



(10) **DE 10 2008 037 465 B4** 2019.06.19

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 037 465.2**
(22) Anmeldetag: **17.10.2008**
(43) Offenlegungstag: **22.04.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.06.2019**

(51) Int Cl.: **G01B 11/03 (2006.01)**
G01B 11/24 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
KLA-Tencor MIE GmbH, 35781 Weilburg, DE

(72) Erfinder:
**Laske, Frank, 35781 Weilburg, DE; Fricke,
Wolfgang, 57250 Netphen, DE**

(74) Vertreter:
**Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte,
93047 Regensburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	198 25 829	A1
DE	10 2007 017 630	A1
DE	23 25 598	A

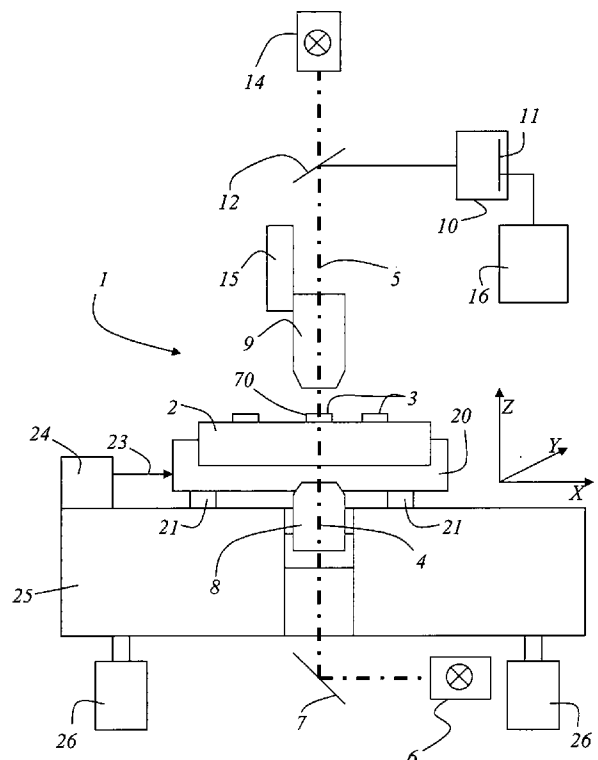
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung der Position von Materialkanten auf einer Maske für die Halbleiterherstellung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Bestimmung der Position von Materialkanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) auf und/oder an einer Maske (2) für die Halbleiterherstellung, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- dass die Maske (2) in einen Messtisch (20) einer Koordinaten-Messmaschine (1) gelegt wird;

- dass die Position von mindestens zwei Materialkanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) mit einem Detektionssystem ermittelt wird, wobei die Materialkanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) jeweils Bestandteil unterschiedlicher Elemente auf und /oder an der Maske (2) sind; und

- dass der Messtisch (20) derart verfahren wird, dass mit dem Detektionssystem mindestens zwei Messwerte pro zu vermessender Materialkante (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) gewonnen werden, um die Position dieser Kanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) zu bestimmen, wobei die mindestens zwei Messwerte von unterschiedlichen Messstellen (50, 51) entlang der jeweiligen Kante (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) gewonnen werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Position von Materialkanten unterschiedlicher Elemente auf einer Maske für die Halbleiterherstellung.

[0002] Ein Messgerät zur Vermessung von Strukturen auf Masken, bzw. Substraten, die zur Herstellung von Halbleitern eingesetzt werden, ist aus dem Vortragsmanuskript „Pattern Placement Metrology for Mask Making“ von Frau Dr. Carola Bläsing offenbart. Der Vortrag wurde anlässlich der Tagung Semicon, Education Program in Genf am 31. März 1998 gehalten. In diesem Vortragsmanuskript sind die Grundlagen eines Koordinaten-Messgeräts ausführlich beschrieben. Bzgl. der Einzelheiten zur Funktionsweise und zum Aufbau des Koordinaten-Messgeräts sei ausdrücklich auf die **Fig. 1** dieser Patentanmeldung verwiesen.

[0003] Die Deutsche Patentschrift DE 103 216 80 B4 offenbart ein Verfahren zur Bestimmung der Güte eines Pellicle, das an einem auf einer Maske angeordneten Rahmen zum Schutz einer auf der Maske angeordneten Struktur vor einer Kontamination mit mikroskopischen Partikeln befestigt ist. Die Maske wird zusammen mit dem Pellicle in ein Belichtungsgerät eingebracht und anhand des Durchstrahlens des Pellicles und der Maske, kann man aus der resultierenden Beugung auf die Güte des Pellicle schließen.

[0004] Das U.S.-Patent 5,853,927 A offenbart ein Verfahren zur Ausrichtung einer Maske in einem fotolithographischen Prozess. Die Maske trägt einen Rahmen mit einem Pellicle zum Schutz der darunter liegenden Strukturen und bereits mit dem bloßen Auge, bzw. durch die Verwendung eines Mikroskops kann ein Benutzer die schlechte Ausrichtung des Pellicle-Rahmens in Bezug auf die Maske ermitteln. Hierzu sind auf der Maske eine Reihe von Ausrichtstrukturen aufgebracht, anhand derer die Ausrichtung des Pellicle-Rahmens in Bezug auf die Maske überprüft, bzw. korrigiert werden können.

[0005] Die Japanische Patentanmeldung JP H10-73407 A offenbart eine Koordinaten-Messmaschine, die ebenfalls die Strukturen auf der Maske durch einen Pellicle-Rahmen geschützt hat. Bei der hier vorgeschlagenen Vorrichtung wird die Wölbung des Pellicles bei der Bestimmung der Position der Strukturen auf der Maske mit berücksichtigt. Mit der in der Patentanmeldung vorgeschlagenen Vorrichtung ist es möglich, die Wölbung des Pellicles, welches in den Rahmen eingespannt ist zu bestimmen und ggf. bei der Messung der Positionen der Strukturen auf der Maske zu berücksichtigen.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren zu schaffen, mit dem Positionen von Materialkanten auf

einer Maske, bzw. von Elementen auf der Maske bestimmt werden können. Für die Bestimmung der Materialkanten soll die Koordinaten-Messmaschine verwendet werden, so dass auf eine zusätzliche Einrichtung zur Vermessung dieser Materialkanten verzichtet werden kann.

[0007] Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position von Materialkanten auf einer Maske für die Halbleiterherstellung gelöst, die die Merkmale des Anspruchs 1 umfasst.

[0008] Für die Bestimmung der Position von Materialkanten auf einer Maske für die Halbleiterherstellung wird die Maske, die unterschiedliche Elemente trägt, in einen Messtisch der Koordinaten-Messmaschine gelegt. Die Position von mindestens zwei Materialkanten wird mit einem Detektionssystem ermittelt. Jede der Materialkanten ist dabei Bestandteil eines unterschiedlichen Elements auf der Maske. Zur Bestimmung der Position der Materialkanten wird der Messtisch derart verfahren, dass mit dem Detektionssystem mindestens zwei Messwerte pro zu vermessender Kante gewonnen werden. Aus diesen beiden Messwerten lässt sich dann die Position dieser Kante bestimmen.

[0009] Falls das Element auf der Maske, welches die zu bestimmende Kante aufweist, mehr als drei Kanten umfasst, wird der Messtisch der Koordinaten-Messmaschine derart verfahren, dass mit dem Detektionssystem mindestens zwei Messwerte der drei zu bestimmenden Materialkanten des gleichen Elements erfasst werden. Aus der bestimmten Position der Materialkanten kann somit auch die geometrische Form des Elements, bzw. der Maske bestimmt werden.

[0010] Bei den zu bestimmenden Materialkanten kann es sich um die Kanten der Maske selbst handeln. Ebenso kann eine Kante bestimmt werden, die aus einem Höhenunterschied oder Kontrastunterschied auf der Maske gebildet wird. Die Kanten können dadurch entstehen, dass eine Schicht zur Herstellung der Strukturen auf die Maske aufgebracht wurde. In der Regel wird diese Schicht derart wieder von der Maske entfernt, dass ein schichtfreier Bereich bis hin zum Rand der Maske gebildet wird. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gilt es somit auch diese Kanten zu lokalisieren. Die Schicht kann z.B. aus einer Chromschicht oder einer anderen reflektierenden Schicht bestehen. Ebenso ist es denkbar, dass die Schichten aus einem Photolack bestehen. Dieser Höhen- und/oder Kontrastunterschied entsteht z. B. bei der Entlackung von auf der Maske aufgetragenen Fotolacken zur Herstellung der Strukturen auf der Maske. Eine weitere Materialkante entsteht durch den Rahmen des Pellicle, der auf der Maske aufgesetzt ist, um die Strukturen auf der Maske vor Kontamination und/oder Beschädigung zu schützen. Eine

weitere Kante ist zum Beispiel die Fase, welche umlaufend um die Maske ausgebildet ist.

[0011] In der Regel besitzt die Maske vier Kanten, wobei die Position und/oder die räumliche Lage relativ zu einem Koordinatensystem einer der Kanten über jeweils mindestens zwei Messstellen bestimmt wird. Anhand der gewonnenen Messwerte werden die Größe der Maske und/oder das Zentrum der Maske berechnet. Der Rahmen des Pellicles umfasst ebenfalls vier Seiten, von denen jede aus einem Kantenpaar besteht. Die Position des Kantenpaars wird ebenfalls über zwei Messstellen bestimmt. Anhand der gewonnenen Messwerte wird die Größe des Rahmens, das Zentrum des Rahmens und/oder die Orthogonalität des Rahmens berechnet. Die Anzahl der zu vermessenden Kanten kann sich der Benutzer je nach einem beliebigen Messrezept selbst zusammenstellen. Ebenso ist die Anzahl der Messwerte pro zu bestimmender Kante frei wählbar.

[0012] Die Positionen der Kanten werden mit einer Kamera der Koordinaten-Messmaschine aufgenommen. Anschließend werden die Positionen der Kanten mittels Bilderkennung ermittelt. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Position der einzelnen Kanten ist, dass das Laser-Autofokussystem der Koordinaten-Messmaschine verwendet wird, um die Positionen der Kanten zu ermitteln. Aus dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, die Positionen der Kanten im Mikrometer-Bereich zu bestimmen.

[0013] Im Folgenden sollen Ausführungsbeispiele die Erfindung und ihre Vorteile anhand der beigefügten Figuren näher erläutern.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Aufbau einer Koordinaten-Messmaschine, mit der die Strukturen, bzw. die Lage der Kanten der Strukturen in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine bestimmt werden können.

Fig. 2 zeigt den schematischen Aufbau eines optischen Systems, welches bei der Koordinaten-Messmaschine verwendet wird und mit dem die Positionen von Strukturen auf der Maske, sowie auch die Positionen der Kanten der verschiedenen Materialien auf der Maske vermessen werden können.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf eine Maske, auf der ein Pellicle-Rahmen zum Schutz der darunter liegenden Strukturen auf der Oberfläche der Maske angebracht ist.

Fig. 4 zeigt eine Detailansicht (Seitenansicht) des Bereichs aus **Fig. 3**, der mit einem gestrichelten Kreis gekennzeichnet ist.

Fig. 5 zeigt eine Detailansicht eines Bereichs der Maske mit einem Pellicle-Rahmen, wobei die einzelnen Messrichtungen für die Bestimmung der Position der einzelnen Kanten der auf der

Maske vorhandenen Materialien eingezeichnet sind.

Fig. 6 zeigt schematisch das registrierte Signal, welches bei der Detektion des Rahmens des Pellicles ermittelt werden kann.

Fig. 7 zeigt ein schematisches Signal, das bei der Ermittlung der Position der Kante der Maske erhalten wird.

Fig. 8 zeigt die Bestimmung der Lage mindestens einer Kante der Maske mit Auflicht.

[0014] Für gleiche oder gleich wirkende Elemente der Erfindung werden identische Bezugszeichen verwendet. Ferner werden der Übersicht halber nur Bezugszeichen in den einzelnen Figuren verwendet, die für die Beschreibung der jeweiligen Figur erforderlich sind. Die dargestellten Ausführungsformen stellen lediglich Beispiele dar, wie die erfindungsgemäße Vorrichtung ausgestaltet sein kann, um die unterschiedlichen Positionen von unterschiedlichen Kanten auf der Maske zu bestimmen. Es ist für einen Fachmann selbstverständlich, dass unter einer Maske sämtliche für die Halbleiterherstellung verwendbaren Masken fallen. Dies sind zum Beispiel Masken, die Quarz als Trägermaterial besitzen oder Masken, die ein LTEM-Material (low thermal expansion material) als Trägermaterial besitzen.

[0015] Eine Koordinaten-Messmaschine der in **Fig. 1** dargestellten Art ist bereits seit längerem aus dem Stand der Technik bekannt. Die Koordinaten-Messmaschine **1** weist einen Granitblock auf, der auf Schwingungsdämpfern **26** gelagert ist. Der Granitblock soll dabei nicht als eine Beschränkung der Erfindung aufgefasst werden. Für einen Fachmann ist es selbstverständlich, dass anstelle eines Granitblocks jeder beliebige Block verwendet werden kann, der zumindest eine Ebene zur Verfügung stellt, auf der ein Messtisch **20** verfahren werden kann. Auf dem Granitblock **25** ist, wie bereits erwähnt, ein Messtisch in **X**-Koordinatenrichtung und in **Y**-Koordinatenrichtung verschiebbar angeordnet. Der Messtisch **20** ist durch entsprechende Lager in der **X**-Koordinatenrichtung und in der **Y**-Koordinatenrichtung bewegbar. Die Lager **21** können bevorzugter Weise aus Luftlagern bestehen. Der Messtisch **20** besteht vorteilhafter Weise aus einer Glaskeramik mit geringem thermischem Ausdehnungskoeffizienten. Antriebselemente zum Verfahren des Messtisches **20** sind nicht dargestellt. Die Position des Messtisches **20** wird mit mindestens einem Laserinterferometer-System **24**, das einen Messlichtstrahl **23** aussendet, in **X**-Koordinatenrichtung und in **Y**-Koordinatenrichtung gemessen. In den Messtisch **20** wird die zu vermessende Maske **2**, welche die Strukturen **3** trägt, eingelegt. Die Maske **2** besteht z. B. aus Quarzglas. Mit der Koordinaten-Messmaschine **1** soll eine Kante **70** einer bestimmten Struktur **3** in Bezug auf das

Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1** bestimmt werden.

[0016] Oberhalb der Maske **2** befindet sich ein Messobjektiv **9** hoher optischer Güte, das zur Fokussierung längs einer optischen Achse **5** in Z-Koordinatenrichtung verstellbar ist. Die optische Achse definiert den Bezugspunkt für die Messung der Lage der Kante **70** in Bezug auf das Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1**. Das Messobjektiv **9** ist über eine Verstelleinheit **15** in Z-Koordinatenrichtung verstellbar. Von einer Auflichtlichtquelle **14** gelangt das Licht durch das Messobjektiv **9** auf die Oberfläche der Maske **2**. Das vom Messobjektiv **9** gesammelte Licht, welches von der Maske ausgeht, gelangt über einen Teilerspiegel **12** auf eine Kamera **10**. Die Kamera **10** ist beispielsweise als CCD-Kamera ausgebildet und ist mit einer Rechneinheit verbunden. Die Rechneinheit dient neben der Auswertung der Messergebnisse auch zu einer Steuerung der Messmaschine und zur Durchführung der einzelnen Messprozesse, bzw. Messabläufe, welche an der jeweiligen Maske durchgeführt werden sollen. Die CCD-Kamera ist mit einem hoch auflösenden Pixelarray ausgestattet. Für die Bestimmung der Lage der Kante **70** einer Struktur **3** in Bezug auf das Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1** wird auf dem Detektor ein Messfenster definiert, innerhalb dessen die zu vermessende Struktur **3** zu liegen kommt.

[0017] In den Granitblock **25** ist ein höhenverstellbarer Kondensator **8** eingesetzt. Dem Kondensator **8** ist eine weitere Beleuchtungsquelle zugeordnet. Diese Beleuchtungsquelle **6** funktioniert als Durchlichtlichtquelle und definiert einen Durchlichtbeleuchtungsstrahlengang **4**. Der Durchlichtstrahlengang **4** wird mittels eines Umlenkspiegels **7** auf den Kondensator **8** gerichtet. Diese Anordnung der Durchlichtbeleuchtung stellt lediglich eine mögliche Ausführungsform dar und soll folglich nicht als eine Beschränkung der Erfindung aufgefasst werden. Es ist für einen Fachmann selbstverständlich, dass die Zuführung des Beleuchtungslichts auf verschiedene Weise realisiert werden kann.

[0018] Ebenso ist in **Fig. 1** nicht dargestellt, dass der Koordinaten-Messmaschine **1** eine Eingabeeinheit, bzw. Eingabe zugeordnet sein kann, über die der Benutzer entsprechende Parametereingaben für die einzelnen Messprozeduren machen kann, die an den einzelnen Masken durchgeführt werden sollen. Die Eingabe ist deshalb erforderlich, damit der Messprozess an der Maske möglichst automatisch ablaufen kann.

[0019] **Fig. 2** zeigt einen detaillierten Aufbau der optischen Einrichtung **100**, wie er bei der Koordinaten-Messmaschine **1** eingesetzt wird. Dabei werden für gleiche Teile, wie sie bereits in **Fig. 1** beschrieben worden sind, gleiche Bezugszeichen verwendet. Die

optische Einrichtung **100** umfasst ein Messobjektiv, mit dem im Wesentlichen die Strukturen auf der Oberfläche **2a** des Substrats **2** abgebildet werden. Das Messobjektiv **9** besitzt dabei einen geringen Arbeitsabstand **140** von der Oberfläche **2a** der Maske **2**. Für die Beleuchtung der Maske **2** sind eine Durchlichtbeleuchtungseinrichtung **6** und eine Auflichtbeleuchtungseinrichtung **14** vorgesehen. Das Licht der Durchlichtbeleuchtungseinrichtung **6** wird in eine Faser **6a** eingekoppelt und mittels der Faser **6a** zu einem Kondensator **8** geführt, der letztendlich das Beleuchtungslicht für die Maske **2** zur Verfügung stellt. Ebenso ist es möglich, eine Auflichtbeleuchtung mittels der Auflichtbeleuchtungseinrichtung **14** durchzuführen. Das Licht der Auflichtbeleuchtungseinrichtung **14** wird ebenfalls in eine Faser **14a** eingekoppelt. Über eine Strahlformoptik **108** gelangt das aus der Lichtleitfaser **14a** austretende Licht zu einer Blende und von dort auf einen zweiten semitransparenten Strahlteiler **132**, der das Licht in die optische Achse **5** des Messobjektivs **9** einkoppelt. Ebenso ist eine Beleuchtungseinrichtung **102** für die Alignment-Beleuchtung vorgesehen. Das Licht der Beleuchtungseinrichtung **102** wird ebenfalls in eine Faser **102a** eingekoppelt. Über eine Strahlformoptik **106** gelangt das Licht der Beleuchtungseinrichtung **102** zu einem vierten semitransparenten Strahlteiler **134**, der somit ebenfalls das Licht für das Alignment in die optische Achse **5** des Messobjektivs **9** einkoppelt. Ferner ist ein Laser-Autofokussystem **120** vorgesehen, dessen Messlicht ebenfalls zu einem semitransparenten Strahlteiler **133** gelangt, der ebenfalls das messlicht des Autofokussystems **120** in die optische Achse **5** des Messobjektivs **9** koppelt. Das von der Oberfläche der Maske **2** zurückkommende Licht des Laser-Autofokussystems **120** wird dann mittels eines dritten Strahlteilers **133** wieder in das Laser-Autofokussystem eingekoppelt, der letztendlich daraus den Fokuszustand ermittelt. Das von der Alignment-Beleuchtung von der Oberfläche **2a** der Maske **2** reflektierte Licht wird ebenfalls mittels des Messobjektivs gesammelt und gelangt zu einer Abbildungsoptik **104** für das Alignment-System. Das von der Optik **104** austretende Licht wird in eine Faser eingekoppelt, die das Licht einer CCD-Kamera **110** zuführt. Mit der CCD-Kamera wird letztendlich die Auswertung hinsichtlich der Positionen der Strukturen der unterschiedlichen Materialien auf der Oberfläche **2a** der Maske **2** durchgeführt. Das von der Auflichtbeleuchtungseinrichtung **14** kommende Licht wird mittels des Messobjektivs auf die Oberfläche der Maske **2** abgebildet. Dieses von der Oberfläche dann ausgehende Licht wird mittels des Messobjektivs **9** gesammelt und gelangt über einen ersten Strahlteiler **131** zu einer CCD-Kamera **10**. Ebenso wird das von der Durchlichtbeleuchtungseinrichtung **6** kommende Licht mit dem Messobjektiv **9** gesammelt und gelangt ebenfalls über den ersten Strahlteiler **131** zu der Kamera **10**. Dem ersten Strahlteiler **131** ist eine Tubuslinse **112** und eine Feldlinse **114** nachgeschaltet. Mit diesem Linsensystem

wird das von dem Messobjektiv gesammelte Licht auf den CCD-Chip der Kamera **10** abgebildet. Mit dieser Einrichtung ist es möglich, die Positionen der Strukturen auf der Oberfläche der Maske in Bezug auf das Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1** zu vermessen.

[0020] Fig. 3 zeigt schematisch die Draufsicht auf eine Maske **2**, auf der mehrere unterschiedliche Elemente aufgebracht sind, deren Kantenpositionen mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ermittelt werden können. In der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform ist auf der Maske **2** zunächst ein Rahmen **30** mit einem Pellicle **40** aufgebracht. Zusätzlich ist auf der Oberfläche **2a** der Maske **2** als weiteres Element eine Chromschicht **33** vorgesehen. Diese Chromschicht **33** reicht nicht vollkommen bis an die Kanten **2₁**, **2₂**, **2₃** und **2₄** der Maske **2** heran. Der Rahmen **30** umfasst ebenfalls vier Rahmenteile **30₁**, **30₂**, **30₃** und **30₄**. Ebenso kann man aus Fig. 3 die Messstellen **50** für die Kanten **2₁**, **2₂**, **2₃** und **2₄** der Maske **2** erkennen. Zusätzlich sind für den Rahmen **30** weitere Messstellen **51** vorgesehen, mit denen die Positionen der Kanten **30₁**, **30₂**, **30₃** und **30₄** vermessen werden können.

[0021] In der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform sind die Messstellen **50**, bzw. **51** lediglich den Kanten der Maske **2**, bzw. den Kanten des Rahmens **30** zugeordnet. So sind jeder Kante **2₁**, **2₂**, **2₃** und **2₄** der Maske **2** jeweils zwei Messstellen **50** zugeordnet. Es ist für einen Fachmann selbstverständlich, dass nicht die Position einer jeden Kante bestimmt werden muss. Ebenso können jeder Kante **30₁**, **30₂**, **30₃** und **30₄** des Rahmens **30** ebenfalls zwei Messstellen **51** zugeordnet sein, was nicht als Beschränkung der Erfindung aufgefasst werden soll. Da die Maske **2** und der Rahmen **30** für das Pellicle **40** aus jeweils vier Kanten bestehen, werden die Positionen der einzelnen Kanten mit jeweils acht Messstellen vermessen. Anhand der gemessenen Positionen kann man verschiedene Parameter der Maske **2**, bzw. des Rahmens **30** für das Pellicle **40** bestimmen. Anhand der Ergebnisse der Messstellen **50** für die Maske **2** kann man die Maskengröße und das Zentrum **60** der Maske **2** bestimmen. Anhand der Ergebnisse der Positionen für die Kanten **30₁**, **30₂**, **30₃** und **30₄** des Rahmens **30** kann man die Rahmengröße, das Zentrum **60** des Rahmens **30** und die Orthogonalität des Rahmens **30** bestimmen.

[0022] Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht der in Fig. 3 mit dem gestrichelten Kreis gekennzeichneten Bereichs. Auf der Oberfläche **2a** der Maske **2** sind mehrere Elemente aufgebracht, die jeweils Kanten ausbilden. So ist z. B. auf der Oberfläche der Maske **2a** eine Chromschicht **33** aufgebracht, die eine Kante **32** ausbildet. Wie bereits oben erwähnt, kann dies auch eine Schicht aus einem anderen Material sein. Ebenso ist auf der Oberfläche der Maske **2a** der Rahmen **30** für

das Pellicle **40** aufgebracht. In der in Fig. 4 gezeigten Darstellung ist lediglich der Teilbereich **30₃** des Rahmens **30** zu erkennen. Der Teilbereich **30₃** des Rahmens besitzt eine äußere Kante **30_{3A}** und eine innere Kante **30_{3B}**. In einer möglichen Ausführungsform kann die Maske **2** an ihrer Kante eine Stirnseite **2S** und eine Fase **2F** besitzen. Diese entsprechende Ausgestaltung der Kante der Maske **2** kann entsprechend mit dem erfindungsgemäßen Verfahren detektiert werden.

[0023] Fig. 5 zeigt ebenfalls eine Detailansicht eines Eckbereichs einer Maske **2**, auf deren Oberfläche **2a** ein Rahmen **30** für ein Pellicle **40** vorgesehen ist. In der hier gezeigten Darstellung ist das Kantenpaar **30₂** und **30₃**, welches senkrecht zueinander steht, des Rahmens **30** dargestellt. Ebenfalls sind in der Fig. 5 die senkrecht zueinander stehenden Kanten **2₂** und **2₃** zu erkennen. Die Messstellen sind durch Pfeile dargestellt. Ebenso sind die Messstellen **51** für die Bestimmung der Position der Kantenpaare **30₂** und **30₃** des Rahmens durch Pfeile dargestellt. Mit den Pfeilen soll angedeutet werden, dass der Messtisch **20** der Koordinaten-Messmaschine **1** derart gesteuert wird, dass die Messrichtung parallel zu den entsprechend zugeordneten Richtungen des Koordinatensystems verläuft.

[0024] Fig. 6 zeigt schematisch das Signal **300**, welches mit einer der Messstellen **51** registriert worden ist. Auf der Abszisse ist je nach Messung die Position in **X**-Koordinatenrichtung oder in **Y**-Koordinatenrichtung aufgetragen. Auf der Ordinate ist die gemessene Intensität des Signals **300** aufgetragen. Das gemessene Signal zeigt einen Anstieg und nach einer gewissen Zeit einen Abfall der Intensität. Der Anstieg ist durch die äußere Kante **30_{3A}** des Kantenpaares **30₃** bedingt. Der Abfall der Intensität ist durch die innere Kante **30_{3B}** des Kantenpaares **30₃** bedingt. Anhand des Signals **300** lässt sich die Position des Kantenpaares **30₃** und logischerweise auch der anderen Kantenpaare **30₁**, **30₂** und **30₄** ermitteln.

[0025] Fig. 7 zeigt schematisch das Signal **200**, welches mit der Messstelle **50** registriert worden ist. Mittels der Messstelle **50** kann die Position der Kante **2₁**, **2₂**, **2₃** oder **2₄** der Maske **2** ermittelt werden. Hier ist ebenfalls auf der Abszisse die Position in **X**- oder **Y**-Koordinatenrichtung aufgetragen. Auf der Ordinate ist die Intensität des gemessenen Signals **200** aufgetragen. Anhand des Anstiegs des Signals **200** kann somit die Position der Maske **2** ermittelt werden. Wie bereits oben erwähnt, können anhand der ermittelten Positionen der unterschiedlichsten Kanten die unterschiedlichsten Parameter der einzelnen Elemente auf der Oberfläche **2a** der Maske **2** bestimmt werden.

[0026] Fig. 8 zeigt schematisch die Intensität **400**, die man gewinnt, wenn man den in Fig. 8 dargestellten Bereich der Maske **2** im Auflicht **401** beleuchtet.

Das von der Maske 2, dem Teilbereich 30₃ des Rahmens 30 oder der durch die Chromschicht 33 gebildeten Kante 32 reflektierte Licht 402 gelangt zu der Kamera und wird dort detektiert. Die Chromschicht 33 reflektiert das Licht 402, so dass viel Licht auf den als CCD-Chip ausgebildeten Detektor der Kamera gelangt. Der Bereich des CCD-Chips, der Licht von der Teilbereich 30₃ des Rahmens 30 empfängt, registriert eine verminderte Intensität des reflektierten Lichts 402. Durch diesen Abfall und erneuten Anstieg der gemessenen Intensität kann man eindeutig die Lage der Kante des Rahmens 30 des Pellicle 40 bestimmen. Es ist für einen Fachmann selbstverständlich, dass dieses Messverfahren auch in Transmission durchgeführt werden kann. Die einzige Voraussetzung ist, dass die aufgebrachte Schicht für die Messwellenlänge zumindest teilweise transparent ist.

[0027] Die Erfindung wurde unter Bezugnahme auf eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben. Es ist jedoch für einen Fachmann selbstverständlich, dass Änderungen und Abwandlungen gemacht werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Position von Materialkanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) auf und/oder an einer Maske (2) für die Halbleiterherstellung, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
 - dass die Maske (2) in einen Messtisch (20) einer Koordinaten-Messmaschine (1) gelegt wird;
 - dass die Position von mindestens zwei Materialkanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) mit einem Detektionssystem ermittelt wird, wobei die Materialkanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) jeweils Bestandteil unterschiedlicher Elemente auf und /oder an der Maske (2) sind; und
 - dass der Messtisch (20) derart verfahren wird, dass mit dem Detektionssystem mindestens zwei Messwerte pro zu vermessender Materialkante (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) gewonnen werden, um die Position dieser Kanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) zu bestimmen, wobei die mindestens zwei Messwerte von unterschiedlichen Messstellen (50, 51) entlang der jeweiligen Kante (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) gewonnen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei mehr als drei zu bestimmenden Materialkanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) des gleichen Elements auch die geometrische Form des Elements bzw. der Maske (20) bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die unterschiedlichen Elemente die Maske (20) selbst oder eine, einen umlaufenden Rand bildende, Schicht (33) auf der Maske (20) oder

einen Rahmen (30) für ein Pellicle (40) oder eine Fase (2F) am Rand der Maske (20) umfassen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zu bestimmenden Materialkanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) auf und/oder an der Maske (20) mindestens eine Kante (2₁, 2₂, 2₃, 2₄) der Maske (20) selbst oder eine Kante, die sich in Bezug auf die Oberfläche der Maske (20) auf einer anderen Höhe befindet oder einen anderen Kontrast als die Maske (20) aufweist, oder mindestens eine Kante (30₁, 30₂, 30₃, 30₄), die durch den Rahmen (30) des Pellicles (40) gebildet wird, umfassen.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rahmen (30) des Pellicle (40) vier Seiten umfasst, von denen jede aus einem Kantenpaar (30_{3A}, 30_{3B}) besteht, wobei die Position des Kantenpaars über zwei Messstellen bestimmt wird und dass anhand der gewonnenen Messwerte die Größe des Rahmens (30), das Zentrum (60) des Rahmens (30) und/oder die Orthogonalität des Rahmens (30) berechnet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) mit einer Kamera (110) der Koordinaten-Messmaschine (1) aufgenommen werden und dass die Positionen der Kanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) mittels Bilderkennung ermittelt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Koordinaten-Messmaschine (1) einen Laser-Autofokus (120) umfasst, mit dem die Positionen der Kanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) ermittelt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position der Kanten (2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 30₁, 30₂, 30₃, 30₄, 32) im ljm-Bereich bestimmt wird.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

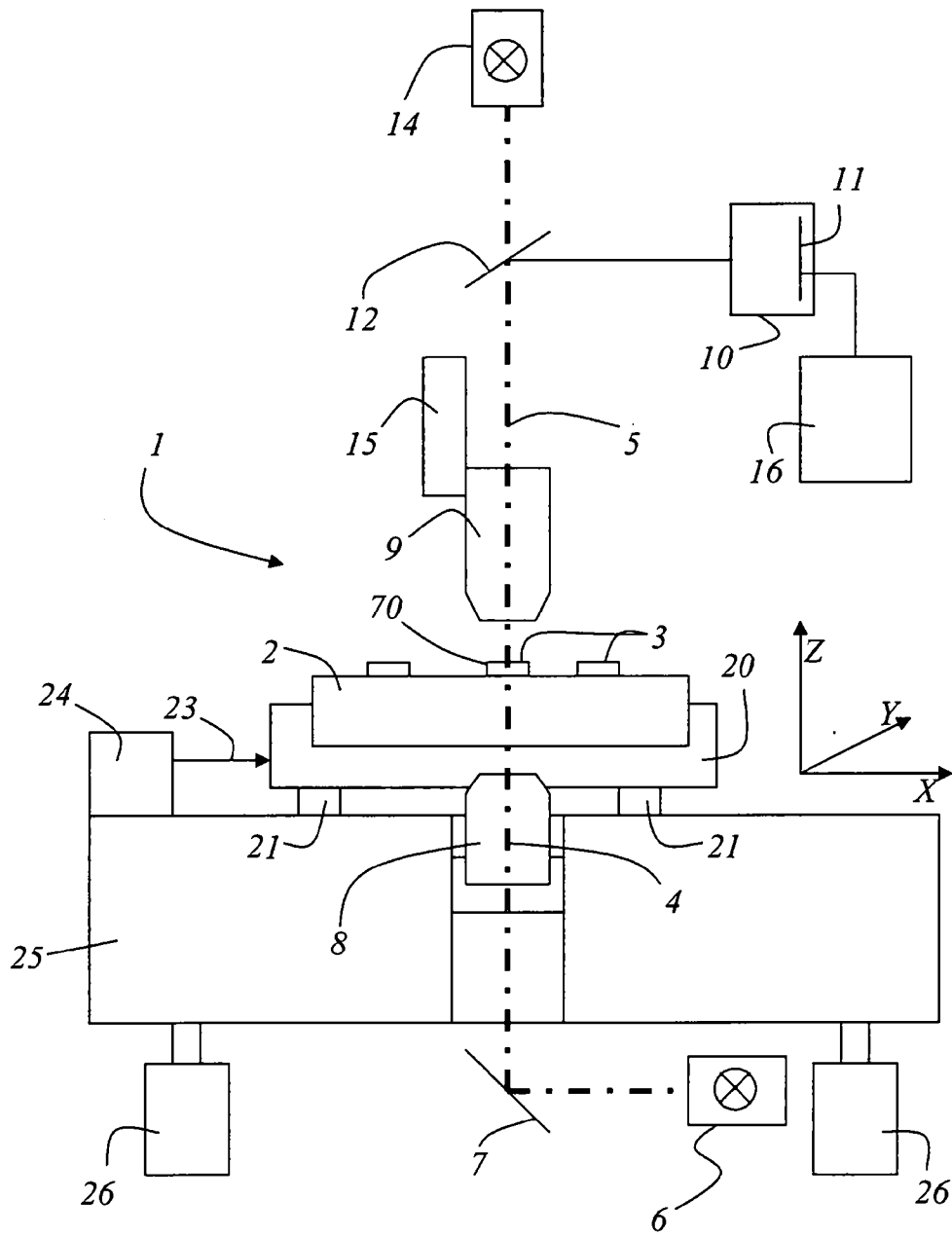


Fig. 1

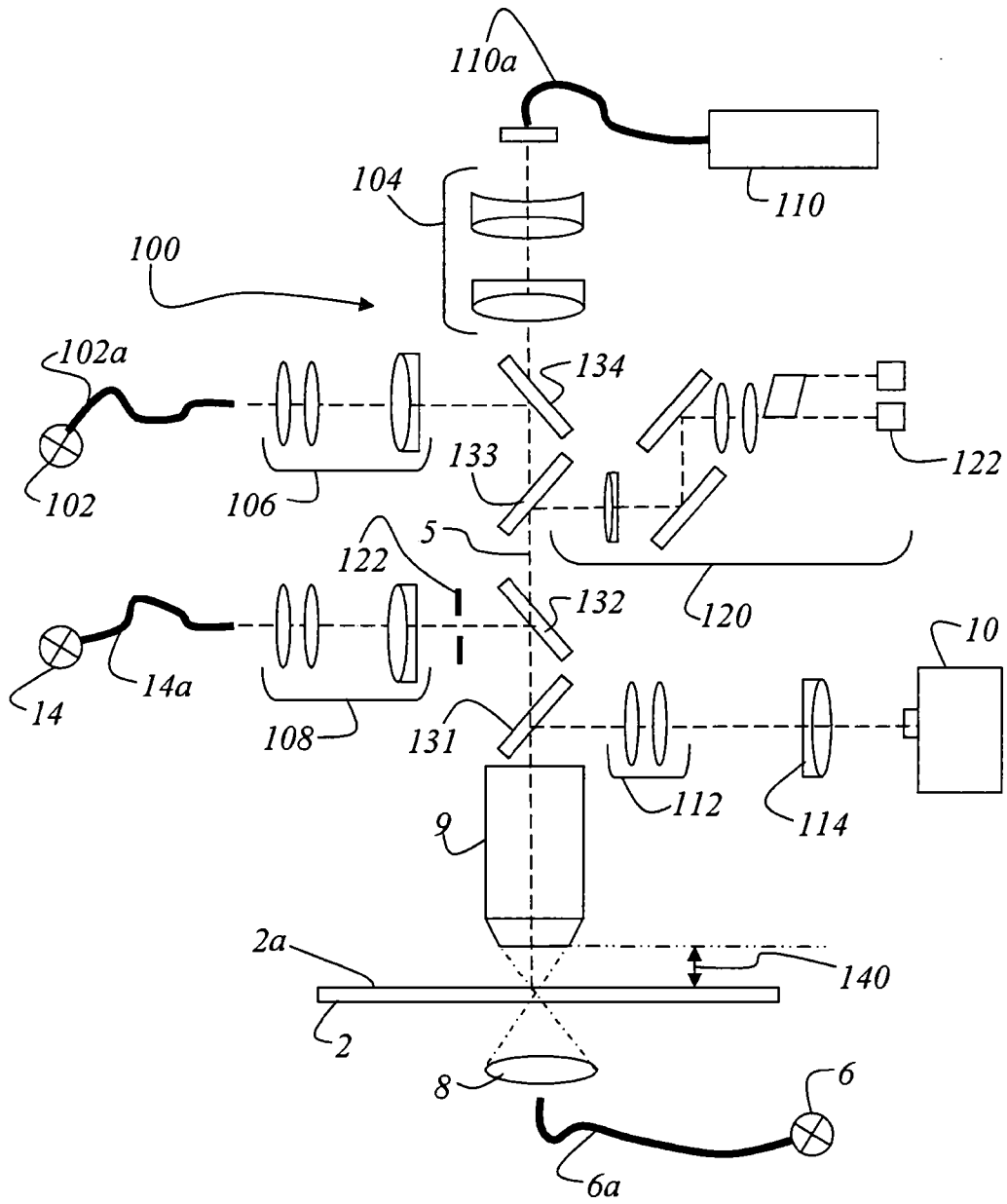


Fig. 2

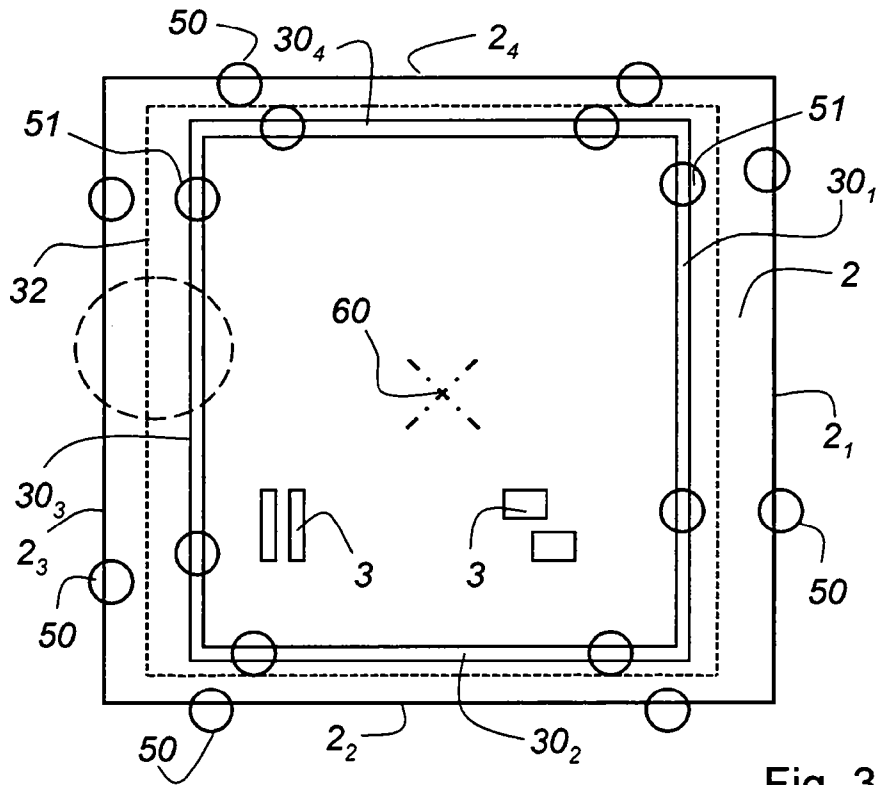


Fig. 3

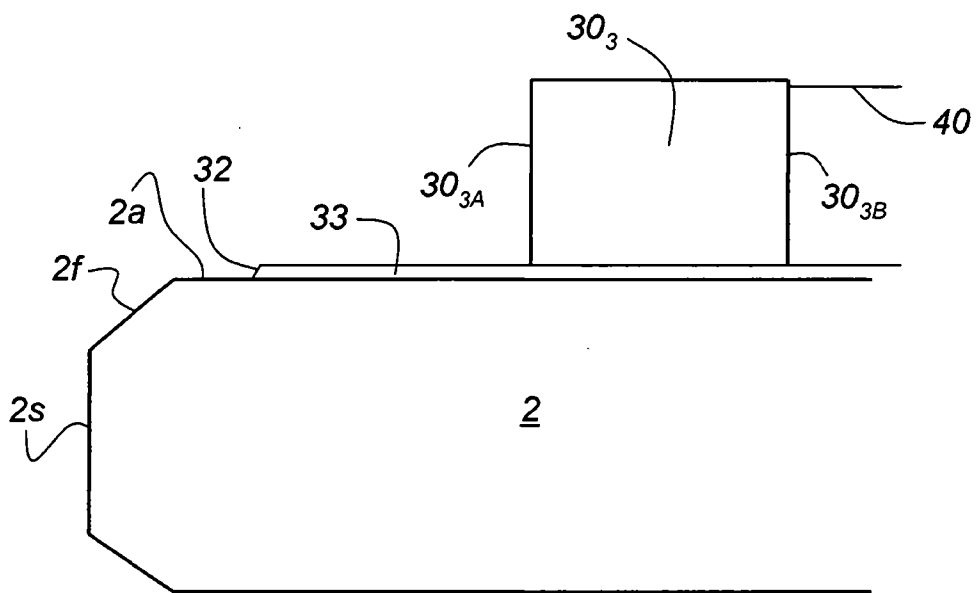


Fig. 4

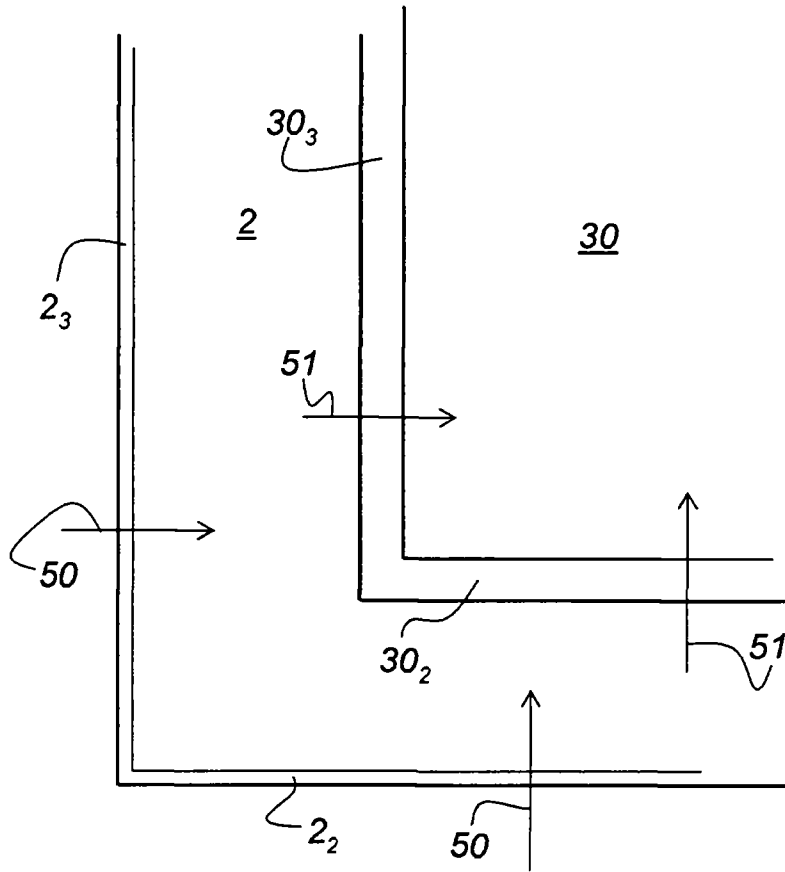


Fig. 5

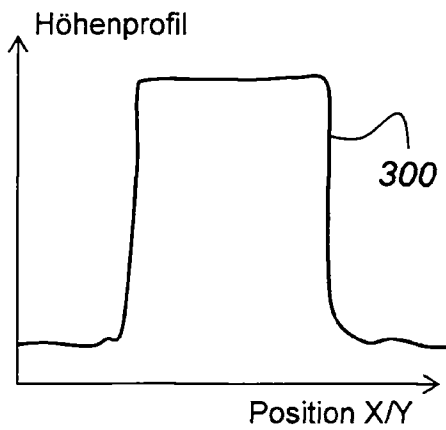


Fig. 6

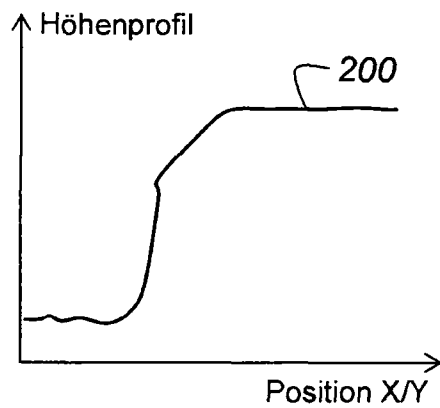


Fig. 7

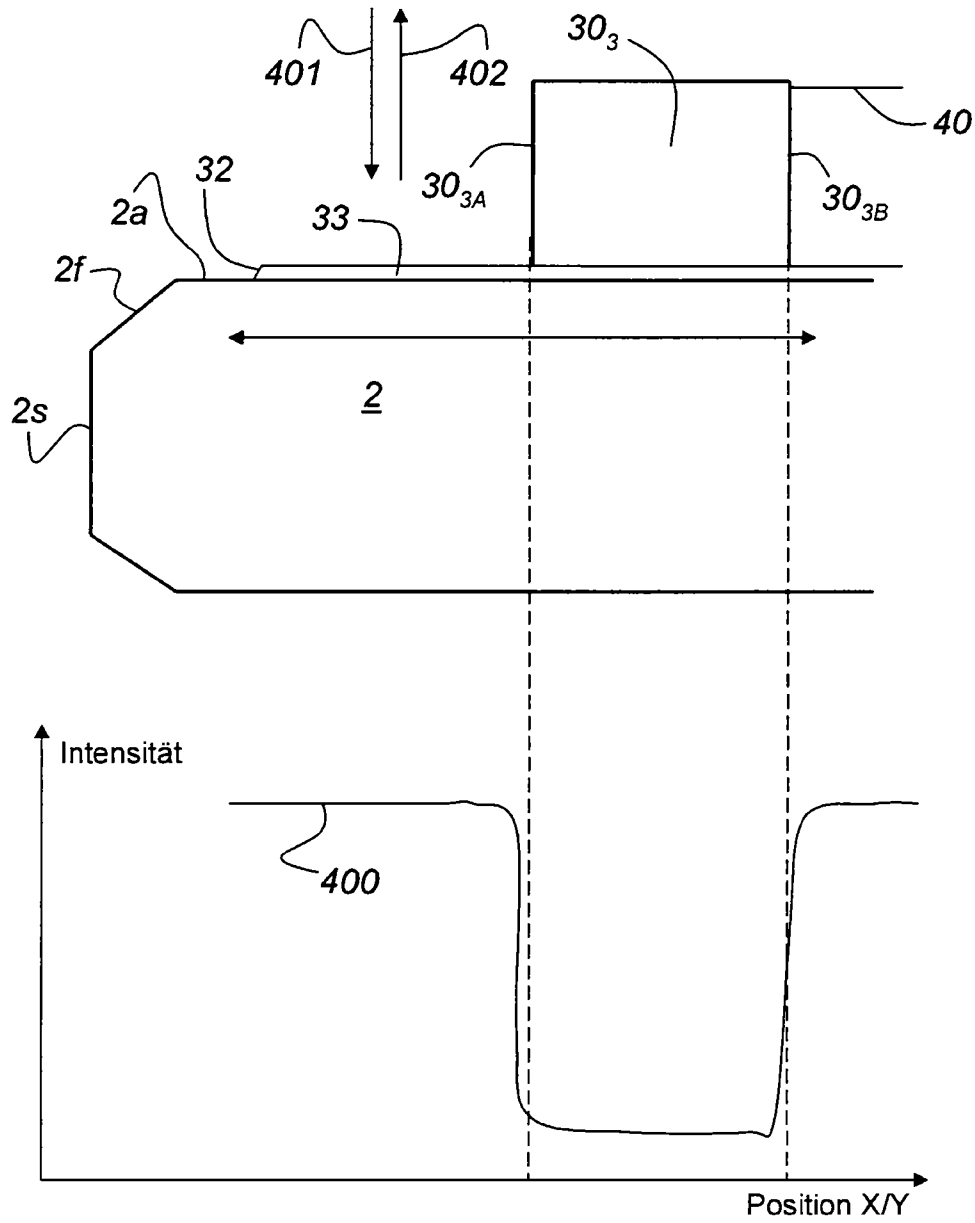


Fig. 8