



(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2017 001 576.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2017/024332**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/172627**
(86) PCT-Anmeldetag: **27.03.2017**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.10.2017**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **20.12.2018**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **11.12.2025**

(51) Int Cl.: **H01L 21/66** (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:

62/314,276	28.03.2016	US
15/255,605	02.09.2016	US

(73) Patentinhaber:

KLA-Tencor Corporation, Milpitas, Calif., US

(74) Vertreter:

**Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte,
93049 Regensburg, DE**

(72) Erfinder:

**Li, Shifang, Pleasanton, Calif., US; Nicolaides,
Lena, Castro Valley, Calif., US; Horn, Paul,
Milpitas, Calif., US; Graetz, Richard, Mountain
View, CA, US**

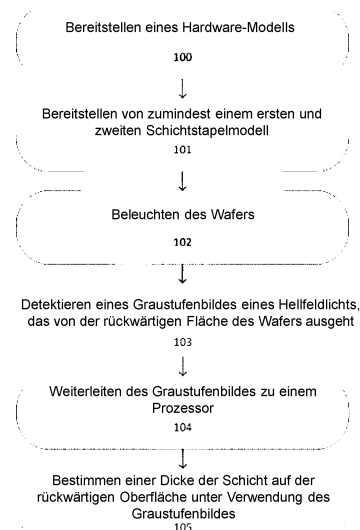
(56) Ermittelter Stand der Technik:

siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **METROLOGIESYSTEM FÜR ALLE OBERFLÄCHENSCHICHTEN**

(57) Hauptanspruch: System umfassend:
einen Tisch (322), der zum Halten eines Wafers (314) ausgebildet ist;
mindestens eine Lichtquelle (316), die konfiguriert ist, um mindestens einen Strahl auf eine vordere Fläche, eine rückwärtige Fläche gegenüber der vorderen Fläche und auf einen Rand zwischen der vorderen Fläche und der rückwärtigen Fläche des auf dem Tisch (322) befindlichen Wafers (314) zu lenken;
mindestens drei Detektoren (328, 334), die konfiguriert sind, um den von der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche und dem Rand reflektierten mindestens einen Strahl zu empfangen und Bilddaten zu erzeugen; und
eine Steuerung (336), die elektronisch und kommunikativ mit den mindestens drei Detektoren (328, 334) verbunden ist, wobei die Steuerung (336) derart ausgestaltet ist, dass sie eine Metrologie auf der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche und an dem Rand unter Verwendung der Bilddaten ausführt, wobei die Steuerung (336) einen Prozessor (306) umfasst, der programmiert ist zum Bestimmen einer Dicke einer Schicht auf der rückwärtigen Fläche des Wafers (314) mittels Messen eines Verhältnisses eines Graustufenbildes des Hellfeldlichts, das von der rückwärtigen Fläche des Wafers (314) und der eines Referenzwafers ausgeht, unter Verwendung eines Hardware-Modells, eines ersten Schichtstapelmodells und eines zweiten Schichtstapelmodells, wobei das Hardware-Modell mathe-

matisch ausgedrückt ist, Hardware-Parameter eines Systems umfasst und aus Graustufenbildern vermessener Proben erstellt wurde, wobei die Hardware-Parameter einen Einfallswinkel und/oder Wellenlängen des Lichts und/oder Parameter eines eine Polarisation einstellenden Konditionierungselements umfassen, wobei das erste Schichtstapelmodell ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2004 / 0 012 775	A1
US	5 293 214	A
JP	2012 - 251 816	A
JP	2015 - 141 176	A

Beschreibung

Gebiet der Offenbarung

[0001] Diese Offenbarung bezieht sich auf die Wafer-Inspektion und Wafer-Metrologie.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Wafer-Inspektionssysteme und Metrologie-Systeme helfen einem Halbleiterhersteller, die Ausbeute bei integrierten Schaltungen (im Englischen „integrated circuits“, abgekürzt mit „IC“) zu erhöhen beziehungsweise aufrechtzuerhalten, indem während des Herstellungsprozesses auftretende Defekte detektiert werden. Ein Zweck der Inspektionssysteme und Metrologie-Systeme ist zu überwachen, ob ein Herstellungsprozess den Spezifikationen entspricht. Inspektionssysteme und Metrologie-Systeme können das Problem und/oder die Quelle des Problems angeben, falls der Herstellungsprozess außerhalb des Bereichs der festgelegten Normen ist. Das Problem kann dann durch den Halbleiterhersteller adressiert werden.

[0003] Die Entwicklung der Halbleiterindustrie stellt immer höhere Anforderungen an das Ertragsmanagement und dabei vor allem an Metrologie- und Inspektionssysteme. Die kritischen Abmessungen (im Englischen „critical dimensions“) werden immer kleiner, während die Wafergröße zunimmt. Die Wirtschaft treibt die Industrie dazu, die Zeit für das Erreichen einer hohen Ausbeute und einer hochwertigen Produktion zu verringern. Folglich bestimmt die Minimierung der Gesamtzeit von der Erfassung eines Ausbeuteproblems bis zu seiner Fixierung das Return-On-Investment für die Halbleiterhersteller.

[0004] Die Halbleiterwafer können dünne Schichten (Filme), wie beispielsweise Oxide oder Nitride, umfassen, die weniger als 1 nm und bis zu mehreren µm in der Dicke betragen können. Auf einem Wafer kann die dünne Schicht auf der vorderen Fläche (die in der Regel zusätzliche Schichten oder Halbleiterbauelemente umfassen kann), auf der rückwärtigen Fläche, die gegenüber der vorderen Fläche liegt, oder auf einem Rand zwischen der vorderen Fläche und der rückwärtigen Fläche vorhanden sein. Chemische Dampfabcheidung (CVD), physikalische Dampfabcheidung (PVD), Atomlagenabscheidung (ALD) und Epitaxie sind vier Techniken, die verwendet werden können, um eine solch dünne Schicht zu bilden. Andere Techniken sind auch möglich.

[0005] Die Dicke dieser dünnen Schichten können die Leistungsfähigkeit der Bauelemente oder die Ausbeute beeinflussen. Halbleiterhersteller wollen typischerweise die dünne Schicht inspizieren oder messen und insbesondere die Dicke und die Eigenschaften der dünnen Schicht bestimmen. Die

Bestimmung der Dicke und beispielsweise der optischen Eigenschaften können jedoch schwierig sein. Dies gilt insbesondere für dünne Schichten, die auf dem Rand oder der rückwärtigen Fläche eines Halbleiterwafers vorhanden sind. Derzeit gibt es kein Verfahren, um die Metrologie auf der rückwärtigen Fläche eines Wafers auszuführen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die vordere Fläche strukturiert ist und nicht auf einem Wafer-Chuck angeordnet werden kann. Es gibt auch kein Verfahren, das eine „Metrologie aller Waferoberflächen“ bereitstellt oder eine Metrologie auf allen Oberflächen des Wafers gewährleistet. Insbesondere kann keine Technik die Metrologie einer Schicht einer rückwärtigen Fläche in der Fertigungsumgebung bieten. Was daher benötigt wird, sind verbesserte Hardware-Techniken für die Metrologie.

[0006] JP 2015 - 141 176 A, JP 2012 - 251 816 A, US 5 293 214 A, US 2004 / 0 012 775 A1 betreffen weitere System und Verfahren zum Messen von Schichtdicken von Wafern.

Kurze Beschreibung der offenbarten Erfindung

[0007] Ein System gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst alle Merkmale des Anspruchs 1.

[0008] In einer ersten Ausführungsform wird ein System zur Verfügung gestellt. Das System umfasst einen Tisch, der zum Halten eines Wafers konfiguriert ist; mindestens eine Lichtquelle, die konfiguriert ist, mindestens einen Strahl auf eine vordere Fläche, auf eine rückwärtige Fläche, die gegenüber der vorderen Fläche liegt, und auf einen Rand, der zwischen der vorderen Fläche und der rückwärtigen Fläche des Wafers auf dem Tisch ausgebildet ist, zu richten; mindestens drei Detektoren, die konfiguriert sind, um den von der vorderen Fläche, von der rückwärtigen Fläche und von dem Rand reflektierten Strahl zu empfangen; und eine Steuerung (Kontroller), die elektronisch und kommunikativ mit den Sensoren verbunden ist. Die Steuerung ist derart konfiguriert, dass sie eine Metrologie auf der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche und dem Rand durchführen kann. Das System kann drei Lichtquellen umfassen. Die Lichtquelle kann mindestens eine farbiges Licht emittierende Leuchtdiode umfassen. Die Steuerung kann derart konfiguriert sein, dass sie eine Metrologie auf Basis der von den Detektoren bestimmten Inspektionsergebnissen ausführt.

[0009] Die Steuerung umfasst einen Prozessor, und der Prozessor ist derart programmiert, um eine Dicke der Schicht auf der rückwärtigen Fläche des Wafers zu bestimmen, mittels Messen eines Verhältnisses eines Graustufenbildes des Hellfeldlichts, das von der rückwärtigen Fläche ausgeht, und dem eines Referenzwafers unter Verwendung eines Hardware-Modells, eines ersten Schichtstapelmodells und

eines zweiten Schichtstapelmodells. Das Hardware-Modell umfasst Hardware-Parameter eines Systems. Das erste Schichtstapelmodell entspricht dem Referenzwafer. Das zweite Schichtstapelmodell entspricht dem Wafer.

[0010] Ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst alle Merkmale des Anspruchs 7.

[0011] Ein Verfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform umfasst ein Kalibrieren eines Metrologie-Systems zur Metrologie einer vorderen Fläche eines Wafers, einer rückwärtigen Fläche des Wafers, die gegenüber der vorderen Fläche liegt, und eines Randes, der sich zwischen der vorderen Fläche und der rückwärtigen Fläche befindet, des Wafers. Eine Metrologie wird auf der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche, die gegenüber der vorderen Fläche liegt, und am Rand, der sich zwischen der vorderen Fläche und der rückwärtigen Fläche des Wafers befindet, mittels des Metrologie-Systems durchgeführt. Der Wafer kann mit drei Lichtquellen beleuchtet werden, so dass eine der Lichtquellen für die vordere Fläche, eine der Lichtquellen für die rückwärtige Fläche und eine der Lichtquellen für den Rand verwendet wird. Das Licht kann von der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche und dem Rand unter Verwendung von drei Detektoren empfangen werden. Die Metrologie kann unter Verwendung von Inspektionsergebnissen der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche und des Randes durchgeführt werden.

[0012] In einer dritten Ausführungsform wird ebenfalls ein Verfahren zur Verfügung gestellt. Das Verfahren umfasst ein Bereitstellen eines Hardware-Modells, das Hardware-Parameter eines Systems umfasst; Bereitstellen von zumindest einem ersten Schichtstapelmodell und einem zweiten Schichtstapelmodell; Beleuchten des Wafers mit der Schicht auf der rückwärtigen Fläche; Detektieren eines Graustufenbildes eines Hellfeldlichts, das von der rückwärtigen Fläche des Wafers mit der Schicht ausgeht, unter Verwendung eines Sensors; Weiterleiten (Kommunizieren) des Graustufenbildes an einen Prozessor; und Bestimmen, unter Verwendung des Prozessors, einer Dicke der Schicht auf der rückwärtigen Fläche des Wafers, indem ein gemessenes Verhältnis des Graustufenbildes des Hellfeldlichts, das von der rückwärtigen Fläche des Wafers ausgeht, unter Verwendung des Hardware-Modells an ein simuliertes Verhältnis des Graustufenbildes unter Verwendung des ersten Schichtstapelmodells und des zweiten Schichtstapelmodells angepasst wird. Das erste Schichtstapelmodell entspricht einem Referenzwafer und das zweite Schichtstapelmodell entspricht einem Wafer mit einer Schicht auf einer rückwärtigen Fläche. Die Hardware-Parameter können zumindest einen Einfallswinkel, Wellenlängen des Lichts und/oder Parameter eines eine Pola-

risation einstellenden Konditionierungselements umfassen.

[0013] Das System kann unter Verwendung eines blanken Wafers oder eines Wafers, der eine Schicht mit bekannter Dicke trägt, kalibriert werden.

[0014] Das Hellfeldlicht kann Licht von einer roten Licht emittierenden Diode, einer grünen Licht emittierenden Diode und einer blauen Licht emittierenden Diode umfassen. Das Hellfeldlicht kann Licht von einem oder mehreren Dioden-Lasern umfassen.

[0015] Optische Eigenschaften der Schicht können unter Verwendung des Prozessors bestimmt werden.

[0016] Ein Schichtmaterial und optische Eigenschaften der Schicht können vor dem Bestimmen bekannt sein.

Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Für ein besseres Verständnis der Natur und Aufgaben der Offenbarung der Beschreibung soll auf die folgende detaillierte Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen Bezug genommen werden, in denen:

Fig. 1 ein Flussdiagramm ist, das eine Ausführungsform eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht;

Fig. 2 eine Serie von Beispielen eines Graustufenverhältnisses von einer rückwärtigen Fläche eines geätzten Wafers aus Sicht der Dies ist, die Daten des roten, grünen und blauen Kanals enthalten;

Fig. 3 eine Serie von Beispielen eines Graustufenverhältnisses von einer rückwärtigen Fläche eines geätzten Wafers aus Sicht der Dies ist, wobei die Daten rote, grüne und blaue Kanäle umfassen;

Fig. 4 ein Beispielbild der Dicke der Schicht auf der rückwärtigen Fläche eines geätzten Wafers mit einer aufgetragenen Schicht ist, das unter Verwendung einer Ausführungsform der gegenwärtigen Offenbarung aus einem Graustufenverhältnis von roten, grünen und blauen Kanälen, in Draufsicht auf den Wafer, berechnet wurde;

Fig. 5 ein Beispielbild der Dicke der Schicht auf der rückwärtigen Fläche eines geätzten Wafers mit einer aufgetragenen Schicht in der Die-Ansicht ist, das unter Verwendung einer Ausführungsform der gegenwärtigen Offenbarung aus einem Graustufenverhältnis von roten, grünen und blauen Kanälen, berechnet wurde;

Fig. 6 ein Flussdiagramm ist, das eine zweite Ausführungsform eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht;

Fig. 7 ein Blockdiagramm eines Systems gemäß der vorliegenden Offenbarung ist;

Fig. 8 ein Flussdiagramm ist, das eine Ausführungsform eines Schichtstapelmodells gemäß der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht, wobei die Daten in grauen Kästen und Merkmale des Algorithmus sind in weißen Kästen dargestellt sind; und

Fig. 9 ein Blockdiagramm eines weiteren Systems gemäß der vorliegenden Offenbarung ist.

Detaillierte Beschreibung der Offenbarung

[0018] Die Metrologie-Hardware, wie hierin offenbart, kann verwendet werden, um Dicken von dünnen Schichten auf allen Oberflächen von Wafern zu messen. Die Oberflächen umfassen: die vordere Fläche, die Fase, die Randkrümmung und die rückwärtige Fläche eines Wafers. Während die Randkrümmung und die rückwärtige Fläche des Wafers typischerweise ungemustert (unstrukturiert) sind, kann die Schichtdicke auf der vorderen Fläche und der Fläche der oberen Randkrümmung gemustert (strukturiert) oder ungemustert (unstrukturiert) sein.

[0019] Die Metrologie mit hoher Abtastdichte auf allen Oberflächen gewinnt in der Halbleiterindustrie zunehmend an Bedeutung. Die Dicke eines Silizium-auf-Insulator (SOI) Schichtstapels auf der vorderen Fläche eines blanken Wafers ist eine kritische Dimension. Eine Dickenschwankung von 5 Angström kann eine Gerätezeitvariation von bis zu 15% verursachen. Folglich müssen die Dicken bei allen Raumfrequenzen gemessen werden. Die verbleibende Dicke an der vorderen Fläche, während der Durchführung eines chemisch-mechanischen Polierens (CMP), ist ein kritischer Parameter für die Leistung der Bauelemente und die Produktausbeute. Die Randdicke gewinnt ebenfalls an Bedeutung für das Verständnis und die Verbesserung der Randausbeute. Dies gilt insbesondere für Lithographieschritte. Ferner können sich die Schichten, die auf der rückwärtigen Fläche eines Wafers aufgebaut werden, auf die Waferausbeute auswirken, da diese Schichten die Ätzrate in Plasmakammern beeinflussen können oder können sich nicht geeignet verhalten, wenn der Wafer auf einen elektrostatischen Chuck aufgespannt wird, wie beispielsweise einem ESD-Chuck. Bei einem anderen Fall kann eine Schicht auf der rückwärtigen Fläche eines Wafers eine Kontamination aufgrund der Erzeugung von Partikeln beim Handhaben des Wafers führen.

[0020] In einer ersten Ausführungsform werden Dicken dünner Schichten auf der rückwärtigen Fläche eines Wafers gemessen. **Fig. 1** ist ein Flussdia-

gramm, das ein Ausführungsbeispiel dieses Verfahrens veranschaulicht. Ein Hardware-Modell, das Hardware-Parameter eines Systems beinhaltet, wird vorgesehen 100. Das Hardware-Modell kann Parameter enthalten, die die Eigenschaften der Hardware, wie beispielsweise den Einfallswinkel (AOI), der Wellenlängen der Lichtquelle, die die Probe beleuchtet, Parameter der Polarisierung einstellenden Konditionierungselemente, etc., beschreiben. Zur Erstellung des Hardware-Modells können die folgenden Schritte ausgeführt werden. Erstens kann ein mathematisches Modell erstellt werden, um das System zu beschreiben, in dem die Systemparameter (beispielsweise AOI) eingeführt werden. Zweitens können diese Parameter durch ein Kalibrierungsverfahren bestimmt werden. Dieses Kalibrierungsverfahren kann derart ausgeführt werden, dass bekannte Proben durch das System geschleust werden, um den Wert der Systemparameter zu finden (beispielsweise AOI). Drittens werden Messungen durchgeführt. Daten des Grauwertpegels werden an den zu vermessenden Proben gewonnen und ein Systemmodell (das gespeicherte Parameter umfassen kann) wird angewendet, um die Probenparameter (beispielsweise Dicken der Schicht) zu finden. Die Systemparameter können im System-Computer nach der Kalibrierung gespeichert werden, und können, wenn benötigt, in das Systemmodell eingelesen werden, um Probenparameter zu berechnen. Dieses Hardware-Modell kann während eines Kalibriervorgangs, wie beispielsweise der Kalibrierung 200 aus **Fig. 6**, bereitgestellt werden.

[0021] Es wird wieder Bezug auf **Fig. 1** genommen. Mindestens ein erstes Schichtstapelmodell und ein zweites Schichtstapelmodell werden bereitgestellt 101. Das erste Schichtstapelmodell entspricht einem Referenzwafer und das zweite Schichtstapelmodell entspricht einem Wafer mit einer Schicht auf einer rückwärtigen Fläche, die bestimmt oder analysiert werden soll. Beispielsweise entspricht eines der Schichtstapelmodelle einem bekannten Referenzwafer, wie beispielsweise einem blanken Silizium-Wafer, oder einem Wafer, der eine dünne Schicht bekannter Dicke aufweist. Das zweite Schichtstapelmodell entspricht dem Wafer, der untersucht werden soll. Die Schichtstapelmodelle umfassen Parameter, die verwendet werden, um die Dicken der Schichten und optischen Eigenschaften der Schichten und des Substrats zu berechnen. Die Formeln, die Modellparameter und physikalische Probengrößen, wie beispielsweise die Dicke oder die optische Eigenschaft, umwandeln, sind benutzerdefinierbare mathematische Ausdrücke, die eine lineare Funktion oder eine komplizierte nichtlineare Beziehung sein können. **Fig. 8** zeigt ein Beispiel des Prozessablaufes für die Schichtstapelmodelle. Obwohl sich **Fig. 8** auf einen SOI-Wafer bezieht, kann die Technik auch mit anderen Schichten oder Wafertypen verwendet werden.

[0022] Es wird wieder Bezug auf **Fig. 1** genommen. Der Wafer wird beleuchtet 102. Unter Verwendung eines Sensors wird ein Graustufenbild eines Hellfeldlichts, das von der rückwärtigen Fläche des Wafers ausgeht, detektiert 103. Eine beliebige Oberfläche eines Wafers kann gemessen werden. Die zu messende Fläche wird beleuchtet und reflektierte Daten werden als Graustufenbilder aufgezeichnet. Der Wafer kann in Abhängigkeit von der Messung an der vorderen Fläche, des Randes oder der rückwärtigen Fläche des Wafers aufgespannt werden. Die Konfiguration der Hardware kann Merkmale des US-Patents US 7 782 452 B2 enthalten. Das Graustufenbild kann an einen Prozessor kommuniziert werden 104.

[0023] Unter Verwendung des Prozessors wird eine Dicke der Schicht auf der rückwärtigen Fläche des Wafers bestimmt 105, indem ein Verhältnis des Graustufenbildes des Hellfeldlichts, das von der rückwärtigen Fläche des zu vermessenden Wafers ausgeht, mit einem zweiten Schichtstapelmodell zu der Graustufe eines bekannten Wafers mit dem ersten Schichtstapelmodell und unter Verwendung des Hardware-Modells, des ersten Schichtstapelmodells und des zweiten Schichtstapelmodells gemessen wird. Das Verhältnis kann ein digitalisierter Graustufenwert sein.

[0024] Beispiele für Verhältnisse der Graustufen können den **Fig. 2** und **3** entnommen werden. Beispiele für berechnete Schichtdicken sind in **Fig. 4** und **5** dargestellt. **Fig. 3** umfasst eine kleine Ausschnittsfläche der **Fig. 2**, und **Fig. 5** ist ein Ausschnitt von **Fig. 4**. Das Verhältnis ist der Graustufenwert auf einer Pixel-zu-Pixel Basis der unbekannten Probe zu einer bekannten Probe für drei unterschiedliche Beleuchtungsfarben. Die Dicke in den **Fig. 4** und **5** ist eine beispielhafte Oxidschicht auf der Oberseite von Silizium, und **Fig. 4** und **5** zeigen die berechnete beispielhafte Dicke der Oxidschicht.

[0025] Ein Algorithmus kann verwendet werden, um das Verhältnissignal zur Extraktion der Parameter von dünnen Schichten, wie beispielsweise die Dicken und/oder die optische Eigenschaften der Schichten zu analysieren. Der Algorithmus kann beispielsweise ständig die Dicke einer unbekannten Probe anpassen, um die beste Übereinstimmung aus dem simulierten Verhältnissignal mit einem gemessenen Verhältnis zu finden. In diesem Beispiel können die optischen Eigenschaften oder das Material der dünnen Schicht bekannt sein.

[0026] Die relativen Graustufen des von der von der rückwärtigen Fläche eines Wafers ausgehenden Hellfeldlichts werden gemessen, um die Dicke der dünnen Schichten zu bestimmen. Beispielsweise kann dies das Verhältnis von Graustufenwerten von rückwärtigen Flächen von einem oder mehreren zu

vermessenden Wafers relativ zu einem bekannten Wafer sein, wie beispielsweise eine polierte rückwärtige Fläche eines blanken Siliziumwafers. Die Messung der beiden Signale kann mit der gleichen Hardware, wie beispielsweise einem BSI-Modul, hergestellt von KLA-Tencor Corporation aus Milpitas, Kalifornien, durchgeführt werden. Das Verhältnis kann mit einer beliebigen Kombination von Wellenlängen mit einem Rezept, wie beispielsweise mit roten, grünen und blauen-LED-Strahlern, gemessen werden.

[0027] Ein Kalibriervorgang kann verwendet werden, um die Parameter des Hardware-Modells zu bestimmen. Der Kalibriervorgang umfasst sowohl Schritte, die auf dem Werkzeug als auch Schritte, die off-line durchgeführt werden. Der off-line Vorgang kann auf einer Komponentenebene durchgeführt werden, wie beispielsweise das Messen der LED-Wellenlängen mit einem Spektrometer des Werkzeugs. Der Kalibriervorgang auf dem Werkzeug wird durchgeführt, nachdem das Modul zusammengebaut ist. Ein typischer Vorgang kann die Messung von einer oder mehreren bekannten Proben (mit dem Bezugswerkzeug oder durch einen zertifizierten Anbieter) sein. Ein Teil des Algorithmus kann sein, die Ergebnisse des Kalibriervorgangs in Parameter des Hardware-Modells zu konvertieren. Die Hardware-Parameter sind in der Regel von der zu vermessenen Probe unabhängig. Somit müssen keine neuen Kalibriervorgänge erforderlich sein, wenn das System für eine neue Art von Applikationen (beispielsweise mit einem anderen Schichtstapel) Anwendung findet.

[0028] Ein Datenextraktionsalgorithmus kann benutzt werden, um das gemessene Graustufenverhältnis des zu untersuchenden Wafers zu analysieren und die gewünschten Parameter (bezogen auf die Dicken und/oder die optische Eigenschaft) der Schicht auszugeben, wobei das hierin erwähnte Hardware-Modell und die hierin erwähnten Kalibrierungsparameter verwendet werden. In einem Beispiel können die optischen Eigenschaften bestimmt werden, wenn die Schichtdicke bekannt ist. In einem anderen Beispiel kann die Schichtdicke bestimmt werden, wenn die optischen Eigenschaften bekannt sind. Es kann schwierig sein, mehr als drei unbekannte Parameter (beispielsweise Dicke oder optische Eigenschaft) mit einer Messung zu bestimmen. Die optische Eigenschaft kann der Brechungsindex, der Absorptionskoeffizient oder eine andere Eigenschaft sein.

[0029] **Fig. 6** ist ein Flussdiagramm einer zweiten Ausführungsform dieses Verfahrens. Bei dieser Ausführungsform stellt die konfigurierbare Hardware Metrologiemöglichkeiten für eine beliebige Kombination der vorderen Fläche, des Randes und der rückwärtigen Fläche eines Wafers bereit. Die Plattform

kann derart konfiguriert werden, dass eine Inspektion und eine Metrologie für sämtliche Oberflächen bereitgestellt wird, wobei mit optionaler Konfiguration eine beliebige Kombination von gewünschten Oberflächen an der vorderen Fläche, des Randes und der rückwärtigen Fläche eines Wafers erzielt werden kann. Insbesondere kann die Inspektion und Metrologie der rückwärtigen Fläche durchgeführt werden.

[0030] Das Inspektionssystem wird modifiziert, um eine simultane Inspektion und Metrologie aller Oberflächen und/oder eine simultane Metrologie und Inspektion der rückwärtigen Fläche zu ermöglichen. Beispielsweise können eine oder mehrere farbige LEDs zu dem System hinzugefügt werden, um einen größeren Anwendungsraum abzudecken. Eine Designspezifikation eines oder mehrerer Module kann so konfiguriert werden, dass die Messleistung, wie beispielsweise die Lichtquelle und/oder die Detektorstabilität, verbessert und das Rauschniveau reduziert wird.

[0031] Bei der Ausführungsform der **Fig. 6** ist das Inspektionssystem für die Metrologie der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche und der Randfläche kalibriert worden 200. Die Metrologie wird dann an der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche und der Randfläche durchgeführt 201, wobei ein System zur simultanen Metrologie und Inspektion verwendet wird. Das System kann unabhängige Modelle umfassen, einschließlich eines für die Inspektion der vorderen Fläche, eines für die Inspektion der Randfläche und ein anderes für die Inspektion der rückwärtigen Fläche. Die Daten von der Inspektion können für Metrologiezwecke wiederverwendet werden. Da die drei Module unabhängig voneinander sind, kann das System derart konfiguriert werden, dass es beliebige Kombinationen der drei Module umfasst, um eine beliebige Kombination von Anwendungen auf die vordere Fläche, die Randfläche und die rückwärtige Fläche abzudecken.

[0032] Das System, das eine simultane Metrologie und Inspektion aller Flächen ermöglicht, kann in ähnlicher Weise wie gegenwärtige Inspektions- und Review-Systeme betrieben werden, obwohl zusätzliche Flächen inspiziert werden müssen. Beispielsweise kann die Metrologie oder Inspektion unter Verwendung von Techniken oder Komponenten, wie sie in dem US-Patent US 8 422 010 B2 oder dem US-Patent US 8 611 639 B2 gelehrt sind, durchgeführt werden. In einem Beispiel wird die Metrologie auf Inspektionsergebnissen basiert. Zusätzliche Kalibrierverfahren, wie sie in der **Fig. 1** dargestellt sind, können auch durchgeführt werden.

[0033] Die manipulierten Bilddaten können variieren. Zum Zweck der Inspektion können Daten Streifen für Streifen verarbeitet werden, wenn nur eine Farbe verwendet wird. In einem Metrospektions-

Modus können mehrfarbige Bilder benötigt werden, um die finalen Parameter der Schicht zu berechnen. Der Datenpuffer kann erforderlich sein, um die mittleren Bilder zu halten, bevor die Datenaufnahme mit allen Farben beendet ist.

[0034] Ein System kann die hierin offenbarten Algorithmen umfassen und kann auch eine Darstellung der Messergebnisse bereitstellen.

[0035] Die hier beschriebenen Ausführungsformen können ein System umfassen oder können durch ein System ausgeführt werden. Eine Ausführungsform eines solchen Systems ist in **Fig. 7** gezeigt. Das System umfasst ein Ausgabeerfassungs-Subsystem (Subsystem zur Erfassung der Ausgabe), das mindestens eine Energiequelle und einen Detektor umfasst. Die Energiequelle ist konfiguriert, um Energie zu erzeugen, die auf einen Wafer gerichtet ist. Der Detektor ist konfiguriert, um Energie von dem Wafer zu erfassen und um eine Ausgabe in Reaktion auf die erfasste Energie zu erzeugen.

[0036] In einer Ausführungsform umfasst die auf den Wafer gerichtete Energie Licht, und die von dem Wafer detektierte Energie umfasst Licht. Beispielsweise wird in der in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsform des Systems ein Ausgabeerfassungs-Subsystem 310 offenbart, das ein Beleuchtungs-Subsystem umfasst, das konfiguriert ist, um Licht auf den Wafer 314 zu richten. Das Beleuchtungs-Subsystem umfasst mindestens eine Lichtquelle. Beispielsweise, wie in **Fig. 7** gezeigt, umfasst das Beleuchtungs-Subsystem eine Lichtquelle 316. In einer Ausführungsform ist das Beleuchtungs-Subsystem konfiguriert, um das Licht auf den Wafer 314 unter einem oder mehreren Einfallswinkeln zu lenken, die einen oder mehrere schräge Winkel und/oder einen oder mehrere senkrechte Winkel umfassen können. Beispielsweise, wie in **Fig. 7** gezeigt, wird Licht von der Lichtquelle 316 durch ein optisches Element 318 und dann durch eine Linse 320 auf einen Strahlteiler 321 gerichtet, der das Licht auf den Wafer 314 unter einem senkrechten Einfallswinkel richtet. Der Einfallswinkel kann jeden geeigneten Einfallswinkel aufweisen, der beispielsweise in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Wafers variieren kann.

[0037] Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „Wafer“ allgemein auf Substrate, die aus einem Halbleiter- oder Nicht-Halbleitermaterial gebildet sind. Beispiele für solch ein Halbleiter- oder Nicht-Halbleitermaterial umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt, monokristallines Silizium, Galliumnitrid, Galliumarsenid, Indiumphosphid, Saphir und Glas. Solche Substrate können üblicherweise in Herstellungseinrichtungen für Halbleiter gefunden und/oder verarbeitet werden.

[0038] Ein Wafer kann eine oder mehrere Schichten umfassen, die auf einem Substrat gebildet sind. Beispielsweise können solche Schichten ein Photorezist, ein dielektrisches Material, ein leitfähiges Material und ein halbleitendes Material umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt. Aus dem Stand der Technik sind viele verschiedene Arten solcher Schichten bekannt, und der Begriff Wafer, wie er hierin verwendet wird, soll einen Wafer umfassen, der alle Arten solcher Schichten umfasst.

[0039] Eine oder mehrere Schichten, die auf einem Wafer ausgebildet sind, können strukturiert (gemustert) oder unstrukturiert (nicht gemustert) sein. Beispielsweise kann ein Wafer eine Vielzahl von Dies umfassen, die jeweils wiederholbare strukturierte Merkmale oder periodische Strukturen aufweisen. Die Bildung und Verarbeitung solcher Materialschichten kann letztendlich zu fertigen Vorrichtungen führen. Viele verschiedene Arten von Vorrichtungen können auf einem Wafer gebildet werden, und der Begriff Wafer, wie er hierin verwendet wird, soll einen Wafer umfassen, auf dem eine beliebige Art von Vorrichtung, die aus dem Stand der Technik bekannt ist, hergestellt wird.

[0040] Während das System eine Lichtquelle 316 und Detektoren 328, 334 unter Verwendung von Licht zeigt, das von der vorderen Oberfläche des Wafers 314 reflektiert wird, können zusätzliche Lichtquellen und/oder Detektoren mit von der Kantenoberfläche und rückwärtigen Oberfläche reflektiertem Licht verwendet werden. Somit können drei Sätze von Detektoren in dem System mit mindestens einer Lichtquelle vorhanden sein. Beispielsweise kann es drei Sätze von Lichtquellen und Detektoren in dem System geben. **Fig. 9** zeigt ein beispielhaftes System mit einem Wafer 314, der auf einer Plattform 322 und drei Modulen 401, 402, 403 gehalten wird. Jedes Modul 401, 402, 403 kann eine Lichtquelle und einen Detektor umfassen, wie jene, die mit Bezug auf **Fig. 1** beschrieben wurden. Das Modul 401 beleuchtet eine vordere Oberfläche des Wafers 314 und detektiert Licht von der vorderen Oberfläche des Wafers 314. Das Modul 402 beleuchtet eine Kante des Wafers 314 und detektiert Licht von der Kante des Wafers 314. Das Modul 403 leuchtet auf eine Rückfläche des Wafers 314 und detektiert Licht von der Rückfläche des Wafers 314. Jedes der Module 401, 402, 403 kann mit einem Controller kommunizieren.

[0041] Es wird wieder Bezug auf **Fig. 7** genommen. Das Beleuchtungs-Subsystem kann konfiguriert sein, um das Licht zu unterschiedlichen Zeiten unter verschiedenen Einfallswinkeln auf den Wafer zu richten. Beispielsweise kann das Ausgabeerfassungs-Subsystem konfiguriert sein, um eine oder mehrere Eigenschaften von einem oder mehreren Elementen des Beleuchtungs-Subsystems zu ändern beziehungsweise

modifizieren, so dass das Licht unter einem Einfallswinkel, der sich von dem in **Fig. 7** gezeigten Einfallswinkel unterscheidet, auf den Wafer gerichtet werden kann. In einem solchen Beispiel kann das Ausgabeerfassungs-Subsystem konfiguriert sein, um die Lichtquelle 316, das optische Element 318 und die Linse 320 so zu bewegen, dass das Licht unter einem anderen Einfallswinkel auf den Wafer 314 gerichtet wird.

[0042] In einigen Fällen kann das Ausgabeerfassungs-Subsystem so konfiguriert sein, dass es Licht zu dem Wafer bei mehr als einem Einfallswinkel gleichzeitig richtet. Beispielsweise kann das Beleuchtungs-Subsystem mehr als einen Beleuchtungskanal umfassen. Einer der Beleuchtungskanäle kann die Lichtquelle 316, das optische Element 318 und die Linse 320 umfassen, wie in **Fig. 7** gezeigt, und ein weiterer der Beleuchtungskanäle (nicht gezeigt) kann ähnliche Elemente umfassen, die unterschiedlich oder gleich konfiguriert sein können, oder kann mindestens eine Lichtquelle und möglicherweise eine oder mehrere andere Komponenten umfassen, wie diejenigen, die hierin weiter beschrieben werden. Wenn ein solches Licht gleichzeitig mit dem anderen Licht auf den Wafer gerichtet wird, können eine oder mehrere Eigenschaften (beispielsweise Wellenlänge, Polarisation usw.) des auf den Wafer unter verschiedenen Einfallswinkeln gerichteten Lichts unterschiedlich sein, so dass Licht, das aus der Beleuchtung des Wafers unter den verschiedenen Einfallswinkeln resultiert, an dem Detektor beziehungsweise an den Detektoren voneinander unterschieden werden kann.

[0043] In einem anderen Fall kann das Beleuchtungs-Subsystem nur eine Lichtquelle aufweisen (beispielsweise die in **Fig. 7** gezeigte Quelle 316), und Licht von der Lichtquelle kann in verschiedene optische Wege getrennt werden (beispielsweise basierend auf Wellenlänge, Polarisation, usw.) durch ein oder mehrere optische Elemente (nicht gezeigt) des Beleuchtungs-Subsystems. In jedem der verschiedenen optischen Wege kann dann Licht auf den Wafer gerichtet werden. Mehrere Beleuchtungskanäle können konfiguriert sein, um Licht zur gleichen Zeit oder zu unterschiedlichen Zeiten auf den Wafer zu richten (beispielsweise wenn verschiedene Beleuchtungskanäle verwendet werden, um den Wafer sequenziell zu beleuchten). In einem anderen Beispiel kann derselbe Beleuchtungskanal konfiguriert sein, um Licht zu verschiedenen Zeiten mit unterschiedlichen Eigenschaften auf den Wafer zu richten. Beispielsweise kann das optische Element 318 in einigen Fällen als ein Spektralfilter konfiguriert sein, und die Eigenschaften des Spektralfilters können auf eine Vielzahl von unterschiedlichen Arten (beispielsweise durch Austauschen des Spektralfilters) derart geändert werden, dass unterschiedliche Wellenlängen von Licht zu verschiedenen Zei-

ten auf den Wafer gerichtet werden. Das Beleuchtungs-Subsystem kann eine beliebige andere geeignete Konfiguration aufweisen, die aus dem Stand der Technik bekannt ist, um das Licht mit verschiedenen oder denselben Eigenschaften auf den Wafer bei verschiedenen oder gleichen Einfallswinkeln sequentiell oder gleichzeitig zu richten.

[0044] In einer Ausführungsform kann die Lichtquelle 316 eine Breitbandplasma (BBP) -Lichtquelle umfassen. Auf diese Weise kann das von der Lichtquelle erzeugte und auf den Wafer gerichtete Licht Breitbandlicht enthalten. Die Lichtquelle kann jedoch auch jede andere geeignete Lichtquelle wie etwa einen Laser umfassen. Der Laser kann einen beliebigen geeigneten Laser enthalten, der aus dem Stand der Technik bekannt ist, und er kann so konfiguriert sein, dass er Licht bei einer beliebigen geeigneten Wellenlänge oder Wellenlängen, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, erzeugt. Zusätzlich kann der Laser so konfiguriert sein, dass er Licht erzeugt, das monochromatisch oder nahezu monochromatisch ist. Auf diese Weise kann der Laser ein Schmalbandlaser sein. Die Lichtquelle kann auch eine polychromatische Lichtquelle umfassen, die Licht bei mehreren diskreten Wellenlängen oder Wellenbändern erzeugt. Die Lichtquelle 316 kann eine Quelle mit breitem Spektrum sein, beispielsweise eine Weißlichtquelle, oder eine Quelle mit einem schmalen Spektrum, wie beispielsweise eine Quelle für rotes Licht, blaues Licht oder grünes Licht. Es kann mehr als eine Lichtquelle verwendet werden, so dass das System in vorteilhafter Weise Bilder mit unterschiedlichen Modalitäten nutzen kann.

[0045] Licht von dem optischen Element 318 kann durch die Linse 320 auf den Strahlteiler 321 fokussiert werden. Obwohl die Linse 320 in **Fig. 7** als ein einzelnes refraktives optisches Element gezeigt ist, ist zu verstehen, dass die Linse 320 in der Praxis eine Anzahl von refraktiven und/oder reflektiven optischen Elementen umfassen kann, die in Kombination das Licht von dem optischen Element auf den Wafer fokussieren. Das in **Fig. 7** gezeigte und hierin beschriebene Beleuchtungs-Subsystem kann beliebige andere geeignete optische Elemente (nicht gezeigt) umfassen. Beispiele für solche optischen Elemente umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, eine oder mehrere polarisierende Komponente(n), einen oder mehrere Spektralfilter, einen oder mehrere Raumfilter, ein oder mehrere reflektierende optische Element(e), einen oder mehrere Apodisierer, einen oder mehrere Strahlteiler, eine oder mehrere Apertur(en) und dergleichen, die beliebige solche geeigneten optischen Elemente umfassen können, die aus dem Stand der Technik bekannt sind. Zusätzlich kann das System konfiguriert sein, um eines oder mehrere der Elemente des Beleuchtungs-Subsystems basierend auf der Art der Beleuchtung, die für die Ausgabeerfassung zu ver-

wenden ist, zu modifizieren beziehungsweise zu (ver)ändern.

[0046] Das Ausgabeerfassungs-Subsystem kann auch ein Abtast (Scan)-Subsystem umfassen, das konfiguriert ist, um zu bewirken, dass das Licht über den Wafer tastet. Beispielsweise kann das Ausgabeerfassungs-Subsystem einen Tisch 322 aufweisen, auf dem der Wafer 314 während der Ausgabeerfassung angeordnet ist. Das Abtast-Subsystem kann eine beliebige geeignete mechanische und/oder robotergesteuerte Anordnung (die den Tisch 322 umfasst) umfassen, die so konfiguriert sein kann, dass sie den Wafer 314 so bewegt, dass der Wafer mit dem Licht abgetastet werden kann. Zusätzlich oder alternativ kann das Ausgabeerfassungs-Subsystem so konfiguriert sein, dass ein oder mehrere optische Elemente des Ausgabeerfassungs-Subsystems eine Abtastung über dem Wafer 314 mit dem Licht durchführen. Das Licht kann über den Wafer in einer beliebigen geeigneten Weise zum Abtasten geführt werden.

[0047] Das Ausgabeerfassungs-Subsystem umfasst ferner einen oder mehrere Detektionskanäle. Zumindest einer der einen oder mehreren Detektionskanäle umfasst einen Detektor, der konfiguriert ist, um Licht von dem Wafer 314 aufgrund der Beleuchtung des Wafers 314 durch das Ausgabeerfassungs-Subsystem zu detektieren und eine Ausgabe als Reaktion auf das detektierte Licht zu erzeugen. Beispielsweise umfasst das in **Fig. 7** gezeigte Ausgabeerfassungs-Subsystem zwei Detektionskanäle, von denen ein Detektionskanal durch einen Kollektor 324, ein Element 326 und den Detektor 328 gebildet ist, und der andere Detektionskanal durch einen Kollektor 330, ein Element 332 und den Detektor 334 gebildet ist. Wie in **Fig. 7** gezeigt, sind die zwei Detektionskanäle so konfiguriert, dass sie Licht unter verschiedenen Sammelwinkeln sammeln und detektieren. In einigen Fällen ist ein Detektionskanal konfiguriert, um spiegelreflektiertes Licht zu detektieren, und der andere Detektionskanal ist konfiguriert, um Licht, das nicht spiegelnd reflektiert wird (beispielsweise gestreut, gebeugt usw.), von dem Wafer zu detektieren. Jedoch können zwei oder mehr der Detektionskanäle konfiguriert sein, um den gleichen Lichttyp von dem Wafer (beispielsweise spiegelnd reflektiertes Licht) zu detektieren. Obwohl **Fig. 7** eine Ausführungsform des Ausgabeerfassungs-Subsystems zeigt, das zwei Erfassungskanäle umfasst, kann das Ausgabeerfassungs-Subsystem eine andere Anzahl von Erfassungskanälen (beispielsweise nur einen Erfassungskanal oder zwei oder mehr Erfassungskanäle) umfassen. Obwohl jeder der Kollektoren in **Fig. 7** als einzelne optische Brechungselemente gezeigt sind, ist es selbstverständlich, dass jeder der Kollektoren ein oder mehrere refraktive optische Element(e) und/oder

ein oder mehrere reflektive optische Elemente umfassen kann.

[0048] Der eine oder die mehreren Detektionskanäle können beliebige geeignete Detektoren umfassen, die aus dem Stand der Technik bekannt sind. Beispielsweise können die Detektoren Photovervielfacherröhren (im Englischen „photo-multiplier tubes“, abgekürzt mit „PMTs“), CMOS-Vorrichtungen, ladungsträgergekoppelte Vorrichtungen (CCDs) und Zeitverzögerungsintegrations (im Englischen „time delay integration“, abgekürzt mit „TDI“) -Kameras umfassen. Die Detektoren können auch beliebige andere geeignete Detektoren umfassen, die aus dem Stand der Technik bekannt sind. Die Detektoren können auch nicht-bildgebende Detektoren oder bildgebende Detektoren umfassen. In einem Fall können die Detektoren als bildgebende Detektoren konfiguriert sein, die konfiguriert sind, um Bildsignale oder Bilddaten zu erzeugen. Daher kann das System konfiguriert sein, um die hierin beschriebenen Bilder auf eine unterschiedliche Anzahl von Arten zu erzeugen.

[0049] Es ist anzumerken, dass **Fig. 7** hierin bereitgestellt wird, um allgemein eine Konfiguration eines Ausgabeerfassungs-Subsystems zu veranschaulichen, das in den hierin beschriebenen Ausführungsformen des Systems enthalten sein kann. Die hierin beschriebene Konfiguration des Ausgabeerfassungs-Subsystems kann geändert beziehungsweise modifiziert werden, um die Leistung des Systems zu optimieren, wie es normalerweise beim Entwerfen eines kommerziellen Systems durchgeführt wird. Zusätzlich können die hierin beschriebenen Systeme unter Verwendung eines existierenden Ausgabeerfassungs-Systems (beispielsweise durch Hinzufügen der hierin beschriebenen Funktionalität zu einem existierenden Ausgabeerfassungs-System) implementiert werden, wie beispielsweise Werkzeuge, die im Handel von KLA-Tencor Corporation in Milpitas, Kalifornien, erhältlich sind. Für einige solcher Systeme können die hierin beschriebenen Verfahren als optionale Funktionalität des Ausgabeerfassungs-Systems bereitgestellt werden (beispielsweise zusätzlich zu anderen Funktionen des Ausgabeerfassungs-Systems). Alternativ kann das hierin beschriebene System so entworfen werden, dass es ein vollständig neues System bereitstellt.

[0050] Eine Steuerung 336 (Controller) des Systems kann mit den Detektoren des Ausgabeerfassungs-Subsystems in einer beliebigen geeigneten Weise gekoppelt sein (beispielsweise über ein oder mehrere Übertragungsmedien, die „verdrahtete“ und/oder „drahtlose“ Übertragungsmedien umfassen können), so dass die Steuerung 336 die von den Detektoren während des Abtastens des Wafers 314 erzeugte Ausgabe empfangen kann. Die Steuerung

336 kann konfiguriert sein, um eine Anzahl von Funktionen unter Verwendung der Ausgabe der Detektoren, wie hierin beschrieben, und beliebiger anderer hierin weiter beschriebener Funktionen auszuführen. Diese Steuerung kann ferner, wie hierin beschrieben, konfiguriert sein.

[0051] Wenn das System ein zusätzliches Computer-Subsystem umfasst, können die verschiedenen Computer-Subsysteme miteinander gekoppelt sein, so dass Bilder, Daten, Informationen, Anweisungen usw. zwischen den Computer-Subsystemen gesendet werden können, wie hierin weiter beschrieben wird. Beispielsweise kann der Controller 336 mit einem oder mehreren anderen Computer-Subsystem(en) (nicht dargestellt) durch beliebige geeignete Übertragungsmedien verbunden sein, die beliebige geeignete verdrahtete und/oder drahtlose Übertragungsmedien umfassen können, die aus dem Stand der Technik bekannt sind. Zwei oder mehr solcher Computer-Subsysteme können auch effektiv durch ein gemeinsames computerlesbares Speichermedium (nicht gezeigt) gekoppelt sein.

[0052] Die Steuerung 336 kann einen Prozessor 306, eine Speichervorrichtung 307 in elektronischer Kommunikation mit dem Prozessor 306 und einen Kommunikationsanschluss 308 in elektronischer Kommunikation mit dem Prozessor 306 umfassen. Es ist zu beachten, dass die Steuerung 336 in der Praxis mit einer beliebigen Kombination aus Hardware, Software und Firmware implementiert werden kann. Beispielsweise kann der Kommunikationsanschluss 308 ein Netzwerkport sein, wie etwa ein Ethernet-Port oder ein drahtloser Ethernet-Port. In einem Fall kann der Kommunikationsanschluss 308 beispielsweise eine serielle Schnittstelle zu dem Ausgabeerfassungs-Subsystem 310 sein. Auch können seine hierin beschriebenen Funktionen durch eine Einheit ausgeführt werden oder unter verschiedenen Komponenten aufgeteilt sein, von denen jede wiederum durch eine beliebige Kombination von Hardware, Software und Firmware implementiert sein kann. Programmcode oder Anweisungen für den Controller 336 zum Implementieren der verschiedenen hierin beschriebenen Verfahren und Funktionen können in einem Controller-lesbaren Speichermedium, wie beispielsweise einem Speicher, innerhalb des Controllers 336, außerhalb des Controllers 336 oder Kombinationen davon gespeichert sein.

[0053] Die Steuerung 336 kann eine Metrologie durchführen oder eine Dünnschichtdicke und/oder optische Eigenschaften bestimmen. Beispielsweise kann die Steuerung 336 die Schritte der **Fig. 1**, **Fig. 6** oder **Fig. 8** ausführen. Die Steuerung 336 kann auch andere hierin offenbarte Schritte oder Techniken durchführen.

[0054] Die Steuerung 336 kann mit den Detektoren in einer beliebigen geeigneten Weise gekoppelt sein (beispielsweise über ein oder mehrere Übertragungsmedien, die „verdrahtete“ und/oder „drahtlose“ Übertragungsmedien umfassen können), so dass die Steuerung 336 die von dem Ausgabeerfassungs-Subsystem 310 erzeugte Ausgabe empfangen kann. Die Steuerung 336 kann konfiguriert sein, um eine Anzahl von Funktionen unter Verwendung der Ausgabe der Detektoren auszuführen. Die Inspektion oder Metrologie des Wafers 303 kann durch die Steuerung 336 durchgeführt werden, indem ein gewisser Prozesssteuerungs- oder Compliance-Algorithmus und/oder Verfahren auf die von den Detektoren erzeugte Ausgabe angewendet wird. Beispielsweise können Schichtdicke oder optische Eigenschaften bestimmt werden.

[0055] Die Steuerung (Controller) 336, ein anderes System beziehungsweise andere Systeme oder ein anderes Subsystem beziehungsweise andere Subsysteme, die hierin beschrieben sind, können verschiedene Formen annehmen, einschließlich eines Personalcomputersystems, eines Bildcomputers, eines Mainframe-Computersystems, einer Workstation, einer Netzwerkvorrichtung, einer Internetanwendung oder einer anderen Vorrichtung. Im Allgemeinen kann der Ausdruck „Controller“ beziehungsweise „Steuerung“ im weitesten Sinne so definiert sein, dass er jedes Gerät mit einem oder mehreren Prozessoren umfasst, die Anweisungen von einem Speichermedium ausführen. Das Subsystem beziehungsweise die Subsysteme oder das System beziehungsweise die Systeme können auch einen beliebigen geeigneten Prozessor umfassen, der aus dem Stand der Technik bekannt ist, wie etwa ein Parallelprozessor. Zusätzlich können das Subsystem beziehungsweise die Subsysteme oder das System beziehungsweise die Systeme eine Plattform mit Hochgeschwindigkeitsverarbeitung und Software entweder als eigenständiges „stand-alone“) oder als ein vernetztes Werkzeug umfassen.

[0056] Wenn das System mehr als ein Subsystem enthält, können die verschiedenen Subsysteme miteinander gekoppelt sein, so dass Bilder, Daten, Informationen, Anweisungen usw. zwischen den Subsystemen gesendet werden können. Beispielsweise kann ein Subsystem mit einem oder mehreren zusätzlichen Subsystemen durch ein beliebiges geeignetes Übertragungsmedium gekoppelt sein, das ein beliebiges geeignetes verdrahtetes und/oder drahtloses Übertragungsmedium umfassen kann, das aus dem Stand der Technik bekannt ist. Zwei oder mehr solcher Subsysteme können auch effektiv durch ein gemeinsames computerlesbares Speichermedium (nicht gezeigt) gekoppelt sein.

[0057] Eine zusätzliche Ausführungsform bezieht sich auf ein nicht-transistorisches computerlesbares

Medium, das Programmanweisungen speichert, die auf einem Controller zum Ausführen eines computerimplementierten Verfahrens zum Identifizieren von Anomalien auf einem Wafer oder zum Detektieren von Übereinstimmung bzw. Nicht-Übereinstimmung, wie hierin offenbart, ausführbar sind. Insbesondere, wie in **Fig. 7** gezeigt, kann die Speichervorrichtung 307 oder ein anderes Speichermedium ein nicht-transistorisches computerlesbares Medium enthalten, das Programmanweisungen enthält, die auf der Steuerung 336 ausführbar sind. Das computerimplementierte Verfahren kann einen oder mehrere beliebige, hierin beschriebene Schritte umfassen.

[0058] Programmanweisungen, die Verfahren wie die hierin beschriebenen Verfahren implementieren, können auf einem computerlesbaren Medium gespeichert sein, wie beispielsweise in der Speichervorrichtung 307 oder einem anderen Speichermedium. Das computerlesbare Medium kann ein Speichermedium sein, wie beispielsweise eine magnetische oder optische Platte, ein Magnetband oder ein beliebiges anderes geeignetes nichtflüchtiges computerlesbares Medium, das aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0059] Die Programmanweisungen können auf eine beliebige von verschiedenen Arten implementiert werden, einschließlich unter anderem prozedurbasierter Techniken, komponentenbasierter Techniken und/oder objektorientierter Techniken. Beispielsweise können die Programmanweisungen unter Verwendung von ActiveX-Steuerelementen, C++ Objekten, JavaBeans, Microsoft Foundation Classes („MFC“), SSE (Streaming SIMD Extension) oder anderen Technologien oder Methodologien wie gewünscht implementiert werden.

[0060] Die Steuerung 336 kann gemäß einer beliebigen der hierin beschriebenen Ausführungsformen konfiguriert sein. In einem Beispiel ist der Prozessor 306 so programmiert, dass er jedes der hierin beschriebenen Verfahren ausführt.

Patentansprüche

1. System umfassend:
einen Tisch (322), der zum Halten eines Wafers (314) ausgebildet ist;
mindestens eine Lichtquelle (316), die konfiguriert ist, um mindestens einen Strahl auf eine vordere Fläche, eine rückwärtige Fläche gegenüber der vorderen Fläche und auf einen Rand zwischen der vorderen Fläche und der rückwärtigen Fläche des auf dem Tisch (322) befindlichen Wafers (314) zu lenken;
mindestens drei Detektoren (328, 334), die konfiguriert sind, um den von der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche und dem Rand reflektierten mindestens einen Strahl zu empfangen und Bilddaten zu

erzeugen; und eine Steuerung (336), die elektronisch und kommunikativ mit den mindestens drei Detektoren (328, 334) verbunden ist, wobei die Steuerung (336) derart ausgestaltet ist, dass sie eine Metrologie auf der vorderen Fläche, der rückwärtigen Fläche und an dem Rand unter Verwendung der Bilddaten ausführt, wobei die Steuerung (336) einen Prozessor (306) umfasst, der programmiert ist zum Bestimmen einer Dicke einer Schicht auf der rückwärtigen Fläche des Wafers (314) mittels Messen eines Verhältnisses eines Graustufenbildes des Hellfeldlichts, das von der rückwärtigen Fläche des Wafers (314) und der eines Referenzwafers ausgeht, unter Verwendung eines Hardware-Modells, eines ersten Schichtstapelmodells und eines zweiten Schichtstapelmodells, wobei das Hardware-Modell mathematisch ausgedrückt ist, Hardware-Parameter eines Systems umfasst und aus Graustufen Daten vermessener Proben erstellt wurde, wobei die Hardware-Parameter einen Einfallswinkel und/oder Wellenlängen des Lichts und/oder Parameter eines eine Polarisation einstellenden Konditionierungselements umfassen, wobei das erste Schichtstapelmodell mathematisch ausgedrückt ist und dem Referenzwafer entspricht, und wobei das zweite Schichtstapelmodell mathematisch ausgedrückt ist und dem Wafer (314) entspricht, und wobei das erste Schichtstapelmodell und das zweite Schichtstapelmodell Parameter umfassen, die verwendet werden, um die Dicke der Schicht und die optische Eigenschaft der Schicht und des Wafers (314) zu berechnen.

2. System nach Anspruch 1, wobei das System drei Lichtquellen (316) umfasst.

3. System nach Anspruch 1, wobei die Lichtquelle (316) mindestens eine farbiges Licht emittierende Diode umfasst.

4. System nach Anspruch 1, wobei die Steuerung (336) derart konfiguriert ist, dass sie eine Metrologie auf Basis von von den mindestens drei Detektoren (328, 334) bestimmten Inspektionsergebnissen ausführt.

5. System nach Anspruch 1, wobei jeder der mindestens drei Detektoren (328, 334) eine Photovervielfacherröhre, eine CMOS-Vorrichtung, ein CCD oder eine TDI-Kamera ist.

6. System nach Anspruch 1, wobei die Steuerung (336) ferner dazu ausgebildet ist, eine Inspektion des Wafers (314) unter Verwendung der Bilddaten durchzuführen, wobei die Inspektion zeitgleich mit der Metrologie durchgeführt wird.

7. Verfahren umfassend:
Bereitstellen eines Hardware-Modells (100), das mathematisch ausgedrückt ist, Hardware-Parameter

eines Systems umfasst und aus Graustufen Daten vermessener Proben erstellt wurde, wobei die Hardware-Parameter einen Einfallswinkel und/oder Wellenlängen des Lichts und/oder Parameter eines eine Polarisation einstellenden Konditionierungselements umfassen;

Bereitstellen von zumindest einem ersten Schichtstapelmodell und einem zweiten Schichtstapelmodell (101), wobei das erste Schichtstapelmodell mathematisch ausgedrückt ist und einem Referenzwafer entspricht und das zweite Schichtstapelmodell mathematisch ausgedrückt ist und einem Wafer (314) mit einer Schicht auf einer rückwärtigen Fläche entspricht, wobei das erste Schichtstapelmodell und das zweite Schichtstapelmodell Parameter umfassen, die verwendet werden, um die Dicke der Schicht und die optische Eigenschaft der Schicht und des Wafers (314) zu berechnen;

Beleuchten des Wafers (314) (102) mit der Schicht auf der rückwärtigen Fläche;

Detektieren eines Graustufenbildes eines Hellfeldlichts, das von der rückwärtigen Fläche des Wafers (314) mit der Schicht ausgeht (103), unter Verwendung eines Sensors;

Kommunizieren des Graustufenbildes an einen Prozessor (306) (104); und

Bestimmen, unter Verwendung des Prozessors (306), einer Dicke der Schicht auf der rückwärtigen Fläche des Wafers (314) (105), indem ein gemessenes Verhältnis des Graustufenbildes des Hellfeldlichts, das von der rückwärtigen Fläche des Wafers (314) ausgeht, unter Verwendung des Hardware-Modells an ein simuliertes Verhältnis des Graustufenbildes unter Verwendung des ersten Schichtstapelmodells und des zweiten Schichtstapelmodells angepasst wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, ferner umfassend ein Kalibrieren des Systems unter Verwendung eines blanken Wafers (314).

9. Verfahren nach Anspruch 7, ferner umfassend ein Kalibrieren des Systems unter Verwendung eines Wafers (314), der eine Schicht mit einer bekannten Dicke trägt.

10. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Hellfeldlicht Licht von einer roten Licht emittierenden Diode, einer grünen Licht emittierenden Diode und einer blauen Licht emittierenden Diode umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Hellfeldlicht Licht von einem oder mehreren Dioden-Lasern umfasst.

12. Verfahren nach Anspruch 7, ferner umfassend ein Bestimmen von optischen Eigenschaften der Schicht unter Verwendung des Prozessors (306).

13. Verfahren nach Anspruch 7, wobei ein Schichtmaterial und optische Eigenschaften der Schicht vor dem Bestimmen bekannt sind.

14. Verfahren nach Anspruch 7, ferner umfassend, den Wafer (314) unter Verwendung des Prozessors (306) zu inspizieren und zeitgleich die Dicke der Schicht auf der rückwärtigen Fläche des Wafers (314) zu bestimmen.

15. Verfahren nach Anspruch 7, ferner umfassend das Ausführen einer Metrologie auf der rückwärtigen Fläche, einer vorderen Fläche und einem Rand zwischen der vorderen Fläche und der rückwärtigen Fläche des Wafers (314).

16. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Beleuchten (314) es umfasst, einen Strahl auf die rückwärtige Fläche, eine vordere Fläche gegenüber der rückwärtigen Fläche und auf einen Rand zwischen der vorderen Fläche und der rückwärtigen Fläche des Wafers (314) zu richten.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

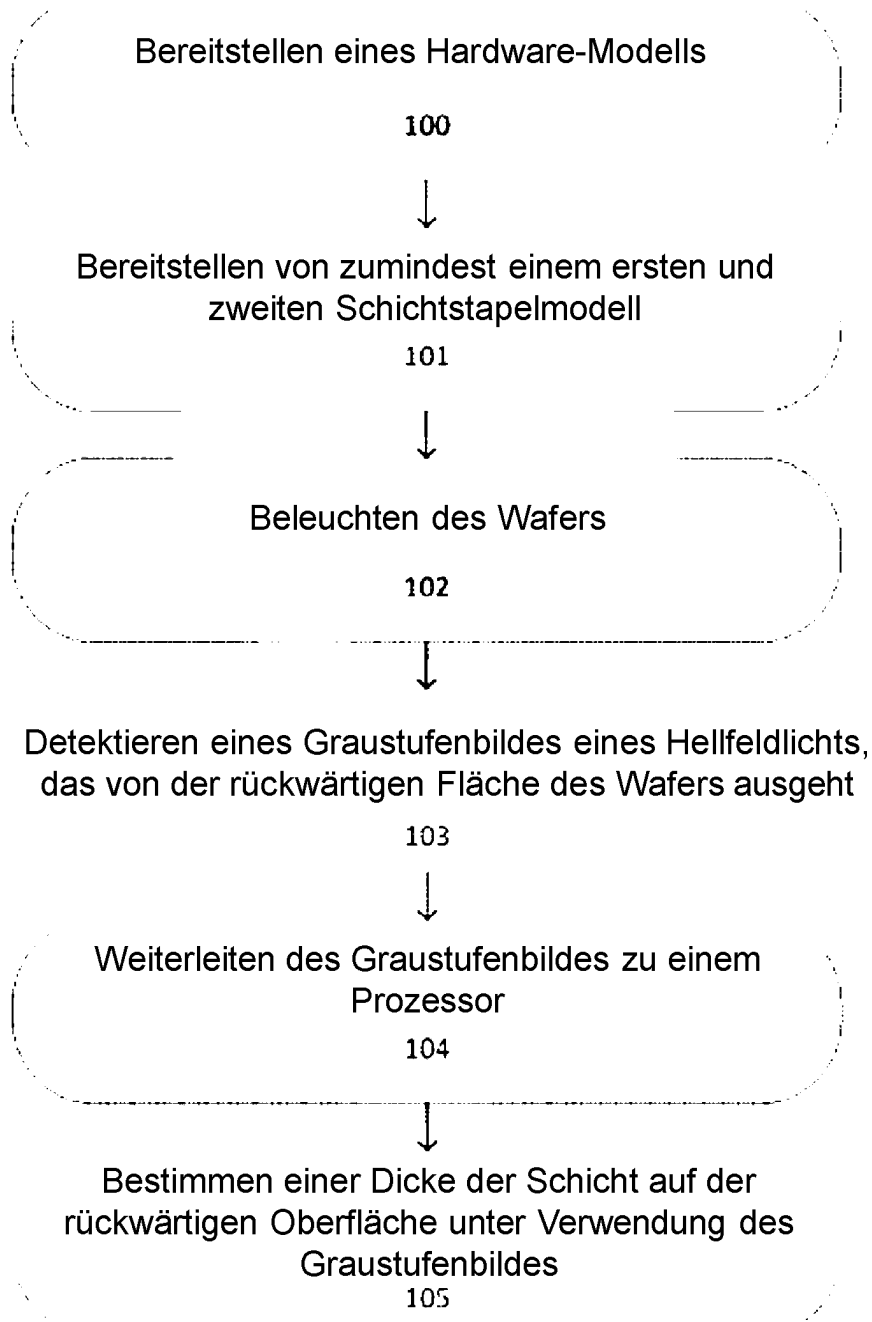


FIG. 1

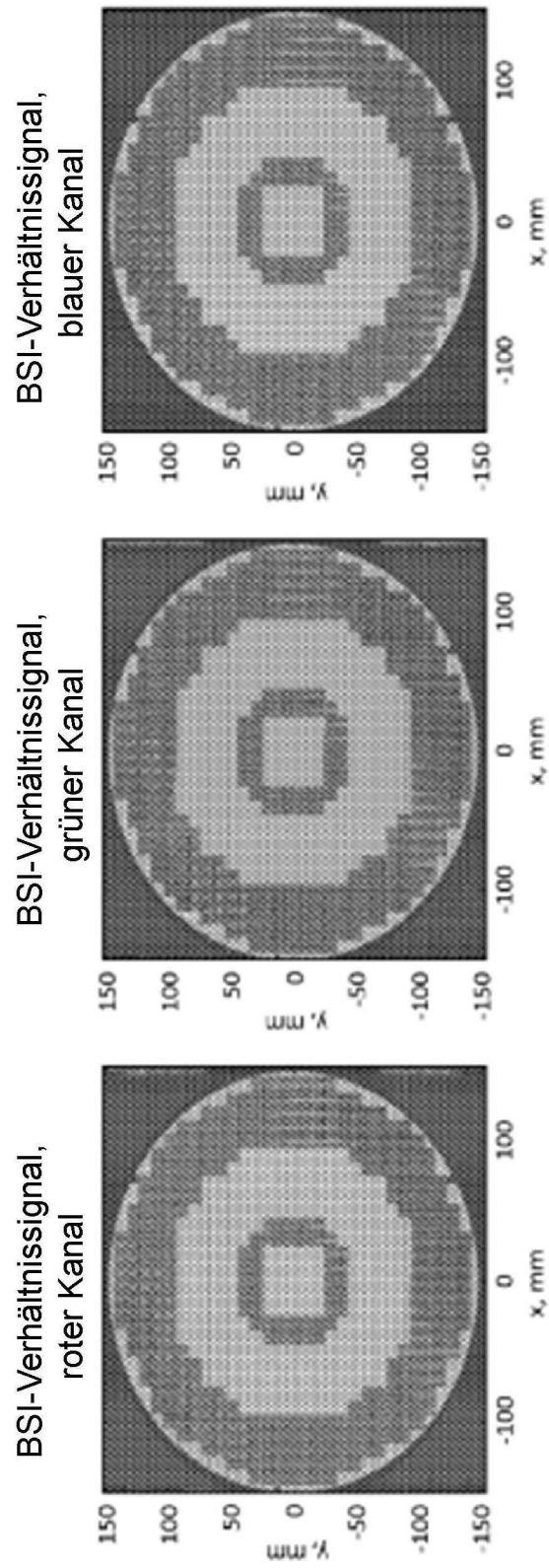


FIG. 2

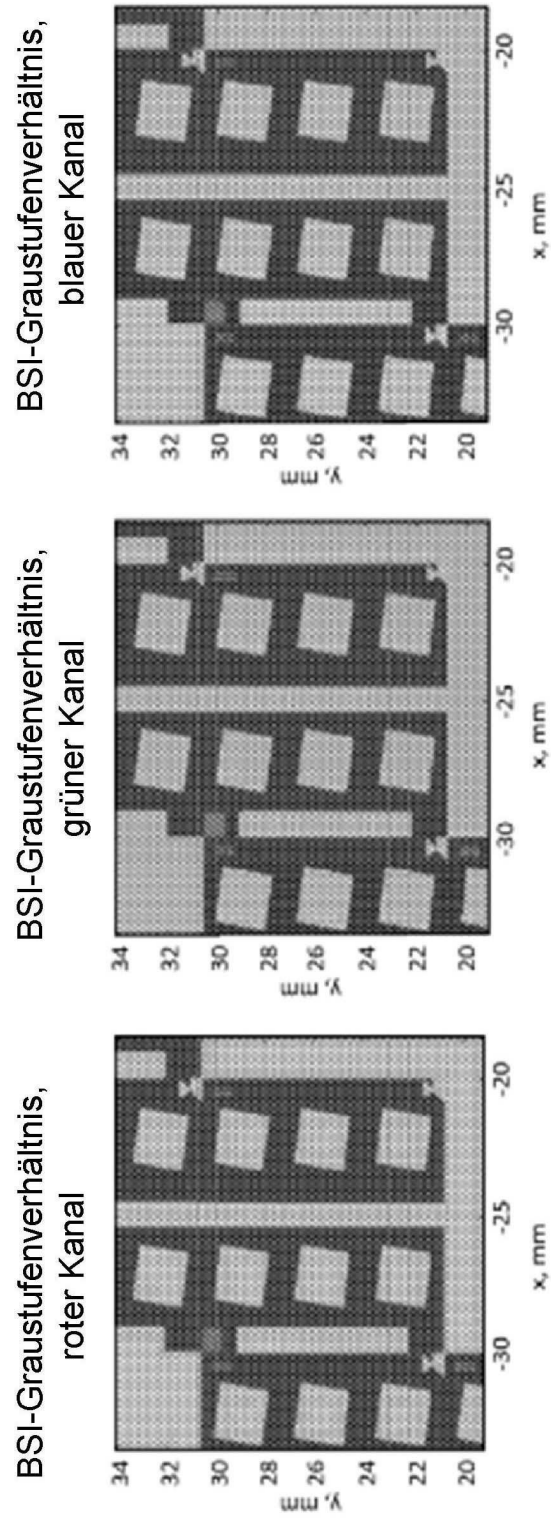


FIG. 3

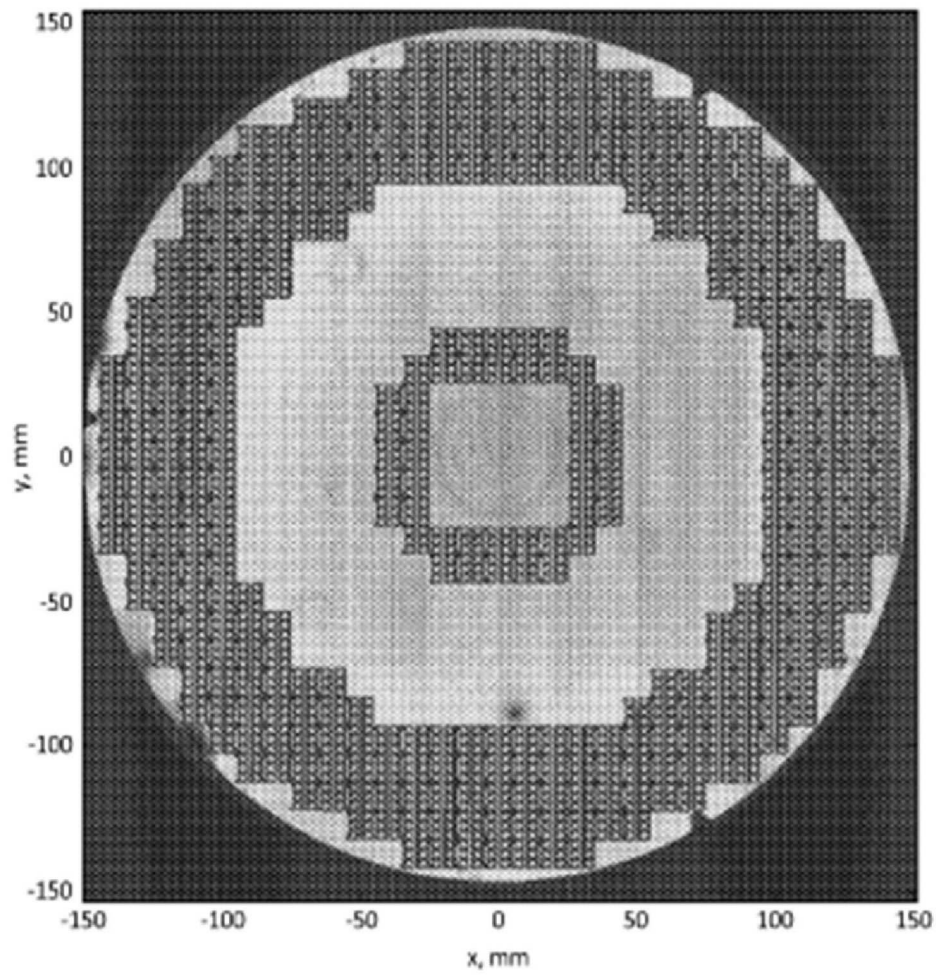


FIG. 4

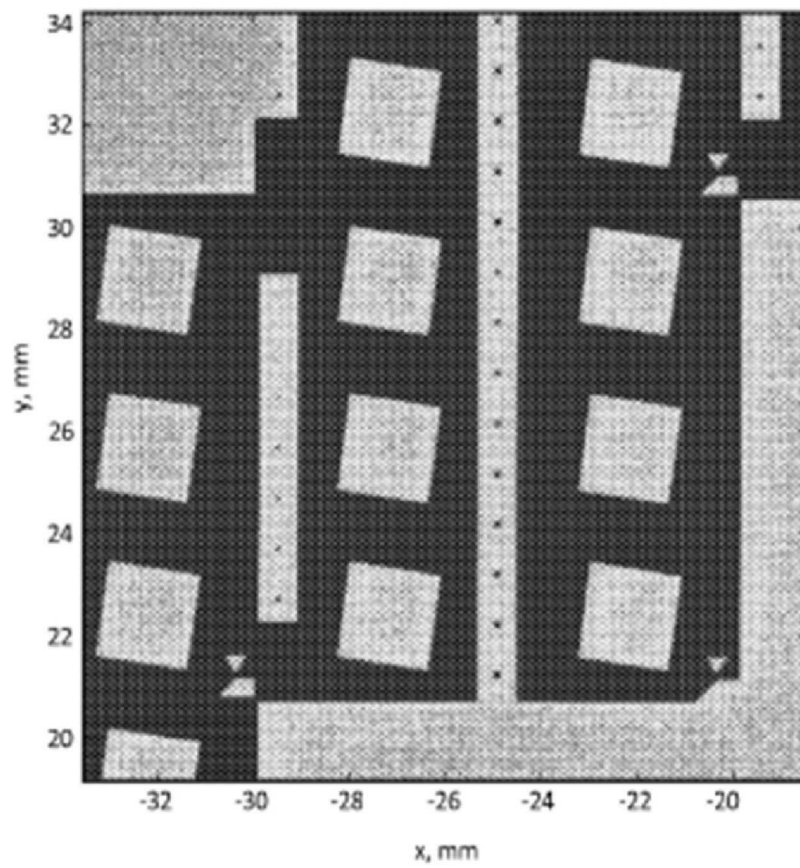


FIG. 5

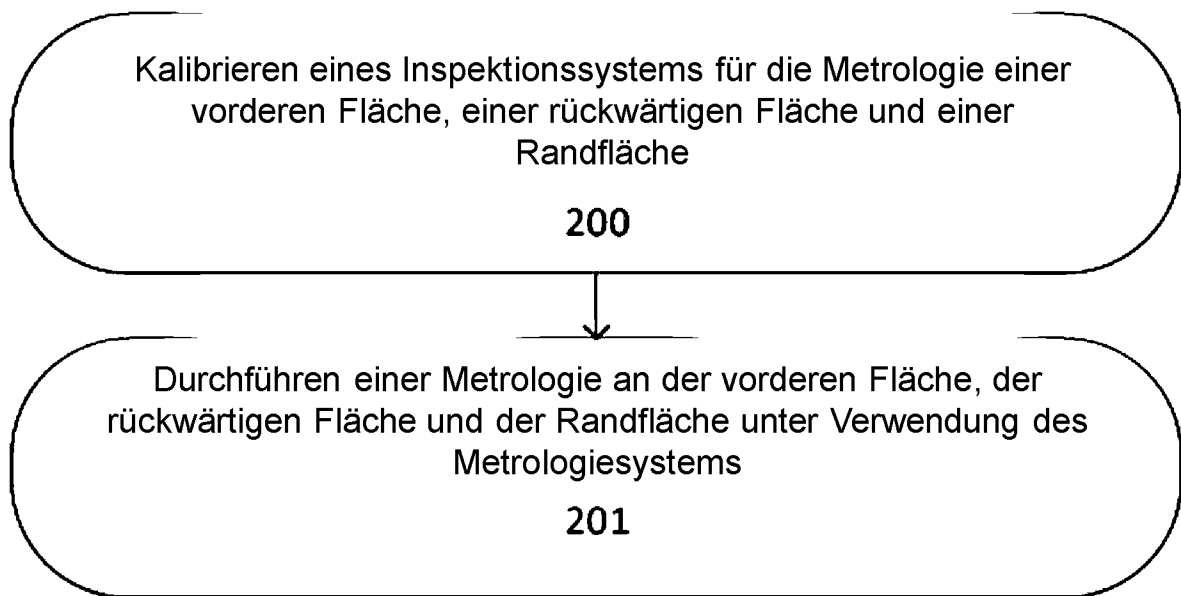


FIG. 6

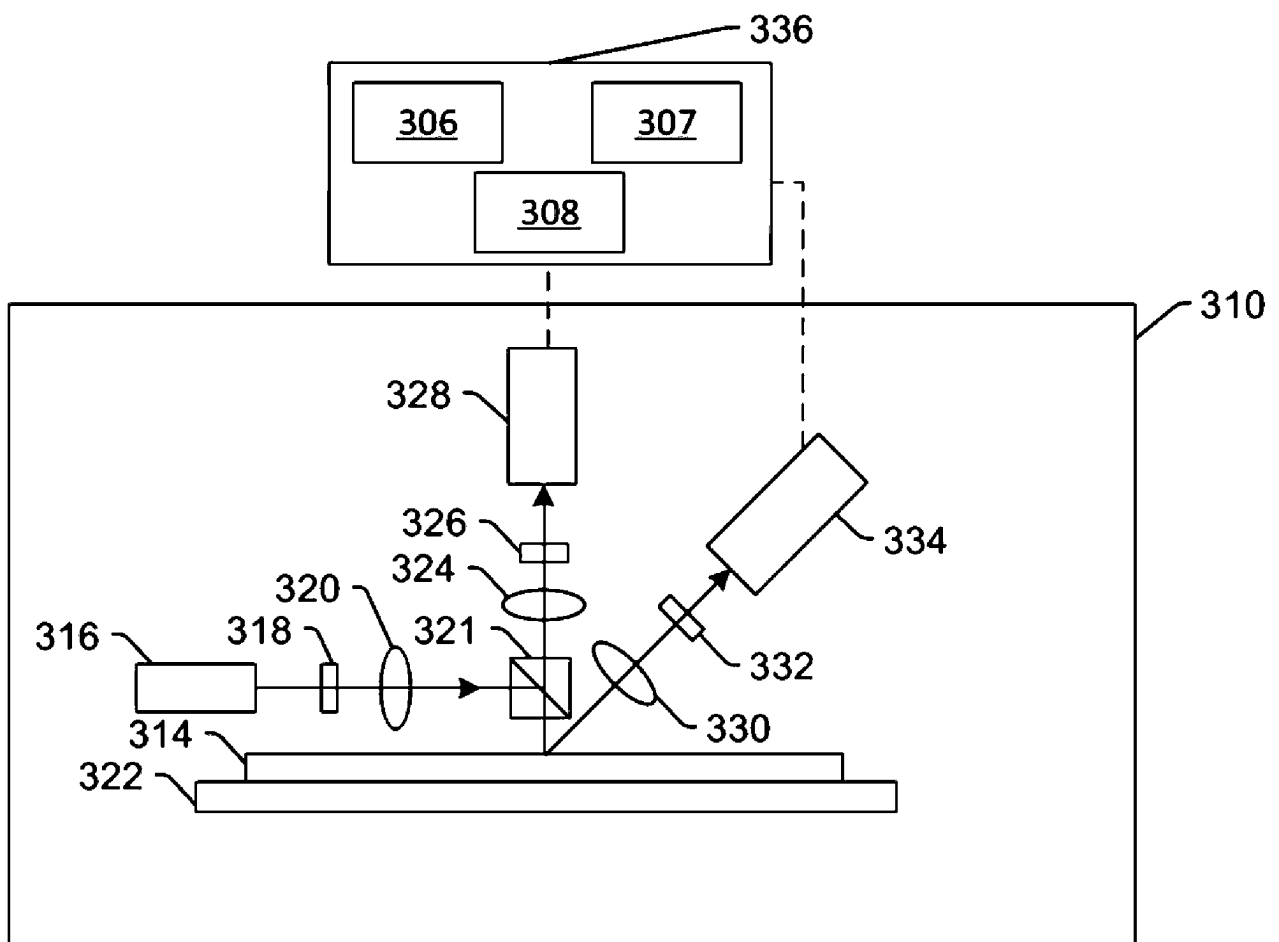


FIG. 7

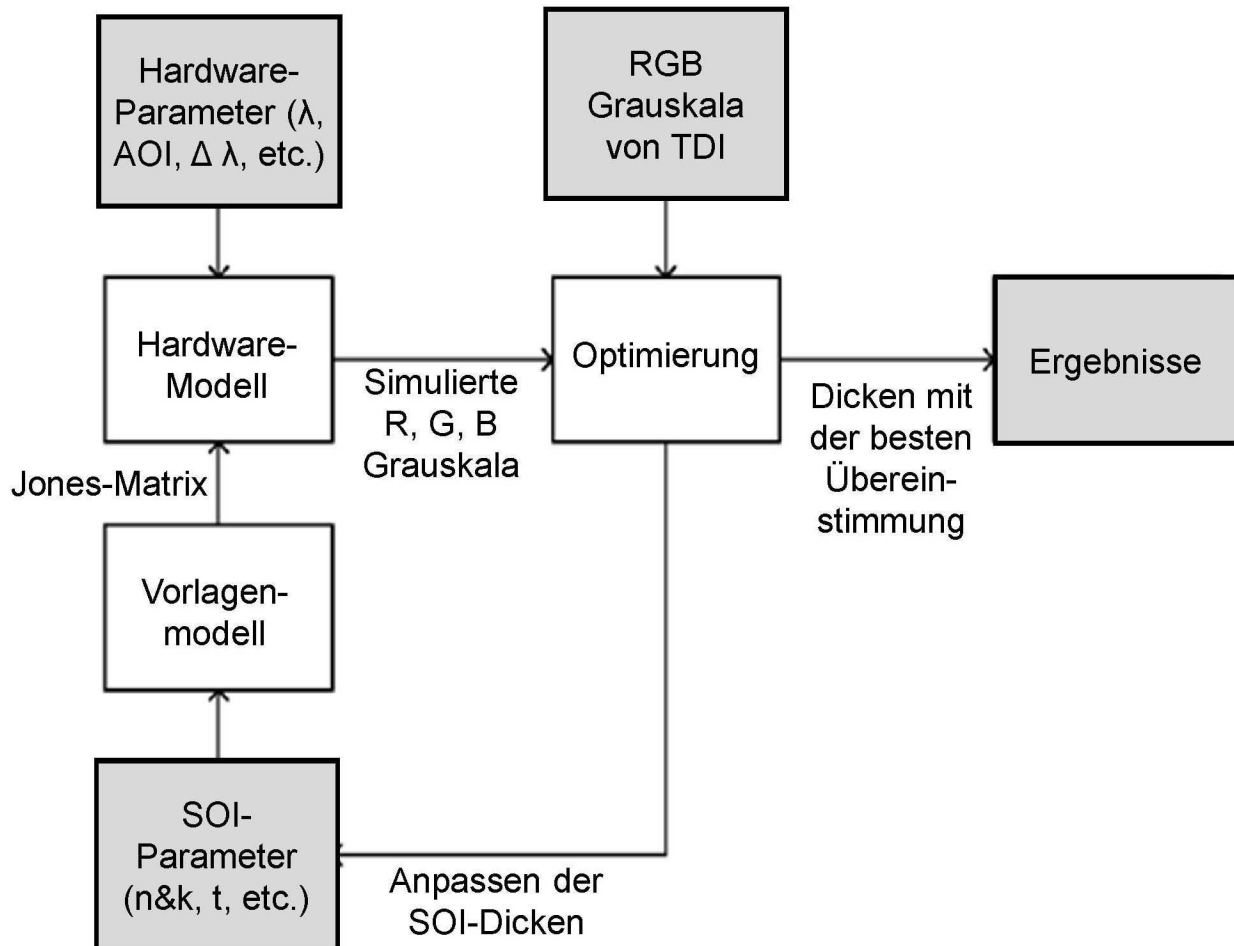


FIG. 8

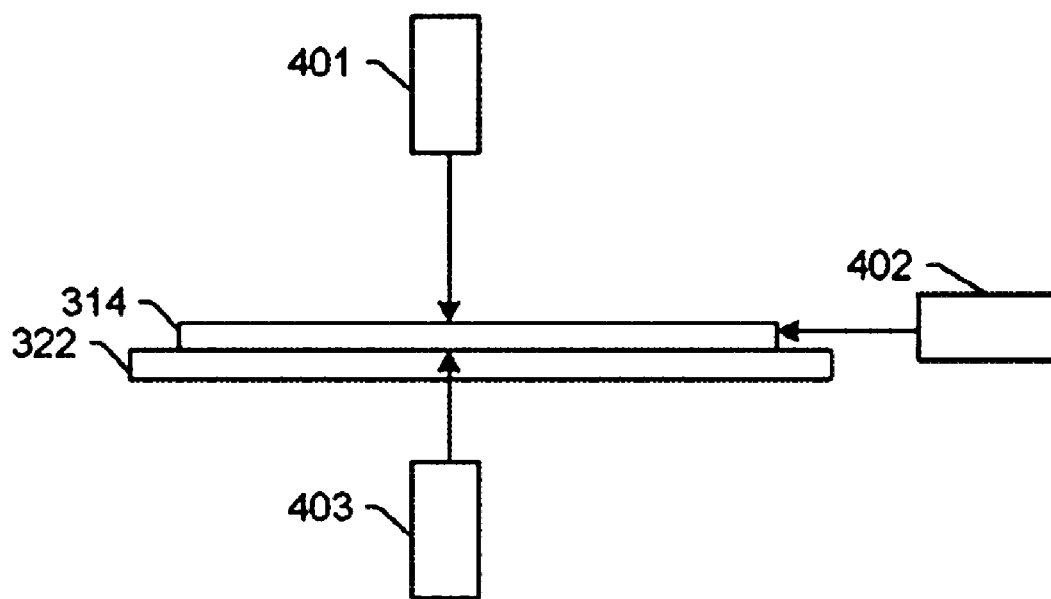


FIG. 9