



(10) **DE 11 2017 007 576 B4** 2026.10.01

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2017 007 576.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2017/065629**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/217232**
(86) PCT-Anmeldetag: **11.12.2017**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **29.11.2018**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **05.03.2020**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **01.10.2026**

(51) Int Cl.: **H10P 74/00** (2026.01)

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:
62/509,679 **22.05.2017** **US**

(73) Patentinhaber:
KLA Corporation, Milpitas, CA, US

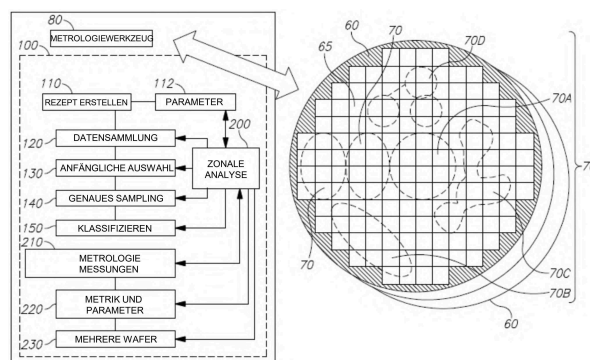
(74) Vertreter:
**Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte,
93049 Regensburg, DE**

(72) Erfinder:
**Volkovich, Roie, Hadera, IL; Adel, Michael E.,
Ya'akov Zichron, IL; Yerushalmi, Liran, Zicron
Yaacob, IL; Herzel, Eitan, Givat-Ela, IL; Ye,
Mengmeng, Shanghai, CN; Amit, Eran, Haifa, IL**

(56) Ermittelte Stand der Technik:
US **2002 / 0 193 899** **A1**
US **2014 / 0 114 597** **A1**

(54) Bezeichnung: **ZONENANALYSE ZUR REZEPTOPTIMIERUNG UND MESSUNG**

(57) Hauptanspruch: Verfahren, umfassend ein Ausführen einer Setup-Prozedur für ein Rezept unter Verwendung einer Zonenanalyse in Bezug auf mindestens einen Setup-Parameter, wobei die Zonenanalyse flächendeckend über mindestens einen Wafer (60) variable Werte des mindestens einen Setup-Parameters umfasst, wobei die Zonenanalyse während einer Klassifizierungsphase der Setup-Prozedur des Rezepts angewendet wird, und wobei die Zonenanalyse bezüglich konzentrischer Zonen (70) durchgeführt wird, die zumindest derart konfiguriert sind, dass sie zumindest zwischen einer Wafermitte (70A) von einem Waferand (70B) unterscheiden; und Durchführen von Metrologiemessungen auf dem Wafer (60) mit einem Metrologiewerkzeug (80) unter Verwendung der Zonenanalyse in Bezug auf mindestens eine Metrologie-Metrik.



Beschreibung**QUERVERWEIS AUF VERWANDTE
ANMELDUNGEN**

[0001] Die vorliegende Patentanmeldung beansprucht die Priorität der provisorischen US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 62/509,679, angemeldet am 22. Mai 2017.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG**1. TECHNISCHES GEBIET**

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der Metrologie und insbesondere, das Setup von Metrologierezepten und Messverfahren.

2. DISKUSSION DES STANDES DER TECHNIK

[0003] Metrologiemessungen werden gemäß Messrezepturen durchgeführt, die entsprechend dem Setup und der Messparameter optimiert sind. Zum Beispiel offenbart das US-Patent US 7 570 796 B2 verschiedene Verfahren und Systeme zur Verwendung von Designdaten in Kombination mit Inspektionsdaten, wie beispielsweise das Vergleichen von Teilen von Designdaten in der Nachbarschaft von Defekten im Designdatenraum und die Klasseneinteilung der Defekte in Gruppen, so dass die Abschnitte der Defekte im Designdatenraum in der Nähe der Positionen der Defekte in jeder der Gruppen zumindest ähnlich sind.

[0004] Die Anmeldung US 2002 / 0 193 899 A1 beschreibt die dynamische Anpassung von Messpunkten bei Messungen an Dies auf einem Wafer. Ereignisabhängig werden Messpunkte zur Menge der Messpunkte hinzugefügt, daraus gestrichen oder darin ersetzt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Das Folgende ist eine vereinfachte Zusammenfassung zur Bereitstellung eines anfänglichen Verständnisses der Erfindung. Die Zusammenfassung identifiziert nicht notwendigerweise Schlüsselemente, noch begrenzt sie den Umfang der Erfindung. Die Zusammenfassung dient lediglich als eine Einführung für die nachfolgende Beschreibung.

[0006] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt ein Verfahren zur Verfügung, das ein Ausführen einer Setup-Prozedur für ein Rezept unter Verwendung einer Zonenanalyse in Bezug auf zumindest einen Setup-Parameter umfasst, wobei die Zonenanalyse flächendeckend variable Werte des mindestens einen Setup-Parameters über mindestens einen Wafer umfasst. Die Zonenanalyse wird während einer Klassifizierungsphase der Setup-Prozedur des

Rezepts angewendet und bezüglich konzentrischer Zonen durchgeführt, die zumindest derart konfiguriert sind, dass sie zumindest zwischen einer Wafermitte von einem Waferrand unterscheiden. Unter Verwendung der Zonenanalyse werden Metrologiemessungen auf dem Wafer mit einem Metrologiewerkzeug in Bezug auf mindestens eine Metrologiemetrik durchgeführt.

[0007] Diese, zusätzliche und/oder andere Aspekte und/oder Vorteile der vorliegenden Erfindung werden in der detaillierten nachstehenden Beschreibung dargestellt; sind gegebenenfalls aus der detaillierten Beschreibung ableitbar; und/oder erlernbar durch die praktische Anwendung der vorliegenden Erfindung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Zum besseren Verständnis der Ausführungsformen der Erfindung und um zu zeigen, wie dieselben ausgeführt werden können, wird nun lediglich beispielhaft auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen, in denen gleiche Bezugszeichen durchwegs entsprechende Elemente oder Abschnitte bezeichnen.

[0009] In den beigefügten Zeichnungen:

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Metrologiewerkzeugs mit einem Metrologiemodul, das konfiguriert ist, um eine Zonenanalyse in Bezug auf verschiedene Zonen auf dem Wafer oder den Wafern auszuführen, und zwar während einer beliebigen Vielzahl von Rezeptsetups und/oder Messschritten, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung.

Fig. 2 ist ein schematisches Beispiel für einen Ablaufplan der Rezeptoptimierung gemäß dem Stand der Technik.

Die **Fig. 3** und **5** sind schematische Darstellungen der Anwendung der Zonenanalyse beim Rezeptsetup gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung.

Fig. 4 ist ein schematisches Beispiel für die Bestimmung von Zonen auf dem Wafer, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung.

Fig. 6 ist eine schematische Darstellung der Messanlage des Metrologiemoduls, das derart gestaltet ist, um mit abstimmbarem Spektrum, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung, zu arbeiten.

Fig. 7 ist ein schematisches Beispiel für die flächendeckende, kontinuierliche Zonenanalyse eines Wafers, nach einigen Ausführungsformen der Erfindung.

Fig. 8 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung darstellt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0010] In der folgenden Beschreibung werden verschiedene Aspekte der vorliegenden Erfindung beschrieben, welche durch die Ansprüche definiert ist. Zum Zwecke der Erläuterung werden spezifische Konfigurationen und Details dargelegt, um ein gründliches Verständnis der vorliegenden Erfindung zu schaffen. Allerdings wird es auch für den Fachmann auf dem Gebiet offensichtlich sein, dass die vorliegende Erfindung auch ohne die spezifischen und hierin dargestellten Einzelheiten ausgeführt werden kann. Weiterhin können wohlbekannte Merkmale weggelassen oder vereinfacht werden, um die vorliegende Erfindung nicht zu verschleiern. Unter besonderer Bezugnahme auf die Zeichnungen wird betont, dass die gezeigten Einzelheiten beispielhaft sind und nur zum Zweck der Veranschaulichung der vorliegenden Erfindung dienen. Die Zeichnungen sind in der Weise präsentiert, bei der man glaubt, dass sie die nützlichste und leicht verständliche Beschreibung der Prinzipien und konzeptionellen Aspekte der Erfindung ist. In dieser Hinsicht wird kein Versuch unternommen, strukturelle Details der Erfindung zu zeigen, als dies für ein grundsätzliches Verständnis der Erfindung notwendig ist. Die Beschreibung zusammen mit den Zeichnungen macht es für die auf dem Fachgebiet kundigen Personen offensichtlich, wie die verschiedenen Formen der Erfindung in der Praxis ausgeführt werden.

[0011] Bevor mindestens eine Ausführungsform der Erfindung im Detail erläutert wird, ist es selbstverständlich, dass die Erfindung in ihrer Anwendung nicht auf die Details der Konstruktion und die Anordnung der Komponenten, wie in der folgenden Beschreibung aufgeführt oder in den Zeichnungen dargestellt, beschränkt ist. Die Erfindung kann bei anderen Ausführungsformen angewendet werden, die auf verschiedene Weise sowie auch in Kombinationen der offenbarten Ausführungsformen praktiziert oder durchgeführt werden können. Außerdem ist es zu verstehen, dass die hier verwendete Phraseologie und Terminologie zum Zweck der Beschreibung dient und nicht als einschränkend angesehen werden kann. Es ist anzumerken, dass, obwohl die Offenbarung auf optische Beleuchtungsstrahlung ausgerichtet ist, diese auch auf Anwendungen auf die Beleuchtungsstrahlung mit sehr kurzen Wellenlängen erweitert werden kann, wie z.B. Röntgenstrahlen oder Teilchenstrahlen.

[0012] Soweit nicht anders angegeben, wie aus den folgenden Diskussionen ersichtlich wird, wird es anerkannt, dass die in der Beschreibung durchwegs

verwendeten Begriffe, wie z.B. „Verarbeiten“, „Computing“, „Berechnung“, „Bestimmung“, „Verbesserung“, „Ableitung“ oder dergleichen sich auf die Aktion und/oder Prozesse eines Computers oder Rechensystems oder einer ähnlichen elektronischen Rechenvorrichtung beziehen, womit Daten manipuliert und/oder transformiert werden. Die Daten sind physikalische Größen, wie zum Beispiel elektronische Größen, Größen innerhalb von Registern von Computersystem und/oder Speichern, die in andere Daten, welche auf ähnliche Weise als physikalische Größen innerhalb der Speicher, Register oder anderer solcher Informationsspeicher des Computersystems für Übertragungs- oder Anzeigevorrichtungen manipuliert und/oder transformiert werden.

[0013] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung stellen effiziente und wirtschaftliche Verfahren und Mechanismen für die Optimierung eines Metrologierezepts bereit, das auf der Zonenanalyse des Wafers basiert und somit Verbesserungen für den technologischen Bereich der Metrologie bereitstellt. Die Zonenanalyse kann bei der Rezeptwahl und/oder während der Herstellung verwendet werden, und kann auch als Schutzsystem zur Erfassung, Überwachung und Korrektur von Prozessvariation und Prozessabweichung implementiert werden - wie hier nachstehend offenbart.

[0014] Metrologiemethoden und Metrologiemodule sind vorgesehen, die die Durchführung von einer Setupprozedur oder von Setupprozeduren für den Rezepturaufbau und/oder einer Metrologiemessung oder Metrologiemessungen unter Verwendung der Zonenanalyse in Bezug auf entsprechende Setupparameter und/oder einer Metrologiemetrik oder Metrologiemetriken umfassen. Die Zonenanalyse umfasst die Zuordnung von flächendeckend variablen Werten des Setupparameters oder der Setupparameter und/oder der Metrologiemetrik oder Metrologiemetriken über einen oder mehr Wafer in einem Los oder mehreren Losen. Die Zonen des Wafers können räumlich diskret oder kontinuierlich sein und werden zur Gewichtung eines Parameters oder mehrerer Parameter und/oder einer Metrik während einer der Stufen des Rezeptsetups und des Messverfahrens verwendet.

[0015] **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung eines Metrologiewerkzeugs 80, das ein Metrologiemodul 100 aufweist und konfiguriert ist, um eine Zonenanalyse 200 in Bezug auf verschiedene Zonen 70 auf dem Wafer 60 oder den Wafers 60 während jedes einer Vielzahl von Rezeptsetups und/oder Messschritten durchzuführen, wie dies im Folgenden, gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung offenbart ist.

[0016] **Fig. 1** zeigt schematisch verschiedene Arten von Zonen 70, wie beispielsweise eine zentrale Zone

70A, eine Randzone 70B, eine dazwischenliegende und möglicherweise teilweise konvexe Zone 70C, miteinander verbundene Unterzonen (Cluster) 70D usw., von denen jede identifiziert und in der Zonenanalyse 200 verwendet werden kann, wie unten offenbart ist. Die Zonen 70 können als eine Anzahl von DIES 65 und/oder als kontinuierliche oder halb-kontinuierliche Bereiche auf dem Wafer 60 definiert werden.

[0017] Das Metrologiemodul 100 kann konfiguriert sein, um eine Zonenanalyse 200 während verschiedener Stadien des Rezeptsetups 110 zu implementieren, wie beispielsweise jede von einer Datensammelphase 120, einer anfänglichen Auswahlphase 130, einer detaillierten Abtastphase 140 und einer Ranking-Phase 150 in Bezug auf einen oder mehrere Parameter 112. Wie nachfolgend ausführlich erläutert wird, kann das Metrologiemodul 100 auch konfiguriert sein, um die Zonenanalyse 200 während verschiedener Stadien der Umsetzung der Metrologiemessungen 210 und mit Bezug auf die Metrik und/oder dem Parameter oder den Parametern 220 der Messungen und/oder in Bezug auf mehrere Wafer 230, Lose und Chargen, wie unten beschrieben, durchzuführen.

[0018] Gegenwärtige Optimierungsmethoden 91 für Rezepte basieren auf der vollständigen Waferanalyse mit verschiedenen Abtastverfahren. Die Optimierung kann unter Verwendung mehrerer Parameter oder Metriken durchgeführt werden, die das Metrologiewerkzeug, wie beispielsweise Overlay, Residuen, Qualitätsmatrizen und anderer, bereitstellt. Figure 2 ist ein schematisches Beispiel für ein Flussdiagramm 91 der Rezeptoptimierung gemäß dem Stand der Technik. In Phase 1 werden die Daten für alle möglichen Konfigurationen bei einem reduzierten Probenaufnahmeplan gesammelt (Stufe 92) und die Filterung der Setups wird auf Basis der grundlegenden Parameter durchgeführt (Stufe 93), wie z.B. die Empfindlichkeit und der grundlegenden Messqualität. In Phase 2 werden Daten für die gefilterten Setups unter Verwendung eines breiteren Sampling gesammelt (Stufe 94) und in Phase 3 wird die Optimierung der Rezeptur auf Basis zusätzlicher Parameter ($P_1 \dots P_n$) des Metrologiewerkzeugs, wie z.B. des Overlays, der Residuen, der Leistungsparameter des Werkzeugs, der Qualitätsmatrizen usw. durchgeführt, wobei die Setups entsprechend diesen Parametern klassifiziert 95A werden. Schließlich wird in Phase 4 die Klassifizierung der verschiedenen Konfigurationen 95B auf Basis der Ergebnisse im Hinblick auf die einem jeden der Parameter ($P_1 \dots P_n$) zugeordnete Gewichtung der Phase 3 berechnet. In den Phasen 3 und 4 wird die Analyse in Abhängigkeit von dem gemessenen Sampling auf dem gesamten Wafer durchgeführt, ohne dass dabei der Beitrag der verschiedenen Zonen des Wafers und die unterschiedlichen Weisen, wie diese durch den Lithogra-

phie-Prozess betroffen sind, zu berücksichtigen. So sind zum Beispiel die Ränder des Wafers sehr viel empfindlicher auf Ausrichtungsfehler als die Mitte des Wafers, aber da die Optimierung über den gesamten Wafer durchgeführt wird, ohne dabei die Unterschiede zwischen den Rändern des Wafers und der Mitte des Wafers zu berücksichtigen, kann es der Optimierung des Rezepts des Standes der Technik in Bezug auf Genauigkeit und Anwendbarkeit mangeln.

[0019] Die beschriebenen Metrologiemodule 100 und Metrologieverfahren 200 sind derart konfiguriert, um die Beschränkungen des Standes der Technik zu überwinden und die variierende Empfindlichkeit der Zonen des Wafers aufgrund des lithographischen Prozesses unter Verwendung der Zonenanalyse 200 als Teil des Optimierungsprozesses 110 zu handhaben. Als nicht beschränkende Beispiele kann die Zonenanalyse 200 in jeder der Stufen 120 (Datenerfassung), 130 (Vorselektion), 140 (detailliertes Sampling) und/oder des Rankings der Phasen 150a, 150b angewendet werden.

[0020] Fig. 3 ist eine schematische Darstellung der Anwendung der Zonenanalyse 200 während des Rezeptsetups 110 gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. In dem dargestellten, nicht beschränkenden Beispiel ist die Zonenanalyse 200 für die Phase 3 implementiert, und, wie dargestellt, kann sie auch optional für die Phasen 1, 2 und/oder 4 implementiert werden. Die Stufen 92, 93, 94 und 95B des Standes der Technik können in Kombination mit der offenbarten Klassifizierung 150 A angewandt werden, in der die Zonenanalyse 200 durchgeführt wird. In einem nicht beschränkenden Beispiel kann die Zonenanalyse 200 während der Phase 3 des Optimierungsverlaufs des Rezepts 110 durch die Ausführung des Setups der Klassifizierung pro Werkzeugparameter 150 A implementiert werden, nachdem verschiedene Zonen 70 des Wafers bei der Klassifizierung in Bezug auf jeden Parameter ($P_1 \dots P_n$) berücksichtigt wurden. Die Zonenanalyse 200 kann in Bezug auf verschiedene Zonen 70 des Wafers auf einem oder mehreren Wafern 60, wie beispielsweise mehrere Wafer 60 pro Los oder mehrere Wafer 60 in mehrere Losen, implementiert werden. Die Zonenanalyse 200 kann in jeder der anderen Stufen des Rezeptsetups, wie jeder der Datenerfassungsphase 120, der anfänglichen Auswahlphase 130, der detaillierten Samplingphase 140, der Klassifizierungsphase 150B und mit Bezug auf einen oder mehrere Parameter und/oder eine Metrik implementiert werden.

[0021] Fig. 4 ist ein schematisches Beispiel zur Bestimmung von Zonen 70 von Wafern gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Die Einteilung der Wafer 60 in Zonen 70 kann unter Verwendung verschiedener Überlegungen und Parameter

ausgeführt werden, die abgeleitet werden, wie z.B. durch die Analyse von verschiedenen Werkzeugparametern, wie Overlay, Residuen, Qualitätsmatrizen usw. In bestimmten Ausführungsformen können unterschiedliche Zonen 70 in Bezug auf verschiedene Parameter verwendet werden. **Fig. 4** zeigt schematisch die Zoneneinteilung entsprechend des Residuums als Optimierungsparameter des Werkzeugs, und der Wafer 60 ist entsprechend der Werkzeugparameter in drei Zonen unterteilt. Beispielsweise können die Zonen 70 irgendeine von: eindeutigen konzentrischen Zonen, konzentrische Ringe, die sich teilweise überlappen können, konzentrische Kreise, die sich umschließen und sich einander einschließen und/oder Kombinationen davon, umfassen, die derart konfiguriert sein können, um zumindest ein Waferzentrum 70A von dem Wafferrand 70B zu unterscheiden (siehe ebenfalls **Fig. 1**).

[0022] **Fig. 5** ist eine schematische Darstellung der Anwendung der Zonenanalyse 200 während des Rezeptsetups 110 gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. In dem dargestellten, nicht beschränkenden Beispiel ist die Zonenanalyse 200 für die Phasen 3 und 4 implementiert, und als optionale Implementierung für die Phasen 1 und/oder 2 veranschaulicht. Die Stufen 92, 93 und 94 des Standes der Technik können in Kombination mit den offenbarten Klassifizierungen 150 A, 150B angewendet werden, bei welchen die Zonenanalyse 200 durchgeführt wird. In einem nicht einschränkenden Beispiel kann die Zonenanalyse 200 während der Phasen 3 und 4 des Ablaufs 110 der Rezeptoptimierung implementiert werden, durch ein Ausführen einer Klassifizierung des Setups für jeden Werkzeugparameter 150A nach der Berücksichtigung verschiedener Zonen 70 der Wafer in der Klassifizierung unter Berücksichtigung eines jeden Parameters ($P_1 \dots P_n$) sowie der gewichtete Rang des Setups 150B, der unter Berücksichtigung von verschiedenen Zonen 70 des Wafers in Bezug auf die verschiedenen Parameter ($P_1 \dots P_n$) durchgeführt werden kann. Die Klassifizierungen 150a, 150b können z.B. jeweils, je Werkzeugparameter oder Werkzeugparametern und/oder pro Kombinationen verschiedener Werkzeugparameter und verschiedener Zonen durchgeführt werden. Die Zonenanalyse 200 kann in Bezug auf verschiedene Zonen 70 des Wafers auf einem oder mehreren Wafers 60, wie beispielsweise mehrere Wafer 60 pro Los oder mehrere Wafer 60 in mehreren Losen durchgeführt werden. Die Zonenanalyse 200 kann in jeder der anderen Stufen des Rezeptsetups, wie z.B. in jeder der Datenerfassungsphase 120, einer anfänglichen Auswahlphase 130, einer detaillierten Samplingphase 140 und in Bezug auf einen oder mehrere Parameter und/oder die Metrik implementiert werden.

[0023] In Rückblick auf **Fig. 1** umfassen bestimmte Ausführungsformen die Implementierung der Zonenanalyse 200 während der Produktion (bei Metrologiemessungen 210), und zwar nicht nur für die Rezepturauswahl 110. Die Werkzeugparameter können parallel zum Produktionsfluss gesammelt werden und die Zonenanalyse 200 kann in Bezug auf verschiedene Metriken und Parameter implementiert werden zur Optimierung der Metrologiemessungen 210 und/oder als Schutzsystem zur Erfassung, Überwachung und Korrektur für Prozessvariation und Prozessabweichung, welches in vorteilhafter Weise Prozessvariationen und Abweichungen früher und weitaus genauer erkennt als die bekannten Methoden des Standes.

[0024] Verschiedene Ausführungsformen umfassen, wie hierin beschrieben, die Implementierung der Zonenanalyse 200 in eigenständigen und integrierten Metrologiewerkzeugen 80, die abbildende und/oder scatterometrische Metrologie-Methodiken, oder jede andere Metrologie-Technologie anwenden.

[0025] Vorteilhafterweise werden in Bezug auf Ansätze des Standes der Technik, wie in dem US-Patent US 7 570 796 B2 beschrieben ist, Teile von Konstruktionsdaten in benachbarten Positionen mit Defekten im Designraum verglichen, und es wird festgestellt, ob die Entwurfsdaten in den Abschnitten zumindest ähnlich zu denen sind, die auf den Ergebnissen des Vergleichsschritts basieren. Aktuelle Ausführungsformen optimieren den Rezeptsetup auf Basis einer weitaus umfassenderen Zonenanalyse.

[0026] **Fig. 6** ist eine schematische Darstellung des Metrologiewerkzeugs 80 mit einem Metrologiemodul 100, das konfiguriert ist, um gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung mit einem abstimmbaren Spektrum zu arbeiten. Das Metrologiewerkzeug 80 kann einen Beleuchtungsarm 82 bereitstellen, der eine Beleuchtungsstrahlung 82A bereitstellt, die hinsichtlich ihrer Wellenlänge abstimmbar (abstimmbares Beleuchtungsspektrum) sein kann. Das Metrologiewerkzeug 80 umfasst ferner einen Messarm 84, der Strahlung 84A (beispielsweise Bildsignale in der Fokalebene des Abbildungswerkzeugs 80 und/oder Beugungssignale von der Pupillenebene des Scatterometrierwerkzeugs 80) empfängt und Signale an das Metrologiemodul 100 für die Analyse liefert. Das Metrologiemodul 100 kann die Zonenanalyse 200, wie hier offenbart, implementieren, so dass diese nach Zonen 70 und/oder zumindest teilweise räumlich kontinuierlichen (schematisch angedeutet durch Pfeile 70D) Zonen über Zonen 70 und/oder Wafers 60 angewendet wird.

[0027] Im Metrologiewerkzeug 80, mit dem abstimmbaren Spektrum im Beleuchtungsarm 82, kann die Differenz zwischen den Messbedingungen

der verschiedenen Zonen infinitesimal sein. Die Abhängigkeit der optimalen Parameter des Spektrums (wie z.B. Wellenlänge, Bandbreite, Leistung) kann als eine kontinuierliche Funktion (schematisch dargestellt durch Pfeile 70D) der Waferposition und/oder Feldposition bestimmt werden. In bestimmten Ausführungsformen können die Messbedingungen an unterschiedlichen Positionen, möglicherweise flächendeckend in mindestens einer der Zonen 70, kontinuierlich optimiert werden.

[0028] In bestimmten Ausführungsformen können ein oder mehrere prozessbedingte Parameter, die eine bekannte Korrelation oder Korrelationen bezüglich der optimalen Messbedingungen aufweisen, gemessen werden, wie zum Beispiel - Schicht- oder Elementdicke, kritische Dimension (CD) und/oder des Phasenunterschied des Lichts. Der gemessene bzw. die gemessenen Parameter können direkt gemessen und/oder von einem anderen Inspektionswerkzeug oder Überwachungsmessungen abgeleitet (wie z.B. elektrische Tests, Analyse der Ausbeute) werden. Die Zonenanalyse 200 kann möglicherweise zumindest teilweise flächendeckend kontinuierlich in Bezug auf einen oder mehrere prozessrelevante Parameter durchgeführt werden.

[0029] Fig. 7 ist ein schematisches Beispiel für die flächendeckend kontinuierliche Zonenanalyse 200 von Wafern gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Fig. 7 zeigt Messungen, bei denen ein kontinuierliches Verhalten des gültigen Parameters des Wellenlängenbereichs aufgetragen ist, wobei die minimalen und maximalen Wellenlängen in Bezug auf die Waferposition auf dem linken bzw. dem rechten Diagramm aufgetragen sind, um die Grenzen des gültigen Wellenlängenbereichs über den Wafer anzugeben. Die minimalen und maximalen Wellenlängen werden mit Bezug auf Referenzwerte wie $\lambda_{\min}$ bzw. $\lambda_{\max}$ angegeben und zeigen somit den Wellenlängenbereich für jede Stelle auf dem Wafer an. Die Mitte des gültigen Bereichs kann als die optimale Wellenlänge verwendet werden und kann als eine Funktion der Waferposition in einer flächendeckend kontinuierlichen Weise berechnet werden. In dem dargestellten, nicht einschränkenden Beispiel, wird der Wellenlängenbereich mit der Schichtdicke korreliert, wie z.B. einer Schicht aus Photoresist oder der Hartmaske, und kann unter Verwendung von Messungen an Schichten, die auf einem anderen Metrologie- / Prozesswerkzeug durchgeführt wurden, berechnet werden.

[0030] Vorteilhafterweise kann die Zonenanalyse 200 pro Wafer und/oder für eine Vielzahl von Wafern für jede von: der Verbesserung der Rezeptauswahl, der Optimierung des Metrologierezepts während der Produktion, der Modellierung der optimalen Messbedingung als Funktion des Wafer und/oder Feldposition und/oder Vorwärtskopplung der Prozessparame-

ter an das Metrologiewerkzeug durchgeführt werden, um die Zonenanalyse zu erzeugen, und ebenfalls als Schutzsystem für Prozessvariationen oder Prozessabweichungen zu implementieren.

[0031] Fig. 8 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens 300 gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung. Die Verfahrensschritte können mit Bezug auf das oben beschriebene Metrologiemodul 100 und die Zonenanalyse 200 durchgeführt werden, die gegebenenfalls zur Implementierung des Verfahrens 300 konfiguriert werden können. Das Verfahren 300 kann zumindest teilweise durch mindestens einen Computer-Prozessor, wie beispielsweise in einem Metrologiemodul, implementiert sein. Bestimmte Ausführungsformen umfassen Computerprogrammprodukte mit einem computerlesbaren Speichermedium, das ein damit verkörpertes, computerlesbares Programm aufweist, das die entsprechenden Schritte des Verfahrens 300 ausführen kann. Das Verfahren 300 kann, unabhängig von der Reihenfolge, die folgenden Schritte aufweisen.

[0032] Das Verfahren 300 kann die Analyse flächendeckender, variabler Werte des Setupparameters oder der Setupparameter und/oder die Metrologiemetrik oder die Metrologiemetriken über einen oder mehr Wafer umfassen, um die Zonenanalyse bereitzustellen (Schritt 310) und gegebenenfalls die Zonenanalyse bezüglich der mehreren Wafer und/oder Lose (Schritt 315) bereitzustellen. Die oben beschriebene Zonenanalyse 200 kann zumindest einen Teil des Analysierens 310 und/oder zumindest einen Teil des Verfahrens 300 übernehmen.

[0033] Das Verfahren 300 kann ferner das Durchführen einer oder mehrerer Prozeduren des/der Rezeptsetups umfassen, das die Zonenanalyse in Bezug auf mindestens einen Setupparameter (Schritt 320) verwendet, wobei die Zonenanalyse flächendeckend variable Werte des mindestens einen Setupparameters über mindestens einen Wafer umfasst. Der Setupparameter kann oder die Setupparameter können beispielsweise Empfindlichkeit, Indikatoren für die Genauigkeit, Indikatoren für die Qualität des Ziels (Target), Indikatoren für die Arbeitsleistung (wie z.B. Präzision, TIS, Anpassung, Signalqualität, etc.), Indikatoren für den Prozess (wie z.B. Dickenschwankungen, SWA, CD, etc.) und so weiter, umfassen.

[0034] Das Verfahren 300 kann die Anwendung der Zonenanalyse während einer Klassifizierungsphase der Prozedur des Rezeptsetups (Schritt 322) und/oder während einer Sammelphase für Daten und/oder während einer detaillierten Samplingphase der Prozedur des Rezeptsetups (Schritt 324) umfassen.

[0035] In bestimmten Ausführungsformen kann das Verfahren 300 die Verwendung verschiedener analy-

sierter Zonen des Wafers für unterschiedliche Parameter und/oder Metriken (Schritt 330) umfassen, beispielsweise der mindestens eine Setupparameter kann eine Vielzahl von Setupparametern umfassen, und die Zonenanalyse kann verschiedene Zonen des Wafers in Bezug auf verschiedene Parameter umfassen.

[0036] In bestimmten Ausführungsformen kann das Verfahren 300 die Durchführung von Metrologiemessungen unter Verwendung der Zonenanalyse in Bezug auf mindestens eine Metrologiemetrik umfassen (siehe Schritt 310). Die mindestens eine Metrologiemetrik kann eine Vielzahl von Metrologiemetriken umfassen, und die Zonenanalyse kann verschiedene Zonen des Wafers in Bezug auf verschiedene Metriken umfassen (siehe Schritt 330). Die Metrologiemetrik oder Metrologiemetriken können beispielsweise Overlay, Residuen, Leistungsparameter des Werkzeugs und Qualitätsmatrizen umfassen.

[0037] In bestimmten Ausführungsformen kann die Zonenanalyse mit Bezug auf konzentrische Zonen durchgeführt werden, die derart ausgelegt sind, dass mindestens ein Waferzentrum von den Waferrändern unterschieden wird. Entsprechend kann das Verfahren 300 die Verwendung von konzentrischen Zonen des Wafers umfassen, um Werte des Parameters oder der Parameter und/oder die Metrik oder Metriken in der Waferzentrum von den Werten an den Waferrändern (Schritt 340) zu unterscheiden.

[0038] In bestimmten Ausführungsformen kann die Zonenanalyse in einer flächendeckenden, kontinuierlichen Weise durchgeführt werden. Entsprechend kann das Verfahren 300 die flächendeckende, kontinuierliche Durchführung der Zonenanalyse über zumindest einen Teil des Wafers (Stufe 350) umfassen. Zum Beispiel kann die Zonenanalyse bezüglich eines abstimmbaren Beleuchtungsspektrums durchgeführt werden (und der zumindest eine Einstellungsparameter umfasst eine Beleuchtungswellenlänge). Entsprechend kann das Verfahren 300 die flächendeckende, kontinuierliche Zonenanalyse bezüglich spektraler Parameter bei metrologischer Anwendung mit durchstimmbarem Spektrum (Schritt 355) umfassen.

[0039] Die Aspekte der vorliegenden Erfindung sind oben unter Bezugnahme auf Flussdiagrammdarstellungen und/oder auf einen Teil von Diagrammen von Verfahren, Vorrichtungen (Systemen) und Computerprogrammprodukten gemäß Ausführungsformen der Erfindung beschrieben worden. Es versteht sich, dass jeder Teil der Flussdiagrammdarstellungen und/oder Teildiagramme und Kombinationen von Teilen der Flussdiagrammdarstellungen und/oder Teildiagrammen durch die Computerprogrammanweisungen implementiert werden können. Diese

Computerprogrammanweisungen können einem Prozessor eines Universalcomputers, eines Spezialcomputers oder einer anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung zur Verfügung gestellt werden, um eine derartige Maschine bereitzustellen, so dass die Anweisungen, die mittels des Prozessors des Computers oder der anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung ausgeführt werden, Mittel für die Implementierung der in dem Flussdiagramm und/oder Teildiagrammen oder Teilen davon Funktionen oder Handlungen erzeugen.

[0040] Diese Computerprogrammbefehle können auch in einem computerlesbaren Medium gespeichert werden, das einen Computer, eine andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung oder andere Vorrichtungen anweisen kann, in einer bestimmten Weise zu funktionieren, so dass die in dem computerlesbaren Medium gespeicherten Anweisungen einen Herstellungsartikel produzieren, der Anweisungen umfasst, die die angegebenen Funktionen oder Aktionen in dem Flussdiagramm und/oder Teildiagramm oder Teilen davon implementiert.

[0041] Die Computerprogrammanweisungen können auch auf einen Computer, eine andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung oder andere Vorrichtungen, die eine Reihe von Betriebschritten auf dem Computer ausführen, eine andere programmierbare Vorrichtung oder andere Vorrichtungen zur Erzeugung eines computerimplementierten Prozess geladen werden, so dass die Anweisungen auf dem Computer oder einer anderen programmierbaren Vorrichtung einen Prozess zur Implementierung der Funktionen oder Handlungen, die in dem Ablaufdiagramm und/oder Teilediagramm oder Teilen davon spezifiziert sind, bereitstellen.

[0042] Das zuvor erwähnte Flussdiagramm und die Diagramme veranschaulichen die Architektur, Funktionalität und den Betrieb möglicher Implementierungen von Systemen, Verfahren und Computerprogrammprodukten gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. In dieser Hinsicht kann jeder Abschnitt in dem Flussdiagramm oder Teil von Diagrammen ein Modul, ein Segment oder einen Codeabschnitt darstellen, der zum Implementieren der spezifizierten logischen Funktion oder Funktionen eine oder mehrere ausführbare Anweisungen umfasst. Es sollte auch angemerkt werden, dass in einigen alternativen Implementierungen, die in dem Abschnitt angegebenen Funktionen in einer anderen Reihenfolge als in den Figuren angegeben, ausgeführt werden können. Zum Beispiel können in der Tat zwei aufeinanderfolgend dargestellte Abschnitte im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden, oder die Teile können manchmal in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt

werden, was von der betreffenden Funktionalität abhängig ist. Es wird ebenfalls angemerkt, dass jeder Abschnitt der Teile von Diagrammen und/oder der Darstellung des Flussdiagramms, und Kombinationen von Abschnitten der Teile von Diagrammen und/oder der Darstellung des Flussdiagramms, durch ein für spezielle Aufgaben geeignetes Hardwaresystem, das vorgegebene Funktionen oder Handlungen ausführen kann, oder durch Kombinationen von für spezielle Aufgaben geeigneter Hardware und Computeranweisungen implementiert sein kann.

[0043] In der obigen Beschreibung ist eine Ausführungsform ein Beispiel oder die Implementierung der Erfindung. Das verschiedene Auftreten von „eine gewisse Ausführungsform“, „eine Ausführungsform“, „bestimmte Ausführungsformen“ oder „einige Ausführungsformen“ bezieht sich nicht notwendigerweise auf dieselben Ausführungsformen. Obwohl verschiedene Merkmale der Erfindung auch im Zusammenhang mit einer einzigen Ausführungsform beschrieben werden können, können auch die Merkmale separat oder in jeder geeigneten Kombination vorgesehen sein. Im umgekehrten Fall, obwohl die Erfindung der Klarheit halber auch im Zusammenhang mit getrennten Ausführungsformen beschrieben werden kann, kann die Erfindung auch mit einer einzigen Ausführungsform implementiert werden. Bestimmte Ausführungsformen der Erfindung können, wie oben offenbart, Merkmale von verschiedenen Ausführungsformen beinhalten, und bestimmte Ausführungsformen können Elemente aus anderen, oben offenbarten, Ausführungsformen enthalten. Die Offenbarung der Elemente der Erfindung im Zusammenhang mit einer speziellen Ausführungsform wird nicht als Einschränkung ihrer Verwendung in der spezifischen Ausführungsform allein betrachtet. Darüber hinaus ist es selbstverständlich, dass die Erfindung auf verschiedene Weise ausgeführt oder praktiziert werden kann, und dass die Erfindung in bestimmten Ausführungsformen, andere als in der obigen Beschreibung umrissene, implementiert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren, umfassend ein Ausführen einer Setup-Prozedur für ein Rezept unter Verwendung einer Zonenanalyse in Bezug auf mindestens einen Setup-Parameter, wobei die Zonenanalyse flächendeckend über mindestens einen Wafer (60) variable Werte des mindestens einen Setup-Parameters umfasst, wobei die Zonenanalyse während einer Klassifizierungsphase der Setup-Prozedur des Rezepts angewendet wird, und wobei die Zonenanalyse bezüglich konzentrischer Zonen (70) durchgeführt wird, die zumindest derart konfiguriert sind, dass sie zumindest zwischen einer Wafermitte (70A) von einem Wafertrand (70B) unterscheiden; und Durchführen von Metrologiemessungen auf dem

Wafer (60) mit einem Metrologiewerkzeug (80) unter Verwendung der Zonenanalyse in Bezug auf mindestens eine Metrologie-Metrik.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zonenanalyse während einer Phase des Datensammelns und/oder während einer Phase des detaillierten Samplings der Setup-Prozedur des Rezepts verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine Setup-Parameter eine Vielzahl von Setup-Parametern umfasst, und wobei die Zonenanalyse verschiedene Zonen (70) des Wafers (60) in Bezug auf verschiedene Parameter umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine Setup-Parameter einen beliebigen von: Empfindlichkeit, mindestens einen Indikator für die Richtigkeit, mindestens einen Indikator für die Zielqualität, mindestens einen Indikator für den Durchsatz und mindestens einen Indikator für den Prozess umfasst.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine Metrologie-Metrik eine Vielzahl von Metrologie-Metriken umfasst, und wobei die Zonenanalyse verschiedene Zonen (70) auf dem Wafer (60) in Bezug auf unterschiedliche Metriken umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die mindestens eine Metrologie-Metrik eine beliebige von: Overlay, Residuen, Parameter der Werkzeugleistung und Qualitätsmatrizen umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine Metrologie-Metrik eine beliebige von: Overlay, Residuen, Parameter der Werkzeugleistung und Qualitätsmatrizen umfasst.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zonenanalyse in einer flächendeckenden, kontinuierlichen Weise durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Zonenanalyse bezüglich eines durchstimmbaren Beleuchtungsspektrums durchgeführt wird und der zumindest eine Einstellungsparameter eine Beleuchtungswellenlänge umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zonenanalyse bezüglich einer Vielzahl von Wafers (60) durchgeführt wird.

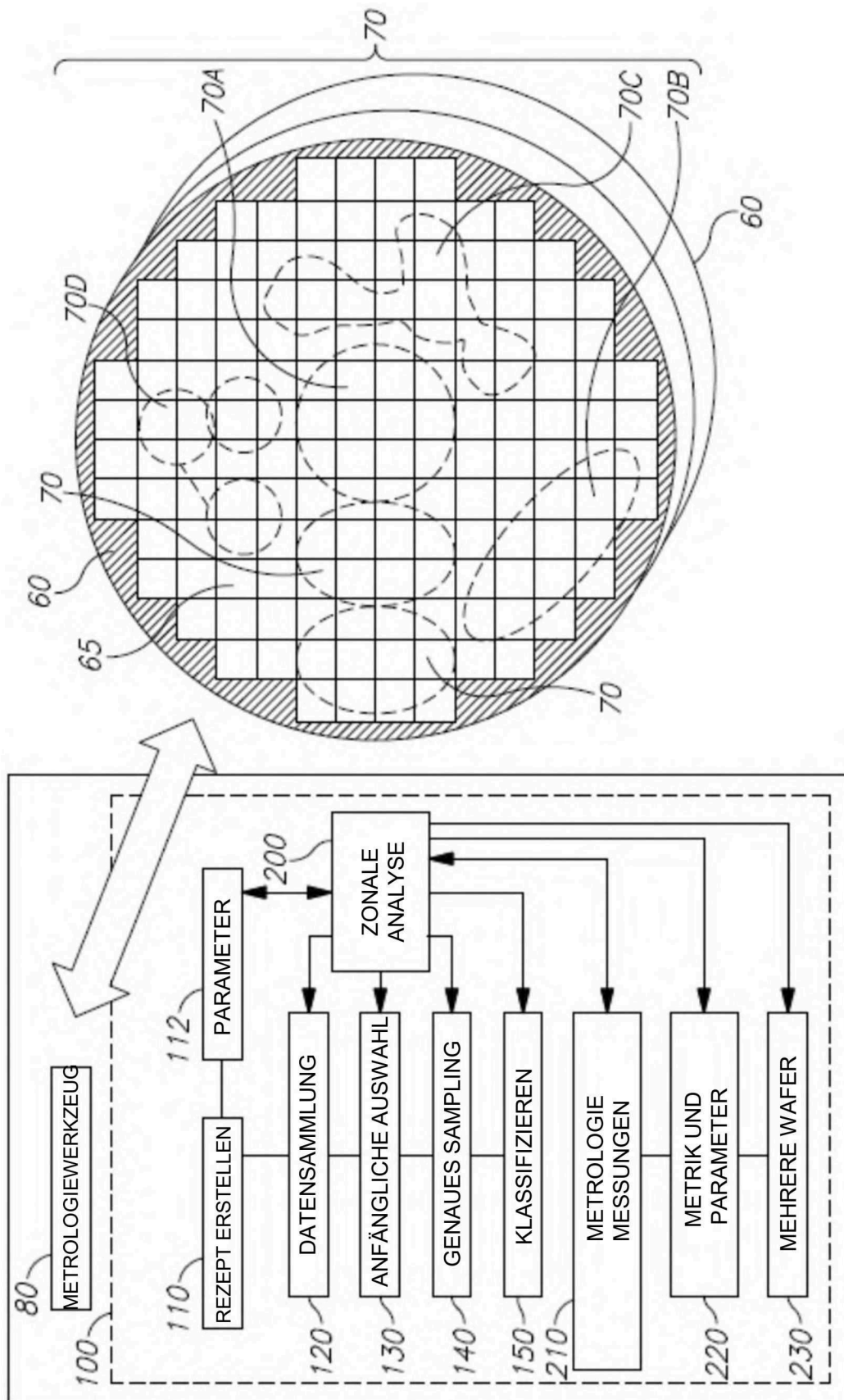
11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren zumindest teilweise durch mindestens einen Computerprozessor ausgeführt wird.

12. Ein Computerprogrammprodukt, umfassend ein nichtflüchtiges computerlesbares Speichermedium, mit dem ein computerlesbares Programm verkörpert ist, wobei das computerlesbare Programm derart konfiguriert ist, um das Verfahren nach Anspruch 1 auszuführen.

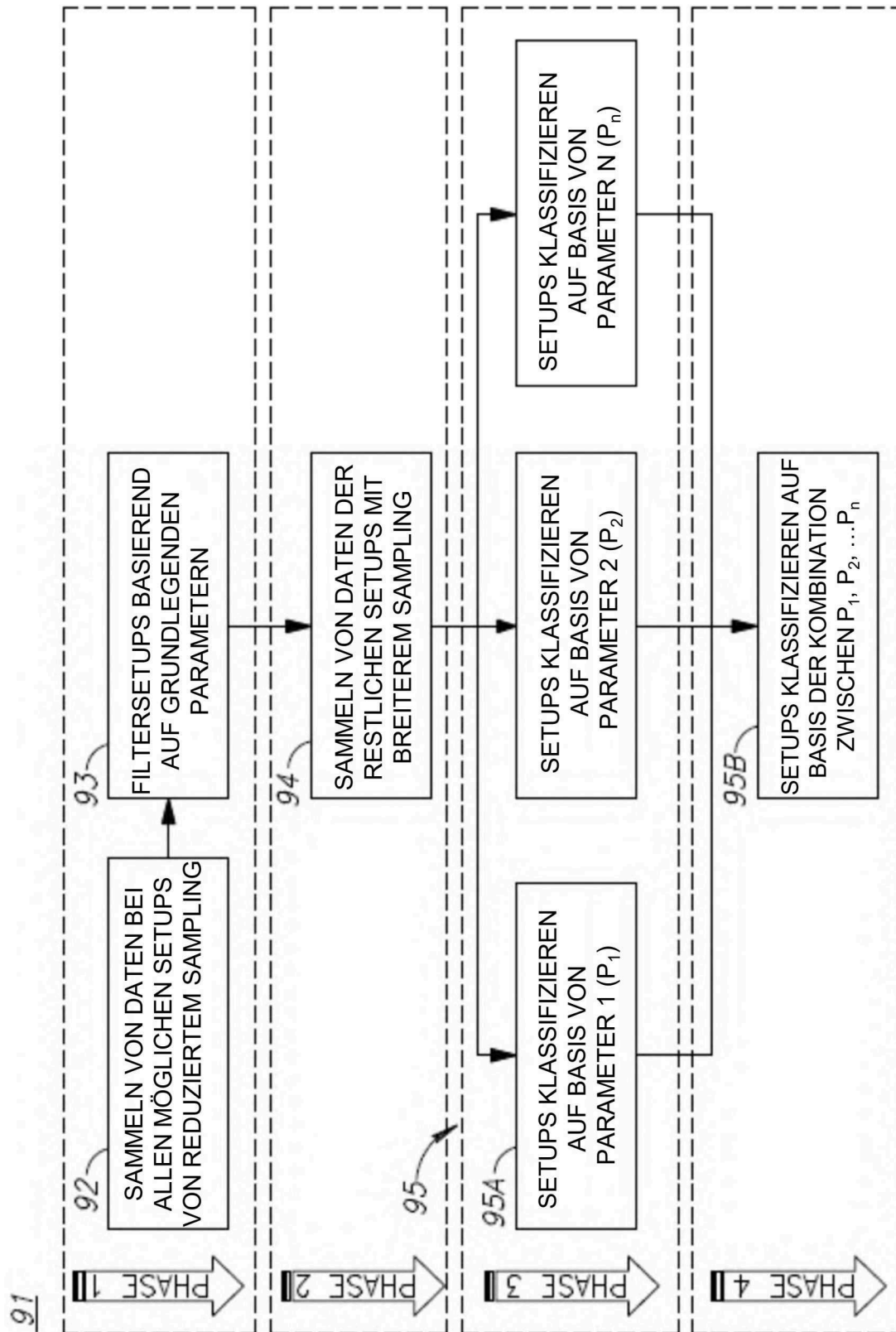
13. Ein Messmodul (100), das das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 12 umfasst.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

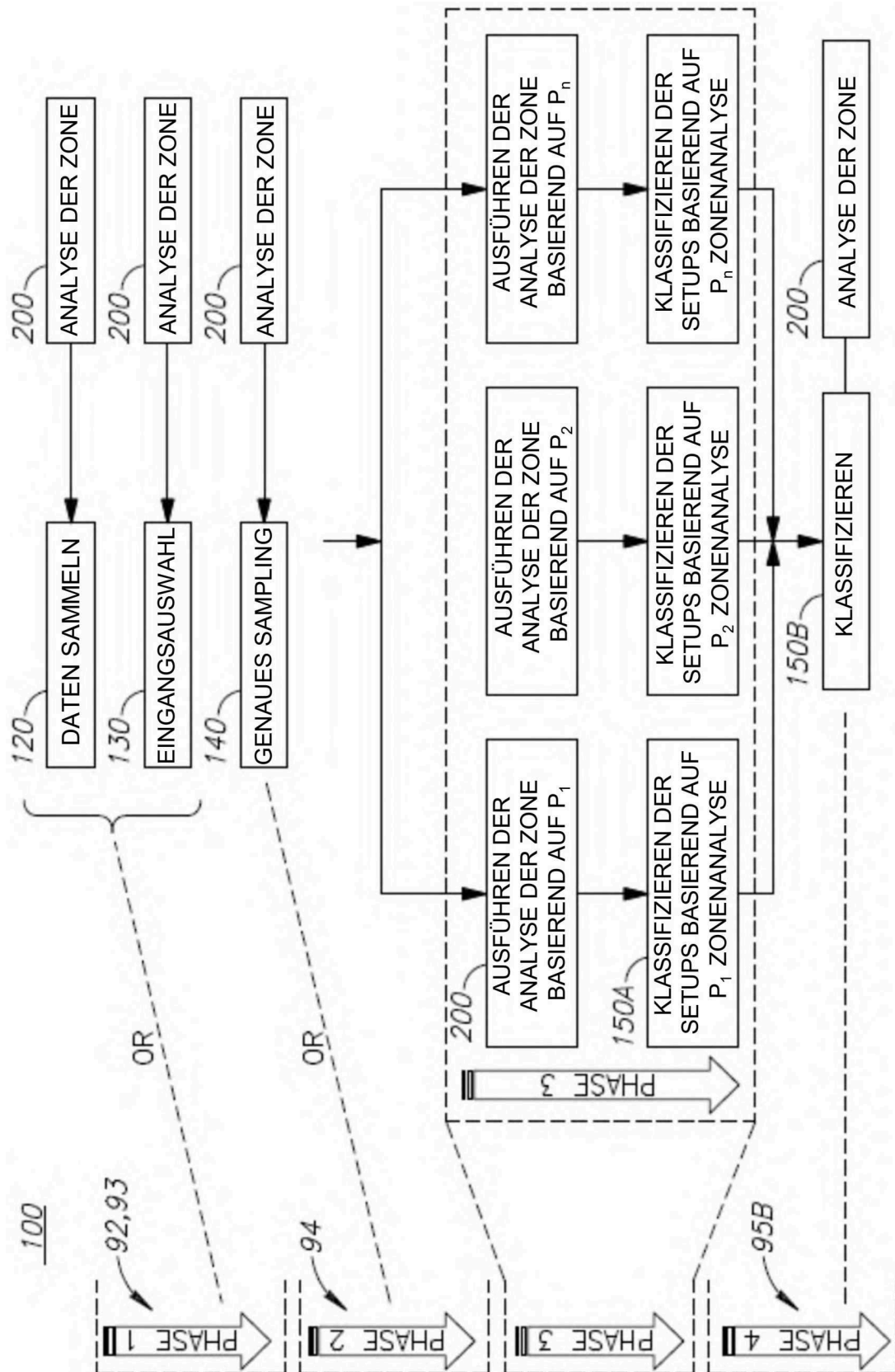
Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2
Stand der Technik



Figur 3

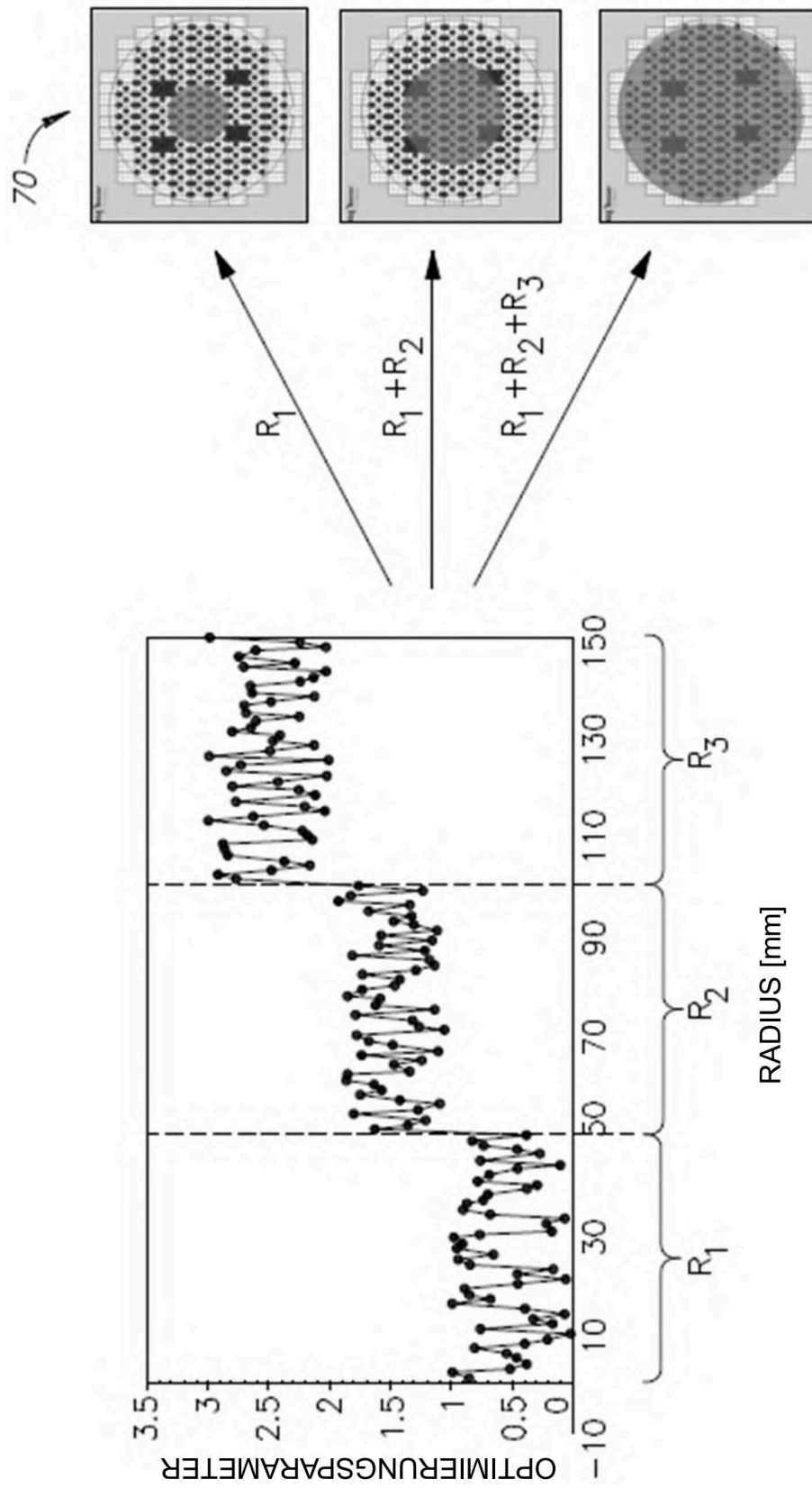
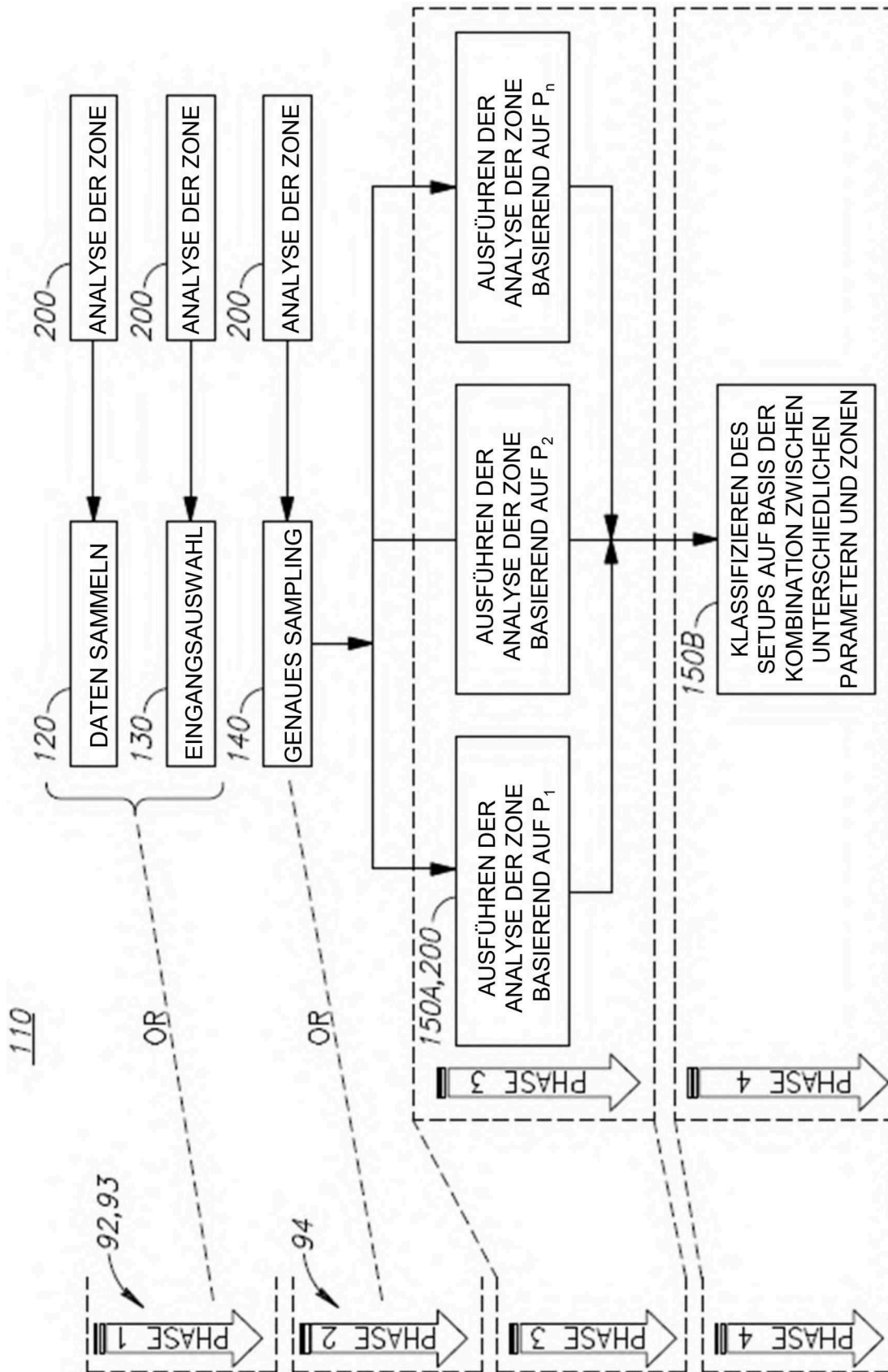
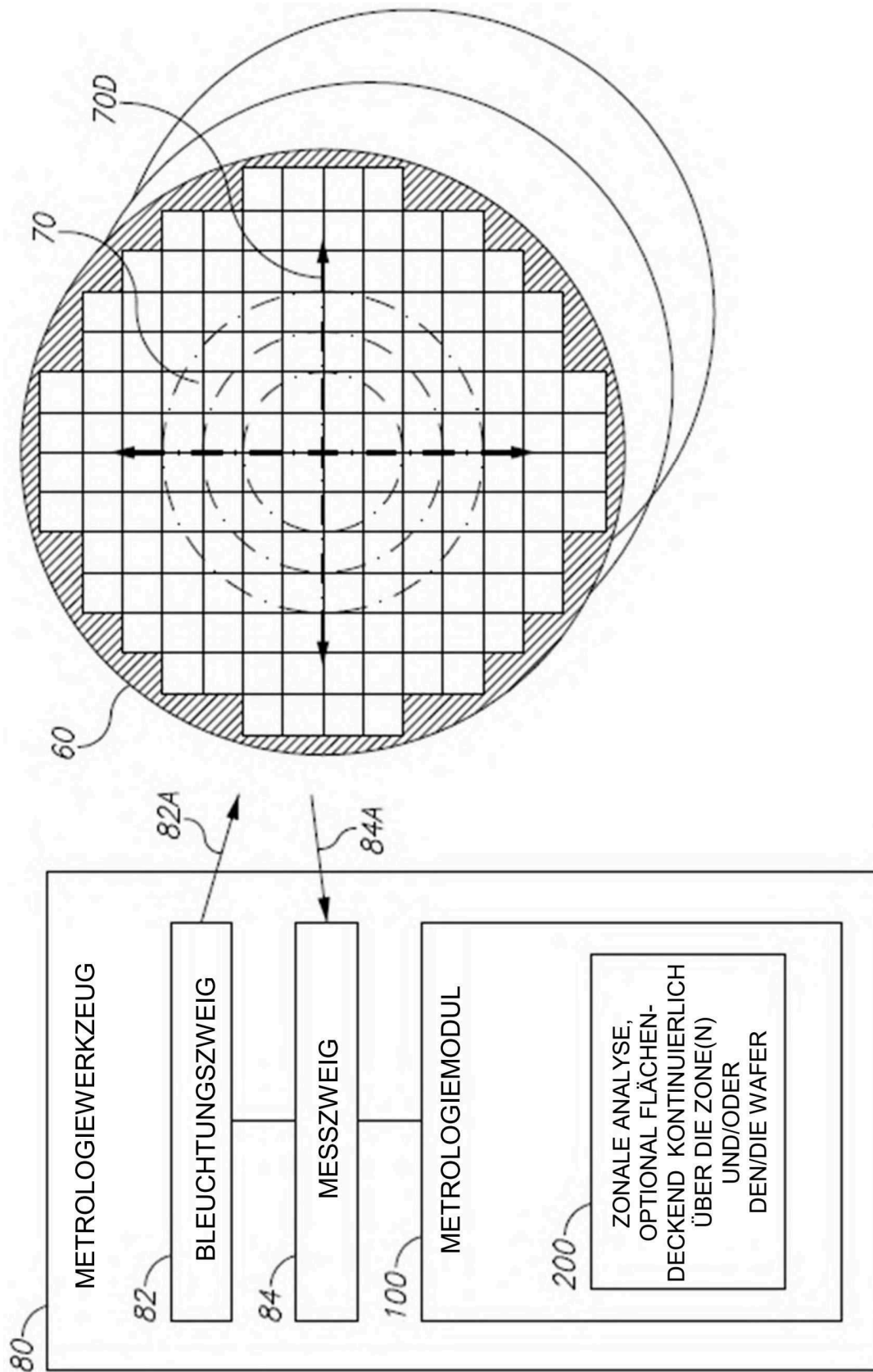


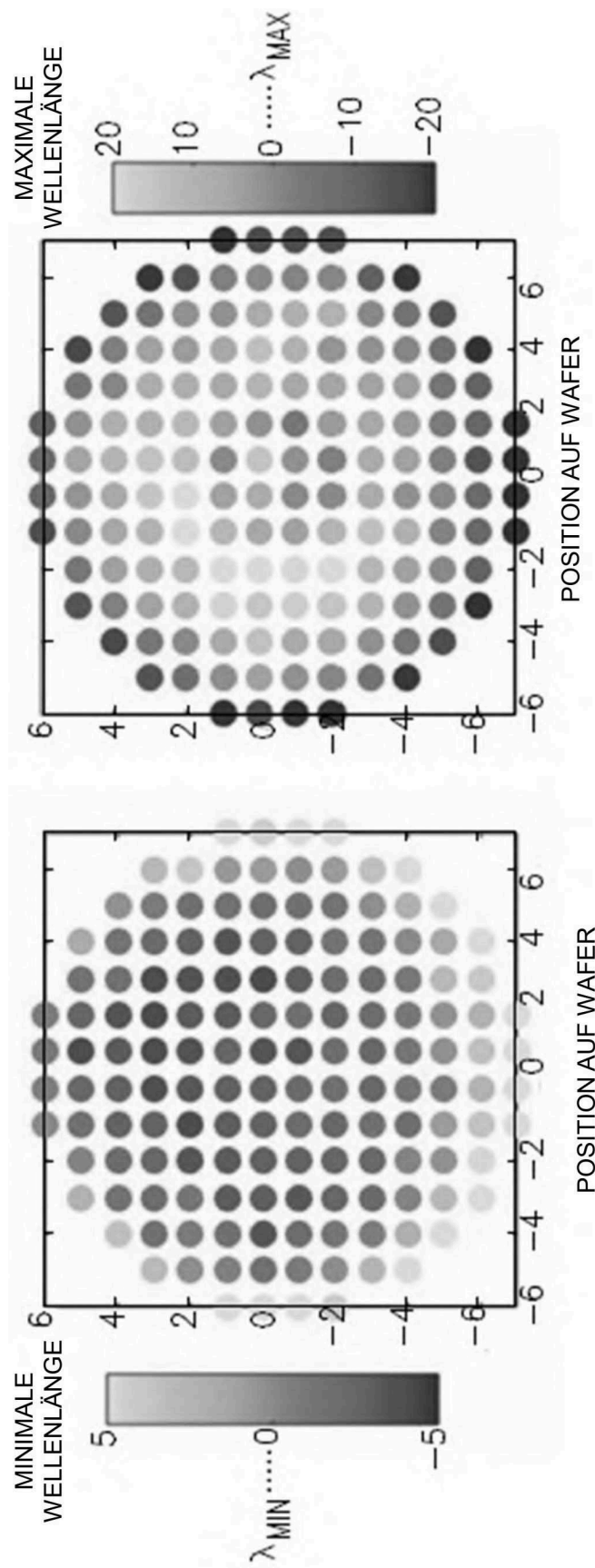
Figure 4



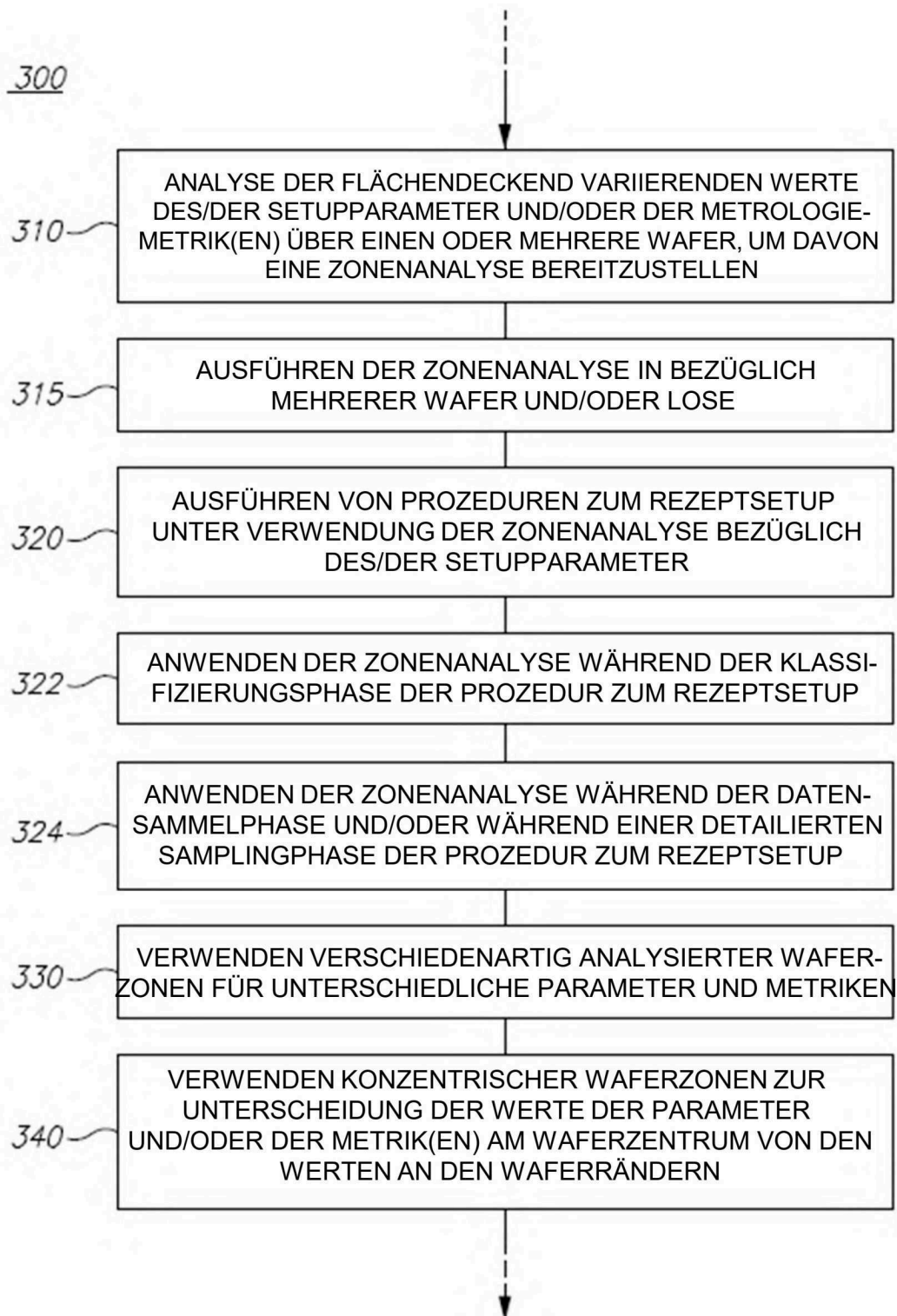
Figur 5

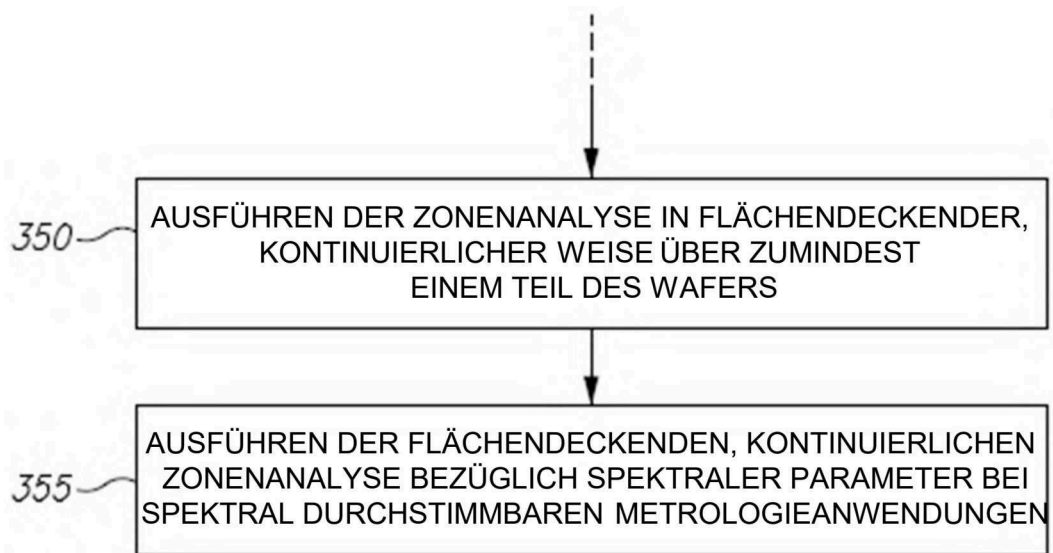


Figur 6



Figur 7

**Figur 8**



Figur 8 (Fortsetzung 1)