



(10) **DE 11 2015 004 550 B4** 2024.05.29

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 004 550.3**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2015/053824**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/054570**  
(86) PCT-Anmeldetag: **02.10.2015**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **07.04.2016**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **14.06.2017**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **29.05.2024**

(51) Int Cl.: **H01L 21/66 (2006.01)**  
**G01N 21/95 (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:

**14/506,321**                      **03.10.2014**      **US**

(73) Patentinhaber:

**KLA-Tencor Corporation, Milpitas, Calif., US**

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

**Vazhaeparambil, Jijen, Saratoga, Calif., US; Zhao,  
Guoheng, Palo Alto, Calif., US; Kavaldjiev, Daniel  
Ivanov, San Jose, Calif., US; Romanovsky,**

**Anatoly, Palo Alto, Calif., US; Maleev, Ivan,  
Pleasanton, Calif., US; Wolters, Christian, San  
Jose, Calif., US; Biellak, Stephen, Sunnyvale,  
Calif., US; Whiteside, Bret, Gilroy, Calif., US;  
Pettibone, Donald, San Jose, Calif., US; Chuang,  
Yung-Ho Alex, Cupertino, Calif., US; Shortt, David  
W., Los Gatos, Calif., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**US**                                      **2004 / 0 156 042**      **A1**  
**US**                                      **2009 / 0 323 052**      **A1**

(54) Bezeichnung: **TDI-SENSOR IN EINEM DUNKELFELD-SYSTEM**

(57) Hauptanspruch: Ein Verfahren zur Inspektion von Halbleiter-Wafern (122, 202, 400) umfassend: Beleuchten (600) eines sich bewegenden Wafers (122, 202, 400), der auf einem R-Theta-Tisch angeordnet ist, mit einem Beleuchtungsfeld (212);

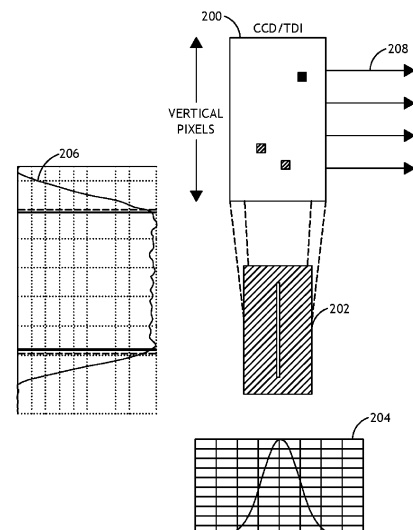
Sammeln (602) von Licht von dem sich bewegenden Wafer (122, 202, 400);

Empfangen eines ersten Bildstroms von einem TDI-Sensor (118, 200, 416) während einer Rotationsabtastung und Verzögern des ersten Bildstroms um eine Dauer, die einer linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) entspricht (604); und

Zusammenfassen des verzögerten ersten Bildstroms, um ein erstes Waferbild (124) zu erzeugen (606), wobei:

der TDI-Sensor (118, 200, 416) ein oder mehrere Ausleseelemente (216, 220) umfasst, die einem Bereich der langen Dimension des TDI-Sensors (118, 200, 416, 418) entsprechen, wobei jedes der einen oder mehreren Ausleseelemente (216, 220) einem Taktsignal (214, 218) zugeordnet ist, ein erstes Ausleseelement (216) des einen oder der mehreren Ausleseelemente (216, 220) dem ersten Bildstrom zugeordnet ist; und

ein erstes Taktsignal (214), das dem ersten Ausleseelement (216) zugeordnet ist, konfiguriert ist, um eine Unschärfe zu reduzieren, die durch eine lineare Geschwindigkeitsdisparität verursacht wird.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Inspektionssysteme für Halbleiterwafer und insbesondere Inspektionssysteme mit Zeitverzögerungs-integrations-Sensoren (TDI-Sensoren, im Englischen time delay integration sensors).

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** In US 2004 / 0 156 042 A1 wird ein zylindrischer Spiegel oder eine Linse verwendet, um einen kollimierten Eingangsstrahl auf eine Linie auf der zu untersuchenden Oberfläche zu fokussieren, wobei die Linie im Wesentlichen in der Einfallsebene des fokussierten Strahls liegt. Ein Bild des Strahls wird auf ein Array von ladungsgekoppelten Bauelementen parallel zur Linie projiziert, um Anomalien und/oder Merkmale der Oberfläche zu erkennen, wobei sich das Array außerhalb der Einfallsebene des fokussierten Strahls befindet. Zur Inspektion einer Oberfläche mit einem Muster darauf wird das Licht von der Oberfläche zunächst durch einen Raumfilter geleitet, bevor es auf die ladungsgekoppelten Bauelemente abgebildet wird. Der Raumfilter enthält Streifen von Streubereichen, die sich synchron mit der relativen Bewegung zwischen dem Strahl und der Oberfläche verschieben, um Fourier-Komponenten aus dem Muster zu blockieren. Der Raumfilter kann durch reflektierende Streifen ersetzt werden, die die Streustrahlung selektiv zum Detektor reflektieren, wobei sich die reflektierenden Streifen ebenfalls synchron mit der Relativbewegung verschieben.

**[0003]** US 2009 / 0 323 052 A1 offenbart ein optisches Inspektionssystem oder -werkzeug, das Objekte mit dynamischer Beleuchtung inspiziert, wobei eine oder mehrere Beleuchtungseigenschaften so angepasst werden, dass sie den Inspektionsanforderungen für verschiedene Bereiche entsprechen. Beispielsweise kann die Beleuchtungsintensität erhöht oder verringert werden, wenn das Werkzeug Bereiche von Speicher- und Peripheriemerkmalen in einem Wafer-Die prüft. In einigen Ausführungsformen kann die Anpassung auf Daten beruhen, die während einer Einrichtungssequenz vor der Inspektion gewonnen wurden, bei der Bilder, die auf der Grundlage von Beleuchtungen mit unterschiedlichen Merkmalen aufgenommen wurden, auf ihre Eignung für den weiteren Inspektionsprozess geprüft werden.

**[0004]** Die Zeitverzögerungsintegration (TDI) ist ein Abbildungsverfahren, das ein kontinuierliches Bild eines sich bewegenden zweidimensionalen Objekts erzeugt. In einem TDI-System werden Bildphotonen zu Photobeladungen in einem Pixelarray konvertiert.

Wenn das Objekt bewegt wird, werden die Photobeladungen von Pixel zu Pixel auf dem Sensor parallel zur Bewegungsachse verschoben. Durch Synchronisieren der Verschiebungsrate der Photobeladung mit der Geschwindigkeit des Objekts kann die TDI die Signalintensität an einer festen Position auf dem sich bewegenden Objekt integrieren (zusammenfassen), um das Bild zu erzeugen. Die Gesamtintegrationszeit kann durch Ändern der Geschwindigkeit der Bildbewegung und Bereitstellen von mehr oder weniger Pixeln in Richtung der Bewegung geregelt werden.

**[0005]** TDI-Inspektionssysteme können zur Inspektion von Wafern, Masken und / oder Retikeln eingesetzt werden. Ein herkömmlicher TDI-Sensor umfasst ein großes Array von Fotosensorelementen (ladungsgekoppelte Elemente (CCDs, abgekürzt für charge-coupled devices)), die als Gitter ausgebildet sind. Beispielsweise könnte ein herkömmlicher TDI-Sensor aus einem  $1024 \times 128$ -Array von Fotosensorelementen gebildet werden. Um eine höhere Empfindlichkeit zu erzielen, als durch Verwendung eines herkömmlichen TDI-Sensors bereitgestellt werden kann, kann eine Vielzahl an TDI-Pixeln in einem Subpixel-Versatzmuster angeordnet werden. Eine Sensor-Überlappung kann in vorteilhafter Weise die Auflösung und die Anti-Aliasing-Fähigkeit eines TDI-Inspektionssystems erhöhen.

**[0006]** Bei zunehmend kleineren Technologieknoten ist es wünschenswert, dass das Bild bei hoher Auflösung deutlich vergrößert wird, wodurch die Defektdetektion erleichtert wird. Gleichzeitig werden schnellere Inspektionen verlangt, trotz der zunehmenden Komplexität der zu prüfenden Wafer, Masken und Retikel. Um diese Ziele zu erreichen, hat sich die Größe der TDI-Sensoranordnungen erhöht.

**[0007]** Neu entstehende Halbleiterherstellungsverfahren erfordern eine Empfindlichkeit gegenüber immer kleiner werdenden Partikeln. Gegenwärtige Werkzeuge arbeiten nach dem Prinzip der Detektion von Photonen, die durch Defekte gestreut sind, wie etwa aberrante Teilchen, und differenzieren zwischen Photonen von Defekten und Rauschen. Quellen des Rauschens umfassen „Rausch“-Photonen, die durch die Waferoberfläche und Luft gestreut werden, und Hardwarerauschen, das dem Signal durch Sensoren und Elektronik hinzugefügt wird. Je mehr Photonen durch den Defekt gestreut werden, desto weniger Rauschen und desto leichter ist es, einen Defekt zu erkennen.

**[0008]** Die Anzahl der Photonen, die von einem sphärischen Teilchen gestreut werden, ist jedoch proportional zur 6-ten Potenz seines Durchmessers. Bei gleicher Beleuchtung streut ein 12-nm-Teilchen etwa vierundsechzig Mal weniger Photonen als ein 24-nm-Teilchen. Eine Erhöhung der Anzahl von

Beleuchtungs-Photonen ist aufgrund der thermischen Schadensschwelle, oberhalb der die Beleuchtungs-Photonen anfangen, die Oberfläche zu beschädigen, nicht möglich.

**[0009]** Bestehende Spot-Abtast-Technologien (Spot-Scanning-Technologien) haben die Grenze der Inspektionsempfindlichkeit erreicht. Techniken in strukturierten (gemusterten) Anwendungen haben spezifische Implementierungsdetails und technologische Beschränkungen, wie beispielsweise verfügbare Laserleistung, optische Effizienzen, Rauschquellen und XY-Tisch spezifische Implementierungen, die die Inspektionsgeschwindigkeit beschränken, die für strukturierte (gemusterte) und unstrukturierte (nicht gemusterte) Anwendungen erforderlich ist.

**[0010]** Folglich wäre es vorteilhaft, wenn eine Vorrichtung existieren würde, die für sehr hochauflösende Echtzeit-Dunkelfeld-Wafer und Retikel-Inspektion geeignet ist.

#### Überblick über die Erfindung

**[0011]** Dementsprechend ist die vorliegende Erfindung auf ein neues Verfahren und eine neue Vorrichtung für sehr hochauflösende Dunkelfeld-Wafer- und Retikel-Inspektion in Echtzeit gerichtet.

**[0012]** In zumindest einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst ein Wafer-Abtastsystem eine abbildende (bildgebende) Sammeloptik, um Streulicht zu sammeln. Das Abbilden des beleuchteten Waferbereichs auf einen Mehrpixelsensor führt dazu, dass jedes Pixel einen Bruchteil des Hintergrundsignals empfängt, während das Defektsignal auf eine viel kleinere Anzahl von Pixeln abgebildet wird, wobei die Signal- / Hintergrund- und Signal- / Rausch-Verhältnisse für diese Pixel sich erhöhen. Eine kleinere Spot-Größe verringert die Anzahl der Photonen, die durch die Oberfläche proportional zur Fläche des Spots gestreut werden. Die Luftstreuung wird ebenfalls reduziert. TDI wird verwendet, um ein Waferbild zu erzeugen, das auf einer Vielzahl von Bildsignalen basiert, die über die Richtung der Linearbewegung des Wafers integriert (zusammengefasst) sind.

**[0013]** In zumindest einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung überflutet das Beleuchtungssystem den Wafer mit Licht und die Aufgabe, den Spot zu erzeugen, wird der bildgebenden Sammeloptik zugeordnet.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0014]** Die zahlreichen Vorteile der Erfindung können von Fachleuten auf dem Gebiet unter Bezug-

nahme auf die beigefügten Figuren besser verstanden werden.

**Fig. 1** zeigt ein Blockschaltbild eines Wafer-Inspektionssystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 2A** zeigt eine grafische Darstellung einer TDI-Vorrichtung und entsprechender Signalstrukturen;

**Fig. 2B** zeigt eine grafische Darstellung einer TDI-Vorrichtung und von Beleuchtungsstrukturen eines Wafers;

**Fig. 3** zeigt ein Blockdiagramm eines Systems zum Abtasten eines Wafers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

**Fig. 4** zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Beleuchten und Inspizieren von Halbleiterwafern gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0015]** Es wird nun im Detail auf den offenbaren Gegenstand Bezug genommen, der in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist. Der Umfang der Erfindung ist nur durch die Ansprüche begrenzt; zahlreiche Alternativen, Modifikationen und Äquivalente sind eingeschlossen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde technisches Material, das in den technischen Bereichen der Ausführungsformen bekannt ist, nicht im Detail beschrieben, um eine unnötige Verschleierung der Beschreibung zu vermeiden.

**[0016]** Der Prozess der Zeitverzögerungsintegration (TDI) und der zugehörigen Hardware wird ausführlicher in US 8 772 731 B2, US 8 624 971 B2, US 7 952 633 B2, US 7 609 309 B2 und US 7 227 984 B2 beschrieben. Solche Prozesse und Hardware sind weiter in US 2014 / 0 158 864 A1, US 2014 / 0 043 463 A1, US 2013 / 0 270 444 A1, US 2010 / 0 188 655 A1, US 2006 / 0 103 725 A1, US 2013 / 0 016 346 A1 und US 2004 / 0 175 028 A1 beschrieben.

**[0017]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können eine Schmalfeld-TDI-Bilderfassung ermöglichen. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung sollte ein schmales Feld als ein Feld-Seitenverhältnis verstanden werden, das ausreicht, um Unschärfe zu reduzieren. Ein TDI-Sensor gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann so konfiguriert sein, dass er Bildströme in einem schmalen Kanal empfängt und die resultierenden zeitverzögerten Bilder in ein einziges Waferbild zusammenfasst.

**[0018]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können bildgebende Sammeloptiken mit einer hohen numerischen Apertur zum Sammeln von

gestreuten Photonen aus einem beleuchteten, nicht strukturierten Wafer auf dem R-Theta-Tisch umfassen. Das Sammeln von den gestreuten Photonen ermöglicht die Detektion von Dunkelfelddefekten.

**[0019]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm eines Wafer-Inspektionssystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. Ein Wafer-Inspektionssystem gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst mindestens eine Beleuchtungsquelle 100, wie beispielsweise einen Laser. In einer Ausführungsform kann die Beleuchtungsquelle 100 einen zwei bis fünfzig Watt modengekoppelten Laser aufweisen, der bei zwischen ungefähr 157nm bis 532nm arbeitet. Die Beleuchtungsquelle 100 kann Licht erzeugen, das dazu konfiguriert ist, einen Wafer 122 unter einem erwünschten Winkel zu beleuchten, um sicherzustellen, dass reflektiertes Licht nicht durch ein System von abbildenden Sammeloptiken 108 gesammelt wird. Um eine gewünschte Beleuchtungsstruktur (Beleuchtungsmuster) zu ermöglichen, kann das Licht durch ein oder mehrere optische Elemente überführt werden, wie beispielsweise eine oder mehrere Linsen, einen oder mehrere Filter und ein oder mehrere optische Elemente 106. In einer Ausführungsform ist die Beleuchtungsquelle 100 dazu konfiguriert, einen schmalen Feldabschnitt eines sich bewegenden Wafers 122 zu beleuchten. Es ist anzumerken, dass die Beleuchtung jedes in der Technik bekannte Beleuchtungsprofil umfassen kann. Beispielsweise kann die Beleuchtung ein Flat-Top-Beleuchtungsprofil (beispielsweise in ein oder zwei Dimensionen), ein Gaußsches Beleuchtungsprofil, ein Super-Gaußsches Beleuchtungsprofil oder irgendein anderes geeignetes Beleuchtungsprofil umfassen, ist jedoch nicht darauf beschränkt.

**[0020]** Streulicht vom Wafer 122 kann durch ein System von abbildenden Sammeloptiken 108 gesammelt werden, die dazu konfiguriert sind, das gesammelte Licht in ein afokales Linsensystem 110 zu leiten. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung lösen die abbildenden Sammeloptiken 108 einen Spot auf. Um den Vorteil der bildgebenden Sammeloptik 108 zu nutzen, können Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung einen TDI-CCD-Sensor mit mehreren Pixeln umfassen, der ein stark parallelisiertes Erfassungssystem anstelle einer Einzelkanal-Photovervielfacherröhre (PMT, im Englischen photomultiplier tube) oder eines anderen Einzelkanaldetektors erzeugt.

**[0021]** Es wird angemerkt, dass bei optischen Systemen mit hoher Qualität die Auflösung nahe der Beugungsgrenze liegt. Zum Beispiel kann die Auflösung weniger als  $0,2\mu\text{m}$  für  $266\text{nm}$  Wellenlängenlicht betragen. Es ist jedoch anerkannt, dass eine tatsächliche Auflösung von etwa  $0,5\mu\text{m}$  akzeptabel ist und eine wesentliche Verbesserung gegenüber der Spot-

Abtasttechnologie darstellt. In einer Ausführungsform des Falles eines Spot-Abtastsystems kann der Beleuchtungs-Spot eine schräge Beleuchtung umfassen, die um einen Einfallswinkel ( $1 / \cos$ ) verlängert ist. Beispielsweise beträgt im Fall eines Einfallswinkels von  $70^\circ$  der Dehnungsfaktor 2,92; das heißt der schräge Beleuchtungs-Spot ist inhärent 2,92 mal größer als normal entlang der Richtung der Einfallsebene, was eine Auflösung von nicht viel mehr als  $1\mu\text{m}$  ermöglicht.

**[0022]** In einer anderen Ausführungsform kann der Beleuchtungs-Spot eine senkrecht einfallende Laserbeleuchtung umfassen, die auf die Oberfläche des Wafers unter einem Winkel auftrifft, der im Wesentlichen senkrecht zu der Oberfläche eines Wafers ist. Es wird hier angemerkt, dass die Verwendung einer schrägen Auflichtbeleuchtung bei der Inspektion eines Wafers allgemein in US 2013 / 0 016 346 A1 beschrieben ist.

**[0023]** In einer anderen Ausführungsform kann ein Sammellinsen-Maskensystem 112 das fokussierte Licht in eine Vielzahl von Kanälen für die Abgabe an ein TDI-Element 118 unterteilen. Das Sammellinsen-Maskensystem 112 kann Strahlteiler für bis zu fünf Kanäle umfassen. Beispielsweise kann das Sammellinsen-Maskensystem 112 drei Kanäle umfassen. Die Lichterfassung kann durch einen Verstärker 114 oder eine Elektronen-bombardierte Einrichtung am Sammellinsen-Maskensystem 112 verbessert werden.

**[0024]** Es sei hier angemerkt, dass die TDI-Datenerfassung die Verwendung von kontinuierlichen Wellen- oder quasi-kontinuierlichen Wellenlasern bei hoher Leistung und gesteuerter Beleuchtungsintensität ermöglicht. Die Auswahl der TDI-Breite umfasst einen Kompromiss zwischen der geometrischen Unschärfe, die durch die Bewegung des R-Theta-Tisches und die Beleuchtungsintensität verursacht wird. In einer anderen Ausführungsform kann eine Einstellung des TDI-Takts verwendet werden, um die Inspektion in einer einzigen optischen Konfiguration kontinuierlich zu verändern.

**[0025]** In einer Ausführungsform kann ein Top-Hat-Profil erhalten werden, indem ein optisches Element 106 verwendet wird. In einer anderen Ausführungsform kann ein Top-Hat-Profil mit zwei oder mehreren schmalen langen Gauß-Spots erhalten werden, die in einer tangentialen Achse leicht voneinander getrennt sind, sich jedoch über etwa die Hälfte der Spotgröße in der radialen Achse überlappen. Insofern führt die summierte Intensität, die von der TDI-Integration durchgeführt wird, nahezu zu einem Top-Hat-Profil.

**[0026]** Darüber hinaus können zusätzliche Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eine Mehr-

spotbeleuchtung umfassen. Es wird hier angemerkt, dass eine Mehrfach-Spotbeleuchtung auf jede in der Technik bekannte Weise durchgeführt werden kann. Zum Beispiel wird eine Mehrfach-Spot- oder „Multi-Struktur“-Beleuchtung, die bei der Inspektion eines Wafers verwendet wird, im Detail in US 2013 / 0 016 346 A1 beschrieben.

**[0027]** In einer anderen Ausführungsform kann das Sammellinsen-Maskensystem 112 den einen oder die mehreren Kanäle fokussierten, geteilten Lichts an einen Verstärker 114 oder ein Sensorrelais 116 liefern. In einer Ausführungsform ist der Verstärker 114 schaltbar und kann aus dem optischen Weg heraus bewegt und durch das Sensorrelais 116 ersetzt werden, so dass der Verstärker 114 nur für schwache Lichtschichten verwendet wird. In einer weiteren Ausführungsform werden im Falle von hellen Schichten, wie beispielsweise bei sehr groben Filmen, Bilder direkt an das TDI-Element 118 weitergeleitet, so dass die Lebensdauer des Verstärkers 114 verlängert und eine zusätzliche Unschärfe des Verstärkers 114 vermieden werden kann.

**[0028]** Es sei hier angemerkt, dass der Verstärker 114 und ein Sensorrelais 116 eine optische Verstärkung von beispielsweise 5-50 Photonen / Photonen bereitstellen können. Ferner kann die Lichtabtastung durch ein TDI-Element 118 nach dem Verstärker 114 eine Quanteneffizienz im Bereich von 0,2 - 1,0 aufweisen. In einer Ausführungsform ist das TDI-Element 118 zum Empfang eines oder mehrerer Kanal-Lichtströme konfiguriert. In einer Ausführungsform kann ein erster Strom eine optische Auflösung aufweisen, die durch ein einziges Pixel oder eine begrenzte Anzahl von Pixeln des TDI-Elements 118 abgetastet wird. In einer anderen Ausführungsform kann ein zweiter Strom eine optische Auflösung aufweisen, die von einem einzelnen Pixel oder eine begrenzte Anzahl von Pixeln des TDI-Elements 118 abgetastet wird. In einer anderen Ausführungsform können der erste Strom und der zweite Strom unterschiedliche optische Auflösungen aufweisen, die durch eine unterschiedliche Anzahl von Pixeln des TDI-Elements 118 abgetastet werden. Das TDI-Element 118 kann, ist jedoch nicht darauf begrenzt, einen einzelnen TDI-Chip, separate TDI-Chips oder unabhängige TDI-Kameras umfassen, die unterschiedliche Ströme empfangen. In einer anderen Ausführungsform können der erste Strom und der zweite Strom dieselbe optische Auflösung aufweisen.

**[0029]** In einer Ausführungsform können Signale von dem TDI-Element 118 an einen Bildverarbeitungscomputer 120 gesendet werden, um aus den separaten Signalströmen mehrere Waferbilder 124 zu erzeugen. In einer anderen Ausführungsform kann der Bildverarbeitungscomputer 120 ein Waferbild 124 basierend auf dem Datenstrom von dem

Detektor erzeugen. In einigen Ausführungsformen können beispielsweise von irgendwo zwischen 10 und 10000 Pixeln und Leitungsraten von irgendwo von 100 kHz bis 100 MHz oder irgendeine Leitungsraten, die den gewünschten Waferdurchsatz erzielt, verwendet werden. Es wird hier angemerkt, dass die obigen Werte und Bereiche nur zu Veranschaulichungszwecken bereitgestellt werden und nicht als Einschränkung der vorliegenden Erfindung interpretiert werden sollten.

**[0030]** In einer weiteren Ausführungsform kann im Falle von hochempfindlichen Abtastungen die Lineargeschwindigkeit der Drehung des Wafers 122 etwa 0,1 m/s erreichen. In einer anderen Ausführungsform kann die lineare Geschwindigkeit, die der Drehung des Wafers 122 zugeordnet ist, 100 m/s erreichen, im Falle von Hochdurchsatz-Scans für bestimmte Radien des Wafers. Beispielsweise sind lineare Geschwindigkeiten von <0,1 m/s bis >100m/s vorgesehen. Es wird hier angemerkt, dass der obige lineare Geschwindigkeitsbereich lediglich zu illustrativen Zwecken vorgesehen ist und nicht als Einschränkung der vorliegenden Erfindung interpretiert werden sollte.

**[0031]** Während ein Großteil der vorliegenden Offenbarung sich auf die Inspektion von nicht strukturierten Wafern konzentriert hat, wird hierin erkannt, dass die Prinzipien und verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung auf die Inspektion von strukturierten Wafern ausgedehnt werden können. Die Inspektion von nicht strukturierten Wafern ist ausführlich in US 2013 / 0 016 346 A1 beschrieben.

**[0032]** Während Elemente mit bestimmten Eigenschaften oder Bereichen von Eigenschaften beschrieben werden, kann ein Fachmann erkennen, dass viele Variationen der Wellenlänge, Abtastoptik und Elemente verschiedener optischer Eigenschaften ebenfalls bedacht werden können. Beispielsweise können in dem Fall des TDI-Elements 118 die Pixel in der Integrationsrichtung für einen höheren Durchsatz gruppiert werden. Als ein anderes Beispiel kann in dem Fall des TDI-Elements 118 ein Auslesetakt auf verschiedene Frequenzen eingestellt werden, um eine lineare Geschwindigkeitsveränderung entlang des Radius der Spiralabtastung aufzunehmen.

**[0033]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 2A** ist eine grafische Darstellung eines TDI-CCD und entsprechender Signalstrukturen (Signalmuster) gezeigt. Beispielsweise ist ein TDI 200 gezeigt, der für TDI-Abtastungen eines beleuchteten Abschnitts eines Wafers 202 konfiguriert ist. Beispielsweise kann das TDI 200 in einem System mit einer Beleuchtungsquelle, die einen Wafer in einem ausgewählten Winkel (wie in **Fig. 1** gezeigt) beleuchtet, so orientiert

sein, dass die vertikale Achse des TDI 200 mit der radialen Richtung der R-Theta-Abtastung und der horizontalen Achse zusammenfallen, die die TDI-Ausleserichtung 208 des TDI 200 ist, die mit der tangentialen Richtung der R-Theta-Abtastung übereinstimmt. In einer Ausführungsform umfasst das der Lichtintensität 206 entlang der radialen Achse zugeordnete Beleuchtungsprofil ein Top-Hat-Profil, um eine gleichförmige Empfindlichkeit und Lichtintensität 204 entlang der Tangentialachse zu erreichen. Es ist ferner anzumerken, dass das der Lichtintensität 206 zugeordnete Beleuchtungsprofil jedes beliebige in der Technik bekannte Beleuchtungsprofil aufweisen kann, das geeignet ist, ein auf eine schmale Breite beschränktes Energieprofil, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, ein Gaußsches Profil und dergleichen, bereit zu stellen. Wenn sich der Wafer bewegt, wird die Zeitverzögerungsintegration von Signalen von dem TDI 200 so synchronisiert, dass eine Ladung mit der gleichen linearen Geschwindigkeit wie der bewegliche Wafer übertragen wird. In einer Ausführungsform kann das TDI 200 ungefähr 1024 vertikale Pixel und 128 horizontale Pixel enthalten. Es wird hier angemerkt, dass die Anzahl von Pixeln der ladungsgekoppelten Vorrichtung lediglich zu illustrativen Zwecken vorgesehen ist und nicht als Einschränkung der vorliegenden Erfindung interpretiert werden sollte.

**[0034]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 2B** ist eine grafische Darstellung eines TDI und einer Beleuchtungsstruktur (Beleuchtungsmuster) eines Wafers gezeigt. In einer Ausführungsform tastet ein TDI-Sensor 200 einen rotierenden Wafer ab. In einer anderen Ausführungsform erzeugt die Drehrichtung, die mit der Länge des TDI-Sensors 200 gekoppelt ist, eine Disparität in der Lineargeschwindigkeit des Wafers relativ zu verschiedenen Abschnitten des TDI-Sensors 200. Beispielsweise kann der rotierende Wafer eine langsamere lineare Geschwindigkeit über dem schmalen Beleuchtungsfeld 212 in dem Teil des TDI-Sensors 200 erzeugen, der der Mitte des Wafers am nächsten ist, und eine schnellere lineare Geschwindigkeit über dem schmalen Beleuchtungsfeld 212 in dem Teil des TDI-Sensors 200, der am nächsten zu dem Rand des Wafers liegt.

**[0035]** Während die lineare Geschwindigkeit des Teilchens, das sich in der TDI-Integrationsrichtung bewegt, in Abhängigkeit von der relativen Position des Teilchens entlang der Länge des TDI-Sensors 200 variiert, ist die Geschwindigkeit der Ladungsintegration während der Zeitverzögerungsintegration im Allgemeinen über das gesamte Feld konstant. Die Differenz der Lineargeschwindigkeit im Vergleich zur Ladungsintegrationsgeschwindigkeit führt zu einer Bildunschärfe und einer Defektsignalverschlechterung. Zusätzlich führt die Differenz zwischen dem Bogenweg eines Punktes auf einem Wafer und der geraden Linie der Ladungsintegration

während der Zeitverzögerungsintegration auch zu einer Bildunschärfe. Beispielsweise neigt die durch den Bogenpfad 208 verursachte Unschärfe dazu, dominant zu sein.

**[0036]** In einer anderen Ausführungsform wird die Unschärfe gegenüber der Pixelgröße oder der optischen Auflösung des Abbildungssystems gemessen, die vorzugsweise kleiner als ein Bruchteil der optischen Auflösung ist. In einer anderen Ausführungsform kann die Unschärfe mit einem schmalen Beleuchtungsfeld 212 minimiert werden, das dazu dient, die hohe Lichtausbeute der TDI-Sensoren 200 und die hohe Geschwindigkeit der R-Theta-Abtastung zu kombinieren, um eine hohe Empfindlichkeit und eine schnelle Waferinspektion zu erreichen. In einer anderen Ausführungsform kann ein Abbildungssystem den Verlust der Empfindlichkeit kompensieren, der durch eine Bildunschärfe mit einer längeren Integrationszeit in Richtung auf die Mitte des Wafers verursacht wird, wo die lineare Geschwindigkeit niedriger ist und die Unschärfe aufgrund eines kleinen Radius der Rotation stärker ist.

**[0037]** In einer Ausführungsform umfasst der TDI-Sensor 200 eine Vielzahl von Ausleseelementen 216, 220, die hierin auch als „Abzweigungen“ bezeichnet werden. In einer Ausführungsform entspricht jedes der Ausleseelemente 216, 220 einem separaten Abschnitt des TDI-Sensors 200. In einer anderen Ausführungsform kann jedes der Ausleseelemente 216, 220 oder Abschnitt des TDI-Sensors 200, der jedem der Ausleseelemente 216, 220 entspricht, durch ein variables Taktsignal 214, 218 angesteuert werden. In einer Ausführungsform ist jedes variable Taktsignal 214, 218 konfiguriert, um Auslesesignale an die Ausleseelemente 216, 220 zu steuern, wenn die Lineargeschwindigkeit des TDI-Sensors 200 relativ zu dem Beleuchtungsfeld 212 aufgrund der Rotation des Wafers variiert. In einer anderen Ausführungsform können Unterschiede in der Lineargeschwindigkeit aufgrund des Abstands von ungleichen Abschnitten des TDI-Sensors 200 Abweichungen in einem ersten Taktsignal 214 verglichen mit einem zweiten Taktsignal 218 belegen.

**[0038]** Es wird hier angemerkt, dass die längere Integrationszeit in Richtung des Waferzentrums zu Waferschäden führen kann. Daher kann die Intensität des schmalen Beleuchtungsfeldes 212 basierend auf dem Abstand des TDI-Sensors 200 von der Drehachse des Wafers eingestellt werden, um Waferschäden zu vermeiden.

**[0039]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** ist ein Blockdiagramm eines Systems zum Abtasten eines Wafers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. In einer Ausführungsform wird ein schmales Langfeld auf einem Wafer 400 mit einer Lichtquelle in einem ausgewählten Winkel

in einer Dunkelfeldkonfiguration beleuchtet, so dass nur gestreute Photonen von einem System der bildgebenden Sammeloptik 402 gesammelt werden. In einer anderen Ausführungsform können eine der Lichtquelle zugeordnete Beleuchtungsoptik und die Sammeloptik 402 optische Elemente zum Steuern der Polarisation enthalten. In einer anderen Ausführungsform wird der Strahl von der bildgebenden Sammeloptik 402 dann einem afokalen Linsensystem 406 zugeführt. In einer anderen Ausführungsform kann das System nach **Fig. 3** ein oder mehrere beliebige zusätzliche optische Elemente umfassen, die aus dem Stand der Technik bekannt sind. Beispielsweise kann das System einen Satz von Spiegeln umfassen, ist jedoch nicht darauf beschränkt, um den Strahl von der bildgebenden Sammeloptik 402 auf weitere Teile des Systems zu richten.

**[0040]** In einer Ausführungsform kann der Strahl von dem afokalen Linsensystem 406 auf einen Fourierebene-Strahlteiler 408 gerichtet sein. In dieser Hinsicht kann der Fourierebene-Strahlteiler 408 den Strahl in mehrere optische Kanäle aufteilen. In einer Ausführungsform umfasst der Fourierebene-Strahlteiler 408 einen polarisierenden Gleitwürfel und eine oder mehrere Masken.

**[0041]** In einer anderen Ausführungsform kann ein erster Strahl von einem Strahlteiler 408 zu einem ersten Linsensystem 409 gesendet werden, das den ersten Strahl auf eine erste TDI-Kamera 416 fokussiert. In einer anderen Ausführungsform kann der erste Strahl durch ein Strahlinvertierungselement 424 übertragen werden, das zwischen dem ersten Linsensystem 409 und der ersten ladungsgekoppelten Kamera 416 angeordnet ist. In einer anderen Ausführungsform kann die erste TDI-Kamera 416 für eine erste Vergrößerung konfiguriert sein.

**[0042]** In einer anderen Ausführungsform kann ein zweiter Strahl von dem Strahlteiler 408 zu einem zweiten Linsensystem 410 gesandt werden, das den zweiten Strahl auf eine zweite TDI-Kamera 418 fokussiert. In einer anderen Ausführungsform kann der zweite Strahl durch ein Relaislinsensystem 414 übertragen werden. In einer anderen Ausführungsform kann ein Verstärker 412 zwischen dem zweiten Linsensystem 410 und dem Relaislinsensystem 414 angeordnet sein, um einen ansonsten schwachen Strahl zu intensivieren. In einer anderen Ausführungsform kann die zweite TDI-Kamera 418 für eine zweite Vergrößerung konfiguriert sein, die sich von der ersten Vergrößerung unterscheidet.

**[0043]** In einer anderen Ausführungsform kann ein dritter Strahl von dem Strahlteiler 408 zu einem dritten Linsensystem 420 gesandt werden, das den dritten Strahl auf eine dritte TDI-Kamera 422 fokussiert. In einer anderen Ausführungsform können die erste TDI-Kamera 416 und die dritte TDI-Kamera 422 eine

kombinierte Vorrichtung sein, wobei der erste Strahl und der dritte Strahl jeweils auf einen Abschnitt der kombinierten Vorrichtung fokussiert werden. Beispielsweise können die erste TDI-Kamera 416 und die dritte TDI-Kamera 422 eine geteilte Auslese umfassen, die beide Seiten eines einzigen TDI-Sensors verwendet. Bei einer solchen Ausführungsform bewegt sich eine Seite des einzelnen TDI-Sensors mit dem Wafer, während sich das Signal in der entgegengesetzten Richtung auf der gegenüberliegenden Seite des einzelnen TDI-Sensors bewegt.

**[0044]** In einer anderen Ausführungsform können zusätzliche Strahlen von dem Strahlteiler 408 stammen, beispielsweise ein vierter Strahl, der von einem anderen Abschnitt des Strahlteilers 408 gesammelt wird, und ein fünfter Strahl, der von demselben Abschnitt von einem der ersten, zweiten, dritten oder vierten Strahlen gesammelt wird, jedoch mit einer anderen Polarisation. In einer anderen Ausführungsform können der vierte und der fünfte Strahl eine vorhandene gekoppelte Kamera 416, 418, 422 verwenden oder eine Kopplungskamera ähnlich dem ersten Strahl und dem dritten Strahl mitverwenden.

**[0045]** In einer anderen Ausführungsform können Signale von mindestens einer der gekoppelten Vorrichtungskameras 416, 418, 422 verwendet werden, um ein Waferbild durch TDI zu erzeugen. In dieser Hinsicht erzeugt jede gekoppelte Gerätekamera 416, 418, 422 ein Signal, das einem beleuchteten Feld entspricht, während sich der Wafer über die Zeit bewegt.

**[0046]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 4** ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Beleuchten und Inspizieren von Halbleiterwafern gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. In einer Ausführungsform wird ein Wafer 600 mit einem langen schmalen Beleuchtungsfeld beleuchtet. In einer anderen Ausführungsform wird der Wafer auf einem R-Theta-Tisch abgetastet 601, wo ein Inspektionssystem gestreute Photonen von dem sich bewegenden Wafer in einen Strahl sammelt 602. Bei einer anderen Ausführungsform wird der Strahl in eine Vielzahl von Kanälen aufgeteilt 603. In einer anderen Ausführungsform wird ein erster Strahl durch eine erste zeitverzögernde integrierte ladungsgekoppelte Einrichtung empfangen und verzögert 604, ein zweiter Strahl wird durch eine zweite zeitverzögernde integrierte ladungsgekoppelte Einrichtung empfangen und verzögert 608, und ein dritter Strahl wird durch eine dritte zeitverzögernde integrierte ladungsgekoppelte Einrichtung empfangen und verzögert 612.

**[0047]** In einer anderen Ausführungsform kann das Signal von dem ersten TDI um eine Dauer verzögert sein, die der linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers entspricht. In ähnlicher Weise

kann das Signal von dem zweiten TDI um eine Dauer verzögert werden, die der linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers entspricht, und das Signal von der dritten zeitverzögernden integrierten ladungsgekoppelten Vorrichtung kann um eine Dauer verzögert werden, die der linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers entspricht. In einer anderen Ausführungsform können einzelne Signale von jedem Signalstrom oder Teile von individuellen Signalen eingestellt, gefiltert oder anderweitig transformiert werden, um eine Unschärfe aufgrund von Unterschieden in der Lineargeschwindigkeit basierend auf variierenden Abständen jedes TDI-Sensorpixels von der Drehachse des Wafers zu belegen. In einer anderen Ausführungsform können Signale von dem ersten Signalstrom integriert (zusammengefasst) werden, um ein erstes Waferbild zu erzeugen 606; Signale von dem zweiten Signalstrom können integriert (zusammengefasst) werden, um ein zweites Waferbild zu bilden 610; und Signale von dem dritten Signalstrom können integriert (zusammengefasst) werden, um ein drittes Waferbild zu erzeugen 614. Ein Fachmann wird erkennen, dass die vorliegende Erfindung nicht auf drei Signalströme beschränkt ist und dass die hierin beschriebenen Prinzipien auf ein System mit N Signalströmen anwendbar sind.

**[0048]** Weiterhin kann jeder Signalstrom durch einen Prozessor analysiert werden, um Defekte zu detektieren. Signalströme, die dem von einem beleuchteten Wafer gesammelten Streulicht entsprechen, können einzeln oder zueinander oder durch Kombination der Signalströme zur Analyse analysiert werden.

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Inspektion von Halbleiter-Wafern (122, 202, 400) umfassend:  
 Beleuchten (600) eines sich bewegenden Wafers (122, 202, 400), der auf einem R-Theta-Tisch angeordnet ist, mit einem Beleuchtungsfeld (212);  
 Sammeln (602) von Licht von dem sich bewegenden Wafer (122, 202, 400);  
 Empfangen eines ersten Bildstroms von einem TDI-Sensor (118, 200, 416) während einer Rotationsab-tastung und Verzögern des ersten Bildstroms um eine Dauer, die einer linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) entspricht (604); und  
 Zusammenfassen des verzögerten ersten Bildstroms, um ein erstes Waferbild (124) zu erzeugen (606),  
 wobei:  
 der TDI-Sensor (118, 200, 416) ein oder mehrere Ausleseelemente (216, 220) umfasst, die einem Bereich der langen Dimension des TDI-Sensors (118, 200, 416, 418) entsprechen, wobei jedes der einen oder mehreren Ausleseelemente (216, 220)

einem Taktsignal (214, 218) zugeordnet ist, ein erstes Ausleseelement (216) des einen oder der mehreren Ausleseelemente (216, 220) dem ersten Bildstrom zugeordnet ist; und  
 ein erstes Taktsignal (214), das dem ersten Ausleseelement (216) zugeordnet ist, konfiguriert ist, um eine Unschärfe zu reduzieren, die durch eine lineare Geschwindigkeitsdisparität verursacht wird.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei:  
 das Beleuchten (600) des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) das Beleuchten des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) unter einem Winkel umfasst; und  
 das Sammeln (602) des Lichts das Ausschließen nicht gestreuter Photonen umfasst.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, zudem umfassend ein Verstärken des ersten Bildstroms, wobei der erste Bildstrom eine hohe Empfindlichkeit erfordert.

4. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, zudem umfassend:  
 Aufteilen des gesammelten Lichts in einen zweiten Bildstrom (603);  
 Empfangen des zweiten Bildstroms durch eine ladungsgekoppelte Einrichtung zur Zeitverzögerungsintegration (118, 200, 418); und  
 Zusammenfassen des zweiten verzögerten Bildstroms, um ein zweites Waferbild (124) zu erzeugen (610),  
 wobei ein zweites Taktsignal (218), das dem zweiten Bildstrom zugeordnet ist, konfiguriert ist, um eine Unschärfe zu reduzieren, die durch eine lineare Geschwindigkeitsdisparität verursacht wird.

5. Das Verfahren gemäß Anspruch 4, zudem umfassend ein Intensivieren mindestens eines des ersten Bildstroms und des zweiten Bildstroms mit entweder einem diskreten Verstärker (114) oder einem elektronenbombardierte(n) Gerät.

6. Das Verfahren gemäß Anspruch 4, zudem umfassend ein Analysieren mindestens eines des ersten Bildstroms und des zweiten Bildstroms, um Defekte in dem sich bewegenden Wafer (122, 202, 400) zu detektieren.

7. Das Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei der erste Bildstrom und der zweite Bildstrom durch getrennte Abschnitte der gleichen ladungsgekoppelten Einrichtung zur Zeitverzögerungsintegration (118, 200, 416, 418) empfangen werden.

8. Das Verfahren gemäß Anspruch 7, zudem umfassend ein Invertieren des zweiten Bildes (124), wobei der erste Bildstrom einer ersten Richtung der Waferbewegung entspricht und der zweite



Bildstrom einer entgegengesetzten Richtung entspricht.

9. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, zudem umfassend ein Einstellen einer Intensität des schmalen Beleuchtungsfeldes (212) basierend auf einem Abstand eines TDI (118, 200, 416, 418) von einer Drehachse des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400).

10. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das erste Taktsignal (214) eine variierende Frequenz aufweist, die einer linearen Geschwindigkeitsdisparität der ladungsgekoppelten Einrichtung zur Zeitverzögerungsintegration (118, 200, 416) relativ zu dem sich bewegenden Wafer (122, 202, 400) während verschiedener Abschnitte eines Rotationszyklus entspricht.

11. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Beleuchten (600) des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) ein Erzeugen einer Top-Hat-Beleuchtungsstruktur durch mindestens eines von einem diffraktiven optischen Element oder zwei oder mehr überlappenden Gauß-Spots umfasst.

12. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Beleuchtungsfeld (212) ein Flat-Top-Profil umfasst.

13. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Beleuchtungsfeld (212) ein Gaußsches Profil aufweist.

14. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Beleuchtungsfeld (212) ein Super-Gaußsches Profil aufweist.

15. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei der sich bewegende Wafer (122, 202, 400) unstrukturiert ist.

16. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei der sich bewegende Wafer (122, 202, 400) strukturiert ist.

17. Eine Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) umfassend:  
ein Beleuchtungssystem (100), das konfiguriert ist, um ein Feld eines sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) zu beleuchten;  
ein Bildsammelsystem (108, 402) mit einer oder mehreren Linsen, das konfiguriert ist, um Licht von dem sich bewegenden Wafer (122, 202, 400) zu sammeln;  
einen Strahlteiler (112, 408), der konfiguriert ist, um das gesammelte Licht in einen ersten Bildstrom und einen zweiten Bildstrom aufzuteilen;  
einen ersten TDI-Sensor (118, 200, 416), der konfiguriert ist, um den ersten Bildstrom um eine Dauer

zu empfangen und zu verzögern, die einer linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) entspricht, wobei der TDI-Sensor (118, 200, 416) mindestens ein Ausleseelement (216, 220) umfasst, das einem Bereich der langen Dimension des TDI-Sensors (118, 200, 416, 418) entspricht und das einem Taktsignal (214, 218) zugeordnet ist, das konfiguriert ist, um eine Unschärfe zu reduzieren, die durch eine lineare Geschwindigkeitsdisparität verursacht wird;  
einen zweiten TDI-Sensor (118, 200, 418), der konfiguriert ist, um den zweiten Bildstrom um eine Dauer zu empfangen und zu verzögern, die einer linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) entspricht; und  
ein Bildverarbeitungscomputer (120), der konfiguriert ist, um ein erstes Waferbild (124) aus dem ersten verzögerten Bildstrom und ein zweites Waferbild (124) aus dem zweiten verzögerten Bildstrom zu erzeugen.

18. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17, wobei das Beleuchtungssystem (100) so konfiguriert ist, dass es den sich bewegenden Wafer (122, 202, 400) unter einem Winkel beleuchtet, und wobei die eine oder mehreren Linsen des Bildsammelsystems (108, 402) so konfiguriert sind, dass nicht gestreute Photonen ausgeschlossen werden.

19. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 18, wobei die Beleuchtungsquelle (100) einen oder mehrere Laser umfasst.

20. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 19, wobei jeder von dem einen oder den mehreren Lasern konfiguriert ist, um in verschiedenen Wellenlängen zu arbeiten.

21. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 18, wobei die Beleuchtungsquelle (100) so konfiguriert ist, dass sie den sich bewegenden Wafer (122, 202, 400) in einem Winkel zwischen 60° und 85° beleuchtet.

22. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17, wobei das Bildsammelsystem (108, 402) ein refraktiv basiertes Sammelsystem umfasst.

23. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17, wobei das Bildsammelsystem (108, 402) ein katadioptrisch basiertes Sammelsystem umfasst.

24. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17 zudem umfassend einen oder mehrere Verstärker (114, 412), wobei jeder der einen oder mehreren Verstärker (114,

412) so konfiguriert ist, dass er einen oder mehrere des ersten Bildstroms und des zweiten Bildstroms verstärkt.

25. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17, wobei das Beleuchtungssystem (100) so konfiguriert ist, dass es eine Intensität des schmalen Beleuchtungsfeldes (212) basierend auf einem Abstand eines TDI (118, 200, 416, 418) von einer Drehachse des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) einstellt.

26. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17, wobei das Beleuchtungssystem (100) zur Steuerung der Polarisierung von emittiertem Licht ausgebildet ist.

27. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17, wobei das Bildsammlungssystem (108, 402) konfiguriert ist, um das gesammelte Licht basierend auf der Polarisierung zu filtern.

28. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17, wobei der erste TDI-Sensor (118, 200, 416) einer ersten Vergrößerung zugeordnet ist.

29. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 28, wobei der zweite TDI-Sensor (118, 200, 418) einer zweiten Vergrößerung zugeordnet ist.

30. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17, wobei der sich bewegende Wafer (122, 202, 400) unstrukturiert ist.

31. Die Inspektionsmaschine für Wafer (122, 202, 400) nach Anspruch 17, wobei der sich bewegende Wafer (122, 202, 400) strukturiert ist.

32. Eine Wafer-Abbildungsvorrichtung umfassend:  
eine Beleuchtungseinrichtung (100) zum Beleuchten eines sich bewegenden Wafers (122, 202, 400);  
eine Bildsammleinrichtung (108, 402) mit einer oder mehreren Linsen zum Sammeln von Streulicht von dem sich bewegenden Wafer (122, 202, 400);  
eine Strahlteilungseinrichtung (112, 408) zum Aufteilen des gesammelten gestreuten Lichtes in einen ersten Bildstrom und einen zweiten Bildstrom;  
eine erste Abbildungseinrichtung zur Zeitverzögerung (118, 200, 416) zum Empfangen und Verzögern des ersten Bildstroms um eine Dauer, die einer linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) entspricht, wobei der TDI-Sensor (118, 200, 416) mindestens ein Ausleseelement (216, 220) umfasst, das einem Bereich der langen Dimension des TDI-Sensors (118, 200, 416) entspricht und das einem Taktsignal (214)

zugeordnet ist, das konfiguriert ist, um eine Unschärfe zu reduzieren, die durch eine lineare Geschwindigkeitsdisparität verursacht wird;  
eine zweite Abbildungseinrichtung zur Zeitverzögerung (118, 200, 418) zum Empfangen und Verzögern des zweiten Bildstroms um eine Dauer, die einer linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) entspricht; und  
eine Bildverarbeitungseinrichtung (120) zum Erzeugen eines ersten Waferbilds (124) auf der Grundlage des ersten verzögerten Bildstroms und eines zweiten Waferbilds (124) auf der Grundlage des zweiten verzögerten Bildstroms.

33. Die Wafer-Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 32, wobei die Beleuchtungseinrichtung (100) zum Beleuchten des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) unter einem Winkel konfiguriert ist; und die Bildsammleinrichtung (108, 402) so konfiguriert ist, dass sie nicht gestreute Photonen ausschließt.

34. Die Wafer-Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 32, zudem umfassend eine Verstärkungseinrichtung (114, 412) zum Verstärken des ersten Bildstroms.

35. Die Wafer-Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 32, wobei die Strahlteilungseinrichtung (114) ferner ausgebildet ist, das gesammelte Streulicht in einen dritten Bildstrom aufzuteilen;  
die erste Abbildungseinrichtung zur Zeitverzögerung (118, 200, 416) ferner zum Empfangen und Verzögern des dritten Bildstroms um eine Dauer konfiguriert ist, die einer linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) entspricht; und die Bildverarbeitungseinrichtung (120) ferner zum Erzeugen eines dritten Bildes (124) auf der Grundlage des dritten Bildstroms konfiguriert ist.

36. Die Wafer-Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 35, zudem umfassend ein Verarbeitungselement, das konfiguriert ist, um einen oder mehrere von dem ersten Bildstrom, dem zweiten Bildstrom und dem dritten Bildstrom zu empfangen und zu analysieren, um Defekte in dem sich bewegenden Wafer (122, 202, 400) zu detektieren.

37. Die Wafer-Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 35, wobei der Strahlteiler (114) ferner so konfiguriert ist, dass er das gesammelte Streulicht in einen vierten Bildstrom aufteilt.

38. Die Wafer-Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 37, wobei der Strahlteiler (114) ferner so konfiguriert ist, dass er das gesammelte Streulicht in einen fünften Bildstrom aufteilt.

39. Die Wafer-Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 38, wobei der Strahlteiler (114) ferner so konfiguriert ist, dass er das gesammelte Streulicht in einen sechsten Bildstrom aufteilt.

40. Die Wafer-Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 32, wobei die Beleuchtungseinrichtung (100) konfiguriert ist, um eine Intensität des schmalen Beleuchtungsfeldes (212) basierend auf einem Abstand eines TDI (118, 200, 416, 418) von einer Drehachse des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) einzustellen.

41. Ein Verfahren zur Inspektion von Halbleiter-Wafern (122, 202, 400) umfassend:  
Beleuchten (600) eines sich bewegenden Wafers (122, 202, 400), der auf einem R-Theta-Tisch angeordnet ist, mit einem Beleuchtungsfeld (212);  
Sammeln (602) von Licht von dem sich bewegenden Wafer (122, 202, 400);  
Empfangen eines ersten Bildstroms von einem TDI-Sensor (118, 200, 416) während einer Rotationsab-tastung und Verzögern des ersten Bildstroms um eine Dauer, die einer linearen Geschwindigkeit des sich bewegenden Wafers (122, 202, 400) entspricht (604); und  
Zusammenfassen des verzögerten ersten Bildstroms, um ein erstes Waferbild (124) zu erzeugen (606), wobei:  
der TDI-Sensor (118, 200, 416) Pixel entlang der Integrationsrichtung gruppiert;  
der TDI-Sensor (118, 200, 416) ein oder mehrere Ausleseelemente (216, 220) umfasst, die einem Bereich der langen Dimension des TDI-Sensors (118, 200, 416, 418) entsprechen, wobei jedes der einen oder mehreren Ausleseelemente (216, 220) einem Taktsignal (214, 218) zugeordnet ist, ein erstes Ausleseelement (216) des einen oder der mehreren Ausleseelemente (216, 220) dem ersten Bildstrom zugeordnet ist; und  
ein erstes Taktsignal (214), das dem ersten Ausleseelement (216) zugeordnet ist, konfiguriert ist, um eine Unschärfe zu reduzieren, die durch eine lineare Geschwindigkeitsdisparität verursacht wird.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

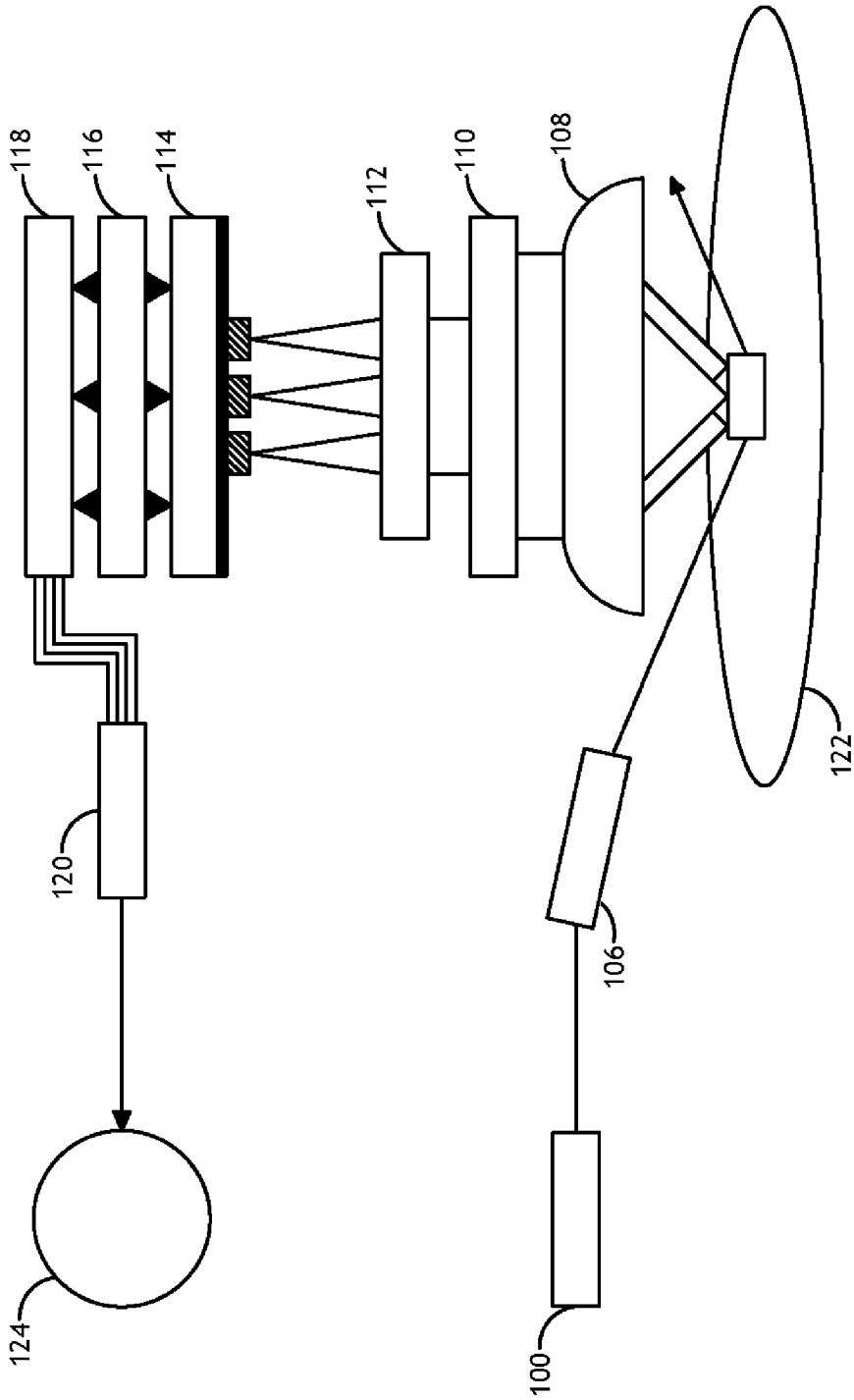


FIG. 1

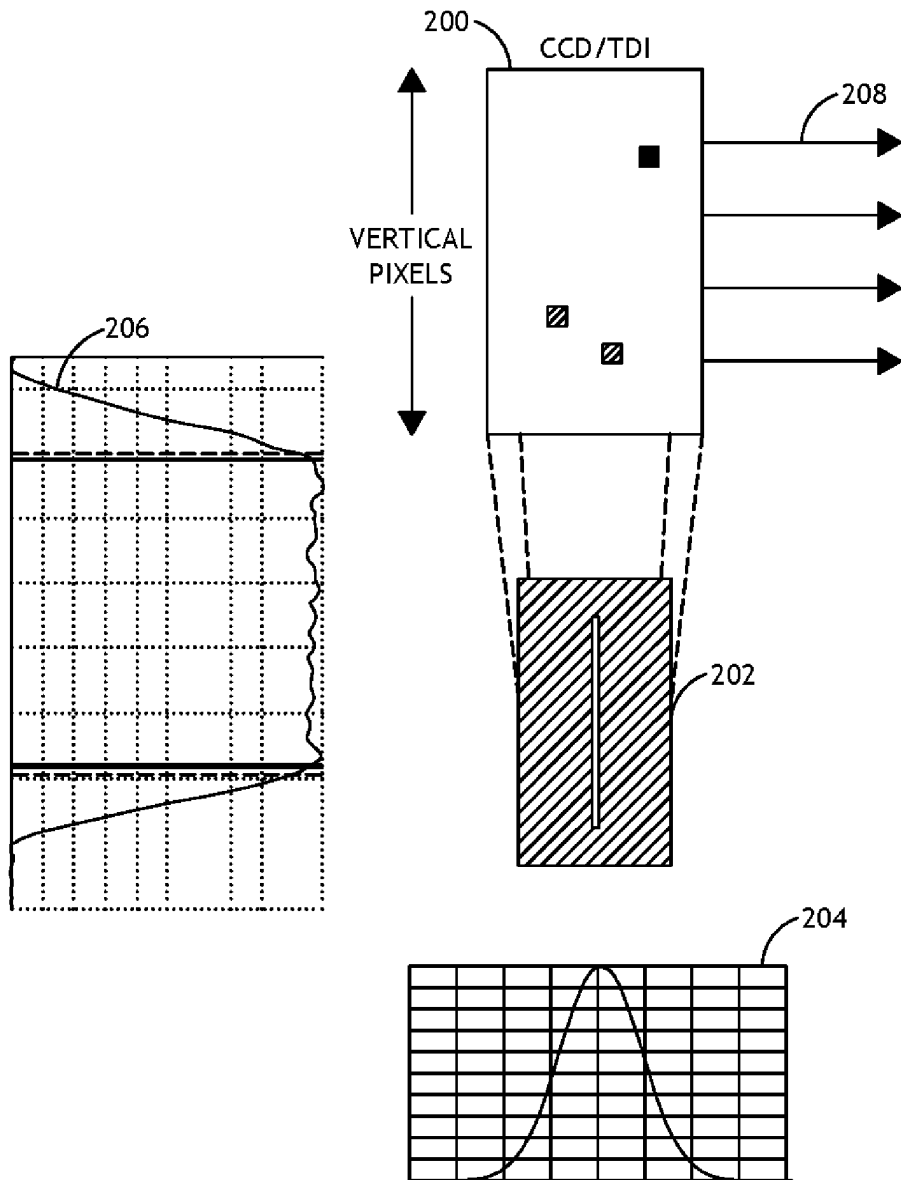


FIG. 2A

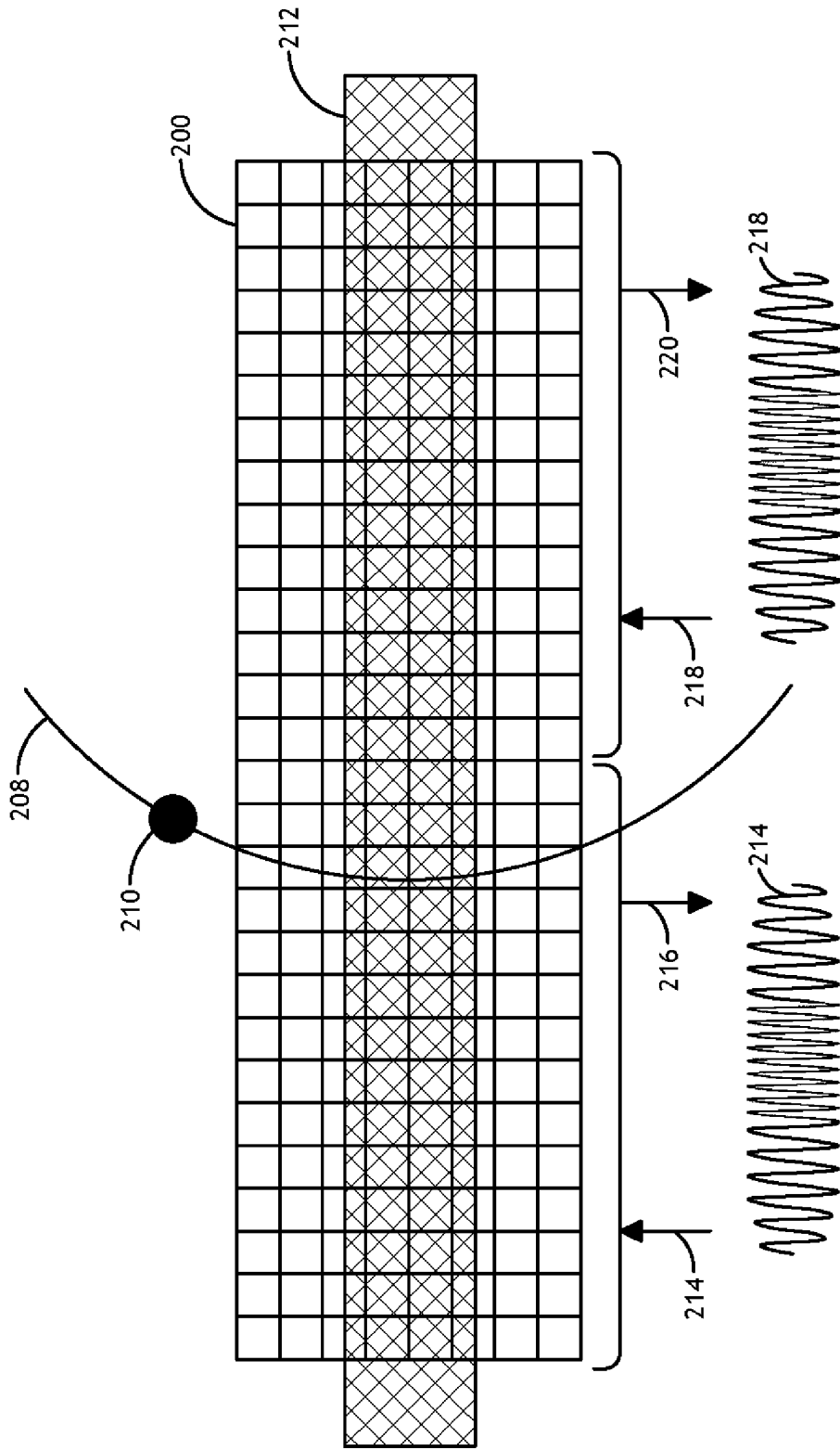


FIG. 2B

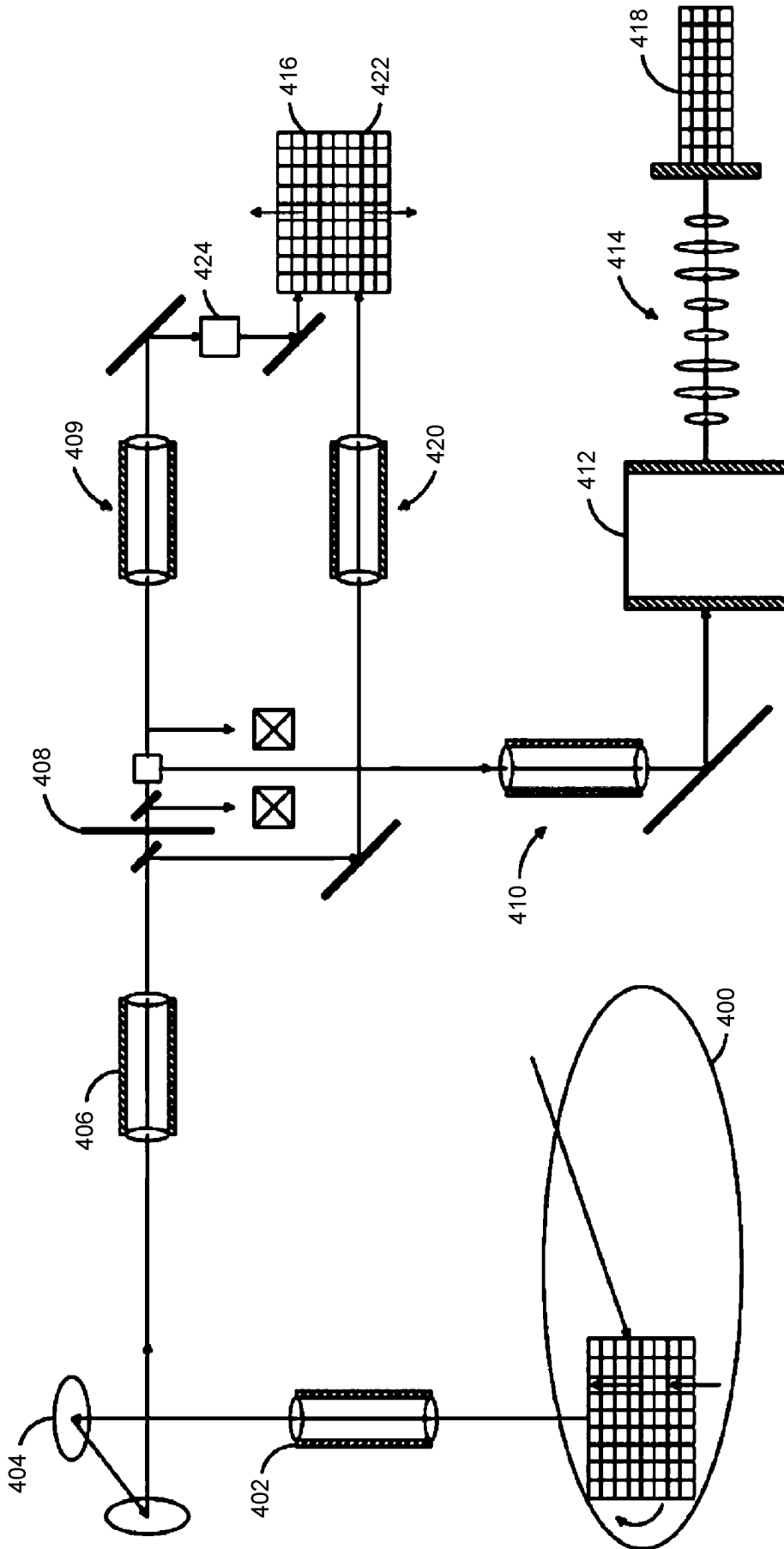


FIG. 3

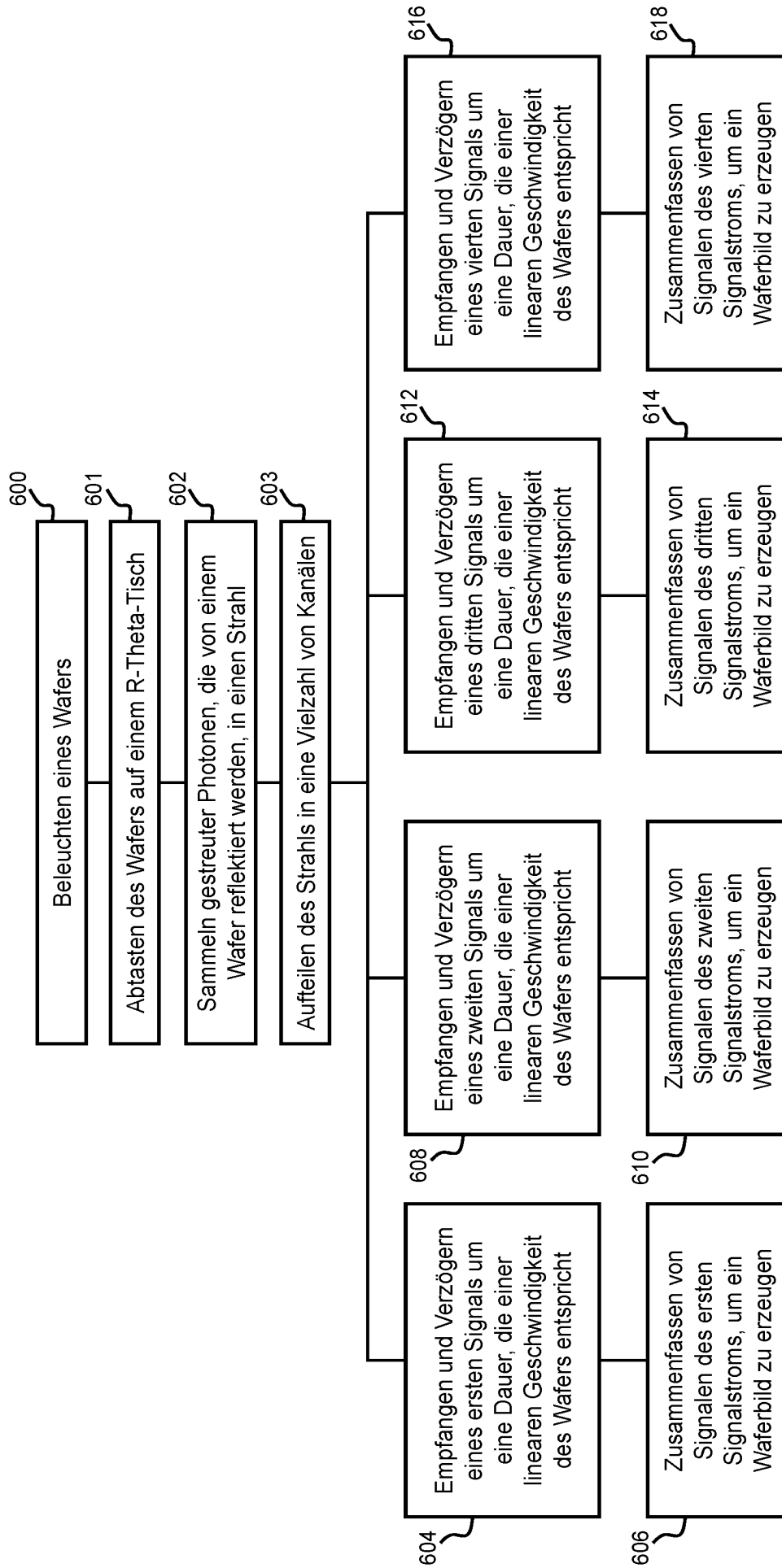


FIG. 4