



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 003 394.7**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2015/041409**
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/014590**
 (86) PCT-Anmeldetag: **21.07.2015**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **28.01.2016**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **30.03.2017**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **27.04.2023**

(51) Int Cl.: **H01L 21/66 (2006.01)**
G01N 21/00 (2006.01)
G02B 21/08 (2006.01)

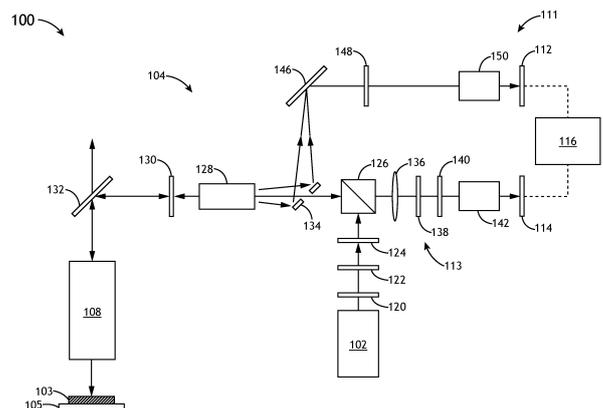
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

<p>(30) Unionspriorität: 62/027,393 22.07.2014 US 14/804,296 20.07.2015 US</p> <p>(73) Patentinhaber: KLA-Tencor Corporation, Milpitas, Calif., US</p> <p>(74) Vertreter: Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte, 93049 Regensburg, DE</p>	<p>(72) Erfinder: Huang, Chuanyong, Milpitas, Calif., US; Li, Qing, San Jose, Calif., US; Pettibone, Donald, San Jose, Calif., US; Graves, Buzz, Los Gatos, Calif., US</p> <p>(56) Ermittelte Stand der Technik: US 2005 / 0 254 065 A1 US 2009 / 0 180 176 A1 US 2013 / 0 016 346 A1</p>
---	---

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG ZUR GLEICHZEITIGEN DUNKELFELDINSPEKTION UND INSPEKTION MITTELS DIFFERENTIALINTERFERENZKONTRAST**

(57) Hauptanspruch: Eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast umfassend:
 eine oder mehrere Beleuchtungsquellen (102);
 einen Probentisch (105), der zum Haltern einer Probe (103) konfiguriert ist;
 einen ersten Sensor (112);
 einen zweiten Sensor (114); und
 ein optisches Sub-System (104) umfassend:
 ein Objektiv (108);
 ein oder mehrere optische Elemente (106), die zum Lenken einer Beleuchtung, durch das Objektiv (108), von der einen oder den mehreren Beleuchtungsquellen (102) zu einer Oberfläche der Probe (103) angeordnet sind;
 wobei das Objektiv (108) zum Sammeln eines aufgenommenen Signals von der Oberfläche der Probe (103) konfiguriert ist, wobei das aufgenommene Signal mindestens eines von einem auf Streuung basierten Signal und einem auf einer Phase basierten Signal von der Probe (103) umfasst; und
 ein oder mehrere optische Trennelemente (110), die angeordnet sind, um das aufgenommene Signal in ein Signal für Dunkelfeld und ein Signal für Differentialinterferenzkontrast räumlich zu trennen, indem das Signal für Dunkelfeld entlang eines Pfads (111) für das Dunkelfeld zum ersten Sensor (112) und das Signal für Differentialinterferenzkon-

trast entlang eines Pfads (113) für Differentialinterferenzkontrast zum zweiten Sensor (114) gelenkt wird, wobei das eine oder die mehreren optischen Trennelemente (110) eine reflektierende Pupillenmaske (134) umfassen, die so angeordnet ist, dass sie das gesammelte Signal in ein Dunkelfeld-Signal und ein Differentialinterferenzkontrast-Signal auf der Grundlage eines ausgewählten NA-Schwellenwerts räumlich trennt.



Beschreibung

Verweis auf verwandte Anmeldungen

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der provisorischen US-Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 62/027,393 (veröffentlicht als US 2016 / 0 025 645 A1), angemeldet am 22. Juli 2014, Titel „APPARATUS AND METHODOLOGY FOR SIMULTANEOUS DARK FIELD AND PHASE CONTRAST INSPECTION“, durch Chuanyong Huang, Qing Li, Donald Pettibone und Buzz Graves als Erfinder (35 U.S.C. § 119(e)).

Technisches Gebiet

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein die Defektdetektion und -klassifizierung, und insbesondere die gleichzeitige Dunkelfeldinspektion und Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast.

Hintergrund der Erfindung

[0003] Da Toleranzen bei Herstellungsprozessen von Halbleiterbauelementen weiterhin schrumpfen, nimmt die Nachfrage nach verbesserten Inspektionswerkzeugen für Halbleiterwafer weiter zu. Bauarten von Inspektionswerkzeugen, die für die Waferinspektion geeignet sind, umfassen ein Inspektionswerkzeug für Dunkelfeld- (DF), das Streuinformationen von einer Probe (beispielsweise Halbleiterwafer) und ein Inspektionswerkzeug für Differentialinterferenzkontrast- verwendet, das Phaseninformationen von einer Probe verwendet. Typischerweise arbeitet ein gegebenes Inspektionswerkzeug oder Mikroskop bei der Suche nach sowohl DF- als auch DIK-Informationen unabhängig entweder im DF-Modus oder DIK-Modus aufgrund von Unterschieden und/oder Unverträglichkeiten in optischen Komponenten, optischem Aufbau und dem Detektionssignal. Obwohl es möglich ist, unterschiedliche optische Aufbauten separat auszuführen, um DF- und DIK-Signale getrennt zu detektieren, ist es zeitaufwändig und manchmal unmöglich, zwei getrennte Signale während der Beobachtung einer sich bewegenden Probe (beispielsweise einer biologischen lebenden Zelle) zu kombinieren. In der Halbleiterfertigungsindustrie ist es wichtig, dass die Inspektionsausrüstung in der Lage ist, einen oder mehrere Defekte schnell zu lokalisieren und zu klassifizieren. Infolgedessen verringert die Durchführung von DF- und DIK-Inspektionen in getrennten Operationen den Wert für den Wafer-Inspektionsvorgang. Daher wäre es vorteilhaft, ein System und ein Verfahren bereitzustellen, das die im Stand der Technik identifizierten Mängel behindert.

[0004] US 2009 / 0 180 176 A1 offenbart ein System zur Inspektion einer Probe. Das System umfasst ein Beleuchtungs-Teilsystem, das so konfiguriert ist,

dass es eine Vielzahl von Lichtenergiekanälen erzeugt, wobei jeder erzeugte Lichtenergiekanal unterschiedliche Eigenschaften (Typ, Wellenlänge usw.) gegenüber mindestens einem anderen Lichtenergiekanal aufweist. Optiken sind so konfiguriert, dass sie die mehreren Lichtenergiekanäle empfangen und sie zu einem räumlich getrennten kombinierten Lichtenergiestrahle kombinieren und diesen auf die Probe richten. Ein Datenerfassungs-Teilsystem umfasst mindestens einen Detektor, der so konfiguriert ist, dass er die reflektierte Lichtenergie in eine Vielzahl von empfangenen Kanälen aufteilt, die der Vielzahl von Lichtenergiekanälen entsprechen, und die empfangenen Kanäle erfasst.

[0005] US 2005 / 0 254 065 A1 offenbart ein optisches System und ein Verfahren zur Erfassung von Oberflächenhöhenänderungen auf einem Maskenrohling. Das optische System umfasst ein Wollaston-Prisma, eine Optik sowie einen ersten und einen zweiten Detektor. Das Wollaston-Prisma teilt einen einfallenden Strahl in einen ersten Strahl und einen zweiten Strahl. Der erste Strahl weist eine erste Polarisierung auf, und der zweite Strahl weist eine zweite Polarisierung auf. Die Optik lenkt den ersten und den zweiten Strahl entlang eines ersten und eines zweiten Pfades auf einen ersten und einen zweiten beleuchteten Bereich auf der Oberfläche des Maskenrohlings. Die ersten und zweiten beleuchteten Bereiche reflektieren oder transmittieren Teile der ersten und zweiten Strahlen, um erste und zweite reflektierte oder transmittierte Strahlen zu erzeugen. Der erste und der zweite Detektor erfassen den ersten und den zweiten reflektierten oder durchgelassenen Strahl und erzeugen ein erstes und ein zweites Signal als Reaktion auf den ersten und den zweiten reflektierten oder durchgelassenen Strahl. Ein Mehrwegkoppler kann auch zum Erkennen von Höhenunterschieden oder anderen Merkmalen auf einem Maskenrohling verwendet werden. Zwei im Wesentlichen parallel einfallende optische Strahlen werden auf den Maskenrohling übertragen. Der Mehrwegkoppler mischt Teile der beiden Strahlen, nachdem sie von zwei verschiedenen Bereichen des Maskenrohlings reflektiert oder durchgelassen wurden, um drei oder mehr Ausgangssignale zu liefern, die analysiert werden können, um Informationen über Höhenschwankungen oder andere Merkmale auf dem Maskenrohling zu erhalten.

[0006] US 2013 / 0 016 346 A1 offenbart weitere Systeme zur Inspektion eines Wafers.

Überblick über die Erfindung

[0007] Eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast ist offenbart, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Die Vorrichtung umfasst eine oder mehrere Beleuch-

tungsquellen, einen Probentisch, der zum Haltern einer Probe konfiguriert ist, einen ersten Sensor, einen zweiten Sensor und ein optisches Sub-System. Das Sub-System umfasst ein Objektiv und ein oder mehrere optische Elemente, die zum Lenken einer Beleuchtung, durch das Objektiv, von der einen oder den mehreren Beleuchtungsquellen zu einer Oberfläche der Probe angeordnet sind. Das Objektiv ist zum Sammeln eines aufgenommenen Signals von der Oberfläche der Probe konfiguriert, wobei das aufgenommene Signal mindestens eines von einem auf Streuung basierten Signal und einem auf Phase basierten Signal von der Probe umfasst. Ein oder mehrere optische Trennelemente sind angeordnet, um das aufgenommene Signal in ein Signal für Dunkelfeld und ein Signal für Differentialinterferenzkontrast räumlich zu trennen, indem das Signal für Dunkelfeld entlang eines Pfads für Dunkelfeld zum ersten Sensor und das Signal für Differentialinterferenzkontrast entlang eines Pfads für den Differentialinterferenzkontrast zum zweiten Sensor gelenkt wird. Das eine oder die mehreren optischen Trennelemente umfassen eine reflektierende (verspiegelte) Pupillenmaske, die so angeordnet ist, dass sie das gesammelte Signal in ein Dunkelfeld-Signal und ein Differentialinterferenzkontrast-Signal auf der Grundlage eines ausgewählten NA-Schwellenwerts räumlich trennt. In einer weiteren Ausführungsform ist eine verspiegelte Pupillenmaske konfiguriert, um eine Beleuchtung mit einer NA unterhalb eines ausgewählten NA-Schwellenwerts zu leiten, und ein oder mehrere optische Elemente, die zum Lenken einer Beleuchtung mit einer NA unterhalb des ausgewählten NA-Schwellenwerts durch die verspiegelte Pupillenmaske angeordnet ist. In einer weiteren veranschaulichenden Ausführungsform sind das eine oder die mehreren optischen Elemente zudem konfiguriert, um eine durch die verspiegelte Pupillenmaske gesandte Beleuchtung durch das Objektiv und auf eine Oberfläche der Probe zu lenken. In einer weiteren veranschaulichenden Ausführungsform ist das Objektiv konfiguriert, um ein Signal von der Oberfläche der Probe zu erfassen. In einer weiteren veranschaulichenden Ausführungsform umfasst das aufgenommene Signal mindestens eines von einem auf Streuung basierten Signal und einem auf der Phase basierten Signal von der Probe. In einer weiteren veranschaulichenden Ausführungsform ist die verspiegelte Pupillenmaske zudem konfiguriert, um das aufgenommene Signal in ein Signal für Dunkelfeld und ein Signal für den Differentialinterferenzkontrast räumlich zu trennen, indem ein Teil der Beleuchtung mit einer NA oberhalb des ausgewählten NA-Schwellenwertes entlang eines Pfads für das Dunkelfeld zu einem ersten Sensor reflektiert wird und ein Teil der erfassten Beleuchtung mit einer NA unterhalb des ausgewählten NA-Schwellenwertes entlang des Pfads für den Differentialinterferenzkontrast zu einem zweiten Sensor gelenkt wird.

[0008] Eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und der Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast ist offenbart, gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. In einer beispielhaften Ausführungsform umfasst die Vorrichtung eine oder mehrere Beleuchtungsquellen, einen Probentisch, der zum Haltern einer Probe konfiguriert ist, und ein optisches Sub-System. In einer weiteren veranschaulichenden Ausführungsform umfasst die Vorrichtung ein Objektiv; ein oder mehrere optische Elemente, die zum Lenken einer Beleuchtung durch das Objektiv und auf eine Oberfläche der Probe konfiguriert sind, wobei das Objektiv zum Aufnehmen eines aufgenommenen Signals von der Oberfläche der Probe konfiguriert ist, wobei das aufgenommene Signal mindestens eines von einem auf Streuung basierten Signal und einem auf Phase basierten Signal von der Probe umfasst; einen Strahlteiler, der konfiguriert ist, um einen ersten Teil der erfassten Beleuchtung entlang eines Pfads für das Dunkelfeld zu lenken, wobei der Strahlteiler zudem konfiguriert ist, einen zweiten Teil der erfassten Beleuchtung entlang des Pfads für den Differentialinterferenzkontrast zu leiten; einen Pupillenblock, der entlang des Pfads für das Dunkelfeld angeordnet und konfiguriert ist, um eine Beleuchtung mit einer NA unterhalb eines ausgewählten NA-Schwellenwertes zu blockieren; und eine Pupillenmaske, die entlang des Pfads für den Differentialinterferenzkontrast angeordnet und konfiguriert ist, um eine Beleuchtung mit einer NA oberhalb des ausgewählten NA-Schwellenwertes zu blockieren. In einer weiteren veranschaulichenden Ausführungsform umfasst die Vorrichtung einen ersten Sensor, der konfiguriert ist, um eine mittels des Pupillenblocks des Pfads für das Dunkelfeld gesandte Beleuchtung zu erfassen. In einer weiteren veranschaulichenden Ausführungsform umfasst die Vorrichtung einen zweiten Sensor, der konfiguriert ist, um eine mittels der Pupillenmaske des Pfads für den Differentialinterferenzkontrast gesandte Beleuchtung zu erfassen.

[0009] Es versteht sich, dass sowohl die vorstehende allgemeine Beschreibung als auch die folgende detaillierte Beschreibung beispielhaft und erläuternd sind und nicht notwendigerweise die beanspruchte Erfindung einschränken. Die beigefügten Zeichnungen, die in die Beschreibung aufgenommen sind und einen Teil davon bilden, veranschaulichen Ausführungsformen der Erfindung und dienen zusammen mit der allgemeinen Beschreibung dazu, die Prinzipien der Erfindung zu erläutern.

Figurenliste

[0010] Die zahlreichen Vorteile der Erfindung können von Fachleuten auf dem Gebiet unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren besser verstanden werden.

Fig. 1A ist eine konzeptionelle Ansicht des Systems zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast.

Fig. 1B ist eine vereinfachte schematische Ansicht des Systems zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und der Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 1C ist eine vereinfachte schematische Ansicht einer verspiegelten Pupillenmaske zur Verwendung in dem System zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und der Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 1D ist eine vereinfachte schematische Ansicht des Systems zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und der Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0011] Es wird nun im Detail auf den offenbaren Gegenstand Bezug genommen, der in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist.

[0012] In **Fig. 1A** bis **Fig. 1D** wird allgemein ein System und ein Verfahren zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion (DF, dark field) und Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast (DIK) gemäß der vorliegenden Offenbarung beschrieben. Das U.S. Patent US 5 798 829 A von Vaez-Iravani, erteilt am 25. August 1998, offenbart die getrennte Messung von DF- und DIK-Signalen von einer Probe unter Verwendung eines einzelnen Lasers. Das U.S. Patent US 7 345 754 B1 von Zhao, erteilt am 18. März, 2008, offenbart die Verwendung eines Hellfeld- (BF, bright field) Inspektionssystems zur Durchführung einer DF-Inspektion.

[0013] Die gleichzeitige Analyse eines auf Streuung basierten DF-Signals und eines auf Phase basierten DIK-Signals kann die Detektion und Klassifizierung von Defekten (oder anderen Eigenschaften) einer gegebenen Probe signifikant verbessern. Das DF-Signal und DIK-Signal sind oft empfindlich gegenüber verschiedenen Proben- und Defekteigenschaften, so dass eine Fusion der Signale möglich ist, um das Gesamtverständnis der Probe 103 (und der damit verbundenen Defekte oder Merkmale) zu verbessern.

[0014] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung sind auf den gleichzeitigen Betrieb von auf Streuung basierten Dunkelfeld- (DF) und auf Phase basierten Differenzialinterferenzkontrast- (DIK) Modi in einem Inspektionswerkzeug gerichtet. Eine solche

Konfiguration sorgt für die gleichzeitige Erfassung von auf Streuung basierten und auf Phase basierten Informationen von der Probe. Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung dienen dazu, Komponenten von DF- und DIK-Modi zu kombinieren, um Defekte einer Probe (beispielsweise Punktdefekte, Stapeldefekte und dergleichen) zu detektieren und zu klassifizieren. Einige Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung sind auf ein optisches Sub-System mit einem oder mehreren optischen Komponenten gerichtet, die zur Beleuchtung der Probe mit Licht einer ausgewählten numerischen Apertur NA (beispielsweise eine Pupillenmaske mit niedrigem NA-Durchgang, Pupillenmaske mit hohem NA-Durchgang und dergleichen) durch ein einziges Objektiv geeignet sind. Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung dienen sowohl dazu, das auf Streuung basierte DF-Signal als auch das auf Phase basierte DIK-Signal von der Probe mit dem einzigen Objektiv zu sammeln. In weiteren Ausführungsformen trennt das optische Sub-System das DF-Signal von dem DIK-Signal. Beispielsweise kann das optische Sub-System derart konfiguriert sein, dass es einen konjugierten Bereich der erfassten Beleuchtung als das DF-Signal reflektiert. Beispielsweise kann hohes NA-Licht (das heißt Licht mit einer NA oberhalb eines ausgewählten NA-Schwellenwerts) entlang eines DF-Pfads reflektiert werden für den Fall, dass niedriges NA-Licht (das heißt Licht mit einer NA unterhalb des ausgewählten NA-Schwellenwerts) während der Beleuchtung der Probe auf die Probe gerichtet wurde. In einem anderen Fall kann niedriges NA-Licht entlang eines DF-Pfads für den Fall reflektiert werden, dass hohes NA-Licht während der Beleuchtung der Probe auf die Probe gerichtet wurde. Darüber hinaus wird der Rest des Lichts (das heißt, dasjenige Licht, das nicht als DF-Signal entlang des DF-Pfads reflektiert wird) als das DIK-Signal entlang eines DIK-Pfads geleitet.

[0015] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung können ein Datenfusions-Verfahren durchführen, um Defekte zu detektieren und/oder klassifizieren, indem die gleichzeitig erfassten DF- und DIK-Daten verschmelzt werden. Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung können eine Probencharakterisierung durch die separate Analyse von DF- und DIK-Daten durchführen.

[0016] **Fig. 1A** veranschaulicht eine Konzeptansicht eines Systems 100 zur gleichzeitigen DF- und DIK-Inspektion in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. In einer Ausführungsform umfasst das System 100 eine Beleuchtungsquelle 102. Die Beleuchtungsquelle 102 kann jede aus dem Stand der Technik für die DF und/oder DIK basierte Inspektion bekannte Beleuchtungsquelle umfassen. Beispielsweise kann die Beleuchtungsquelle 102, ist jedoch nicht darauf beschränkt, eine schmalbandige Beleuchtungs-

quelle umfassen. Beispielsweise kann die Beleuchtungsquelle 102, ist jedoch nicht darauf beschränkt, einen Laser (beispielsweise Diodenlaser) umfassen. In einer Ausführungsform umfasst die Beleuchtungsquelle 102, ist jedoch nicht darauf beschränkt, einen Dither-Diodenlaser mit Dithering.

[0017] Bei einer Ausführungsform enthält das System 100 einen Probenstisch 105 zum Halten von einer oder mehreren Proben 103 (beispielsweise einen oder mehrere Halbleiterwafer). Der Probenstisch 105 kann jeden aus dem Stand der Technik für die Inspektion bekannten Probenstisch umfassen. Beispielsweise kann der Probenstisch 105, ist jedoch nicht beschränkt, einen Rotationsprobenstisch, einen linearen Probenstisch oder eine Kombination aus einem Rotationsprobenstisch und einem linearen Probenstisch umfassen.

[0018] Bei einer Ausführungsform umfasst das System 100 ein optisches Sub-System 104. Das optische Sub-System 104 kann eine beliebige Anzahl und beliebige Art von optischen Komponenten umfassen, die erforderlich sind, um jeweils eine Beleuchtung von der Beleuchtungsquelle 102 auf die Probe 103 zu lenken, die auf Streuung basierten DF- und auf Phase basierten DIK-Signale von der Probe 103 zu sammeln, die DF- und DIK-Signale zu trennen und/oder die DF- und DIK-Signale entlang von DF- und DIK-Pfaden 111, 113 zu lenken.

[0019] Bei einer Ausführungsform umfasst das optische Sub-System 104 ein oder mehrere optische Elemente 106 zum Lenken einer Beleuchtung von der Beleuchtungsquelle 102 zu einer Oberfläche einer Probe 103 und/oder zum Konditionieren der Beleuchtung von der Beleuchtungsquelle 102. Beispielsweise können das eine oder die mehreren optischen Elemente 106 des optischen Sub-Systems 104, sind jedoch nicht darauf beschränkt, einen oder mehrere Strahlteiler, eine oder mehrere Linsen, eine oder mehrere Pupillenmasken, einen oder mehrere Spiegel, einen oder mehrere Filter oder einen oder mehrere Polarisatoren umfassen.

[0020] Bei einer anderen Ausführungsform sind das eine oder die mehreren optischen Elemente 106 des optischen Sub-Systems 104 angeordnet, um eine Beleuchtung von der Beleuchtungsquelle 102 auf die Probe 103 durch das Objektiv 108 zu lenken. Bei einer anderen Ausführungsform ist das Objektiv 108 derart angeordnet, dass es sowohl das DF-Signal als auch das DIK-Signal von der Probe 103 sammeln kann. In diesem Zusammenhang wird von der Probe 103 gestreutes Licht durch das Objektiv 108 als das DF-Signal gesammelt, während Abbildungslicht oder unter kleinem Winkel reflektiertes Licht durch das Objektiv 108 als DIK-Signal gesammelt wird. Das DIK-Signal umfasst Phaseninformationen, wobei Komponenten des DIK-Signals einander an

nachgeschalteten optischen Komponenten (beispielsweise Wollaston-Prisma - siehe **Fig. 1B**; Dunkelfeld-Filter und dergleichen) stören können und Phaseninformationen später extrahiert werden (beispielsweise mittels 2-D-Sensor 114 extrahiert).

[0021] Bei einer alternativen Ausführungsform können ein oder mehrere optische Elemente 106 des optischen Sub-Systems 104 derart angeordnet sein, dass die Probe 103 außerhalb des Objektivs entlang eines Beleuchtungspfads beleuchtet wird. Beispielsweise kann das optische Sub-System 104 angeordnet sein, um auf die Probe 103 schräg einfallendes Licht zur Verfügung zu stellen.

[0022] Bei einer anderen Ausführungsform umfasst das optische Sub-System 104 ein oder mehrere optische Trennelemente 110, die angeordnet sind, um das auf Streuung basierte DF-Signal von dem auf Phase basierten DIK-Signal räumlich zu trennen. In diesem Zusammenhang können das eine oder die mehreren optischen Trennelemente 110 das DF-Signal entlang eines DF-Pfads 111 zu einem ersten Sensor 112 leiten, der hierin auch als „DF-Sensor“ bezeichnet wird. Ferner können das eine oder die mehreren optischen Trennelemente 110 das DIK-Signal entlang eines DIK-Pfads 113 zu einem zweiten Sensor 114 leiten, der auch als „DIK-Sensor“ bezeichnet wird.

[0023] Das eine oder die mehreren optischen Trennelemente 110 können eine beliebige Anzahl und beliebige Art von optischen Komponenten umfassen, um das DF- und das DIK-Signal entlang unterschiedlicher optischer Pfade zu trennen. Wie hierin weiter in **Fig. 1B** diskutiert, können bei einer Ausführungsform das eine oder die mehreren optischen Trennelemente 110 eine reflektierende Pupillenmaske oder einen „Pupillen-Abgreifspiegel“ umfassen, die beziehungsweise der eine Beleuchtung mit einer NA unterhalb einem ausgewählten Schwellenwert durchlässt oder transmittiert (beispielsweise entlang des DIK-Pfads 113) und eine Beleuchtung mit einer NA oberhalb des ausgewählten Schwellenwerts reflektiert (beispielsweise entlang des DF-Pfads). Es wird weiter angemerkt, dass das eine oder die mehreren Trennelemente 110 so konfiguriert sein können, dass durch das eine oder die mehreren Trennelemente 110 entlang des DF-Pfads 111 reflektierte Beleuchtung konjugat bezüglich der Beleuchtung ist, die ausgewählt ist, um basierend auf NA, bis zur Probe 103 durchzulaufen. Beispielsweise können das eine oder die mehreren Trennelemente 110 eine niedrige NA-Beleuchtung auf die Probe 103 durchgeben oder übertragen, während sie eine hohe NA-Beleuchtung entlang des DF-Pfads 111 reflektieren (und dann ein niedriges NA phasenbasiertes DIK-Signal entlang des DIK-Pfads 113 durchlassen). Als weiteres Beispiel können das eine oder die mehreren Trennelemente 110 eine Beleuchtung mit

hoher NA auf die Probe 103 übertragen, während sie eine Beleuchtung mit niedriger NA entlang des DF-Pfads 111 reflektieren (und dann ein hohes NA phasenbasiertes DIK-Signal entlang des DIK-Pfads 113 durchlassen).

[0024] Wie zu **Fig. 1D** weiter hierin erläutert, können bei einer anderen Ausführungsform das eine oder die mehreren optischen Trennelemente 110 einen Strahlteiler umfassen, der konfiguriert ist, das DF-Signal entlang des DF-Pfads 111 zu leiten, während das DIK-Signal entlang des DIK-Pfads 113 übertragen wird. Dieses Ausführungsbeispiel wird mit mehr Details weiter hierin beschrieben.

[0025] Es wird angemerkt, dass der erste Sensor 112 und/oder der zweite Sensor 114 alle aus dem Stand der Technik zur optischen Inspektion bekannten optischen Sensoren umfassen können. Beispielsweise können der erste Sensor 112 und/oder der zweite Sensor 114, sind jedoch nicht darauf beschränkt, einen oder mehrere CCD-Sensoren, einen oder mehrere TDI-CCD-Sensoren, einen oder mehrere PMT-Sensoren, eine oder mehrere Kameras und dergleichen umfassen. Es wird ferner darauf hingewiesen, dass der DIK-Sensor 114 einen beliebigen zweidimensionalen Sensor aus dem Stand der Technik umfassen kann.

[0026] Bei einer Ausführungsform umfasst die Steuereinheit 116 einen oder mehrere Prozessoren (nicht gezeigt) und ein nicht flüchtiges Speichermedium. In diesem Zusammenhang enthält das Speichermedium der Steuereinheit 116 (oder jedes andere Speichermedium) Programmstrukturen, die konfiguriert sind, den einen oder die mehreren Prozessoren der Steuereinheit 116 zu veranlassen, irgendeinen der in der vorliegenden Offenbarung beschriebenen verschiedenen Schritte auszuführen. Für die Zwecke der vorliegenden Offenbarung kann der Begriff „Prozessor“ in einem weiten Sinne definiert werden, einen beliebigen Prozessor oder ein oder mehrere beliebige Logikelemente zu umfassen mit Verarbeitungsfähigkeiten, die Anweisungen von einem Speichermedium ausführen. In diesem Sinne können der eine oder die mehreren Prozessoren der Steuereinheit 116 jede Mikroprozessor-Typ-Vorrichtung umfassen, die konfiguriert ist, um Software-Algorithmen und/oder Befehle auszuführen. Bei einer Ausführungsform können der eine oder die mehreren Prozessoren einen Desktop-Computer oder ein anderes Computersystem (beispielsweise Netzwerkcomputer) umfassen, der beziehungsweise das konfiguriert ist, ein Programm auszuführen, das konfiguriert ist, um die in der gesamten vorliegenden Offenbarung beschriebenen Rechen- / Datenverarbeitungsschritte auszuführen. Es sollte erkannt werden, dass die in der gesamten vorliegenden Offenbarung beschriebenen Schritte von einem einzelnen Computersystem, mehreren Computersystemen

oder einem Multi-Core-Prozessor durchgeführt werden können. Zudem können verschiedene Subsysteme des Systems 100, beispielsweise eine Anzeigeeinrichtung oder eine Benutzerschnittstelleneinrichtung (nicht gezeigt), einen Prozessor oder Logikelemente umfassen, die geeignet sind, zumindest einen Teil der oben beschriebenen Schritte auszuführen. Daher sollte die obige Beschreibung nicht als eine Beschränkung der vorliegenden Offenbarung ausgelegt werden, sondern lediglich als eine Illustration.

[0027] **Fig. 1B** veranschaulicht ein vereinfachtes Schema des Systems 100 in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Das optische Sub-System 104 in **Fig. 1B** enthält eine verspiegelte Pupillenmaske 134, die angeordnet ist, um das von der Probe 103 gesammelte DF-Signal und DIK-Signal zu trennen. In einer Ausführungsform umfasst die verspiegelte Pupillenmaske 134, oder der Abgreifspiegel, wie in **Fig. 1C**, einen verspiegelten Ring 135 und eine Öffnung 137, die konfiguriert sind, um eine niedrige NA Beleuchtung (das heißt, eine Beleuchtung mit einem NA unterhalb eines ausgewählten Schwellenwerts) von der Beleuchtungsquelle 102 durch bis auf die Probe 103 durchzulassen, während eine hohe NA Beleuchtung reflektiert wird (das heißt, eine Beleuchtung mit einem NA oberhalb eines gewählten Schwellenwerts), die von der Probe 103 entlang des DF-Pfads 111 und in Richtung auf den DF-Sensor 112 gesammelt wird. In einer anderen Ausführungsform, die jedoch nicht gezeigt ist, dient die verspiegelte Pupillenmaske 134, oder der Abgreifspiegel, dazu, dass die hohe NA Beleuchtung von der Beleuchtungsquelle 102 bis zu der Probe 103 durchgelassen wird, während von der Probe 103 entlang des DF-Pfads 111 und in Richtung des DF-Sensors 112 gesammelte niedrige NA Beleuchtung reflektiert wird. In diesem Zusammenhang ist die Beleuchtung der verspiegelten Pupillenmaske 134 konjugat zur Beleuchtung, die durch die Öffnung der verspiegelten Pupillenmaske 134 und zur Probe 103 verläuft.

[0028] Zusätzlich zur Pupillenmaske 134 kann das optische Sub-System 104 von **Fig. 1B** eine beliebige Anzahl und Art von optischen Komponenten zum Lenken, Konditionieren und/oder Auswählen von Beleuchtung von der Beleuchtungsquelle 102 und/oder gestreuter oder reflektierter Beleuchtung, die von der Probe 103 gesammelt wurde, umfassen.

[0029] Die Beleuchtung von Interesse kann durch verschiedene optische Elemente verarbeitet werden, wie beispielsweise, jedoch nicht beschränkt auf, durch einen oder mehrere Polarisatoren, eine oder mehrere Wellenplatten, eine oder mehrere Strahlformungskomponenten, einen oder mehrere Filter, einen oder mehrere Faltspiegel, bevor die Beleuchtung in das Objektiv 108 tritt und die Probe 103

beleuchtet. Wie in **Fig. 1B** gezeigt, kann beispielsweise Beleuchtung von der Beleuchtungsquelle 102 durch die OD 120 (beispielsweise 3-Position) und durch einen Polarisator 122 und eine Wellenplatte 124 (beispielsweise Viertelwellenplatte) übertragen werden. Dann kann ein Strahlteiler 126 einen Teil der Beleuchtung der Beleuchtungsquelle 102 entlang eines Beleuchtungspfads lenken, wobei ein Teil der Beleuchtung durch die verspiegelte Pupillenmaske 134 verläuft (wie oben beschrieben). Nachdem ein ausgewählter Teil der Beleuchtung durch die verspiegelte Pupillenmaske 134 verläuft, kann die afokale Linse 128 die ausgewählte Beleuchtung durch den Filter 130 (beispielsweise 405 nm-Filter) übertragen. Dann kann der Drehspiegel 132 die gefilterte Beleuchtung durch das Objektiv 108 und zu der auf dem Probentisch 105 angeordneten Probe 103 richten. In einem Ausführungsbeispiel umfasst der Drehspiegel 132 einen dichroitischen Spiegel zum Reflektieren einer ausgewählten Wellenlänge des Lichtes des gesammelten Signals an nachgeordnete Komponenten zur Charakterisierung, während eine unerwünschte Wellenlänge oder eine Menge von unerwünschten Wellenlängen, die von der Probe entlang eines zusätzlichen Pfads (beispielsweise zusätzlicher Pfad zu einem Strahlfänger gesammelt worden sind, übertragen werden.

[0030] Bei einer anderen Ausführungsform sammelt das Objektiv 108 die von der Probe 103 gestreute Beleuchtung, um das DF-Signal zu bilden. Das DF-Signal wird dann durch den Spiegel 132 reflektiert und zurück entlang des optischen Pfads durch den Filter 130 und die afokale Linse 128 gelenkt. Dann trifft die gesammelte Beleuchtung wieder auf die verspiegelte Pupillenmaske 134 auf, was dazu dient, das von der Probe aufgenommene Signal in DF- und DIK-Komponenten zu trennen. Dies erfolgt dadurch, dass Beleuchtung eines ausgewählten NA-Regimes (beispielsweise niedrige NA oder hohe NA) entlang des DF-Pfads 111 reflektiert wird und die verbleibende Beleuchtung (beispielsweise hohe NA oder niedrige NA) an den DIK-Pfad 113 übertragen wird. In dem Fall, in dem beispielsweise eine niedrige NA-Beleuchtung bis zur Probe 103 weitergegeben wurde, kann die verspiegelte Phasenmaske 134 eine hohe NA-Beleuchtung zu dem DF-Pfad 111 reflektieren (und eine niedrige NA-Beleuchtung an den DIK-Pfad 113 übertragen). Als weiteres Beispiel, in dem Fall, in dem eine hohe NA-Beleuchtung bis zur Probe 103 weitergegeben wurde, kann die verspiegelte Phasenmaske 134 eine niedrige NA-Beleuchtung zu dem DF-Pfad 111 reflektieren (und eine hohe NA-Beleuchtung zu dem DIK-Pfad 113 übertragen). Die über die verspiegelte Pupillenmaske 134 entlang des DF-Pfads 111 gelenkte Beleuchtung kann dann auf den DF-Sensor 112 (beispielsweise ein 1-D-Sensor, der für das Monitoring großer Partikel geeignet ist) über die Linse 150 (beispielsweise Tubuslinse) fokussiert werden.

[0031] Gleichzeitig kann mit der Sammlung des DF-Signals durch das Objektiv 108 eine bildgebende und/oder kleinwinklig reflektierte Beleuchtung, die Phaseninformationen enthält, gesammelt und durch die Öffnung der verspiegelten Pupillenmaske 134 weitergegeben werden. Dann stören sich die Komponentensignale des DIK-Signals gegenseitig am Prisma 138 (beispielsweise Wollaston-Prisma) oder Filter. In einer Ausführungsform umfasst das System 100 eine oder mehrere Linsen 136 zum Fokussieren des DIK-Signals. In einer anderen Ausführungsform kann ein Analysator 140 (beispielsweise ein schaltbarer Analysator) verwendet werden, um den Rauschbeitrag in dem polarisierten Signal zu unterdrücken. Nach der Unterdrückung des Rauschens wiederum kann das Signal auf den DIK-Sensor 114 (beispielsweise ein 2-D-Sensor) fokussiert werden, der für das Extrahieren von Phaseninformationen aus dem DIK-Signal via die Linse 142 (beispielsweise Tubuslinse) geeignet ist.

[0032] Bei einer weiteren Ausführungsform kann die Steuereinheit 116 das gemessene DF-Signal vom DF-Sensor 112 und das gemessene DIK-Signal vom DIK-Sensor 114 erfassen. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Steuereinheit 116 einen Datenfusionsprozess durchführen, wobei das gemessene DF-Signal vom DF-Sensor 112 fusioniert oder mit dem gemessenen DIK-Signal vom DIK-Sensor 114 kombiniert wird. In diesem Zusammenhang kann die Steuereinheit 116 einen oder mehrere Teile des DF-Signals mit einem oder mehreren Teilen des DIK-Signals kombinieren und/oder vergleichen, um ein oder mehrere Eigenschaften (beispielsweise Defekte) der Probe 103 zu charakterisieren. In einer anderen Ausführungsform kann die Steuereinheit 116 dem DF-Signal und dem DIK-Signal zugeordnete Bilddaten einem Benutzer über eine Benutzerschnittstelle (nicht gezeigt) anzeigen. In diesem Zusammenhang kann der Benutzer (oder der Algorithmus, der von der Steuereinheit 116 ausgeführt wird) dann das DF-Signal, das Informationen zur Streuung aufweist, und das DIK-Signal, das Phaseninformationen enthält, gleichzeitig analysieren.

[0033] Es wird erneut darauf hingewiesen, dass die gleichzeitige Analyse des auf Streuung basierten DF-Signals und des auf Phase basierten DIK-Signals die Detektion und Klassifizierung von Defekten (oder anderen Merkmalen) der Probe 103 erheblich verbessern kann. Das DF-Signal und DIK-Signal sind oft empfindlich bezüglich unterschiedlicher Proben- und Defektmerkmale, die es für eine Fusion der Signale ermöglichen, das Gesamtverständnis der Probe 103 (und die damit verbundenen Defekte oder Merkmale) verbessern. Beispielsweise stellt im Fall von Stapeldefekten ein DF-basierter Inspektionsprozess oft einen Stapeldefekt fälschlicherweise als einen Punktdefekt dar oder versagt völlig darin, den Defekt überhaupt zu detektieren. Im Gegensatz dazu sorgt

das durch den DIK-Sensor 114 gemessene DIK-Signal für die Detektion von Defekten, die nicht größer als einige Wellenlängen der verwendeten Beleuchtung sind. Im Fall, wenn die Beleuchtungsquelle 102 Beleuchtung im 200-500 nm Bereich liefert (beispielsweise 405 nm), ist der DIK-Sensor 114 wahrscheinlich empfindlich bezüglich Merkmalen, die so klein wie 0,5 μm sind. In diesem Sinne ist eine DIK-basierte Inspektion topographischen Untersuchungen überlegen und sorgt für eine gute Identifizierung von scharfen Kantendefekten auf der Probe 103, wie jene, die im Fall von Stapelfehlern erscheinen. Eine DF-basierte Inspektion sorgt jedoch für eine Qualitätserkennung von Punktdefekten. Durch die Kombination und/oder den Vergleich der DF- und DIK-Signale kann die Steuereinheit 116 einen vorgegebenen Satz von Defekten leichter und genauer detektieren und charakterisieren. Beispielsweise kann die Steuereinheit 116 das DF-Signal und DIK-Signal, die beide aus dem gleichen Bereich der Probe 103 empfangen worden sind, vergleichen, um die DF-basierten Merkmale mit den DIK-basierten Merkmalen in Beziehung zu setzen (zu korrelieren), so dass die Steuereinheit 116 (oder der Benutzer) den einen oder die mehreren Defekte, die in dem gegebenen Bereich auftreten, genauer charakterisieren kann.

[0034] In einer weiteren Ausführungsform kann die Steuereinheit 116 das DF-Signal vom DF-Sensor 112 und das DIK-Signal vom DIK-Sensor 114 unabhängig voneinander analysieren. In diesem Zusammenhang arbeitet die Steuereinheit 116, um die DF- und DIK-Signale unabhängig voneinander zu analysieren, während das System 100 die optische Architektur des DF-Signals und der DIK-Signalerfassung integriert.

[0035] Während ein großer Teil der vorliegenden Offenbarung die Trennung der DF- und DIK-Signale mittels einer verspiegelten Pupillenmaske 134 diskutiert, sei hierin dennoch angemerkt, dass solch eine Konfiguration nicht eine Beschränkung der vorliegenden Offenbarung und lediglich zu illustrativen Zwecken vorgesehen ist. Es wird darauf hingewiesen, dass jede optische Architektur, die geeignet ist, die DF- und DIK-Signale zu trennen, im Rahmen der vorliegenden Offenbarung implementiert werden kann.

[0036] **Fig. 1D** veranschaulicht ein vereinfachtes Schema des Systems 100 gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Es wird hierin angemerkt, dass die im Zusammenhang mit den **Fig. 1A-1C** beschriebenen verschiedenen Komponenten und Ausführungsformen derart zu interpretieren sind, dass sie auch auf **Fig. 1D** ausgedehnt werden können, sofern nicht anders vermerkt.

[0037] Das in **Fig. 1D** dargestellte optische Sub-System 104 umfasst ein Paar von Pupillenstrukturen

158, 159, die derart angeordnet sind, dass sie das von der Probe 103 gesammelte DF-Signal und das DIK-Signal trennen. In einer Ausführungsform umfasst das optische Sub-System 104 einen Strahlteiler 154, der derart konfiguriert ist, dass er einen ersten Teil der gesammelten Beleuchtung entlang eines DF-Pfads 111 reflektiert, während er einen zweiten Teil der gesammelten Beleuchtung entlang des DIK-Pfads 113 überträgt. Es sei bemerkt, dass diese Anordnung nicht einschränkend ist und sollte lediglich als Illustration interpretiert werden. Beispielsweise kann der Strahlteiler 154 derart angeordnet sein, dass er einen Teil der gesammelten Beleuchtung entlang des DIK-Pfads 113 reflektiert, während er einen Teil der gesammelten Beleuchtung entlang des DF-Pfads 111 überträgt.

[0038] In einer Ausführungsform umfasst die erste Pupillenstruktur 158 einen Pupillenblock, der dazu dient, eine sich entlang des DF-Pfads 111 ausbreitende Beleuchtung mit einer NA unterhalb eines ausgewählten NA-Schwellenwertes zu blockieren. Ferner kann die zweite Pupillenstruktur 159 eine Pupillenmaske umfassen, die dazu dient, eine sich entlang des DIK-Pfads 113 ausbreitende Beleuchtung mit einer NA oberhalb eines ausgewählten NA-Schwellenwertes zu blockieren. In diesem Zusammenhang sind der Pupillenblock 158 und die Pupillenmaske 159 an konjugiert zueinander, wobei eine Struktur Licht in einem NA-Regime überträgt, das von der anderen Struktur blockiert wird. Es wird hierin angemerkt, dass der oben genannte Pupillenblock 158 bzw. die Pupillenmaskenanordnung 159 nicht einschränkend und lediglich zu illustrativen Zwecken vorgesehen sind. Beispielsweise kann der DF-Pfad 111 eine Pupillenmaske umfassen, wobei der DIK-Pfad 113 einen Pupillenblock umfasst. In diesem Zusammenhang dient die Pupillenmaske des DF-Pfads 111 dazu, eine sich entlang des DF-Pfads 111 ausbreitende Beleuchtung mit einer NA oberhalb eines ausgewählten NA-Schwellenwertes zu blockieren, wobei der Pupillenblock des DIK-Pfads eine sich entlang des DIK-Pfads 113 ausbreitende Beleuchtung mit einer NA unterhalb des gewählten NA-Schwellenwertes blockiert. In einer anderen Ausführungsform kann das optische Sub-System 104 die Trennung der DF- und DIK-Signale durchführen, indem nur ein Pupillenblock 158 verwendet wird und ohne eine korrespondierende Pupillenstruktur im DIK-Pfad 113 zu verwenden, um den oberen NA-Bereich zu begrenzen.

[0039] Zusätzlich zur Pupillenmaske 134 kann das optische Sub-System 104 von **Fig. 1D** eine beliebige Anzahl und Arten von optischen Komponenten umfassen, um die Beleuchtung von der Beleuchtungsquelle 102 und/oder von der Probe 103 gesammelte gestreute oder reflektierte Beleuchtung zu lenken, konditionieren und/oder auszuwählen.

[0040] Die Beleuchtung von Interesse kann durch verschiedene optische Elemente verarbeitet werden, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, durch einen oder mehrere Polarisatoren, eine oder mehrere Wellenplatten, eine oder mehrere Strahlformungskomponenten, einen oder mehrere Filter und einen oder mehrere Faltspiegel vor dem Objektiv 108 und vor dem Beleuchten der Probe 103. Wie in **Fig. 1D** gezeigt, kann beispielsweise die Beleuchtung von der Beleuchtungsquelle 102 durch die OD 120 (beispielsweise 3-Position) und durch einen Polarisator 122 und eine Wellenplatte 124 (beispielsweise Viertelwellenplatte) übertragen werden. Dann kann der Strahlteiler 126 einen Teil der Beleuchtung der Beleuchtungsquelle 102 entlang eines Beleuchtungspfads und durch das Objektiv 108 auf die Probe 103 leiten.

[0041] In einer anderen Ausführungsform sammelt das Objektiv 108 die von der Probe 103 gestreute Beleuchtung, um das DF-Signal zu bilden. Das DF-Signal wird dann durch den Spiegel 132 reflektiert und zurück entlang des optischen Pfads durch den Filter 130 und die afokale Linse 128 gelenkt. Dann trifft die gesammelte Beleuchtung wieder auf den Strahlteiler 154, was dazu dient, das gesammelte Signal in einen entlang des DF-Pfads 111 gelenkten ersten Teil und in einen entlang des DIK-Pfads 113 gelenkten zweiten Teil zu trennen. Wie hierin zuvor erwähnt, dienen die Pupillenstrukturen 158, 159 dazu, jeweils Beleuchtung oberhalb und unterhalb eines ausgewählten NA-Schwellenwertes verbunden zu blockieren (oder zu übertragen). In dem Fall des DF-Pfads 111, bei dem niedriges NA-Licht durch den Pupillenblock 158 blockiert wird, wird dann das verbleibende hohe NA-Licht mittels der Linse 150 (beispielsweise Tubuslinse) auf den DF-Sensor 112 (beispielsweise ein für eine große Partikelüberwachung geeigneter 1-D-Sensor) fokussiert. In dem Fall des DIK-Pfads 113, bei dem hohes NA-Licht durch die Pupillenmaske 159 blockiert wird, wird das verbleibende niedrige NA-Licht mittels der Linse 150 (beispielsweise Tubuslinse) auf den DIK-Sensor 114 (beispielsweise 2-D-Sensor) fokussiert.

[0042] Die vorliegende Offenbarung ist nicht auf die in den **Fig. 1A-1D** dargestellten spezifischen Konfigurationen und Architekturen beschränkt, und es wird hierin erkannt, dass es eine Reihe von Möglichkeiten gibt, bei denen ein DF-Signal von einem DIK-Signal getrennt werden kann.

[0043] In einigen Ausführungsformen kann das hierin beschriebene Inspektionssystem als ein „Stand-Alone-Tool“ oder ein Werkzeug konfiguriert sein, das nicht physisch mit einem Verarbeitungswerkzeug gekoppelt ist. In anderen Ausführungsformen kann solch ein Inspektionssystem durch ein Übertragungsmedium, das verkabelte bzw. drahtlose und/oder kabellose bzw. drahtlose Abschnitte umfassen

kann, mit einem Verarbeitungswerkzeug (nicht dargestellt) gekoppelt sein. Das Verarbeitungswerkzeug kann jedes aus dem Stand der Technik bekannte Verarbeitungswerkzeug umfassen, wie beispielsweise ein Lithographiewerkzeug, ein Ätzwerkzeug, ein Abscheidewerkzeug, ein Polierwerkzeug, ein Plattierwerkzeug, ein Reinigungswerkzeug oder ein Ionenimplantationswerkzeug. Die Ergebnisse der durch die hierin beschriebenen Systeme durchgeführten Inspektionen können dazu verwendet werden, um einen Parameter eines Prozesses oder eines Verarbeitungswerkzeugs unter Verwendung einer Rückkopplungs-Steuerungstechnik, einer Vorwärtskopplungs-Steuerungstechnik und/oder einer in-situ-Steuerungstechnik abzuändern. Der Parameter des Prozesses oder des Verarbeitungswerkzeugs kann manuell oder automatisch abgeändert werden.

Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast umfassend:
eine oder mehrere Beleuchtungsquellen (102);
einen Probenstisch (105), der zum Halten einer Probe (103) konfiguriert ist;
einen ersten Sensor (112);
einen zweiten Sensor (114); und
ein optisches Sub-System (104) umfassend:
ein Objektiv (108);
ein oder mehrere optische Elemente (106), die zum Lenken einer Beleuchtung, durch das Objektiv (108), von der einen oder den mehreren Beleuchtungsquellen (102) zu einer Oberfläche der Probe (103) angeordnet sind;
wobei das Objektiv (108) zum Sammeln eines aufgenommenen Signals von der Oberfläche der Probe (103) konfiguriert ist, wobei das aufgenommene Signal mindestens eines von einem auf Streuung basierten Signal und einem auf einer Phase basierten Signal von der Probe (103) umfasst; und
ein oder mehrere optische Trennelemente (110), die angeordnet sind, um das aufgenommene Signal in ein Signal für Dunkelfeld und ein Signal für Differentialinterferenzkontrast räumlich zu trennen, indem das Signal für Dunkelfeld entlang eines Pfads (111) für das Dunkelfeld zum ersten Sensor (112) und das Signal für Differentialinterferenzkontrast entlang eines Pfads (113) für Differentialinterferenzkontrast zum zweiten Sensor (114) gelenkt wird, wobei das eine oder die mehreren optischen Trennelemente (110) eine reflektierende Pupillenmaske (134) umfassen, die so angeordnet ist, dass sie das gesammelte Signal in ein Dunkelfeld-Signal und ein Differentialinterferenzkontrast-Signal auf der Grundlage eines ausgewählten NA-Schwellenwerts räumlich trennt.

2. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, zudem umfassend:

eine Steuereinheit (116), die mit dem ersten Sensor (112) und dem zweiten Sensor (114) kommunikativ gekoppelt ist, wobei die Steuereinheit (116) konfiguriert ist zum:

Empfangen einer oder mehrerer Messungen des Signals für Dunkelfeld in Verbindung mit der Probe (103) vom ersten Sensor (112); und

Empfangen einer oder mehrerer Messungen des Signals für Differentialinterferenzkontrast in Verbindung mit der Probe (103) vom zweiten Sensor (114).

3. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Steuereinheit (116) zudem konfiguriert ist, einen Datenfusionsprozess durchzuführen, um einen oder mehrere Abschnitte der Probe (103) gleichzeitig mittels des empfangenen Signals für Dunkelfeld und des empfangenen Signals für Differentialinterferenzkontrast zu charakterisieren.

4. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Steuereinheit (116) zudem konfiguriert ist, einen Datenfusionsprozess durchzuführen, um einen oder mehrere Abschnitte der Probe (103), unabhängig voneinander mittels mindestens eines des empfangenen Signals für Dunkelfeld-Signal oder des empfangenen Signals für Differentialinterferenzkontrast zu charakterisieren.

5. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die reflektierende Pupillenmaske des optischen Sub-Systems (104) umfasst:

mindestens eine verspiegelte Pupillenmaske (134), die konfiguriert ist, um eine Beleuchtung mit einer NA, die höher als ein ausgewählter NA-Schwellenwert ist, entlang eines Pfads (111) für Dunkelfeld zu reflektieren,

wobei die verspiegelte Pupillenmaske (134) zudem konfiguriert ist, um eine Beleuchtung mit einer NA, die niedriger als der ausgewählte NA-Schwellenwert ist, entlang eines Pfads (114) für Differentialinterferenzkontrast zu leiten.

6. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die reflektierende Pupillenmaske des optischen Sub-Systems (104) umfasst:

mindestens eine verspiegelte Pupillenmaske (134), die konfiguriert ist, um eine Beleuchtung mit einer NA, die niedriger als ein ausgewählter NA-Schwellenwert ist, entlang eines Pfads (111) für Dunkelfeld zu reflektieren,

wobei die verspiegelte Pupillenmaske (134) zudem konfiguriert ist, um eine Beleuchtung mit einer NA, die höher als der ausgewählte NA-Schwellenwert ist, entlang eines Pfads (114) für Differentialinterferenzkontrast zu leiten.

7. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das eine oder die mehreren optischen Trennelemente (110) des optischen Sub-Systems (104) umfassen:

einen Strahlteiler (154), der konfiguriert ist, um das gesammelte Signal in einen ersten Teil entlang des Pfads (111) für Dunkelfeld zu dem ersten Sensor (112) und in einen zweiten Teil entlang des Pfads (113) für Differentialinterferenzkontrast zu dem zweiten Sensor (114) zu trennen.

8. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die eine oder die mehreren Beleuchtungsquellen (102) umfassen:

einen oder mehrere Laser.

9. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der erste Sensor (112) umfasst:

einen eindimensionalen Sensor.

10. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der zweite Sensor (114) umfasst:

einen zweidimensionalen Sensor.

11. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Vorrichtung als eine Waferinspektionsmaschine konfiguriert ist.

12. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Vorrichtung als ein Mikroskop für eine biologische Probe (103) konfiguriert ist.

13. Eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast umfassend:

eine oder mehrere Beleuchtungsquellen (102);

einen Probenstisch (105), der zum Halten einer Probe (103) konfiguriert ist;

und

ein optisches Sub-System (104) umfassend:

ein Objektiv (108);

eine verspiegelte Pupillenmaske (134), die konfiguriert ist, um eine Beleuchtung mit einer NA, die niedriger als ein ausgewählter NA-Schwellenwert ist, weiterzuleiten;

ein oder mehrere optische Elemente (106), die zum Lenken einer Beleuchtung mit einer NA unterhalb des ausgewählten NA-Schwellenwerts durch die verspiegelte Pupillenmaske (134) angeordnet sind, wobei das eine oder die mehreren optischen Elemente (106) zudem konfiguriert sind, um eine durch die verspiegelte Pupillenmaske (134) geleitete Beleuchtung durch das Objektiv (108) und auf eine Oberfläche der Probe (103) zu lenken,

wobei das Objektiv (108) dazu konfiguriert ist, ein gesammeltes Signal von der Oberfläche der Probe (103) zu erfassen, wobei das gesammelte Signal mindestens eines von einem auf Streuung basierten Signal und einem auf einer Phase basierten Signal von der Probe (103) umfasst,

wobei die verspiegelte Pupillenmaske (134) zudem konfiguriert ist, um das gesammelte Signal in ein Signal für Dunkelfeld und ein Signal für Differentialinterferenzkontrast räumlich zu trennen, indem ein

Teil der gesammelten Beleuchtung mit einer NA oberhalb des ausgewählten NA-Schwellenwertes entlang eines Pfads (111) für Dunkelfeld zu einem ersten Sensor (112) reflektiert wird und ein Teil der gesammelten Beleuchtung mit einer NA unterhalb des ausgewählten NA-Schwellenwertes entlang des Pfads (113) für Differentialinterferenzkontrast zu einem zweiten Sensor (114) gelenkt wird.

14. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei die eine oder mehreren Beleuchtungsquellen (102) umfassen:
einen oder mehrere Laser.

15. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei der erste Sensor (112) umfasst:
einen eindimensionalen Sensor.

16. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei der zweite Sensor (114) umfasst:
einen zweidimensionalen Sensor.

17. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei die Vorrichtung als eine Waferinspektionsmaschine konfiguriert ist.

18. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 14, wobei die Vorrichtung als ein Mikroskop für eine biologische Probe (103) konfiguriert ist.

19. Eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Dunkelfeldinspektion und Inspektion mittels Differentialinterferenzkontrast umfassend:
eine oder mehrere Beleuchtungsquellen (102);
einen Probentisch (105), der zum Haltern einer Probe (103) konfiguriert ist;
und
ein optisches Sub-System (104) umfassend:
ein Objektiv (108);
ein oder mehrere optische Elemente (106), die zum Lenken einer Beleuchtung durch das Objektiv (108) und auf eine Oberfläche der Probe (103) konfiguriert sind, wobei das Objektiv (108) zum Aufnehmen eines aufgenommenen Signals von der Oberfläche der Probe (103) konfiguriert ist, wobei das aufgenommene Signal mindestens eines von einem auf Streuung basierten Signal und einem auf einer Phase basierten Signal von der Probe (103) umfasst,
einen Strahlteiler (154), der konfiguriert ist, um einen ersten Teil der gesammelten Beleuchtung entlang eines Pfads (111) für Dunkelfeld zu lenken, wobei der Strahlteiler (154) zudem konfiguriert ist, um einen zweiten Teil der gesammelten Beleuchtung entlang eines Pfads (113) für Differentialinterferenzkontrast zu leiten;
einen Pupillenblock (158), der entlang des Pfads (111) für Dunkelfeld angeordnet und konfiguriert ist, um eine Beleuchtung mit einer NA unterhalb eines ausgewählten NA-Schwellenwertes zu blockieren;

und
eine Pupillenmaske (159), die entlang des Pfads (113) für Differentialinterferenzkontrast angeordnet und konfiguriert ist, um eine Beleuchtung mit einer NA oberhalb des ausgewählten NA-Schwellenwertes zu blockieren;
einen ersten Sensor (112), der konfiguriert ist, um eine mittels des Pupillenblocks (158) des Pfads (111) für Dunkelfeld gesandte Beleuchtung zu erfassen; und
einen zweiten Sensor (114), der konfiguriert ist, um eine mittels der Pupillenmaske (159) des Pfads (113) für Differentialinterferenzkontrast gesandte Beleuchtung zu erfassen.

20. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 19, wobei die eine oder die mehreren Beleuchtungsquellen (102) umfassen:
einen oder mehrere Laser.

21. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 19, wobei der erste Sensor (112) umfasst:
einen eindimensionalen Sensor.

22. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 19, wobei der zweite Sensor (114) umfasst:
einen zweidimensionalen Sensor.

23. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 19, wobei die Vorrichtung als eine Waferinspektionsmaschine konfiguriert ist.

24. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 19, wobei die Vorrichtung als ein Mikroskop für eine biologische Probe (103) konfiguriert ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

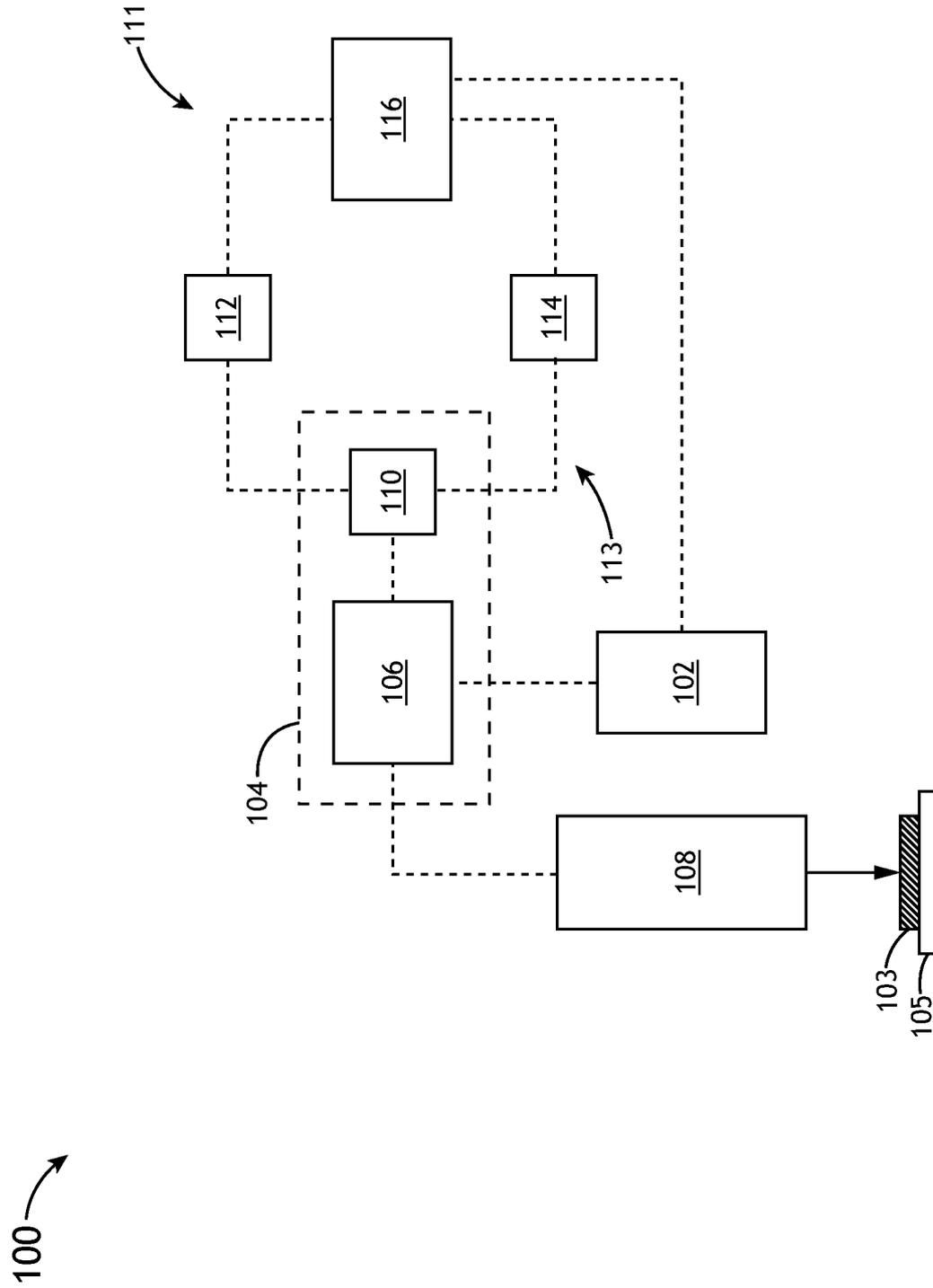


FIG.1A

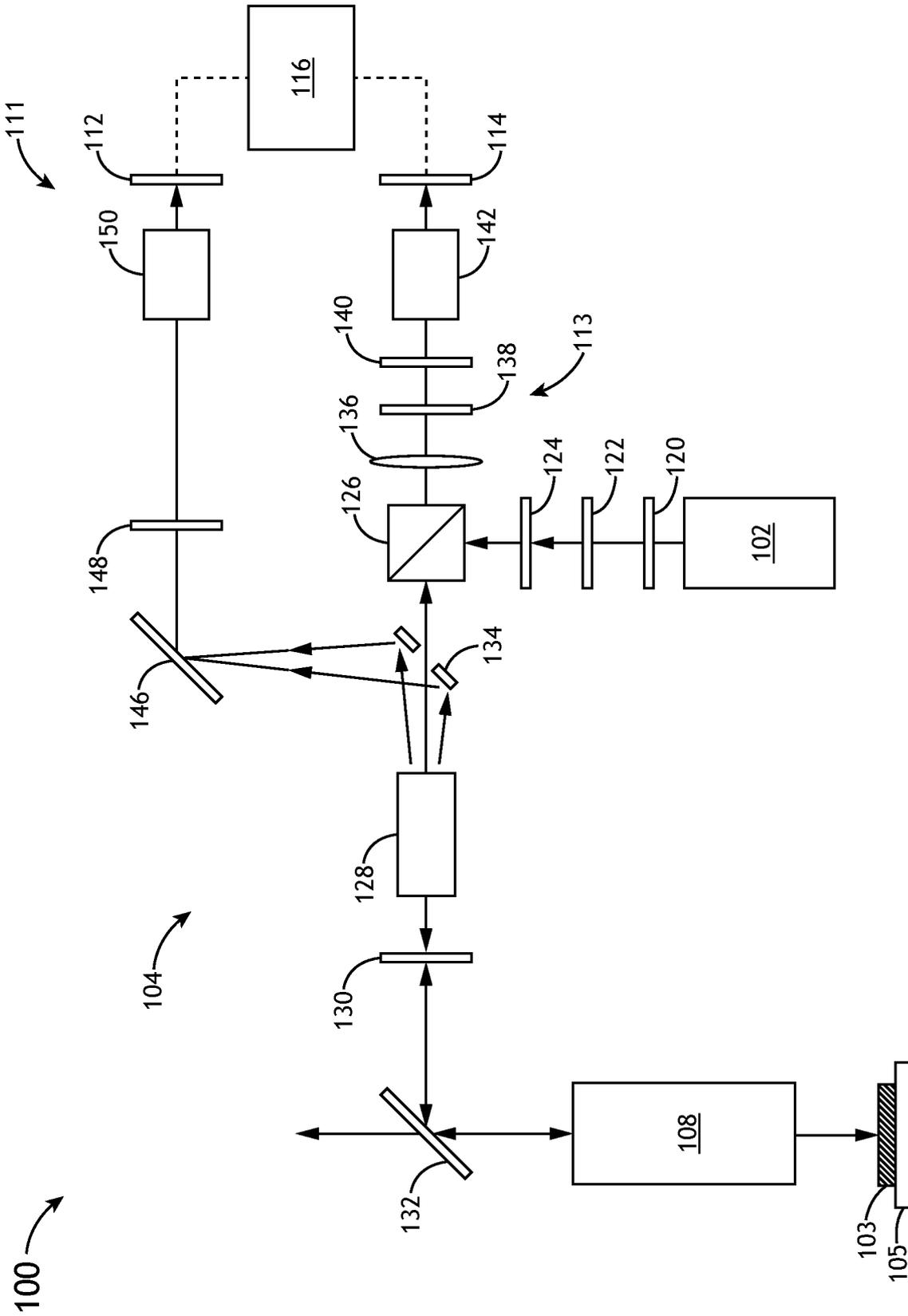


FIG.1B

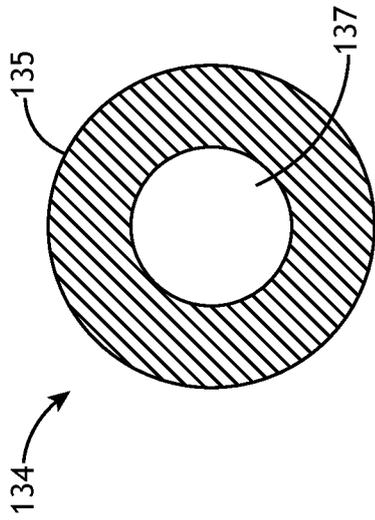


FIG.1C

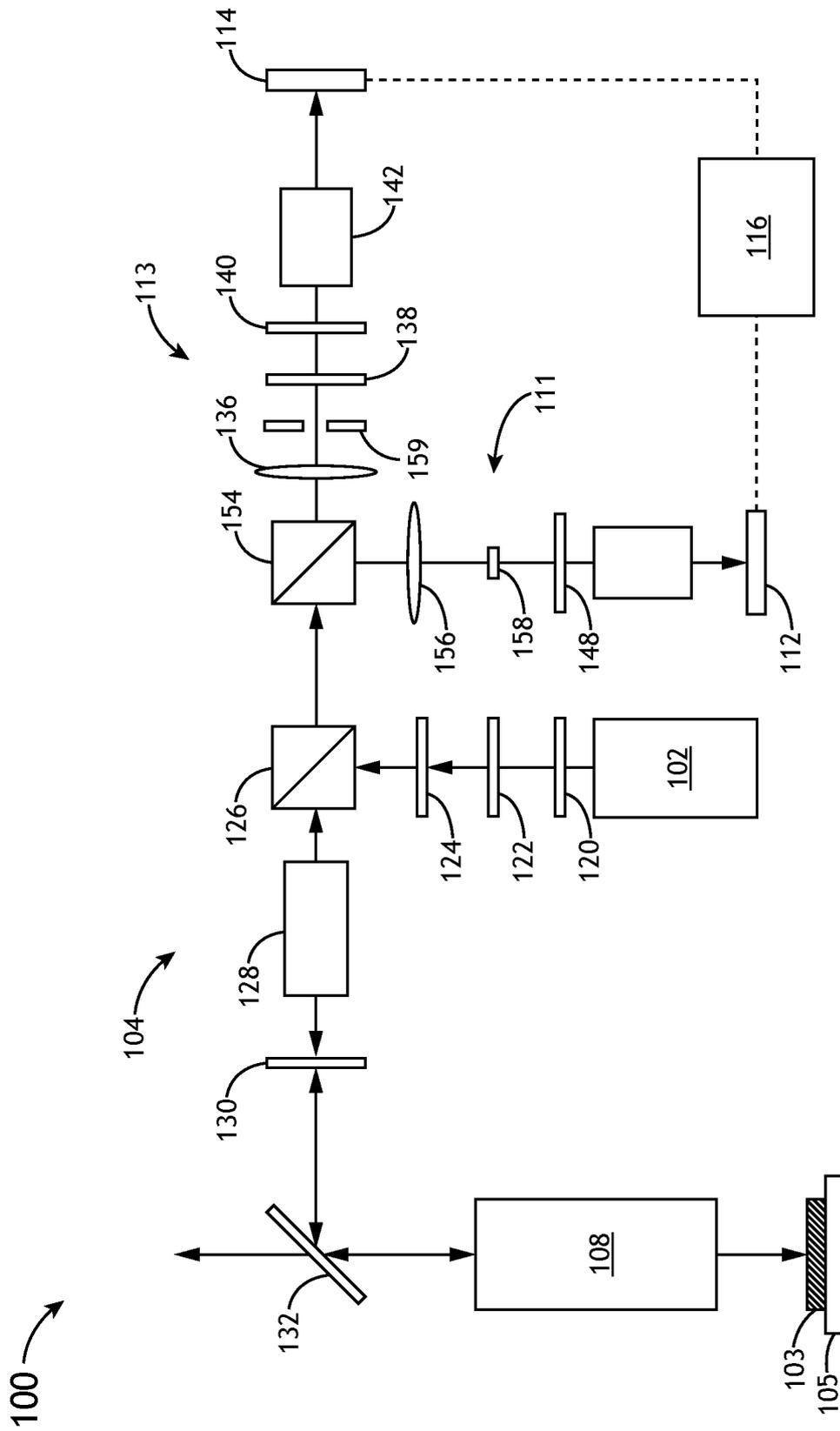


FIG.1D