



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 002 277.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2016/032925**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/187229**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.05.2016**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.11.2016**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **08.02.2018**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **29.05.2024**

(51) Int Cl.: **G01R 31/307 (2006.01)**
G01R 31/265 (2006.01)
G01R 27/02 (2006.01)
G01R 31/28 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität: 62/164,081 20.05.2015 US 15/136,680 22.04.2016 US	(72) Erfinder: Duffy, Brian, San Jose, Calif., US
(73) Patentinhaber: KLA-Tencor Corporation, Milpitas, Calif., US	(56) Ermittelter Stand der Technik: US 2007 / 0 222 464 A1
(74) Vertreter: Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte, 93049 Regensburg, DE	

(54) Bezeichnung: **AUF SPANNUNGSKONTRAST BASIERTE FEHLER- UND DEFECTINFERENZ IN LOGIKCHIPS**

(57) Hauptanspruch: System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast, umfassend:

ein Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast; und

eine Steuerung, die mit dem Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast gekoppelt ist, wobei die Steuerung einen oder mehrere Prozessoren umfasst, wobei der eine oder die mehreren Prozessoren dazu konfiguriert sind, Programmanweisungen auszuführen, die dazu konfiguriert sind, den einen oder die mehreren Prozessoren zu Folgendem zu veranlassen:

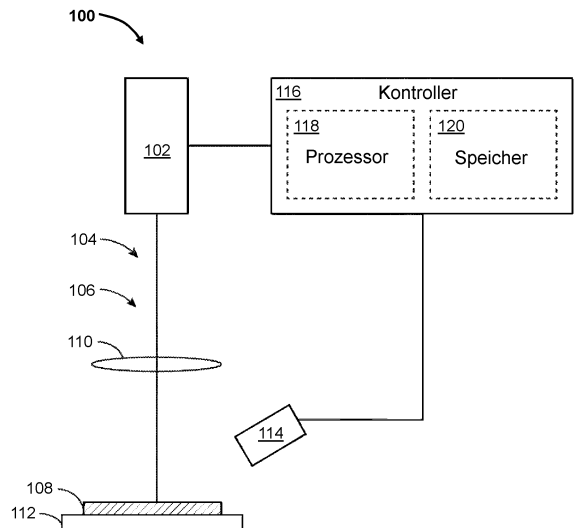
Analysieren von Design-Daten, die mit einer Probe assoziiert sind, um eine oder mehrere Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für eine oder mehrere Strukturen auf der Probe zu erzeugen;

Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf der Probe basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast;

Anweisen des Werkzeugs für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast einen Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast zu erzeugen, der auf die eine oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe beschränkt ist;

Empfangen des Datensatzes für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast für den einen oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe von dem Werkzeug für die Bild-

gebung auf Basis von Spannungskontrast; und Detektieren eines oder mehrerer Defekte basierend auf dem Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft allgemein die Detektion von Defekten und insbesondere die gezielte Detektion von Defekten unter Verwendung einer Bildgebung auf Basis von Spannungs- kontrast.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Inspektionssysteme identifizieren und klassifizieren Defekte auf Halbleiterwafern, um eine Defektpopulation auf einem Wafer zu erzeugen. Ein gegebener Halbleiterwafer kann Hunderte von Chips umfassen, wobei jeder Chip Tausende von Komponenten von Interesse umfasst, und jede Komponente von Interesse kann Millionen von Ereignissen auf einer gegebenen Schicht eines Chips haben. Infolgedessen können Inspektionssysteme große Anzahlen von Datenpunkten (beispielsweise Hunderte von Milliarden von Datenpunkten für einige Systeme) auf einem gegebenen Wafer erzeugen. Darüber hinaus führt die Nachfrage nach immer kleiner werdenden Geräten zu erhöhten Anforderungen an Inspektionssysteme. Die Anforderungen umfassen die Notwendigkeit einer erhöhten Auflösung und Kapazität, die notwendig sind, um auf die Grundursachen von identifizierten Defekten rückzuschließen, ohne die Inspektionsgeschwindigkeit oder Genauigkeit zu opfern. Daher wäre es wünschenswert, ein System und ein Verfahren bereitzustellen, die die oben angegebenen Probleme vermeidet.

[0003] Die US 2007 / 0 222 464 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überprüfung von Defekten unter Verwendung von Spannungs- kontrastbildern. Unter zwei unterschiedlichen Detektionsbedingungen wird ein Bereich einer Probe mit einem Elektronenstrahl abgerastert, und es werden dabei jeweils die resultierenden Sekundärelektronen erfasst. Die sich für jede Detektionsbedingung ergebenden Bilder werden jeweils mit Referenzbildern verglichen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Ein System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungs- kontrast ist gemäß einer oder mehreren beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung offenbart. In einer anschaulichen Ausführungsform umfasst das System ein Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungs- kontrast. In einer anderen anschaulichen Ausführungsform umfasst das System eine Steuerung, die mit dem Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungs- kontrast gekoppelt ist, wobei die Steuerung einen oder mehrere Prozessoren umfasst. In einer anderen beispiel-

haften Ausführungsform sind der eine oder die mehreren Prozessoren konfiguriert, um Programmanweisungen auszuführen, die konfiguriert sind, um den einen oder die mehreren Prozessoren zu veranlassen, eine oder mehrere Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungs- kontrast für eine oder mehrere Strukturen auf einer Probe zu erzeugen. In einer anderen beispielhaften Ausführungsform sind der eine oder die mehreren Prozessoren konfiguriert, um Programmanweisungen auszuführen, die konfiguriert sind, um den einen oder die mehreren Prozessoren zu veranlassen, einen oder mehrere Zielbereiche auf der Probe basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungs- kontrast zu bestimmen. In einer anderen beispielhaften Ausführungsform sind der eine oder die mehreren Prozessoren konfiguriert, um Programmanweisungen auszuführen, die konfiguriert sind, um den einen oder die mehreren Prozessoren zu veranlassen, einen Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungs- kontrast für den einen oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe von dem Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungs- kontrast zu empfangen. In einer anderen beispielhaften Ausführungsform sind der eine oder die mehreren Prozessoren konfiguriert, um Programmanweisungen auszuführen, die konfiguriert sind, um zu bewirken, dass der eine oder die mehreren Prozessoren einen oder mehrere Defekte basierend auf dem Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungs- kontrast detektieren.

[0005] Eine Vorrichtung zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungs- kontrast ist gemäß einer oder mehreren beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung offenbart. In einer anschaulichen Ausführungsform umfasst die Vorrichtung eine Teilchenstrahlquelle, die konfiguriert ist, um einen oder mehrere Teilchenstrahlen zu erzeugen. In einer anderen anschaulichen Ausführungsform umfasst die Vorrichtung ein oder mehrere Elemente für Teilchenstrahlen, die positioniert sind, um den einen oder die mehreren Teilchenstrahlen auf eine Probe zu richten. In einer anderen anschaulichen Ausführungsform umfasst die Vorrichtung einen Detektor, der positioniert ist, um ein oder mehrere Teilchen zu empfangen, die von der Probe ausgehen. In einer anderen anschaulichen Ausführungsform umfasst die Vorrichtung eine Steuerung, die mit dem Detektor gekoppelt ist. In einer anderen beispielhaften Ausführungsform umfasst die Steuerung einen oder mehrere Prozessoren. In einer anderen beispielhaften Ausführungsform sind der eine oder die mehreren Prozessoren konfiguriert, um Programmanweisungen auszuführen, die konfiguriert sind, um den einen oder die mehreren Prozessoren zu veranlassen, eine oder mehrere Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungs- kontrast für eine oder mehrere Strukturen auf einer Probe zu erzeugen. In einer anderen bei-

spielhaften Ausführungsform sind der eine oder die mehreren Prozessoren konfiguriert, um Programmanweisungen auszuführen, die konfiguriert sind, um den einen oder die mehreren Prozessoren zu veranlassen, basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast einen oder mehrere Zielbereiche auf der Probe zu bestimmen. In einer anderen beispielhaften Ausführungsform sind der eine oder die mehreren Prozessoren konfiguriert zum Ausführen von Programmanweisungen, die konfiguriert sind, um den einen oder die mehreren Prozessoren zu veranlassen, einen Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast für den einen oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe zu erzeugen, basierend auf einem oder mehreren Teilchen, die von der durch den Detektor erfassten Probe ausgehen. In einer anderen beispielhaften Ausführungsform sind der eine oder die mehreren Prozessoren konfiguriert zum Ausführen von Programmanweisungen, die konfiguriert sind, um zu bewirken, dass der eine oder die mehreren Prozessoren einen oder mehrere Defekte detektieren basierend auf dem Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast.

[0006] Ein Verfahren zur Detektion von Defekten auf einer Probe mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast ist gemäß einer oder mehreren beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung offenbart. In einer anschaulichen Ausführungsform umfasst das Verfahren das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für eine oder mehrere Strukturen auf einer Probe. In einer anderen anschaulichen Ausführungsform umfasst das Verfahren das Bestimmen von einem oder mehreren Zielbereichen in einer Probe. In einer anderen anschaulichen Ausführungsform umfasst das Verfahren das Bestrahlen der Probe mit einem oder mehreren Teilchenstrahlen. In einer anderen anschaulichen Ausführungsform umfasst das Verfahren das Detektieren von einem oder mehreren Teilchen, die von der Probe als Reaktion auf die Bestrahlung mit dem Teilchenstrahl ausgehen. In einer anderen anschaulichen Ausführungsform umfasst das Verfahren das Erzeugen eines Datensatzes für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast für den einen oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe basierend auf dem einen oder den mehreren detektierten Teilchen. In einer anderen anschaulichen Ausführungsform umfasst das Verfahren das Detektieren eines oder mehrerer Defekte basierend auf dem Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0007] Die zahlreichen Vorteile der Offenbarung können von Fachleuten unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren besser verstanden werden.

Fig. 1 ist eine vereinfachte schematische Ansicht eines Inspektionssystems gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 2 ist ein konzeptionelles Diagramm von Zielbereichen für die Inspektion gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Defektinspektion gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Es wird nun ausführlich auf den offenbarten Gegenstand Bezug genommen, der in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist.

[0009] Allgemein Bezug nehmend auf **Fig. 1** bis **3** werden ein System und ein Verfahren zum Detektieren von Defekten gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung beschrieben. Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung betreffen die Detektion von Defekten unter Verwendung von Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast. Zusätzliche Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung betreffen das Erzeugen von einer oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast, wobei die Abbildungsmetriken Komponenten einer Probe zugeordnet sind. Zusätzliche Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung betreffen das Bestimmen von einem oder mehreren Zielbereichen auf einer zu Probe, die basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast zu inspizieren ist. Zusätzliche Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung betreffen das Erfassen von Datensätzen zur Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast für den einen oder die mehreren Zielbereiche der Probe. Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung betreffen das Detektieren von Defekten auf der Probe basierend auf den Datensätzen zur Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast für den einen oder die mehreren Zielbereiche der Probe. Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung betreffen das Ableiten von Defektmechanismen und / oder Fehlermechanismen, die den detektierten Defekten auf der Probe zugeordnet sind.

[0010] Es wird hierin erkannt, dass Inspektionssysteme, die Teilchenstrahlen (beispielsweise Elektronenstrahlen, Ionenstrahlen oder dergleichen) verwenden, besonders nützlich zum Detektieren und / oder Identifizieren von Defektmechanismen auf einer Halbleiterprobe (beispielsweise einem zufälligen Logikchip oder dergleichen) aufgrund einer

hohen erreichbaren räumlichen Auflösung sein können. Beispielsweise können Teilchenstrahlen in einem Inspektionssystem verwendet werden, um eine Probe abzubilden (beispielsweise durch Einfangen von Sekundärelektronen, rückgestreuten Elektronen oder dergleichen, die von der Probe ausgehen). Zusätzlich können Strukturen auf einer Probe (beispielsweise einem strukturierten Halbleiterwafer) Ladungseffekte als Reaktion auf die Anregung mit einem Teilchenstrahl aufweisen. Ladeeffekte können eine Modifikation der Anzahl von Elektronen (beispielsweise Sekundärelektronen) umfassen, die von dem System erfasst werden, und somit die VCI-Signalstärke. In dieser Hinsicht kann ein System mit Abbildungen auf Basis von Spannungscontrast (VCI-System, wobei „VCI“ die Abkürzung für „voltage contrast imaging“ ist) ein hochauflösendes Bild einer Probe erzeugen, bei dem die Intensität jedes Pixels des Bildes Daten über die elektrischen Eigenschaften der Probe an der Pixelstelle liefert. Beispielsweise können isolierende Strukturen und / oder Strukturen, die nicht mit einer Erdungsquelle verbunden sind (beispielsweise nicht geerdet sind), eine Ladung (beispielsweise eine positive Ladung oder eine negative Ladung) in Reaktion auf einen Verarmung von Teilchen entwickeln (beispielsweise Sekundärelektronen, Ionen, oder dergleichen), die durch den Teilchenstrahl induziert werden. Dementsprechend kann die induzierte Ladung die Trajektorien von Sekundärelektronen ablenken und die von einem Detektor erfasste Signalintensität reduzieren. Umgekehrt können geerdete Strukturen keine Ladung entwickeln und können daher ein starkes Signal aufweisen (beispielsweise in einem zugehörigen VCI-Bild hell erscheinen). Ferner kann die Signalstärke von kapazitiven Strukturen eine Funktion der Abtastgeschwindigkeit und / oder der Energie des Teilchenstrahls sein. In dieser Hinsicht kann ein VCI-Bild ein Graustufenbild umfassen, bei dem der Graustufenwert jedes Pixels Daten über die relativen elektrischen Eigenschaften dieser Stelle auf dem Wafer liefert.

[0011] Dementsprechend kann VCI verwendet werden, um Defekte zu detektieren, die mit einer Probe assoziiert sind. Beispielsweise können Defekte in einem Die einer Probe dadurch charakterisiert werden, dass ein VCI-Bild des Dies der Probe mit einem VCI-Bild einer Inspektion eines Referenz-Dies verglichen wird (beispielsweise Inspektion von Die zu Die (im Englischen „die-to-die“, abgekürzt mit „D2D“), Inspektion von Standardreferenz-Dies (SRD) oder ähnliches) oder durch Vergleich eines VCI-Bildes des Dies der Probe mit einem Bild auf der Basis von Designcharakteristiken (beispielsweise der Inspektion von Die zu Datenbank (im Englischen „die-to-database“, abgekürzt mit „D2DB“)). Inspektionssysteme, die persistente Daten (beispielsweise gespeicherte Daten) verwenden, werden allgemein beschrieben in dem U.S. Patent US 8 126 255 B2,

erteilt am 28. Februar 2012, welches Patent durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit hierin aufgenommen ist. Inspektionssysteme, die Designdaten einer Probe verwenden, um die Inspektion zu vereinfachen, sind allgemein beschrieben in dem U.S. Patent US 7 676 077 B2, erteilt am 9. März 2010, und U.S. Patent US 6 154 714 A, erteilt am 28. November 2000, welche Patente durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit hierin aufgenommen sind. Die Bestimmung von Defekt- und Fehlerquellen ist allgemein beschrieben in den U.S. Patenten US 6 920 596 B2, erteilt am 19. Juli 2005, US 8 194 968 B2, erteilt am 5. Juni 2015, und US 6 995 393 B2, erteilt am 7. Februar 2006, welche Patente durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit hierin aufgenommen sind. Die Extraktion und Überwachung von Geräteeigenschaften werden allgemein beschrieben in dem U.S. Patent US 8 611 639 B2, erteilt am 17. Dezember 2013. Die Verwendung von Dualenergie-Elektronenfluten zum Neutralisieren eines geladenen Substrats wird allgemein beschrieben in dem U.S. Patent US 6 930 309 B1, erteilt am 16. August 2005, welches Patent durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit hierin aufgenommen ist. Die Verwendung von Retikeln in Inspektionssystemen ist allgemein beschrieben in den U.S. Patenten US 6 529 621 B1, erteilt am 4. März 2003, US 6 748 103 B2, erteilt am 8. Juni 2004, und US 6 966 047 B1, erteilt am 15. November 2005, welche Patente durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit hierin aufgenommen sind. Das Generieren eines Inspektionsprozesses oder eines Inspektionsziels ist allgemein beschrieben in den U.S. Patenten US 6 691 052 B1, erteilt am 10. Februar 2004, US 6 921 672 B2, erteilt am 26. Juli 2005, und US 8 112 241 B2, erteilt am 7. Februar 2012, welche Patente durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit hierin aufgenommen ist. Die Bestimmung kritischer Bereiche von Designdaten zu Halbleitern ist allgemein beschrieben in dem U.S. Patent US 6 948 141 B1, erteilt am 20. September 2005, welches Patent durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit hierin aufgenommen ist.

[0012] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung betreffen das Durchführen von effizienten VCI-Defektinspektionen, indem die generierenden VCI-Daten auf spezifizierte Zielbereiche von Interesse auf einer Probe beschränkt werden. Zielbereiche können basierend auf einer Vielzahl von Kriterien bestimmt werden, wie beispielsweise, ohne darauf beschränkt zu sein, Strukturgröße und / oder -abstand, Strukturkomplexität, vorhergesagte VCI-Signalstärke, vorhergesagter Fehlermechanismus oder vorhergesagte Defekttypen. In dieser Hinsicht können sowohl die Geschwindigkeit als auch die Genauigkeit der VCI-Defektinspektion gemäß Design- und / oder Inspektionsanforderungen eingestellt werden. Beispielsweise kann eine Beschränkung der VCI-Inspektion auf Zielbereiche einer Probe anstelle der gesamten Probe den Durchsatz

der Erzeugung von VCI-Daten erhöhen. Es sei hierin angemerkt, dass eine auf Teilchenstrahlen basierende Inspektion (beispielsweise VCI-Inspektion, bildgebende Inspektion mittels Rasterelektronen, Inspektion mittels fokussiertem Ionenstrahl) zeitintensiv sein kann und einen Engpass für eine Halbleiterherstellung darstellen kann. Weiterhin kann das Durchführen einer VCI-Inspektion auf Zielbereichen einer Probe, die gut charakterisierte Strukturen mit hoch vorhersagbaren VCI-Signalen umfassen, die Genauigkeit der Defektdetektion verbessern (beispielsweise durch Reduzieren von Falsch-Positiven, durch Bereitstellen einer Zunahme von mit einem Halbleiterprozess verbundenen verwertbaren Daten oder dergleichen). In einigen Ausführungsformen werden Zielbereiche basierend auf Designdaten bestimmt, wie beispielsweise, ohne darauf beschränkt zu sein, der beabsichtigten Größe, Form, Orientierung oder elektrischen Eigenschaften von Strukturen auf dem Wafer. Beispielsweise kann ein Zielbereich eng beabstandete Strukturen umfassen, für die eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine zuverlässige Detektion von wahrscheinlichen Defekten existiert (beispielsweise elektrische Kurzschlüsse, die mit Brückendefekten zwischen Strukturen verbunden sind oder dergleichen). Im Gegensatz dazu können Zielbereiche so designt werden, dass sie komplexe Schaltungen oder Strukturen (beispielsweise Mehrschichtstrukturen) absichtlich ausschließen, die unter Verwendung von VCI-Inspektionstechniken schwierig zu inspizieren sind (beispielsweise Defekte schwierig zu identifizieren und / oder Grundursachen von identifizierten Defekten zu bestimmen). In einigen Ausführungsformen werden Zielbereiche basierend auf einem vorhergesagten Fehlermechanismus bestimmt, der einem bekannten Strukturtyp zugeordnet ist (beispielsweise um eine oder mehrere Grundursachen des vorhergesagten Fehlermechanismus zu analysieren).

[0013] Fig. 1 ist eine vereinfachte schematische Ansicht eines Inspektionssystems unter Verwendung von Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung. In einer Ausführungsform umfasst das System 100 eine Teilchenquelle 102, die konfiguriert ist, um einen Teilchenstrahl 104 zu erzeugen. Die Elektronenquelle 102 kann jede aus dem Stand der Technik bekannte Teilchenquelle umfassen, die zum Erzeugen eines Teilchenstrahls 104 geeignet ist. Gemäß einem nicht einschränkenden Beispiel kann die Teilchenquelle 102 eine Elektronenkanone oder eine Ionenkanone umfassen, ist jedoch nicht darauf beschränkt. In einer anderen Ausführungsform ist die Teilchenquelle 102 konfiguriert, um einen Teilchenstrahl 104 mit einer einstellbaren Energie bereitzustellen. Beispielsweise kann eine Teilchenquelle 102, die eine Elektronenquelle umfasst, ohne darauf beschränkt zu sein, eine Beschleunigungsspannung im Bereich von 0,1 kV

bis 30 kV bereitstellen. Als weiteres Beispiel kann eine Teilchenquelle, die eine Ionenquelle umfasst, einen Ionenstrahl mit einer Energie im Bereich von 1 bis 50 keV bereitstellen, ohne darauf beschränkt zu sein.

[0014] In einer anderen Ausführungsform umfasst das System 100 ein Inspektionssystem 106, um den Teilchenstrahl 104 auf eine Probe 108 zu lenken. In einer Ausführungsform umfasst das Inspektionssystem 106 ein oder mehrere Elemente 110 zum Fokussieren von Teilchen (Teilchenfokussierelemente). Beispielsweise können das eine oder die mehreren Teilchenfokussierelemente 110 ein einzelnes Teilchenfokussierelement oder ein oder mehrere Teilchenfokussierelemente, die ein Verbundsystem bilden, umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt. In einer anderen Ausführungsform umfassen das eine oder die mehreren Teilchenfokussierelemente 110 eine Objektivlinse, die konfiguriert ist, um den Teilchenstrahl 104 zu der Probe 108 zu lenken. Ferner können das eine oder die mehreren Teilchenfokussierelemente 110 jede Art von Elektronenlinsen umfassen, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt, elektrostatische, magnetische, Unipotential- oder Doppelpotential-Linsen. Es ist hierin anzumerken, dass die Beschreibung eines Systems zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast, wie es in Fig. 1 dargestellt ist, und die zugehörigen obigen Beschreibungen nur zu Veranschaulichungszwecken vorgesehen sind und sollten nicht als einschränkend interpretiert werden. Beispielsweise kann das System 100 eine beliebige, aus dem Stand der Technik bekannte Anregungsquelle zum Erzeugen von Daten für die Inspektion auf einer Probe 108 mittels Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast umfassen. In einer anderen Ausführungsform umfasst das System 100 zwei oder mehr Teilchenstrahlquellen (beispielsweise Elektronenstrahlquellen oder Ionenstrahlquellen) für die Erzeugung von zwei oder mehr Teilchenstrahlen. In einer weiteren Ausführungsform kann das System 100 eine oder mehrere Komponenten (beispielsweise eine oder mehrere Elektroden) umfassen, die konfiguriert sind, eine oder mehrere Spannungen an eine oder mehrere Stellen der Probe 108 anzulegen. In dieser Hinsicht kann das System 100 aktive Bilddaten auf Basis von Spannungscontrast erzeugen.

[0015] In einer anderen Ausführungsform umfasst das Inspektionssystem einen Detektor 114, um Teilchen, die von der Probe 108 ausgehen, abzubilden oder anderweitig zu detektieren. In einer Ausführungsform umfasst der Detektor 114 einen Elektronenkollektor (beispielsweise einen Sekundärelektronenkollektor, ein Rückstreuelektron-Detektor oder dergleichen). In einer anderen Ausführungsform umfasst der Detektor 114 einen

Photonendetektor (beispielsweise einen Photodetektor, einen Röntgendetektor, ein mit einem Photomultiplier-Röhren (PMT) - Detektor gekoppeltes Szintillationselement oder dergleichen) zum Detektieren von Elektronen und / oder Photonen von der Probenoberfläche.

[0016] In einer anderen Ausführungsform umfasst das System 100 eine Steuerung 116, die mit der Detektoranordnung 114 kommunikativ gekoppelt ist. Beispielsweise kann die Steuerung 116 konfiguriert sein, ein oder mehrere Signale von der Detektoranordnung zu empfangen, um ein Bild (beispielsweise ein VCI-Bild) der Probe 108 zu erzeugen. In einer anderen Ausführungsform ist die Steuerung 116 mit dem Probenstisch 112 kommunikativ gekoppelt. In dieser Hinsicht kann die Steuerung 116 die Position des Probenstischs so lenken und / oder empfangen, dass das eine oder die mehreren von der Detektoranordnung 114 empfangenen Signale Detektoranordnung 114 mit der Position der Probe korreliert sein können. In einer anderen Ausführungsform ist die Steuerung 116 mit der Elektronenquelle 102 kommunikativ gekoppelt. Beispielsweise kann die Steuerung 116 mit der Elektronenquelle 102 kommunikativ gekoppelt sein, um die Energie des Teilchenstrahls 104 zu steuern. Als weiteres Beispiel kann die Steuerung 116 mit der Elektronenquelle 102 und / oder der Inspektions-Unteranordnung 106 (beispielsweise einem oder mehreren Strahldeflektoren in der Inspektions-Unteranordnung 106) kommunikativ gekoppelt sein, um die Position des Teilchenstrahls 104 in Bezug auf die Probe 108 zu lenken und / oder zu empfangen. In dieser Hinsicht kann die Steuerung 116 ein Bild (beispielsweise ein VCI-Bild) unter Verwendung des einen oder der mehreren Signale von der Detektoranordnung 114 erzeugen, wenn der Teilchenstrahl 104 über die Probe 108 gesannt wird.

[0017] In einer anderen Ausführungsform ist die Steuerung 116 konfiguriert, einen oder mehrere Defekte auf der Probe 108 basierend auf dem einen oder den mehreren Signalen zu identifizieren, die von der Detektoranordnung 114 empfangen werden. Identifizierbare Defekte können umfassen, jedoch nicht darauf beschränkt: physikalische Defekte (beispielsweise ein Brückendefekt, der zwei Strukturen nicht korrekt verbindet, ein Abstandsdefekt, der eine schwache oder nicht vorhandene Verbindung zwischen Strukturen anzeigt, Abschälen oder unvollkommener Kontakt zwischen Materialien innerhalb der Strukturen oder dergleichen), elektrische Defekte (beispielsweise Schwankungen eines Widerstands, einer Kapazität, Bandlücke oder dergleichen) oder eine Kombination davon. Beispielsweise können physikalische Defekte eine Modifikation der elektrischen Eigenschaften einer oder mehrerer Strukturen von einem erwarteten Wert her induzieren (beispielsweise kann ein Brückendefekt zwischen leitenden Strukturen die Funktion der zugehörigen elektrischen

Schaltung modifizieren, ein Abstandsfehler kann eine oder mehrere Strukturen elektrisch isolieren, oder dergleichen). Ferner können Defekte auf der Oberfläche oder innerhalb einer oder mehrerer Schichten einer Mehrschichtstruktur (beispielsweise einer strukturierten Halbleitervorrichtung mit strukturierten Schichten aus isolierenden, leitenden und / oder halbleitenden Materialien) angeordnet sein.

[0018] Beispielsweise kann die Steuerung 116 einen oder mehrere Defekte unter Verwendung eines beliebigen aus dem Stand der Technik bekannten Verfahrens identifizieren, einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt, eine Die-zu-Die (D2D) Inspektionstechnik, eine Standardreferenz-Die (SRD) -Inspektionstechnik, eine Die-zu-Datenbank (D2DB)-Inspektionstechnik, eine Template-basierte Inspektionstechnik (TBI, abgekürzt für „template-based inspection“) oder eine kontextbasierte Inspektionstechnik (CBI, abgekürzt für context-based inspection). In einer anderen Ausführungsform kann die Steuerung 116 als ein virtueller Inspektor arbeiten. In dieser Hinsicht kann die Steuerung 116 einen oder mehrere Defekte auf der Probe 108 detektieren, indem VCI-Daten der Probe (beispielsweise durch den Detektor 114 gesammelt) mit persistenten Referenzdaten (beispielsweise einem oder mehreren Referenzbildern) verglichen werden. Beispielsweise kann das Referenzbild in einem Datenspeichersystem (beispielsweise einer Datenbank, einem Server oder dergleichen) gespeichert und zur Defektdetektion verwendet werden. In einer anderen Ausführungsform erzeugt und / oder empfängt die Steuerung 116 ein simuliertes VCI-Bild auf der Grundlage von Designdaten, die der Probe 108 zugeordnet sind, um als ein Referenzbild zur Defektdetektion zu arbeiten. Dementsprechend kann die Steuerung 116 eine D2DB-Inspektion durchführen, indem VCI-Daten der Probe 108 mit dem Referenzbild verglichen werden.

[0019] In einer Ausführungsform identifiziert die Steuerung 116 einen oder mehrere Defekte auf der Probe 108 durch Erzeugen von VCI-Daten (beispielsweise ein oder mehrere VCI-Bilder) der Probe 108 und Vergleichen der VCI-Daten mit entsprechenden Referenzdaten. In einer anderen Ausführungsform verwendet die Steuerung 116 Designdaten, um die Inspektion zu vereinfachen. Beispielsweise können Designdaten Eigenschaften einzelner Komponenten und / oder Schichten auf der Probe 108 (beispielsweise ein Isolator, ein Leiter, ein Halbleiter, eine Vertiefung, ein Substrat oder dergleichen), eine Konnektivitätsbeziehung zwischen Schichten auf der Probe 108 oder ein physikalisches Layout von Komponenten und Verbindungen (beispielsweise Drähten) auf der Probe 108 umfassen. Als weiteres Beispiel können Designdaten umfassen: eine Beschreibung der Konnektivität von Komponenten innerhalb einer elektrischen Schaltung (beispiels-

weise Netzlistendaten, Daten zur Schaltungssimulation, Daten zur Sprache oder den Sprachen zur Beschreibung der Hardware, oder dergleichen). In dieser Hinsicht kann die beabsichtigte Funktionalität einer Probe 108 (beispielsweise die beabsichtigte Funktionalität einer auf einem Halbleiterwafer strukturierten Logikschaltung oder dergleichen) einen Kontext für die Interpretation von VCI-Daten bereitstellen.

[0020] In einer Ausführungsform umfassen Designdaten, die verwendet werden, um die Inspektion zu vereinfachen (beispielsweise durch die Steuerung 116), eine oder mehrere Netzlisten. Netzlisten können eine beliebige, aus dem Stand der Technik bekannte Art von Netzliste umfassen, um eine Beschreibung der Konnektivität einer elektrischen Schaltung bereitzustellen, einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt, physikalische Netzlisten, logische Netzlisten, Netzlisten (im Englischen „netlists“) auf Basis von Ereignissen oder netzbasierte Netzlisten. Ferner kann eine Netzliste eine oder mehrere Unternetzlisten (beispielsweise in einer hierarchischen Konfiguration) umfassen, um Schaltkreise und / oder Teilschaltungen auf einer Probe 108 zu beschreiben. Beispielsweise können Netzlistendaten, die einer Netzliste zugeordnet sind, umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein: eine Liste von Knoten (beispielsweise Netze, Drähte zwischen Komponenten einer Schaltung oder dergleichen), eine Liste von Anschlüssen (beispielsweise Terminals, Pins, Verbinder oder dergleichen), eine Beschreibung von elektrischen Komponenten zwischen den Netzen (beispielsweise Widerstand, Kondensator, Induktor, Transistor, Diode, Stromquelle oder dergleichen), den elektrischen Komponenten zugeordnete Werte (beispielsweise ein Widerstandswert in Ohm eines Widerstands, ein Spannungswert in Volt einer Stromquelle, Frequenzcharakteristiken einer Spannungsquelle, Anfangsbedingungen von Komponenten oder dergleichen). In einer anderen Ausführungsform können Designdaten eine oder mehrere Netzlisten umfassen, die spezifischen Schritten eines Herstellungsablaufs für einen Halbleiter zugeordnet sind. Beispielsweise kann eine Probe 108 an einem oder mehreren Zwischenpunkten in einem Herstellungsablauf für einen Halbleiter inspiziert werden (beispielsweise durch das System 100). Dementsprechend können Designdaten, die zum Vereinfachen der Inspektion verwendet werden, spezifisch für das Layout der Probe 108 an einem aktuellen Punkt in dem Herstellungsablauf für einen Halbleiter sein. In dieser Hinsicht kann eine Netzliste, die einem bestimmten Zwischenpunkt in einem Herstellungsablauf für einen Halbleiter zugeordnet ist, abgeleitet werden (beispielsweise extrahiert oder dergleichen) entweder aus dem physikalischen Designlayout in Kombination mit einer Technologiedatei (Schichtkonnektivität, elektrische Eigenschaften von jeder der Schichten) oder aus einer Netzliste, die mit einem

endgültigen Layout einer Probe 108 assoziiert ist, um nur Komponenten zu umfassen, die an dem bestimmten Zwischenpunkt in dem Herstellungsablauf für einen Halbleiter auf dem Wafer vorhanden sind.

[0021] In einer anderen Ausführungsform identifiziert die Steuerung 116 eine oder mehrere Grundursachen von Defekten (beispielsweise ein Defektmechanismus oder dergleichen) von gemessenen Abweichungen zwischen VCI-Daten von der Probe 108 und Referenzdaten. In einer anderen Ausführungsform verwendet die Steuerung Designdaten, die Strukturen auf der Probe zugeordnet sind (beispielsweise die entworfene Größe / Form von individuellen Strukturen, die entworfenen elektrischen Verbindungen zwischen Strukturen und dergleichen), um Kontext für eine Analyse der Grundursachen bereitzustellen. Als ein anschauliches Beispiel kann die Steuerung 116 Designdaten verwenden, um einen Defekt in der Masseverbindung eines elektrischen Kontakts auf der Probe 108 zu bestimmen. Dabei kann die Steuerung 116, worauf sie jedoch nicht beschränkt ist, bestimmen, dass ein Graustufenwert eines VCI-Bildes eines spezifizierten Bereichs auf der Probe 108 dunkler (beispielsweise aufgrund eines reduzierten VCI-Signals) als ein Referenzwert ist, der einen größeren Erdungswiderstand für den spezifizierten Bereich anzeigt als erwartet. Ferner kann die Steuerung 116 Designdaten verwenden, die anzeigen, dass der spezifizierte Bereich ein elektrischer Kontakt ist, um einen Defekt in der Masseverbindung basierend auf dem reduzierten VCI-Signal zu identifizieren.

[0022] Es wird hierin erkannt, dass die Fähigkeit eines VCI-Inspektionssystems (beispielsweise des Systems 100), eine Grundursache einer gemessenen Abweichung zwischen VCI-Daten von einer Probe 108 und Referenzdaten (beispielsweise die diagnostische Auflösung des Systems) zu bestimmen, von den physikalischen Eigenschaften von individuellen Strukturen auf der Probe 108 abhängen kann. Dementsprechend kann ein VCI-System besser als andere geeignet sein, Defekte zu identifizieren und / oder eine Grundursache von identifizierten Defekten für einige Klassen von Strukturen oder Schaltungen zu bestimmen. Beispielsweise kann die diagnostische Auflösung beeinflusst werden, muss jedoch nicht davon beeinflusst werden, durch eine Anzahl von Faktoren einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt: die Anzahl der Schichten auf der Probe 108, die Größe / den Abstand einzelner Strukturen (beispielsweise Elemente von einer auf der Probe 108 strukturierten Schaltung, Stützstrukturen oder dergleichen), die Komplexität der Schaltung, die Anzahl der Verzweigungen der Schaltung (beispielsweise das Ausgangslastfaktor) oder die Klassen von Elementen in der Schaltung (beispielsweise Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Transistoren

oder dergleichen). In dieser Hinsicht kann die diagnostische Auflösung des Systems 100 zum Detektieren und / oder Charakterisieren von Defekten, die sich auf der Oberfläche einer Probe 108 befinden, höher sein als für Defekte, die sich in einer Schicht unterhalb der Oberfläche befinden. Als weiteres Beispiel kann die diagnostische Auflösung des Systems 100 zum Detektieren und / oder Charakterisieren von Defektstellen auf einer relativ einfachen Schaltung (beispielsweise Defekte auf Elementen mit wenigen Pfaden zur Masse) höher sein als für Defekte auf relativ komplexen Schaltungen. Ferner kann die diagnostische Auflösung eines VCI-Inspektionssystems für bestimmte Strukturen von Inspektionsparametern abhängig sein (beispielsweise der Energie des Teilchenstrahls, der Scangeschwindigkeit des Teilchenstrahls oder dergleichen). Beispielsweise kann eine VCI-Signalstärke eines Kondensators von dem Kapazitätswert und / oder der in dem Kondensator gespeicherten Ladung abhängen. In dieser Hinsicht hängt das Verhalten eines Kondensators stark sowohl von den Inspektionsparametern als auch von der Position innerhalb einer Schaltung ab.

[0023] Fig. 2 ist ein konzeptionelles Diagramm, das die Definition von Zielinspektionsbereichen einer Probe gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht. In einer Ausführungsform bestimmt das System 100 einen oder mehrere Zielbereiche von Interesse 202 auf der Probe 108 und detektiert selektiv Defekte innerhalb der Zielbereiche 202 (beispielsweise detektiert das System nicht Defekte auf der gesamten Probe 108). In dieser Hinsicht kann das System 100 eine gezielte Defektdetektion bereitstellen, um ein oder mehrere Diagnoseziele zu erfüllen. Beispielsweise kann das System die Defektdetektion auf einen oder mehrere Zielbereiche 202 der Probe 108 basierend auf Faktoren begrenzen, einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt, einem gewünschten Durchsatz, einer gewünschten Empfindlichkeit, einer zulässigen Anzahl von falschen Positiven und / oder falschen Negativen, einer gezielten Analyse von einem oder mehreren Strukturtypen von Interesse, einer gezielten Analyse von einem oder mehreren Defektmechanismen von Interesse, einer gezielten Analyse von einem oder mehreren Fehlertypen von Interesse, vollständige Abdeckung von Elementen innerhalb einer Zelle oder dergleichen.

[0024] Wie in Fig. 2 gezeigt ist, kann das System 100 beispielsweise einen oder mehrere Zielbereiche 202 definieren, um Komponenten (beispielsweise Schaltungen, Teilschaltungen, einzelne elektrische Komponenten, physikalische Strukturen oder dergleichen) einzuschließen, die für eine genaue Bestimmung der Grundursachen von zugehörigen Defekten unter Verwendung von Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast gut geeignet sind. In

dieser Hinsicht können Defekte (beispielsweise Brückendefekt 204) genau erfasst werden. Ferner kann die Definition des einen oder der mehreren Zielbereiche 202 die Auswirkung von VCI-Signalen reduzieren, die Strukturen außerhalb der Zielbereiche 202 zugeordnet sind. In einer Ausführungsform basiert der Kontrast von VCI-Bildern, die von einem ausgewählten Zielbereich (beispielsweise Zielbereich 202) generiert werden, nur auf den VCI-Signalen, die Komponenten 206 innerhalb der ausgewählten Zielbereiche 202 zugeordnet sind. In dem Fall, dass die ausgewählten Zielbereiche 202 gut charakterisierte Signale enthalten, kann das zugeordnete VCI-Bild einen hohen Dynamikumfang aufweisen, der für eine empfindliche Inspektion geeignet ist. In einer anderen Ausführungsform kann das Durchführen einer Inspektion (beispielsweise durch die Steuerung 116) nur auf den Zielbereichen 202 ein unerwünschtes Laden benachbarter Komponenten 208 minimieren, das das VCI-Signal von Strukturen innerhalb der Zielbereiche 202 beeinflussen kann. Beispielsweise kann das Definieren eines Zielbereichs 202 zum Ausschließen von Kondensatoren mit hohen Kapazitätswerten das Aufladen der Kondensatoren reduzieren und dementsprechend störende Aufladungseffekte (beispielsweise im Zusammenhang mit der Kondensatorentladung) auf Strukturen von Interesse reduzieren.

[0025] Als weiteres veranschaulichendes Beispiel kann die Steuerung 116 Designdaten (beispielsweise Netzlistendaten, physische Layoutdaten und dergleichen) verwenden, um die Bestimmung einer Grundursache (beispielsweise Rückschließen auf einen Defektmechanismus) zu vereinfachen, die mit den in dem einen oder den mehreren Zielbereichen 202 identifizierten Defekten assoziiert ist. Als ein veranschaulichendes Beispiel kann ein Brückendefekt, der einen elektrischen Kurzschluss für eine ausgewählte Komponente der Probe 108 induziert, zu einem VCI-Signal führen, das höher (beispielsweise relativ zu Referenzdaten) als erwartet für die ausgewählte Komponente ist. Eine solche Abweichung von VCI-Daten kann potentiell mit einem beliebigen von mehreren Defektmechanismen (beispielsweise ein isolierter Defekt in einer Teilschicht der ausgewählten Struktur, ein einer verbundenen Komponente zugeordneter Fehler, ein Kurzschluss bei einer nahen Struktur oder dergleichen) assoziiert sein. Die Steuerung 116 kann Designdaten (beispielsweise Netzlistendaten, physische Layoutdaten oder dergleichen) verwenden, um die physikalischen und / oder elektrischen Eigenschaften benachbarter Strukturen zu identifizieren, um Kontext für die Interpretation des höher als erwarteten VCI-Signals bereitzustellen. In dieser Hinsicht kann die Steuerung 116 eine elektrisch geerdete benachbarte Struktur in unmittelbarer Nähe zu der ausgewählten Komponente identifizieren. Ferner kann die Steuerung 116 eine Liste von wahrscheinlichen Defektmechanis-

men erzeugen (beispielsweise durch Zuweisen einer Wahrscheinlichkeit an jeden von mehreren möglichen Defektmechanismen oder dergleichen). Zusätzlich kann die Steuerung 116 Bilddaten verwenden, um die Liste der wahrscheinlichen Defektmechanismen weiter zu verfeinern. Beispielsweise kann in diesem veranschaulichenden Beispiel die Steuerung 116 die Kombination von Designdaten und Bilddaten verwenden, um den Brückendefekt und den zugehörigen elektrischen Kurzschluss positiv zu identifizieren.

[0026] In einer anderen Ausführungsform bestimmt die Steuerung 116 einen oder mehrere wahrscheinliche Fehlermechanismen, die einem oder mehreren identifizierten Defekten zugeordnet sind. Die Steuerung 116 kann wahrscheinliche Fehlermechanismen unter Verwendung einer beliebigen aus dem Stand der Technik bekannten Technik bestimmen, einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt, Fehlermodellierung, Fehlerinjektion, Schaltungssimulation oder dergleichen. Beispielsweise kann die Steuerung 116 eine Wahrscheinlichkeit bestimmen, dass eine oder mehrere Komponenten als Ergebnis eines oder mehrerer identifizierter Defekte ausfallen. Als weiteres Beispiel kann die Steuerung 116 Designdaten mit identifizierten Defekten (beispielsweise einer Anzahl von identifizierten Defekten, einer Fehlerwahrscheinlichkeit oder dergleichen) korrelieren. In dieser Hinsicht kann die Steuerung eine Fehleranfälligkeit einer oder mehrerer Komponenten (beispielsweise eines physischen Layouts einer oder mehrerer Komponenten, eines bestimmten Aufbaus einer elektrischen Komponente oder dergleichen) basierend auf dem Vorhandensein von Defekten innerhalb der Zielbereiche 202 bestimmen. Ferner kann die Steuerung 116 einen oder mehrere kritische Bereiche (beispielsweise durch eine kritische Bereichsanalyse) der Probe 108 basierend auf der Inspektion des einen oder der mehreren Zielbereiche 202 identifizieren. In einer Ausführungsform bestimmt die Steuerung 116 einen oder mehrere Zielbereiche 202, um selektiv Komponenten einzuschließen, von denen vorhergesagt wird, dass sie einen oder mehrere erwartete Defektmechanismen aufweisen, um eine gezielte Identifizierung von kritischen Bereichen bereitzustellen, die für den einen oder die mehreren erwarteten Defektmechanismen anfällig sind. Dementsprechend kann das System 100 Daten (beispielsweise ein Pareto von identifizierten Defekten, wahrscheinlichen Defektmechanismen, wahrscheinlichen Fehlermechanismen oder dergleichen) als Rückkopplungsdaten und / oder Vorwärtskopplungsdaten bereitstellen. Beispielsweise kann das System 100 Rückkopplungsdaten bereitstellen, um das Design der Probe zu verfeinern (beispielsweise um eine Fehleranfälligkeit zu reduzieren und / oder zu beseitigen, die mit durch das System 100 identifizierten Defekten assoziiert ist). Als weiteres Beispiel kann das System 100 Rückkop-

plungsdaten bereitstellen, um die Definition von Zielbereichen 202 zu verfeinern und eine aktualisierte VCI-Inspektionsanalyse auf der Probe 108 durchzuführen. Als ein weiteres Beispiel kann das System 100 Vorwärtskopplungsdaten an zusätzliche Werkzeuge liefern (beispielsweise Metrologie-Messmaschinen, Bearbeitungswerkzeuge für Halbleiter und dergleichen) zum Aktualisieren und / oder Verfeinern von einem oder mehreren Rezepten.

[0027] Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das Schritte veranschaulicht, die in einem Verfahren 300 zum Detektieren von Defekten in einer Probe gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung durchgeführt werden. Der Anmelder bemerkt, dass die hierin zuvor im Zusammenhang mit dem System 100 beschriebenen Ausführungsformen und ermöglichenden Technologien dahingehend interpretiert werden sollten, dass sie sich auf das Verfahren 300 erstrecken. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass das Verfahren 300 nicht auf die Architektur des Systems 100 beschränkt ist.

[0028] In einer Ausführungsform umfasst Schritt 302 das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für eine oder mehrere Strukturen auf der Probe 108. Beispielsweise kann Schritt 302 das Kennzeichnen von Komponenten der Probe 108 (beispielsweise Schaltkreise, Teilschaltungen, einzelne elektrische Komponenten, physikalische Strukturen oder dergleichen) gemäß einer oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast umfassen. Die Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast können jede beliebige Metrik umfassen, die zum Charakterisieren eines Aspekts eines VCI-Signals geeignet ist, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, eine vorhergesagte VCI-Signalintensität (beispielsweise eine vorhergesagte Signalstärke, wie sie durch einen Detektor 114 gemessen wird, ein vorhergesagter Graustufenwert eines Referenz-VCI-Bildes, eine simulierte VCI-Signalstärke oder dergleichen), eine vorhergesagte diagnostische Auflösung, eine Anzahl von wahrscheinlichen Defektmechanismen, Eigenschaften von elektrischen Komponenten (beispielsweise ein Kapazitätswert oder dergleichen), ein physikalisches Layout (beispielsweise Abstand zwischen benachbarten Strukturen, eine Anzahl von Schichten auf der Probe 108 oder dergleichen) oder erforderliche VCI-Bedingungen für eine empfindliche Analyse (beispielsweise eine erforderliche Energie eines Teilchenstrahls, eine erforderliche Abtastgeschwindigkeit eines Teilchenstrahls, eine erforderliche Erfassungszeit oder dergleichen).

[0029] In einer anderen Ausführungsform umfassen die eine oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast eine vorhergesagte

VCI-Signalstärke für eine oder mehrere Komponenten der Probe 108. Beispielsweise kann eine vorhergesagte Signalstärke automatisch erzeugt werden (beispielsweise durch die Steuerung 116 des Systems 100 unter Verwendung von einem oder mehreren Skripten, Softwaremodulen oder dergleichen), manuell (beispielsweise durch Benutzereingabe) oder halbautomatisch (beispielsweise durch benutzergestützte Vorhersagen).

[0030] In einer anderen Ausführungsform werden vorhergesagte VCI-Signalstärken von Komponenten der Probe 108 basierend auf Schaltungssimulationen (beispielsweise numerische oder regelbasierte Abschätzungen der VCI-Signalstärken) erzeugt. Beispielsweise können vorhergesagte VCI-Signalstärken basierend auf Designdaten simuliert werden (beispielsweise Netzlistendaten, die von einem Benutzer bereitgestellt werden, automatisch extrahiert unter Verwendung von elektronischen Designautomatisierungs- (EDA) -Tools oder dergleichen). In dieser Hinsicht können die elektrischen Komponenten (beispielsweise Widerstände, Kondensatoren, Induktoren, Dioden, Transistoren oder dergleichen) sowie die elektrischen Verbindungen zwischen diesen (beispielsweise Netze) aus einer oder mehreren Netzlisten, die einer Probe 108 zugeordnet sind, extrahiert und entsprechend einer simulierten VCI-Signalstärke simuliert werden. Als ein anschauliches Beispiel können geerdete elektrische Kontakte mit einer vorhergesagten relativ hohen VCI-Signalstärke gekennzeichnet werden, weil überschüssige Elektronen, die durch die Masseverbindung bereitgestellt werden, ein Aufladen und eine damit verbundene Verschlechterung des VCI-Signals verhindern. Als weiteres veranschaulichendes Beispiel kann ein hoher Widerstand gegen Masse (beispielsweise verbunden mit einem relativ hohen Widerstand, einem schwebenden Bauteil mit einer niedrigen Kapazität oder dergleichen) mit einer vorhergesagten relativ niedrigen VCI-Signalstärke gekennzeichnet werden. Als weitere anschauliche Ausführungsform können Strukturen, die mit durchlässigen Komponenten (beispielsweise Dioden, Kondensatoren oder dergleichen) verbunden sind, mit einer vorhergesagten VCI-Signalstärke von mittlerer Stärke gekennzeichnet werden.

[0031] In einer anderen Ausführungsform werden VCI-Signalstärken basierend auf den Eigenschaften von einer oder mehreren Schichten (beispielsweise einer oder mehreren strukturierten Schichten) auf der Probe 108 vorhergesagt (beispielsweise, ob eine Schicht ein Isolator, ein Leiter, ein Halbleiter oder dergleichen ist). Ferner können VCI-Signalstärken basierend auf der Konnektivität zwischen der einen oder den mehreren Schichten vorhergesagt werden. Es ist anzumerken, dass Aufladungseffekte, die mit Schichten unterhalb der Oberfläche einer Probe 108 assoziiert sind, die VCI-Signalstärke der

Oberflächenschicht in direkter Wechselwirkung mit dem abtastenden Teilchenstrahl beeinflussen können. In dieser Hinsicht können sowohl intrinsische Eigenschaften einer gegebenen Struktur als auch der Einfluss von verbundenen Strukturen in einer vorhergesagten VCI-Signalstärke wiedergegeben werden.

[0032] In einer anderen Ausführungsform können vorhergesagte Signalstärken numerisch (beispielsweise als eine Liste, eine Tabelle oder dergleichen) oder graphisch (beispielsweise als ein simuliertes VCI-Bild basierend auf dem physikalischen Layout von Komponenten auf der Probe 108, in der vorhergesagte VCI-Signalstärken auf Graustufenwerte eines simulierten VCI-Bildes abgebildet werden oder dergleichen) bereitgestellt werden (beispielsweise durch die Steuerung 116). Ferner können vorhergesagte VCI-Signalstärken relative Werte oder absolute Werte sein. Beispielsweise können relative vorhergesagte Signalstärken skaliert werden, um sie an einen dynamischen Bereich von gemessenen VCI-Signalen (beispielsweise wie von einem Detektor 114 gemessen) von der Probe 108 anzupassen.

[0033] In einer anderen Ausführungsform umfassen die eine oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungscontrast eine vorhergesagte diagnostische Auflösung von einer oder mehreren Komponenten der Probe 108. In dieser Hinsicht können Komponenten der Probe 108 gekennzeichnet werden gemäß dem Grad, zu dem ein VCI-Inspektionssystem (beispielsweise das System 100 oder dergleichen) Defekte detektieren und / oder die Grundursachen von detektierten Defekten identifizieren kann. In dieser Hinsicht kann, muss aber nicht, eine vorausberechnete diagnostische Auflösung als eine Qualitätsmetrik tätig sein, die mit der Kompatibilität einer gegebenen Komponente (beispielsweise einer gegebenen Schaltung, einer gegebenen Teilschaltung, einer gegebenen elektrischen Komponente, einem gegebenen Netz, oder dergleichen) mit einem VCI-Inspektionssystem assoziiert ist.

[0034] Beispielsweise kann, muss aber nicht, eine vorhergesagte diagnostische Auflösung auf einer Komplexität von Verzweigungen innerhalb einer Schaltung (beispielsweise einem Ausgangslastfaktor der Schaltung) basieren. In dieser Hinsicht kann die Anzahl von Verzweigungen innerhalb einer Schaltung mit der Anzahl verfügbarer Pfade zu Masse für Komponenten innerhalb der Schaltung in Beziehung stehen. Dementsprechend kann sich die Anzahl der Verzweigungen auf die Zuverlässigkeit (beispielsweise die Unsicherheit) der Vorhersage der VCI-Signalstärke für eine oder mehrere Komponenten innerhalb der Schaltung auswirken. Ferner kann die vorhergesagte diagnostische Auflösung basierend auf der Anzahl von Kontakten und / oder Vias, die einem gegebenen Knoten zugeordnet sind, die

Anzahl der möglichen Defektmechanismen beeinflussen, ohne darauf beschränkt zu sein.

[0035] Als weiteres Beispiel kann, muss aber nicht, eine vorhergesagte diagnostische Auflösung auf den Klassen von Strukturen basieren, die sich auf der Probe 108 befinden, wie beispielsweise, ohne darauf beschränkt zu sein, kurze Verbindungen (Interconnects; beispielsweise einen relativ niedrigen Widerstand und niedrige Kapazität), lange Verbindungen (Interconnects; beispielsweise potentiell hoher Widerstand und hohe Kapazität), Widerstände (beispielsweise N- oder P-Widerstände), Übergänge, Kondensatoren (beispielsweise Gate-Kondensatoren, Plattenkondensatoren oder dergleichen), Dioden (beispielsweise P-N-Dioden, N-P-Dioden oder dergleichen), Transistoren (N-Transistoren, P-Transistoren, bipolar Transistoren, Feldeffekttransistoren (FETs) oder dergleichen) oder Verbindungen (Interconnects) zwischen Netzen.

[0036] Als ein weiteres Beispiel kann eine vorhergesagte diagnostische Auflösung basierend auf dem physikalischen Layout von Komponenten auf der Probe 108 sein, ist jedoch nicht darauf beschränkt. In dieser Hinsicht kann die Nähe von Strukturen die Wahrscheinlichkeit von elektrischen Kurzschlüssen zwischen den Strukturen beeinflussen (beispielsweise im Zusammenhang mit Brückendefekten). Zusätzlich können eng beabstandete Strukturen eine parasitäre Kapazität während einer VCI-Bildgebung aufweisen, was mit einem Ladungsaufbau verbunden ist, was die Vorhersage von VCI-Signalstärken verkomplizieren kann.

[0037] In einer anderen Ausführungsform umfassen die eine oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast einen vorhergesagten Defektmechanismus, der mit Komponenten auf der Probe 108 assoziiert ist. Beispielsweise können die Komponenten der Probe 108 zu vorhersagbaren Defektmechanismen neigen, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, elektrische Kurzschlüsse, offene Schaltkreise, Hohlräume, Verunreinigungen, Ablösung, Strukturdefekte oder Gate-Leckage-Effekte. In ähnlicher Weise umfassen in einer weiteren Ausführungsform die eine oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast vorhergesagte Fehlermechanismen (beispielsweise im Zusammenhang mit einem Schaltungsdesign, einer Wahrscheinlichkeit bekannter Defektmechanismen oder dergleichen). Dementsprechend können die eine oder mehreren Metriken auf Basis von Spannungskontrast auf bekannten oder antizipierten Fehlermechanismen im Zusammenhang mit dem Aufbau oder Betrieb einer Schaltung basieren.

[0038] In einer anderen Ausführungsform sind die Komponenten der Probe 108 gemäß den Abbil-

dungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast gruppiert (beispielsweise in einer Liste, einer Tabelle, einem Index, einer Datei, einer Datenbank oder dergleichen). Ferner kann eine beliebige Anzahl von Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast jeder Komponente der Probe 108 zugeordnet sein.

[0039] In einer anderen Ausführungsform basieren die eine oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast auf Bedingungen für die VCI-Erfassung, wie etwa, jedoch nicht darauf beschränkt, einer erforderlichen Auflösung (beispielsweise einer Auflösung, die erforderlich ist, um eine kritische Abmessung abzubilden), einer Energie des Teilchenstrahls, einer Abtastgeschwindigkeit des Teilchenstrahls, einer erforderlichen Erfassungszeit oder eines erforderlichen Betriebsdrucks. Beispielsweise kann die VCI-Signalstärke von kapazitiven Elementen (beispielsweise hergestellten Kondensatoren, Strukturen mit parasitären Kapazitäten oder dergleichen) von der Ladungsmenge abhängen, die in dem kapazitiven Element gespeichert ist, das durch Bedingungen für die VCI-Erfassung angesteuert wird.

[0040] In einer anderen Ausführungsform umfasst Schritt 304 das Bestimmen von einem oder mehreren zu inspizierenden Zielbereichen basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast. Beispielsweise kann eine Teilmenge der Komponenten der Probe 108 (beispielsweise Schaltkreise, Teilschaltungen, einzelne elektrische Komponenten, physikalische Strukturen oder dergleichen) ausgewählt werden (beispielsweise durch die Steuerung 116 des Systems 100, einen Benutzer oder eine Kombination davon) zur Inspektion auf der Grundlage einer beliebigen Anzahl von Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast. In einer anderen Ausführungsform werden die Komponenten der Probe 108 gemäß einer oder mehreren der Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast gefiltert, um den einen oder die mehreren zu inspizierenden Zielbereiche zu erzeugen.

[0041] In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Zielbereiche gemäß der vorhergesagten VCI-Signalstärke der Komponenten der Probe 108 bestimmt. Beispielsweise können Zielbereiche so bestimmt werden, dass sie Komponenten mit vorhergesagter hoher VCI-Signalstärke und / oder vorhergesagter niedriger VCI-Signalstärke umfassen. Dementsprechend können Komponenten mit vorhergesagter Signalstärke auf mittlerem Niveau von Zielbereichen ausgeschlossen werden. In dieser Hinsicht können ein oder mehrere Zielbereiche so bestimmt werden, dass sie einen hohen VCI-Signalkontrast aufweisen, um eine Defektdetektion und / oder Identifizierung von einer oder mehreren

Grundursachen von detektierten Defekten zu vereinfachen.

[0042] In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Zielbereiche bestimmt, um Komponenten auszuschließen, die als zu komplex erachtet werden, um sie zuverlässig und / oder genau (beispielsweise innerhalb definierter Beschränkungen, Ziele, oder dergleichen) zu modellieren (beispielsweise um eine vorhergesagte VCI-Signalstärke bereitzustellen oder dergleichen). Beispielsweise können die Komponenten der Probe 108 basierend auf einem Schwellenwert gefiltert werden, der einer Komplexitätsmetrik zugeordnet ist, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, eine Anzahl von in einer Struktur vorhandenen Schichten, eine Anzahl von Zweigen eines Netzes oder eine Zahl von elektrischen Komponenten innerhalb eines Teilkreises.

[0043] In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Zielbereiche bestimmt, um Strukturen auszuschließen, für die eine vorhergesagte Spannungssignalstärke unsicher ist. Beispielsweise können kapazitive Elemente (beispielsweise hergestellte Kondensatoren, lange Verbindungen (Interconnects), Komponenten mit parasitären Kapazitätswerten oder dergleichen) und / oder Schaltkreise, die kapazitive Elemente umfassen, von zu inspizierenden Zielbereichen ausgeschlossen werden.

[0044] In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Zielbereiche gemäß verfügbaren Ressourcen bestimmt. Beispielsweise kann ein VCI-Inspektionssystem (beispielsweise das System 100 oder dergleichen) begrenzte Rechenressourcen umfassen, einschließlich Speichervorrichtungen, Datenspeichervorrichtungen, Datenbankspeicher oder dergleichen. Dementsprechend kann bestimmt werden, dass die Anzahl und / oder Größe von Zielbereichen innerhalb der Grenzen des Inspektionssystems bleiben.

[0045] In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Zielbereiche bestimmt, um ein gewünschtes Inspektionsniveau einer Bibliothek von elektrischen Komponenten auf der Probe 108 bereitzustellen. Beispielsweise können ein oder mehrere Zielbereiche so definiert werden, dass sie eine gewünschte Anzahl von elektrischen Komponenten (beispielsweise Transistoren, Kondensatoren, Widerstände oder dergleichen) von Interesse umfassen. In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Zielbereiche bestimmt, um Komponenten zu inspizieren, von denen vorhergesagt wird, dass sie einen oder mehrere Defektmechanismen und / oder Fehlermechanismen von Interesse aufweisen.

[0046] In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Zielbereiche gemäß einer oder mehreren Regeln bestimmt (beispielsweise eine oder mehrere filterbasierte Regeln, eine oder mehrere simulationsbasierte Regeln oder dergleichen). In dieser Hinsicht können eine oder mehrere Komponenten gemäß Regeln basierend auf mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungs-kontrast gefiltert werden (beispielsweise in oder aus einem Zielbereich). Als ein anschauliches Beispiel kann ein Zielbereich, der zum Detektieren von elektrischen Kurzschlüssen geeignete Strukturen umfasst, Paare von Komponenten aufweisen, in denen eine erste Komponente einen geringen Widerstand gegen Masse (beispielsweise einen geerdeten Kontakt) in unmittelbarer Nähe zu einer zweiten Komponente aufweist, die einen hohen Widerstand gegen Masse aufweist. In dieser Hinsicht würde der Nennbetrieb dazu führen, dass die erste Komponente eine hohe VCI-Signalstärke und die zweite Komponente eine niedrige Signalstärke aufweist, während ein elektrischer Kurzschluss zwischen dem Paar von Komponenten dazu führen würde, dass beide Komponenten eine hohe Signalstärke aufweisen. Wenn jedoch die erste Komponente auch elektrisch mit einer durchlässigen „Leck“-Komponente verbunden ist (beispielsweise eine Komponente mit einer vorhergesagten VCI-Signalstärke mittlerer Stärke, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, eine Diode oder ein Kondensator), kann die VCI-Signalstärke der ersten Komponente möglicherweise unvorhersehbar oder ein Wert mittlerer Stärke sein. Dementsprechend können eine oder mehrere Regeln, die auf Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungs-kontrast basieren, einschließlich physischem Layout, simulierten VCI-Signalstärken und elektrischer Konnektivität (beispielsweise basierend auf Netzlistendaten) angewandt werden, um die Auswahl von in dem einen oder den mehreren Zielbereichen enthaltenen Komponenten zu verfeinern. Beispielsweise können ein oder mehrere Zielbereiche auf der Grundlage eines vorhergesagten Fehlermechanismus (beispielsweise eines elektrischen Kurzschlusses zwischen benachbarten Strukturen) bestimmt werden und ferner basierend auf einer oder mehreren Regeln, die mit Konnektivität zu durchlässigen („lecken“) Elementen (beispielsweise Elementen wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, Dioden oder Kondensatoren mit einer vorhergesagten mittleren VCI-Signalstärke) weiter bestimmt werden.

[0047] In einer anderen Ausführungsform kann jeder zu inspizierende Zielbereich gemäß einem anderen Satz von Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungs-kontrast bestimmt werden. Beispielsweise kann eine erste Teilmenge von Zielbereichen so designt sein, dass sie Strukturen mit sehr vorher-sagbaren VCI-Signalstärken umfasst; eine zweite Teilmenge von Zielbereichen kann so designt sein,

dass sie Strukturen mit auf mittlerem Niveau vorhergesagten VCI-Signalstärken umfasst; eine dritte Teilmenge von Zielbereichen kann so designt sein, dass sie Strukturen umfasst, von denen vorhergesagt wird, dass sie einen oder mehrere Defekt- und / oder Fehlermechanismen von Interesse aufweisen, oder dergleichen. In dieser Hinsicht können mehrere Sätze von Zielbereichen gemäß unterschiedlichen diagnostischen Zielen bestimmt werden (beispielsweise Identifizierung eines bestimmten Defektmechanismus von Interesse oder dergleichen).

[0048] In einer anderen Ausführungsform umfasst Schritt 306 das Erfassen eines Datensatzes für die Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast für den einen oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe (beispielsweise unter Verwendung des Systems 100 oder dergleichen). Das Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast kann ein beliebiges Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast sein, das aus dem Stand der Technik bekannt und geeignet ist, eine Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast für eine Probe 108 zu erzeugen. In einer anderen Ausführungsform sind die mit dem Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast assoziierten Bedingungen für die Erfassung (beispielsweise die Energie des Teilchenstrahls, die Abtastgeschwindigkeit des Teilchenstrahls, der Druck einer zugeordneten Kammer, die die Probe 108 umfasst, oder dergleichen) dynamisch konfigurierbar gemäß den diagnostischen Zielen des einen oder der mehreren Zielbereiche.

[0049] In einer anderen Ausführungsform umfasst Schritt 308 das Detektieren von einem oder mehreren Defekten basierend auf dem Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast. Beispielsweise können ein oder mehrere Defekte basierend auf einem Vergleich eines Datensatzes für die Bildgebung auf Basis von Spannungscontrast (beispielsweise eines in Schritt 306 erfassten VCI-Datensatzes) mit einem Referenzdatensatz detektiert werden. Der Referenzdatensatz kann von einem beliebigen Typ eines Referenzdatensatzes sein, der auf dem Fachgebiet bekannt ist, wie beispielsweise, ohne darauf beschränkt zu sein, VCI-Daten, die einem Standardreferenz-Die zugeordnet sind (beispielsweise SRD-Defektdetektion), simulierte VCI-Daten (beispielsweise D2DB-Defektdetektion) oder dergleichen.

[0050] In einer anderen Ausführungsform werden simulierte VCI-Daten (beispielsweise ein simuliertes VCI-Bild) basierend auf dem einen oder den mehreren Zielbereichen (beispielsweise dem einen oder den mehreren Zielbereichen, die in Schritt 304 definiert sind) automatisch erzeugt (beispielsweise durch die Steuerung 116 des Systems 100). Demgemäß können simulierte VCI-Daten nicht für Bereiche

der Probe 108 erzeugt werden, die nicht zur Inspektion vorgesehen sind. In dieser Hinsicht können die Rechenressourcen des VCI-Inspektionssystems (beispielsweise des Systems 100 oder dergleichen) effizient genutzt werden, um einen hohen Durchsatz zu erreichen.

[0051] In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Defekte in Echtzeit erfasst (beispielsweise durch eine Steuerung 116, die VCI-Signale von dem Detektor 114 empfängt). In dieser Hinsicht basiert die Identifizierung einer Defektdetektion auf einer ausgewählten Komponente auf dem Signal, das von dem Detektor 114 empfangen wird, der der ausgewählten Komponente zugeordnet ist (beispielsweise basierend auf einem vorbestimmten Schwellenwert, der einer Differenz zwischen einem Referenzsignal und einem gemessenen Signal zugeordnet ist, oder dergleichen). In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Defekte in einem nachfolgenden Prozess detektiert (beispielsweise durch die Steuerung 116 des Systems 100, eine Fernsteuerung oder dergleichen durchgeführt). Beispielsweise können ein oder mehrere VCI-Signale von ähnlichen Komponenten (beispielsweise auf demselben Die, verschiedenen Dies, verschiedenen Zellen, unterschiedlichen Wafern oder dergleichen) gesammelt und aggregiert werden (beispielsweise statistisch verarbeitet, um einen Durchschnittswert, einen Medianwert oder dergleichen zu bestimmen). Ferner kann die Identifizierung eines Defekts auf einer ausgewählten Komponente basierend auf dem einen oder den mehreren gesammelten VCI-Signalen bestimmt werden. Dementsprechend kann die Identifizierung von einem oder mehreren Defekten auf einem probabilistischen Modell basieren, das im Voraus bekannt sein oder in Echtzeit entwickelt werden kann (beispielsweise durch die Steuerung 116). In einer weiteren Ausführungsform werden ein oder mehrere Defekte nahezu in Echtzeit unter Verwendung einer adaptiven Defektbestimmung basierend auf einem kontinuierlich aktualisierenden Satz von zuvor gesammelten VCI-Signalen detektiert. Beispielsweise können VCI-Signale, die ähnlichen Klassen von Komponenten zugeordnet sind, kontinuierlich aggregiert werden, um die Referenzdaten zu aktualisieren, die zum Identifizieren von Defekten verwendet werden. In dieser Hinsicht werden VCI-Daten und / oder Defektidentifikationsdaten einer ersten ausgewählten Komponente verwendet, um zu bestimmen, ob ein Defekt auf einer zweiten ausgewählten Komponente auf der Probe 108 vorhanden ist.

[0052] In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere Defektmechanismen (beispielsweise elektrische Kurzschlüsse, offene Schaltkreise, Hohlräume, Verunreinigungen Ablösung, Strukturdefekte, Gate-Leckage-Effekte oder dergleichen), die identifizierten Defekten zugeordnet sind, bestimmt

(beispielsweise durch die Steuerung 116). Beispielsweise können ein oder mehrere Defektmechanismen einem identifizierten Defekt auf der Grundlage von Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungs-kontrast (beispielsweise erzeugt in Schritt 302) für den identifizierten Defekt zugeordnet sein.

[0053] In einer anderen Ausführungsform werden ein oder mehrere wahrscheinliche Fehlermechanismen bestimmt, die einem oder mehreren identifizierten Defekten zugeordnet sind. Der eine oder die mehreren wahrscheinlichen Fehlermechanismen können auf der Grundlage einer beliebigen aus dem Stand der Technik bekannten Technik bestimmt werden, einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt, Fehlermodellierung, Fehlerinjektion, Schaltungssimulation oder dergleichen. Beispielsweise können ein oder mehrere Fehlermechanismen bestimmt werden, indem die Auswirkung von einem oder mehreren Defektmechanismen auf einen elektrischen Schaltkreis modelliert wird, der einen oder mehrere identifizierte Defekte enthält, und indem des Weiteren die Auswirkung der modellierten Defektmechanismen simuliert wird. In dieser Hinsicht können, müssen jedoch nicht, Defektmechanismen als Widerstände modelliert werden (beispielsweise eine verschlechterte Zwischenverbindung (Interconnect), die als ein Widerstand mit einem hohen Widerstandswert modelliert ist, ein Kurzschluss, der als ein Widerstand mit einem niedrigen Widerstandswert modelliert ist, oder dergleichen).

[0054] In einer anderen Ausführungsform kann der Defekt auf einer Probe 108 basierend auf vorhergesagten Defekt- und / oder Fehlermechanismen bestimmt und / oder verifiziert werden. Beispielsweise kann ein möglicher Defekt basierend auf einem empfangenen VCI-Signal von der Probe 108 identifiziert werden, das sich von einem Referenz-VCI-Signal unterscheidet. Nachfolgend können eine oder mehrere modifizierte Netzlisten (beispielsweise fehlerhafte Netzlisten) erzeugt werden (beispielsweise durch die Steuerung 116), um als elektrische Komponenten innerhalb der Schaltung (beispielsweise Widerstände, Kondensatoren oder dergleichen) modellierte Defektmechanismen einzuschließen. Ferner können ein oder mehrere simulierte VCI-Datensätze (beispielsweise simulierte VCI-Bilder oder dergleichen) basierend auf den modellierten Defektmechanismen zum Vergleich mit dem gemessenen VCI-Datensatz erzeugt werden. In dieser Hinsicht können die simulierten VCI-Datensätze die Detektion von Defekten vereinfachen (beispielsweise durch positives Identifizieren eines Defekts, indem eine relative Wahrscheinlichkeit von mehreren wahrscheinlichen Defektmechanismen bereitgestellt wird oder dergleichen). Ferner können Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungs-kontrast (beispielsweise im Zusammenhang mit dem physikalischen Layout von Komponenten, wahrscheinlichen

Defektmechanismen, die Komponenten zugeordnet sind, oder dergleichen) und / oder die Fehlerrate (beispielsweise eine gemessene Fehlerrate oder eine vorhergesagte Fehlerrate basierend auf vorhergesagten Fehlermechanismen im Zusammenhang mit identifizierten Defekten) können verwendet werden, um die relative Wahrscheinlichkeit der mehrfachen wahrscheinlichen Defektmechanismen zu gewichten.

[0055] In einer anderen Ausführungsform können Inspektionsdaten durch das VCI-Inspektionswerkzeug (beispielsweise System 100 oder dergleichen) erzeugt werden. Beispielsweise können, jedoch nicht darauf beschränkt, Inspektionsdaten ein zusammenfassendes Pareto von Defektmechanismen, die der Probe 108 zugeordnet sind, oder einen Probenplan (beispielsweise ein simuliertes Bild der Probe 108) einschließlich Stellen identifizierter Defekte umfassen.

[0056] In einer anderen Ausführungsform können Inspektionsdaten von einer ersten Inspektionsrunde der Probe 108 als Rückkopplung bereitgestellt werden, um eine oder mehrere zusätzliche Inspektionsrunden für die Probe 108 zu erzeugen. Beispielsweise können Inspektionsdaten, die die Stellen identifizierter Defekte und / oder Defektmechanismen einschließen, verwendet werden, um einen aktualisierten Satz von Zielbereichen 202 zur Analyse bereitzustellen. In einer anderen Ausführungsform können Inspektionsdaten als Vorwärtskopplungsdaten an ein oder mehrere zusätzliche Tools (beispielsweise ein oder mehrere Metrologie-Messmaschinen, Bearbeitungswerkzeuge für Halbleiter, elektrische Testwerkzeuge oder dergleichen) bereitgestellt werden, um ein oder mehrere Rezepte zu verfeinern und / oder zu aktualisieren basierend auf den Inspektionsdaten. In einer weiteren Ausführungsform können ein oder mehrere Defekte auf der Grundlage von Daten identifiziert werden, die von einem oder mehreren zusätzlichen Werkzeugen (beispielsweise optische Inspektionswerkzeuge, Rasterelektronenmikroskope, Überlagerungsmesswerkzeuge, Metrologie-Messmaschinen oder dergleichen) bereitgestellt werden. Beispielsweise können zusätzliche Daten (beispielsweise Überlagerungsdaten, kritische Abmessungsdaten, vorherige Inspektionsdaten oder dergleichen), die einer oder mehreren Komponenten auf der Probe 108 zugeordnet sind, verwendet werden, um die Wahrscheinlichkeiten im Zusammenhang mit der Bestimmung eines oder mehrerer Defekte oder eines oder mehrerer Defektmechanismen auf der Probe 108 zu gewichten. Ferner kann das System 100 Inspektionsdaten als Teil einer Vorwärtskopplungs- oder Rückkopplungsschleife gemäß einem beliebigen aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren verwenden. Beispielsweise kann das System maschinelles Lernen (beispielsweise Deep Lear-

ning, neuronale Netze oder dergleichen) verwenden, um die Verwendung von Vorwärtskopplungs- oder Rückkopplungsschleifen zu vereinfachen. Als ein weiteres Beispiel kann das System 100 künstliche Intelligenz verwenden, um die Implementierung von Vorwärtskopplungs- oder Rückkopplungsschleifen zu vereinfachen. Zusätzlich kann das System 100 ein Training implementieren (beispielsweise in Verbindung mit einer Benutzereingabe, einer automatisch erzeugten Leistungsanalyse oder dergleichen), um Vorwärtskopplungs- oder Rückkopplungsschleifen dynamisch anzupassen.

[0057] Wiederum Bezug nehmend auf **Fig. 1** umfasst in einer anderen Ausführungsform das Inspektionssystem 106 ein oder mehrere Teilchenstrahlabtastelemente. Beispielsweise können das eine oder die mehreren Teilchenstrahlabtastelemente eine oder mehrere Abtastspulen oder Deflektoren umfassen, die zum Steuern einer Position des Strahls relativ zu der Oberfläche der Probe 108 geeignet sind, ohne darauf beschränkt zu sein. In dieser Hinsicht können das eine oder die mehreren Abtastelemente verwendet werden, um den Teilchenstrahl 104 über die Probe 108 in einem ausgewählten Muster abzutasten. Es ist hierin anzumerken, dass das Inspektionssystem 106 in jedem aus dem Stand der Technik bekannten Scanmodus arbeiten kann. Beispielsweise kann das Inspektionssystem 106 in einem Streifenmodus arbeiten, wenn ein Teilchenstrahl 104 über die Oberfläche der Probe 108 tastet. In dieser Hinsicht kann das Inspektionssystem 106 einen Teilchenstrahl 104 über die Probe 108 scannen, während sich die Probe bewegt, wobei die Abtastrichtung nominell senkrecht zur Richtung der Probenbewegung ist. Als ein anderes Beispiel kann das Inspektionssystem 106 in einem step-and-scan Modus arbeiten, wenn ein Teilchenstrahl 104 über die Oberfläche der Probe 108 gescannt wird. In dieser Hinsicht kann das Inspektionssystem 106 einen Teilchenstrahl 104 über der Probe 108 scannen, die nominell fest angeordnet ist, wenn der Strahl 104 scant.

[0058] In einer anderen Ausführungsform ist die Probe 108 auf einem Probenstisch 112 angeordnet, der zum Sichern der Probe 108 während des Abtastens geeignet ist. In einer anderen Ausführungsform ist der Probenstisch 112 ein betätigbarer Tisch. Beispielsweise kann der Probenstisch 112 einen oder mehrere verfahrbare (translatorische) Tische aufweisen, ist jedoch nicht darauf beschränkt, die geeignet sind, die Probe 108 selektiv entlang einer oder mehrerer linearer Richtungen (beispielsweise x-Richtung, y-Richtung und / oder z-Richtung) zu verschieben. Als ein anderes Beispiel kann der Probenstisch 112 eine oder mehrere Drehtische aufweisen, ist jedoch nicht darauf beschränkt, die geeignet sind, um die Probe 108 selektiv entlang einer Drehrichtung zu drehen. Als ein anderes Beispiel kann der Proben-

tisch 112 einen Drehtisch und einen verfahrbaren (translatorischen) Tisch aufweisen, ist jedoch nicht darauf beschränkt, die geeignet sind, um die Probe selektiv entlang einer linearen Richtung zu verschieben und / oder die Probe 108 entlang einer Drehrichtung zu drehen.

[0059] In einer anderen Ausführungsform umfasst der Detektor 114 einen Lichtdetektor (beispielsweise einen Photonendetektor). Beispielsweise kann der Detektor 114 eine Photovervielfacherröhre (PMT abgekürzt für „photomultiplier tube“) umfassen. Ferner kann der Detektor 114 eine Phosphoranode umfassen, die durch die kaskadierten Elektronen des von der Anode absorbierten PMT-Detektors erregt wird und anschließend Licht emittiert. Der Lichtdetektor kann wiederum von der Phosphoranode emittiertes Licht sammeln, um die Probe 108 abzubilden. Der Lichtdetektor kann einen beliebigen aus dem Stand der Technik bekannten Lichtdetektor umfassen, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, einen CCD-Detektor oder einen CCD-TDI-Detektor. Allgemein wird hierin erkannt, dass der Detektor 114 eine beliebige Vorrichtung oder Kombination von Vorrichtungen umfassen kann, die aus dem Stand der Technik zum Charakterisieren einer Probenoberfläche oder -masse mittels eines Teilchenstrahls 104 bekannt sind. Beispielsweise kann der Detektor 114 einen beliebigen aus dem Stand der Technik bekannten Teilchendetektor umfassen, der konfiguriert ist zum Sammeln von rückgestreuten Elektronen, Auger-Elektronen, transmittierten Elektronen oder Photonen (beispielsweise Röntgenstrahlen, die von der Oberfläche als Reaktion auf einfallende Elektronen emittiert werden, Kathodolumineszenz der Probe 108 oder dergleichen).

[0060] Es ist hier anzumerken, dass der Satz von Elektronenoptiken des Systems 100, wie oben beschrieben und in **Fig. 1** dargestellt, lediglich zur Veranschaulichung vorgesehen ist und nicht als einschränkend interpretiert werden sollte. Es wird antizipiert, dass eine Anzahl von äquivalenten oder zusätzlichen Konfigurationen innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Als ein nicht einschränkendes Beispiel können eine oder mehrere Elektronenlinsen oder -aperturen innerhalb des Systems 100 positioniert sein. Als ein weiteres nicht einschränkendes Beispiel, jedoch nicht darauf beschränkt, kann das System 100 einen oder mehrere Elektronendeflektoren umfassen, eine oder mehrere Aperturen, einen oder mehrere Filter oder einen oder mehrere Stigmatoren.

[0061] In einer anderen Ausführungsform umfasst die Steuerung 116 einen oder mehrere Prozessoren 118. In einer anderen Ausführungsform sind der eine oder die mehreren Prozessoren 118 konfiguriert, um einen Satz von Programmanweisungen auszuführen.

ren, die in einem Speichermedium 120 oder Speicher gehalten werden. Der eine oder die mehreren Prozessoren 118 einer Steuerung 116 können ein beliebiges aus dem Stand der Technik bekanntes Prozesselement umfassen. In diesem Sinne können der eine oder die mehreren Prozessoren 118 eine beliebige mikroprozessorartige Vorrichtung umfassen, die zum Ausführen von Algorithmen und / oder Anweisungen konfiguriert ist. In einer Ausführungsform können der eine oder die mehreren Prozessoren 118 aus einem Desktop-Computer, einem Großrechnersystem, einer Workstation, einem Bildcomputer, einem Parallelprozessor oder einem beliebigen anderen Computersystem (beispielsweise einem vernetzten Computer) bestehen, das zum Ausführen eines zum Betrieb des Systems 100 konfigurierten Programms konfiguriert ist, wie in der gesamten vorliegenden Offenbarung beschrieben. Es wird ferner erkannt, dass der Begriff „Prozessor“ breit definiert werden kann, um eine beliebige Vorrichtung mit einem oder mehreren Prozesselementen zu umfassen, die Programmanweisungen von einem nicht-flüchtigen Speichermedium 120 ausführen.

[0062] Das Speichermedium 120 kann ein beliebiges aus dem Stand der Technik bekanntes Speichermedium umfassen, das zum Speichern von Programmanweisungen geeignet ist, die durch den einen oder die mehreren zugeordneten Prozessoren 118 ausführbar sind. Beispielsweise kann das Speichermedium 120 ein nichtflüchtiges Speichermedium umfassen. Als ein zusätzliches Beispiel kann das Speichermedium 120, jedoch nicht darauf beschränkt, einen Nur-Lese-Speicher (ROM), einen Direktzugriffsspeicher (RAM), eine magnetische oder optische Speichervorrichtung (beispielsweise eine Platte), ein Magnetband, ein Solid-State-Drive (festes Laufwerk) und dergleichen umfassen. Es ist ferner anzumerken, dass das Speichermedium 120 in einem gemeinsamen Steuerungsgehäuse mit dem einen oder den mehreren Prozessoren 118 untergebracht sein kann. In einer Ausführungsform kann das Speichermedium 120 in Bezug auf den physischen Ort des einen oder der mehreren Prozessoren 118 und der Steuerung 116 entfernt (remote) angeordnet sein. Beispielsweise können der eine oder die mehreren Prozessoren 118 der Steuerung 116 auf einen entfernten Speicher (beispielsweise Server) zugreifen, auf den über ein Netzwerk (beispielsweise Internet, Intranet und dergleichen) zugegriffen werden kann. Daher sollte die obige Beschreibung nicht als eine Beschränkung der vorliegenden Erfindung interpretiert werden, sondern lediglich als Veranschaulichung.

[0063] Der hierin beschriebene Gegenstand veranschaulicht manchmal verschiedene Komponenten, die in anderen Komponenten enthalten oder damit verbunden sind. Es versteht sich, dass solche abge-

bildeten Architekturen lediglich beispielhaft sind und dass tatsächlich viele andere Architekturen implementiert werden können, die die gleiche Funktionalität erzielen. In einem konzeptionellen Sinne ist jede Anordnung von Komponenten, um die gleiche Funktionalität zu erreichen, effektiv „assoziiert“, so dass die gewünschte Funktionalität erreicht wird. Daher können beliebige zwei Komponenten, die hierin kombiniert sind, um eine bestimmte Funktionalität zu erreichen, als „miteinander assoziiert“ angesehen werden, so dass die gewünschte Funktionalität unabhängig von Architekturen oder intermediären Komponenten erreicht wird. Gleichermaßen können auch alle zwei so assoziierten Komponenten als „verbunden“ oder „gekoppelt“ betrachtet werden, um die gewünschte Funktionalität zu erreichen, und beliebige zwei Komponenten, die dazu imstande sind, so assoziiert zu werden, können auch als miteinander „koppelbar“ angesehen werden, um die gewünschte Funktionalität zu erreichen. Spezifische Beispiele von koppelbar umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt, physikalisch interaktiv und / oder physikalisch interagierende Komponenten und / oder drahtlos interaktiv und / oder drahtlos interagierende Komponenten und / oder logisch interaktiv und / oder logisch interagierende Komponenten.

Patentansprüche

1. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast, umfassend:
 - ein Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast; und
 - eine Steuerung, die mit dem Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast gekoppelt ist, wobei die Steuerung einen oder mehrere Prozessoren umfasst, wobei der eine oder die mehreren Prozessoren dazu konfiguriert sind, Programmanweisungen auszuführen, die dazu konfiguriert sind, den einen oder die mehreren Prozessoren zu Folgendem zu veranlassen:
 - Analysieren von Design-Daten, die mit einer Probe assoziiert sind, um eine oder mehrere Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für eine oder mehrere Strukturen auf der Probe zu erzeugen;
 - Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf der Probe basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast;
 - Anweisen des Werkzeugs für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast einen Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast zu erzeugen, der auf die eine oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe beschränkt ist;
 - Empfangen des Datensatzes für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast für den einen oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe von dem Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast; und

Detektieren eines oder mehrerer Defekte basierend auf dem Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast.

2. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei die eine oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast eine vorhergesagte Signalstärke von einem oder mehreren Bildern der einen oder mehreren Strukturen auf Basis von Spannungskontrast umfassen.

3. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 2, wobei die vorhergesagte Signalstärke des einen oder der mehreren Signale der Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast umfasst: einen Graustufenwert eines Graustufenbilds auf Basis von Spannungskontrast.

4. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei die eine oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast eine Wahrscheinlichkeit zum Detektieren eines Defekts auf der einen oder den mehreren Strukturen unter Verwendung von Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast umfassen.

5. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei die eine oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast einen vorhergesagten Defektmechanismus umfassen, der der einen oder den mehreren Strukturen zugeordnet ist.

6. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei die eine oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast einen vorhergesagten Fehlermechanismus umfassen, der der einen oder den mehreren Strukturen zugeordnet ist.

7. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für die eine oder mehreren Strukturen auf einer Probe umfasst:
Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf einem physikalischen Layout der einen oder mehreren Strukturen.

8. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für die eine oder mehreren Strukturen auf einer Probe umfasst:
Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf einer Netzliste, die die eine oder mehreren Strukturen umfasst.

kontrast für die eine oder mehreren Strukturen auf einer Probe umfasst:

Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf einer Netzliste, die die eine oder mehreren Strukturen umfasst.

9. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 8, wobei das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf einer Netzliste, die die eine oder mehreren Strukturen umfasst, umfasst:
Identifizieren einer oder mehrerer Teilschaltungen, die einem oder mehreren Netzen der Netzliste zugeordnet sind;
Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf der einen oder den mehreren Teilschaltungen.

10. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für die eine oder mehreren Strukturen auf einer Probe umfasst:
Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf einer oder mehreren elektrischen Eigenschaften der einen oder mehreren Strukturen.

11. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 10, wobei die elektrischen Eigenschaften der einen oder mehreren Strukturen umfassen: mindestens ein Widerstand, eine Impedanz oder eine Kapazität.

12. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für die eine oder mehreren Strukturen auf einer Probe umfasst:
Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf Bedingungen für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast, die dem Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast zugeordnet sind.

13. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 12, wobei die Bedingungen für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast, die dem Werkzeug für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast zugeordnet sind, mindestens eines von Folgendem umfassen: eine Auflösung, eine Spannung eines Abtaststrahls in Bezug auf eine elektrische Masse, eine Geschwindigkeit des

Abtaststrahls, einen Druck einer Kammer, die die eine oder mehreren Strukturen umfasst.

14. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für die eine oder mehreren Strukturen auf einer Probe umfasst:

Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf einer Simulation von einer oder mehreren Schaltungen, die der einen oder den mehreren Strukturen zugeordnet sind.

15. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 14, wobei die Simulation mindestens eine numerische Simulation oder eine regelbasierte Simulation umfasst.

16. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für die eine oder mehreren Strukturen auf einer Probe umfasst:

Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf einer oder mehreren beabsichtigten elektrischen Funktionen der einen oder mehreren Strukturen.

17. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei die eine oder mehreren Strukturen eine oder mehrere Strukturen innerhalb einer oder mehrerer Schichten auf der Probe umfassen.

18. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 17, wobei die eine oder mehreren Schichten mindestens eines von Folgendem umfassen: einen Isolator, einen Leiter, einen Halbleiter, eine Vertiefung oder ein Substrat.

19. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 17, wobei das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für die eine oder mehreren Strukturen auf einer Probe umfasst:

Erzeugen von einer oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf einer oder mehreren Eigenschaften der einen oder mehreren Schichten auf der Probe.

20. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 19, wobei die eine oder mehreren Eigenschaften der einen oder mehreren Schichten auf der

Probe mindestens eines aus Folgendem umfassen: eine Leitfähigkeit oder eine Bandstruktur.

21. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 17, wobei das Erzeugen einer oder mehrerer Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für die eine oder mehreren Strukturen auf einer Probe umfasst:

Erzeugen von einer oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast basierend auf einer Konnektivitätsbeziehung zwischen der einen oder den mehreren Schichten auf der Probe.

22. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf einer Probe umfasst: Gruppieren der einen oder mehreren Strukturen basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast.

23. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf einer Probe umfasst: Filtern der einen oder mehreren Strukturen basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast.

24. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf einer Probe umfasst: Filtern der einen oder mehreren Strukturen basierend auf einer erforderlichen Erfassungszeit.

25. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf einer Probe umfasst: Filtern der einen oder mehreren Strukturen basierend auf einem Schwellwert eines vorhergesagten Signals der Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast.

26. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf einer Probe umfasst: Filtern der einen oder mehreren Strukturen basierend auf einer Komplexität einer oder mehrerer Teilschaltungen, die die eine oder mehreren Strukturen enthält.

27. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf einer Probe umfasst: Filtern der einen oder mehreren Strukturen basie-

rend auf einer Nähe der einen oder mehreren Strukturen zu einer oder mehreren benachbarten Strukturen.

28. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf einer Probe umfasst: Filtern der einen oder mehreren Strukturen basierend auf einem vorhergesagten Fehlertyp der einen oder mehreren Strukturen.

29. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf einer Probe umfasst: Filtern der einen oder mehreren Strukturen basierend auf einem vorhergesagten Defektmechanismus der einen oder mehreren Strukturen.

30. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Detektieren eines oder mehrerer Defekte basierend auf dem Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast umfasst: Detektieren eines oder mehrerer Defekte basierend auf einer Analyse des kritischen Bereichs.

31. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei das Detektieren eines oder mehrerer Defekte basierend auf dem Spannungskontrast-Bildgebungsdatensatz umfasst: Erkennen eines oder mehrerer Defekte basierend auf einer Fehlermodellanalyse.

32. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei der eine oder die mehreren Prozessoren ferner konfiguriert sind, um Programmanweisungen auszuführen, die konfiguriert sind, um den einen oder die mehreren Prozessoren zu Folgendem zu veranlassen: Erzeugen einer zusammenfassenden Pareto-Analyse von Defektmechanismen, die dem einen oder den mehreren Defekten zugeordnet sind.

33. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei der eine oder die mehreren Prozessoren ferner konfiguriert sind, Programmanweisungen auszuführen, die konfiguriert sind, um den einen oder die mehreren Prozessoren zu Folgendem zu veranlassen: Erzeugen eines zusätzlichen Datensatzes für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast für einen oder mehrere zusätzliche Zielbereiche auf der Probe basierend auf dem einen oder mehreren Defekten, die basierend auf dem Datensatz für die

Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast detektiert wurden; Detektieren eines oder mehrerer zusätzlicher Defekte basierend auf dem zusätzlichen Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast.

34. System zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 1, wobei der eine oder die mehreren Prozessoren ferner konfiguriert sind, um Programmanweisungen auszuführen, die konfiguriert sind, um den einen oder die mehreren Prozessoren zu veranlassen zum: Übertragen von Daten, die den einen oder die mehreren detektierten Defekte anzeigen, um ein Rezept des Systems zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast zu aktualisieren.

35. Vorrichtung zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast, umfassend: eine Teilchenstrahlquelle, die konfiguriert ist, um einen oder mehrere Teilchenstrahlen zu erzeugen; ein oder mehrere Elemente für Teilchenstrahlen, die positioniert sind, um den einen oder die mehreren Teilchenstrahlen auf eine Probe zu richten; einen Detektor, der positioniert ist, um ein oder mehrere Teilchen zu empfangen, die von der Probe ausgehen; und eine Steuerung, die mit dem Detektor gekoppelt ist, wobei die Steuerung einen oder mehrere Prozessoren umfasst, wobei der eine oder die mehreren Prozessoren konfiguriert sind, um Programmanweisungen auszuführen, die dazu konfiguriert sind, den einen oder die mehreren Prozessoren zu Folgendem zu veranlassen: Analysieren von Design-Daten, die mit der Probe assoziiert sind, um eine oder mehrere Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für eine oder mehrere Strukturen auf der Probe zu erzeugen; Bestimmen eines oder mehrerer Zielbereiche auf der Probe basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast; Erzeugen eines Datensatzes für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast beschränkt auf den einen oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe basierend auf einem oder mehreren Teilchen, die von der durch den Detektor erfassten Probe ausgehen; und Detektieren eines oder mehrerer Defekte basierend auf dem Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast.

36. Vorrichtung zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 35, wobei der eine oder die mehreren Teilchenstrahlen mindestens eines aus Folgen-

dem umfassen:
einen Elektronenstrahl oder einen Ionenstrahl.

37. Vorrichtung zur Detektion von Defekten mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast nach Anspruch 35, wobei das eine oder die mehreren Teilchen, die von der Probe ausgehen, mindestens eines aus Folgendem umfassen:
Elektronen, Ionen oder Photonen.

38. Verfahren zur Detektion von Defekten auf einer Probe mittels Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast, umfassend:
Analysieren von Design-Daten, die mit der Probe assoziiert sind, zum Erzeugen von einer oder mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast für eine oder mehrere Strukturen auf der Probe;
Bestimmen von einem oder mehreren Zielbereichen auf der Probe basierend auf der einen oder den mehreren Abbildungsmetriken auf Basis von Spannungskontrast;
Erfassen eines Datensatzes für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast beschränkt auf den einen oder die mehreren Zielbereiche auf der Probe; und
Detektieren eines oder mehrerer Defekte basierend auf dem Datensatz für die Bildgebung auf Basis von Spannungskontrast.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

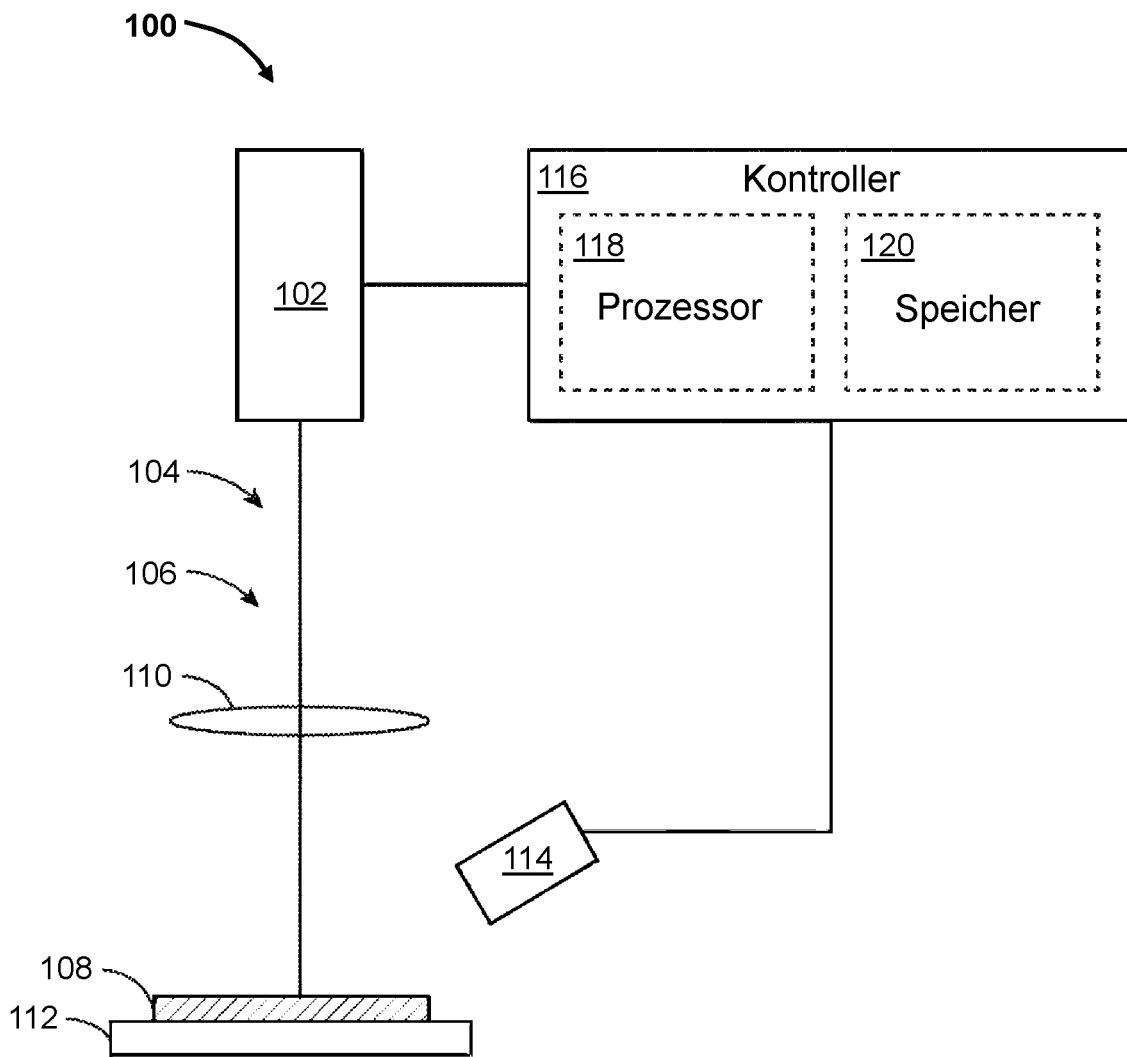


Fig. 1

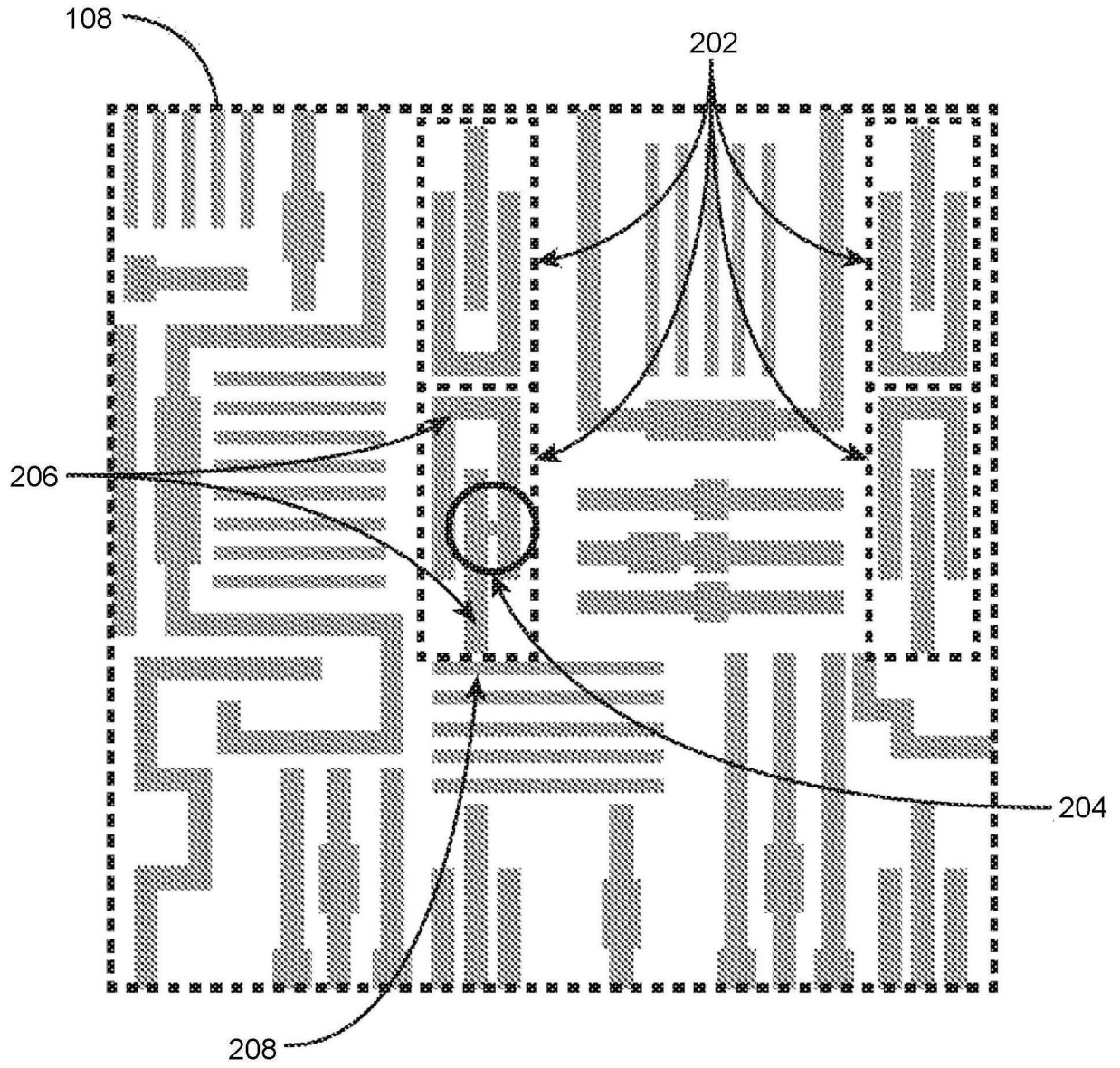


Fig. 2

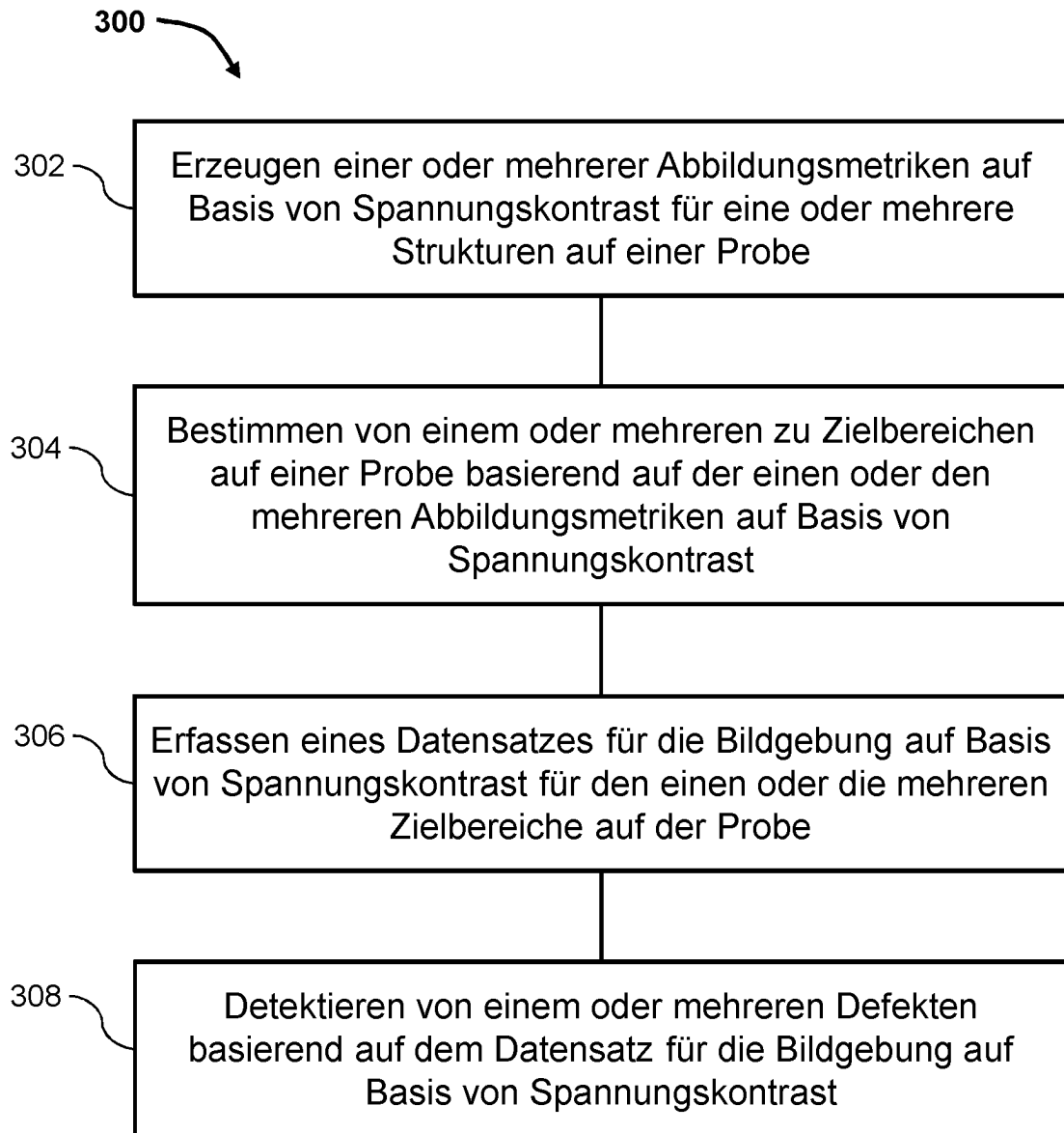


Fig. 3