



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 044 515.0**  
 (22) Anmeldetag: **10.09.2008**  
 (43) Offenlegungstag: **11.03.2010**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **13.08.2015**

(51) Int Cl.: **G01B 11/03 (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:  
**Vistec Semiconductor Systems GmbH, 35781 Weilburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Reichert & Kollegen, 93047 Regensburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Laske, Frank, 35781 Weilburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

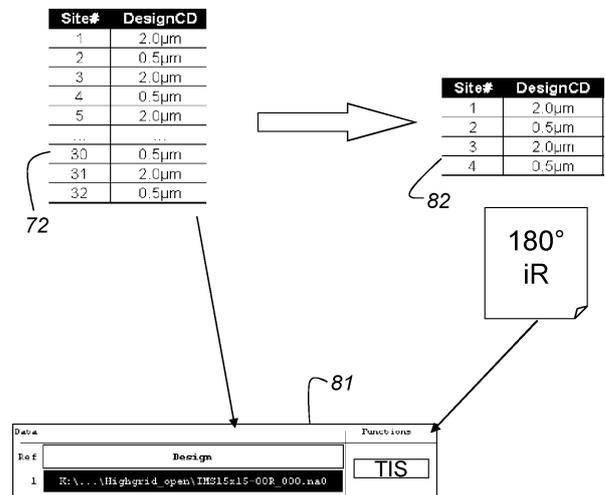
DE	197 34 695	C1
DE	10 2007 000 999	A1
DE	10 2007 033 345	A1
US	6 538 740	B1
US	2002 / 0 015 156	A1
US	2002 / 0 018 207	A1
US	2006 / 0 210 893	A1
US	2007 / 0 064 233	A1
WO	2008/ 055 589	A2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Kompensation der Tool induced shift bei einer Koordinaten-Messmaschine**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Kompensation der Tool Induced Shift bei einer Koordinaten-Messmaschine (1), wobei die zu vermessende Maske (2) für die Halbleiterherstellung mehrere Strukturen (3) aus mindestens zwei unterschiedlichen Strukturtypen trägt, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- dass die Position jeweils mindestens einer Kante (4a, 4b) an mehreren Strukturen (3a, 3b) unterschiedlichen Strukturtyps in einer ersten 0° Orientierung der Maske (2) vermessen werden, wobei die 0° Orientierung der Maske (2) auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine (1) bezogen ist;
- dass die Maske (2) mit einer Einrichtung (34) zum Orientieren in eine um 180° gedrehte Orientierung der Maske (2) relativ zur ersten 0° Orientierung der Maske (2) verbracht wird, wobei die um 180° gedrehte Orientierung ebenfalls auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine (1) bezogen ist;
- dass die Position jeweils mindestens einer Kante (4a, 4b) an mehreren Strukturen (3a, 3b) unterschiedlichen Strukturtyps auf der Maske (2) in der um 180° gedrehten Orientierung der Maske (2) gemessen wird, wobei die Anzahl der gemessenen Strukturen (3a, 3b) der unterschiedlichen Strukturtypen in der um 180° gedrehten Orientierung kleiner ist als in der ersten 0° Orientierung;
- dass aus den Messwerten für die Position der Kanten (4a, 4b) der Strukturen unterschiedlichen Strukturtyps (3a, 3b) in der ersten 0° Orientierung und für die Position der Kanten (4a, 4b) der kleineren Anzahl der Strukturen (3a, 3b) unterschiedlichen Strukturtyps der um 180° gedrehten Orientierung eine Kompensationsfunktion ermittelt wird; und

– dass die Kompensationsfunktion auf die Messwerte der jeweils mindestens einer Kante an den mehreren Strukturen (3a, 3b) unterschiedlichen Strukturtyps in der ersten 0° Orientierung angewendet wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kompensation des Tool Induced Shift bei einer Koordinaten-Messmaschine. Die zu vermessenden Masken tragen mehrere Strukturen und werden zur Halbleiterherstellung in einem Lithographieprozess verwendet. Die auf der Maske vorhandenen Strukturen umfassen mindestens zwei unterschiedliche Strukturtypen.

**[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]** Ein Messgerät zur Vermessung von Strukturen auf einem transparenten Substrat kann der Offenlegungsschrift DE 198 19 492 A1 entnommen werden. Das Messgerät umfasst eine Auflichtbeleuchtungseinrichtung, eine Abbildungseinrichtung und eine Detektoreinrichtung, um die Strukturen auf dem Substrat abzubilden. Das Substrat ist dabei auf einem verschiebbaren Messtisch aufgelegt, der senkrecht zur optischen Achse verschoben werden kann. Die Position des Messtisches wird dabei interferometrisch bestimmt. Durch die Detektoreinrichtung werden von den Strukturkanten Profile registriert und anhand der registrierten Kantenprofile wird deren Lage auf der Maske in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine bestimmt.

**[0004]** Die Deutsche Patentschrift DE 100 47 211 B4 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Positionsbestimmung einer Kante eines Strukturelements auf einem Substrat.

**[0005]** Bei dem hier vorgeschlagenen Verfahren wird zunächst ein vollständiges, nicht lineares Intensitätsprofil der zu vermessenden Kante aufgenommen. Aus den Pixeln des Kamerabildes wird ein eindimensionales Modellintensitätsprofil erzeugt. Anschließend wird die gewünschte Kantenposition in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine bestimmt. Dennoch unterliegt dem hier beschriebenen Verfahren der systematische Fehler, der beim Vermessen einer Kante einer Struktur einmal bei einer 0°-Orientierung und ein zweites mal bei einer 180°-Orientierung ermittelt wird.

**[0006]** Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2007 000 999 A1 offenbart ein Verfahren zur Beseitigung von Fehlerquellen der Systemkorrektur einer Koordinaten-Messmaschine. Dabei wird eine Anzahl  $j$  von Referenzstrukturen auf einem starren Referenzobjekt in einer Anfangsorientierung  $k=0$  gemessen. Die Anfangskordinaten und die Referenzkoordinaten in einer Anzahl  $k>3$  werden in jeweils unterschiedlichen Orientierungen der Referenzstrukturen auf dem Referenzobjekt bestimmt.

**[0007]** Das US-Patent US 6,538,740 B1 offenbart ein Verfahren, mit dem es möglich ist, in genauer Art und Weise eine Marke zum Messen der optischen Charakteristik eines optischen Systems herzustellen. Die Marke dient z. B. als Ausrichtsensor eines Belichtungssystems für die Herstellung von Halbleiterbauteilen. Es sind zwei Marken vorgesehen, die einen unterschiedlichen Abstand der Linienstrukturen aufweisen. Anhand des Bildes der Strukturen kann der Fehler des optischen Systems bestimmt werden.

**[0008]** Das deutsche Patent DE 197 34 695 C1 offenbart ein Verfahren zur Selbstkalibrierung einer Koordinaten-Messmaschine, bei dem die Koordinaten von Strukturen auf einem unkalibrierten Referenzobjekt in mehreren Drehlagen auf dem Objektisch der Koordinaten-Messmaschine vermessen werden. Die gemessenen Koordinaten mit Drehfunktion werden in die Ausgangslage zurückgedreht und somit eine Korrekturfunktion bestimmt.

**[0009]** Die US Patentanmeldung US 2007/0064233 A1 offenbart ein Verfahren zum Anpassen eines optischen Systems, um die optischen Elemente des optischen Systems auszurichten. Dieses Dokument hat nichts mit der Vermessung von Strukturen auf einer Maske mit einer Koordinaten-Messmaschine zu tun.

**[0010]** Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2007 033 345 A1 offenbart ein Verfahren zur Korrektur eines Fehlers des Abbildungssystems einer Koordinaten-Messmaschine. Dazu wird die Position von mindestens zwei unterschiedlichen Kanten mindestens einer Struktur auf einem Substrat gemessen. Das Substrat wird in eine gedrehte Orientierung verbracht und anschließend werden die Positionen der Struktur in der gedrehten Orientierung vermessen. Anhand der Messdaten wird ein systematischer Fehler des Abbildungssystems berechnet und eliminiert.

**[0011]** Die internationale Patentanmeldung WO 2008/055589 A1 offenbart ein Verfahren zur Bestimmung des Restfehlers. Dabei wird in einem ersten Schritt eine Maske benutzt, die ein erstes Muster trägt. In einem zweiten Schritt wird ein zweites Muster der Testmaske benutzt, welches in Bezug auf den ersten Schritt reflektiert oder rotiert worden ist. Die-

se Druckschrift hat ebenfalls nichts mit einer Bestimmung von Positionen von Kanten von Strukturen auf einer Maske zu tun.

**[0012]** Die US Patentanmeldung US 2002/0015156 A1 offenbart ein Verfahren zur Bestimmung einer Position, wobei die Position auf einem zu beobachtenden Objekt ausgebildet ist. Die Oberfläche des Objekts wird mit kohärentem Licht beleuchtet. Aus dem von der Oberfläche reflektierten Licht wird auf Basis des Interferenzbildes die Position des Musters bestimmt.

**[0013]** Die US Patentanmeldung US 2002/0018207 A1 offenbart ein Verfahren zum Ausrichten eines Musters, um das Muster eines ersten Objekts auf ein zweites Objekt abzubilden. Eine Vielzahl von Marken auf dem zweiten Objekt wird bestimmt und das erste Objekt und das zweite Objekt werden gegeneinander ausgerichtet.

**[0014]** Die US Patentanmeldung US 2006/0210893 A1 offenbart ein System und ein Verfahren zur Bestimmung eines Overlays einer ersten Schicht und einer zweiten Schicht, die beide auf einem Substrat aufgebracht sind.

**[0015]** Ein weiteres Problem, welches bei der Messung von Strukturen auf einer Maske auftritt ist, dass durch die Eigenschaft der Messoptik die Strukturen unterschiedlichen Typs in ihrer Position in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine unterschiedlich verschoben werden. Dieses Problem nennt man TIS (Tool Induced Shift) Fehler. Vergleicht man nur einen Strukturtyp, der über die Maske verteilt angeordnet ist, hat dieses Problem keine Bedeutung. In Zukunft wird die Anforderung bei der Vermessung von Positionen von Strukturen auf einer Maske darin bestehen, dass die Positionen unterschiedlicher Strukturtypen zu messen sind. Ebenso sollen die Messergebnisse direkt miteinander verglichen werden. Die Verbesserung der Objektive und deren Montage zur Reduktion des TIS-Fehlers kann nur bis zu einem bestimmten, für den Kunden unzureichenden Maße, verringert werden.

**[0016]** Aufgabe der gegenwärtigen Erfindung ist, ein Verfahren zu schaffen, mit dem es auf einfache, dem Durchsatz einer Koordinaten-Messmaschine nicht beeinflussenden Art und Weise möglich ist, eine Kompensation für den TIS-Fehler bereitzustellen.

**[0017]** Die obige Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Kompensation der Tool Induced Shift bei einer Koordinaten-Messmaschine, wobei die zu vermessende Maske für die Halbleiterherstellung mehrere Strukturen aus mindestens zwei unterschiedlichen Strukturtypen trägt, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- dass zunächst die Position jeweils mindestens einer Kante an mehreren Strukturen unterschiedlichen Strukturtyps in einer ersten 0° Orientierung der Maske vermessen werden; wobei die 0° Orientierung der Maske auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine bezogen ist;
- dass die Maske mit einer Einrichtung zum Orientieren in eine um 180° gedrehte Orientierung der Maske relativ zur ersten 0° Orientierung der Maske verbracht wird, wobei die um 180° gedrehte Orientierung ebenfalls auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine bezogen ist;
- dass die Position jeweils mindestens einer Kante an mehreren Strukturen unterschiedlichen Strukturtyps auf der Maske in einer um 180° gedrehten Orientierung der Maske gemessen wird, wobei die Anzahl der gemessenen Strukturen der unterschiedlichen Strukturtypen in der um 180° gedrehten Orientierung kleiner ist als in der ersten 0° Orientierung;
- dass aus den Messwerten für die Position der Kanten der Strukturen unterschiedlichen Strukturtyps in der ersten 0° Orientierung und für die Position der Kanten der kleineren Anzahl der Strukturen unterschiedlichen Strukturtyps der um 180° gedrehten Orientierung eine Kompensationsfunktion ermittelt wird; und
- dass die Kompensationsfunktion auf die Messwerte der jeweils mindestens einer Kante an den mehreren Strukturen unterschiedlichen Strukturtyps in der ersten 0° Orientierung angewendet wird.

**[0018]** Die Kompensationsfunktion wird in einer ersten Ausführungsform vor jeder Messung der Position von Kanten von Strukturen unterschiedlichen Strukturtyps auf einer Maske ermittelt. Eine weitere Möglichkeit ist, dass die zuvor ermittelte Kompensationsfunktion in einer Datenbank abgelegt wird. Dies ist dann von Vorteil, wenn Masken des gleichen Typs vermessen werden. Dadurch spart man sich die Zeit für die Ermittlung der Kompensationsfunktion und kann diese bei jeder Messung von Strukturen unterschiedlichen Strukturtyps auf der jeweiligen Maske des gleichen Maskentyps anwenden.

**[0019]** Die erste Orientierung der Maske ist dabei eine Drehung der Maske um 0°, wobei die erste Orientierung auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine bezogen ist. Die Maske wird dabei derart in den Messtisch der Koordinaten-Messmaschine eingelegt, dass sich eine Ausgangsorientierung (hier 0°) einstellt. Die Ausgangsorientierung kann an bestimmten auf der Maske angebrachten Strukturen bestimmt werden.

**[0020]** Die gedrehte Orientierung ist eine Drehung der Maske um 180°. Die gedrehte Orientierung wird ebenfalls auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine bezogen.

**[0021]** Über eine Eingabemöglichkeit (Tastatur, Touch-Screen) kann ein Benutzer der Koordinaten-Messmaschine die Anzahl der gemessenen Struktur des gleichen Strukturtyps in der gedrehten Orientierung übergeben. Die Messung der Strukturen in der 180°-Orientierung kann dabei von der Anzahl zu messenden, gleichartigen Strukturen reduziert werden, da der TIS-Fehler nur strukturabhängig, aber nicht positionsabhängig ist. Durch die Reduzierung der zu vermessenden Strukturen unterschiedlichen Strukturtyps in der 180°-Orientierung erreicht man somit auch eine Reduzierung der Messzeit und folglich eine Reduzierung der Ermittlung der Kompensationsfunktion für den TIS-Fehler.

**[0022]** Die Anzahl der gemessenen Strukturen in der gedrehten Orientierung ist auf etwa 20% der gemessenen Strukturen in der ersten Orientierung reduziert. Dies ist eine von vielen Möglichkeiten und soll nicht als eine Beschränkung der Erfindung aufgefasst werden. Ebenso ist es möglich in der gedrehten Position die gleiche Anzahl von Strukturen zu vermessen wie in der nicht gedrehten Position der Maske. Mit der Koordinaten-Messmaschine kann die Kompensierung der Tool Induced Shift automatisch durchgeführt werden. Die automatische Durchführung der Messung ist dann möglich, wenn alle für die Messung erforderlichen Parameter eingegeben wurden. Obwohl sich die nachfolgende Beschreibung der Erfindung auf eine Drehung der Maske um 180° ausgehend von einer Ausgangsorientierung von 0° bezieht, ist dies lediglich eine mögliche Ausführungsform, die nicht als Beschränkung der Erfindung aufgefasst werden soll.

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

**[0024]** 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.

**[0025]** Fig. 2 zeigt eine schematische Draufsicht auf ein System, was eine Koordinaten-Messmaschine umfasst, der zusätzliche Einrichtungen zugeordnet sind, wobei eine der Einrichtungen eine Einrichtung zum Drehen, bzw. Orientierung der Maske umfasst.

**[0026]** Fig. 3a zeigt eine schematische Darstellung einer Maske bei der 0°-Orientierung, wobei auf der Maske unterschiedliche Strukturtypen aufgebracht sind.

**[0027]** Fig. 3b zeigt schematisch die Maske aus Fig. 3a bei einer 180°-Orientierung.

**[0028]** Fig. 4 zeigt eine schematische Anordnung einer Einrichtung zur Orientierung einer Maske.

**[0029]** Fig. 5 zeigt schematisch die Zuordnung eines Messfensters zu einer Struktur, um die Position mindestens einer Kante der Struktur in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine zu bestimmen.

**[0030]** Fig. 6 zeigt schematisch das erfindungsgemäße Verfahren, mit dem eine Kompensation der Tool Induced Shift erreicht werden soll.

**[0031]** Fig. 7 zeigt schematisch eine Maske mit mehreren Positionen, an denen sich unterschiedliche Strukturtypen befinden.

**[0032]** Fig. 8 zeigt schematisch den Ablauf zur Bestimmung der Kompensationsfunktion für die Tool Induced Shift.

**[0033]** Eine Koordinaten-Messmaschine **1** der in Fig. 1 dargestellten Art ist bereits seit längerem aus dem Stand der Technik bekannt. Die Koordinaten-Messmaschine **1** weist einen Granitblock **25** auf, der auf Schwingungsdämpfern **26** gelagert ist. Der Granitblock **25** soll dabei nicht als eine Beschränkung der Erfindung aufgefasst werden. Für einen Fachmann ist es selbstverständlich, dass anstelle eines Granitblocks **25** 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, der Messtisch **20** in X-Koordinatenrichtung X und in Y-Koordinatenrichtung Y verschiebbar angeordnet. Der Messtisch **20** ist durch entsprechende Lager **21** in der X-Koordinatenrichtung X und in der Y-Koordinatenrichtung Y 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 Laserinterferometersystem **24**, das einen Messlichtstrahl **23** aussendet, in X-Koordinatenrichtung X und in Y-Koordinatenrichtung Y 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 **50** einer bestimmten Struktur **3** in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1** bestimmt werden.

**[0034]** Oberhalb der Maske **2** befindet sich ein Messobjektiv **9** hoher optischer Güte, dass zur Fokussierung längs einer optischen Achse **5** in Z-Koordinatenrichtung Z verstellbar ist. Die optische Achse **5** definiert den Bezugspunkt für die Messung der Lage der Kante **50** in Bezug auf ein Koordinatensystem.

tem der Koordinaten-Messmaschine **1**. Das Messobjektiv **9** ist über eine Verstelleinheit **15** in Z-Koordinatenrichtung Z 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 **2** ausgeht, gelangt über einen Teilerspiegel **12** auf eine Kamera **10**. Die Kamera **10** ist beispielsweise als CCD-Kamera ausgebildet und ist mit einer Rechneinheit **16** verbunden. Die Rechneinheit **16** dient neben der Auswertung der Messergebnisse auch zu einer Steuerung der Koordinaten-Messmaschine **1** und zur Durchführung der einzelnen Messprozesse, bzw. Messabläufe, welche an der jeweiligen Maske **2** durchgeführt werden sollen. Die Kamera **10** ist mit einem hoch auflösenden Pixelarray ausgestattet. Für die Bestimmung der Lage der Kante **50** einer Struktur **3** in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1** wird auf dem Detektor **11** ein Messfenster (hier nicht dargestellt) definiert, innerhalb dessen die zu vermessende Struktur **3** zu liegen kommt.

**[0035]** In den Granitblock **25** ist ein höhenverstellbarer Kondensator **9** eingesetzt. Dem Kondensator **9** 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.

**[0036]** 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 **2** durchgeführt werden sollen. Die Eingabe ist deshalb erforderlich, damit der Messprozess an der Maske **2** möglichst automatisch ablaufen kann.

**[0037]** **Fig. 2** zeigt eine schematische Anordnung eines Systems, das eine Koordinaten-Messmaschine **1** umfasst und in Verbindung mit anderen Einrichtungen zum Handhaben der Masken **2** dargestellt ist. Die Koordinaten-Messmaschine **1** ist in **Fig. 2** vereinfacht dargestellt und lediglich durch den Messtisch **20** und die Maske **2** repräsentiert. In der hier dargestellten Ausführungsform ist die Koordinaten-Messmaschine **1** in einer Klimakammer **30** angeordnet. Innerhalb der Klimakammer **30** kann z. B. auch ein Magazin vorgesehen sein, in dem die Masken **2** zum Temperieren zwischengelagert werden können. In ei-

ner Außenwand **30a** der Klimakammer **30** ist eine Übergabestation **35** vorgesehen, mit der die Masken **2** in die Klimakammer **30** überführt werden können. Der Übergabestation **30** ist eine Übergabeeinrichtung **38** nachgeordnet, in der die Masken **2** vor der Übernahme in eine andere Einrichtung kurz zwischengelagert werden können. Ebenso ist in der Klimakammer **30** eine Einrichtung **34** zum Orientieren der Maske **2** angeordnet. So werden z. B. die Masken **2** von der Übergabeeinrichtung **31** in die Einrichtung **34** zum Orientieren übergeben. Je nach Anweisung des Benutzers wird dann in der Einrichtung **34** zum Orientieren eine bestimmte Orientierung der Maske **2** eingestellt. In dieser Einrichtung **34** wird dann die Maske wieder an die Übergabeeinrichtung **38** verbracht. Von dort kann die Maske **2** in der gewünschten Orientierung mit dem Roboter **36** aufgenommen werden. Der Roboter **36** kann in der in **Fig. 2** dargestellten Richtung **40** bewegt werden. Der Roboter **36** kann die entsprechend orientierte Maske **2** in die Koordinaten-Messmaschine **1** oder in eine andere Einrichtung innerhalb der Klimakammer ablegen und ebenfalls von dieser aufnehmen. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst die Maske in den Messtisch **20** der Koordinaten-Messmaschine **1** gelegt. Nach dem Vermessen einer gewissen Anzahl von Strukturen **3** der unterschiedlichen Strukturtypen auf der Maske **2** wird diese mit dem Roboter **36** aus der Koordinaten-Messmaschine **1** entnommen und in die Einrichtung **34** zum Orientieren der Maske **2** verbracht. In der Einrichtung **34** zum Orientieren der Maske **2** wird diese um  $180^\circ$  gedreht und anschließend wieder mit dem Roboter **36** in die Koordinaten-Messmaschine **1** verbracht. In der Koordinaten-Messmaschine **1** wird dann eine bestimmte Anzahl der auf der Maske **2** vorhandenen Strukturen **3** der unterschiedlichen Strukturtypen vermessen. Aus den Messdaten wird letztendlich eine Kompensation für den Tool Induced Shift berechnet.

**[0038]** **Fig. 3a** zeigt eine schematische Darstellung einer Maske bei einer Orientierung um  $0^\circ$ . Die Maske **2** ist mit mehreren Kennzeichnungen versehen. Eine Kennzeichnung **54** kann z. B. ein Barcode sein. Eine weitere Kennzeichnung **56** kann als alphanumerische Kennzeichnung ausgegeben sein. Diese Kennzeichnungen **54** und **56** können detektiert werden und anhand dieser Orientierung der Kennzeichnung **54** oder **56** kann somit auch die Orientierung der Maske **2** ermittelt werden. Ebenfalls sind bei der in **Fig. 3a** gezeigten Darstellung mehrere Strukturen **3a**, **3b** aufgebracht. Die mit **3a** gekennzeichneten Strukturen sind andere Strukturtypen, als die mit **3b** gekennzeichneten Strukturen.

**[0039]** **Fig. 3b** zeigt die um  $180^\circ$  gedrehte Maske **2**. Wie bereits erwähnt, kann die neu eingestellte Orientierung der Maske **2** dabei anhand der Kennzeichnungen **54** und **56** auf der Maske **2** ermittelt werden.

**[0040]** Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung der Einrichtung **34** zum Orientieren der Maske **2**. Die Maske **2** ist dabei auf einem Drehteller **34a** angeordnet, mit dem die gewünschten Orientierungen eingestellt werden können. Gemäß der vorgeschlagenen Erfindung, werden die Orientierungen um  $0^\circ$  und  $180^\circ$  der Maske **2** eingestellt. Zum Überprüfen, ob die gewünschte Orientierung durch die Einrichtung **34** zum Orientieren eingestellt worden ist, ist gegenüber der Maske **2** eine Kamera **60** vorgesehen. Mit der Kamera **60** kann z. B. ein Teil der Maske **2** oder die gesamte Oberfläche der Maske **2** aufgenommen werden. Die Kamera **60** ist ebenfalls mit dem Rechner **16** der Koordinaten-Messmaschine **1** verbunden, der mittels Bildverarbeitung die eingestellte Orientierung der Maske **2** ermittelt. Ebenso ist der Rechner **16** mit der Einrichtung zum Orientieren der Maske **2** verbunden. Der Rechner **16** steuert somit die Einrichtung **34** zum Orientieren und stellt die gewünschte Orientierung der Maske **2** ein. Der Rechner **16** ist ebenfalls mit einem Display **62** verbunden über das der Benutzer z. B. über den Zustand der Koordinaten-Messmaschine **1** und der ermittelten Daten informiert wird. Ebenfalls kann der Benutzer über das Display **22** Eingaben machen und bestimmte Rezepte zusammenstellen, anhand derer die Maske **2** vermessen werden soll.

**[0041]** Fig. 5 zeigt schematisch die Zuordnung eines Messfensters **45** zu einer zu vermessenden Struktur **3**. Die Struktur **3** umfasst eine erste Kante **4a** und eine zweite Kante **4b**, die sich beide gegenüberliegen. Das Messfenster **45** ist auf dem CCD-Chip der Kamera **10** der Koordinaten-Messmaschine **1** definiert. Innerhalb des Messfensters **45** wird ein Intensitätsprofil des Teils der Struktur **3** aufgezeichnet und ausgewertet. Anhand der Lage der Kanten **4a**, **4b** des Messprofils wird somit auch die Lage der Kante **4a**, **4b** der Struktur **3** in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1** ermittelt. Somit erhält man aus der Messung für jede während einer Rezeptur gemessenen Struktur **3** auf der Oberfläche der Maske **2** einen Messwert für die Lage der jeweiligen Kante **4a**, **4b** der jeweiligen Struktur **3** in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1**.

**[0042]** Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung des Messverfahrens für die Ermittlung der Kompensation der Tool Induced Shift, welche durch die Vermessung von Strukturen **3** unterschiedlichen Strukturtyps auf der Maske **2** entstehen kann. In einem ersten Schritt **61** wird die zu vermessende Maske **2** in der Orientierung  $0^\circ$  auf den Messtisch der Koordinaten-Messmaschine **1** gelegt. Anschließend wird die bestimmte Messprozedur **63** durchgeführt und die Lage der Kanten **4a**, **4b** der Strukturen **3** der unterschiedlichen Strukturtyps auf der Maske **2** wird in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1** bestimmt. Wenn diese Messproze-

dur **63** abgeschlossen ist, wird die Maske **2** um  $180^\circ$  relativ zur ersten Orientierung gedreht. In der Messprozedur **65**, werden dann ebenfalls Positionen von Strukturen **3** unterschiedlichen Strukturtyps auf der Maske **2** gemessen. Dabei kann man in der Regel weniger Strukturtypen vermessen, als dies bei der Messprozedur **63** der Maske **2** bei der  $0^\circ$ -Orientierung der Fall war. Aus der Messung der Lage der Kanten **4a**, **4b** der Strukturen **3** bei der  $0^\circ$ -Orientierung und der Messung der Lage der Kanten **4a**, **4b** der Strukturen **3** bei der um  $180^\circ$  gedrehten Maske **2** ergeben sich zwei Datensätze. In einem nachfolgenden Schritt **67** werden diese Datensätze analysiert. Aus dieser Analyse **67** wird eine Kompensationsfunktion ermittelt, welche in einen Speicherbereich **66** der Koordinaten-Messmaschine **1**, bzw. des Rechners **16**, der der Koordinaten-Messmaschine **1** zugeordnet ist, abgelegt werden kann. Anschließend werden die bei der  $0^\circ$ -Orientierung gemessenen Werte der Lage der Kanten **4a**, **4b** der unterschiedlichen Strukturtyps in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1** hinsichtlich des ermittelten Fehlers aufgrund der Tool Induced Shift korrigiert.

**[0043]** Fig. 7 zeigt schematisch eine Maske **2**, auf der mehrere Positionen **70**, welche durch Kreuze gekennzeichnet sind, für die einzelnen Strukturen **3** dargestellt sind. In der hier gezeigten schematischen Darstellung sind **32** Positionen von Strukturen **3** dargestellt. Ebenso ist in Fig. 7 eine Tabelle **72** dargestellt, die zeigt, dass sich an der ersten Position eine L-förmige große Struktur **6a** befindet. Auf der zweiten Position befindet sich dann eine kleine L-förmige Struktur **6b**. Abwechselnd sind dann auf der Maske **2** an den ungeradzahlig Positionen der großen L-förmigen Strukturen **6a** vorgesehen und auf den geradzahlig Positionen die kleinen L-förmigen Strukturen **6b**. Auf der in Fig. 7 gezeigten Tabelle **72** ist zu entnehmen, dass die große L-förmige Struktur **6a** eine Strukturbreite von  $2 \mu\text{m}$  besitzt. Die kleine L-förmige Struktur **6b** besitzt eine Strukturbreite von  $0,5 \mu\text{m}$ .

**[0044]** Fig. 8 zeigt einen schematischen Ablauf, mit dem ein Benutzer der Koordinaten-Messmaschine **1** eine Messroutine erstellen kann, mit der der Tool Induced Shift ermittelt, bzw. die Messwerte um den Tool Induced Shift kompensiert werden können. In der ersten Tabelle **72** sind die Positionsnummern der einzelnen gemessenen Strukturen **3** in der  $0^\circ$ -Orientierung aufgetragen. Dabei ist zu erkennen, dass auf der zu vermessenden Maske **2** unterschiedlich große Strukturen **3** (wie bereits in Fig. 7 dargestellt) vorhanden sind. Für die Bestimmung des Tool Induced Shift ist es unbedingt erforderlich, mindestens zwei unterschiedliche Strukturtypen auszuwählen. Die Anzahl wie viel der unterschiedlichen Strukturtyps auf der Maske **2** bei der  $0^\circ$ -Orientierung vermessen werden müssen, kann je nach Anforderung vom Benutzer der Koordinaten-Messmaschine **1** entschieden werden.

Die Auswahl der Strukturen **3**, die bei der Messung in der 180° Orientierung der Maske **2** vermessen werden, ist schematisch in der weiteren Tabelle **82** dargestellt. Im Anschluss an die Messung bei der 0°-Orientierung der Maske **2** entscheidet der Benutzer, wie groß die Anzahl der zu vermessenden Strukturen **3** bei der 180°-Orientierung der Maske **2** sein soll. Um die Messzeit zu reduzieren, ist es sinnvoll, die Anzahl der zu vermessenden Strukturen bei der 180°-Orientierung zu bestimmen (siehe hierzu Tabelle **82** in **Fig. 8**). Der Benutzer kann dabei anhand eines Prozentwertes entscheiden, wie viel Prozent der bei der in der 0°-Orientierung gemessenen Strukturen **3** bei der Messung in der 180°-Orientierung verwendet werden sollen. Die Koordinaten-Messmaschine **1** wird dann automatisch beliebig die Strukturen **3** anfahren und diese vermessen, bis letztendlich der vom Benutzer eingegebene Prozentwert der zu vermessenden Strukturen **3** bei der 180°-Orientierung erreicht ist. Der ganze Prozess kann auch vollkommen automatisch ablaufen, in dem der Benutzer alle erforderlichen Parameter für die Messung der 0°-Orientierung und der 180°-Orientierung eingegeben hat. Mit einem Startsignal, welches der Benutzer über die Eingabe der Koordinaten-Messmaschine **1** signalisiert wird letztendlich der Messprozess gestartet. Dies bedeutet, dass auch die Ablage der Maske **2** auf den Messtisch **20** der Koordinaten-Messmaschine **1** in der 0°-Orientierung und letztendlich die Drehung der Maske um 180° und wiederum die Ablage der Maske **2** auf den Messtisch **20** der Koordinaten-Messmaschine **1** vollkommen automatisch erfolgt. Nachdem die Messung bei der 0°-Orientierung und der 180°-Orientierung abgeschlossen ist, werden die gemessenen Daten zwischen der 0°-Orientierung und der 180°-Orientierung miteinander verglichen und daraus eine Kompensation für die Tool Induced Shift ermittelt. Es ist somit möglich, sofort die bei der 0°-Orientierung gemessenen Daten dann mit der Tool Induced Shift zu kompensieren. Eine weitere Möglichkeit ist, dass die Tool Induced Shift in einer Datenbank **81** abgelegt wird, um daraus letztendlich bei gleichen Maskentypen sich die Bestimmung der Kompensation der Tool Induced Shift zu sparen. Letztlich ist es nur erforderlich, aus der Datenbank die Kompensation abzurufen und damit die Messwerte der Lage der Strukturen in Bezug auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine **1** zu kompensieren.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation der Tool Induced Shift bei einer Koordinaten-Messmaschine (**1**), wobei die zu vermessende Maske (**2**) für die Halbleiterherstellung mehrere Strukturen (**3**) aus mindestens zwei unterschiedlichen Strukturtypen trägt, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

– dass die Position jeweils mindestens einer Kante (**4a, 4b**) an mehreren Strukturen (**3a, 3b**) unterschiedlichen Strukturtypen in einer ersten 0° Orientierung

der Maske (**2**) vermessen werden, wobei die 0° Orientierung der Maske (**2**) auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine (**1**) bezogen ist;

– dass die Maske (**2**) mit einer Einrichtung (**34**) zum Orientieren in eine um 180° gedrehte Orientierung der Maske (**2**) relativ zur ersten 0° Orientierung der Maske (**2**) verbracht wird, wobei die um 180° gedrehte Orientierung ebenfalls auf ein Koordinatensystem der Koordinaten-Messmaschine (**1**) bezogen ist;

– dass die Position jeweils mindestens einer Kante (**4a, 4b**) an mehreren Strukturen (**3a, 3b**) unterschiedlichen Strukturtypen auf der Maske (**2**) in der um 180° gedrehten Orientierung der Maske (**2**) gemessen wird, wobei die Anzahl der gemessenen Strukturen (**3a, 3b**) der unterschiedlichen Strukturtypen in der um 180° gedrehten Orientierung kleiner ist als in der ersten 0° Orientierung;

– dass aus den Messwerten für die Position der Kanten (**4a, 4b**) der Strukturen unterschiedlichen Strukturtypen (**3a, 3b**) in der ersten 0° Orientierung und für die Position der Kanten (**4a, 4b**) der kleineren Anzahl der Strukturen (**3a, 3b**) unterschiedlichen Strukturtypen der um 180° gedrehten Orientierung eine Kompensationsfunktion ermittelt wird; und

– dass die Kompensationsfunktion auf die Messwerte der jeweils mindestens einer Kante an den mehreren Strukturen (**3a, 3b**) unterschiedlichen Strukturtypen in der ersten 0° Orientierung angewendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kompensationsfunktion vor jeder Messung der Position von Kanten (**4a, 4b**) von Strukturen (**3a, 3b**) unterschiedlichen Strukturtypen auf einer Maske (**2**) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kompensationsfunktion in einer Datenbank (**81**) abgelegt wird, um auf Masken (**2**) gleichen Typs angewendet zu werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass über eine Eingabe der Koordinaten-Messmaschine (**1**) die Anzahl der zu vermessenden Strukturen (**3a, 3b**) der mindestens zwei unterschiedlichen Strukturtypen in der um 180° gedrehten Orientierung eingegeben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Koordinaten-Messmaschine (**1**) die Kompensation der Tool Induced Shift automatisch durchgeführt wird, nachdem für die Messung der Position jeweils mindestens einer Kante (**4a, 4b**) an mehreren Strukturen (**3a, 3b**) von mindestens zwei unterschiedlichen Strukturtypen in der 0° Orientierung und der um 180° gedrehten Orientierung die erforderlichen Parameter eingegeben wurden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass einer der erforderlichen Parameter

ein Prozentwert ist, der angibt, wie viel Prozent der bei der  $0^\circ$  Orientierung der Maske (2) gemessenen Strukturen (3a, 3b) bei der Messung der Maske (2) in der um  $180^\circ$  gedrehten Orientierung verwendet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Maske (2) von einem Roboter (36) in der  $0^\circ$  Orientierung in der Koordinaten-Messmaschine (1) abgelegt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Vermessen von jeweils mindestens einer Kante (4a, 4b) an mehreren Strukturen (3a, 3b) in der  $0^\circ$  Orientierung die Maske (2) mit dem Roboter (36) aus der Koordinaten-Messmaschine (1) entnommen und in eine Einrichtung (34) zum Orientieren der Maske (2) verbracht wird, dass in der Einrichtung (34) zum Orientieren die um  $180^\circ$  gedrehte Orientierung der Maske (2) eingestellt wird und dass die Maske (2) anschließend in der um  $180^\circ$  gedrehten Orientierung wieder mit dem Roboter (36) in die Koordinaten-Messmaschine (1) verbracht wird.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

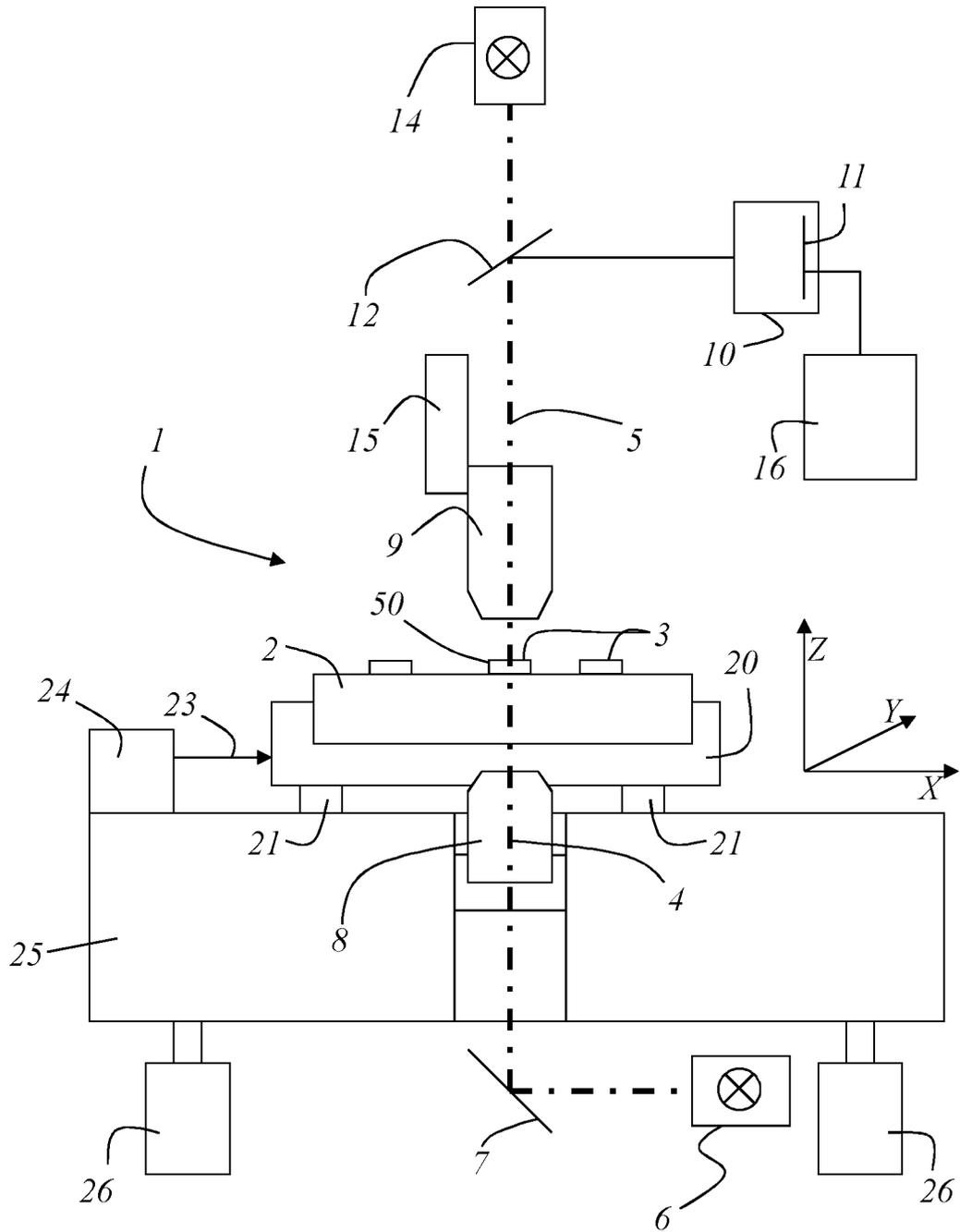


Fig. 1

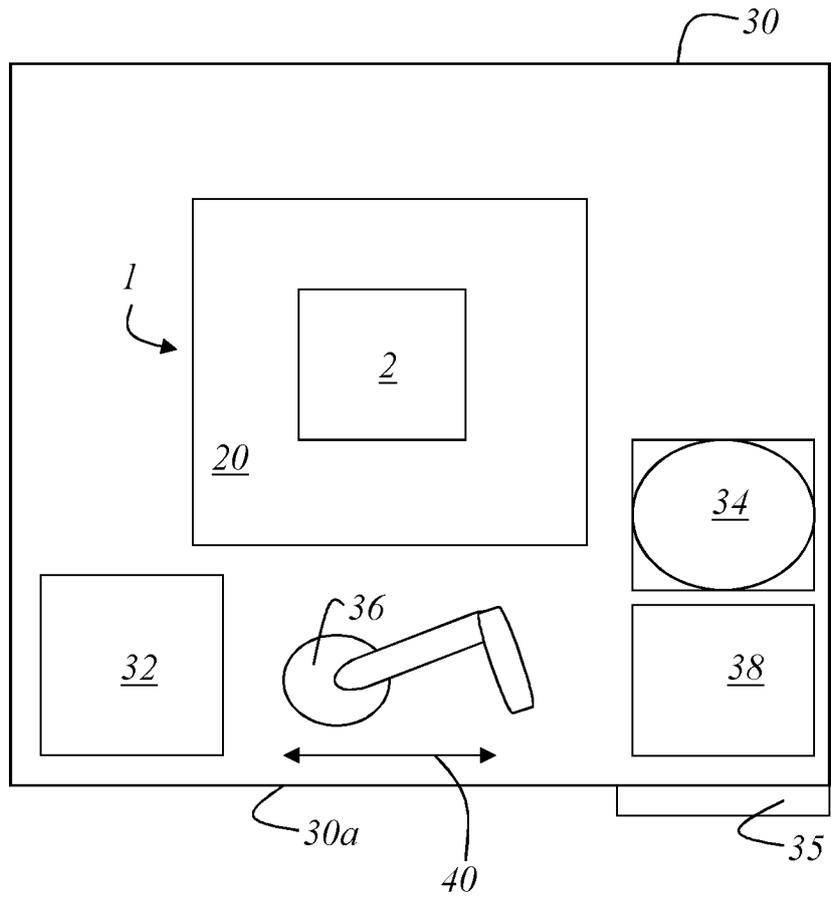


Fig. 2

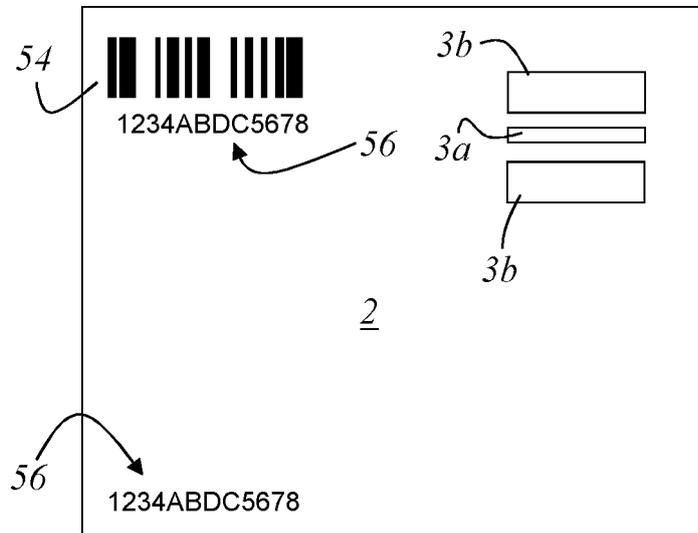


Fig. 3a

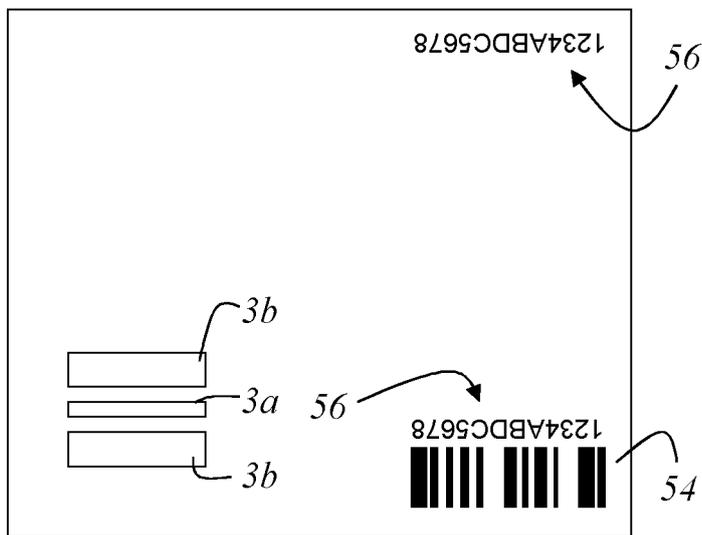


Fig. 3b

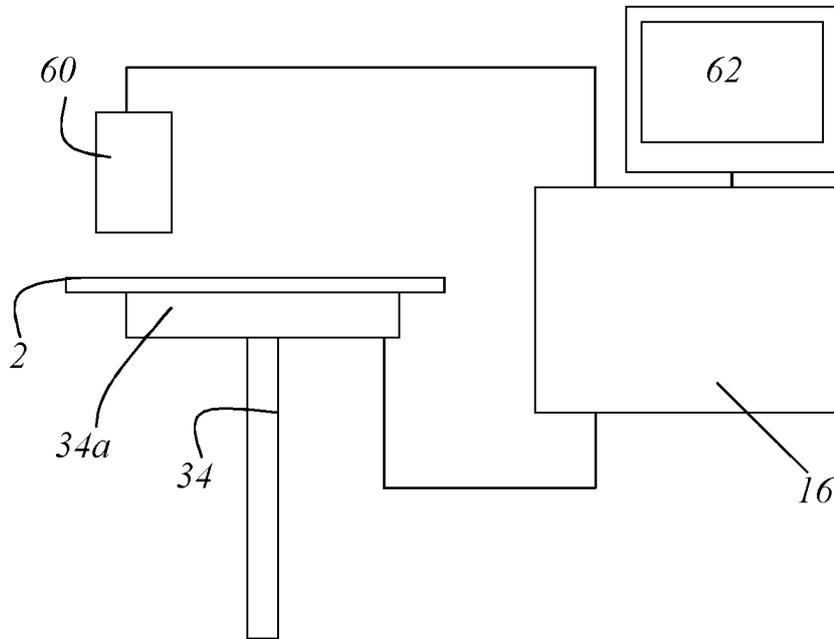


Fig. 4

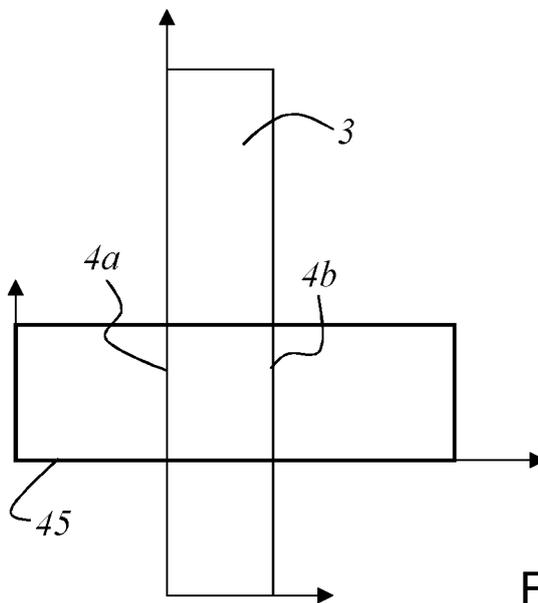


Fig. 5

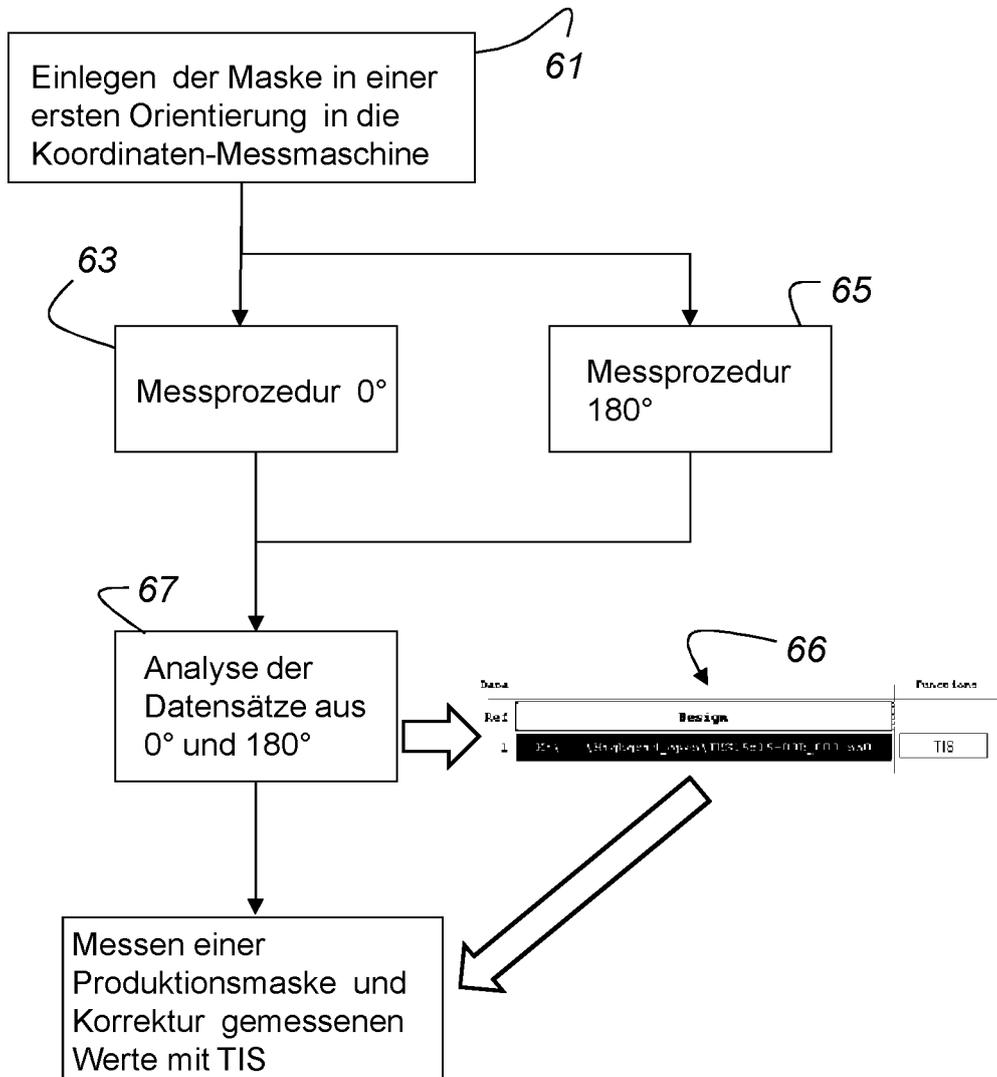


Fig. 6

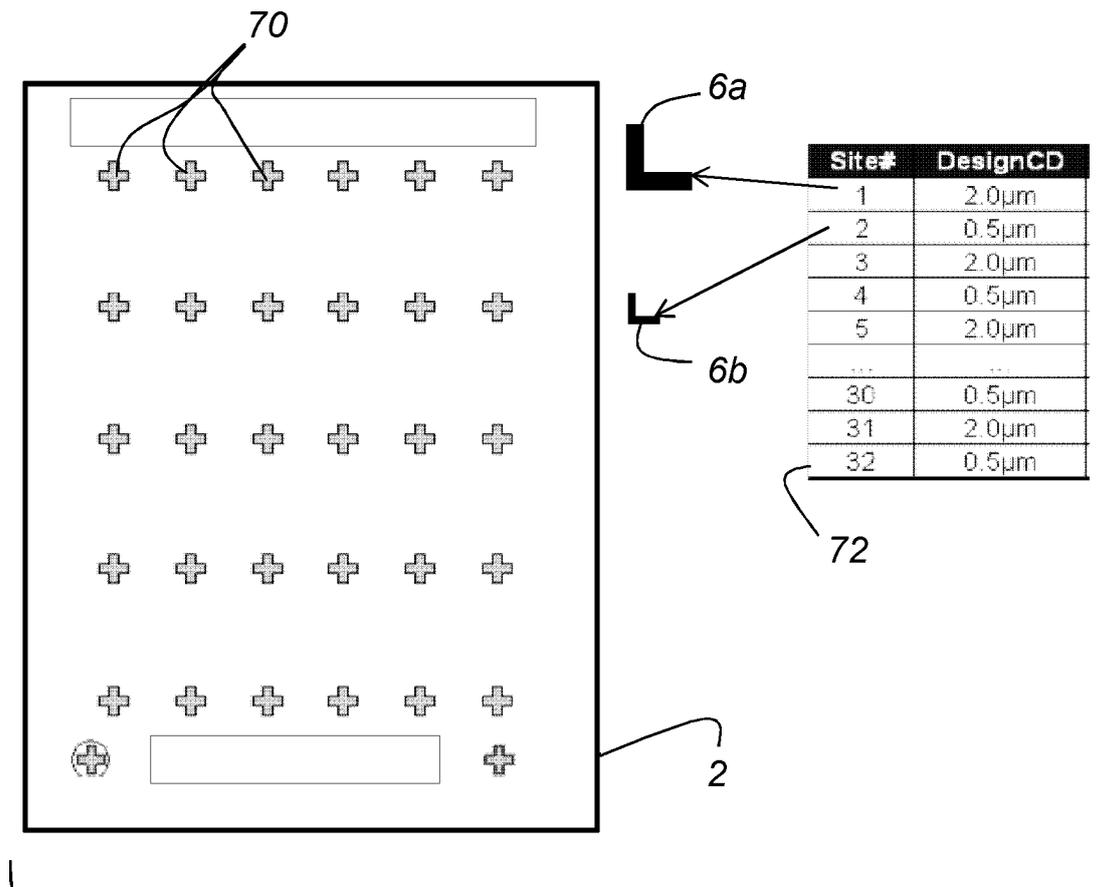


Fig. 7

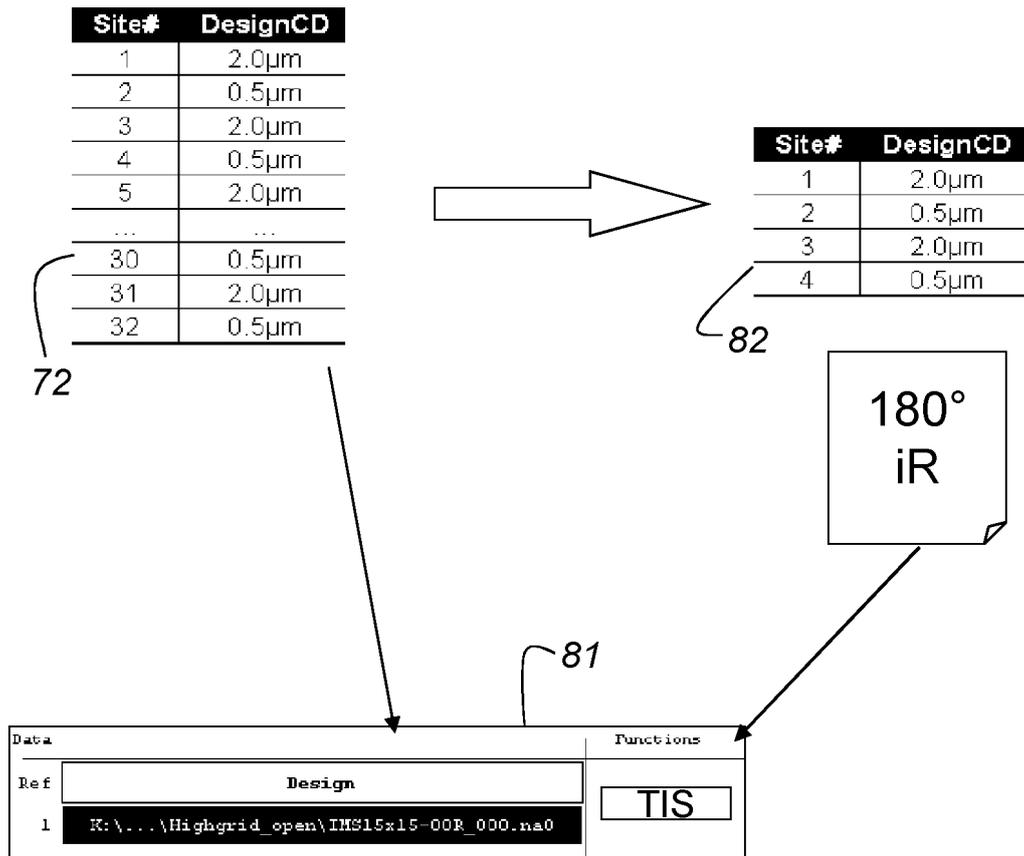


Fig. 8