(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 30 757 T2** 2004.03.18

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 745 211 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 30 757.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US95/00887**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 909 301.4**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 95/020139**
(86) PCT-Anmeldetag: **20.01.1995**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **27.07.1995**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.12.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **14.05.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.03.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G01B 9/02**

(30) Unionspriorität:
185644 **24.01.1994** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, IT, LI, NL

(73) Patentinhaber:
ASML Holding, N.V., Veldhoven, NL

(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München

(72) Erfinder:
GALLATIN, M., Gregg, Newtown, US; KREUZER, L., Justin, Trumbull, US; NELSON, L., Michael, W. Redding, US

(54) Bezeichnung: **GITTER-GITTER INTERFEROMETRISCHES AUSRICHTSYSTEM**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen ein Ausrichtsystem, einen Sensor und ein Verfahren zum Detektieren und Ausrichten von Objekten. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem, welches einen direkten Maske-zu-Wafer-Positions- und Durch-die-Maske-(TDM)-Ausrichtsensor für Mikrolithographie verwendet.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Ein genaues Maske-zu-Wafer-Ausrichtsystem und Verfahren ist für die Submikro-Lithografie von entscheidender Bedeutung. Ein lithografisches Muster muß genau in Bezug auf vorherige Muster positioniert (ausgerichtet) werden. Die zum Ausrichten verwendeten spezialisierten Strukturen werden oft als "Ausrichtmarken" oder spezifischer als "Masken-Marken" oder "Wafer-Marken" bezeichnet.
[0003] Bevorzugt sollte die Überdeckungsgenauigkeit zwischen Mustern kleiner als 1/5 oder sogar noch kleiner als 1/10 der Merkmalsgröße sein. Beispielsweise sollte die Überdeckungsgenauigkeit kleiner als 0,1 μm für eine Linienbreite von 0,5 μm sein. Eine Anzahl optischer Techniken befindet sich mit variierenden Erfolgsgraden in Einsatz. Alle Techniken führen jedoch zu Begrenzungen in der Leistung, welche nicht vollständig die Anforderungen von Lithografiesystemen erfüllen.
[0004] Ein Verfahren zum Ausrichten von Objekten ist in dem US Patent 4,849,911 mit dem Titel "Method for Aligning First and Second Objects, relative to Each Other, and Apparatus for Practicing this Method", erteilt an Uchida et al. am 18. Juli 1989 offenbart. Darin ist eine Vorrichtung zum Ausrichten einer Maske und eines Wafers mit Beugungsgittern darauf offenbart. Die Intensität des gebeugten Lichts wird erfasst und die Ausrichtung der Maske und des Wafers bestimmt. Die Ausrichtungserfassung ist unabhängig von dem Abstand zwischen der Maske und dem Wafer.
[0005] Obwohl diese und andere Ausrichtsysteme ausreichend für ihren gedachten Zweck arbeiteten, besteht ein zunehmender Bedarf für die Verbesserung der Genauigkeit von Ausrichtsystemen. Dieser Bedarf ist insbesondere offensichtlich, da die Merkmalsgröße von Masken kleiner wird, und deren Ausrichtung zu einem Wafer kritisch wird.
[0006] Eine ein reflektierendes Ausrichtpositionssignal erzeugende Vorrichtung ist aus US 5,231,467 bekannt. Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen einer Verschiebung zwischen zwei Objekten und ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen eines Spaltabstandes zwischen zwei Objekten ist aus US 5,151,754 bekannt. Ein Positionserfassungsverfahren und eine Positionserfassungsvorrichtung unter Verwendung eines Beugungsgitters ist aus JP 4366704 bekannt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Die vorliegende Erfindung ist in lithografischen Strukturierungsschritten während der Herstellung von integrierten Schaltungen nützlich. Die vorliegende Erfindung ist für Kontakt- und Proximity-(Abstands)-Belichtung nützlich, sowie für Projektionsbelichtung, wenn die Maske und der Wafer durch eine Übertragungslinse oder deren Äquivalent getrennt sind. Die vorliegende Erfindung kann sowohl bei optischen als auch bei Röntgenstrahlungs-Lithografiesystemen angewendet werden.
[0008] Die vorliegende Erfindung stellt eine Technik zur interterometrischen Messung der relativen Positionen von zwei Objekten durch Verwendung der Interferenz von Gitterordnungen, die von auf jedem Objekt plazierten Gittermustern erzeugt werden. Eine diskutierte spezifische Ausführungsform bezieht sich auf eine In-Ebenen-Ausrichtung einer Maske und eines Wafers, die in einem Mikrolithographie-Belichtungswerkzeug angewendet wird, auf eine Genauigkeit von weniger als etwa 10 nm = 3 σ.
[0009] Die vorliegende Erfindung stellt eine einfache und genaue Einrichtung für die Bestimmung der erforderlichen Ausrichtposition zwischen einem Maskenmuster und einem Wafermuster zum Erzeugen einer genauen Überdeckung zwischen den zwei Mustern während der lithografischen Strukturierung von integrierten Schaltungen bereit.
[0010] In einer Ausführungsform erfordert die vorliegende Erfindung nur einen kollimierten Eingangsstrahl elektromagnetischer Strahlung und erfasst nur die Veränderung der Gesamtintensität der kollimierten Rückstrahlung als eine Funktion der relativen In-Ebenen-Position der Maske und des Wafers. Die Ausrichtinformation wird aus der Intensität als eine Funktion der Position unter Verwendung einer Fourier-Transformation bestimmt, welche die Phase einer ausgewählten Frequenzkomponente der Strahlung bestimmt. Die vorliegende Erfindung kann nur eine einzige Wellenlänge, mehrere diskrete Wellenlängen einer kohärenten elektromagnetischen Strahlung, oder eine breitbandige elektromagnetische Strahlung verwenden.
[0011] Die vorliegende Erfindung umfasst vier Hardware-Subsysteme, welche umfassen: (1) eine elektroma-

gnetische Strahlungsquelle mit Kollimierungsoptik, die einen kollimierten Strahl mit räumlich kohärenten einzelnen oder mehreren diskreten Wellenlängen oder in einigen Fällen mit einer breitbandigen elektromagnetischen Strahlung liefert; (2) einen Detektor, welcher die Intensität der kollimierten elektromagnetischen Rückstrahlung erfasst; (3) x- und y-orientierte unabhängige lineare Maskengitter, welche getrennt oder zusammenfallend sein können. Wenn zwei Gitter mit unterschiedlichen Periodizitätsrichtungen zusammenfallen, d. h., übereinander vorliegen, wird dieses als ein "Kreuzgitter" bezeichnet; und (4) ein "Schachbrettgitter", d. h., ein diagonal angeordnetes Kreuzgitter auf dem Wafer. Die Wafergitter sind zusammenfallend und diagonal in Bezug auf das Maskengitter angeordnet, das ein Muster ähnlich einem Schachbrett ausbildet.

[0012] Das Software-Subsystem enthält einen Algorithmus für die Bestimmung der gewünschten Positionsinformation aus der Rückstrahlungsintensität, die als eine Funktion der relativen Position des Wafer- und Maskengitters gemessen wird. Dia Software enthält einen Fourier-Transformationsalgorithmus, welcher die Phase und Amplitude einer bekannten Frequenzkomponente der Intensität bestimmt. Alle anderen Frequenzkomponenten besitzen relevante Information bezüglich des Gesamtbetriebs des Sensors und können falls erforderlich verwendet werden, um das Ausrichtmessverfahren zu unterstützen.

[0013] Zusätzlich beleuchten in einer Ausführungsform eine Beleuchtungsquelle und ein Detektor ein Maskengitter und ein Wafergitter. Eine vorbestimmte Frequenzkomponente der rückgestrahlten gebeugten elektromagnetischen Strahlung wird zusammen mit ihrer Phase erfasst. Die Phase der vorbestimmten Frequenzkomponente stellt ein direktes Maß der relativen Position des Maskengitters in Bezug auf das Wafergitter dar. Ein Signalprozessor erzeugt Positionsinformation für einem an einer Station, welche einen Wafer hält, angebrachten Motor. Der Motor positioniert den Wafer in Ausrichtung zu der Maske. Die Ausrichtung kann kontinuierlich so erfolgen, dass sowohl die Maske als auch der Wafer gleichzeitig in einer Abtastrichtung bewegt und die relative Ausrichtung zwischen der Maske und dem Wafer beibehalten wird.

[0014] Demzufolge ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Ausrichtsystem mit verbesserter Genauigkeit und Zuverlässigkeit bereitzustellen.

[0015] Es ist ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass eine Beleuchtungsquelle und ein Detektor zueinander benachbart positioniert sind.

[0016] Es ist ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindurg, dass sie relativ Prozeßunempfindlich ist, und eine breite Vielfalt von Waferoberflächenmerkmalen und Beschichtungen verarbeiten kann.

[0017] Es ist ein Merkmal der vorliegenden Erfindung, dass eine vorbestimmte Frequenzkomponente und Phase der gebeugten elektromagnetischen Strahlung erfasst wird.

[0018] Diese und weitere Aufgaben, Vorteile und Merkmale werden deutlicher in Hinblick auf die nachstehende detailliertere Beschreibung ersichtlich.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0019] **Fig.** 1 ist eine Querschnittsansicht eines Ausrichtsensors der vorliegenden Erfindung.

[0020] **Fig.** 2 ist eine schematische Darstellung der hierin verwendeten Gitterordnungs-Nummerierungskonvention.

[0021] **Fig.** 3 stellt zwei dominante Beugungspfade aus zwei parallelen Gittern dar. Ein einfallender kollimierter Strahl tritt senkrecht zu der Ebene des Maskengitters ein, d. h. bei $\Theta_{IN} = 0$. Der Rückstrahl verlässt die Maske senkrecht zu der Ebene des Maskengitters.

[0022] **Fig.** 4 veranschaulicht ein lineares Maskengitter und ein Schachbrett-Wafergitter. Die Maskenmarken und die Wafermarken sind mit einem übertriebenen Abstand dargestellt, um die Mehrfachbeugung zu veranschaulichen, die das Direkt-Referenz-Ausrichtsignal erzeugt.

[0023] **Fig.** 5 stellt dieselben vier Pfade wie in **Fig.** 2 in Form von Θ_x und Θ_y dar, welche die Sinuswerte der Rotationswinkel um die x- bzw. y-Achsen sind.

[0024] **Fig.** 6 veranschaulicht die Laserdioden-Rückstreu-Modulationsausführungsform.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0025] **Fig.** 1 ist eine Querschnittsansicht eines Ausrichtsensors der vorliegenden Erfindung. Der Ausrichtsensor ist innerhalb eines stabilen Rahmens **1** eingebaut. Eine oder mehrere Wellenlängen einer räumlich kohärenten Strahlung, abgeleitet aus einer "Punktquelle", wie z. B. aus einem oder mehreren Lasern stammen, tritt aus dem Ausgangsende einer Polarisations-erhaltenden Einmoden-Lichtleiterfaser **2** aus. Die elektromagnetische Strahlung (z. B. Licht) beleuchtet eine Kollimierungslinse **3** und eine Apertur **4**.

[0026] Linsen **5** und **6** bilden eine telezentrische Übertragungslinse, die sowohl die Apertur **4** auf die Mitte der Maskenmarke **9** projiziert als auch die kollimierte Wellenfront an der Maskenmarke **9** erhält. Zur Vereinfachung sind die Linsen **5**, **6** als eine Telefotolinse implementiert, welche einen großen Arbeits- oder Höhenabstand zwischen den Linsen **5**, **6** und der Maskenmarke **9** bereitstellt. Zur Unterbringungsvereinfachung enthalten die Linsen **5**, **6** einen Faltspiegel **7**, der in einem Winkel angeordnet ist, um die Optik außerhalb des Paares der senk-

recht einfallenden Röntgenstrahlung zu halten. Die Beleuchtung verlässt die Linsen **5**, **6** um einen Strahl **8** herum zentriert.

[0027] Die Beugung aus der Maskenmarke **9** und der Wafermarke **10** führt den Ausrichtsignalanteil der Strahlung zentriert um den Strahl **11** zurück. Die Strahlung kehrt durch die andere Seite der Linse **6** hindurch zurück, wo der Gehäusefaltspiegel **12** die Strahlung durch die Linse **13** hindurch leitet, was die Rolle der Linse **5** verdoppelt. Zusammen bilden die Linsen **6** und **13** die Maskenmarke **9** auf die Apertur **14** ab. Die Apertur **14** ist etwas größer als das Bild der Maskenmarke **9** um Streustrahlung zu unterdrücken. Ein (nicht dargestellter) Detektor könnte nach der Apertur **14** folgen. Alternativ führt die Linse **15** die Strahlung auf die Detektorebene **16**, welche eine Begrenzungsapertur enthält, um die erfasste Strahlung auf die kollimierten Strahlen nullter Ordnung zu beschränken, welche die Maskenmarke **9** entlang dem Pfad **11** verlassen. Die Ebene **16** kann mit der Fläche eines Fotodetektors oder einer Lichtübertragung wie z. B. einer Multimodenfaseroptik **17** zusammenfallen, die die Strahlung zu einem (nicht dargestellten) entfernten Fotodetektor liefert.

[0028] Eine Betrachtung der grundlegenden Gitterphysik ist für das Verständnis des Ausrichtsensors hilfreich. Ein Gitter ist jedes Objekt, dessen elektromagnetischen Eigenschaften (wie z. B. der Brechungsindex) sich periodisch entlang wenigstens einer Dimension verändern. Beispielsweise kann der Brechungsindex in einem Gitter eine Funktion der Position n (x, y, z) sein, welche der Beziehung n (x, y, z) = n (x + P, y, z) für alle Werte von x genügt, in welcher die Gitterebene parallel zu der x-y Ebene ist. Insbesondere können in Oberflächengittern, beispielsweise die Gitter-"Grate und Täler" parallel zu der y-Achse orientiert sein, so dass die Periodizität in der x-Richtung vorliegt.

[0029] Da ein Gitter periodische elektromagnetische Eigenschaften besitzt, wenn es mit einer elektromagnetischen Strahlung bestrahlt wird, erzeugt es mehrere hindurchgelassene und reflektierte Wellen die als "Gitterordnungen" bezeichnet werden. **Fig.** 2 stellt eine typische Konvention für Gitterordnungen bereit.

[0030] Die Gittergleichung definiert die Beziehung zwischen den Winkeln der Gitterordnungen gemessen in Bezug auf die z-Achse, den Einfallswinkel, die Wellenlänge der Strahlung und die Periode des Gitters.

[0031] Für die Reflektion oder Transmission von ebenen Wellen aus einem Medium in ein anderes mit demselben Brechungsindex kann wie folgt geschrieben werden:

$$sin(\Theta n) = sin(\Theta n) + n\frac{\lambda}{P}$$

wobei λ die Wellenlänge der Beleuchtungsquelle, P die Periode des Gitters, n die Gitterordnungszahl, Θ_{IN} der Einfallswinkel gemessen in Bezug auf die z-Achse und Θ_n der Winkel der n-ten Gitterordnung in Bezug auf die z-Achse ist.

[0032] Die Gittergleichung trifft auf monochromatische ebene Wellen mit der Einfallsebene in der x-z Ebene oder äquivalent in der Ebene des Papiers von **Fig.** 2 zu. D. h., die Beleuchtung besitzt eine einzige spezifische Wellenlänge mit einer ebenen Wellenfront, die in einer spezifischen Richtung in der x-z Ebene wandert. Im allgemeinen kann jedes elektromagnetische Strahlungsfeld durch eine Überlagerung von ebenen Wellen dargestellt werden.

[0033] Die Gittergleichung sagt nur die Winkel der Gitterordnungen vorher. Sie bestimmt nicht die Intensität oder Phase der elektromagnetischen Strahlung in irgendeiner Gitterordnung. Tatsächlich erzeugt ein Gitter manchmal "fehlende Ordnungen", d. h., eine oder mehrere von den von der Gittergleichung erlaubten Ordnungen enthält keine Energie.

[0034] Für n = 0, haben wird $\Theta_{IN} = \Theta_0$, was zeigt, dass n = 0 die Spiegelordnung ist, d. h. der Einfallswinkel ist gleich dem Reflektionswinkel. Gemäß Darstellung in **Fig.** 2 ist die hierin verwendete Gitterordnung die folgende: Wenn die Gitterbeugung die Welle verschiebt, dass sie einer positiveren (oder negativeren) x-Richtung wandert, wird die Gitterordnungszahl als positiv (oder negativ) angenommen.

[0035] Die Phase jeder Gitterordnung hängt von der Position des Gitters ab. Wenn das Gitter in der +x-Richtung um Δx verschoben wird, verändert sich dann die Phase der Ordndung n um $n2\pi\Delta x/P$. Die Abhängigkeit der Gitterordnungsphase auf der horizontalen Position des Gitters wird von dem Ausrichtsensor verwendet, um die relative Position des Wafers in Bezug auf die Maske zu detektieren. Wenn Δx ein ganzzahliges Vielfaches von P ist, ist die Phasenveränderung ein ganzes Vielfaches von 2π wie man es auf der Basis der Gitterperiodizität erwarten würde.

ZWEIDIMENSIONALES GITTER-GITTER-INTERFEROMETER FÜR DIE ERFASSUNG EINER RELATIVEN POSITION:

[0036] Zur Unterstützung des Verständnisses des Betriebs des Ausrichtsensors beschreibt dieser Abschnitt einen vereinfachten oder "zweidimensionalen" Ausrichtsensor. Obwohl die "zweidimensionale" Ausführungsform im Prinzip arbeitet, wäre es schwierig, diese in einem tatsächlichen Röntgenstrahlungs-Belichtungswerkzeug zu implementieren. Der nächste Abschnitt diskutiert eine "dreidimensionale" Ausführungsform des Ausrichtsensors.

[0037] Es werden zwei Gitter (eines an dem Wafer und eines an der Maske) betrachtet, welche parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Beleuchtung eine senkrecht einfallende ($\Theta_{IN} = 0$) ebene Welle ist, welche von oben kommt, wie es in **Fig.** 3 dargestellt ist. Diese Diskussion konzentriert sich auf die Gitterordnungen 0- und die ±1-Ordnungen gemäß Darstellung in **Fig.** 3.

[0038] Weitere Gitterordnungen tragen zu der Rückstrahlung 0-ter Ordnung, aber bei einer unterschiedlichen Frequenz als eine Funktion der relativen Position der zwei Gitter bei. Die interessierende Frequenz, d. h., die bei den 0- und ±1-Ordnungen, wie nachstehend diskutiert, kann leicht aus der Abtastgeschwindigkeit und Gitterperiode bestimmt werden. Die Phase einer ausgewählten Frequenzkomponente der Rückstrahlungsintensität, gemessen als eine Funktion der relativen Position der zwei Gitter, wird unter Anwendung einer Fourier-Transformation bestimmt. Somit ist es nicht erforderlich, diese Ordnungen physikalisch zu eliminieren.

[0039] Herkömmliche, eine Fourier-Transformation enthaltende Software "filtert" das erfasste Signal "im Nachhinein" unter Elimination von Beiträgen weiterer Ordnungen. In einer Ausführungsform könnte dieses auf einer Mikrascan-Digitalsignal-Verarbeitungskarte, Teilenummer 859-0741 von Silicon Valley Group Lithography Systems Inc. (SVGL) implementiert werden. SVGL sitzt in Wilton, Connecticut. Dieses vereinfacht stark die optische Konfiguration, da diese Anteile nicht physikalisch entfernt werden müssen.

[0040] Die Fourier-Transformation liefert auch eine signifikante Mittelung zusätzlich zu der, die physikalisch aus den mehreren Linien in dem Gitter erhalten wird. Dieses verbessert das Signal/Rausch-Verhältnis des Sensors, sowie die Unempfindlichkeit gegenüber Strukturveränderungen auf der Waferoberfläche.

[0041] Für die nachstehend diskutierten Gitterordnungen 0 und ±1 gibt es vier Pfade, über welche die elektromagnetische Strahlung, beginnend mit der einfallenden Welle bis zu der rückkehrenden Welle mit einer einfachen Reflektion von dem Wafergitter und einer Transmission und Beugung durch das obere Gitter wandern kann.

[0042] Pfade höherer Ordnung, welche höhere Gitterordnungen oder Mehrfachreflektionen oder Transmissionen einbeziehen, sind möglich. Jedoch ist die Amplitude dieser höheren Ordnungen im allgemeinen wesentlich kleiner als die von irgendeiner der vier Pfade niedrigster Ordnung. Ferner wird der Beitrag der höheren Beugungsordnungen auf das Signal von der Fourier-Transformation abgetrennt. Der gesamte Beugungspfad 0-ter Ordnung trägt ebenfalls dazu bei, aber wiederum kann dessen Beitrag durch die Fourier-Transformation isoliert werden.

[0043] Gemäß Darstellung in **Fig.** 3 können die vier Pfade in zwei Paare, nummeriert mit "1" und "2" in **Fig.** 3 unterteilt werden, und es wird unterschieden, ob eine obere Gitterbeugung auf dem Weg nach oben oder auf dem Weg nach unten durch das obere Gitter erfolgt. In jedem Paar kann die elektromagnetische Strahlung nach links (L) oder nach recht (R) gehen, wenn sie durch irgendein Gitter gebeugt wird.

[0044] Bezüglich der oberen und unteren Gitterordnungen sind diese vier Pfade:

GITTERORDNUNGEN

		Pfad 1L	Pfad 1R	Pfad 2L	Pfad 2R
Schritt 1:	Transmission nach unten durch oberes Gitter	0	0	-1	+1
Schritt 2:	Reflexion vom oberen Gitter	-1	+1	+1	-1
Schritt 3:	Transmission zurück durch oberes Gitter	+1	-1	0	0

[0045] Alle vier Pfade besitzen dieselbe Anzahl von Transmissionen und Reflektionen. Daher tragen alle Pfade, wenn die oberen und unteren Gitterperioden gleich sind, gleichermaßen zu der Gesamtrückkehrwelle bei, welche entlang der Einfallsrichtung wandert. Gitterreprozitätsbeziehungen erfordern, dass die von den Reflektionen und Transmissionen akkumulierte Nettophase für alle vier Pfade die gleiche ist. Dieses ist wichtig, da ansonsten die zwei Paare (1L, 1R) und (2L, 2R) nicht immer konstruktiv interferieren und Hilfshardware und/oder Optiken erforderlich wären, um das eine oder das andere von den Paaren zu eliminieren.

[0046] Wenn das untere Gitter um einen Abstand Δx in Bezug auf das obere Gitter verschoben wird, verändert sich die Phase der elektromagnetischen Strahlen für jeden Pfad um denselben Betrag. Die Amplitude der gesamten Rücklaufwelle ist die Summe der Phasenfaktoren aus allen vier Pfaden multipliziert mit der effektiven Nettoreflektivität r der zwei Gitter und dem effektiven Nettoreflexionsphasenfaktor für eine perfekte Ausrichtung, $e^{e\Psi}$. Somit ist die gesamte signaltragende Rücklaufamplitude, d. h., die Amplitude nur von den vorstehend diskutierten vier Pfaden wie folgt:

$$re^{i\psi}\left(\underbrace{e^{-i\beta_G\Delta x}}_{1L}+\underbrace{e^{+i\beta_G\Delta x}}_{1R}+\underbrace{e^{+i\beta_G\Delta x}}_{2L}+\underbrace{e^{-i\beta_G\Delta x}}_{2R}\right)$$

in welcher wir dargestellt haben, welche Pfade welche Phasenfaktoren beitragen, und

$\beta_G = 2\pi P$

[0047] Die Intensität der gewünschten Frequenzkomponente der Rücklaufwelle ist durch den quadrierten Absolutbetrag der Amplitude gegeben. Somit ist die Rücklaufintensität bei der gewünschten Frequenz =

$16r^2\cos^2(\beta_G\Delta x) = 8r^2(1 + \cos(2\beta_G\Delta x))$

[0048] Dieses Ergebnis zeigt, dass sich die Intensität der Rücklaufwelle aus den zwei Gittern bei der gewünschten Frequenz sinusförmig als eine Funktion der unteren zur oberen Gitterrelativposition Δx mit einer Periode verändert:

$$P = \frac{2\pi}{2\beta_G} = \frac{P}{2}$$

[0049] Somit liefert die gewünschte Frequenzkomponente der Intensität der Rücklaufwelle ein direktes Maß der relativen Position des oberen Gitters in Bezug auf das obere Gitter innerhalb eines ganzzahligen Vielfachen von P/2. Da die Veränderung in der Intensität der Rücklaufwelle durch die Phasenveränderung in den Wellen von verschiedenen Pfaden bewirkt wird, arbeitet der Ausrichtsensor als ein direktes Gitter-Gitter-Interferometer.

[0050] Wenn alle Beiträge aller Ordnungen eingeschlossen werden, nimmt die Intensität die Form an:

$$I(\Delta x) = E(\Delta x)\sum_{\eta} e_\eta \frac{1}{2}[1 + \cos(\eta\beta_G\Delta x)]$$

wobei η = 0, 1, ... N mit N der maximalen räumlichen Frequenz ist, die von den Sensor erfasst werden kann.

[0051] Das Grundproblem, das jeder Algorithmus lösen muß, liegt in der Bestimmung, wann in $\Delta x = x_{Maske} - x_{Wafer}$ Null vorliegt, während die Maske und der Wafer aneinander vorbei geschoben werden, indem lediglich der Wert von I(Δx) gemessen wird. Der Koeffizient ε_η ist die Intensität der $\eta\beta_G$ Frequenzkomponente der Gesamtintensität. Der Term η = 2 enthält das gewünschte Signal, das aus der Intensität I(Δx) wie vorstehend diskutiert zu extrahieren ist. Die Frequenzkomponente η ≠ 2 kommt von Kombinationen höherer und niedrigerer Masken- und Wafergitterbeugungsordnungen. Der Faktor E(Δx) ist eine Hüllkurvenfunktion welcher auftritt, da die Masken- und Wafergitter eine begrenzte Größe besitzen. Die Gitter sind Felder und nicht unbegrenzte Gitter. Der Wert von E(Δx) ist im wesentlichen durch die teilweise geometrische Überlappung der zwei Gitterfelder gegeben, wenn die relative Position der Maske und des Wafergitters gleich (Δx) ist. Daraus folgt, dass, da die Größe der Gitterfelder wesentlich größer als die Periode der Gitter ist, E(Δx) eine sich langsam verändernde Funktion im Vergleich zu der Frequenz $\eta\beta_G$ des aus I(Δx) extrahierten Signals ist. Ferner ist E(Δx) real und symmetrisch um Δx = 0. Diese Tatsachen werden nachstehend in dem Fourier-Transformationsalgorithmus zur Extraktion lediglich des Anteils η = 2 aus den I(Δx) Daten und unter Nutzung dieser für die Bestimmung verwendet, wann Δx = 0 ist. Dieses Konzept kann in verschiedenen unterschiedlichen Wegen implementiert werden. Hier wird nur eine spezifische Implementation beschrieben.

[0052] Ohne Verlust an Allgemeingültigkeit wird angenommen, dass der Wafer an der Maske vorbei geführt wird, und die Intensität als eine Funktion von x_{Wafer} gemessen wird. In diesem Falle reduziert sich die Bedingung Δx = 0 auf die Bestimmung des Wertes von x_{Maske}. Sobald dieser bekannt ist, kann der Wafer dann so positioniert werden, dass $x_{Wa\ fer} = x_{Maske}$ ist, und sonit $\Delta x = x_{Maske} - x_{Wafer} = 0$ genügt.

[0053] Die Verwendung $\Delta x = x_{Maske} - x_{Wafer}$ ergibt

$$E(x_{Maske} - X_{Wafer})\sum_{\eta} e_\eta \frac{1}{2}[1 + \cos(\eta\beta_G(x_{Maske} - x_{Wafer}))]$$

[0054] Da I(Δx) eine reale symmetrische Funktion ist, kann sie geschrieben werden als

$$E(x_{Maske} - X_{Wafer}) = \int d\beta' E(\beta) e^{j\beta(x_{Maske} - x_{Wafer})}$$

wobei 'E(β) eine reale und symmetrische Funktion von β ist. Einsetzen von

$$cos(A) = \frac{1}{2}\left(e^{iA} + e^{iB}\right)$$

ergibt

$$I\left(x_{Maske} - X_{Wafer}\right) = \int d\beta' E(\beta) e^{j\beta(x_{Maske} - x_{Wafer})} \times \sum_{\eta} e_{\eta} \frac{1}{2}\left[1 + \frac{1}{2} e^{i\eta\beta_G(x_{Maske} - x_{Wafer})} + e^{-i\eta\beta_G(x_{Maske} - x_{Wafer})}\right]$$

[0055] Eine Ausführung der Fourier-Transformation von $I(x_{Maske} - x_{Wafer})$ in Bezug auf x_{Wafer} bei der gewünschten Signalfrequenz $2\beta_G$ ergibt die Signalkomponente von:

$$I(\Delta x) = I(2\beta_G) = \int \frac{dx_{WAfer}}{2\pi} e^{i2\beta_G x_{Wafer}} I\left(x_{Maske} - x_{Wafer}\right)$$

$$= \sum_{\eta} e_{\eta} e^{i2\beta_G x_{Maske}} \left[\frac{'E(2\beta_G)}{2} + \frac{'E((2-\eta)\beta_G - 'E((2+\eta)\beta_G}{4}\right]$$

[0056] Die Hüllkurve E(Δx) ist wie vorstehend diskutiert im realen Raum sehr breit und ergibt im Fourierraum $'E(\eta\beta_G) \approx 0$ ungefähr für $\eta = 0$ und somit

$$\bar{I}(2\beta_G) = \frac{1}{4} 'E(0) \eta_2 e^{i2\beta_G x_{Maske}}$$

und daher

$$x = \frac{1}{2\beta_G} arctan\left[\frac{Im\left[\bar{I}(2\beta_G\right]}{Re\left[\bar{I}(2\beta_G\right]}\right]$$

wobei Im und Re die Imaginär- bzw. Realteile des Arguments sind.

[0057] In der tatsächlichen Implementation werden die Daten abgetastet, statt kontinuierlich erfasst, und in diesem Falle werden alle Integrale in den vorstehenden Formeln durch Summierungen ersetzt.

[0058] Ferner werden, wie nachstehend diskutiert, zur Erhöhung der Unempfindlichkeit des Sensors gegenüber spezifischen Prozeßschichten auf der Maske und dem Wafer und zur Erhöhung der Sensorleistung vier unabhängige Wellenlängen von vier unterschiedlichen Quellen verwendet. Die Intensität bei jeder Wellenlänge wird unabhängig erfasst, aufgezeichnet und analysiert. Dieselbe Berechnung oder derselbe Algorithmus werden für die Fourier-Transformation für alle Wellenlängen angewendet und die Ergebnisse werden gemittelt, um die optimale Abschätzung der Position zu erhalten, bei welcher die Maske und der Wafer ausgerichtet sind.

[0059] Ein wichtiger Vorteil für die Messung der relativen Position in dieser Weise besteht darin, dass die gesamte "Aktion" zwischen dem oberen und unteren Gitter stattfindet. Eine externe fixierte Hilfsreferenez ist nicht erforderlich. Die Beleuchtungsquelle kann ein einfach kollimierter Laserstrahl sein. Nur ein einziger Detektor wird zum Messen der Gesamtintensität der kollimierten Rücklaufwelle verwendet. D. h., der Detektor arbeitet als ein "Lichtsammler". Dieses vereinfacht stark die optischen Teile des Ausrichtsystems im Vergleich zu anderen Ausrichtsystemen.

[0060] Das erfasste Signal hängt nicht von der x- oder y-Positionierung des Laserstrahls ab. Somit ist die Positionierung der Beleuchtungsquelle und des Detektors in unserem Verfahren nicht kritisch. In einer Ausführungsform sind die Gitter quadratische Felder der Größenordnung von 50 × 50 Wellenlängen. Der projizierte elektromagnetische Strahl muß nur grob in derselben Größenordnung wie die Gitterfelder sein.

[0061] Da der Ausrichtsensor ebene Wellen verwendet, ist er unabhängig von dem Abstand zwischen den oberen und unteren Gittern (d. h., bis zu der geometrischen Einschränkung, die durch die begrenzte Größe der Gitterfelder gegeben ist). Somit muß der Ausrichtsensor nicht auf unterschiedliche "Abstande" zwischen dem Maskengitter und dem Wafergitter angepasst werden. Er arbeitet innerhalb der vorstehenden Einschränkung unabhängig von jedem Abstand. Effektiv besteht die einzige Einschränkung darin, dass die Laserstrahlbe-

leuchtung in einem senkrechten Einfall in Bezug auf die Maske gehalten werden muß. Falls erforderlich kann jedoch die Spiegelreflexion von dem oberen Gitter verwendet werden, um den Beleuchtungswinkel interferometrisch zu messen und zu korrigieren.

DREIDIMENSIONALES GITTER-GITTER-INTERFEROMETER ZUM MESSEN DER RELATIVEN POSITION:

[0062] Obwohl die zweidimensionale Ausführungsform im Prinzip arbeitet, wäre es aus zwei Gründen schwierig, diese in einem praktischen Röntgenstrahlungs- oder optischen Belichtungsgerät zu implementieren. Erstens müsste die zweidimensionale Ausführungsform in den und aus dem Pfad der Röntgen- oder optischen Belichtungsstrahlung für jede Ausrichtung bewegt werden. Zweitens hängt die Phase des vorstehend diskutierten gesamten Beugungspfades 0-ter Ordnung von denn Abstand ab. In der zweidimensionalen Ausführungsform führt dieses zu einer unerwünschten Abhängigkeit des Signals von dem Abstand. Beide "Probleme" können durch Kippen der Laserbeleuchtung aus der Ebene des Papiers in **Fig.** 3 und durch Ersetzen eines linearen unteren Gitters durch einem Schachbrettmuster gemäß Darstellung in **Fig.** 4 gelöst werden.

[0063] Das Schachbrettmuster kann als eine Überlagerung von zwei Gittern betrachtet werden, wovon eines in einem Winkel in einem positiven Diagonalsinne und das andere in einem negativen Diagonalsinne in demselben Winkel mit einem negativen Vorzeichen in Bezug auf die x-Achse orientiert ist. Diese Überlagerung der zwei Gitter erzeugt Kombinationen von Gitterordnungen sowohl in den x- als auch y-Richtungen. Der Grund für die Verwendung einer ±Diagonalorientierung und nicht einer 0°- und 90°-Orientierung besteht darin, dass die ±Diagonalorientierung die Energie in den von dem Ausrichtsensor genutzten x-y Gitterordnungen maximiert. Die Periode des entlang der x-Achse gemessenen Schachbrettes ist dieselbe wie die des anderen Gitters. Jedoch wird in einer Ausführungsform die Periode des Schachbrettes entlang der y-Achse so eingestellt, dass die –1 Gitterbeugungsordnung in der y-Richtung nahezu in oder exakt entlang der Einfallsrichtung zurückkehrt.

[0064] **Fig.** 5 stellt die vier Pfade 1L, 1R, 2L, 2R für die dreidimensionale Ausführungsform des Ausrichtsensors in Hinblick auf Θ_x und Θ_y dar, welche die Sinuswerte der Rotationswinkel um die x- bzw. y-Achsen sind. Die Winkel werden von der z-Achse aus gemessen. Die Auswirkung der Gitterbeugung in der y-Richtung besteht darin, $\Theta_{x,in} > 0$ bis $\Theta_{x,out} < 0$ zu wählen, so dass die Strahlung nahezu direkt auf sich selbst zurückkehrt.

[0065] Für den Absolutwert $\Theta_{x,out} = \Theta_{x,in}$ kehrt die elektromagnetische Strahlung direkt entlang der Einfallsrichtung zurück. Jedoch ist, wie es in **Fig.** 5 dargestellt ist, die nominale Einstellung für das Röntgenbelichtungswerkzeug so, dass man den Absolutwinkel von Θ_x,out nahe an, aber nicht gleich $\Theta_{x,in}$ hat.

[0066] In einigen Fällen könnte die Beleuchtung bei jedem Winkel in der y-z Ebene einfallen. Das Ausrichtsystem der vorliegenden Erfindung funktioniert bei jedem Winkel in der y-z Ebene, da der zum Erfassen einer vorbestimmten Frequenzkomponente verwendete Fourier-Transformationsalgorithmus immer denselben signaltragenden Anteil der erfassten Intensität aus der gesamten erfassten Intensität extrahiert. Die Veränderung des Winkels verändert die Kombination der gebeugten Ordnungen die gesammelt werden und von dem Sensor erfasst werden. Aber die Auswahl der vorbestimmten Frequenzkomponente mit dem Fourier-Transformationsalgorithmus extrahiert immer denselben Frequenzabschnitt aus den Gesamtsignal unabhängig davon, welche Kombinationen zusätzlicher Ordnungen gesammelt und erfasst werden. Die einzigen Einschränkungen sind lediglich die aufgrund von Rauschen und des dynamischen Bereichs. Wenn das Rauschen vergrößert und/oder der dynamische Bereich des Detektors verkleinert wird, verringert sich die Genauigkeit der Endausrichtung. Jedoch fällt die elektromagnetische Beleuchtung bevorzugt innerhalb angenähert von sechs Grad des Littrow-Winkels ein.

[0067] Gemäß **Fig.** 1 muß der Winkelaufnahmebereich der Linse **6** vergrößert werden, um für die Aufnahme des vergrößerten Winkel zwischen den Strahlen **8** und **11** angepaßt zu sein. Alternativ können zwei getrennte Linsen verwendet werden, – eine für die Beleuchtung und eine für die Sammlung. Eine normale Beleuchtung kann mit kombinierten x-y Gittermarken verwendet werden, um sowohl x- als auch y-Positionsinformation zu erzeugen. Dieses erfordert getrennte oder unabhängige x- und y-Abtastungen.

[0068] Um den Gesamtbetrieb des Ausrichtsensors Prozess-unempfindlicher zu machen, verwendet eine Ausführungsform der Erfindung vier Diodenlaser, welche diskrete Wellenlängen bei ausgewählten Inkrementen über einen Bereich von angenähert 700 bis 850 nm projizieren. Diese Dichte von Wellenlängen ist angenähert äquivalent einer Breitbandbeleuchtung in Bezug auf die Prozeßempfindlichkeit auf Standard-Waferstrukturen, welche derzeit in Gebrauch sind, und weist eine wesentlich höhere Helligkeit als jede echte Breitbandquelle auf.

[0069] In einer Ausführungsform ermöglicht die Verwendung eines Schachbrettgitters auf dem Wafer dem elektromagnetischen Eingangs- und Ausgangsstrahl sich an dem oder in der Nähe der y-Richtungs-Littrow-Winkels (d. h. dem Einfallswinkel, für welchen die –1 Gitterordnung direkt entlang dem Einfallsstrahl zurückkehrt) in einer Richtung parallel zu den Gitterlinien auf dem Maskengitter (d. h. der y-Richtung) und bei der oder in der Nähe des senkrechten Einfalls in der Richtung senkrecht zu den Gitterlinien auf der Maske (d. h. in der x-Richtung) angeordnet zu sein.

[0070] Die einfallende und erfasste elektromagnetische Rückstrahlung geht durch das Maskengitter auf ihrem Weg zu dem Wafer und kehrt nach der Beugung an dem Schachbrettgitter durch dasselbe Maskengitter zurück. Wie vorstehend diskutiert, tragen mehrere Beugungspfade dieselbe Information bezüglich der relativen Positionen zu der erfassten elektromagnetischen Rückstrahlung bei. Dieses kann dazu genutzt werden, die Ausrichtung falls erforderlich zu unterstützen.

[0071] Da eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung einen kollimierten Strahl der elektromagnetischen Strahlung verwenden kann und bei einem Winkel in der y-Richtung arbeitet, so dass sie nicht den gesamten Beugungspfad 0-ter Ordnung von der Maske und dem Wafer verdeckt, hängt die Intensität der elektromagnetischen Rückstrahlung nur von der relativen In-Ebenen-Bewegung entlang der x-Achse ab, und wird nicht von Außer-Ebenen-, d. h., von z-Achsen- oder "Abstands"-Positionsveränderungen zwischen dem Maskengitter und dem Wafergitter beeinflusst.

[0072] Die Ausführungsform des nachstehend diskutierten Ausrichtsensors wird zum Detektieren der relativen x-Position der Maske und des Wafers verwendet. Ein zweiter Ausrichtsensor (derselbe wie der erste Ausrichtsensor) kann bei 90° in Bezug auf den ersten Ausrichtsensor orientiert sein, um die relative y-Position zu erfassen. Wenn jedoch auch die Phase der elektromagnetischen Rückstrahlung von nur einer einzigen Maske und einem Wafergitter erfasst wird, kann der Ausrichtsensor die x- und y-Positionen gleichzeitig messen. Da in einer Ausführungsform die vorliegende Erfindung nahe an dem oder in der Nähe des Littrow-Winkels in der y-z Ebene arbeitet, können sich alle physikalischen Komponenten des Ausrichtsystems, wie z. B. Optiken, Linsen und mechanische Befestigungen nahe beieinander und außerhalb des Belichtungspfades der elektromagnetischen Strahlung (z. B. Röntgenstrahlung) befinden. Somit kann der Ausrichtsensor, falls dies gewünscht ist, während der Waferbelichtungsperiode arbeiten.

[0073] Da die vorliegende Erfindung nur die relative Position der Maske und des Wafers misst und kollimierte elektromagnetische Strahlung verwendet, erfordern die Quelle und der Detektor anders als einige andere Ausrichtsysteme keine Präzisionsausrichtung weder in Bezug auf die Maske noch den Wafer.

[0074] Die vorliegende Erfindung kann über einen breiten Bereich von Winkeln in Bezug auf die Senkrechte zu den Masken/Wafer-Ebenen betrieben werden. In einer bevorzugten Ausführungsform befinden sich die Einfalls- und Rückstrahlung an oder in der Nähe des Littrow-Winkels in der y-z Ebene und an oder in der Nähe des senkrechten Einfalls und Rücklaufs in der x-z Ebene.

[0075] Die Fourier-Transformierte der erfassten Intensität ist eine Funktion der relativen x-Position der Maske und des Wafergitters. Sie wird zur Bestimmung der Phase dieser speziellen Frequenzkomponente mit einer räumlichen Periodeform P/2 in der erfassten elektromagnetischen Rückstrahlungsintensität verwendet. Daher sind keine Hilfsoptiken erforderlich, um physikalisch die anderen Gitterordnungen, welche zu der Gesamtrückintensität beitragen, zu eliminieren.

[0076] Die Fourier-Transformierte kann die Ausrichtgenauigkeit angenähert um die Quadratwurzel der Anzahl der erfassten Nicht-Null-Intensitätsabtastwerte während des Vorbeischiebens des Wafergitters an dem Maskengitter verbessern.

[0077] Die vorstehend beschriebene Ausführungsform wind für Proximity-Belichtung verwendet. Dieselbe Ausführungsform arbeitet in einem Projektionsoptiksystem. Wenn sie bei dem Littrow-Winkel in der y-z Ebene betrieben wird, erfordert sie keine Hilfsoptiken außer denen, welche die normale Projektionsoptik bilden, die in dem elektromagnetischen Strahlungspfad zwischen der Maske und dem Wafer enthalten ist.

[0078] Die vorliegende Erfindung erzeugt die Lage der Ausrichtposition aus einer x-Abtastung des Wafers. Das Ausrichtsignal wird als eine Funktion der relativen Position einer Marke in Bezug auf die andere Marke aufgezeichnet. Im allgemeinen verschiebt sich der Wafer mit einer konstanten Geschwindigkeit in der x-Richtung in Bezug auf eine stationäre Maske. Die Verschiebung sollte wenigstens ein gewisses Ausrichtsignal an jeder Seite der Mitte oder ausgerichteten Position enthalten. Der Verschiebungsbereich kann klein sein – eine einzige Verschiebung oder ein Raster. Generell wird jedoch die Verschiebung nominell in der Ausrichtposition zentriert und der Verschiebungsbereich überschreitet leicht die kombinierte x-Breite der zwei Marken, um den gesamten x-Umfang des Ausrichtsignals bereitzustellen. Diese große Verschiebung liefert die erwünschte Markenausmittelung.

[0079] Ein Softwarealgorithmus, wie z. B. ein angepasstes Filter oder wie z. B. eine auf Fourier-Transformation basierende Phasenbestimmung kann das Symmetriezentrum des Ausrichtsignals ermitteln. Diese Bestimmung ist eine Abschätzung der Position, wo die Markenzentren zusammenfallen, oder "ausgerichtet" sind. In einigen Konfigurationen ist es möglich, in der x-Richtung und in der y-Richtung zu verschieben und sowohl die x-Position als auch die y-Positionen an einer Stelle zu ermitteln.

[0080] Die vorliegende Erfindung hat klar umrissene Vorteile. Sie erfordert nicht: (1) einen statischen starren Betrieb; (2) einen Intensitäts- und/oder Phasenabgleich von zwei elektromagnetischen Strahlen; (3) einen Abgleich mit zwei Markensätzen; und (4) zwei gleichzeitig interferierende Frequenzen elektromagnetischer Strahlung. Beispielsweise kann die vorliegende Erfindung mit einer oder mehreren diskreten Wellenlängen arbeiten, welche unabhängig arbeiten, oder mit einer breitbandigen Quelle für eine Wafer- und Maskenprozeß- und Resist-Unempfindlichkeit und Kompensation. In einer Ausführungsform kann die Erfindung nur einen Markensatz

verwenden. In diesem Falle ist die Maskenmarke ein Kreuzgitter oder es wird die Rücklaufphase erfasst. Die Wafermarke enthält ein kleines, elektromagnetische Streuung erzeugendes Muster, das auf einem Schachbrettmustergitter wiederholt wird.

[0081] Die Sensorhardware kann außerhalb des lithografischen Beleuchtungspfades so konfiguriert werden, so dass der Sensor nicht zwischen Ausrichtung und Belichtung bewegt werden muß. Zusätzlich liefert die vorliegende Erfindung eine direkte Maske-zu-Wafer-Ausrichtinformation unabhängig von der genauen Position der Hardware des Ausrichtsensors. Ein derartiges Merkmal ist in einer "axialen" Ausrichtsystem nützlich. Ferner kann der Ausrichtsensor mit einer externen Bezugsmarke konfiguriert werden, um so als ein indirekter oder Übertragungssensor zu funktionieren. Ein derartiger Sensor ist in "nicht axialen" Ausrichtsystemen nützlich. Die Technik der vorliegenden Erfindung kann auch in anderen ebenen oder nahezu ebenen Mustererkennungsaktivitäten angewendet werden.

[0082] Der Grundbetrieb wird nachstehend beschrieben – zuerst beschreibt die nachstehende Beschreibung eine Implementation der vorliegenden Erfindung, die sowohl bei optischer als auch Röntgenstrahlungs-lithografischer Abstandsbelichtung anwendbar ist. Die Technik eignet sich für Projektionslithografie, wenn eine Linse oder eine äquivalente Übertragung zwischen der Maske und dem Wafer verwendet wird.

[0083] **Fig.** 4 ist eine Zeichnung der Maskenmarke und der Wafermarke mit einem erweiterten Abstand, welcher die Mehrfachbeugung veranschaulicht, die das Direktbezugs-Ausrichtsignal erzeugt. Die x-y-z Koordinaten sind für die Marken auf der Oberseite der Maske angegeben.

[0084] Die Maskenausrichtmarke wird durch einen kollimierten Strahl (ebene Welle) elektromagnetischer Strahlung "Flutlicht-artig" beleuchtet. Wie in Verbindung mit **Fig.** 1 beschrieben, besteht eine geeignete Beleuchtungsquelle aus einem oder mehreren Raummoduslasern, wie z. B. einem Helium/Neon-Laser oder einem sichtbares oder nahes infrarotes Licht emittierenden Diodenlaser. Eine ebene Welle ist durch ihre Wellenlänge und Ausbreitungsrichtung gekennzeichnet. Die Ausbreitungsrichtung wird durch einen Strahl angegeben.

[0085] Zuvor in **Fig.** 1 beschriebene Sensorsammeloptiken isolieren und leiten die zurückgestrahlte elektromagnetische Strahlung zu dem Fotadetektor. Wie in **Fig.** 1 beschrieben, ist ein geeigneter Fotodetektor ein herkömmlicher Siliziumdetektor oder eine Fotodiode. Diese elektromagnetische Strahlung trägt das Ausrichtsignal.

[0086] Die Wafermarken- und Maskenmarkenmuster sind so ausgelegt, dass diese vier "Strahlen" die dominierenden Energiepfade sind, die den Fotodetektor erreichen können. Einige zusätzliche Strahlen können den Fotodetektor nach zusätzlichen Reflektionen zwischen Maske und Wafer erreichen. Diese Strahlen beeinträchtigen den Betrieb des Ausrichtsensors nicht.

[0087] Das sinusförmige Fotodetektorsignal ist mit der symmetrischen Hüllkurve multipliziert, die durch die Flächenüberlappung der Masken- und Wafergitter erzeugt wird. Das Symmetriezentrum befindet sich entlang der x-Mittellinie bei x = 0. Die Form dieser Hüllkurve ist eine Funktion der Markenmuster und des Abstandes.

[0088] Eine typisches kommerzielles Lithografiegerät stellt eine Zwischenwaferausrichtung bereit. Diese erfolgt mit ausreichender Genauigkeit so, dass die allgemeine Position innerhalb eines Abstandes kleiner als P/2 ermittelt wird. Zusätzlich enthält die Signalhüllkurve ausreichende Frequenzinformation, um den korrekten zentralen Zyklus zu isolieren, wenn keine getrennte Zwischenausrichttechnik vorgesehen ist.

[0089] Symmetrische Ausrichtmarkenmuster und die Mehrfachbeugungsfolge: durch die Maske hindurch, die Reflexion von dem Wafer und zurück durch die Maske liefern einen direkten Bezug. Das Ausrichtsignal ist eine Funktion der In-Ebenen-x-Trennung zwischen den Maskenmarken- und den Wafermarken-x-Mittellinien.

[0090] Typischerweise werden drei geeignet lokalisierte Maskenmarken- und Wafermarkenpaare verwendet, um die drei In-Ebene-Ausrichtparameter x, y und die In-Ebene-Rotation zu messen, um die Information (für kleine Rotationswinkel) zur Ausrichtung einer Maske und eines Wafers zu liefern. Typischerweise gibt es drei Sensoren. Einen für jede Maskenmarke. Die Maskenmarken und Wafermarken müssen nicht gleichzeitig zusammenfallen. Zusätzliche Marken können verwendet werden, um zusätzliche Ausrichtparameter oder Freiheitsgrade zu messen. Die Anzahl von Maskenmarken und Wafermarken muß nicht gleich sein. Da dieses eine direkte Ausrichttechnik ist, ist die Position des Ausrichtsensors nicht kritisch und ein Sensor kann sich von Marke zu Marke bewegen.

[0091] Kollimierte räumlich-kohärenete elektromagnetische Strahlung beleuchtet die Maskenmarke. Die Beleuchtung ist nominell gleichmäßig über der Markenfläche genau und ist auf den umgebenden Markenrahmen beschränkt. Vier Wellenlängen können verwendet werden, um eine Markenbeugungsextinktion zu verhindern, und um eine Möglichkeit zur Korrektur eines asymmetrischen Abdecklackstroms über der Wafermarke zu korrigieren. Günstige Ergebnisse werden erwartet, wenn die Beleuchtungsquelle vier einzelne Wellenlängen und Grund-Raummodus-Dauerstrich-Diodenlaser verwendet. Die elektromagnetische Strahlung kann über eine Polarisations-bewahrende Einmodenfaseroptik zugeführt werden. Die Beleuchtungspolarisation sollte um die y-Achse symmetrisch sein.

[0092] Die elektromagnetische Strahlung des Rücksignals ist durch die y-Periodenbeugung des Schachbretts chromatisch verteilt. Die Beleuchtung kann chromatisch in der y-Richtung vorgeordnet werden, so dass alle

Wellenlängen in der zurückgeleiteten elektromagnetischen Strahlung kollinear sind, oder sich in irgendeiner anderen gewünschten y-Richtung befinden.

[0093] Der Fotodetektor erfasst die Intensität des elektromagnetischen Rückstrahls. Der Fotodetektor besitzt einen schmalen Erfassungswinkel, der durch eine Blendenbegrenzung **16** in der Brennebene der Detektorlinse **15** erzeugt wird.

[0094] Die elektromagnetische Strahlung wird an vier Detektoren über eine Multimodusfaser **17** geliefert. Eine herkömmliche Wellenlängenfilterung trennt die vier Wellenlängen für jeden Detektor.

[0095] Eine Masken- und Waferstreuung wird durch Feld- und Blendenbegrenzungen unterdrückt. Eine zusätzliche Streuung wird durch die der Waferabtastung zugeordnete Signalverarbeitung unterdrückt.

[0096] In der vorliegenden Erfindung werden günstige Ergebnisse angenommen, wenn die Ausrichtmarken innerhalb eines Abstandbereichs von 5 bis 50 µm arbeiten. Das Maskenmarken- und Wafermarkengitter müssen dieselbe x-Periode aufweisen. Sie müssen auch groß genug sein, so dass sich die gebeugten Wellen entgegengesetzter Ordnung auf dem Rückweg von der Maske und dem Wafer überlappen. Ein breiter Bereich von relativen Maskenmarken- und Wafermarkengrößen sind anwendbar. Jede kann entweder die längere oder die kürzere von den zwei Marken sein. Jede kann ein "Fenster" oder einen Rahmen aufweisen, um die Marke zu isolieren. Es sollte kein weiteres Muster während der Waferabtastbewegung beleuchtet werden. Das Sensorsystem kann mit einer Vielfalt von Maskenmarken und Wafermarken arbeiten. Die Marken können so ausgelegt sein, dass sie ein verbessertes Verhalten für bestimmte Prozessebenen und Masken/Wafer-Abstände ergeben.

[0097] Jede Ausrichtungsmarke besitzt ein Symmetriezentrum. Wenn die zwei Symmetriezentren zusammenfallen, sind der Wafer und die Maske ausgerichtet. In dem allgemeinsten Falle liefert der Ausrichtungsalgorithmus eine Abschätzung dieser Position. In einer Ausführungsform könnte dieses auf einer Mikrascan-Digitalsignal-Verarbeitungskarte, Teilenummer 859-0741 von Silicon Valley Group Lithography Systems Inc. (SVGL) implementiert werden. SVGL sitzt in Wilton, Connecticut. Dieses vereinfacht stark die optische Konfiguration, da diese Anteile nicht physikalisch entfernt werden müssen.

[0098] **Fig.** 6 veranschaulicht eine allgemeine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Eine Maske **100** mit einem Maskenbeugungsgitter **109** darauf wird von einer Beleuchtungsquelle und einem Detektor **116** beleuchtet. Die elektromagnetische Strahlung aus der Beleuchtungsquelle und dem Detektor **116** fällt auf das Maskenbeugungsgitter in einen kleinen positiven Verschiebungswinkel **128** bevorzugt kleiner als etwa 10° von dem Littrow-Winkel **126** aus ein. Der Littrow-Winkel **126** kann von der z-Achse **124** aus gemessen werden. Unterhalb der Maske **100** befindet sich ein Wafer **112** mit einem Waferbeugungsgitter **110** darauf. Wie vorstehend im Detail diskutiert wird die elektromagnetische Strahlung aus der Beleuchtungsquelle durch das Maskengitter **109** gebeugt, noch einmal durch das Waferbeugungsgitter **110** und wieder durch das Maskenbeugungsgitter **109**, bevor es als elektromagnetische Ausgangsstrahlung **134** austritt. Die elektromagnetische Ausgangsstrahlung **134** wird von dem Detektorabschnitt der Beleuchtungsquelle und dem Detektor **116** gesammelt. Die elektromagnetische Ausgangsstrahlung **134** wird bei einem kleinen negativen Verschiebungswinkel **130**, bevorzugt kleiner als etwa 10° von dem Littrow-Winkel **126** aus gesammelt. Die Beleuchtungsquelle und der Detektor **116** sind mit einer Frequenzkomponenten-Extraktionsvorrichtung oder Einrichtung **118** verbunden. Die Frequenzkomponenten-Extraktionsvorrichtung oder Einrichtung **118** wählt eine vorbestimmte Frequenzkomponente aus, um sie aus dem von der elektromagnetischen Ausgangsstrahlung erzeugten Signal zu extrahieren oder darin zu suchen, das von dem Detektorabschnitt der Beleuchtungsquelle und des Detektors **116** gesammelt wird. Die Extraktion oder Erfassung der vorbestimmten Frequenzkomponente kann durch eine Vielfalt bekannter Einrichtungen oder Verfahren, wie z. B. Fourier-Transformationen, Filtern oder deren Äquivalente erzielt werden. Jede Einrichtung oder Verfahren ist akzeptabel, solange der signaltragende Anteil der Gesamtintensität genau extrahiert wird. Ein derartiges Verfahren ist vorstehend beschrieben, das die Fourier-Transformation von $I(x_{Maske} - x_{Wafer})$ in Bezug auf x_{Wafer} bei der gewünschten oder ausgewählten vorbestimmten Signalfrequenz $2\beta_G$ ausführt. Für nahezu alle Gitter des hierin beschriebenen Typs ist die vorbestimmte Frequenzkomponente $2\beta_G$, welche wie definiert eine Funktion der räumlichen Periode P der Gitter ist. Die gewünschte oder gewählte vorbestimmte Signalfrequenz ist die Frequenzkomponente der Gesamtintensität, die primär den Beugungsordnungen mit dem größten Signal/Rausch-Verhältnis zuzuordnen ist, und von dem Sensorabschnitt der Beleuchtungsquelle und des Detektors **116** gesammelt und erfasst wird. Oft kann dieses die Grundfrequenz sein. Nachdem die gewünschte oder ausgewählte Frequenzkomponente des die elektromagnetische Strahlung repräsentierenden Signals erhalten wurde, wird die Phase durch die Phasenerfassungsvorrichtung oder Einrichtung **120** bestimmt. Die Phase der ausgewählten Frequenzkomponente liefert die Information über die Ausrichtung der Maske **100** und des Wafers **110**. Aus dieser wird die relative Position der Masken- und Wafergitter **109** und **110** berechnet oder durch eine Signalprozessorvorrichtung oder Einrichtung **121** erhalten, welche zu der Information führt, die für die genaue Ausrichtung der Maske **100** und des Wafers **110** erforderlich ist. Die Signalprozessorvorrichtung oder Einrichtung kann jede geeignete Vorrichtung, wie z. B. ein Computer sein, der die Signalverarbeitung oder Berechnung gemäß den vorstehend beschriebenen Formeln oder mathematischen Techniken durchführen kann. Der Ausgang der Prozessorvorrichtung oder Einrichtung ist mit ei-

nem Motor **122** zum Bewegen des Wafers **110** verbunden. Durch Extraktion der vorbestimmten Frequenzkomponente aus dem gesammelten elektromagnetischen Strahlungssignal wird das Ausrichtsystem als Ganzes vereinfacht und die Genauigkeit durch Auswahl der vorbestimmten Frequenzkomponente des Signals mit einem großen Signal/Rausch-Verhältnis verbessert.

Diodenlaser-Rückstreumodulation-Littrow-Ausführungsform

[0099] In noch einer weiteren Ausführungsform sieht die vorliegende Erfindung vor, dass, wenn der Einfallswinkel des beleuchtenden kollimierten Strahls in der y-z Ebene genau dem Littrow-Winkel des Schachbrettgitters in der y-Richtung entspricht, dann der kollimierte Rückstrahl mit dem einfallenden Strahl zusammenfallend und kollinear ist. In diesem Falle wird die besonders leistungsfähige Technik der Verwendung einer optischen Rückkopplung in den beleuchtenden Diodenlaser möglich.
[0100] Ein Masken/Wafer-Gitterbezug kann ohne Rückstreumodulation verwendet werden, und einen Rückstreumodulation kann mit anderen Anordnungen als den Masken/Wafer-Gittern verwendet werden.

RÜCKSTREUMODULATION VON LASERDIODEN:

[0101] Elektromagnetische Strahlung aus einer Laserdiode, die kohärent auf die Vorderfacette der Laserdiode "zurückgestreut wird" bewirkt, dass die Laserdiodenausgangsintensität variiert. Wenn die Laserdiodenfrequenz (oder Wellenlänge) periodisch Chirp-moduliert (d. h. verschoben oder variiert wird) indem langsam der Treiberstrom an die Diode rampenförmig verändert wird, bewirkt die Interferenz der zurückgestreuten elektromagnetischen Strahlung mit der ausgegebenen elektromagnetischen Strahlung eine "Schwebungs"-Frequenzmodulation der Laserdiodenintensität. Die Amplitude dieser Modulation ist proportional zu der Intensität des Rücklaufs oder der rückgestreuten elektromagnetischen Strahlung. Indem man die Rückintensität aus dem Wafer sich mit der Waferposition verändern läßt, wie z. B. in dem vorstehend diskutierten Masken/Wafer-Gittersystem können wir die Amplitude des Schwebungsfrequenzsignals verwenden, um die Waferposition zu messen. Die generelle Anordnung für eine Rückstreumodulation ist in **Fig.** 6 dargestellt.

Allgemeine Eigenschaften der Rückstreumodulation:

[0102] Die nachstehenden allgemeinen Eigenschaften der Rückstreumodulation sollten betrachtet werden. Erstens sollte die Intensität der Rückstreuung kleiner als etwa 5% der Laserdiodenausgangsleistung sein, welche in der Größenordnung von ein paar Milliwatt liegt, da ansonsten die Laserdiode in unkontrollierte Schwingungen ausbricht. Zweitens kann eine Rückstreuleistung von weniger als 10 Picowatt detektierbare Signale erzeugen. Die Laserfrequenzvariation ist in der Größenordnung von wenigen Gigahertz pro Milliampere Treiberstrom, d. h.,

$\Delta f/\Delta i \approx 3$ GHz/mA

.
[0103] Eine Dreieckswellen-Treiberstrommodulation erzeugt eine feste Schwebungsfrequenz. Somit können Synchron-Demodulationstechniken werwendet, um Rauschen und ungewollte Signale auszufiltern. Die Schwebungsfrequenz folgt direkt aus:

$$f(t) = F_{nominell} + \frac{\Delta f}{\Delta I}\frac{\Delta I}{\Delta t}t$$

wobei f(t) die Laserfrequenz zum Zeitpunkt t und I der Treiberstrom ist. Für die Dreieckswellenmodulation des Treiberstroms ist $\Delta I/\Delta t$ konstant und die Schwebungsfrequenz ist gegeben durch:

$$f_{Schweb} = f(t+\Delta t) - f(t) = \Delta t\frac{\Delta f}{\Delta I}\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{2L}{c}\frac{\Delta f}{\Delta I}\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

wobei wir die Umlaufzeit für die elektromagnetische Strahlung verwendet haben, $\Delta t = 2L/c$, wobei c die Geschwindigkeit der elektromagnetischen Strahlung und L der Abstand von der Laserdiode zu dem Wafer ist. Wenn die Trennung zwischen der Laserdiode und dem Wafer ca. 1 Meter ist, und der Treiberstrom mit 1 mA einer Frequenz von 1 kHz moduliert wird, liegt die Schwebungsfrequenz in der Größenordnung von wenigen 10 kHz. Eine Vergrößerung entweder der Amplitude oder Frequenz der Dreieckswelle erhöht die Schwebungsfrequenz. Außerdem können wir aufgrund der L-Abhängigkeit von f_{Schweb} ein Frequenzfilter verwenden, um nur die Rückstreuung aus dem Wafer auszuwählen.

[0104] Die Veränderung in der Intensität der Rückstreuung bewirkt eine Veränderung in der Amplitude des Schwebungssignals. Somit wirkt das Schwebungssignal als eine Trägerwelle und die Information über das Ziel, d. h., die Masken- und Waferposition ist in der Amplitude des Trägerschwebungssignals kodiert. Dieses ist in **Fig.** 7 dargestellt.

[0105] Diodenlaser sind typischerweise in einem "Transistorgehäuse" zusammen mit einem Detektor und mit oder ohne einem faseroptischen "Anschlußende" montiert. Dieses macht die Verpackung der Rückstreumodulationsanordnung einfach. Der aktive Bereich der Vorderseitenfacette der Diode liegt in der Größenordnung von einigen µm in der Größe und somit ist die Rückstreumodulation an dem Erfassungsende "konfokal". Jede Rückstreuung, welche außerhalb des Fokus der Vorderseitenfacette der Diode liegt, trägt wenig zu der Rückstreumodulation bei.

[0106] Das Ausgangssignal der Diode ist im wesentlichen linear polarisiert, wobei das elektrische Feld parallel zu der aktiven Schicht der Diode liegt. Somit können Polarisationsempfindliche Optiken verwendet werden, um die Diode vor Rückstreuung zu isolieren, die nicht von der Maske/Wafer kommt.

[0107] Diodenlaser sind im allgemeinen preiswert und hoch zuverlässig. Ihre Betriebslebensdauern liegen in der Größenordnung von 10^4 bis 10^5 Stunden. Der Bereich verfügbarer Wellenlängen liegt etwa zwischen 600 bis 900 nm.

[0108] Die vorliegende Erfindung verbessert die Ausrichtgenauigkeit einer Maske und eines Wafers in der Mikrolithografie und ist gegenüber unterschiedlichen Verarbeitungsvariablen wie z. B. die Wafertopografie und Beschichtungen tolerant. Zusätzlich dürfte es, obwohl die bevorzugten Ausführungsformen dargestellt und beschrieben wurden, für den Fachmann auf diesem Gebiet offensichtlich sein, dass verschiedene Modifikationen durchgeführt werden können, ohne von dem Schutzumfang dieser Erfindung abzuweichen, welcher durch die beigefügten Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Gitter-Gitter-Interterometrie-Ausrichtsystem zum Bestimmen der Ausrichtung einer Maske und eines Wafers, das umfasst:
ein erstes Beugungsgitter (**109**), das auf der Maske (**100**) angeordnet ist;
ein zweites Beugungsgitter (**110**), das auf dem Wafer (**112**) angeordnet ist;
eine Beleuchtungsquelle (**116**), die elektromagnetische Strahlung auf das erste Beugungsgitter (**109**) richtet;
einen Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung, der so positioniert ist, dass elelektromagnetische Strahlung (**11**), die von dem ersten (**109**) und dem zweiten (**110**) Beugungsgitter gebeugt wird, auffängt zum Erzeugen eines Stärke-Signals als Funktion der relativen Position des ersten Beugungsgitters und des zweiten Beugungsgitters,
eine Phasenerfassungseinrichtung (**120**), die mit dem Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung verbunden ist, um die Phase einer vorgegebenen Frequenzkomponente des Stärke-Signals von dem Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung zu bestimmen;
eine Verarbeitungseinrichtung (**121**), die mit der Phasenerfassungseinrichtung (**120**) verbunden ist, um die Ausrichtung der Maske (**100**) und des Wafers (**112**) zu bestimmen, wobei die Ausrichtungsinformation anhand der Phase der vorgegebenen Frequenzkomponente des Stärke-Signals bestimmt wird, und
eine Motoreinrichtung (**122**), die mit der Verarbeitungseinrichtung verbunden ist, um das erste (**109**) und das zweite (**110**) Gitter relativ zueinander zu bewegen, so dass die Maske (**100**) und der Wafer (**112**) ausgerichtet werden.

2. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 1, wobei die Beleuchtungsquelle (**116**) ein Laser ist.

3. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 2, wobei das erste Beugungsgitter (**109**) ein Gitter mit linearer Struktur ist.

4. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 3, wobei das zweite Beugungsgitter (**110**) ein Gitter mit Schachbrettstruktur ist.

5. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 1, wobei das erste (109) und das zweite (**110**) Gitter in wenigstens einer Richtung die gleiche räumliche Periode haben.

6. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 5, wobei die vorgegebene Frequenzkomponente als

$$\frac{4\pi}{P}$$

definiert ist, wobei P die räumliche Periode der Gitter ist.

7. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 5, wobei die vorgegebene Frequenzkomponente die Grundfrequenz ist.

8. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 1, wobei die Beleuchtungsquelle (**116**) vier verschiedene Wellenlängen elektromagnetischer Beleuchtung erzeugt.

9. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 8, wobei die vier verschiedenen Wellenlängen im Wesentlichen gleichmäßig der Wellenlänge nach getrennt sind.

10. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 1, wobei der Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung elektromagnetische Strahlung innerhalb von weniger als 10 Grad des Littrow-Winkels auffängt.

11. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 1, wobei der Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung elektromagnetische Strahlung auffängt, die mit dem Littrow-Winkel zusammenfällt.

12. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 1, wobei die Phasenerfassungseinrichtung eine Founer-Transformationseinrichtung enthält, die in der Lage ist, die Founer-Transformation vorzunehmen.

13. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 1, wobei die Phasenerfassungseinrichtung ein angepasstes Filter enthält.

14. Verfahren zum Ausrichten einer Maske und eines Wafers, das die folgenden Schritte umfasst:
Anordnen einer Maske (**100**) mit einem ersten Beugungsgitter (**109**) darauf über einem Wafer (**112**) mit einem zweiten Beugungsgitter (**110**) darauf;
Beleuchten des ersten Beugungsgitters (**109**) mit elektromagnetischer Strahlung nahe einem Auftreffwinkel, so dass eine erste Beugungsordnung des Gitters im Wesentlichen entlang des Auftreffwinkels zurückkehrt;
Abtasten des zweiten Beugungsgitters (**110**) mit dem gesamten ersten Beugungsgitter (**109**);
Erfassen der Stärke der elektromagnetischen Strahlung (**11**), die von dem ersten (**109**) und dem zweiten (**110**) Beugungsgitter nahe dem Auftreffwinkel gebeugt wird, während des Schrittes des Abtastens als eine Funktion der relativen Position des ersten Beugungsgitters und des zweiten Beugungsgitters;
Bestimmen der Phase einer vorgegebenen Frequenzkomponente des Signals, das mit dem Schritt des Erfassens der elektromagnetischen Strahlung (**8**) gewonnen wird, die von dem ersten (**109**) und dem zweiten (**110**) Beugungsgitter gebeugt wird;
Berechnen der Ausrichtung der Maske (**100**) und des Wafers (**112**) auf Basis der Phase der vorgegebenen Frequenzkomponente; und
Positionieren der Maske (**100**) und des Wafers (**112**) in Ausrichtung zueinander.

15. Verfahren zum Ausrichten einer Maske (**100**) und eines Wafers (**112**) nach Anspruch 14, wobei der Schritt des Bestimmens der Phase einer vorgegebenen Frequenzkomponente das Vornehmen der Fourier-Transformation des Signals einschließt.

16. Verfahren zum Ausrichten einer Maske (**100**) und eines Wafers (**112**) nach Anspruch 14, wobei der Schritt des Bestimmens der Phase einer vorgegebenen Frequenzkomponente die Anwendung eines angepassten Filters auf das Signal einschließt.

17. Gitter-Gitter-Interterometrie-Ausrichtsystem zum Bestimmen der Ausrichtung einer Maske (**110**) und eines Wafers (**112**) nach Anspruch 1, wobei das erste Beugungsgitter (**109**) eine erste Breite hat;
das zweite Beugungsgitter (**110**) eine zweite Breite hat;
die Beleuchtungsquelle (**116**) ihre elektromagnetische Strahlung nahe einem Auftreffwinkel so richtet, dass eine erste Beugungsordnung des Gitters im Wesentlichen entlang des Auftreffwinkels zurückkehrt, wobei die Beleuchtungsquelle (**116**) vier verschiedene Wellenlängen elektromagnetischer Strahlung erzeugt, die im Wesentlichen gleichmäßig der Wellenlänge nach getrennt sind;
eine Abtasteinrichtung vorhanden ist, die mit dem Wafer verbunden ist, um den Wafer (**112**) in einem Abstand

abzutasten, der wenigstens der zusammengefassten ersten und zweiten Breite entspricht, während die Beleuchtungsquelle (**116**) das erste Beugungsgitter (**109**) beleuchtet;
der Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung in der Nähe der Beleuchtungsquelle angeordnet ist.

18. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem nach Anspruch 1, das des Weiteren umfasst:
eine Abtasteinrichtung, die mit dem Wafer (**112**) verbunden ist, um den Wafer (**112**) in einem Abstand abzutasten, der wenigstens der zusammengefasst ersten und zweiten Gesamtbreite des ersten und des zweiten Beugungsgitters jeweils entspricht, während die Beleuchtungsquelle (**116**) das erste Beugungsgitter (**109**) beleuchtet;
einen Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung, der so positioniert ist, dass er elektromagnetische Strahlung (**11**), die von dem ersten (**109**) und dem zweiten (**110**) Beugungsgitter gebeugt wird, auffängt;
eine Signalverarbeitungseinrichtung (**121**), die mit dem Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung verbunden ist, um ein Symmetriezentrum eines Signals zu bestimmen, das für die elektromagnetische Strahlung (**11**) steht, die von dem ersten und dem zweiten Beugungsgitter gebeugt wird, und daraus die Ausrichtung der Maske und des Wafers zu bestimmen.

19. Ausrichtsystem zum Bestimmen der Ausrichtung einer Maske (**100**) und eines Wafers (**112**) nach Anspruch 18, wobei das erste Beugungsgitter (**109**) eine erste Breite hat;
das zweite Beugungsgitter (**110**) eine zweite Breite hat;
die Beleuchtungsquelle (**116**) ihre elektromagnetische Strahlung nahe an einem Auftreffwinkel richtet, so dass eine erste Beugungsordnung des Gitters im Wesentlichen entlang dem Auftreffwinkel zurückkehrt, wobei die Beleuchtungsquelle (**116**) vier unterschiedliche Wellenlängen elektromagnetischer Strahlung erzeugt, die im Wesentlichen gleichmäßig der Wellenlänge nach getrennt sind; und
der Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung in der Nähe der Beleuchtungsquelle angeordnet ist.

20. Gitter-Gitter-Interferometrie-Ausrichtsystem zum Bestimmen der Ausrichtung einer Maske und eines Wafers nach Anspruch 1, wobei
der Detektor (**116**) für die Stärke elektromagnetischer Strahlung so positioniert ist, dass er elektromagnetische Ausgangsstrahlung (**134**), die von dem ersten (**109**) und dem zweiten (**110**) Beugungsgitter gebeugt wird, in einem Versetzungswinkel (**128**, **130**) gegenüber der elektromagnetischen Eingangsstrahlung (**132**) und auf der gleichen Seite einer Achse (**124**) senkrecht zu einer Ebene der Maske (**100**) auffängt, wobei die elektromagnetische Eingangsstrahlung (**132**) und die elektromagnetische Ausgangsstrahlung (**134**) auf verschiedenen Seiten des Littrow-Winkels (**126**) liegen.

21. Gitter-Gitter-Interterometrie-Ausrichtsystem zum Bestimmen der Ausrichtung einer Maske und eines Wafers nach Anspruch 20, wobei:
die elektromagnetische Eingangsstrahlung (**132**) und die elektromagnetische Ausgangsstrahlung (**134**) innehalb von zehn Grad des Littrow-Winkels (**126**) liegen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

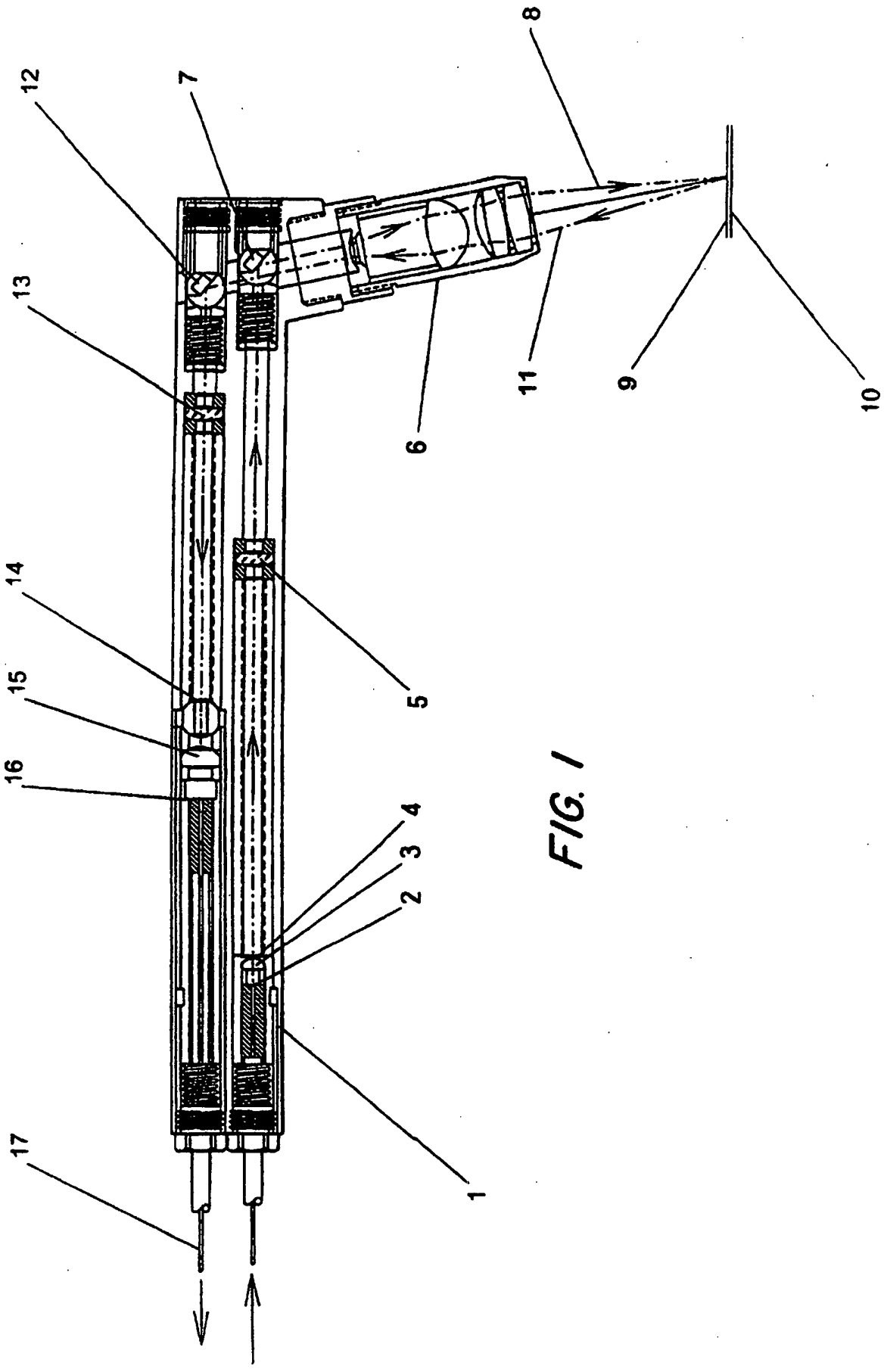


FIG. 1

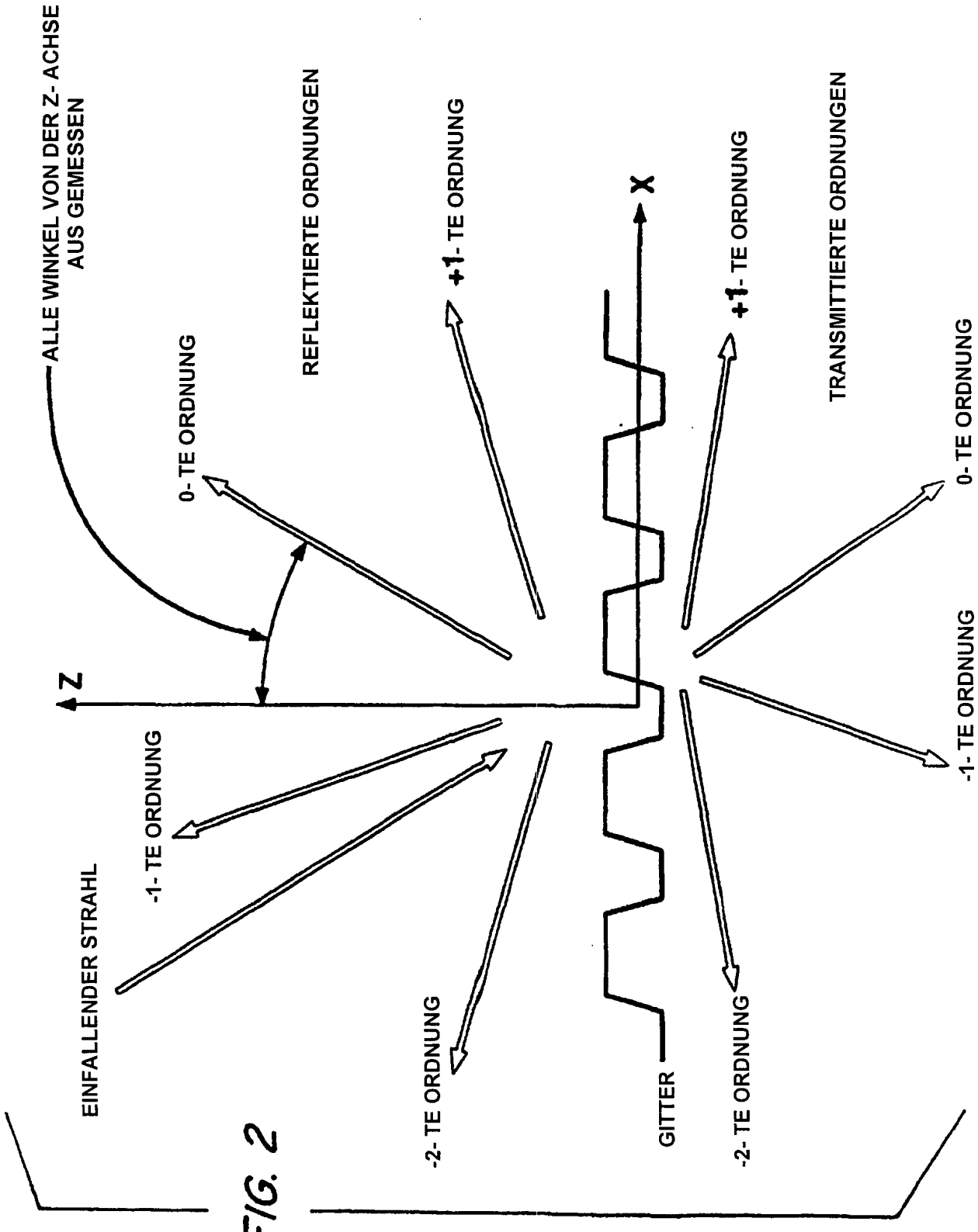

ALLE WINKEL VON DER Z- ACHSE AUS GEMESSEN
REFLEKTIERTE ORDNUNGEN
0- TE ORDNUNG
+1- TE ORDNUNG
TRANSMITTIERTE ORDNUNGEN
+1- TE ORDNUNG
0- TE ORDNUNG
Z
X
-1- TE ORDNUNG
EINFALLENDER STRAHL
-2- TE ORDNUNG
GITTER
-2- TE ORDNUNG
-1- TE ORDNUNG

FIG. 2

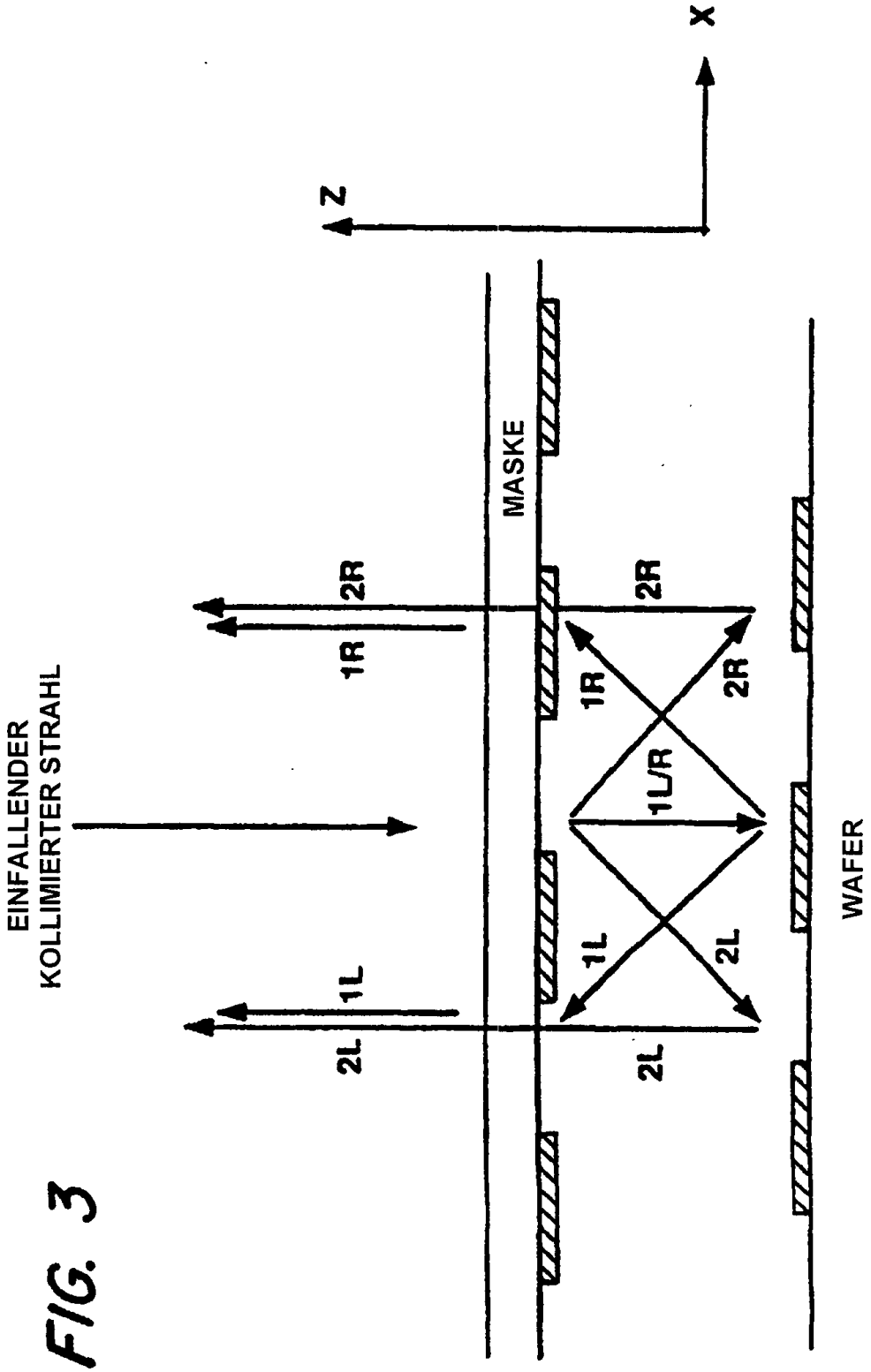

EINFALLENDER
KOLLIMIERTER STRAHL
MASKE
WAFER
Z
X
1R
2R
1L
2L
1L/R

FIG. 3

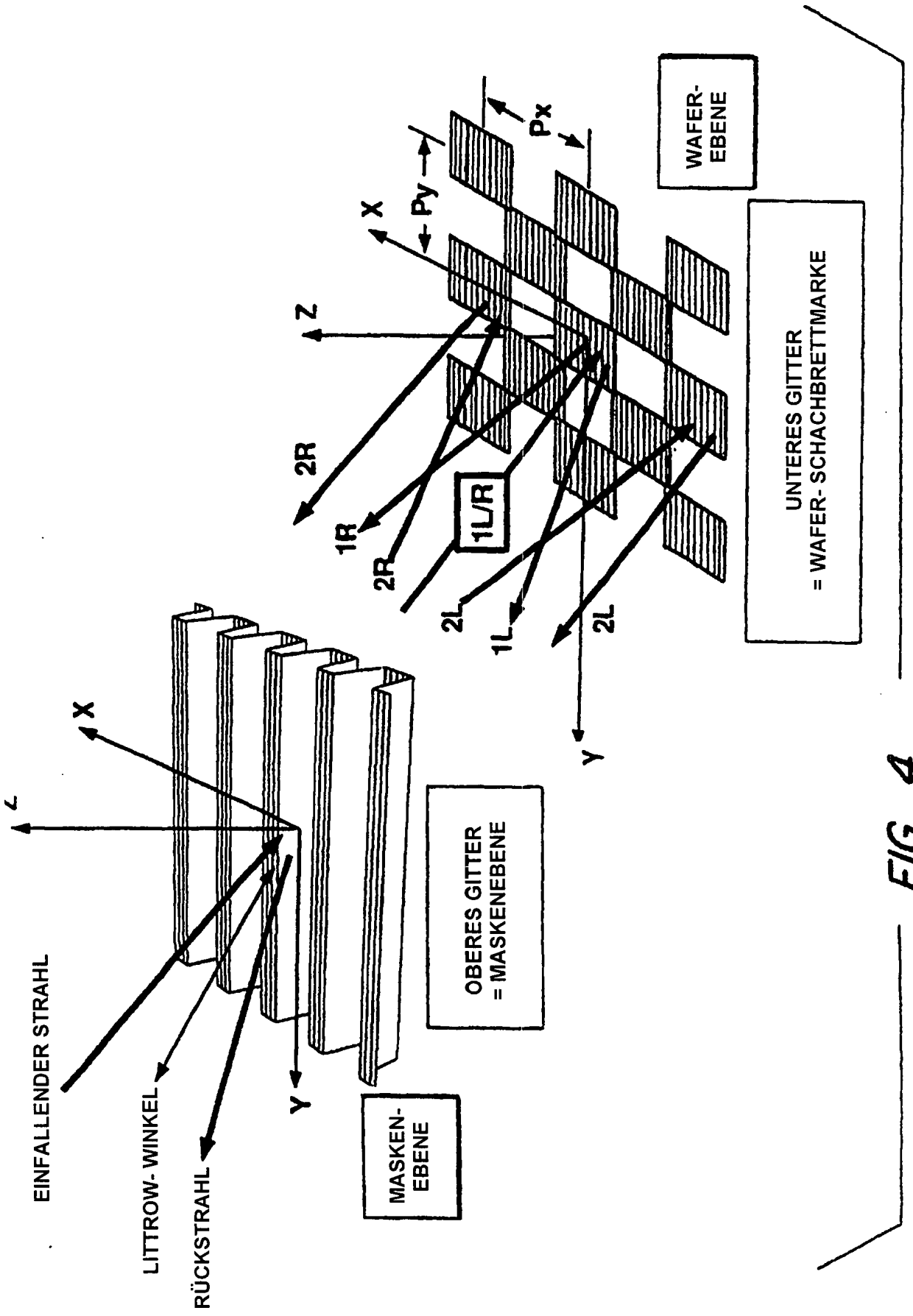
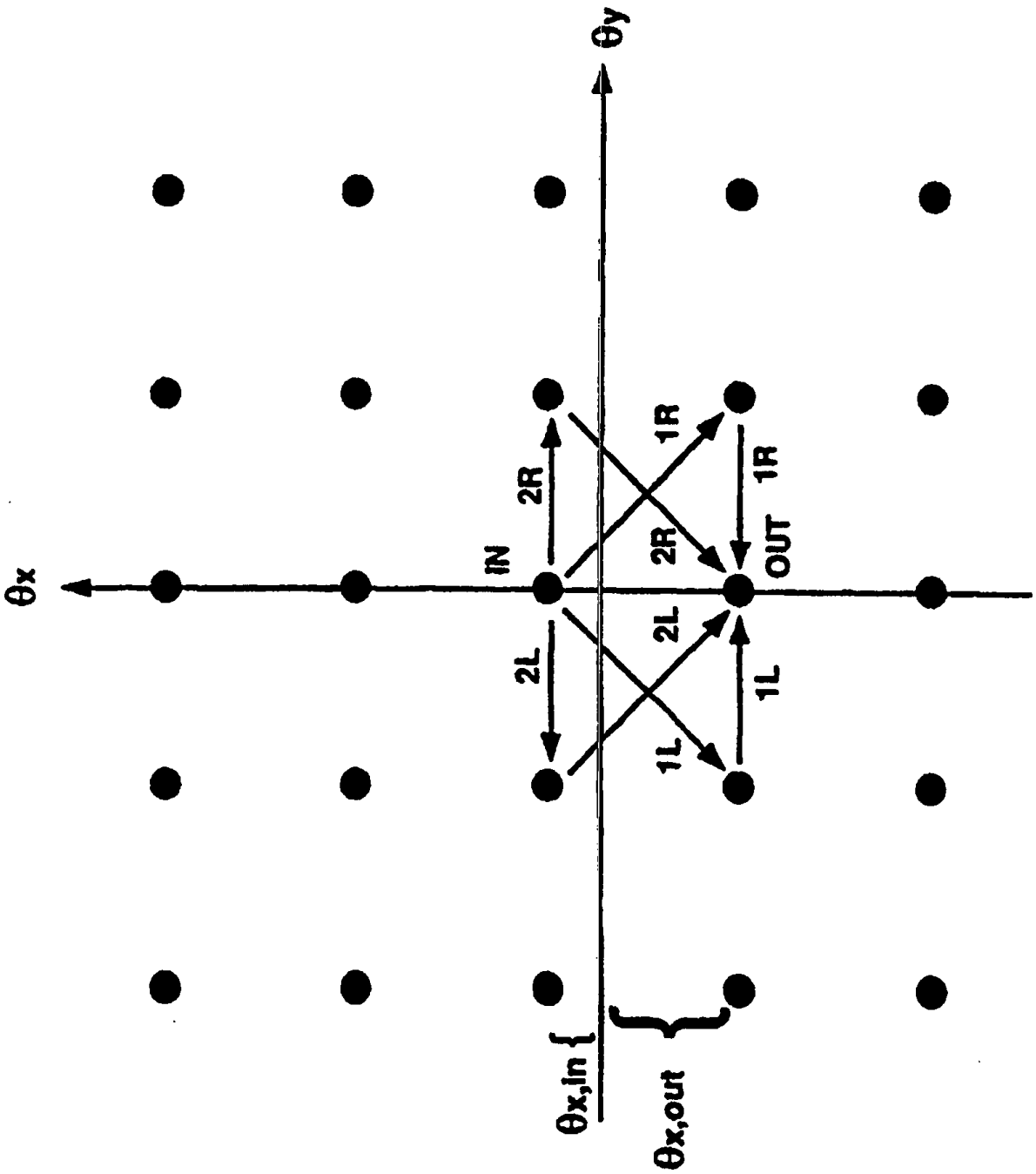

EINFALLENDER STRAHL
LITTROW- WINKEL
RÜCKSTRAHL
MASKEN-EBENE
OBERES GITTER = MASKENEBENE
UNTERES GITTER = WAFER- SCHACHBRETTMARKE
WAFER-EBENE
Px
Py
1L/R
1R
2R
2L
1L
X
Y
Z

FIG. 4

FIG. 5



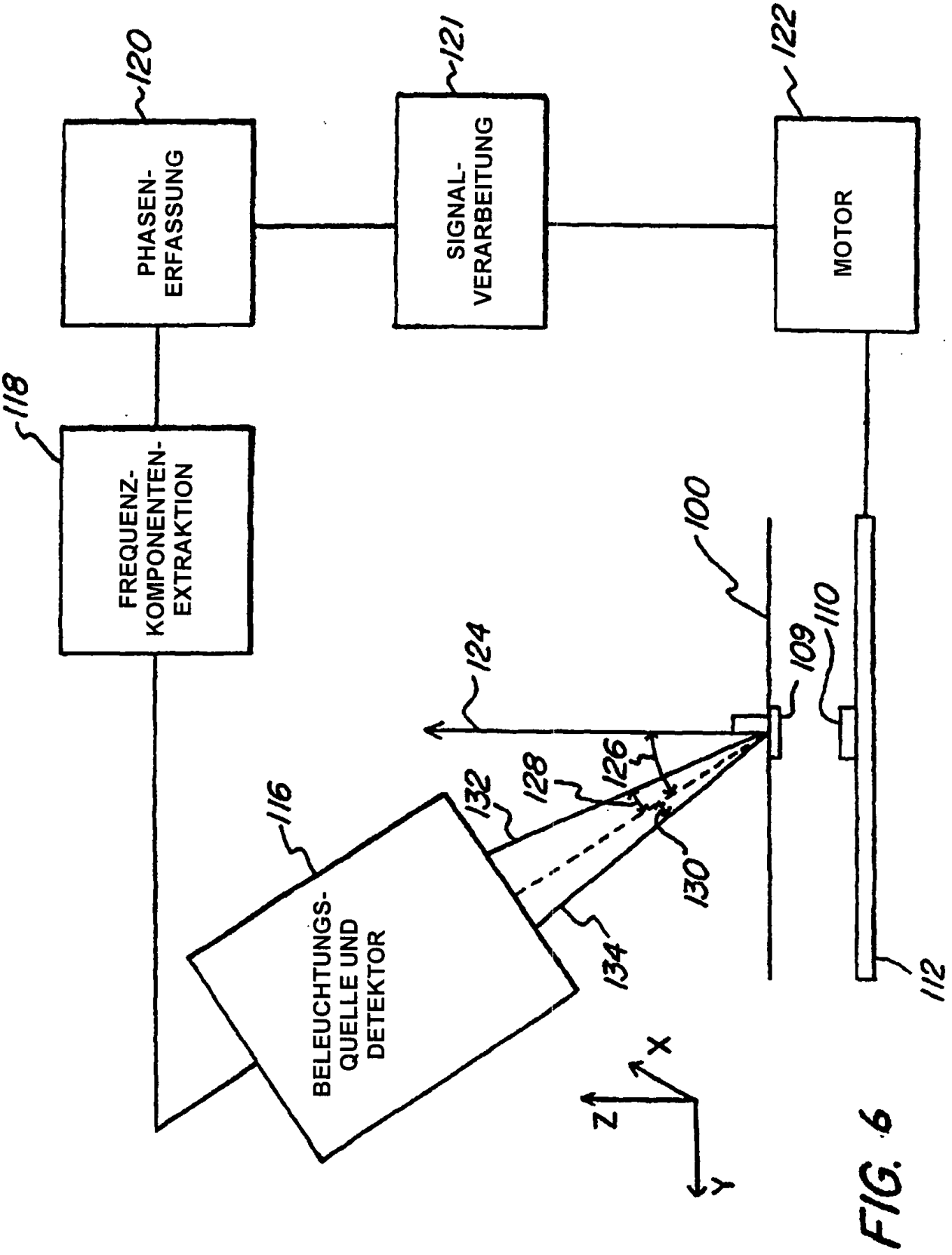

120
PHASEN-ERFASSUNG
121
SIGNAL-VERARBEITUNG
122
MOTOR
118
FREQUENZ-KOMPONENTEN-EXTRAKTION
100
124
109
110
126
128
132
116
BELEUCHTUNGS-QUELLE UND DETEKTOR
130
134
112
Z
X
Y

FIG. 6