



(10) **DE 10 2007 000 981 B4** 2020.07.30

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2007 000 981.1**
 (22) Anmeldetag: **07.11.2007**
 (43) Offenlegungstag: **28.08.2008**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **30.07.2020**

(51) Int Cl.: **G01B 11/24 (2006.01)**
G01B 11/03 (2006.01)
G01B 11/14 (2006.01)
G03F 1/00 (2006.01)
H01L 21/475 (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).

(30) Unionspriorität:
60/891,164 **22.02.2007** **US**

(66) Innere Priorität:
10 2007 009 254.9 **22.02.2007**

(73) Patentinhaber:
**Vistec Semiconductor Systems GmbH, 35781
 Weilburg, DE**

(74) Vertreter:
**Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte,
 93049 Regensburg, DE**

(72) Erfinder:
Heiden, Michael, 61200 Wölfersheim, DE

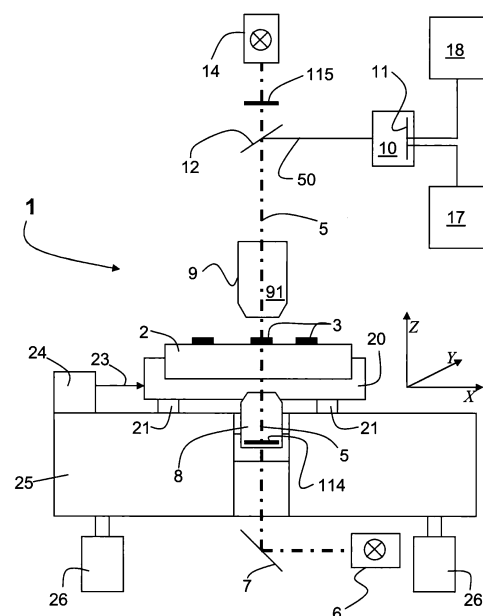
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 32 059	A1
DE	198 19 492	A1
DE	10 2005 009 536	A1
DE	10 2005 025 535	A1
US	2004 / 0 243 320	A1
EP	0 628 806	A2
WO	00/ 60 415	A1
WO	2008/ 086 494	A2

**D. Pettibone, M. Ananth et al.: Wafer
 Printability Simulation Accuracy Based on UV
 Optical Inspection Images of Reticle Defects, in:
 SPIE Conf. on Metrology, Inspection and Process
 Control for Microlithography XIII, 1999, SPIE Vol.
 3677, S.711-720**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Vermessen von Strukturen auf einer Maske und zur Berechnung der aus den Strukturen resultierenden Strukturen in einem Photoresist**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (1) zum Bestimmen der Positionen und Strukturbreiten von Strukturen (3) auf einer Maske (2), wobei die Vorrichtung (1) mindestens eine Aufsicht-Beleuchtungseinrichtung (14) und/oder eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung (6) umfasst, die Vorrichtung (1) mindestens eine Abbildungsoptik (9) und einen Detektor (11) einer Kamera (10) zum Abbilden der Strukturen (3) auf der Maske (2) umfasst, wobei ein erstes Dienstprogramm (17) mit dem Detektor (11) der Kamera (10) verbunden ist, das für die Ermittlung der Position und der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Abbildungsoptik (9) zum Abbilden der Struktur (3) auf der Maske (2) gemäß einer in einem Stepper verwendeten Wellenlänge einer Stepperbeleuchtung ausgestaltet ist, und dass mit dem Detektor (11) der Kamera (10) ein zweites Dienstprogramm (18) verbunden ist, das die zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer aufgrund der im Stepper verwendeten Wellenlänge der Stepperbeleuchtung berechnet, wobei ein Vergleich zwischen einer ermittelten Breite der Struktur auf der Maske und einer berechneten Breite der zu erwartenden Struktur im Photoresist vorgesehen ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Vermessen von Strukturen auf einer Maske und zur Berechnung der aus den Strukturen auf der Maske resultierenden Strukturen in einem Photoresist auf einem Wafer. Im Besonderen betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Vermessen von Strukturen auf einer Maske und zur Berechnung der aus den Strukturen auf der Maske resultierenden Strukturen in einem Photoresist auf einem Wafer, wobei die Vorrichtung mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung und/oder eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung und mindestens eine Abbildungsoptik und einen Detektor einer Kamera zum Abbilden der Strukturen auf der Maske umfasst, wobei ein erstes Dienstprogramm mit dem Detektor der Kamera verbunden ist, das für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur auf der Maske vorgesehen ist.

[0002] Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Vermessen von Strukturen auf einer Maske und zur Bestimmung der aus den Strukturen auf der Maske resultierenden Strukturen in einem Photoresist auf einem Wafer. Im Besonderen betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Vermessen von Strukturen auf einer Maske und zur Bestimmung der aus den Strukturen auf der Maske resultierenden Strukturen in einem Photoresist auf einem Wafer, wobei mindestens eine Struktur auf der Maske für die Halbleiterherstellung mit mindestens einer Auflicht-Beleuchtungseinrichtung und/oder einer Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung beleuchtet wird, die Struktur auf der Maske mit mindestens einer Abbildungsoptik auf einen Detektor einer Kamera abgebildet wird, und bei der Vermessung der Struktur auf der Maske in Bezug auf die Position und/oder Abmessung die Werte mit einem ersten Dienstprogramm ermittelt werden, das mit dem Detektor der Kamera verbunden ist.

[0003] Ein Messgerät nach dem Stand der Technik vermisst Strukturen auf einem Substrat, wobei das Messgerät eine Auflicht- und/oder Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung, eine Abbildungseinrichtung und eine Detektor-Einrichtung für die abgebildeten Strukturen und einen senkrecht und relativ zur optischen Achse der Abbildungseinrichtung interferometrisch kontrollierten, messbar verschiebbaren Messtisch zur Aufnahme des Substrats umfasst. Das Messgerät ist jedoch nicht geeignet, um zu bestimmen, wie die Strukturen auf dem Substrat (Maske) letztendlich durch den Stepper in dem Photoresist auf den Wafer abgebildet werden.

[0004] Ein Messgerät dieser Art ist z.B. in dem Vortragsmanuskript „Pattern Placement Metrology for Mask Making“, Dr. Carola Bläsing, ausgegeben anlässlich der Tagung Semicon, Education Program, in Genf am 31.03.1998, ausführlich beschrieben. Das Messgerät ist in einer Klimakammer aufgestellt, um

eine Messgenauigkeit im Nanometer-Bereich erreichen zu können. Gemessen werden die Koordinaten von Strukturen auf Masken und Wafern. Das Messsystem ist auf einem schwingungsgedämpft gelagerten Granitblock angeordnet. Die Masken und Wafer werden mit einem automatischen Handlingsystem auf den Messtisch gebracht.

[0005] Die deutsche Patentanmeldung DE 198 19 492 A1 offenbart eine Messmaschine für Strukturbreiten oder der Position von Strukturen auf dem Substrat. Der Messtisch gleitet dabei auf Luftlagern auf der Oberfläche des Granitblocks. An zwei zueinander senkrecht stehenden Seiten des Messtisches sind ebene Spiegel angebracht. Ein Laser-Interferometer-System bestimmt die Position des Messtisches. Ebenso ist auch eine andere, reinraumgeeignete Führung des Messtisches denkbar. Die Beleuchtung und die Abbildung der zu messenden Strukturen erfolgt über eine hoch auflösende, apochromatisch korrigierte Mikroskopoptik im Auflicht oder Durchlicht im Spektralbereich des nahen UV. Eine CCD-Kamera dient als Detektor. Aus den innerhalb eines Messfensters liegenden Pixeln des Detektorarrays werden Messsignale gewonnen. Durch Bildverarbeitung wird daraus ein Intensitätsprofil der gemessenen Struktur abgeleitet, aus dem z. B. die Kantenlage der Struktur ermittelt wird.

[0006] Die gemessene Kantenlage hängt zum einen von der physikalischen Qualität der Kante selbst und zum anderen von der verwendeten optischen Messmethode sowie der Güte des Abbildungssystems ab. Die Zusammenhänge werden in dem Aufsatz „Kantenvermessung an Mikrostrukturen“, W. Mirande, VDI Berichte Nr. 1102 (1993), Seite 137 ff, beschrieben. Wird die Position der Struktur durch die Mittellinie zu den beiden Kanten definiert, so haben die Einflüsse auf die gemessene Kantenlage im Allgemeinen keine Auswirkung auf die gemessene Position der Struktur. Die Auswertung der Messergebnisse für eine Strukturbreitenmessung kann dagegen in unterschiedlichen Messgeräten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

[0007] Bei der Halbleiterherstellung wird die Maske im Stepper im Durchlicht beleuchtet und auf den Wafer abgebildet. Es besteht daher auch ein Interesse daran, die genaue lichtabschattende Breite des Strukturelementes ermitteln zu können. Hierfür wurden spezielle Messmikroskope entwickelt, bei denen die Maske im Durchlicht beleuchtet und ausschließlich die Breite des opaken Strukturbildes gemessen wird. Für eine Bestimmung der Lagekoordinaten der Strukturelemente sind diese Messgeräte nicht vorgesehen. Diese Überlegungen gelten in gleicher Weise, wenn anstelle opaker Strukturelemente transparente Strukturelemente in der Maskenoberfläche gemessen werden sollen.

[0008] Ferner offenbart die deutsche Patentanmeldung DE 10 2005 009 536 A1 ein Verfahren zur Maskeninspektion, welches im Rahmen des Maskendesigns der Maskenherstellung eingesetzt werden kann, um relevante Schwachstellen bereits frühzeitig erkennen und korrigieren zu können. Dabei sollen Fehler bereits im Maskenlayout und Maskendesign erkannt und beseitigt werden können, so dass die erzeugten Masken eine geringere Fehlerquote aufweisen und Kosten minimiert werden.

[0009] Zur Analyse von Maskendefekten hinsichtlich Printability ist seit 10 Jahren das AIMS<TM> (Aerial Imaging Measurement System) der Carl Zeiss SMS GmbH im Markt etabliert. Dabei wird ein kleiner Bereich der Maske (Defektort mit Umgebung) mit den gleichen Beleuchtungs- und Abbildungsbedingungen (Wellenlänge, NA (numerische Apertur), Beleuchtungstyp, Kohärenzgrad des Lichtes (Sigma)) wie im lithographischen Scanner beleuchtet und abgebildet. Im Gegensatz zum Scanner wird jedoch das von der Maske erzeugte Luftbild auf eine CCD-Kamera vergrößert. Die Kamera sieht das gleiche latente Bild wie der Photoresist auf dem Wafer. Somit kann ohne aufwändige Testprints durch Waferbelichtungsgeräte das Luftbild analysiert und Rückschlüsse auf die Printability der Maske gezogen werden. Durch Aufnahme einer Fokusreihe bekommt man zusätzliche Informationen zur Analyse des lithographischen Prozessfensters (siehe hierzu DE10332059A1).

[0010] Die deutsche Patentanmeldung DE 10332059A1 offenbart ein Verfahren zur Analyse von Objekten in der Mikrolithographie, vorzugsweise von Masken, mittels eines Aerial Image Measurement Systems (AIMS), das aus mindestens zwei Abbildungsstufen besteht, wobei das detektierte Bild mittels eines Korrekturfilters bezüglich des Übertragungsverhaltens der zweiten oder weiterer Abbildungsstufen korrigiert wird und die Beleuchtung des Objekts in Auf- und/oder Durchlicht erfolgt, wobei die Korrektur derart erfolgt, dass die korrigierten Ausgangsgrößen der Abbildung eines Photolithographie-Steppers oder -Scanners entsprechen, wobei die Korrektur durch eine Rückfaltung erfolgt und für die Korrektur gemessene oder errechnete Korrekturwerte herangezogen werden.

[0011] Die europäische Patentanmeldung EP 0 628 806 A2 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Charakteristika einer photolithographischen Maske. In dem AIMS-Maskeninspektionsmikroskop ist damit z. B. die Einstellung und Beobachtung von bestimmten Beleuchtungseinstellungen verbunden. Das Licht zur Beleuchtung kommt dabei aus dem UV-Bereich. Der Detektor oder die Bildaufnahmeeinheit ist eine UV-CCD-Kamera.

[0012] In der internationalen Patentanmeldung WO 00/60415 A1 wird ein Verfahren zur Korrektur

von Abbildungsfehlern beschrieben, bei dem durch Änderung eines elektronischen Maskenentwurfes nach Belichten dieses Maskenentwurfes durch einen Maskenschreiber auf der Maske Strukturen abgebildet werden, die dem ursprünglichen Maskenentwurf bzw. der Soll-Maske möglichst nahe kommen. Die zu berücksichtigenden Prozessbedingungen werden dabei in Form von Tabellen zusammengefasst, die insbesondere die von den Prozessbedingungen abhängigen Parameter in Form von Korrekturwerten beinhalten. Beispielsweise sind in den Tabellen ortsabhängig unterschiedliche Korrekturwerte zur Kompensation der geräteabhängigen Aberration des Maskenschreibers enthalten. Dabei setzt die Lösung für sämtliche Korrekturwerte physikalisch begründete Modelle der entsprechenden Abbildungsfehler voraus. Mit dem vorgeschlagenen Verfahren ist es im Gegensatz zu bekannten Verfahren zwar möglich, Maskenstrukturen zur Erzeugung hochintegrierter Schaltkreise effektiv zu korrigieren, allerdings ist der rechnerische Aufwand erheblich. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens liegt in der Vielzahl der in Form von Korrekturwerten zu berücksichtigenden Parameter. Dabei sind neben Beugungs- und Brechungseffekten auch Wechselwirkungseffekte und gerätebedingte Aberrationseffekte zu berücksichtigen.

[0013] Als nicht vorveröffentlichter Stand der Technik ist eine weitere Vorrichtung bekannt zur Messung von Positionen und Strukturbreiten mindestens einer Struktur auf einer Oberfläche eines Substrats. Das Substrat ist dabei derart in den Messtisch eingelegt, dass ein aus der Oberfläche des Substrats, die die Strukturen trägt, weisender Normalvektor im Wesentlichen parallel zum Vektor der Gravitationskraft ist.

[0014] Der Artikel „Wafer Printability Simulation Accuracy Based on UV Optical Inspection Images of Reticule Defects“ von Donald Pettibone, Mohan Ananth, Maciej Rudzinski, Sterling Watson, Larry Zurbrick, Huas-Yu Liu und Linard Karklin in SPIE Vol **3677**, Seiten **711** bis **720** betrifft einen Vergleich zwischen den durch Lithografie auf einem Wafer erzeugten Strukturen und entsprechenden mittels einer Simulationssoftware berechneten Strukturen. Ausgangspunkt für die Berechnung ist dabei ein optisches Bild der Strukturen auf der bei der Lithografie benutzten Maske.

[0015] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 10 2005 025 535 A1 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verbesserung der Messgenauigkeit bei der Bestimmung von Strukturdaten. Eine Lichtquelle dient dabei zur Beleuchtung der Masken oder Wafer, zu denen Strukturdaten bestimmt werden sollen. Ein Detektor zeichnet dabei die von der Lichtquelle ausgehenden Lichtintensität auf, welche sodann in die Bestimmung der Strukturdaten einbezogen wird.

[0016] Die US-Patentanmeldung US 2004/0243320 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Defektinspektion einer Maske. In einer beschriebenen Ausführungsform wird dabei aufgrund optisch erfasster Bereiche der Maske das Ergebnis eines mit dieser Maske durchgeführten Lithografie-Prozesses durch ein Simulationsverfahren berechnet. Ebenso wird das Ergebnis eines Lithografie-Prozesses berechnet, welchem die Design-Daten der Maske zu Grunde liegen. Die Ergebnisse der beiden Simulationen werden verglichen.

[0017] Die internationale Anmeldung WO 2008/086494 A2 betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Charakterisierung von Masken durch Vergleich modellierter Bilder mit Referenzbildern, wobei diese Referenzbilder aus einer Entwurfsdatei für einen Wafer stammen. Die Modellierung der Bilder kann beispielsweise Effekte des Fotolacks und mitunter zusätzlich Effekte des Ätzprozesses beinhalten.

[0018] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, mit der die Positionen und Strukturbreiten von Strukturen auf einer Maske bestimmt werden können, wobei die Vorrichtung auch dazu geeignet sein soll, das durch einen Stepper geprintete Ergebnis einer Struktur auf der Maske zu berechnen.

[0019] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gelöst, die die Merkmale des Anspruchs 1 umfasst. Weitere Vorteile ergeben sich aus den zugehörigen Unteransprüchen und der Beschreibung.

[0020] Ebenso liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit dem die Positionen und Strukturbreiten von Strukturen auf einer Maske bestimmt werden können, wobei das Verfahren auch dazu geeignet sein soll, das durch einen Stepper geprintete Ergebnis einer Struktur auf der Maske zu berechnen.

[0021] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, das die Merkmale des Anspruchs 13 umfasst. Weitere Vorteile ergeben sich aus den zugehörigen Unteransprüchen und der Beschreibung.

[0022] Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung und/oder eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung, mit denen Strukturen auf einer Maske beleuchtet werden. In einer Ausführungsform sendet die mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung und/oder Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung jeweils Licht in eine gemeinsame optische Achse aus. In einer noch weiteren Ausführungsform umfasst die mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung und/oder eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung einen Excimer-Laser. Dies ist von besonderem Vorteil, weil dieser Laser auch für die Beleuchtung im Stepper verwendet

werden kann. In einer noch weiteren Ausführungsform ist außerdem ein senkrecht und relativ zur optischen Achse interferometrisch kontrollierter, verschiebbarer Messtisch zur Aufnahme der Maske und zum Anfahren der Strukturen auf der Maske vorgesehen. Die Verschiebung des Messtisches wird also interferometrisch kontrolliert und gemessen. Die Vorrichtung umfasst zusätzlich mindestens eine Abbildungsoptik und einen Detektor einer Kamera, so dass die Strukturen auf der Maske mittels der mindestens einen Abbildungsoptik auf den Detektor der Kamera abbildbar sind. Die Kamera ist in einer weiteren Ausführungsform eine CCD-Kamera, die für Licht der Wellenlänge kleiner oder gleich 400 nm empfindlich ist. Die Maske wird in einer weiteren Ausführungsform zur Waferherstellung verwendet. Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst ferner ein erstes Dienstprogramm, das mit dem Detektor der Kamera verbunden ist und für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur auf der Maske vorgesehen ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung vermisst also durch die vorher beschriebenen Elemente aus dem Stand der Technik die Strukturen auf der Maske.

[0023] Bisher wird aus den so gefundenen Messergebnisdaten nur die Position und/oder die Abmessung und/oder die CD der jeweiligen Struktur auf der Maske berechnet. Die aufgrund der Stepperbeleuchtung zu erwartende Struktur in einem Photoresist auf einem Wafer kann theoretisch berechnet werden, die sich bei der Belichtung im Stepper in einem Photoresist auf dem Wafer ergeben würde. Die aus dem Bild der CCD-Kamera berechnete Breite (CD) der Struktur auf der Maske wird mit der theoretisch berechneten Breite der zu erwartenden Struktur im Photoresist auf dem Wafer verglichen. Aus diesem Vergleich kann abgeschätzt werden, wie genau die einzelnen Strukturen auf der Maske letztendlich in dem Photoresist auf dem Wafer erzeugt werden.

[0024] Die mindestens eine Abbildungsoptik zum Abbilden der Struktur auf der Maske ist dazu gemäß einer in einem Stepper verwendeten Wellenlänge einer Stepperbeleuchtung ausgestaltet. Die mindestens eine Abbildungsoptik kann also dieselbe Wellenlänge verwenden wie die Stepperbeleuchtung. Um die in der Stepperbeleuchtung verwendete Wellenlänge schnell und komfortabel einstellen zu können, sind in einer Ausführungsform bei der mindestens einen Abbildungsoptik mindestens zwei Objektive vorgesehen, die jeweils in die optische Achse verbringbar sind. Das eine der mindestens beiden Objektive wird bei der Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur auf der Maske verwendet. Das andere der mindestens beiden Objektive wird dagegen bei der Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur verwendet. Für die beiden Objektive wird die jeweils benötigte Wellenlänge bei der Beleuchtung eingestellt.

[0025] In weiteren Ausführungsformen sind die Objektive auf einem Schieber oder einem Revolver aufgebracht, so dass sie schnell und komfortabel für die jeweils benötigte Verwendungsart - Vermessen der Strukturen auf der Maske bzw. Berechnen der daraus resultierenden Strukturen im Photoresist auf dem Wafer - gewechselt werden können. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist nicht auf diese beiden Elemente eingeschränkt, sondern es sind auch weitere Elemente denkbar, die zum Wechseln der Objektive verwendet werden können, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

[0026] Stattdessen können die mindestens zwei Objektive auch fest an der erfindungsgemäßen Vorrichtung montiert sein und über jeweils eine eigene Beleuchtungseinrichtung verfügen und den beiden Objektiven ist jeweils ein eigener Detektor zugeordnet. Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass die Objektive immer gleich im Beleuchtungs- und/oder Abbildungs-Strahlengang angeordnet sind, denn aufgrund der hohen Messgenauigkeit der Vorrichtung ist es mit einem herkömmlichen Schieber oder Revolver nicht immer möglich, die Objektive beim Wechseln exakt zu positionieren. Eine ungenaue Position der Objektive führt somit zu einem Abbildungsfehler, der sich wiederum in einem Messfehler niederschlägt.

[0027] In weiteren Ausführungsformen sind bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung die verwendeten Wellenlängen zum Abbilden der Strukturen auf der Maske auf den Detektor der Kamera für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur auf der Maske einerseits und für die Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur andererseits identisch. Beispielsweise kann die eine verwendete Wellenlänge 248 nm, 193 nm, 157 nm oder 13 nm betragen. In weiteren Ausführungsformen sind dagegen die verwendeten Wellenlängen für die beiden oben genannten Verwendungsarten nicht identisch, beispielsweise für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur auf der Maske 365 nm, aber für die Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur 248 nm oder 193 nm oder 157 nm.

[0028] Des Weiteren ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein zweites Dienstprogramm vorgesehen, das mit dem Detektor der Kamera verbunden ist. Das zweite Dienstprogramm berechnet die jeweils zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer aufgrund der im Stepper verwendeten Wellenlänge der Stepperbeleuchtung. Auf Basis der zuvor gefundenen Messergebnisdaten bezüglich der Position und/oder der Abmessung (CD) der jeweiligen Struktur auf der Maske werden diese Messdaten mit der zu erwartenden Struktur im Photoresist auf dem Wafer verglichen. In einer Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Auswertelektronik, die mit dem Detektor der Kamera

verbunden ist und das erste Dienstprogramm und das zweite Dienstprogramm umfasst. Das erste und zweite Dienstprogramm sind als Subroutinen zu sehen und können natürlich in einem übergeordneten Programm aufrufbar sein.

[0029] Entsprechend der oben beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht die Erfindung auch ein Verfahren zum Vermessen von Strukturen auf einer Maske und zur Berechnung der aus den Strukturen auf der Maske zu erwartenden Strukturen in einem Photoresist auf einem Wafer vor, das nachfolgend beschrieben wird.

[0030] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird mit mindestens einer Auflicht-Beleuchtungseinrichtung und/oder einer Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung mindestens eine Struktur auf der Maske für die Halbleiterherstellung beleuchtet. Wie oben bereits beschrieben kann in einer Ausführungsform die mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung und/oder die Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung jeweils Licht in eine gemeinsame optische Achse aussenden bzw. in einer anderen Ausführungsform ein senkrecht und relativ zur optischen Achse interferometrisch kontrollierter, verschiebbarer Messtisch zur Aufnahme der Maske und zum Anfahren der Strukturen auf der Maske vorgesehen sein.

[0031] Ferner wird mit mindestens einer Abbildungsoptik die jeweils ausgewählte Struktur auf der Maske auf einen Detektor einer Kamera abgebildet. Wie oben bereits beschrieben kann in einer Ausführungsform die Kamera eine für Licht der Wellenlänge kleiner oder gleich 400 nm empfindliche CCD-Kamera sein.

[0032] Des Weiteren werden zur Vermessung der jeweils ausgewählten Struktur auf der Maske in Bezug auf die Position und/oder Abmessung die Werte mit einem ersten Dienstprogramm ermittelt, das mit dem Detektor der Kamera verbunden ist.

[0033] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird die jeweils ausgewählte Struktur auf der Maske mit der mindestens einen Abbildungsoptik unter Verwendung einer in einem Stepper verwendeten Wellenlänge einer Stepperbeleuchtung beleuchtet. Wie oben bereits beschrieben kann in diversen Ausführungsformen die mindestens eine Abbildungsoptik aus mindestens zwei Objektiven bestehen, die abhängig von der Verwendungsart eingestellt und in die optische Achse verbracht werden, wobei die Objektive in bevorzugten Ausführungsformen auf einem Schieber oder Revolver aufgebracht sind. In weiteren Ausführungsformen sind, wie oben beschrieben, die verwendeten Wellenlängen für beide Verwendungsarten identisch oder nicht identisch mit den oben angegebenen spezifischen Wellenlängen.

[0034] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, die zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer anhand der im Stepper verwendeten Wellenlänge der Stepperbeleuchtung zu berechnen. Anhand der Abbildung der Struktur auf der Maske auf den Detektor der Kamera wird mit einem zweiten Dienstprogramm die Breite der Struktur berechnet. Die aufgrund der Stepperbeleuchtung zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer und die aufgrund der Abbildung der Struktur auf der Maske ermittelte Position oder Breite (CD) werden miteinander verglichen, um zu beurteilen wie sich die Struktur letztendlich im Photoresist auf dem Wafer entwickelt. Dabei kann man zunächst alle Positionen bzw. Breiten der Strukturen auf der Maske ermitteln und diese in einer Datenbank ablegen. In analoger Weise kann mit der Berechnung der zu erwartenden Strukturen im Photoresist auf dem Wafer verfahren werden. Der Vergleich kann anschließend durchgeführt werden. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind speziell für Strukturen, die Defekte enthalten, weitere Schritte vorgesehen. Diese Schritte werden nachfolgend beschrieben. In einem Schritt werden zunächst von der Auswertelektronik die Daten zur Lage der Strukturen auf der Maske an eine Steuerung des Messtisches übergeben. In einem weiteren Schritt wird jeweils eine der Strukturen auf der Maske, die Defekte enthalten, durch die Steuerung des Messtisches in die optische Achse gebracht. Im nächsten Schritt wird die jeweilige defekte Struktur auf der Maske mit der mindestens einen Abbildungsoptik unter Verwendung der im Stepper verwendeten Wellenlänge der Stepperbeleuchtung beleuchtet. Im nächsten Schritt wird mit der mindestens einen Abbildungsoptik die jeweilige defekte Struktur auf der Maske auf den Detektor der Kamera abgebildet. Im nächsten Schritt wird die zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer anhand der bei der Stepperbeleuchtung verwendeten Wellenlänge und anhand der Abbildung der jeweiligen defekten Struktur auf der Maske auf den Detektor der Kamera mit dem zweiten Dienstprogramm berechnet. Dann wird im abschließenden Schritt im Falle einer Abweichung der Ergebnisdaten für die jeweilige zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer von einer dafür vorgegebenen Soll-Struktur im Photoresist auf dem Wafer eine entsprechende Meldung ausgegeben, wobei der Sollwert in einem vordefinierten Toleranzbereich liegen darf. In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist als zusätzlicher Schritt vorgesehen, dass im Falle einer solchen Meldung die Maske einer Reparatur zugeführt wird. Solch ein zusätzliches Prüfverfahren für defekte Strukturen auf der Maske ist durchaus sinnvoll, da üblicherweise nicht vorhergesagt werden kann, dass die defekten Strukturen auf der Maske stets in ebenfalls defekte Strukturen bzw. in ähnliche defekte Strukturen im Photoresist auf dem Wafer resultieren.

[0035] Der unmittelbare Vergleich von Messwerten bei unterschiedlichen Beleuchtungen unter sonst gleichen Auswertebedingungen ermöglicht also eine erweiterte Analyse der Maskenherstellungsprozesse. Weitere Vorteile aus der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich ableiten. Die Kosten für die Kontrolle von defekten Strukturen auf der Maske bzw. im Photoresist auf dem Wafer werden reduziert, da kein externes Kontroll-Messgerät wie beispielsweise das AIMS benötigt wird. Das Prüfverfahren bzgl. der defekten Strukturen ist vereinfacht, da alle Schritte des oben beschriebenen Verfahrens in einer Prozesslinie liegen. Da das Substrat/der Wafer/die Maske nicht mehr zwischen zwei unterschiedlichen Vorrichtungen transportiert werden muss, verringert sich auch die Gefahr einer Zerstörung des Substrats/des Wafers/der Maske beim Handling.

[0036] Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren werden nachfolgend anhand der schematischen Zeichnungen genauer erläutert. Die Figuren zeigen im Einzelnen:

Fig. 1: eine schematische Ansichtsdarstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2: eine schematische Ansichtsdarstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

Fig. 3: eine schematische Ansichtsdarstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der das zu vermessende Substrat mit den Strukturen nach unten eingelegt ist.

[0037] **Fig. 1** zeigt eine schematische Ansichtsdarstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1**, die eine Koordinaten-Messmaschine ist, wie sie seit längerem bereits aus dem Stand der Technik für die Vermessung von Strukturen **3** auf Masken und/oder Wafern bekannt ist. Mit dem in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiel der Vorrichtung **1** können Substrate optisch inspiziert und vermessen werden. Bei dem Substrat gemäß der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine Maske **2**, die beispielsweise aus Quarzglas besteht. Die Maske **2** wird für die Herstellung von Halbleitern, beispielsweise Wafern, verwendet. Auf der Maske **2** sind mehrere Strukturen **3** aufgebracht, die mit der Vorrichtung **1** vermessen werden können. Die Vorrichtung **1** umfasst eine optische Achse **5**. Für den Durchlichtmodus ist eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung **6** vorgesehen, welche Licht im nahen UV oder DUV emittiert und das Licht über einen Spiegel **7** in Richtung eines Kondensors **8** leitet. Das Licht in der optischen Achse **5** tritt durch das Substrat **2** und wird zumindest größtenteils von einer Abbildungsoptik **9** mit einem Objektiv **91** aufgesammelt und über einen Strahlteiler **12** auf einen Detektor **11** einer Kamera **10** abgebildet.

[0038] Der Detektor **11** besteht in der hier dargestellten Ausführungsform aus einem CCD-Chip, der die von der Abbildungsoptik **9** gesammelten optischen Signale in elektrische Signale umwandelt. Ferner ist im Auflichtstrahlengang der optischen Achse **5** ebenfalls eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung **14** vorgesehen, welcher zum größten Teil den Strahlteiler **12** passiert und mit der über die Abbildungsoptik **9** die Maske **2** bzw. die Strukturen **3** auf der Maske **2** beleuchtet werden können. Die Abbildungsoptik **9** ist mit einer nicht gezeigten Fokussiereinrichtung versehen, die die Abbildungsoptik **9** in Z-Koordinatenrichtung bewegt. Somit können durch die Abbildungsoptik **9** die Strukturen **3** auf der Maske **2** in unterschiedlichen Fokusebenen aufgenommen werden. In gleicher Weise ist es möglich, dass der Kondensor **8** in Z-Koordinatenrichtung verschoben werden kann.

[0039] Bei der Abbildungsoptik **9** handelt es sich um eine hochauflösende, apo-chromatisch korrigierte Mikroskopoptik, welche für Licht im UV-Bereich bzw. Licht der Wellenlänge kleiner oder gleich 400 nm ausgelegt ist.

[0040] Üblicherweise weist die Vorrichtung **1** ein in Form eines Filters **114** und **115** ausgebildetes Mittel auf, welches einerseits in dem unteren Beleuchtungsstrahlengang der optischen Achse **5** und andererseits in dem oberen Beleuchtungsstrahlengang der optischen Achse **5** angeordnet ist. Bei den Filtern **114** und **115** handelt es sich um Transmissionsfilter. Mit den Filtern **114**, **115** kann beispielsweise die gewünschte Beleuchtungsart hinsichtlich der Wellenlänge eingestellt werden.

[0041] Der hochauflösende CCD-Chip des Detektors **11** ist mit einer Auswerteelektronik **16** verbunden, mit der die vom CCD-Chip des Detektors **11** gewonnenen Daten ausgelesen und entsprechend mit einem ersten ersten Dienstprogramm **17** verrechnet werden können. Ebenso ist die Auswerteelektronik **16** für die Steuerung eines Messtisches **20** in Y-Koordinatenrichtung und in X-Koordinatenrichtung zuständig.

[0042] Die Maske **2** befindet sich auf dem Messtisch **20**, der wie bereits erwähnt in X-Koordinatenrichtung und in Y-Koordinatenrichtung bewegbar gelagert ist. Die Bewegung des Messtisches **20** erfolgt über Luftlager **21**. Lediglich schematisch ist ein Laserinterferometersystem **24** angedeutet, mit welchem über einen Lichtstrahl **23** die Position des Messtisches **20** interferometrisch bestimmt werden kann. Die Verschiebung des Messtisches **20** wird also interferometrisch kontrolliert. Der Messtisch **20** ist dabei durch die Luftlager **21** quasi reibungsfrei auf einem Granitblock **25** positioniert und kann somit in X-Koordinatenrichtung und in Y-Koordinatenrichtung bewegt werden. Der Granitblock **25** selbst steht dabei auf schwingungsgedämpft gelagerten Füßen **26**.

[0043] Die Beleuchtungseinrichtungen **6** und **14** sind voneinander unabhängig einschaltbar. Für die Beurteilung der geprinteten Pattern, also für die Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur, werden Lichtquellen vorgesehen, die Licht mit einer Wellenlänge von 248 nm bzw. 193 nm bzw. 157 nm bzw. 13 nm abgeben. Die Abbildungsoptik **9** der Vorrichtung **1** ist an die entsprechenden Wellenlängen angepasst. Für die Auswertung der mittels der CCD-Kamera **10** gewonnenen Daten ist ein zweites Dienstprogramm **18** bei der Auswerteelektronik **16** vorgesehen, das aus den unter Stepperbedingungen abgebildeten Strukturen **3** auf der Maske **2** eine zu erwartende Struktur bzw. ein zu erwartendes Pattern im Photoresist auf dem Wafer berechnet.

[0044] Die Bestimmung der Strukturbreiten der Positionen oder Breiten der Strukturen **3** auf der Maske **2** hängt stark von der mechanischen Deformation, sprich Durchbiegung der Maske **2**, ab. Diese Durchbiegung gilt es bei der Bestimmung der Position bzw. der Strukturbreite herauszurechnen oder die gemessenen Werte entsprechend zu korrigieren. Als nicht vorveröffentlichter Stand der Technik ist eine weitere Vorrichtung bekannt (siehe **Fig. 3**), bei der die Maske **2** derart in den Messtisch **20** eingelegt ist, dass ein aus der Oberfläche der Maske **2**, die die Strukturen **3** trägt, weisender Normalvektor **30** im Wesentlichen parallel zum Vektor **33** der Gewichtskraft ist. Diese in **Fig. 3** dargestellte Anordnung hat den besonderen Vorteil, dass bei der Messung der Positionen der Strukturen **3** die gleichen Durchbiegungen vorherrschen, wie bei einer Maske **2**, die in einen Wafer-Stepper oder Wafer-Scanner eingelegt ist. Ebenso ist es bei der Berechnung der Position und/oder der Abmessung der Struktur **3** auf der Maske **2** vorteilhaft, die Auflagepunkte der Maske **2** auf dem Messtisch **20** derart zu verteilen, dass deren Verteilung der Verteilung der Auflagepunkte entspricht, wie sie im Wafer-Stepper oder Wafer-Scanner verwendet werden. Des Weiteren ist es von Vorteil, den gleichen Messtisch **20** bzw. die gleiche Halterung für die Masken **2** oder Substrate zu verwenden, wie diese auch im Wafer-Stepper oder Wafer-Scanner Verwendung finden.

[0045] **Fig. 2** zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung, die gemäß **Fig. 1** ausgestaltet ist. Zusätzlich zum Objektiv **91** umfasst die Abbildungsoptik **9** der Vorrichtung **1** mindestens ein weiteres Objektiv **92**. Die mindestens beiden Objektive **91**, **92** sind in der dargestellten Ausführungsform gemäß **Fig. 2** auf einem Schieber **93** angeordnet. So kann je nach verwendeter Wellenlänge das geeignete Objektiv **91** oder **92** in den Strahlengang der optischen Achse **5** der Vorrichtung **1** gebracht werden. Für den Fall, dass die Position und/oder die CD von Strukturen auf einer Maske **2** bestimmt werden sollen, wird mit einer Wellenlänge im nahen UV-Bereich oder Licht der Wellenlänge kleiner oder gleich 400 nm gearbeitet,

die größer als die bei dem Stepper verwendete Wellenlänge ist. Soll das geprintete Pattern beurteilt werden, also die im Photoresist auf dem Wafer zu erwartende Struktur berechnet werden, so wird das Objektiv **91** oder **92**, das für die bei einem Stepper verwendete Wellenlänge ausgebildet ist, in den Strahlengang der Vorrichtung verschoben.

[0046] Abschließend sei ganz besonders darauf hingewiesen, dass die Erfindung unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben wurde. Es ist jedoch für jeden Fachmann selbstverständlich, dass Abwandlungen und Änderungen gemacht werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung (Koordinaten-Messmaschine)
2	Maske (Substrat)
3	Struktur auf Maske
5	optische Achse
6	Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung
7	Spiegel
8	Kondensator
9	Abbildungsoptik
10	Kamera
11	Detektor
12	Strahlteiler
14	Auflicht-Beleuchtungseinrichtung
16	Auswertelektronik
17	erstes Dienstprogramm
18	zweites Dienstprogramm
20	Messtisch
21	Führungs- oder Luftlager
23	Lichtstrahl
24	Laserinterferometersystem
25	Granitblock
30	Vektor
33	Vektor der Gewichtskraft
40	Lichtquelle für Hellfeldanordnung
41	Strahlengang für Hellfeldanordnung
43	Strahlengang für Dunkelfeldanordnung
91	Objektiv
92	Objektiv

93	Schieber
114	Filter
115	Filter

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zum Bestimmen der Positionen und Strukturbreiten von Strukturen (3) auf einer Maske (2), wobei die Vorrichtung (1) mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (14) und/oder eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung (6) umfasst, die Vorrichtung (1) mindestens eine Abbildungsoptik (9) und einen Detektor (11) einer Kamera (10) zum Abbilden der Strukturen (3) auf der Maske (2) umfasst, wobei ein erstes Dienstprogramm (17) mit dem Detektor (11) der Kamera (10) verbunden ist, das für die Ermittlung der Position und der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Abbildungsoptik (9) zum Abbilden der Struktur (3) auf der Maske (2) gemäß einer in einem Stepper verwendeten Wellenlänge einer Stepperbeleuchtung ausgestaltet ist, und dass mit dem Detektor (11) der Kamera (10) ein zweites Dienstprogramm (18) verbunden ist, das die zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer aufgrund der im Stepper verwendeten Wellenlänge der Stepperbeleuchtung berechnet, wobei ein Vergleich zwischen einer ermittelten Breite der Struktur auf der Maske und einer berechneten Breite der zu erwartenden Struktur im Photoresist vorgesehen ist.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (14) und/oder Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung (6) jeweils Licht in eine gemeinsame optische Achse (5) aussenden.

3. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (1) einen senkrecht und relativ zur optischen Achse (5) interferometrisch kontrollierten, verschiebbaren Messtisch (20) zur Aufnahme der Maske (2) und zum Anfahren der Strukturen (3) auf der Maske (2) umfasst.

4. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine mit dem Detektor (11) der Kamera (10) verbundene Auswertelektronik (16) das erste Dienstprogramm (17) und das zweite Dienstprogramm (18) umfasst.

5. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kamera (10) eine CCD-Kamera ist, die für Licht der Wellenlänge kleiner oder gleich 400 nm empfindlich ist.

6. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungs-

optik (9) aus mindestens zwei Objektiven (91, 92) besteht, die in Abhängigkeit von der Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) oder einer Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur in die optische Achse (5) verbringbar sind.

7. Vorrichtung (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Objektive (91, 92) auf einem Schieber (93) oder einem Revolver angebracht sind.

8. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungsoptik (9) aus mindestens zwei Objektiven (91, 92) besteht, die fest montiert sind und über jeweils eine eigene Beleuchtungseinrichtung verfügen und denen jeweils ein eigener Detektor zugeordnet ist.

9. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die verwendeten Wellenlängen zum Abbilden der Strukturen (3) auf der Maske (2) auf den Detektor (11) der Kamera (10) für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) einerseits und für die Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur andererseits identisch sind.

10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die verwendete Wellenlänge zum Abbilden der Strukturen (3) auf der Maske (2) auf den Detektor (11) für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) und für die Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur 248 nm, 193 nm, 157 nm oder 13 nm beträgt.

11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (14) und/oder eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung (6) einen Excimer-Laser umfasst.

12. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die verwendete Wellenlänge zum Abbilden der Strukturen (3) auf der Maske (2) auf den Detektor (11) der Kamera (10) für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) 365 nm beträgt und für die Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur 248 nm oder 193 nm oder 157 nm beträgt.

13. Verfahren zum Vermessen von Strukturen (3) auf einer Maske (2) und zur Berechnung der aus den Strukturen (3) auf der Maske (2) zu erwartenden Strukturen in einem Photoresist auf einem Wafer, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- dass mit mindestens einer Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (14) und/oder einer Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung (6) mindestens eine Struktur (3) auf

der Maske (2) für die Halbleiterherstellung beleuchtet wird;

- dass mit mindestens einer Abbildungsoptik (9) die Struktur (3) auf der Maske (2) auf einen Detektor (11) einer Kamera (10) abgebildet wird;

- dass bei der Vermessung der Struktur (3) auf der Maske (2) in Bezug auf die Position und/oder Abmessung die Werte mit einem ersten Dienstprogramm (17) ermittelt werden, das mit dem Detektor (11) der Kamera (10) verbunden ist;

- dass die Struktur (3) auf der Maske (2) unter Verwendung einer in einem Stepper verwendeten Wellenlänge einer Stepperbeleuchtung beleuchtet wird;

- dass die zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer anhand der im Stepper verwendeten Wellenlänge der Stepperbeleuchtung und anhand einer Abbildung unter Stepperbedingungen der Struktur (3) auf der Maske (2) auf den Detektor (11) der Kamera (10) mit einem zweiten Dienstprogramm (18) berechnet wird, das mit dem Detektor (11) der Kamera (10) verbunden ist; und

- dass die Position bzw. Breite der Struktur (3) auf der Maske (2) mit der zu erwartenden Struktur im Photoresist verglichen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13 **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (14) und/oder die Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung (6) jeweils Licht in eine gemeinsame optische Achse (5) aussenden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 14 **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Messtisch (20) zur Aufnahme der Maske (2) und zum Anfahren der Strukturen (3) auf der Maske (2) senkrecht und relativ zur optischen Achse (5) interferometrisch kontrolliert verschoben wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15 **dadurch gekennzeichnet**, dass eine mit dem Detektor (11) der Kamera (10) verbundene Auswertelektronik (16) das erste Dienstprogramm (17) und das zweite Dienstprogramm (18) umfasst.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kamera (10) eine CCD-Kamera ist, die für Licht der Wellenlänge kleiner oder gleich 400 nm empfindlich ist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungsoptik (9) aus mindestens zwei Objektiven (91, 92) besteht, wobei in Abhängigkeit von der Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) oder einer Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur das jeweils geeignete Objektiv (91) oder (92) in die optische Achse (5) verbracht wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Objektive (91, 92) auf einem Schieber (93) oder auf einem Revolver angebracht sind.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungsoptik (9) aus mindestens zwei Objektiven (91, 92) besteht, die fest montiert werden und über jeweils eine eigene Beleuchtungseinrichtung verfügen, wobei jeder Abbildungsoptik (9) jeweils ein eigener Detektor zugeordnet wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20 **dadurch gekennzeichnet**, dass die verwendeten Wellenlängen zum Abbilden der Strukturen (3) auf der Maske (2) auf den Detektor (11) der Kamera (10) für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) einerseits und für die Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur andererseits identisch sind.

22. Verfahren nach Anspruch 21 **dadurch gekennzeichnet**, dass die verwendete Wellenlänge zum Abbilden der Strukturen (3) auf der Maske (2) auf den Detektor (11) für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) und für die Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur 248 nm, 193 nm, 157 nm oder 13 nm beträgt.

23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (14) und/oder eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung (6) einen Excimer-Laser umfasst.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20 **dadurch gekennzeichnet**, dass die verwendete Wellenlänge zum Abbilden der Strukturen (3) auf der Maske (2) auf den Detektor (11) für die Ermittlung der Position und/oder der Abmessung der Struktur (3) auf der Maske (2) 365 nm beträgt und für die Berechnung der im Photoresist auf dem Wafer zu erwartenden Struktur 248 nm oder 193 nm oder 157 nm beträgt.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 24 **gekennzeichnet durch** die weiteren Schritte:

- dass von der Auswerteelektronik (16) die Lage der Strukturen (3) auf der Maske (2) an eine Steuerung des Messtisches (20) übergeben werden;
- dass die jeweils eine der Strukturen (3) auf der Maske (2), die Defekte enthalten, durch die Steuerung des Messtisches (20) in die optische Achse (5) gebracht wird;
- dass die jeweilige Struktur (3) auf der Maske (2), die einen Defekt enthält, unter Verwendung der im Stepper verwendeten Wellenlänge der Stepperbeleuchtung beleuchtet wird;

- dass mit der mindestens einen Abbildungsoptik (9) die jeweilige Struktur (3) auf der Maske (2), die den Defekt enthält, auf den Detektor (11) der Kamera (10) abgebildet wird;

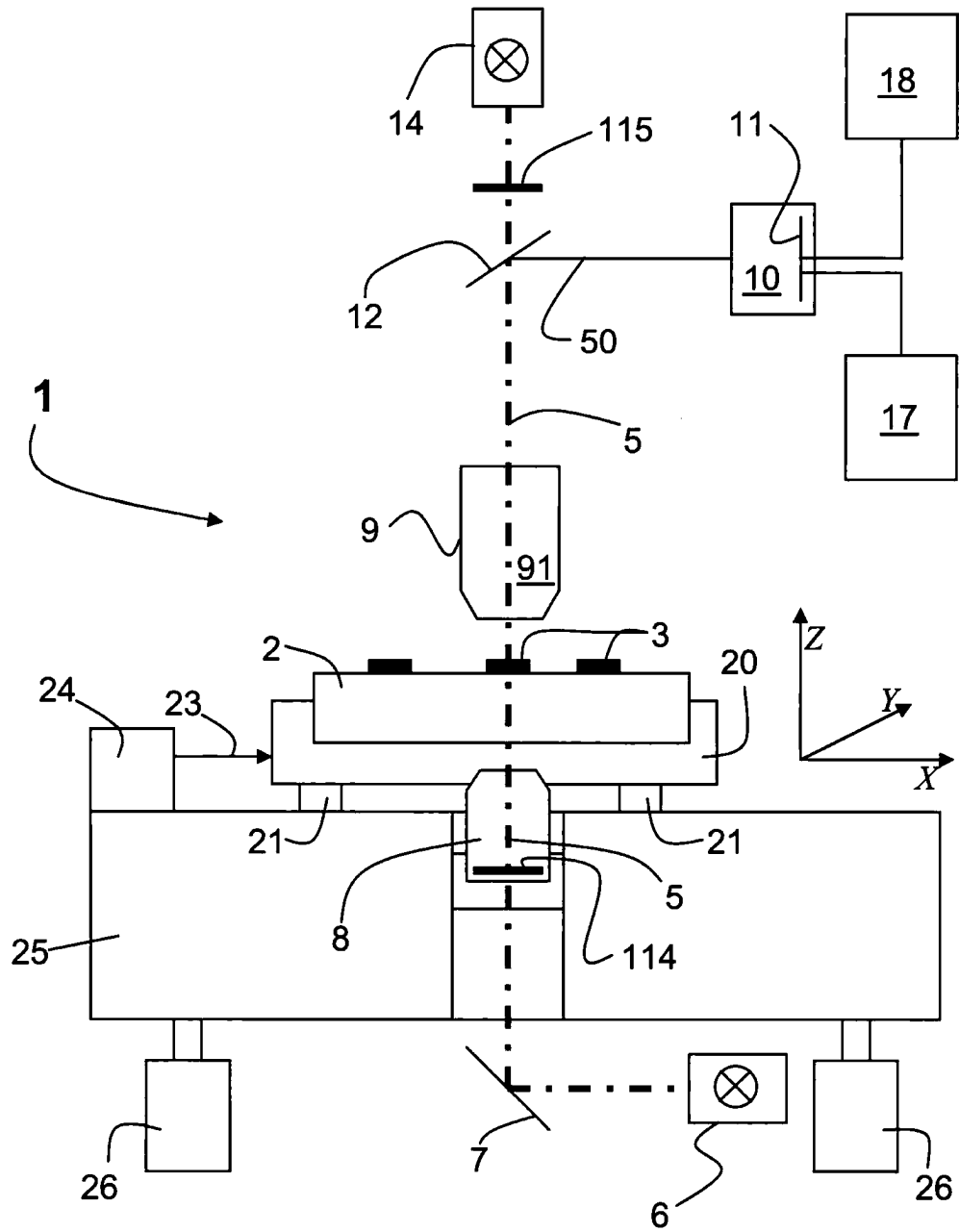
- dass die zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer anhand der im Stepper verwendeten Wellenlänge der Stepperbeleuchtung und anhand der Abbildung aus dem vorangegangenen Schritt der jeweiligen Struktur (3) auf der Maske (2), die den Defekt enthält, auf den Detektor (11) der Kamera (10) mit dem zweiten Dienstprogramm (18) berechnet wird; und

- dass im Falle einer Abweichung der Ergebnisdaten für die jeweilige zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer von einer dafür vorgegebenen Soll-Struktur im Photoresist auf dem Wafer eine entsprechende Meldung ausgegeben wird.

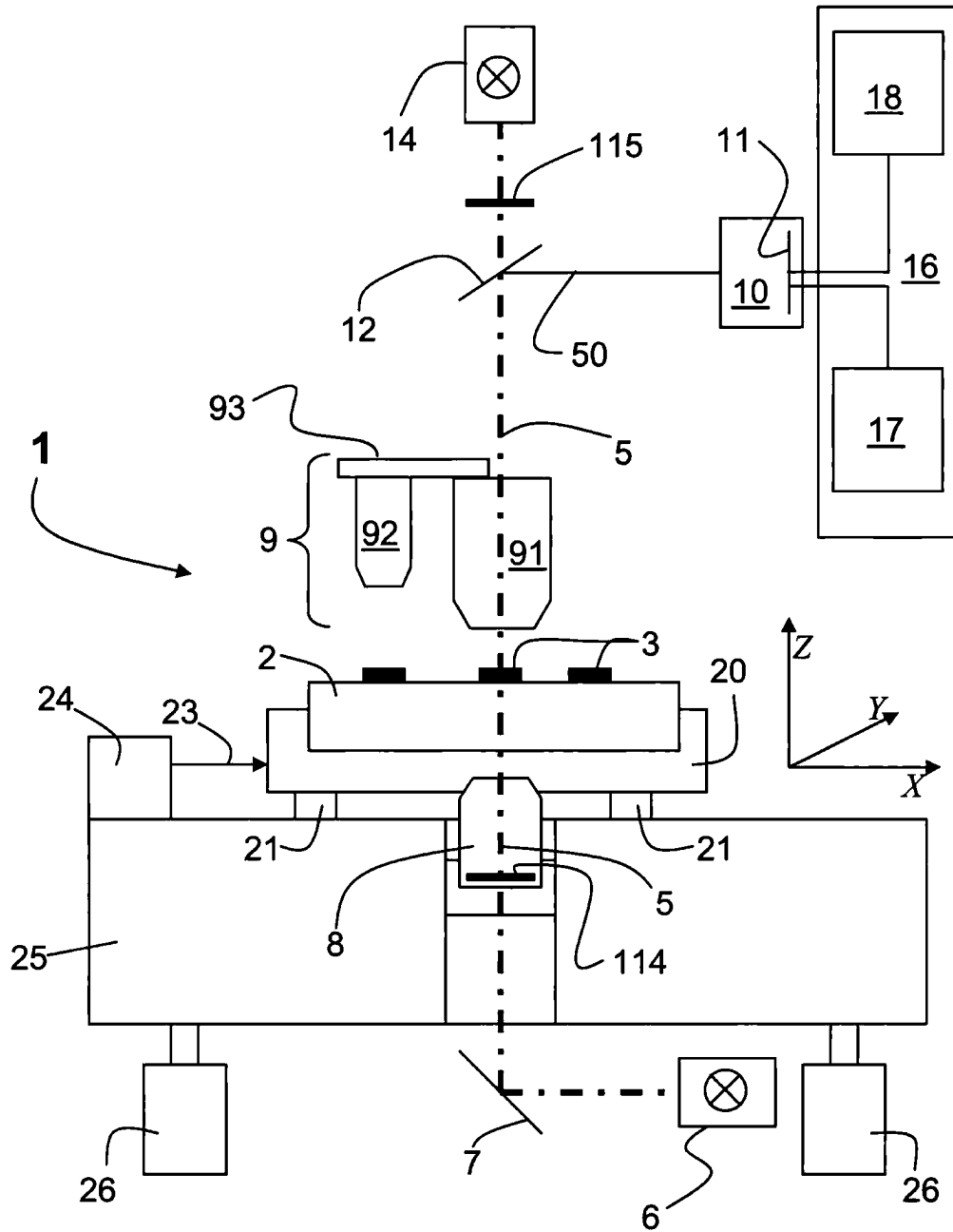
26. Verfahren nach Anspruch 25 **dadurch gekennzeichnet**, dass im Falle einer Meldung aufgrund der Abweichung der Ergebnisdaten für die jeweilige zu erwartende Struktur im Photoresist auf dem Wafer von der dafür vorgegebenen Soll-Struktur im Photoresist auf dem Wafer die Maske (2) einer Reparatur zugeführt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

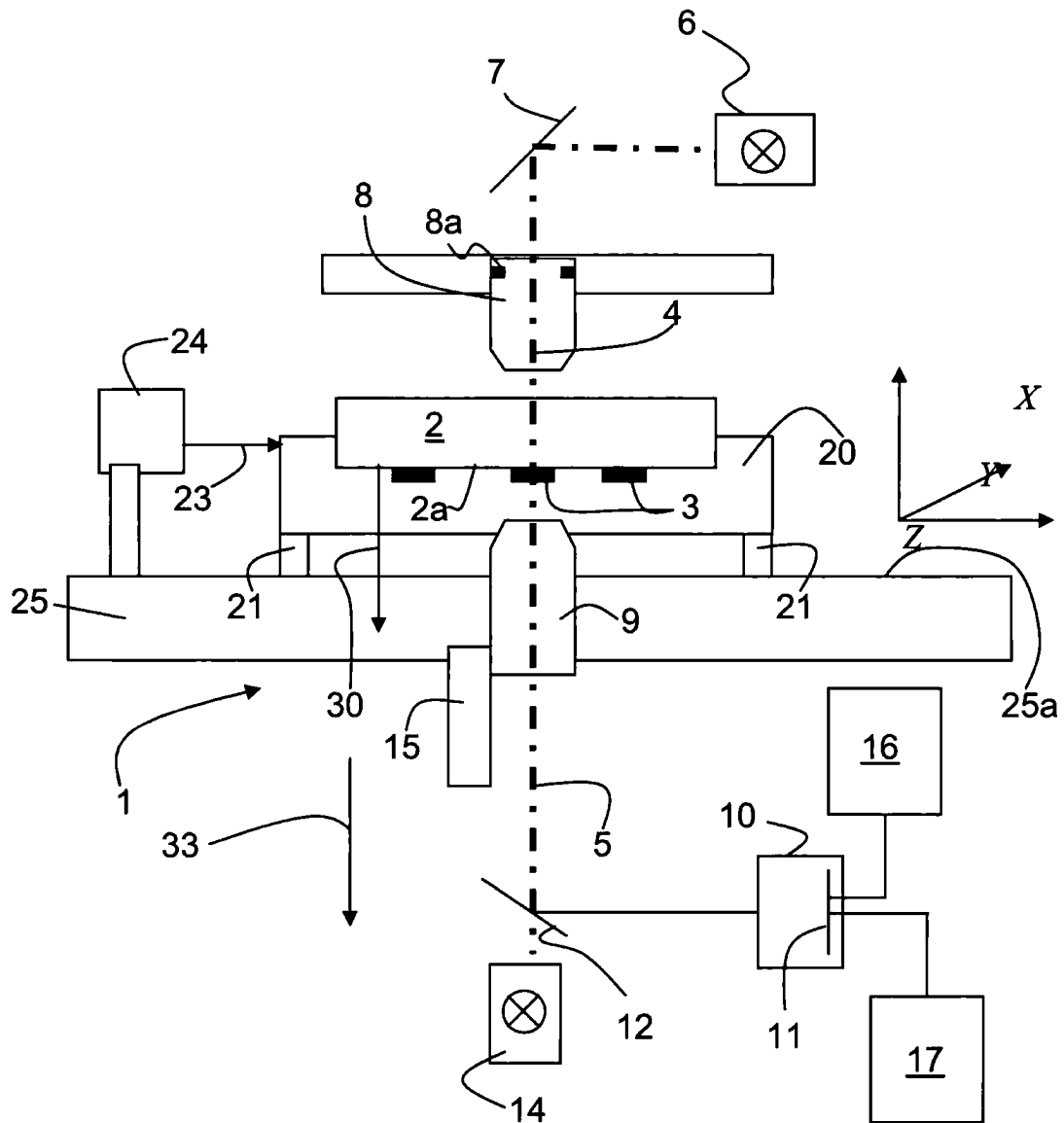
Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2



Figur 3