



(10) **DE 11 2014 001 171 B4** 2024.08.01

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 001 171.1**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2014/021329**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/138443**  
(86) PCT-Anmeldetag: **06.03.2014**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.09.2014**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **12.11.2015**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **01.08.2024**

(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:

**13/788,756**                      **07.03.2013**      **US**

(73) Patentinhaber:

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

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

**Lewis, Isabella, San Jose, Calif., US**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>7 280 197</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>2006 / 0 250 610</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2007- 206 441</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Begutachtung eines gekrümmten Randes einer Probe**

(57) Hauptanspruch: System (100) zur Begutachtung eines gekrümmten Randes (102) einer Probe (101), umfassend:

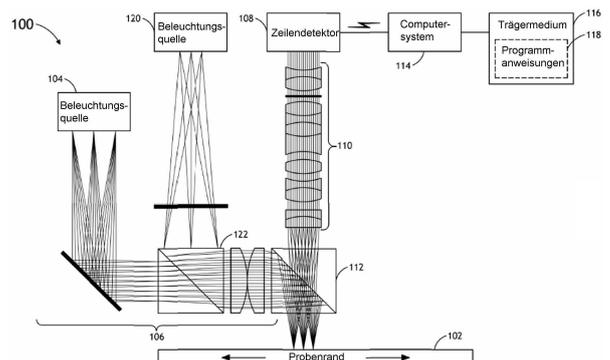
einen Probentisch, um eine Probe (101) zu tragen;  
mindestens eine Beleuchtungsquelle (104), um einen Rand (102) der Probe (101) mit Beleuchtung zu beleuchten, welche von der mindestens einen Beleuchtungsquelle (104) entlang eines Beleuchtungsstrahlengangs, welcher eine oder mehrere Beleuchtungsoptiken (106) beinhaltet, ausgeht;

einen Zeilendetektor (108), um Beleuchtung zu empfangen, welche von dem Rand (102) der Probe (101) entlang eines Sammelstrahlengangs, der eine oder mehrere Sammeloptiken (110) beinhaltet, reflektiert wird;

mindestens einen Aktuator, der mit dem Zeilendetektor (108) und der einen oder den mehreren Sammeloptiken (110) mechanisch gekoppelt ist, wobei der mindestens eine Aktuator dazu ausgebildet ist, den Zeilendetektor (108) und die eine oder die mehreren Sammeloptiken (110) radial entlang eines Bewegungsweges zu bewegen, welcher durch den Rand (102) der Probe (101) definiert ist, wobei der mindestens eine Aktuator ferner an die mindestens eine Beleuchtungsquelle (104) und die eine oder die mehreren Beleuchtungsoptiken (106) gekoppelt ist, und wobei der mindestens eine Aktuator ferner dazu ausgebildet ist, die mindestens eine Beleuchtungsquelle (104) und die eine oder die mehreren Beleuchtungsoptiken (106) radial entlang des Bewegungsweges, welcher von dem

Rand (102) der Probe (101) definiert wird, zu bewegen, wobei die mindestens eine Beleuchtungsquelle (104) mindestens eine Leuchtdiode beinhaltet, welche zu stroboskopischer Beleuchtung ausgebildet ist, um eine ungleichmäßige Bewegung durch den mindestens einen Aktuator auszugleichen; und

ein Computersystem (114), das mit dem Zeilendetektor (108) in kommunikativer Verbindung steht, wobei das Computersystem (114) dazu ausgebildet ist, wenigstens ein Begutachtungsbild zumindest eines Teils des Randes (102) der Probe (101) unter Verwendung von Scan-Daten, die mit durch den Zeilendetektor (108) von einer Vielzahl von Orten entlang des Randes (102) der Probe (101) empfangener Beleuchtung assoziiert sind, zu generieren.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet der Probenbegutachtung und spezieller auf die Begutachtung eines gekrümmten Probenrandes.

## HINTERGRUND

**[0002]** Der Stand der Technik kennt mehrere Verfahren zur Begutachtung eines gekrümmten Randes einer Probe, etwa eines Halbleiterwafers. Beispielsweise nehmen einige Waferrandbegutachtungssysteme ein zweidimensionales Bild unter einem kleinen Winkel zur Senkrechten auf den Wafer auf, wobei die Beleuchtung unter dem reflektierten Winkel einen Winkelbereich möglicher lokaler Normalenwinkel der Waferoberfläche abdeckt. Einige andere Systeme beinhalten eine zweidimensionale Kamera, welche senkrecht auf den Waferrand gerichtet ist. In einer anderen Klasse von Systemen ist eine TDI-Kamera mit einem zentralen Pixel senkrecht zum lokalen Waferrand dazu ausgebildet, den auf einem Radialtisch drehenden Wafer abzubilden. Alle vorgenannten Systeme weisen jedoch eine beschränkte Tiefenschärfe und / oder beträchtliche Bildabschattung, welche sich aus dem Einfallswinkel zwischen der Beleuchtung und dem Waferrand ergibt, auf. Die Tiefenschärfe und die Abschattung können das verwendbare Gesichtsfeld auf sehr schmale Streifen beschränken.

**[0003]** JP 2007 206 441 A offenbart einen drehbaren Wafertisch. Der Rand eines darauf positionierten Wafers wird mit konvergentem Licht beleuchtet. Davon gestreutes Licht wird mit einem Zeilendetektor erfasst. Letztlich wird ein konfokales Bild des gesamten Waferrandes erzeugt.

**[0004]** US 7 280 197 B1 offenbart ein System zur Inspektion des Waferrandes. Bilder von Randbereichsabschnitten des Wafers werden auf das Sensorfeld eines einzigen Zeilensensors projiziert.

**[0005]** US 2006 / 0 250 610 A1 betrifft die Waferrandinspektion. Strahlung wird auf die Oberfläche des Wafers gerichtet und von der Oberfläche gestreute Strahlung wird erfasst. Dabei ist eine Relativbewegung, insbesondere Rotation, zwischen dem Wafer und dem Inspektionssystem möglich.

## ÜBERSICHT

**[0006]** Die Offenbarung ist auf Systeme und Verfahren gerichtet, welche die Mängel des Stands der Technik beheben, um die Aufnahme hochaufgelöster Begutachtungsbilder über den Probenrand zu ermöglichen. In einigen Ausführungsformen können

die unten beschriebenen Systeme und Verfahren auf Anwendungen jenseits der Begutachtungsabbildung ausgedehnt werden, etwa, aber nicht beschränkt auf, Inspektion über den Waferrand oder Schichtbegutachtung oder Inspektion unter einem ausgewählten Einfallswinkel in radialen Schnittebenen.

**[0007]** In einer Ausführungsform ist die Offenbarung auf ein System zur Begutachtung eines gekrümmten Randes einer Probe gerichtet, wobei Probleme mit der Tiefenschärfe durch einen Zeilen-Scan entlang des Waferrandes vermieden werden. Das System beinhaltet einen Probentisch, der dazu ausgebildet ist, eine Probe zu tragen, und mindestens eine Beleuchtungsquelle, die dazu ausgebildet ist, einen Rand der Probe mit Beleuchtung zu beleuchten, welche entlang eines Beleuchtungsstrahlengangs, der durch eine oder mehrere Beleuchtungsoptiken definiert ist, ausgeht. Ein Zeilendetektor ist dazu ausgebildet, Beleuchtung zu empfangen, welche von dem Rand der Probe entlang eines Sammelstrahlengangs, der durch eine oder mehrere Sammeloptiken definiert ist, reflektiert wird. Mindestens ein Aktuator ist dazu ausgebildet, den Zeilendetektor und die eine oder die mehreren Sammeloptiken radial entlang eines Bewegungsweges zu bewegen, der durch den Rand der Probe definiert ist, um entlang des Probenrandes zu scannen. Ein Computersystem, das mit dem Zeilendetektor kommunikativ verbunden ist, ist dazu ausgelegt, mindestens ein Begutachtungsbild zumindest eines Teils des Probenrandes zu erzeugen, indem Zeilen-Scans zusammengestellt werden, die mit Beleuchtung assoziiert sind, welche durch den Zeilendetektor von einer Vielzahl von Orten entlang des Randes der Probe empfangen wurde.

**[0008]** In einer anderen Ausführungsform ist die Offenbarung auf ein System gerichtet, welches eine erste Beleuchtungsquelle enthält, welche dazu ausgebildet ist, einen Rand der Probe mit Beleuchtung zu beleuchten, welche entlang eines ersten Beleuchtungsstrahlengangs ausgeht, und eine zweite Beleuchtungsquelle, welche dazu ausgebildet ist, den Rand der Probe mit Beleuchtung zu beleuchten, welche entlang eines zweiten Beleuchtungsstrahlengangs ausgeht. In einigen Ausführungsformen beinhaltet das System ferner einen Strahlteiler, der dazu ausgebildet ist, den ersten Beleuchtungsstrahlengang und den zweiten Beleuchtungsstrahlengang zu einem gemeinsamen Strahlengang zu vereinen, welcher zum Probenrand führt. Die erste Beleuchtungsquelle und die zweite Beleuchtungsquelle können für einen getrennten Betrieb ausgelegt sein, um eine Hellfeldabbildung beziehungsweise eine Dunkelfeldabbildung des Probenrandes zu ermöglichen. In einigen Ausführungsformen ist ein gemeinsames Objektiv dazu ausgebildet, für jede der beiden Abbildungsarten vom Probenrand reflektierte Beleuchtung zu sammeln.

**[0009]** In noch einer weiteren Ausführungsform ist die Offenbarung auf ein Verfahren gerichtet, einen gekrümmten Probenrand in Übereinstimmung mit den vorstehend genannten Systemen zu inspizieren. Das Verfahren kann zumindest die folgenden Schritte enthalten: Beleuchten eines Randes einer Probe mit Beleuchtung, welche von einer ersten Beleuchtungsquelle entlang eines ersten Beleuchtungsstrahlengangs ausgeht, der eine oder mehrere Beleuchtungsoptiken enthält; Empfangen von Beleuchtung, die von dem Rand der Probe entlang eines Sammelstrahlengangs reflektiert wurde, der eine oder mehrere Sammeloptiken enthält, unter Verwendung eines Zeilendetektors; Bewegen des Zeilendetektors und der einen oder der mehreren Sammeloptiken radial entlang eines Bewegungsweges, der durch den Rand der Probe definiert wird; und Erzeugen mindestens eines Begutachtungsbildes zumindest eines Teils des Randes der Probe unter Verwendung von Scan-Daten, welche mit Beleuchtung assoziiert sind, die durch den Zeilendetektor von einer Vielzahl von Orten entlang des Randes der Probe empfangen wurde.

**[0010]** In noch einer weiteren Ausführungsform können Begutachtungsbilder von der nichtgekrümmten Oberseite oder Unterseite der Probe unter Verwendung eines zweidimensionalen (2-D)-Sensors (im Gegensatz zu einem Zeilen-Detektor) aufgenommen werden. In einigen Ausführungsformen kann die Zeilendetektionsfunktion dadurch erzielt werden, dass ein begrenztes Auslesen eines 2-D-Sensors mit einer minimalen Anzahl von Zeilen (d.h. im Bereich von 8 Zeilen) erfolgt. Dies würde es ermöglichen, dass ein 2-D-Sensor zur schnellen Abbildung der flachen Ober- und Unterseiten des Wafers vorhanden ist, und ein schneller Pseudo-Zeilen-Scan des Randes des Wafers möglich ist.

**[0011]** Sowohl die vorstehende allgemeine Beschreibung als auch die folgende detaillierte Beschreibung sind lediglich beispielhaft und erklärend, und stellen nicht notwendigerweise eine Einschränkung der vorliegenden Offenbarung dar. Die beigefügten Zeichnungen, die der Beschreibung eingegliedert sind und einen Teil davon darstellen, zeigen offenbarte Gegenstände. Zusammen dienen die Beschreibungen und die Zeichnungen dazu, die Prinzipien der Offenbarung zu erläutern.

**[0012]** Die Erfindung ist durch die angehängten Ansprüche definiert.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0013]** Die vielen Vorteile der Offenbarung können vom Fachmann besser verstanden werden durch Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen, in denen:

**Fig. 1** ein Blockdiagramm ist, welches ein System zur Begutachtung eines Randes einer Probe zeigt, gemäß einer Ausführungsform dieser Offenbarung;

**Fig. 2** einen Zeilendetektor und Sammeloptiken zeigt, welche radial um den Rand einer Probe bewegt werden, gemäß einer Ausführungsform dieser Offenbarung;

**Fig. 3** ein Blockdiagramm ist, das ein System zur Begutachtung eines Randes einer Probe zeigt, das ferner eine Photovervielfacher-Röhre zur Inspektion des Randes der Probe enthält, gemäß einer Ausführungsform dieser Offenbarung; und

**Fig. 4** ein Flussdiagramm ist, das ein Verfahren zur Begutachtung eines Randes einer Probe zeigt, gemäß einer Ausführungsform dieser Offenbarung.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0014]** Nun wird im Detail auf den offenbarten Gegenstand Bezug genommen, der in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist.

**[0015]** Die **Fig. 1** bis **4** zeigen allgemein ein System 100 und ein Verfahren 200 zum Aufnehmen von Begutachtungsbildern entlang eines gekrümmten Randes 102 einer Probe 101, etwa eines Wafers, durch einen Zeilen-Scan über den Probenrand 102. Der Zeilen-Scan über den Rand der Probe kann Verbesserungen hinsichtlich der erforderlichen Tiefenschärfe, des erforderlichen Kegelwinkels der Hellfeld-Beleuchtung ermöglichen, und so das verwendbare Gesichtsfeld im Vergleich zu Systemen und Verfahren des Stands der Technik vergrößern. Demgemäß können, wegen einer Reduzierung der Beschränkungen hinsichtlich der Tiefenschärfe und der Beleuchtung, welche bei gegenwärtigen Wafer-randbegutachtungssystemen gemeinhin vorliegen, Begutachtungsbilder mit reduzierter Bildabschattung aufgenommen werden. Ferner kann ein verbessertes Gesichtsfeld die Begutachtung bestimmter Defekte von Interesse, etwa Absplitterungen am Rand, auf verhältnismäßig kleiner Skala (z.B. im Bereich eines Millimeters), ermöglichen.

**[0016]** **Fig. 1** zeigt ein System 100 zur Begutachtung eines Randes 102 einer Probe 101, gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung. Das System 100 beinhaltet zumindest eine Beleuchtungsquelle 104, welche dazu ausgebildet ist, den Probenrand 102 zu beleuchten, indem sie Beleuchtung entlang eines Beleuchtungsstrahlengangs, der durch eine oder mehrere Beleuchtungsoptiken 106 definiert ist, bereitstellt. Die Probe 101 kann durch einen Probentisch getragen werden, welcher dazu ausgebildet ist, die Probe 101 zu einer ausgewählten Position zu bewegen (d.h. einen Defekt von Inte-

resse in den Blick zu nehmen). Zum Beispiel kann der Probenstisch an einen oder mehrere Motoren, Servos oder weitere Bewegungsmittel mechanisch gekoppelt sein oder diese beinhalten, welche dazu ausgebildet sind, die Probe 101 um ihre zentrale Achse zu drehen, um einen ausgewählten Bereich des Probenrandes 102 in den Blick zu nehmen.

**[0017]** Das System 100 beinhaltet ferner zumindest einen Zeilendetektor 108, etwa eine polychrome oder monochrome Zeilen-Scan-Kamera (z.B. eine lineare CCD- oder CMOS-Sensoranordnung). Der Zeilendetektor 108 ist dazu ausgebildet, zumindest einen Teil der Beleuchtung zu empfangen, welche von dem Probenrand 102 entlang eines Sammelseitstrahlengangs, der durch eine oder mehrere Sammeloptiken 110 definiert ist, reflektiert wird. Diese Zeilen-Scan-Kamera-Funktion kann auch durch Verwendung eines 2-D-Sensors und Beschränkung auf eine minimale Anzahl von Zeilen erzielt werden. In einigen Ausführungsformen beinhalten die Sammeloptiken 110 eine Objektivlinsenordnung, etwa ein Hellfeldobjektiv. Ein zwischen der Sammeloptik 110 und dem Probenrand 102 angeordneter Strahlteiler 112 kann dazu ausgebildet sein, Beleuchtung von dem Beleuchtungsstrahlengang zu dem Probenrand 102 zu lenken, und von dem Probenrand 102 reflektierte Beleuchtung zurück durch die Sammeloptik 110 zu dem Zeilendetektor 108 zu lenken. Die Anbringung unterhalb des Objektivs 110 kann Änderungen des Einfallswinkels ermöglichen; jedoch kann der Strahlteiler 112 alternativ zwischen dem Zeilendetektor 108 und dem Objektiv 110 angeordnet werden, wenn der Einfallswinkel beim Scannen des Probenrandes 102 im Wesentlichen gleich gehalten wird.

**[0018]** Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist der Zeilendetektor 108 dazu ausgebildet, über zumindest einen Bereich des Probenrandes 102 zu scannen, indem er einem Bewegungsweg folgt, der durch das Randprofil definiert ist. Einer oder mehrere Aktuatoren sind mechanisch zumindest an den Zeilendetektor 108 und die Sammeloptik 110 gekoppelt. In einigen Ausführungsformen werden der Zeilendetektor 108 und die Sammeloptik 110 durch einen Tisch getragen, welcher mit dem einen oder den mehreren Aktuatoren gekoppelt ist. Der eine oder die mehreren Aktuatoren sind dazu ausgebildet, den Zeilendetektor 108 und die Sammeloptik 110 radial entlang des Bewegungsweges (über und unter einem Bereich der Probe 101) zu bewegen, um das Scannen über den ausgewählten Bereich des Probenrandes 102 zu ermöglichen.

**[0019]** Der eine oder die mehreren Aktuatoren können dazu ausgebildet sein, den Zeilendetektor 108 und die Sammeloptik 110 translatorisch zu bewegen und / oder zu rotieren, zumindest entlang dreier Achsen (oder von sechs Freiheitsgraden), um eine Steuerung des Fokus und des Einfallswinkels zu

ermöglichen. In einigen Ausführungsformen sind auch die Beleuchtungsquelle 104 und die Beleuchtungsoptik 106 an den einen oder die mehreren Aktuatoren gekoppelt, der Bequemlichkeit beim Scannen wegen. Zum Beispiel können die Beleuchtungsquelle 104 und die Optik 106 auf dem Tisch, welcher den Zeilendetektor 108 und die Sammeloptik 100 trägt, angeordnet sein, um simultane Bewegung zu ermöglichen. In manchen Ausführungsformen kann eine Vielzahl von Aktuatoren (z.B. Motoren / Servos) zusammenwirken, um dem Randprofil unter Beibehaltung eines im Wesentlichen gleichen Fokuspunkts und Einfallswinkels (z.B. im Wesentlichen senkrechter Einfall) zu folgen. Dementsprechend kann der Zeilendetektor 108 in der Lage sein, Begutachtungsbilder hoher Auflösung (z.B. 3 bis 5  $\mu\text{m}$  Pixelauflösung) von dem gescannten Bereich des Probenrandes 102 aufzunehmen.

**[0020]** In manchen Ausführungsformen beinhaltet das System 100 ferner eine zweite Beleuchtungsquelle 120, welche dazu ausgebildet ist, Beleuchtung entlang eines zweiten Beleuchtungsstrahlengangs bereitzustellen, um den Probenrand 102 zu beleuchten. Ein Strahlteiler 122 kann dazu ausgebildet sein, einen ersten Beleuchtungsstrahlengang, der der ersten Beleuchtungsquelle 104 zugeordnet ist, und den zweiten Beleuchtungsstrahlengang, der der zweiten Beleuchtungsquelle 120 zugeordnet ist, zu einem gemeinsamen Beleuchtungsstrahlengang zu vereinen, der zum Probenrand 102 führt. Jeder Kanal kann dazu ausgebildet sein, den Probenrand 102 gemäß einem anderen Begutachtungsprotokoll abzubilden. Beispielsweise kann die erste Beleuchtungsquelle 104 dazu ausgebildet sein, den Probenrand 102 zu beleuchten, um Hellfeld-Begutachtungsbilder aufzunehmen, und die zweite Beleuchtungsquelle 120 kann dazu ausgebildet sein, den Probenrand 102 zu beleuchten, um Dunkelfeld-Begutachtungsbilder aufzunehmen. In jedem der beiden Betriebsmodi kann die gleiche Sammeloptik 110 (z.B. ein Hellfeldobjektiv) dazu ausgebildet sein, Beleuchtung, welche von dem Probenrand 102 reflektiert wird, auf den Zeilendetektor 108 zu lenken. Demgemäß kann der Zeilendetektor 108 dazu ausgebildet sein, Hellfeld- oder Dunkelfeld-Begutachtungsbilder des Probenrandes 102 aufzunehmen, in Abhängigkeit von der Beleuchtungsquelle 104 oder 120, welche den Probenrand 102 während eines Scans beleuchtet.

**[0021]** Mindestens ein Computersystem 114, welches mit dem Zeilendetektor 108 kommunikativ verbunden ist, ist dazu ausgebildet, Daten zu verarbeiten, welche von einer Vielzahl von gescannten Orten entlang des Probenrandes 102 aufgenommen wurden. Zum Beispiel kann das Computersystem 114 dazu ausgebildet sein, ein Begutachtungsbild zumindest eines Bereichs des Probenrandes 102 zu erzeugen, indem mehrere Zeilen-Scans zusammenge-

fasst werden. In einigen Ausführungsformen kann das Computersystem 114 zumindest einen Prozessor (z.B. Single-Core- oder Multi-Core-Prozessor) beinhalten, der dazu ausgebildet ist, Programmweisungen 118 vom mindesten einem Trägermedium 116 auszuführen, wobei die Programmweisungen 118 den Prozessor veranlassen, einen oder mehrere der hierin beschriebenen Schritte oder Funktionen auszuführen. Das eine oder die mehreren Computersysteme 114 können ferner dazu ausgebildet sein, den einen oder die mehreren Aktuatoren des Probenstisches oder der Beleuchtungs-/Sammeloptik zu steuern, um einen ausgewählten Bereich des Probenrandes 102 zu scannen, wie oben beschrieben.

**[0022]** In einigen Ausführungsformen sind das eine oder die mehreren Computersysteme 114 ferner dazu ausgebildet, die Beleuchtungsquellen 104 und / oder 120 zu steuern, um Beleuchtungspulse bereitzustellen, für die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung und / oder den Fokus, während der Probenrand 102 gescannt wird. Beispielsweise kann jede Beleuchtungsquelle 104 / 120 mindestens eine Leuchtdiode (LED) beinhalten, die dazu ausgebildet ist, die Beleuchtung stroboskopisch zu gestalten, um Schwankungen in der Beleuchtungsintensität auszugleichen, die zwischen Scan-Positionen als Folge ungleichmäßiger Bewegung entlang des Bewegungsweges auftreten können.

**[0023]** Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform des Systems 100, welche eine Streukanal-Photovervielfacher-Röhre 124 beinhaltet, um Inspektion zusätzlich zur Begutachtung des Probenrandes 102 zu ermöglichen. In einigen Ausführungsformen ist die Photovervielfacher-Röhre 124 anstelle der zweiten Beleuchtungsquelle 120 (von Fig. 1) vorgesehen, wobei der Strahlteiler 122 dazu ausgebildet ist, zumindest einen Teil der Beleuchtung, die von dem Probenrand 102 reflektiert oder gestreut wurde, entlang eines Streukanals zu der Photovervielfacher-Röhre 124 zu lenken. Alternativ ist der Streukanal zusätzlich zu dem ersten und dem zweiten Beleuchtungskanal vorgesehen, und verwendet einen zusätzlichen Strahlteiler in Reihe mit dem ersten Strahlteiler 122. Das eine oder die mehreren Computersysteme 108 können des Weiteren mit der Photovervielfacher-Röhre 124 gekoppelt, und dazu ausgebildet sein, Ort, Größe und / oder Klassifikation mindestens eines Defekts der Probe 101 zu bestimmen, unter Verwendung von Information, welche mit Beleuchtung assoziiert ist, die durch die Photovervielfacher-Röhre 124 empfangen wird.

**[0024]** Fig. 4 zeigt ein Verfahren 200 zur Begutachtung eines Probenrandes 102 entsprechend dem vorstehenden System 100. Es sei jedoch angemerkt, dass das Verfahren 200 durch alternative oder zusätzliche bekannte Mittel als den durch die vorste-

henden Ausführungsformen des Systems 100 beschriebenen implementiert werden kann. Demgemäß sollte das Verfahren 200 als jegliche jetzt oder später bekannte Mittel zur Durchführung eines oder mehrerer der folgenden Schritte oder einer oder mehrerer der folgenden Funktionen umfassend aufgefasst werden. Ferner ist das Verfahren 200 nicht auf die folgenden Schritte beschränkt und kann einen oder mehrere Schritte zur Durchführung jeglicher oben im Hinblick auf Ausführungsformen des Systems 100 beschriebener Funktionen beinhalten.

**[0025]** Im Schritt 202 wird ein Rand 102 einer Probe 101 unter Verwendung mindestens einer Beleuchtungsquelle 104 und / oder 120 beleuchtet. In einigen Ausführungsformen wird gepulste Beleuchtung verwendet, um Fokussierung und / oder einen Ausgleich für ungleichförmige Bewegung entlang des Probenrandes 102 zu ermöglichen. In Schritten 204 und 206 werden eine Vielzahl von Zeilen-Scans detektiert, indem ein Zeilendetektor 108 entlang eines Bewegungsweges, der durch den Probenrand 102 definiert ist, bewegt wird. In einigen Ausführungsformen werden die Scans unter Beibehaltung eines im Wesentlichen senkrechten Einfallswinkels zu dem gescannten Bereich der Probenoberfläche aufgenommen. Im Schritt 208 werden die Scan-Daten (d.h. 1-D-Zeilen-Scans) zu einem (2-D)-Begutachtungsbild zumindest eines Bereichs des Probenrandes 102 zusammengefasst. Demgemäß wird ein hochauflösendes Bild des Probenrandes 102 aufgenommen, indem dem Randprofil gefolgt wird, um über eine Vielzahl von Orten entlang des Probenrandes zu scannen.

**[0026]** Das vorstehende System 100 und das vorstehende Verfahren 200 bieten mehrere Vorteile gegenüber dem Stand der Technik. Indem mit einer Zeilenanordnung über den Wafertrand gescannt wird, beträgt der Einfallswinkel auf den Wafer, z.B. über einen 4 mm breiten Streifen (konsistent mit einer 0.125 NA, 1  $\mu\text{m}$  Pixelauflösung), lediglich 0.0089 Radiant, was ein sehr kleiner Bruchteil der grundlegenden NA ist. Die Abschattung bei einer Beleuchtung durch die Linse betrüge etwa 8% (verglichen mit 100% Verdunklung für die alternativen Verfahren bei lediglich 2% dieses Gesichtsfelds). Die Hinzufügung von Beleuchtung unter der Linse erlaubt eine leichte Überfüllung der Objektiv-NA und gestattet eine geringe Fehlansrichtung und lokale Oberflächenneigung ohne eine Beleuchtungsvignettierung. Hinzufügung einer Streukanaloption durch denselben Strahlteilergang ermöglicht bequeme Tischbewegung zu Inspektion und Begutachtung. Die Vorteile können auf Anwendungen jenseits der Randbegutachtungsbilder ausgedehnt werden. Zum Beispiel können das oben beschriebene System 100 und das Verfahren 200 ferner dazu ausgebildet werden, eine auf einem Wafer angebrachte Schicht

unter einem Winkel zu inspizieren, wobei sich der Einfallswinkel in radialen Schnittebenen befindet.

**[0027]** Die verschiedenen Schritte und Funktionen, die im Rahmen der vorliegenden Offenbarung beschrieben wurden, können durch ein einziges Computersystem oder durch mehrere Computersysteme durchgeführt werden. Das eine oder die mehreren Computersysteme können, ein Personal-Computer-System, ein Großrechnersystem, eine Workstation, einen Bildrechner, einen Parallel-Prozessor oder jegliches andere bekannte Gerät, beinhalten, ohne darauf beschränkt zu sein. Allgemein kann der Begriff „Computersystem“ breit definiert werden, um jegliches Gerät zu umfassen, das einen oder mehrere Prozessoren aufweist, die Anweisungen von mindestens einem Trägermedium ausführen.

**[0028]** Der Fachmann erkennt, dass es verschiedene Möglichkeiten gibt, die hierin beschriebenen Prozesse und / oder Systeme und / oder Technologien zu verwirklichen (z.B. Hardware, Software und / oder Firmware), und das die bevorzugte Möglichkeit von dem Kontext abhängt, in dem die Prozesse und / oder Systeme und / oder Technologien eingesetzt werden. Programmanweisungen, die Verfahren wie die hierin beschriebenen implementieren, können über Trägermedien übertragen oder darauf gespeichert werden. Ein Trägermedium kann ein Übertragungsmedium, etwa einen Draht, ein Kabel oder eine drahtlose Übertragungsverbindung beinhalten. Das Trägermedium kann auch ein Speichermedium beinhalten, etwa einen Nur-Lese-Speicher, einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff, eine magnetische oder optische Disk, oder ein Magnetband.

**[0029]** Alle hierin beschriebenen Verfahren können es beinhalten, Ergebnisse eines oder mehrerer Schritte der Verfahrensausführungsformen in einem Speichermedium zu speichern. Die Ergebnisse können jegliche hierin beschriebenen Ergebnisse beinhalten und können in jeglicher bekannten Weise gespeichert werden. Das Speichermedium kann jegliches hierin beschriebene Speichermedium beinhalten oder jegliches andere geeignete bekannte Speichermedium. Nach dem Abspeichern der Ergebnisse kann auf die Ergebnisse im Speichermedium zugegriffen und können diese von jeglicher hierin beschriebener Verfahrens- oder Systemausführungsform verwendet werden, für die Anzeige für einen Benutzer formatiert werden, von einem anderen Software-Modul, Verfahren oder System verwendet werden, etc. Ferner können die Ergebnisse „permanent“, „halb-permanent“, temporär oder für eine bestimmte Zeitspanne gespeichert werden. Zum Beispiel kann das Speichermedium ein Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) sein, und die Ergebnisse brauchen nicht unbedingt unbegrenzt im Speichermedium vorhanden sein.

## Patentansprüche

1. System (100) zur Begutachtung eines gekrümmten Randes (102) einer Probe (101), umfassend:

einen Probenstisch, um eine Probe (101) zu tragen; mindestens eine Beleuchtungsquelle (104), um einen Rand (102) der Probe (101) mit Beleuchtung zu beleuchten, welche von der mindestens einen Beleuchtungsquelle (104) entlang eines Beleuchtungsstrahlengangs, welcher eine oder mehrere Beleuchtungsoptiken (106) beinhaltet, ausgeht; einen Zeilendetektor (108), um Beleuchtung zu empfangen, welche von dem Rand (102) der Probe (101) entlang eines Sammelstrahlengangs, der eine oder mehrere Sammeloptiken (110) beinhaltet, reflektiert wird;

mindestens einen Aktuator, der mit dem Zeilendetektor (108) und der einen oder den mehreren Sammeloptiken (110) mechanisch gekoppelt ist, wobei der mindestens eine Aktuator dazu ausgebildet ist, den Zeilendetektor (108) und die eine oder die mehreren Sammeloptiken (110) radial entlang eines Bewegungsweges zu bewegen, welcher durch den Rand (102) der Probe (101) definiert ist, wobei der mindestens eine Aktuator ferner an die mindestens eine Beleuchtungsquelle (104) und die eine oder die mehreren Beleuchtungsoptiken (106) gekoppelt ist, und wobei der mindestens eine Aktuator ferner dazu ausgebildet ist, die mindestens eine Beleuchtungsquelle (104) und die eine oder die mehreren Beleuchtungsoptiken (106) radial entlang des Bewegungsweges, welcher von dem Rand (102) der Probe (101) definiert wird, zu bewegen, wobei die mindestens eine Beleuchtungsquelle (104) mindestens eine Leuchtdiode beinhaltet, welche zu stroboskopischer Beleuchtung ausgebildet ist, um eine ungleichmäßige Bewegung durch den mindestens einen Aktuator auszugleichen; und ein Computersystem (114), das mit dem Zeilendetektor (108) in kommunikativer Verbindung steht, wobei das Computersystem (114) dazu ausgebildet ist, wenigstens ein Begutachtungsbild zumindest eines Teils des Randes (102) der Probe (101) unter Verwendung von Scan-Daten, die mit durch den Zeilendetektor (108) von einer Vielzahl von Orten entlang des Randes (102) der Probe (101) empfangener Beleuchtung assoziiert sind, zu generieren.

2. System (100) nach Anspruch 1, wobei der Zeilendetektor (108) mindestens eine lineare CCD- oder CMOS-Sensoranordnung beinhaltet.

3. System (100) nach Anspruch 1, wobei der Zeilendetektor (108) mindestens eine polychrome oder monochrome Zeilenkamera beinhaltet.

4. System (100) nach Anspruch 1, wobei der Zeilendetektor (108) eine zweidimensionale Kamera beinhaltet.

5. System (100) nach Anspruch 4, wobei die zweidimensionale Kamera dazu ausgebildet ist, eine Zeilenkamera anzunähern, indem eine minimale Anzahl an Zeilen herausgegriffen wird.

6. System (100) nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine Aktuator dazu ausgebildet ist, einen im Wesentlichen senkrechten Einfallswinkel zwischen der einen oder den mehreren Beleuchtungsoptiken (106) und dem Rand (102) der Probe (101) aufrechtzuerhalten.

7. System (100) nach Anspruch 1, ferner umfassend:  
eine Photovervielfacher-Röhre (124), welche dazu ausgebildet ist, von dem Rand (102) der Probe (101) entlang eines zweiten Sammelstrahlengangs reflektierte oder gestreute Beleuchtung zu empfangen, wobei das Computersystem (114) ferner dazu ausgebildet ist, einen Ort wenigstens eines Defekts der Probe (101) unter Verwendung von Information, welche mit durch die Photovervielfacher-Röhre (124) empfangener Beleuchtung assoziiert ist, zu bestimmen.

8. System (100) zur Begutachtung eines gekrümmten Randes (102) einer Probe (101), umfassend:  
einen Probentisch, um eine Probe (101) zu tragen;  
eine erste Beleuchtungsquelle (104), um einen Rand (102) der Probe (101) mit Beleuchtung zu beleuchten, welche von der ersten Beleuchtungsquelle (104) entlang eines ersten Beleuchtungsstrahlengangs, welcher eine oder mehrere Beleuchtungsoptiken (106) beinhaltet, ausgeht;  
eine zweite Beleuchtungsquelle (120), um den Rand (102) der Probe (101) mit Beleuchtung zu beleuchten, welche von der zweiten Beleuchtungsquelle (120) entlang eines zweiten Beleuchtungsstrahlengangs, welcher eine oder mehrere Beleuchtungsoptiken (106) beinhaltet, ausgeht;  
einen Zeilendetektor (108), um Beleuchtung zu empfangen, welche von dem Rand (102) der Probe (101) entlang eines Sammelstrahlengangs, der eine oder mehrere Sammeloptiken (110) beinhaltet, reflektiert wird;  
mindestens einen Aktuator, der mit dem Zeilendetektor (108) und der einen oder den mehreren Sammeloptiken (110) mechanisch gekoppelt ist, wobei der mindestens eine Aktuator dazu ausgebildet ist, den Zeilendetektor (108) und die eine oder die mehreren Sammeloptiken (110) radial entlang eines Bewegungsweges zu bewegen, welcher durch den Rand (102) der Probe (101) definiert ist, wobei der mindestens eine Aktuator ferner an die erste Beleuchtungsquelle (104), die zweite Beleuchtungs-

quelle (120) und die jeweiligen Beleuchtungsoptiken (106) des ersten und des zweiten Beleuchtungsstrahlengangs gekoppelt ist, und wobei der mindestens eine Aktuator ferner dazu ausgebildet ist, die erste Beleuchtungsquelle (104), die zweite Beleuchtungsquelle (120) und die jeweiligen Beleuchtungsoptiken (106) des ersten und des zweiten Beleuchtungsstrahlengangs radial entlang des Bewegungsweges, welcher durch den Rand (102) der Probe (101) definiert ist, zu bewegen, wobei mindestens eine der ersten (104) und der zweiten (120) Beleuchtungsquelle mindestens eine Leuchtdiode beinhaltet, welche zu stroboskopischer Beleuchtung ausgebildet ist, um eine ungleichmäßige Bewegung durch den mindestens einen Aktuator auszugleichen; und  
ein Computersystem (114), das mit dem Zeilendetektor (108) in kommunikativer Verbindung steht, wobei das Computersystem (114) dazu ausgebildet ist, wenigstens ein Begutachtungsbild zumindest eines Teils des Randes (102) der Probe (101) unter Verwendung von Scan-Daten, die mit durch den Zeilendetektor (108) von einer Vielzahl von Orten entlang des Randes (102) der Probe (101) empfangener Beleuchtung assoziiert sind, zu generieren.

9. System (100) nach Anspruch 8, wobei der Zeilendetektor (108) mindestens eine lineare CCD- oder CMOS-Sensoranordnung beinhaltet.

10. System (100) nach Anspruch 8, wobei der Zeilendetektor (108) mindestens eine polychrome oder monochrome Zeilenkamera beinhaltet.

11. System (100) nach Anspruch 8, wobei der Zeilendetektor (108) eine zweidimensionale Kamera beinhaltet.

12. System (100) nach Anspruch 11, wobei die zweidimensionale Kamera dazu ausgebildet ist, eine Zeilenkamera anzunähern, indem eine minimale Anzahl an Zeilen herausgegriffen wird.

13. System (100) nach Anspruch 8, wobei die erste Beleuchtungsquelle (104) dazu ausgebildet ist, den Rand (102) der Probe (101) für eine Hellfeld-Abbildung zu beleuchten, und wobei die zweite Beleuchtungsquelle (120) dazu ausgebildet ist, den Rand (102) der Probe (101) für eine Dunkelfeld-Abbildung zu beleuchten.

14. System (100) nach Anspruch 8, ferner umfassend:  
einen Strahlteiler (122), der dazu ausgebildet ist, den ersten Beleuchtungsstrahlengang und den zweiten Beleuchtungsstrahlengang zu einem gemeinsamen Strahlengang zu vereinen, welcher zum Rand (102) der Probe (101) führt.

15. System (100) nach Anspruch 8, wobei der mindestens eine Aktuator dazu ausgebildet ist, einen im Wesentlichen senkrechten Einfallswinkel zwischen den jeweiligen Beleuchtungsoptiken (106) des ersten und des zweiten Beleuchtungsstrahlengangs und dem Rand (102) der Probe (101) aufrechtzuerhalten.

16. System (100) nach Anspruch 8, ferner umfassend:  
eine Photovervielfacher-Röhre (124), welche dazu ausgebildet ist, von dem Rand (102) der Probe (101) entlang eines zweiten Sammelstrahlengangs reflektierte oder gestreute Beleuchtung zu empfangen, wobei das Computersystem (114) ferner dazu ausgebildet ist, einen Ort wenigstens eines Defekts der Probe (101) unter Verwendung von Information, welche mit durch die Photovervielfacher-Röhre (124) empfangener Beleuchtung assoziiert ist, zu bestimmen.

17. Verfahren (200) zur Begutachtung eines gekrümmten Randes (102) einer Probe (101), umfassend:

Beleuchten eines Randes (102) einer Probe (101) mit Beleuchtung, welche von einer ersten Beleuchtungsquelle (104) entlang eines ersten Beleuchtungsstrahlengangs, der eine oder mehrere Beleuchtungsoptiken (106) beinhaltet, ausgeht; Bewegen der ersten Beleuchtungsquelle (104) und der einen oder der mehreren Beleuchtungsoptiken (106) des ersten Strahlengangs radial entlang eines Bewegungsweges, der von dem Rand (102) der Probe (101) definiert wird; Stroboskopische Gestaltung der Beleuchtung, welche von der ersten Beleuchtungsquelle (104) ausgeht, um ungleichmäßige Bewegung auszugleichen; Empfangen von Beleuchtung, welche von dem Rand (102) der Probe (101) entlang eines Sammelstrahlengangs, welcher eine oder mehrere Sammeloptiken (110) beinhaltet, reflektiert wurde, unter Verwendung eines Zeilendetektors (108); Bewegen des Zeilendetektors (108) und der einen oder der mehreren Sammeloptiken (110) radial entlang des Bewegungsweges, der von dem Rand (102) der Probe (101) definiert wird; und Erzeugen mindestens eines Begutachtungsbildes zumindest eines Teils des Randes (102) der Probe (101) unter Verwendung von Scan-Daten, die mit durch den Zeilendetektor (108) von einer Vielzahl von Orten entlang des Randes (102) der Probe (101) empfangener Beleuchtung assoziiert sind.

18. Verfahren (200) nach Anspruch 17, ferner umfassend:

Beleuchten des Randes (102) der Probe (101) mit Beleuchtung, welche von einer zweiten Beleuchtungsquelle (120) entlang eines zweiten Beleuchtungsstrahlengangs, der eine oder mehrere Beleuchtungsoptiken (106) beinhaltet, ausgeht.

19. Verfahren (200) nach Anspruch 18, wobei die erste Beleuchtungsquelle (104) dazu ausgebildet ist, den Rand (102) der Probe (101) für eine Hellfeld-Abbildung zu beleuchten, und wobei die zweite Beleuchtungsquelle (120) dazu ausgebildet ist, den Rand (102) der Probe (101) für eine Dunkel-feld-Abbildung zu beleuchten.

20. Verfahren (200) nach Anspruch 17, ferner umfassend:

Vereinigen des ersten Beleuchtungsstrahlengangs und des zweiten Beleuchtungsstrahlengangs zu einem gemeinsamen Beleuchtungsstrahlengang, der zum Rand (102) der Probe (101) führt, unter Verwendung eines Strahlteilers (122).

21. Verfahren (200) nach Anspruch 17, ferner umfassend:

Aufrechterhalten eines im Wesentlichen senkrechten Einfallswinkels zwischen der einen oder den mehreren Beleuchtungsoptiken (106) des ersten Beleuchtungsstrahlengangs und dem Rand (102) der Probe (101).

22. Verfahren (200) nach Anspruch 17, ferner umfassend:

Empfangen von Beleuchtung, welche von dem Rand (102) der Probe (101) entlang eines zweiten Sammelstrahlengangs reflektiert oder gestreut wurde, unter Verwendung einer Photovervielfacher-Röhre (124); und Bestimmen eines Orts mindestens eines Defekts der Probe (101) unter Verwendung von Information, welche mit durch die Photovervielfacher-Röhre (124) empfangener Beleuchtung assoziiert ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

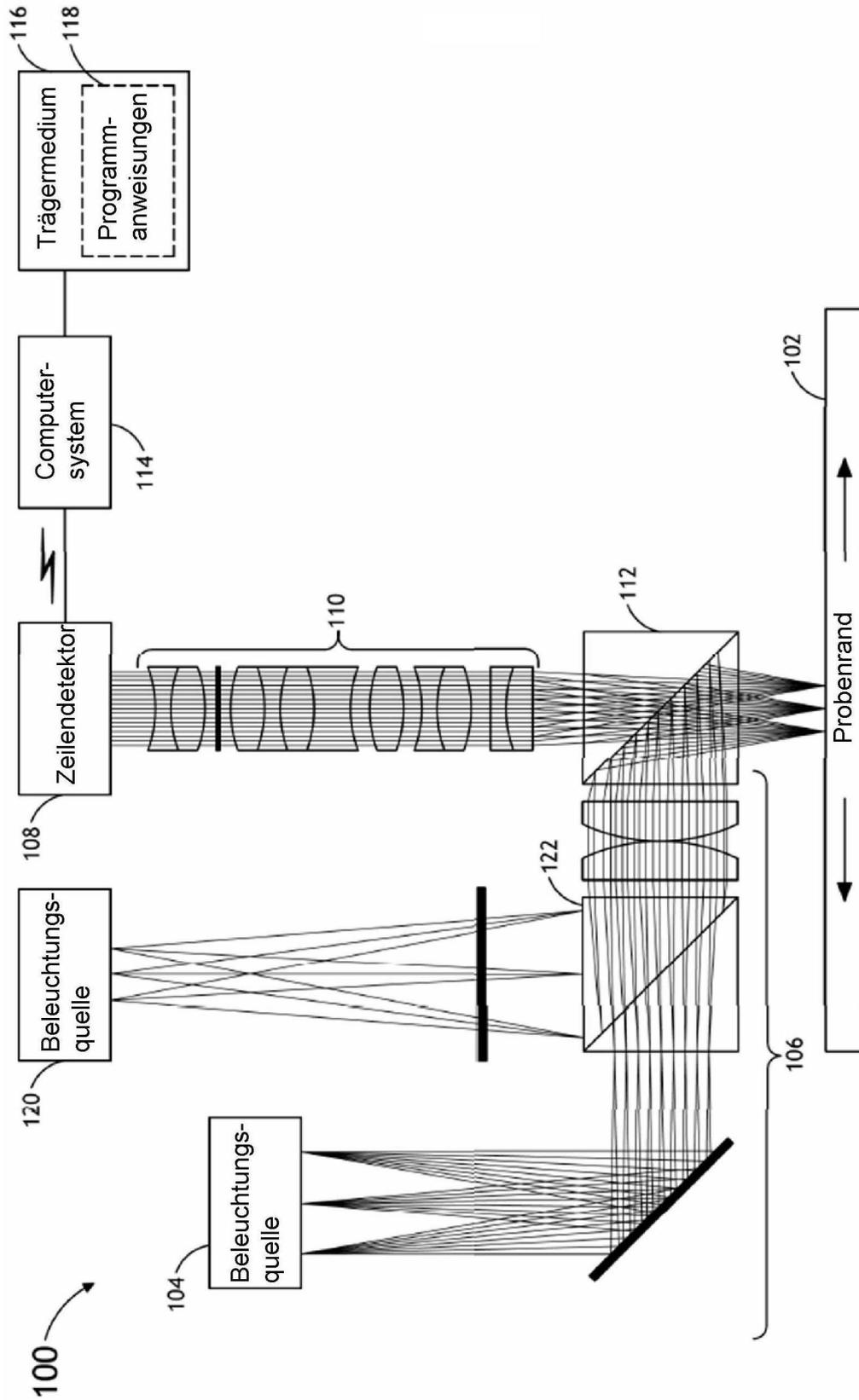
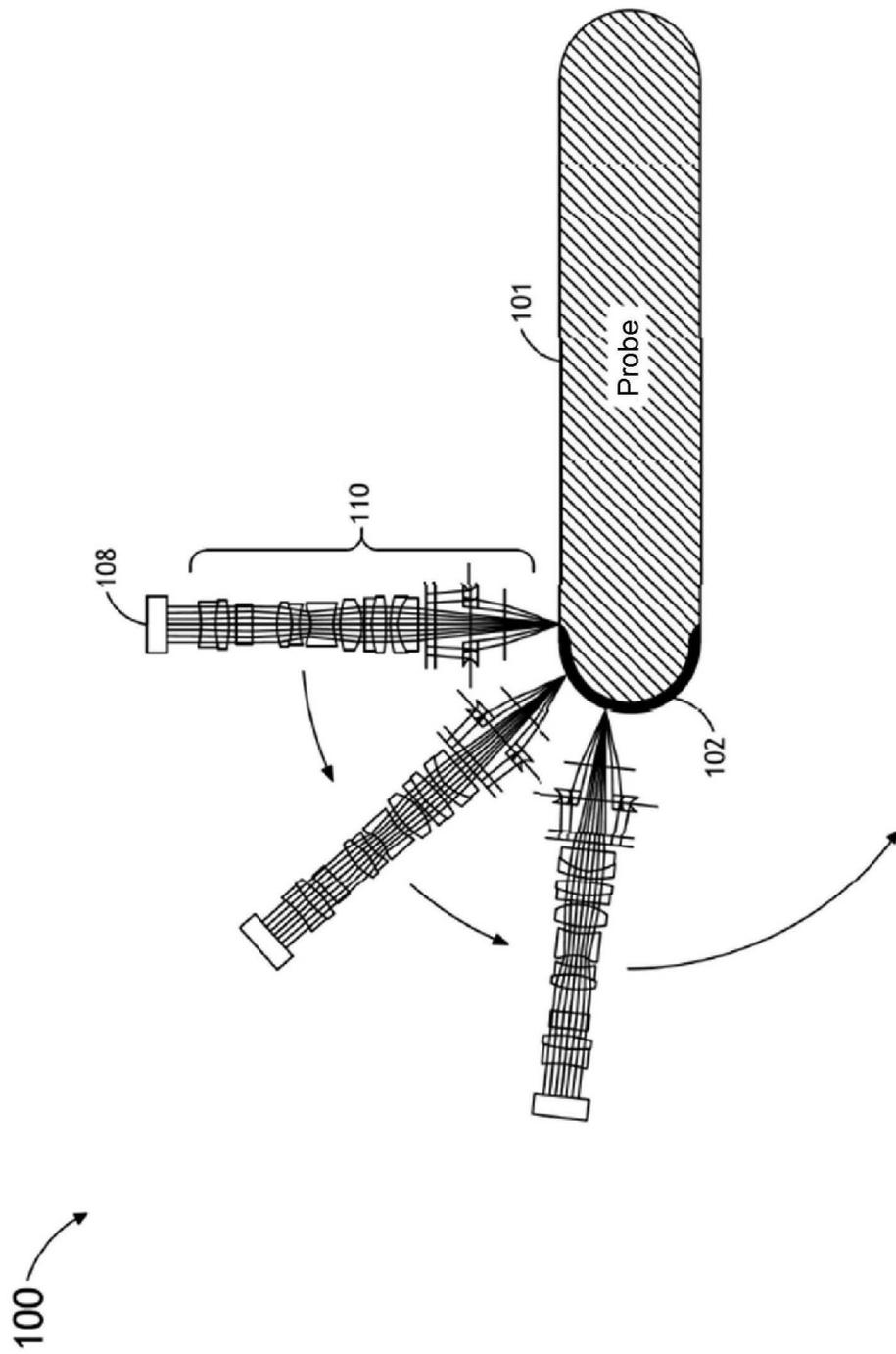


FIG.1



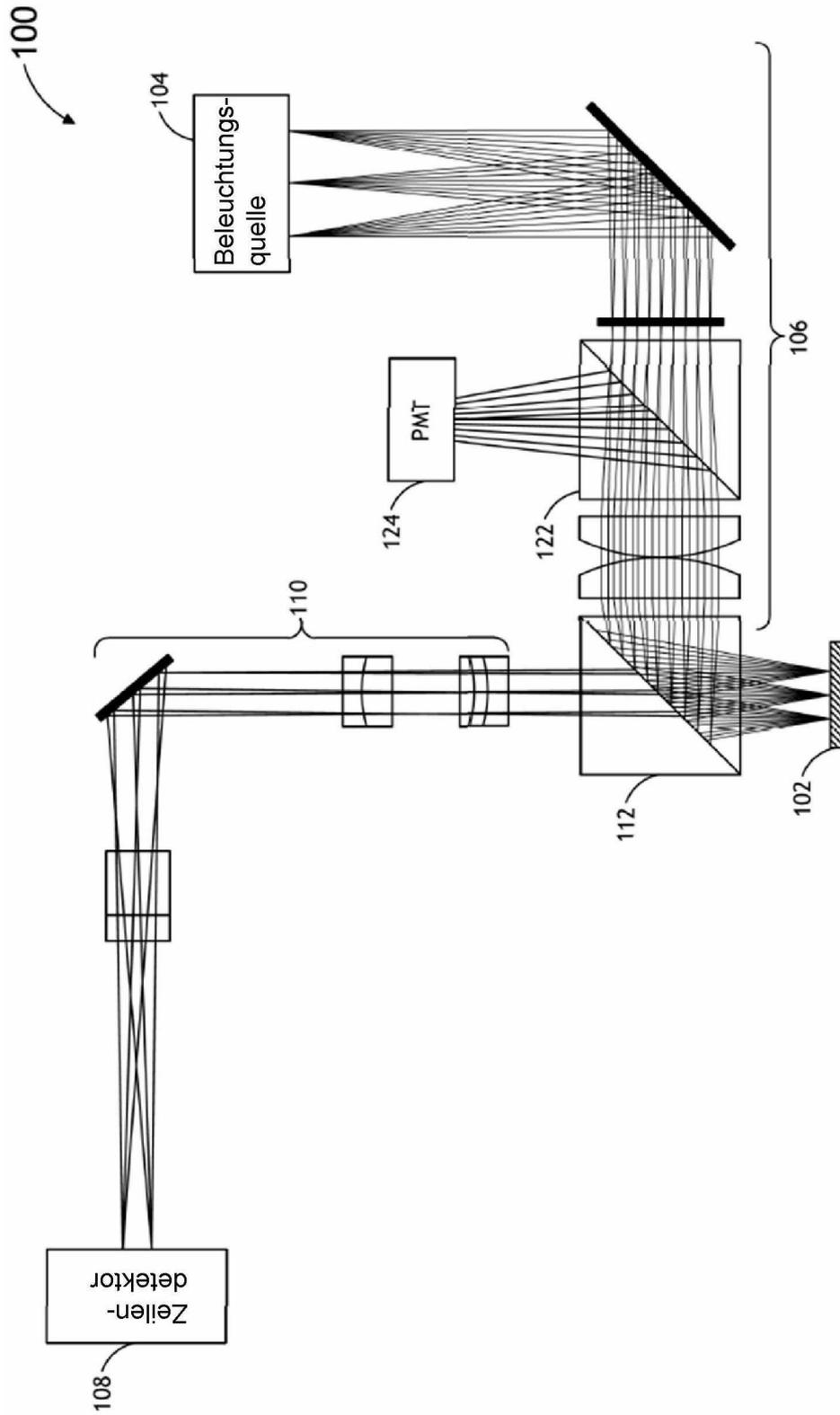


FIG. 3

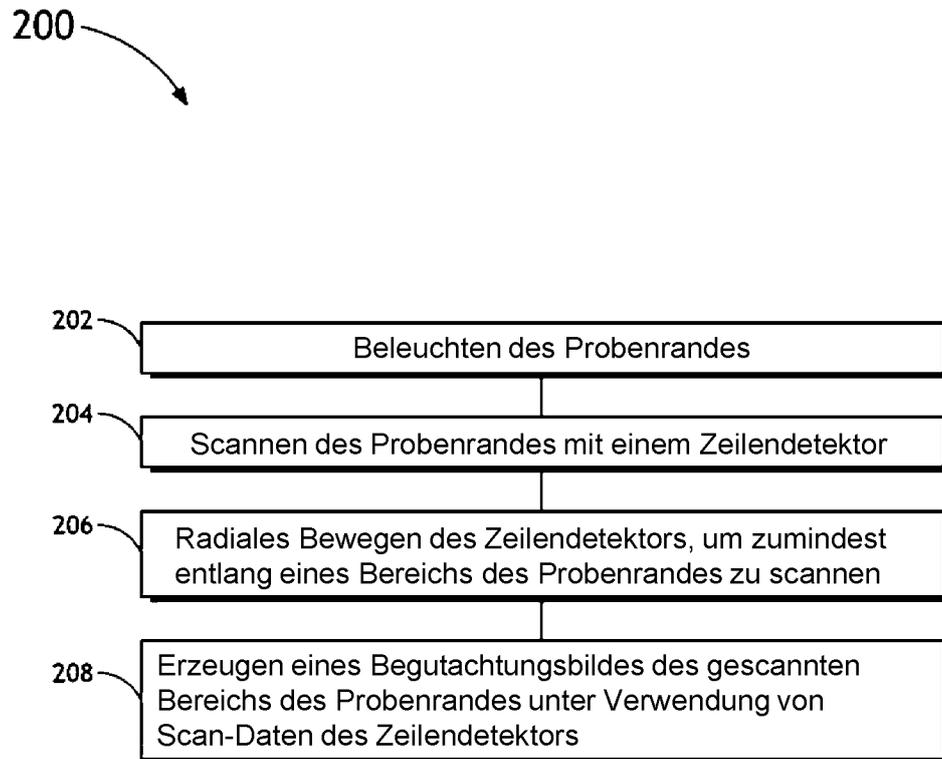


FIG.4