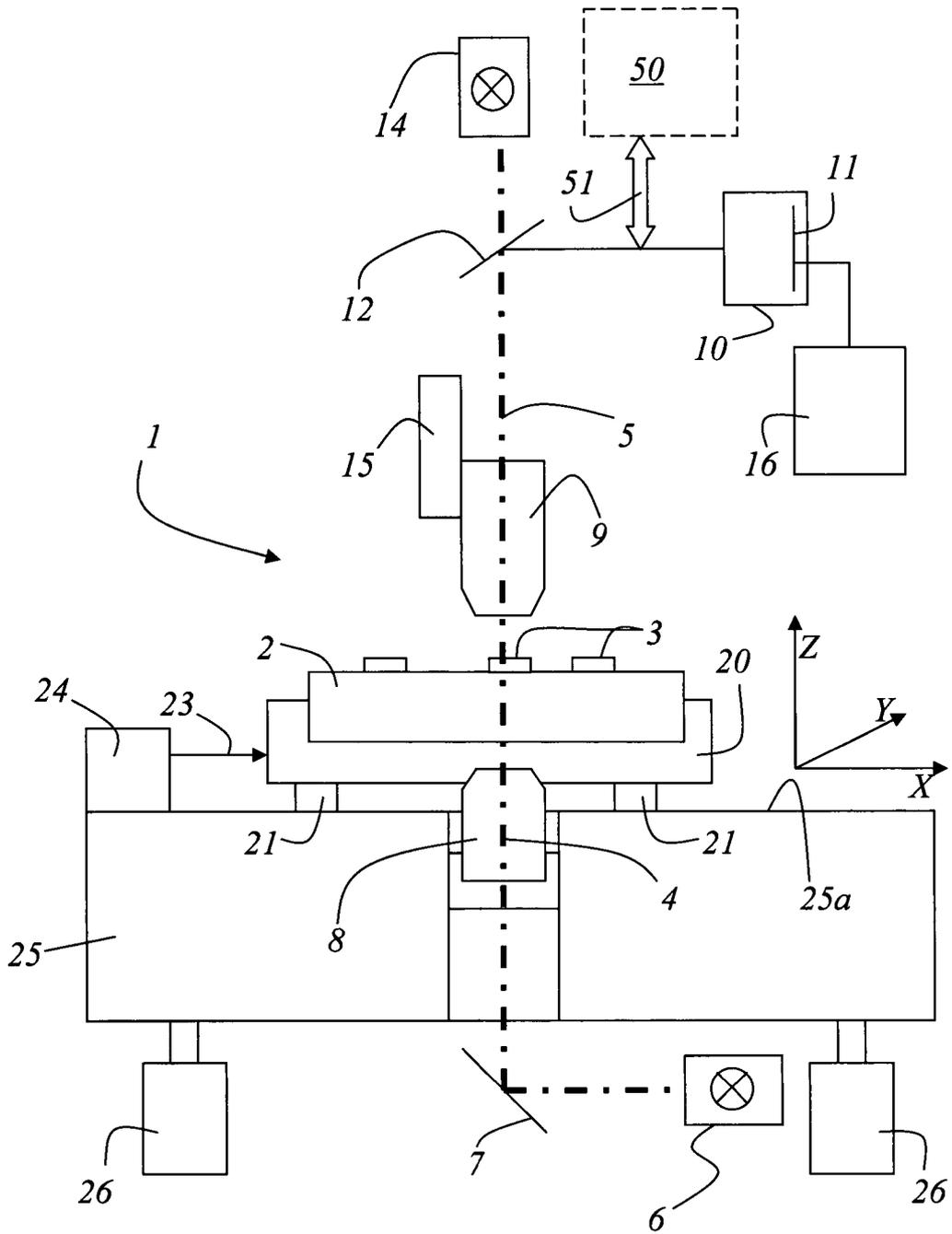


Fig. 1a

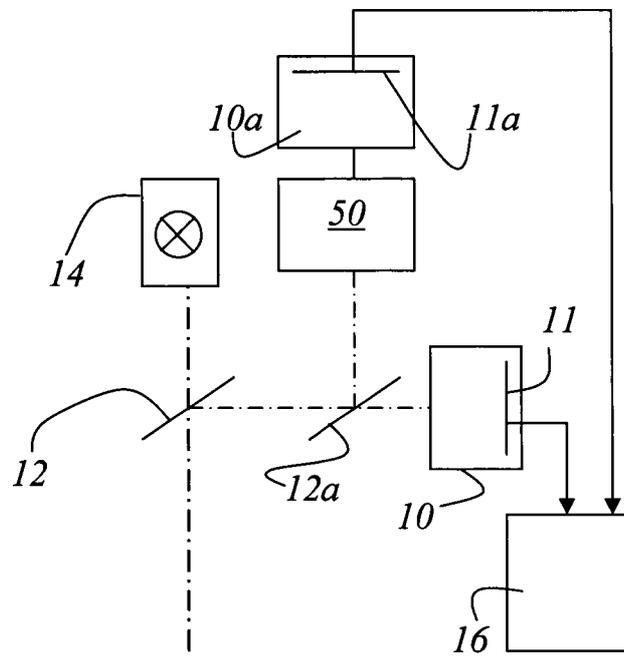


Fig. 1b

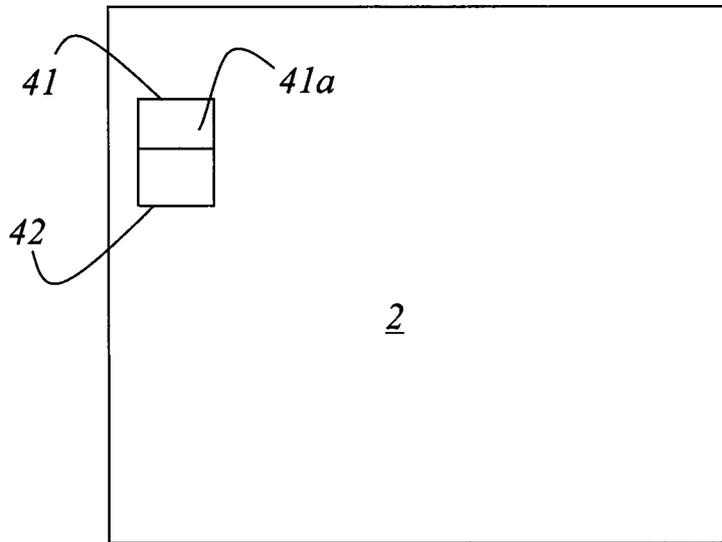


Fig. 2a

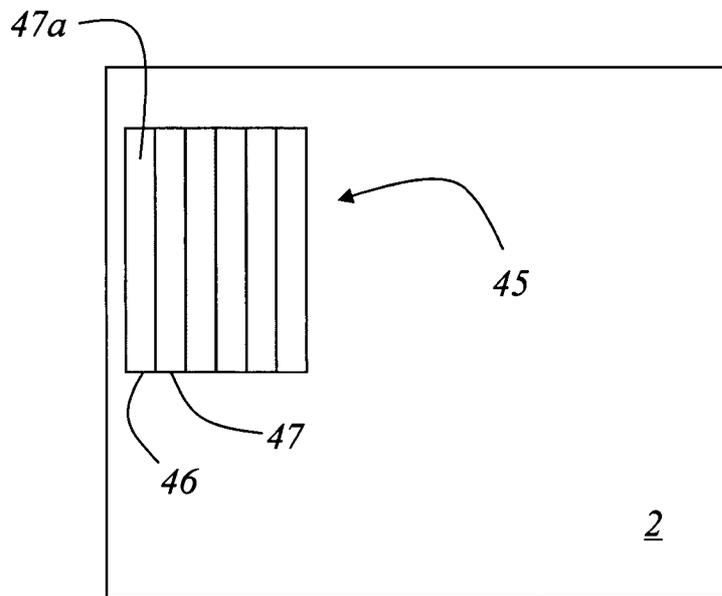


Fig. 2b

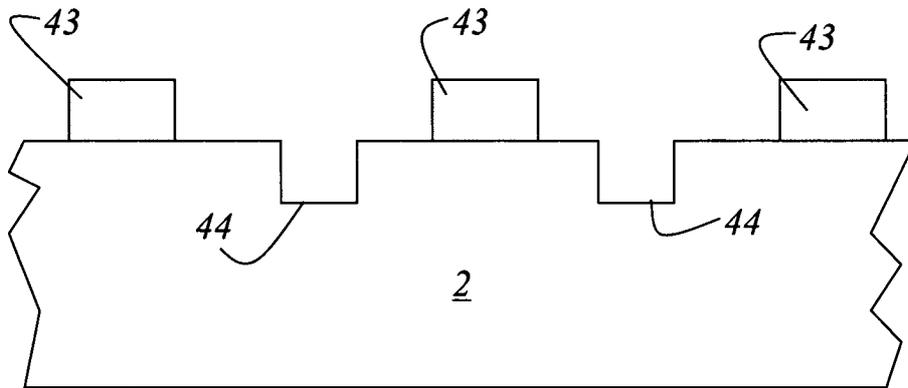


Fig. 2c

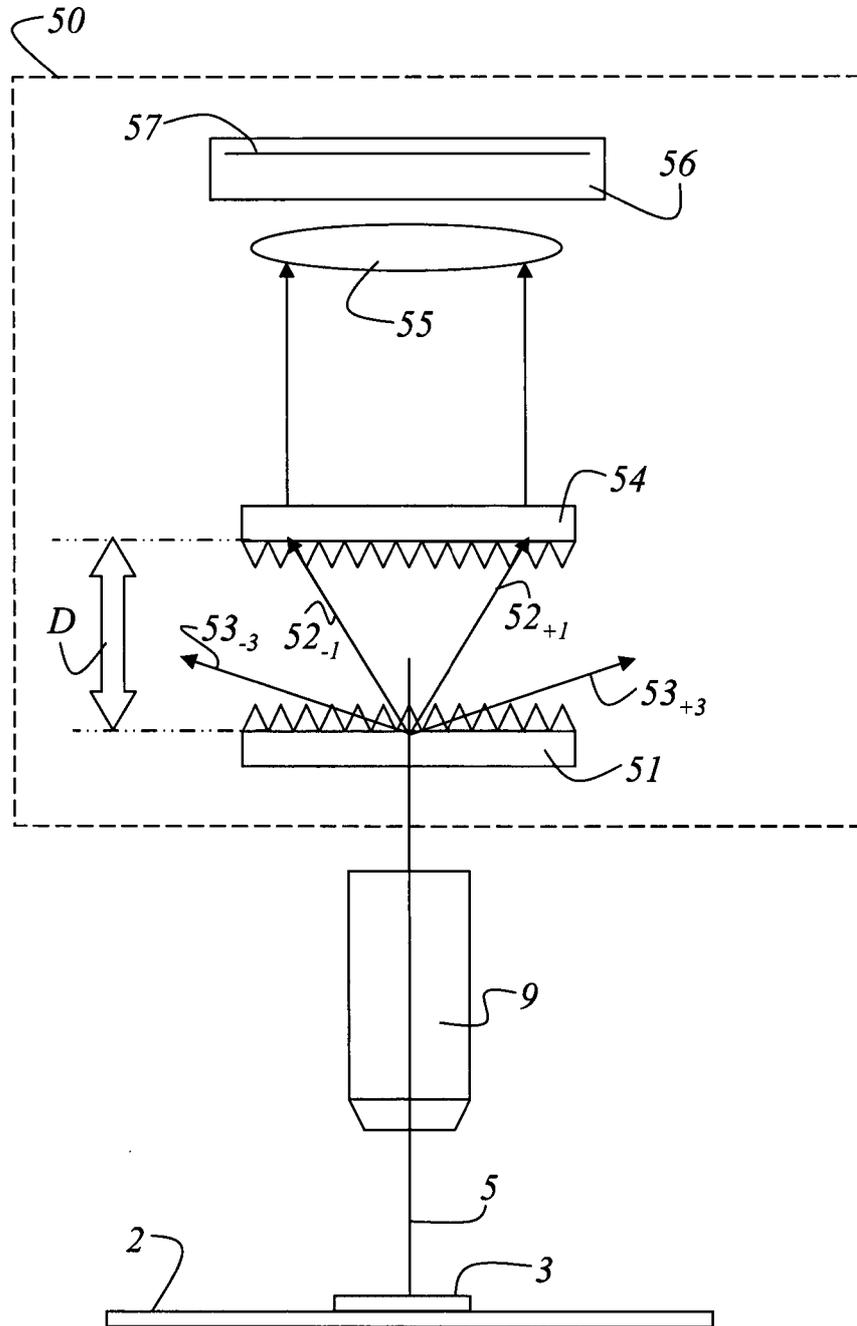


Fig. 3

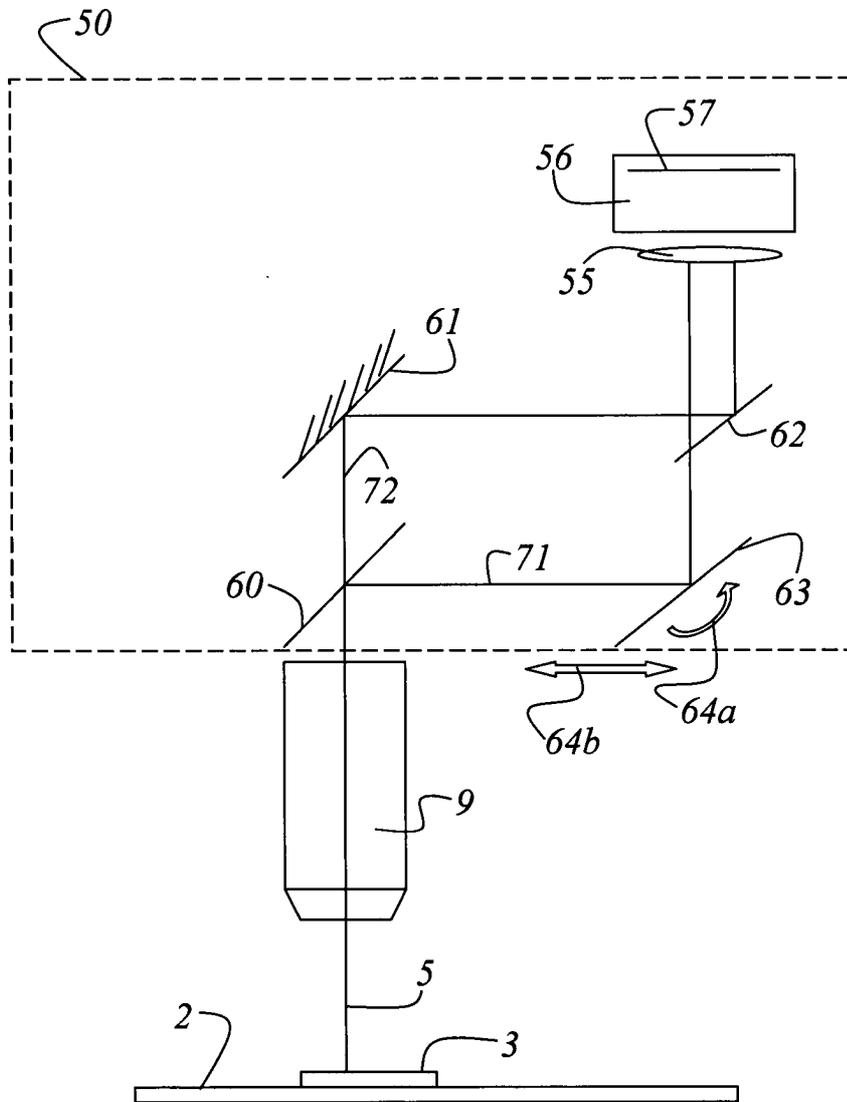


Fig. 4