(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 97 564 B4** 2011.02.17

(12) # Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **102 97 564.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/20762**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/052517**
(86) PCT-Anmeldetag: **27.06.2002**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.06.2003**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **14.10.2004**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **17.02.2011**

(51) Int Cl.[8]: ***G03F 9/00*** (2006.01)

Innerhalb von drei 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:
10/022,488 **17.12.2001** **US**

(73) Patentinhaber:
Advanced Micro Devices, Inc., Sunnyvale, Calif., US

(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80802 München

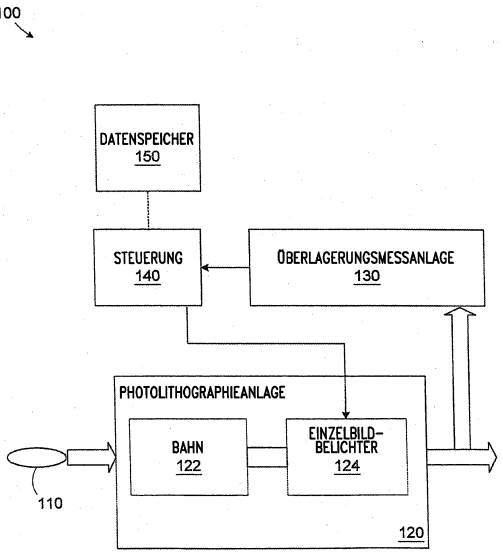
(72) Erfinder:
Bode, Christopher A., Austin, Tex., US; Pasadyn, Alexander J., Austin, Tex., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US	**63 09 809**	**B1**
US	**63 04 999**	**B1**
EP	**11 43 492**	**A1**
WO	**01/84 382**	**A1**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Steuern der Photolithographie-Überlagerungsjustierung mit vorwärtsgekoppelter Überlagerungsinformation**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Steuern eines Photolithographieprozesses, mit:
Bilden einer ersten strukturierten Schicht auf einer ausgewählten Scheibe (110);
Messen eines ersten Überlagerungsfehlers, der mit der ersten strukturierten Schicht verknüpft ist;
Bilden einer zweiten Schicht auf der ausgewählten Scheibe (110) über der ersten strukturierten Schicht; und
Bestimmen mindestens eines Parameters eines Prozessrezepts zum Ausführen eines Photolithographieprozesses an der zweiten Schicht der ausgewählten Scheibe (110) auf der Grundlage zumindest der ersten Überlagerungsfehlermessung.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Diese Erfindung betrifft im Allgemeinen das Gebiet der Halbleiterbauteilherstellung und betrifft insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern der Photolithographieüberlagerungsjustierung mit vorwärtsgekoppelter Überlagerungsinformation.

HINTERGRUND DER VORLIEGENDEN ERFINDUNG

[0002] Es gibt ein ständiges Bestreben in der Halbleiterindustrie, die Qualität, Zuverlässigkeit und den Durchsatz für integrierte Schaltungsbauelemente, beispielsweise Mikroprozessoren, Speicherbausteine und dergleichen zu erhöhen. Dieses Bestreben wird durch Forderungen der Verbraucher nach Computern und elektronischen Geräten mit höherer Qualität, die zuverlässiger arbeiten, noch weiter bestärkt. Dieses Erfordernis führte zu einer ständigen Verbesserung bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen, beispielsweise Transistoren, sowie bei der Herstellung integrierter Schaltungselemente mit derartigen Transistoren. Ferner wird durch die Reduzierung der Defekte bei der Herstellung der Komponenten eines typischen Transistors auch der Gesamtkostenaufwand pro Transistor sowie der Kostenaufwand für integrierte Schaltungsbauelemente mit derartigen Transistoren verringert.

[0003] Die Technologien, auf denen die Halbleiterprozessanlagen basieren, haben in den letzten Jahren große Aufmerksamkeit erfahren, woraus sich substanzielle Verbesserungen ergaben. Trotz der Fortschritte, die auf diesen Bereich erzielt wurden, unterliegen jedoch viele der Prozessanlagen, die gegenwärtig kommerziell erhältlich sind, gewissen Einschränkungen. Insbesondere fehlen derartigen Prozessanlagen häufig fortschrittliche Prozessdatenüberwachungsmöglichkeiten, etwa die Fähigkeit, angefallene bzw. historische Parameterdaten in einer anwenderfreundlichen Darstellung bereitzustellen, sowie eine Ereignisaufzeichnung, eine Echtzeitgraphikanzeige sowohl momentaner Prozessparameter als auch von Prozessparametern des gesamten Durchlaufs, und die Möglichkeiten einer Fernüberwachung, d. h. lokal am Ort und weltweit. Diese Beschränkungen können zu einer nicht optimalen Kontrolle kritischer Prozessparameter führen, etwa dem Durchsatz, der Genauigkeit, der Stabilität und Wiederholbarkeit, von Prozesstemperaturen, mechanischen Anlagenparametern und dergleichen. Diese Schwankungen zeigen sich als Fluktuationen innerhalb eines einzelnen Durchlaufs, als Fluktuationen von Durchlauf zu Durchlauf und als Fluktuationen von Anlage zu Anlage, die sich zu Abweichungen in der Produktqualität und dem Leistungsverhalten fortpflanzen können, wohingegen ein ideales Überwachungs- und Diagnosesystem für derartige Anlagen Mittel zur Überwachung dieser Schwankungen, sowie ebenso Mittel zur Optimierung der Steuerung kritischer Parameter bereitstellen würde.

[0004] Halbleiterbauelemente werden aus Scheiben aus einem halbleitenden Material hergestellt. Es werden Materialschichten hinzugefügt, entfernt und/oder behandelt während der Herstellung, um die elektrischen Schaltungen zu schaffen, die das Bauelement bilden. Die Herstellung umfasst im Wesentlichen vier grundlegende Vorgänge. Obwohl es lediglich vier grundlegende Vorgänge gibt, können diese in hundert unterschiedlichen Arten kombiniert werden, abhängig von dem speziellen Herstellungsprozess.

[0005] Die vier Vorgänge, die typischerweise bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen angewendet werden sind:
Beschichten oder Hinzufügen dünner Schichten aus diversen Materialien auf einer Scheibe, aus der ein Halbleiterbauelement hergestellt wird;
Strukturieren oder Entfernen ausgewählter Bereiche der hinzugefügten Schichten;
Dotieren oder Einbringen spezifizierter Mengen an Dotierstoffen in die Scheibenoberfläche durch Öffnungen in den hinzugefügten Schichten; und
Wärmebehandeln oder Aufheizen und Abkühlen der Materialien, um die gewünschten Effekte in der bearbeiteten Scheibe hervorzurufen.

[0006] In dem Maße wie Technologiefortschritte kleine kritische Abmessungen für Halbleiterbauelemente ermöglichen, steigt auch die Notwendigkeit zur Reduzierung von Fehlern dramatisch an. Die korrekte Ausbildung von Teilbereichen innerhalb eines Halbleiterbauelements ist ein wichtiger Faktor bei der Sicherstellung des richtigen Verhaltens des hergestellten Halbleiterbauelements. Kritische Abmessungen der Teilbereiche müssen im Allgemeinen innerhalb vorbestimmter akzeptabler Fehlergrenzen liegen, damit die Halbleiterbauelemente in akzeptabler Herstellungsqualität vorliegen.

[0007] Ein wichtiger Aspekt der Halbleiterherstellung ist die Überlagerungskontrolle bzw. Steuerung. Die Überlagerungssteuerung beinhaltet das Messen der Fehljustierung zwischen zwei aufeinanderfolgend strukturierten Schichten auf der Oberfläche eines Halbleiterbauelements. Im Allgemeinen ist die Minimierung von Fehljustierungsfehlern wichtig, um sicherzustellen, dass die mehreren Schichten der Halbleiterbauelemente miteinander verbunden sind und somit ihre Funktion erfüllen können. In dem Maße wie die Technologie kleinere kritische Abmessungen für Halbleiterbauelemente ermöglicht, steigt die Notwendigkeit zur Verringerung der Justierungsfehler deutlich an.

[0008] Im Allgemeinen wird ein Satz aus Photolithographieschritten an einem Los an Scheiben durchgeführt, wobei eine Halbleiterherstellungsanlage verwendet wird, die überlicherweise als eine Belichtungsanlage oder ein Einzelbildbelichter bzw. Stepper bezeichnet wird. Die Herstellungsanlage kommuniziert mit einer Herstellungsumgebung oder einem Netzwerk für Prozessmodule. Die Herstellungsanlage ist im Allgemeinen mit einer Anlagenschnittstelle verbunden. Die Anlagenschnittstelle ist mit einer Maschinenschnittstelle verbunden, mit der der Einzelbildbelichter verbunden ist, wodurch die Kommunikation zwischen dem Einzelbildbelichter und der Herstellungsumgebung ermöglicht wird. Die Maschinenschnittstelle kann im Wesentlichen ein Teil eines fortschrittlichen Prozesssteuerungs-(APC)Systems sein. Das APC-System initiiert ein Steuerskript, das ein Softwareprogramm sein kann, das automatisch die Daten abruft, die zum Ausführen eines Herstellungsprozesses erforderlich sind. Die Eingangsparameter, die den Herstellungsprozess steuern, werden periodisch auf manuelle Weise überarbeitet. In dem Maße wie Herstellungsprozesse mit höherer Genauigkeit erforderlich werden, werden auch verbesserte Verfahren benötigt, um die Eingangsparameter, die die Herstellungsprozesse steuern, in einer mehr automatisierteren und zeiteffizienteren Weise zu aktualisieren.

[0009] Typische Überlagerungssteuerungstechniken verwenden eine Rückkopplungssteuerungsmesstechnik, wobei nach dem Strukturieren einer Schicht aus Photolackmaterial Messdaten gesammelt werden, um eine Fehljustierung oder einen Überlagerungsfehler zwischen der Photolackschicht und der darunter liegenden Schicht bzw. den Schichten zu messen. Die Rückkopplung, die durch die Überlagerungsfehlermessung erzeugt wird, kann einer Prozesssteuerung zum Aktualisieren der Steuersignale der Photolithographieanlagen für nachfolgend prozessierte Scheiben zur Verfügung gestellt werden. Der Überlagerungsfehler kann auch in einem Fehlererfassungsschema benutzt werden, wobei Scheiben mit Überlagerungsfehlern, die einen vorbestimmten Schwellwert übersteigen, erneut bearbeitet werden, indem die fehlerhafte Photolackschicht entfernt und eine neue strukturiert wird.

[0010] WO 01/84382 A1 offenbart ein Verfahren zum Bewerten und Steuern eines Lithographieprozesses, wobei eine Eigenschaft eines auf einer Scheibe gebildeten Lackes gemessen wird und es wird ein Parameter eines Prozessmoduls, das zum Ausführen eines lithographischen Schrittes ausgebildet ist, in Reaktion auf die Messung geändert, um die internen Schwankungen kritischer Strukturelemente der Scheibe zu verringern.

[0011] US 6,304,999 B1 offenbart ein Verfahren zum Bearbeiten einer Halbleiterscheibe, wobei Fehler, etwa Justierfehler, während des Bearbeitens gemessen werden und die Messungen verwendet werden, um Steuereingangsparameter für ein Herstellungsmodell des Lithographieprozesses zu ändern.

[0012] Bei den Rückkopplungsüberlagerungsverfahren wird eine Homogenität zwischen der Scheibe auf der der Überlagerungsfehler gemessen wird, und den nachfolgenden mittels der Photolithographieanlage zu strukturierenden Scheiben angenommen. In dem Maße wie sich die Scheibenprozesstechniken von einem Steuerungsverfahren von Los zu Los zu einer Steuerung von Scheibe zu Scheibe hinentwickeln, wird diese Annahme immer weniger gültig. Eine spezielle Scheibe, ein spezielles Los oder eine Teilmenge von Scheiben in einem Los muss nicht notwendigerweise identische Überlagerungseigenschaften in Bezug auf die darunter liegenden Schichten aufweisen. Ein Steuerungsvorgang kann während der Bearbeitung der Scheiben in einem Los vorgenommen worden sein, um Überlagerungsfehler zu verringern oder um eine Fehlerbedingung zu korrigieren (d. h. eine erneute Bearbeitung). Daher führt unter Umständen das Steuern der Überlagerungsparameter lediglich auf der Grundlage von Rückkopplungsmessdaten nicht notwendigerweise zu einer ausreichenden Verringerung der Überlagerungsschwankungen.

[0013] Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, ein oder mehrere der zuvor dargelegten Probleme zu lösen oder zumindest deren Auswirkungen zu verringern.

ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

[0014] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung wird in einem Verfahren zum Steuern eines Photolithographieprozesses gesehen. Das Verfahren umfasst das Bilden einer ersten Schicht auf einer ausgewählten Scheibe. Ein erster Überlagerungsfehler, der mit der ersten Schicht verknüpft ist, wird sodann gemessen. Es wird mindestens ein Parameter in einem Prozessrezept zum Ausführen eines Photolithographieprozesses an einer zweiten Schicht, die auf der ersten Schicht gebildet wird, auf der Grundlage mindestens der ersten Überlagerungsfehlermessung bestimmt.

[0015] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung wird in einer Prozesslinie gesehen, die einen Photolithographie-Einzelbelichter und eine Überlagerungsmessanlage und eine Steuerung umfasst. Der Photolithographie-Einzelbelichter ist so ausgebildet, um Scheiben entsprechend einem Prozessrezept zu bearbeiten. Die Überlagerungsmessanlage ist ausgebildet, Überlagerungsfehler, die mit dem Bearbeiten der Scheiben in dem Photolithographie-Einzelbildbelichter verknüpft sind, zu messen. Die Steuerung ist ausgebildet, eine erste Überlagerungsfehlermessung, die mit der Ausbildung einer ersten Schicht

auf einer ausgewählten Scheibe verknüpft ist, zu empfangen und mindestens einen Parameter in dem Prozessrezept zur Ausführung eines Photolithographieprozesses an einer zweiten Schicht, die auf der ausgewählten Scheibe gebildet wird, auf der Grundlage mindestens der ersten Überlagerungsfehlermessung zu bestimmen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] Die Erfindung kann mit Bezug zu der folgenden Beschreibung verstanden werden, wenn diese in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen studiert wird, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen und wobei:

[0017] Fig. 1 eine vereinfachte Ansicht einer anschaulichen Prozesslinie zur Bearbeitung von Scheiben gemäß einer anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0018] Fig. 2 eine Ansicht einer beispielhaften Teststruktur ist, die zum Messen von Überlagerungsfehlern in der Prozesslinie aus Fig. 1 benutzbar ist; und

[0019] Fig. 3 ein vereinfachtes Flussdiagramm eines Verfahrens zum Steuern der Photolithographieüberlagerungsjustierung ist, wobei vorwärtsgekoppelte Überlagerungsinformationen gemäß einer weiteren anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet sind.

[0020] Obwohl die Erfindung diversen Modifizierungen und alternativen Formen unterliegen kann, werden dennoch spezielle Ausführungsformen davon beispielhaft in den Zeichnungen gezeigt und werden im Weiteren im Detail beschrieben. Es sollte jedoch selbstverständlich sein, dass durch die Beschreibung spezieller Ausführungsformen hierin nicht beabsichtigt ist, die Erfindung auf die speziellen offenbarten Formen einzuschränken, sondern im Gegenteil die Erfindung soll alle Modifizierungen, Äquivalente und Alternativen abdecken, die im Grundgedanken und Bereich der Erfindung liegen, wie sie durch die angefügten Patentansprüche definiert ist.

ART BZW. ARTEN ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

[0021] Im Weiteren sind anschauliche Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Der Einfachheit halber sind nicht alle Merkmale einer tatsächlichen Implementierung in dieser Beschreibung erläutert. Es ist jedoch zu beachten, dass bei der Entwicklung einer derartigen tatsächlichen Ausführungsform zahlreiche implementationsspezifische Entscheidungen getroffen werden müssen, um die speziellen Ziele der Entwickler, etwa die Verträglichkeit mit systembezogenen und geschäftsbezogenen Rahmenbedingungen zu erreichen, die sich von Anwendung zu Anwendung unterscheiden können. Ferner soll betont werden, dass ein derartiger Entwicklungsaufwand komplex und zeitaufwendig sein kann, aber dennoch eine Routine darstellt für den Fachmann, wenn er im Besitz der vorliegenden Offenbarung ist.

[0022] Die Überlagerungssteuerung ist ein wichtiger Aspekt bei der Halbleiterherstellung. Insbesondere beinhaltet die Überlagerungssteuerung das Messen von Justierfehlern zwischen Halbleiterschichten während der Herstellungsprozesse. Verbesserungen bei der Überlagerungssteuerung würden zu deutlichen Verbesserungen hinsichtlich der Qualität und der Effizienz in Halbleiterherstellungsprozessen führen. Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren zum Implementieren einer automatischen Fehlerkorrektur zur Steuerung eines Überlagerungsfehlers bereit.

[0023] In Fig. 1 ist eine vereinfachte Ansicht einer anschaulichen Prozesslinie **100** zum Bearbeiten von Scheiben **110** gemäß einer anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Die Prozesslinie **100** weist eine Photolithographieanlage **120** zur Herstellung eines Musters in einer Photolackschicht, die auf der Scheibe **110** gebildet ist, auf. Die Photolithographieanlage **120** umfasst eine Bahn **122**, die mit einem Einzelbildbelichter bzw. Stepper **124** gekoppelt ist. Die Bahn **122** schleudert Photolackmaterial auf die Scheibe **110** und führt einen Vorerwärmungsvorgang an der Photolackschicht durch. Der Einzelbildbelichter **124** belichtet die Photolackschicht, um ein Muster in der Photolackschicht zu bilden. Die Bahn **122** führt dann einen Nachbelichtungsausbackprozess (d. h. wenn dies für die Art des verwendeten Photolacks erforderlich ist) durch und bringt eine Entwicklerlösung auf, um die belichteten Bereiche des Photolacks (d. h. für Lackmaterial eines Positivlacks) zu entfernen, um damit ein Muster in der Photolackschicht zu erzeugen. Die Photolackschicht wird typischerweise als eine Maske für einen nachfolgenden Ätzprozess verwendet, der ausgeführt wird, um Strukturelemente auf der Scheibe **110** zu bilden, oder diese wird als eine Maske zum Ausführen eines Implantationsprozesses verwendet (beispielsweise zum Dotieren eines Substrats, um aktive Gebiete zu bilden).

[0024] Die Prozesslinie **100** umfasst ferner eine Überlagerungsmessanlage **130**, die ausgebildet ist, Überlagerungsfehler in Photolackmustern, die von der Photolithographieanlage **120** gebildet werden, zu bestimmen. Im Allgemeinen kann die Überlagerungsmessanlage **130** eine beliebige Art einer Anlage sein, die in der Lage ist, einen Überlagerungsfehler zu messen. Z. B. kann die Überlagerungsmessanlage **130** eine optische Inspektionsstation aufweisen, etwa ein 5200XP Überlagerungsmesssystem, das von KLA-Tencor, Corporation, San Jose, CA, angeboten wird. Die Überlagerungsmessanlage **130** kann auch einen Überlagerungsfehler unter Anwendung der

Streumessung messen, wie dies in der US-Patentanmeldung 09/894,546 mit dem Titel „Verfahren und Vorrichtung zum Steuern der Photolithographieüberlagerungsjustierung" beschrieben ist, die im Namen von J. Broc Stirton eingereicht und deren Anmelder der gleiche Anmelder wie bei der vorliegenden Patentanmeldung ist vgl. US-Patentveröffentlichung US 6 458 605 B1.

[0025] Eine Steuerung **140** ist vorgesehen, um den Einzelbildbelichter **124** auf der Grundlage von vorwärtsgekoppelten Überlagerungsmessdaten zu steuern, die von der Überlagerungsmessanlage **130** ermittelt werden. In einigen Ausführungsformen kann die Steuerung **140** den Einzelbildbelichter **124** auf der Grundlage von vorwärtsgekoppelten und rückgekoppelten Überlagerungsmessdaten steuern. Es ist eine Datenspeicherung **150** vorgesehen, um Überlagerungsmessdaten in Verbindung mit den von der Überlagerungsmessanlage **130** gemessenen Scheiben **110** zu speichern. Beispielsweise können die Überlagerungsmessdaten gespeichert und durch die Scheiben-ID und/oder die Los-ID (Identifikation) – abhängig von der verfügbaren Auflösung – indiziert werden. Selbstverständlich kann die Prozesslinie **100** mehrere Photolithographieanlagen **120**, die Überlagerungsdaten erzeugen und mehrere Überlagerungsmessanlagen **130** mit einer gemeinsamen oder einzelnen Steuerung **140** enthalten.

[0026] Die Steuerung **140** stellt das Prozessrezept des Einzelbildbelichters **124** ein, um Überlagerungsfehler zu korrigieren. In der dargestellten Ausführungsform ist die Steuerung **140** ein Computer, der mit einer Software programmiert ist, um die beschriebenen Funktionen zu implementieren. Wie der Fachmann jedoch erkennen kann, kann ebenso eine Hardwaresteuerung verwendet werden, die zum Einrichten der speziellen Funktionen ausgebildet ist. Des weiteren kann die Steuerung **140** eine Einzelsteuerung sein, diese kann in eine Anlage integriert sein, etwa in die Photolithographieanlage **120** oder die Überlagerungsmessanlage **130**, oder sie kann ein Teil eines Systems sein, das die Vorgänge in einer Herstellungsfabrik für integrierte Schaltungen steuert.

[0027] Teile der Erfindung und der entsprechenden detaillierten Beschreibung sind in Begriffen von Software oder Algorithmen und symbolischen Darstellungen von Operationen an Datenbits innerhalb eines Computerspeichers dargestellt. Diese Beschreibungen und Darstellungen sind jene, mit denen die Fachleute in effizienter Weise den Inhalt ihrer Arbeit anderen Fachleuten vermitteln. Ein Algorithmus wird in dem hierin verwendeten Sinne und in dem allgemein verwendeten Sinne als eine selbstkonsistente Abfolge von Schritten betrachtet, die zu einem gewünschten Ergebnis führen. Die Schritte sind solche, die eine physikalische Manipulation physikalischer Größen erfordern. Typischerweise, obwohl dies nicht notwendig ist, nehmen diese Größen die Form optischer, elektrischer oder magnetischer Signale an, die gespeichert, übertragen, kombiniert, verglichen oder anderweitig manipuliert werden können. Es hat sich gelegentlich als günstig erwiesen, im Prinzip aus Gründen der gemeinsamen Anwendung, diese Signale als Bits, Werte, Elemente, Symbole, Zeichen, Terme, Zahlen und dergleichen zu bezeichnen.

[0028] Es sollte jedoch bedacht werden, dass alle diese und ähnliche Begriffe mit den entsprechenden physikalischen Größen verknüpft werden sollten und lediglich bequeme Zeichen sind, die diesen Größen zugeordnet werden. Sofern dies nicht explizit anderweitig dargelegt ist, oder dies aus der Erläuterung offensichtlich wird, bezeichnen Begriffe wie etwa „Bearbeiten" oder „Berechnen" oder „Ausrechnen" oder „Bestimmen" oder „Anzeigen" oder dergleichen die Aktionen und Prozesse eines Computersystems oder eines ähnlichen elektronischen Rechengerätes, das Daten, die als physikalische, elektronische Größen in den Register und Speichern des Computersystems vorhanden sind, manipuliert und in andere Daten transformiert, die in ähnlicher Weise als physikalische Größen innerhalb der Speicher oder Register des Computersystems oder anderer derartiger Informationsspeichereinheiten, Übertragungs- oder Anzeigevorrichtungen repräsentiert sind.

[0029] Ein beispielhaftes Softwaresystem, das so ausgebildet werden kann, um die Funktionen der Steuerung **140** in der beschriebenen Weise auszuführen, ist das von KLA-Tencor, Inc., angebotene Katalystsystem. Das Katalystsystem verwendet Systemtechnologien, die verträglich sind mit der internationalen Plattform für Halbleiterausstattung und Materialien und computerintegrierte Herstellung (SEMI) (CIM) und die auf der Grundlage der Plattform für fortschrittliche Prozesssteuerung (APC) basiert. CIM (SEMI E81-0699-provisorische Spezifizierungen für die CIM-Plattform-Domain-Architektur) und APC (SEMI E93-0999-provisorische Spezifizierung für CIM-Plattform für fortschrittliche Prozesssteuerungskomponenten) Spezifizierungen sind öffentlich von SEMI erhältlich.

[0030] Die Scheiben **110** werden in dem Einzelbildbelichter **124** unter Anwendung mehrerer Steuereingangssignale bearbeitet. In der dargestellten Ausführungsform enthalten die Steuereingangssignale, die zum Konfigurieren des Einzelbildbelichters **124** verwendet werden, ein X-Bewegungssignal, ein Y-Bewegungssignal, ein X-Ausdehnungsscheibenmaßstabssignal, ein Y-Ausdehnungsscheibenmaßstabssignal, ein Retikelvergrößerungssignal, ein Retikelrotationssignal, ein Scheibenrotationssignal und ein Scheibenorthognalitätsabweichungssignal. Im Allgemeinen betreffen Fehler, die mit dem Retikalvergrößerungssignal und dem Retikelrotationssignal ver-

knüpft sind, einen speziellen Belichtungsprozess auf der Oberfläche der Scheibe **110**, die gerade in der Belichtungsanlage bearbeitet wird. Die Steuerung **140** ist ausgebildet, die Steuereingangssignale auf der Grundlage von Überlagerungsfehlermessungen, die von der Überlagerungsmessanlage **130** ausgeführt werden, von Durchlauf zu Durchlauf zu aktualisieren.

[0031] Wenn der Einzelbildbelichter **124** die Bearbeitung einer Scheibe **110** beendet, so wird die Scheibe **110** durch die Überlagerungsmessanlage **130** untersucht. Die Scheibe **110** kann vor dem Entwickeln der Photolackschicht (d. h. unter Anwendung des latenten Photolackbildes) oder nach dem Entwicklungsprozess (d. h. unter Anwendung des Photolackmusters) untersucht werden. Die Überlagerungsmessanlage **130** liefert ein Messergebnis der Fehljustierung, die in dem vorhergehenden Belichtungsschritt vorhanden war. Der Betrag der Fehljustierung steht mit der Fehljustierung in dem Photolithographieprozess in Beziehung, der zwischen zwei auf der Scheibe **110** ausgebildeten Schichten auftrat.

[0032] Teststrukturen zum Messen von Überlagerungsfehlern sind dem Fachmann gut vertraut. Beispielsweise zeigt Fig. 2 eine beispielhafte Teststruktur **200**. Die Teststruktur **200** kann auf einem Gebiet der Scheibe **110** gebildet werden, das normalerweise nicht für die Herstellung von Bauelementen verwendet wird (beispielsweise im Randgebiet, in dem Identifizierungscodierungen typischerweise eingeritzt sind oder in den Schneidelinien zwischen den Chipflächen). Ein erstes Feld **210** kann als eine darunter liegende Schicht strukturiert werden und ein zweites Feld **220** kann in der Photolackschicht strukturiert werden, die durch die Photolithographieanlage **120** gebildet und strukturiert wird. Ein Überlagerungsfehler kann in X-Richtung und in Y-Richtung gemessen werden, indem die Abstände zwischen den Seiten der Felder **210**, **220** ermittelt werden. Um z. B. den Überlagerungsfehler in der X-Richtung zu messen, kann der Abstand zwischen den Seiten **211**, **221** mit dem Abstand zwischen den Seiten **212**, **222** verglichen werden. Der Überlagerungsfehler ist die Hälfte der Differenz zwischen den gemessenen Abständen. Wenn der Abstand zwischen den Seiten **211**, **221** 0.05 µm beträgt und der Abstand zwischen den Seiten **212**, **222** 0.03 µm beträgt, dann beträgt der Überlagerungsfehler in der X-Richtung (0.05–0.03)/2 + 0.01 µm. Ein Abstand von 0.04 µm für jede Seitengruppe würde einen Übertragungsfehler von 0 repräsentieren. Ein ähnlicher Ablauf kann zur Bestimmung des Überlagerungsfehlers in der Y-Richtung verwendet werden.

[0033] Die Überlagerungsmessanlage **130** speichert den Überlagerungsfehler für die gemessene Scheibe **110** in dem Datenspeicher **150**. Es können unterschiedliche Überlagerungsfehlermessergebnisse für jede auf der Scheibe **110** ausgebildete Schicht erzeugt werden. Die Übertagerungsfehlermessdaten können durch die Scheiben/Los-ID und die entsprechende Schicht indiziert werden.

[0034] Es sei wieder auf Fig. 1 verwiesen; der von der Steuerung **140** angewendete Prozess zum Bestimmen der Steuerungsaktivitäten für die Photolithographieanlage **120** wird nun detaillierter beschrieben. Im Allgemeinen berücksichtigt die Steuerung **140** Überlagerungsfehlerdaten aus vorhergehenden Schichten, wenn die Überlagerungseinstellung für den Einzelbildbelichter **124** für eine momentane Schicht bestimmt werden. Diese Berücksichtigung vorhergehender Überlagerungsfehlermessergebnisse wird hierin als eine Vorwärtskopplungssteuerungstechnik bezeichnet. Abhängig von der speziellen Implementierung kann die Steuerung **140** Steuerungsaktivitäten für einzelne Scheiben oder für Lose von Scheiben bestimmen. Wenn die Steuerung auf Loseebene ausgeführt wird, können die vorwärtsgekoppelten Überlagerungsfehlerdaten mit einer oder mehreren Scheiben in dem Los verknüpft sein, die gemessen wurden. Wenn die Steuerung auf einer Scheibenebene ausgeführt wird, kann jede Scheibe ein zugehöriges vorwärtsgekoppeltes Überlagerungsfehlermessergebnis aufweisen. Es können selbstverständlich auch andere Abstufungen benutzt werden. Beispielsweise kann eine Mittelwertbildungs- oder Interpolationsbildung für Scheiben angewendet werden, für die keine speziellen vorwärtsgekoppelten Überlagerungsfehlerdaten verfügbar sind.

[0035] Vor dem Bearbeiten einer ausgewählten Scheibe in der Photolithographieanlage **120** greift die Steuerung **140** auf den Datenspeicher **150** zu, um den für die zuvor bearbeitete Schicht gemessenen Überlagerungsfehler zu bestimmen. In einigen Fällen weisen nicht alle Scheiben in dem Los den gleichen Überlagerungsfehler auf, da eine Rückkopplungssteuerungsaktivität während des Bearbeitens des Loses zur Verringerung des Überlagerungsfehlers stattgefunden haben kann. In ähnlicher Weise weisen unterschiedliche Lose, die mit der gleichen Photolithographieanlage **120** bearbeitet wurden, unter Umständen nicht den gleichen Überlagerungsfehler auf Grund vorhergehender Rückkopplungssteuerungsaktivitäten auf. Der vorwärtsgekoppelte Überlagerungsfehler wird berücksichtigt, wenn Steuerungsaktivitäten für die aktuelle Photolackschicht bestimmt werden, die mittels der Photolithographieanlage momentan gebildet wird, um diesen Überlagerungsfehlerschwankungen von Scheibe zu Scheibe oder von Los zu Los Rechnung zu tragen.

[0036] In einem einfachen Steuerungsbeispiel wird der vorwärtsgekoppelte Überlagerungsfehler als ein direkter Offset- bzw. Versatz für die Rückkopplungsüberlagerungsbestimmungen verwendet. Wenn z. B. die prozessnachgeschaltete Rückkopplung andeutet,

dass ein erste Scheibe einen Überlagerungsfehler von +0.03 µm in einer Richtung für die momentane Schicht aufweist, kann eine typische Rückkopplungssteuerungsaktivität versuchen, die Einstellungen des Einzelbildbelichters **124** so zu justieren, um diesen Überlagerungsfehler für eine zweite Scheibe zu reduzieren. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die zweite Scheibe eine darunter liegende Schicht besaß, die einen Überlagerungsfehler von +0.02 µm im Vergleich zu der darunter liegenden Schicht der ersten Scheibe aufweist. Wenn keine Kontrollaktivität an der zweiten Scheibe vorgenommen würde, betrüge der Überlagerungsfehler in der momentanen Schicht +0.03 – +0.02 = +0.01 µm auf Grund der Differenz zwischen den Überlagerungsfehlern der darunter liegenden Schicht für die erste und für die zweite Scheibe. Wenn der Steuerungsvorgang den Einzelbildbelichter **124** auf der Grundlage lediglich des rückgekoppelten Überlagerungsfehlermessergebnisses von der ersten Scheibe zu steuern hätte, betrüge der resultierende Überlagerungsfehler (d. h. unter Voraussetzung einer perfekten Steuerung) 0 – +0.02 = –0.02 µm. Somit kann ohne Berücksichtigung des vorwärtsgekoppelten Überlagerungsfehlers aus der vorhergehenden Schicht die Rückkopplungsfehlersteuerungstechnik tatsächlich den Überlagerungsfehler vergrößern.

[0037] Die Steuerung **140** kann das Rezept des Einzelbildbelichters **124** für eine aktuelle Scheibe sowie für nachfolgende Scheiben auf der Grundlage der vorwärtsgekoppelten Überlagerungsfehlerdaten für die aktuelle Scheibe und den rückgekoppelten Überlagerungsfehlerdaten für die vorhergehende Scheibe einstellen. Die Steuerung **140** kann mit einem Todband-Bereich versehen sein, in welchem keine Korrekturen durchgeführt werden. Die vorwärtsgekoppelten und rückgekoppelten Überlagerungsfehler können mit einem vorbestimmten Satz an Schwellwertparametern verglichen werden. In einer Ausführungsform enthält das Todband einen Bereich von Fehlerwerten, die mit Steuereingangssignalen verknüpft sind, die in der Nähe eines Satz entsprechender vorbestimmter Sollwerte angesiedelt sind. Wenn die vorwärtsgekoppelten und die rückgekoppelten Überlagerungsfehler, die von der Überlagerungsmessanlage **130** ermittelt werden, kleiner als ihre entsprechenden vorbestimmten Schwellwerte sind, so wird dieser spezielle Fehler als in dem Todband liegend betrachtet und die Steuerung **140** nimmt keine Änderung an den Überlagerungssteuereingangsgrößen vor. Ein wesentlicher Zweck des Todbandes besteht darin, übermäßige Steuerungsaktivitäten zu vermeiden, um damit ein inadäquates „Zittern" des Halbleiterherstellungsprozesses zu vermeiden.

[0038] Wenn die Steuerung **140** bestimmt, dass eine Überlagerungsfehlerbedingung, die einem Überlagerungssteuereingangssignal entspricht, nicht innerhalb des Todbandes liegt, werden die vorwärtsgekoppelten und rückgekoppelten Überlagerungsfehler verwendet, um dieses Überlagerungssteuereingangssignal für einen Photolithographieprozess zu aktualisieren, der an der aktuellen Scheibe, einer nachfolgenden Scheibe innerhalb des Loses oder eines nachfolgenden Loses von Scheiben ausgeführt wird. Die Steuerung **140** bestimmt eine Schrittgröße für das Ändern des Wertes des Überlagerungssteuereingangssignals entsprechend einem Steuerungsmodell. Die folgende Gleichung 1 stellt eine beispielhafte Steuerungsgleichung zum Bestimmen einer Änderung eines Überlagerungssteuereingangssignals bereit.

neue Einstellung = alte Einstellung – ((Gewichtung 1) × (rückgekoppelter Überlagerungsfehlerwert)) – ((Gewichtung 2) × (vorwärtsgekoppelter Überlagerungsfehlerwert)) (1)

[0039] Wie in Gleichung 1 gezeigt ist, bestimmt die Steuerung **140** die neue Einstellung des Überlagerungssteuereingangssignals durch Subtrahieren der Größe der alten Einstellung des Überlagerungssteuereingangssignals von den Produkten der Gewichte der rückgekoppelten und vorwärtsgekoppelten Überlagerungsfehlerwerte. Die Gewichte sind vorbestimmte Verstärkungsparameter, die dem Fehlerwert eines speziellen Überlagerungssteuereingangssignals zugeordnet sind. Die speziellen Werte für die Gewichte können durch Steuerungssimulation oder Experimente bestimmt werden.

[0040] Obwohl die Gewichtungswerte verwendet werden können, um teilweise die Schrittgröße der Änderung bei der Einstellung des Überlagerungssteuereingangssignals zu steuern, können die Werte der Gewichte dennoch nicht ausreichend sein, um eine übermäßig große Schrittweite zu vermeiden. Anders ausgedrückt, selbst wenn optimale Gewichtungswerte einem speziellen Fehlersignal zugeordnet wären, kann eine berechnete Schrittweite einer Änderung in der Einstellung eines Steuereingangssignals zu groß sein, so dass diese bewirken könnte, dass die Steuerung einer Halbleiterherstellungsanlage in einer übermäßig unruhigen Weise ausgeführt wird. Folglich kann die Steuerung **140** die berechnete Schrittweite mit einer vorbestimmten maximalen Schrittweite vergleichen, die für eine Änderung in der Einstellung des Überlagerungssteuereingangssignals zulässig ist, wodurch somit die Schrittweite beschränkt wird.

[0041] Ein Verfahren zur Anwendung der aktualisierten Überlagerungssteuereingangssignale wird eingerichtet, indem parallele Steuerungsroutinen bzw. Steuerungsthreads angewendet werden. Parallele Steuerungsroutinen können durch die Steuerung **140** eingerichtet werden. Parallele Steuerungsroutinen sind ein wesentlicher Teil des Steuerungsschemas einer Halbleiterherstellungsanlage, etwa des

Einzelbildbelichters **124**. Jede Steuerroutine arbeitet wie eine separate Steuerung und unterscheidet sich durch diverse Prozessbedingungen. Für die Überlagerungssteuerung sind die parallelen Prozessroutinen durch eine Kombination unterschiedlicher Bedingungen getrennt, zu denen die Halbleiterherstellungsanlage (beispielsweise der Einzelbildbelichter **124**), der momentan das Scheibenlos bearbeitet, das Halbleiterprodukt, der Halbleiterherstellungsvorgang und die Halbleiterherstellungsanlage, die die Halbleiterscheibe oder das Los bei einer vorhergehenden Schicht der Scheibe bearbeitete.

[0042] Parallele Steuerungsroutinen berücksichtigen unterschiedliche Halbleiterherstellungsprozessbedingungen, die den Überlagerungsfehler in unterschiedlicher Weise beeinflussen. Durch Isolieren jeweils der einzigartigen Halbleiterherstellungsprozessbedingungen in der jeweiligen eigenen Steuerungsroutine kann die Steuerung genauer die Bedingungen bewerten, unter denen ein nachfolgendes Halbleiterscheibenlos in der Steuerungsroutine bearbeitet wird. Da die Fehlermessung relevanter ist, können Änderungen an den Überlagerungssteuereingangssignalen, die auf dem Fehler basieren, besser geeignet sein. Die Implementierung des Steuerungsschemas, das durch die vorliegende Erfindung beschrieben ist, kann zu einer Reduzierung des Überlagerungsfehlers führen.

[0043] Nach der Bearbeitung einer Scheibe **110** liefert die Überlagerungsmessanlage **130** ein rückgekoppeltes Messergebnis für den Steuerungsfehler. Jedes der Fehlermessergebnisse entspricht einem der Überlagerungssteuereingangssignale. Die Steuerung **140** bestimmt eine Steuerungsaktivität für eine nachfolgende Scheibe auf der Grundlage dieses rückgekoppelten Messergebnisses und vorwärtsgekoppelter Überlagerungsfehlerdaten für die nachfolgende Scheibe. Die Steuerung **140** kann diverse Vorverarbeitungen oder Datenmanipulationsaktivitäten durchführen, wenn eine Steuerungsaktivität bestimmt wird. Eine von diesen derartigen Vorverarbeitungsaktivitäten ist das Aussondern von Ausreißern. Das Aussondern von Ausreißern ist eine grobe Fehlerprüfung, die angewendet wird, um sicherzustellen, dass die gemessenen Überlagerungsfehler vernünftig sind im Hinblick auf die historische Entwicklung des Halbleiterherstellungsprozesses. Dieser Vorgang beinhaltet das Vergleichen jedes rückgekoppelten und vorwärtsgekoppelten Überlagerungsfehlers mit entsprechend bestimmten Grenzparametern. In einer Ausführungsform wird, selbst wenn nur eine der vorbestimmten Grenzen überschritten wird, der Fehlerdatensatz der gesamten Halbleiterscheibe oder des Loses, verworfen. Um die Grenzen für das Zurückweisen von Ausreißern zu bestimmen, werden Tausende tatsächlicher Halbleiterherstellungsfabrikationsdatenpunkte gesammelt. Die Standardabweichung für jeden Fehlerparameter dieser Datensammlung wird sodann berechnet. Der Grenzschwellwert wird als ein Vielfaches der Standardabweichung (positiv oder negativ) ausgewählt. Die Auswahl der Grenze für das Verwerfen von Ausreißern hilft dass nur die Datenpunkte, die deutlich außerhalb der normalen Betriebsbedingungen des Prozesses liegen, verworfen werden.

[0044] Eine zweite Vorbearbeitungsfunktion, die die Steuerung **140** ausführen kann, besteht in einer Glättung oder Filterung der Daten. Die Überlagerungsfehlermessdaten unterliegen einem gewissen Maß an Streuung. Das Filtern der rückgekoppelten Überlagerungsfehlerdaten führt zu einer genaueren Bewertung des Fehlers der Überlagerungssteuereingangssignaleinstellungen. In einer Ausführungsform wird in der Steuerung **140** ein exponentiell gewichteter gleitender Durchschnitts-(EWMA)Filter verwendet, um die Daten zu glätten, obwohl andere Filterverfahren verwendet werden können. Die Gleichung für einen EWMA-Filter ist in Gleichung 2 dargestellt.

neuer Durchschnitt = (Gewichtung) × (aktuelles Messergebnis) + (1 – Gewichtung) × (vorhergehender EWMA-Durchschnitt) (2)

[0045] Der Gewichtungswert ist ein einstellbarer Parameter, der verwendet werden kann, um das Maß an Filterung einzustellen und nimmt im Allgemeinen einen Wert zwischen 0 und 1 an. Der Gewichtungsfaktor repräsentiert das „Vertrauen" in die Genauigkeit der aktuellen Datenpunkte. Wenn die Messung als genau erachtet wird, sollte der Gewichtungsfaktor nahe bei 1 liegen. Wenn es einen deutlichen Anteil an Schwankungen in dem Prozess für vorhergehende Prozessdurchläufe gab, so ist eine Zahl näher bei 0 geeigneter. Der neue Durchschnittswert wird aus den aktuellen Messergebnissen, dem Gewichtungsfaktor und dem letzten berechneten Durchschnittswert berechnet. In dem EWMA-Filterprozess können der vorhergehende Durchschnittswert, der Gewichtungsfaktor und der aktuelle Messwert in der oben beschriebenen Weise verwendet werden, oder alternativ können lediglich einige der Daten (d. h. die jüngsten Daten) verwendet werden, um den Durchschnitt zu berechnen.

[0046] Die Herstellungsumgebung in der Halbleiterherstellungsstätte sorgt für einige einzigartige Herausforderungen. Die Reihenfolge, mit der die Halbleiterscheibenlose in den Anlagen prozessiert werden, etwa in dem Einzelbildbelichter **142**, muss nicht notwendigerweise der Reihenfolge entsprechen, in der die Überlagerungsmessanlage **130** den Überlagerungsfehler misst. Eine derartige Situation könnte Datenpunkte hervorbringen, die dem EWMA-Durchschnittswert nicht der Reihenfolge entsprechend hinzuaddiert werden. Ferner können Scheiben mehr als ein mal untersucht werden, um die Fehlermessergebnisse zu verifizieren. Ohne ein Zurückhalten der

Daten könnten beide Messwertablesungen zu dem EWMA-Durchschnittswert beitragen, was eine unerwünschte Eigenschaft ist. Ferner können einige der parallelen Steuerungsroutine ein geringes Volumen aufweisen, so dass der vorhergehende Durchschnittswert so überschrieben ist, dass dieser nicht in genauer Weise den Fehler bei den Überlagerungssteuereingangssignaleinstellungen repräsentiert. Aus diesen Grünen kann die Steuerung **140** auf gespeicherte Daten zugreifen, um den mittels dem EWMA gefilterten Fehler zu berechnen. Halbleiterscheibenlosdaten einschließlich der Losanzahl, dem Zeitpunkt, an dem das Los in dem Einzelbildbelichter **124** bearbeitet wurde, und die mehreren Fehlerabschätzungen sind in dem Datenspeicher **150** unter dem Namen der parallelen Steuerungsroutine gespeichert. Wenn ein neuer Satz aus Überlagerungsfehlerdaten gesammelt wird, wird der Datenstapel von dem Datenspeicher abgerufen und analysiert. Die Loszahl des aktuellen Halbleiterscheibenloses, das momentan bearbeitet wird, wird mit jenem auf dem Stapel verglichen. Wenn die Loszahl mit dort vorhandenen Daten übereinstimmt, werden die Fehlermessergebnisse ersetzt. Ansonsten wird der Datenpunkt im aktuellen Stapel in chronologischer Ordnung entsprechend den Zeitperioden, wenn die Lose mittels des Einzelbildbelichters **124** bearbeitet wurden, hinzugefügt. In einigen Ausführungsformen können die Datenpunkte nach einer vorbestimmten Zeitdauer (beispielsweise 48 Stunden) ablaufen.

[0047] Wie zuvor beschrieben ist, kann die Steuerung **140** unter Anwendung einer APC-Plattform eingerichtet werden. Die Anwendung der Steuerungsstrategie, wie sie durch die vorliegende Erfindung gelehrt wird, wobei die APC-Plattform verwendet wird, kann eine Reihe von Softwarekomponenten erfordern. Zusätzlich zu Komponenten innerhalb der APC-Plattform kann ein Computerskript für jede der Halbleiterherstellungsanlagen, die in dem Steuerungssystem beteiligt ist, etwa dem Einzelbildbelichter **124**, geschrieben werden. Wenn eine Halbleiterherstellungsanlage in dem Steuerungssystem gestartet wird, initiiert diese im Allgemeinen ein Steuerungsskript, um die durch die Steuerung **140** eingerichteten Aktivitäten auszuführen. Die zuvor beschriebenen Steuerungsverfahren sind im Wesentlichen in diesen Steuerungsskripten definiert und werden damit ausgeführt.

[0048] Die Steuerung **140** kann eine Steuerungstechnik für eine Vielzahl von Steuerungsparametern für den Einzelbildbelichter **124** einschließlich eines X-Bewegungsparameters, eines Y-Bewegungsparameters, eines X-Ausdehnungsscheibenmaßstabparameters, eines Y-Ausdehnungsscheibenmaßstabparameters, eines Retikelvergrößerungsparameters, eines Retikelrotationsparameters, eines Scheibenrotationsparameters und eines Scheibenorthogonalitätsabweichungsparameters implementieren. Das Überlagerungssteuerungsmodell kann empirisch unter Anwendung allgemein bekannter linearer oder nicht linearer Verfahren entwickelt werden. Das Steuerungsmodell kann auf einer relativ einfachen Gleichung beruhen, wie sie zuvor beschrieben ist (beispielsweise linear, exponentiell, gewichteter Durchschnitt, etc.), oder es kann ein komplexeres Modell sein, etwa ein neuronales Netzwerkmodell, ein Modell mit Hauptkomponentenanalyse (PCA) oder ein Modell mit Projektion auf latente Strukturen (PLS). Die spezielle Implementierung des Modells kann in Abhängigkeit der ausgewählten Modellierungstechnik variieren.

[0049] Überlagerungsmodelle können von der Steuerung **140** erzeugt werden, oder alternativ können diese von einer anderen Prozesseinheit (nicht gezeigt) entwickelt und nach deren Entwicklung in der Steuerung **140** gespeichert werden. Das Überlagerungsmodell kann unter Anwendung des Einzelbildbelichters **124** oder unter Anwendung einer anderen Anlage (nicht gezeigt) mit ähnlichen Betriebseigenschaften entwickelt werden. Zum Zwecke der Darstellung wird angenommen, dass das Überlagerungsmodell durch die Steuerung **140** oder eine andere Prozesseinheit auf der Grundlage des tatsächlichen Verhaltens des Einzelbildbelichters **124**, wie es von der Überlagerungsmessanlage **130** gemessen wird, erzeugt und aktualisiert wird. Das Überlagerungsmodell kann auf der Grundlage historischer Daten, die aus diversen Prozessdurchläufen des Einzelbildbelichters **124** gewonnen wurden, trainiert werden.

[0050] Fig. 3 ist ein vereinfachtes Flussdiagramm eines Verfahrens zum Steuern eines Photolithographieprozesses gemäß einer weiteren anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Im Block **300** wird eine erste Schicht auf einer ausgewählten Scheibe gebildet. Im Block **310** wird ein erster Überlagerungsfehler, der mit der ersten Schicht verknüpft ist, gemessen. Im Block **320** wird mindestens ein Parameter in einem Prozessrezept zur Bildung einer zweiten Schicht auf der ersten Scheibe auf der Grundlage zumindest der ersten Überlagerungsfehlermessung bestimmt.

[0051] Das Steuern des Überlagerungsfehlers auf der Grundlage von rückgekoppelten und vorwärtsgekoppelten Messergebnissen aus der Überlagerungsmessanlage **130**, wie dies zuvor beschrieben ist, besitzt zahlreiche Vorteile. Der Einzelbildbelichter **124** kann so gesteuert werden, um den Betrag der auftretenden Schwankung zu reduzieren. Ein reduzierte Schwankung verringert die Wahrscheinlichkeit, dass ein Bauteil beeinträchtigt ist oder verworfen werden muss. Folglich werden die Qualität der in der Prozesslinie **100** hergestellten Bauelemente und die Effizienz der Prozesslinie **100** erhöht.

[0052] Die zuvor offenbarten speziellen Ausführungsformen sind lediglich beispielhafter Natur, da die Erfindung in unterschiedlichen, aber äquivalenten Weisen, die dem Fachmann beim Vorliegen der hierin offenbarten Lehren offenkundig sind, modifiziert und praktiziert werden kann. Somit sind keine Einschränkungen auf die Details des Aufbaus oder der Gestaltung, wie sie hierin gezeigt sind, beabsichtigt, sofern diese nicht in den nachfolgenden Patentansprüchen beschrieben sind. Es ist daher offensichtlich, dass die speziellen offenbarten Ausführungsformen geändert oder modifiziert werden können und dass alle derartigen Modifizierungen als im Grundgedanken und im Schutzbereich der Erfindung liegend betrachtet werden. Daher ist der angestrebte Schutzbereich durch die nachfolgenden Patentansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Photolithographieprozesses, mit:
Bilden einer ersten strukturierten Schicht auf einer ausgewählten Scheibe (**110**);
Messen eines ersten Überlagerungsfehlers, der mit der ersten strukturierten Schicht verknüpft ist;
Bilden einer zweiten Schicht auf der ausgewählten Scheibe (**110**) über der ersten strukturierten Schicht; und
Bestimmen mindestens eines Parameters eines Prozessrezepts zum Ausführen eines Photolithographieprozesses an der zweiten Schicht der ausgewählten Scheibe (**110**) auf der Grundlage zumindest der ersten Überlagerungsfehlermessung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst:
Ausführen des Photolithographieprozesses an der zweiten Schicht auf der Grundlage des Prozessrezepts.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Messen des ersten Überlagerungsfehlers ferner Messen des ersten Überlagerungsfehlers unter Anwendung einer Inspektionsstation und/oder einer Streumessungsanlage umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Bestimmen des mindestens einen Parameters in dem Prozessrezept ferner umfasst: Bestimmen eines X-Verschiebungsparameters und/oder eines Y-Verschiebungsparameters und/oder eines X-Scheibenausdehnungsskalierungsparameters und/oder eines Y-Scheibenausdehnungsskalierungsparameters
und/oder eines Retikelvergrößerungsparameters und/oder eines Retikelrotationsparameters und/oder eines Scheibenrotationsparametes und/oder eines Scheibenorthogonalitätsabweichungsparameters.

5. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst:
Messen des mit der ersten strukturierten Schicht verknüpften ersten Überlagerungsfehlers, um ein vorwärtsgekoppeltes Überlagerungsfehlersignal zu erzeugen;
Messen meherer Überlagerungsfehler, die mit einem Prozess zum Ausführen eines Photolithographieprozesses an einer zweiten Schicht, die auf mehreren Scheiben (**110**) gebildet wird, verknüpft sind, um ein rückgekoppeltes Überlagerungsfehlersignal zu erzeugen; und
Bestimmen mindestens eines Parameters in einem Prozessrezept zum Ausführen eines Photolithographieprozesses an der zweiten Schicht, die auf der ausgewählten Scheibe (**110**) gebildet ist, auf der Grundlage des vorwärtsgekoppelten Überlagerungsfehlersignals und des rückgekoppelten Überlagerungsfehlersignals.

6. Prozesslinie (**100**) mit:
einer Photolithographieanlage (**120**), die ausgebildet ist, Scheiben (**110**) entsprechend einem Prozessrezept zu bearbeiten;
einer Überlagerungsmessanlage (**130**), die ausgebildet ist, mit dem Bearbeiten der Scheiben (**110**) in der Photolithographieanlage (**120**) verknüpfte Überlagerungsfehler zu messen; und
einer Steuerung (**140**), die ausgebildet ist, eine erste Überlagerungsfehlermessung zu empfangen, die mit der Bildung einer ersten strukturierten Schicht auf einer ausgewählten Scheibe (**110**) verknüpft ist, und um mindestens einen Parameter in dem Prozessrezept zum Ausführen eines Photolithographieprozesses an einer zweiten Schicht, die auf der ausgewählten Scheibe (**110**) über der ersten strukturierten Schicht ausgebildet ist, auf der Grundlage zumindest der ersten Überlagerungsfehlermessung zu bestimmen.

7. Prozesslinie (**100**) nach Anspruch 6, wobei die Photolithographieanlage (**120**) ferner ausgebildet ist, den Photolithographieprozess an der zweiten Schicht auf der ausgewählten Scheibe (**110**) auf der Grundlage des bestimmten Prozessrezeptes auszuführen.

8. Prozesslinie (**100**) nach Anspruch 6, wobei die Überlagerungsmessanlage (**120**) ferner eine Inspektionsstation und/oder eine Streuungsmessungsanlage umfasst.

9. Prozesslinie (**100**) nach Anspruch 6, wobei der mindestens eine Parameter ferner einen X-Verschiebungsparameter und/oder einen Y-Verschiebungsparameter und/oder einen X-Scheibenausdehnungsskalierungsparameter und/oder einen Y-Scheibenausdehnungsskalierungsparameter und/oder einen Retikelvergrößerungsparameter und/oder einen Retikelrotationsparameter enthält.

10. Prozesslinie (**100**) nach Anspruch 6, wobei

die Steuerung (**140**) ferner ausgebildet ist, ein vorwärtsgekoppeltes Überlagerungsfehlersignal zu empfangen, das die erste Überlagerungsfehlermessung, die mit der Bildung der ersten strukturierten Schicht auf der ausgewählten Scheibe (**110**) verknüpft ist, zu empfangen, und um ein rückgekoppeltes Überlagerungsfehlersignal zu empfangen, das mehrere Überlagerungsfehlermessungen enthält, die mit einem Photolithographieprozess verknüpft sind, der an einer zweiten Schicht auf mehreren Scheiben (**110**) ausgeführt wird, und um den mindestens einen Parameter in dem Prozessrezept zum Durchführen eines Photolithographieprozesses an der zweiten Schicht auf der ausgewählten Scheibe (**110**) auf der Grundlage des vorwärtsgekoppelten Überlagerungsfehlersignals und des rückgekoppelten Überlagerungsfehlersignals zu bestimmen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

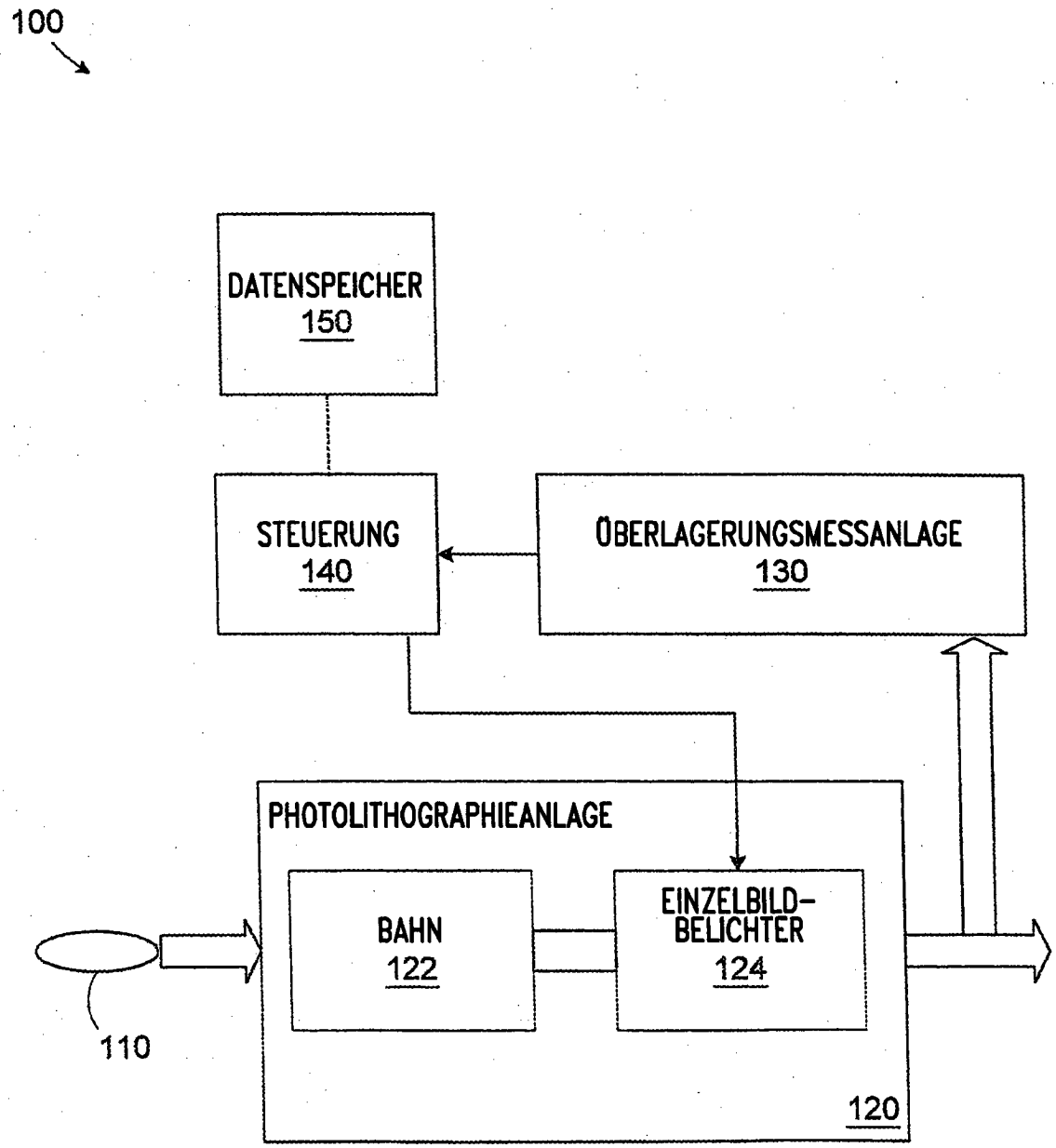


FIG. 1

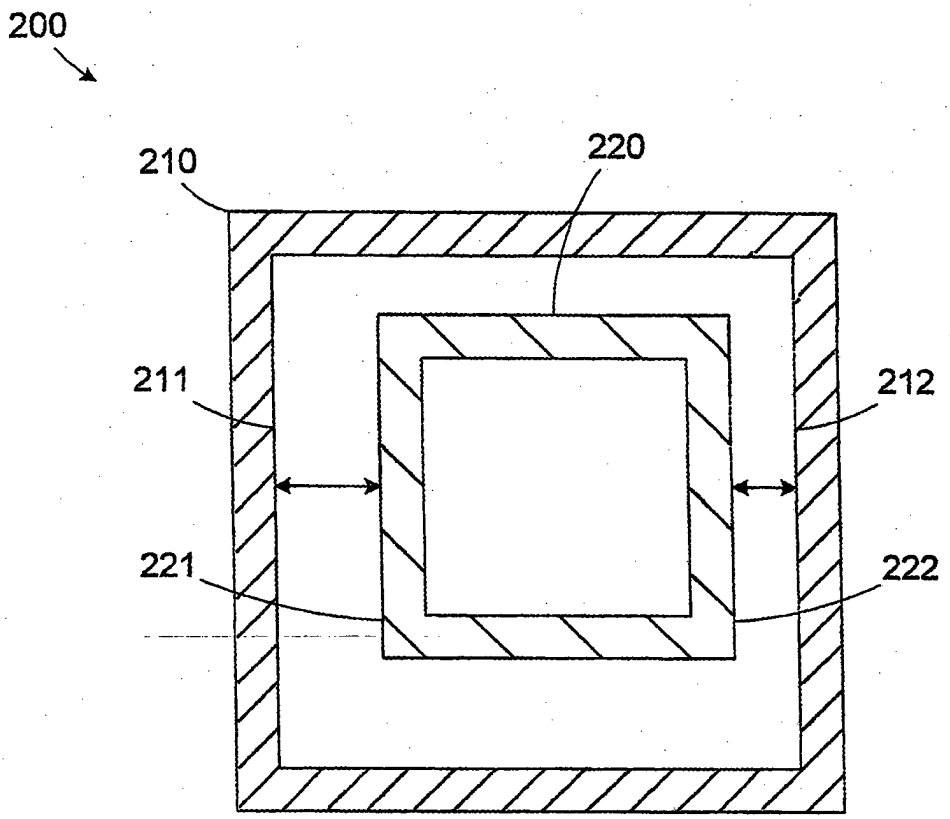


FIG. 2

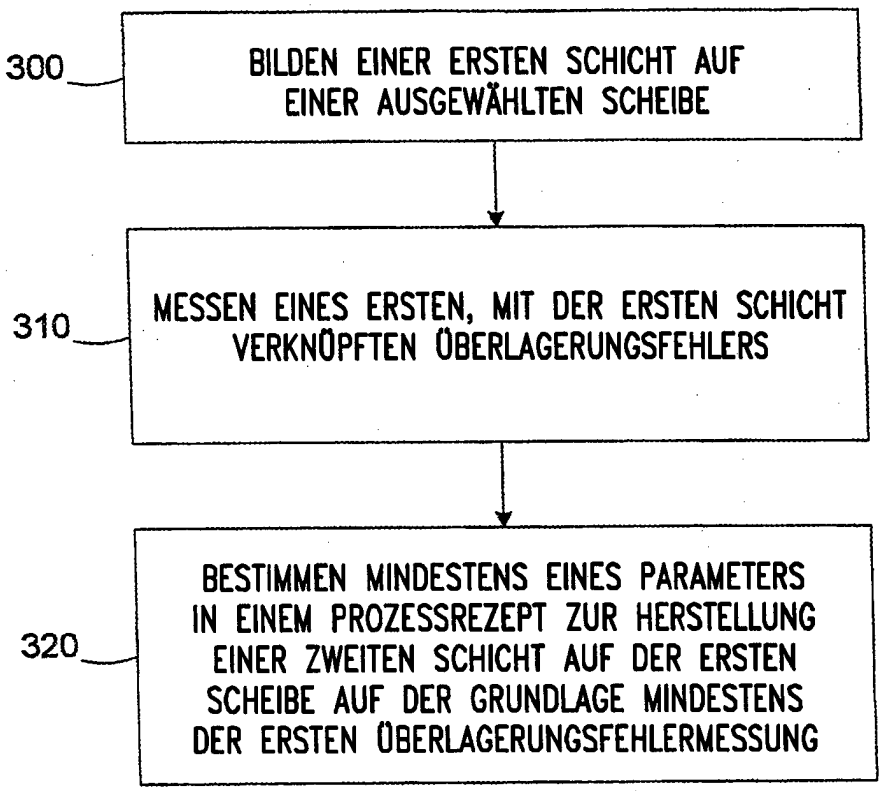

300
BILDEN EINER ERSTEN SCHICHT AUF EINER AUSGEWÄHLTEN SCHEIBE
310
MESSEN EINES ERSTEN, MIT DER ERSTEN SCHICHT VERKNÜPFTEN ÜBERLAGERUNGSFEHLERS
320
BESTIMMEN MINDESTENS EINES PARAMETERS IN EINEM PROZESSREZEPT ZUR HERSTELLUNG EINER ZWEITEN SCHICHT AUF DER ERSTEN SCHEIBE AUF DER GRUNDLAGE MINDESTENS DER ERSTEN ÜBERLAGERUNGSFEHLERMESSUNG

FIG. 3