



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 006 828.5**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2018/067011**  
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/139772**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **21.12.2018**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **18.07.2019**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **17.09.2020**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **31.08.2023**

(51) Int Cl.: **G03F 7/20 (2006.01)**  
**G03F 9/00 (2006.01)**

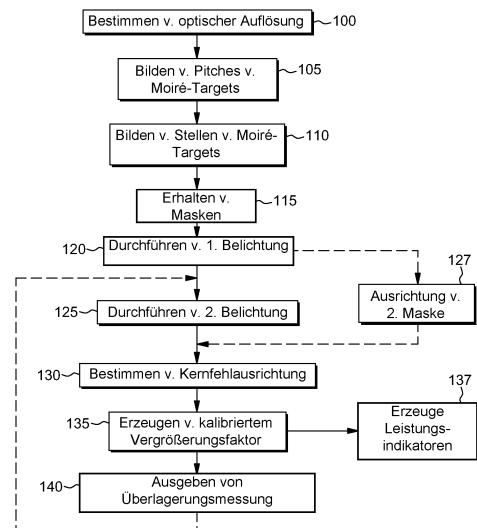
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz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

<p>(30) Unionspriorität: <b>15/869,150</b>                      <b>12.01.2018</b>    <b>US</b></p> <p>(62) Teilung in: <b>11 2018 008 276.8</b></p> <p>(73) Patentinhaber: <b>KLA Corporation, Milpitas, CA, US</b></p> <p>(74) Vertreter: <b>Reichert &amp; Lindner Partnerschaft Patentanwälte, 93049 Regensburg, DE</b></p>	<p>(72) Erfinder: <b>Yang, Dongyue, Malta, NY, US; Dai, Xintuo, Malta, NY, US; Park, Dongsuk, Malta, NY, US; Tang, Minghao, Malta, NY, US; Bellah, Md Motasim, Malta, NY, US; Sripadarao, Pavan Kumar Chinthamanipeta, Malta, NY, US; Wong, Cheuk Wun, Malta, NY, US</b></p> <p>(56) Ermittelter Stand der Technik: <b>US</b>                                      <b>2010 / 0 005 442</b>    <b>A1</b></p>
--	---

(54) Bezeichnung: **ÜBERLAGERUNGS-TARGET FÜR SELBSTREFERENZIERENDE UND SELBSTKALIBRIERENDE MOIRÉ-MUSTER-ÜBERLAGERUNGSMESSUNG**

(57) Hauptanspruch: Überlagerungs-Target umfassend:  
 ein erstes Paar von Ausrichtungstargets und ein zweites Paar von Ausrichtungstargets, wobei das erste und das zweite Paar von Ausrichtungstargets jeweils enthalten:  
 ein erstes periodisches Merkmal auf einer ersten Schicht einer Probe, wobei das erste periodische Merkmal einen ersten Pitch entlang einer Messrichtung hat;  
 ein zweites periodisches Merkmal auf der ersten Schicht, wobei das zweite periodische Merkmal einen zweiten Pitch entlang der Messrichtung hat;  
 ein drittes periodisches Merkmal auf einer zweiten Schicht der Probe, wobei das dritte periodische Merkmal den zweiten Pitch entlang der Messrichtung hat, wobei das dritte periodische Merkmal das erste periodische Merkmal überlappt und so ein erstes Moire-Muster bildet; und  
 ein viertes periodisches Merkmal auf der zweiten Schicht der Probe, wobei das vierte periodische Merkmal den ersten Pitch entlang der Messrichtung hat, wobei das vierte periodische Merkmal das zweite periodische Merkmal mit einer Fehlausrichtung entlang der Messrichtung überlappt und so ein zweites Moire-Muster bildet;  
 wobei die Fehlausrichtung des ersten Paares von Ausrichtungstargets einen positiven Wert entlang der Messrichtung hat, wobei die Fehlausrichtung des zweiten Paares

von Ausrichtungstargets einen negativen Wert entlang der Messrichtung hat; und  
 wobei ein Überlagerungs-Fehler entlang der Messrichtung zwischen der ersten ...



**Beschreibung**

## HINTERGRUND

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Ausrichtung von Masken, die bei der Herstellung von integrierten Schaltungen (ICs) verwendet werden, und insbesondere auf selbstreferenzierende und selbstkalibrierende Moire-Musterüberlagerungsmessverfahren und -systeme.

## Beschreibung des Stands der Technik

**[0002]** Die Herstellung von integrierten Schaltungen umfasst im Allgemeinen die Bildung von mehreren integrierten Schaltungsstrukturen auf einer oder mehreren Schichten über einem Substratwafer. Diese Strukturen umfassen im Allgemeinen zahlreiche durch Fotolithografie gebildete Bereiche. Die Fotolithografie verwendet Muster, um Bereiche auf einem Substrat festzulegen. Genauer wird bei der Fotolithografie eine Fotolackschicht auf einem Substrat gebildet und einer Strahlung ausgesetzt, wie z.B. ultraviolettem Licht (UV), das durch transparente Bereiche einer Maske übertragen wird, so dass es eine chemische Reaktion in entsprechenden Bereichen des Fotolacks hervorruft. Der Fotolack wird dann entwickelt, um ein Muster aus offenen Bereichen zu erzeugen, die das darunterliegende Material belichten, während die anderen Bereiche des Materials noch durch den Fotolack geschützt sind. Je nachdem, ob ein Positivlack oder ein Negativlack verwendet wird, werden die belichteten oder unbelichteten Abschnitte der Fotolackschicht entfernt. Die nicht durch den Fotolack geschützten Abschnitte des Substrats werden dann geätzt, um die Merkmale im Substrat zu bilden.

**[0003]** Die relative Positionierung und Ausrichtung, oder „Überlagerung“, zwischen den Masken regelt, ob die resultierenden integrierten Schaltungen korrekt gebildet werden. Die Minimierung von Überlagerungsfehlern ist von großer Wichtigkeit für die Herstellung von integrierten Schaltungen. Die Überlagerungsmesstechnik minimiert Überlagerungsfehler durch eine Verwendung von Überlagerungsmarkierungen in der gleichen Schicht wie die funktionale Schaltungsstruktur. Die Überlagerungsmarkierungen können verschiedene Muster aufweisen, die dann von einem Überlagerungsmesswerkzeug abgetastet und/oder abgebildet werden können. Einige Überlagerungsmarkierungen (Moire-Targets) werden kombiniert, um ein Beugungsmuster (Moire-Muster) zu erzeugen, das gemessen werden kann, um die Genauigkeit der Überlagerung der verschiedenen Masken zu bestimmen. Es wurden viele verschiedene Arten von Überlagerungsmessmus-

tern entwickelt, um die Genauigkeit von Messungen in der Überlagerungsmesstechnik zu verbessern.

**[0004]** Fortschritte in der Technologie führen weiterhin zu kleineren Strukturen in integrierten Schaltungen (ICs). Die Komplexität des fortschreitenden Technologieprozesses stellt ein schwieriges Problem für Steuerungsparameter in der Lithografie dar, wie z.B. die Überlagerung für mehrere Schichten. Eine nicht spezifizierte Überlagerung kann zu offenen Schaltungen oder Kurzschlüssen in den Strukturen führen, was sich nicht nur auf die Wafer/Chip-Ausbeute auswirkt, sondern auch auf den Prozessdurchsatz, da das Bauelement nachbearbeitet werden muss.

**[0005]** Die US-Patentanmeldung US 2010 0 005 442 A1 beschreibt Techniken und Vorrichtungen zum Bestimmen des Überlagerungsfehlers oder des Musterpositionierungsfehlers im Feld eines Scanners, der zur Strukturierung einer Probe, etwa eines Halbleiterwafers oder eines Halbleiterbauelements, verwendet wird.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0006]** Verschiedene Verfahren hierin stellen ein erstes Moire-Target mit einem ersten Pitch auf einer ersten optischen Maske her und stellen ein zweites Moire-Target mit einem zweiten Pitch auf der ersten optischen Maske her. Das zweite Moire-Target befindet sich neben dem ersten Moire-Target und ist zu diesem ausgerichtet. Diese Verfahren stellen in ähnlicher Weise ein drittes Moire-Target mit dem zweiten Pitch auf einer zweiten optischen Maske bereit und stellen ein viertes Moire-Target mit dem ersten Pitch auf der zweiten optischen Maske bereit. Das dritte Moire-Target befindet sich neben dem vierten Moire-Target um einen Verlagerungsabstand fehlausgerichtet.

**[0007]** Das erste Moire-Target und das dritte Moire-Target bilden erste Moire-Muster. Das zweite Moire-Target und das vierte Moire-Target bilden auch zweite Moire-Muster. Ferner bilden die ersten Moire-Muster und die zweiten Moire-Muster ein erstes Paar von konjugierten Moire-Mustern. Außerdem bilden die ersten Moire-Muster und die zweiten Moire-Muster ein erstes Paar von konjugierten Moire-Mustern.

**[0008]** Das erste Moire-Target, das zweite Moire-Target, das dritte Moire-Target und das vierte Moire-Target stellen eine erste Menge von Targets dar. Diese Verfahren bilden ferner eine zweite Menge von Targets, die mit der ersten Menge von Targets identisch und relativ zur ersten Menge von Targets invertiert ist, auf der ersten optischen Maske und der zweiten optischen Maske, um ein zweites Paar

von konjugierten Moire-Mustern zu erzeugen, das relativ zum ersten Paar von konjugierten Moire-Mustern invertiert ist.

**[0009]** Danach führen diese Verfahren eine erste Belichtung unter Verwendung der ersten optischen Maske durch, um eine integrierte Schaltungsschicht mit dem ersten Moire-Target und dem zweiten Moire-Target der identischen, invertierten Mengen von Targets zu erzeugen. Hierin führen Verfahren auch eine zweite Belichtung unter Verwendung der zweiten optischen Maske durch (wenn z.B. eine Überlagerungsmessung durchgeführt wird, um festzustellen, ob ein Fotolack richtig ausgerichtet ist, mehr Strukturen gebildet werden oder vor der Belichtung eine Maskenausrichtung vorgenommen wird). Die zweite Belichtung weist das dritte Moire-Target und das vierte Moire-Target von beiden Mengen von Targets auf.

**[0010]** Dies erlaubt den Verfahren hierin, eine Fehlausrichtung im Moire-Muster aus den relativ dunklen und relativ hellen Bereichen der ersten Moire-Muster und der zweiten Moire-Muster in beiden Paaren von konjugierten Moire-Mustern zu bestimmen, wenn sich Muster in der zweiten optischen Maske (die sich im Fotolack befinden oder projiziert werden) über der Schicht der integrierten Schaltung befinden. Außerdem berechnen diese Verfahren einen Vergrößerungsfaktor (aus der Fehlausrichtung der Moire-Muster zur Fehlausrichtung des Targets) als ein Verhältnis aus der Differenz der Fehlausrichtung der relativ dunklen und relativ hellen Bereiche in den Paaren aus Moire-Mustern über zweimal dem Verlagerungsabstand. Dann teilen die Verfahren hierin die Fehlausrichtung im Moire-Muster durch den Vergrößerungsfaktor, um einen selbstreferenzierten und selbstkalibrierten Targetfehlausrichtungsbetrag zu erzeugen, der dann ausgegeben wird.

**[0011]** Verschiedene hierin beschriebene Systeme können unter anderem einen Prozessor, ein Fertigungssystem und ein optisches Ausrichtungsmesssystem umfassen, das über ein computergestütztes Netzwerk mit dem Prozessor verbunden ist. Der Prozessor ist speziell dafür ausgelegt oder dazu in der Lage, ein erstes Moire-Target mit einem ersten Pitch auf einer ersten optischen Maske und ein zweites Moire-Target mit einem zweiten Pitch auf der ersten optischen Maske zu erstellen. Das zweite Moire-Target befindet sich neben dem ersten Moire-Target und ist zu diesem ausgerichtet. In ähnlicher Weise ist der Prozessor speziell angepasst oder dazu in der Lage, ein drittes Moire-Target mit dem zweiten Pitch auf einer zweiten optischen Maske und ein viertes Moire-Target mit dem ersten Pitch auf der zweiten optischen Maske herzustellen. Das dritte Moire-Target befindet sich neben dem vierten Moire-Target. Das dritte Moire-Target ist zu dem vierten Moire-Target um einen Verlagerungsabstand fehlausgerichtet.

**[0012]** Das erste Moire-Target und das dritte Moire-Target bilden erste Moire-Muster. Das zweite Moire-Target und das vierte Moire-Target bilden zweite Moire-Muster. Die ersten Moire-Muster und die zweiten Moire-Muster bilden ein erstes Paar von konjugierten Moire-Mustern.

**[0013]** Das erste Moire-Target, das zweite Moire-Target, das dritte Moire-Target und das vierte Moire-Target bilden eine erste Menge von Targets. Der Prozessor ist speziell angepasst oder dazu in der Lage, eine zweite Menge von Targets zu bilden, die mit der ersten Menge von Targets identisch ist und in Bezug auf die erste Menge von Targets auf der ersten optischen Maske und der zweiten optischen Maske invertiert ist, um ein zweites Paar von konjugierten Moire-Mustern zu erzeugen, das in Bezug auf das erste Paar von konjugierten Moire-Mustern invertiert ist.

**[0014]** Das Fertigungssystem ist speziell angepasst oder dazu in der Lage, eine erste Belichtung unter Verwendung der ersten optischen Maske durchzuführen, um eine integrierte Schaltungsschicht mit dem ersten Moire-Target und dem zweiten Moire-Target aus beiden Mengen von Targets zu erzeugen. In ähnlicher Weise ist das Fertigungssystem speziell angepasst oder dazu in der Lage, eine zweite Belichtung unter Verwendung der zweiten optischen Maske durchzuführen. Die zweite Belichtung weist das dritte Moire-Target und das vierte Moire-Target von beiden Mengen von Targets auf.

**[0015]** Das optische Ausrichtungsmesssystem ist speziell angepasst oder dazu in der Lage, eine Fehlausrichtung im Moire-Muster von relativ dunklen und relativ hellen Bereichen der ersten Moire-Muster und der zweiten Moire-Muster in beiden Paaren von konjugierten Moire-Mustern zu bestimmen, wenn die unter Verwendung der zweiten optischen Maske gebildeten Fotolackmuster sich über der integrierten Schaltungsschicht befinden. Auch ist der Prozessor speziell angepasst oder dazu in der Lage, einen Vergrößerungsfaktor der Moire-Musterfehlausrichtung zur Targetfehlausrichtung als Verhältnis aus der Differenz der Fehlausrichtung der relativ dunklen und relativ hellen Regionen in den Paaren von Moire-Mustern über zweimal dem Verlagerungsabstand zu berechnen. In ähnlicher Weise ist der Prozessor speziell angepasst oder dazu in der Lage, die Fehlausrichtung im Moire-Muster durch den Vergrößerungsfaktor zu teilen, um einen selbstreferenzierten und selbstkalibrierten Targetfehlausrichtungsbetrag zu erzeugen und auszugeben.

#### Figurenliste

**[0016]** Die Ausführungsformen sind aus der folgenden detaillierten Beschreibung mit Bezug auf die Zeichnungen leichter verständlich, die nicht notwen-

digerweise maßstabsgerecht gezeichnet sind und in denen:

**Fig. 1** ein Flussdiagramm ist, das Ausführungsformen hierin darstellt;

**Fig. 2-10** schematische Diagramme von optischen Masken gemäß Ausführungsformen hierin sind; und

**Fig. 11** ein schematisches Diagramm eines Hardwaresystems gemäß Ausführungsformen hierin ist.

#### Detaillierte Beschreibung

**[0017]** Verfahren und Systeme hierin stellen Masken mit verstärktem Kontrast dar, die bei der fotolithografischen Verarbeitung verwendet werden, indem sie ein selbstreferenzierendes, selbstkalibrierendes Targetdesign erzeugen, das einen Targetleistungsindikator generiert. Speziell werden zwei Paare von Ausrichtungstargets (eines ausgerichtet, eines um einen Versatzabstand fehlausgerichtet) auf verschiedenen Masken gebildet, um ein erstes Paar von konjugierten Moire-Mustern zu erzeugen. Andere Paare von Ausrichtungstargets werden ebenfalls auf den Masken gebildet, um ein zweites Paar von konjugierten Moire-Mustern zu erzeugen, die zum ersten Paar invertiert sind. Die Fehlausrichtung der dunklen und hellen Bereiche der ersten Moire-Muster und der zweiten Moire-Muster in beiden Paaren von konjugierten Moire-Mustern wird bestimmt, wenn Muster, die unter Verwendung der Masken gebildet werden, überlagert werden. Ein Vergrößerungsfaktor (der Fehlausrichtung im Moire-Muster zur Targetfehlausrichtung) wird als ein Verhältnis aus der Differenz der Fehlausrichtung der relativ dunklen und relativ hellen Bereiche in den Moire-Musterpaaren über zweimal dem Verlagerungsabstand berechnet. Dann wird die Fehlausrichtung im Moire-Muster durch den Vergrößerungsfaktor geteilt, um einen selbstreferenzierten und selbstkalibrierten Targetfehlausrichtungsbetrag zu erhalten, der dann ausgegeben wird.

**[0018]** Ohne dass Referenzmarken verwendet werden müssen und ohne die viel langsamere Rasterelektronenmikroskopie (REM) zu verwenden (wobei jedoch dieselbe oder eine höhere Ausrichtungspräzision wie bei der REM-Verarbeitung erreicht wird), referenzieren und kalibrieren die hier beschriebenen Verfahren und Systeme daher selbst die Ausrichtung von nur-Moire-Muster-Targets, um eine schnellere Rückmeldung als bei der REM-Verarbeitung zu erhalten, jedoch mit derselben Genauigkeit wie bei der REM-Verarbeitung.

**[0019]** Wie ebenfalls bereits erwähnt, werden die Überlagerungstoleranzen immer kritischer, da immer weniger Designregeln und immer komplexere Prozesse erforderlich sind. Aktuelle Technologiekno-

ten erfordern ein enges Budget in der Überlagerung, was eine große Herausforderung für aktuelle Überlagerungsmetrologiesysteme darstellt. Prozesseffekte und optische Effekte, wie z.B. die Bildauflösung und Abbildungsfehler, begrenzen die Genauigkeit der Überlagerungsabbildung. Aufgrund seiner hohen Präzision und Genauigkeit wird eine REM-basiertes Überlagerung (SEMOVL) häufig zur Kalibrierung der optischen Überlagerung verwendet. SEMOVL leidet jedoch unter einer langen Messungszeit (geringer Durchsatz) und ist nicht in der Lage, OVL-Informationen rechtzeitig zurück zu koppeln.

**[0020]** Um diese und andere Probleme zu beheben, wird in dieser Beschreibung ein selbstreferenziertes (SR) Moire-OVL-Schema vorgestellt, das die Erfassbarkeit der Überlagerung erheblich verbessert, indem die Reaktion des Signalkerns auf eine Überlagerungsverschiebung vergrößert wird (um einen Vergrößerungsfaktor  $1/f_{SR}$  von mehr als einer Ordnung, wobei  $1/f_{SR}$  der selbstreferenzierte Vergrößerungsfaktor ist). In dieser Beschreibung ist das Moire-OVL-Target mit verbessertem Signalkontrast für eine auf einem Bild basierte Überlagerung (image-based overlay, IBO) ausgelegt, was die Gestaltung von dichten Kernabständen ermöglicht. Auch verbessert dieses selbstreferenzierende Design die Genauigkeit der Messung erheblich. So werden Faktoren (wie z.B. die Target-Asymmetrie), die die traditionelle IBO-Ungenauigkeit verursachen, in Moire-OVL-Kernen nicht verstärkt, und daher wird die kalibrierte Moire-OVL-Ungenauigkeit um einen Faktor von  $1/f_{SR}$  reduziert. Mit diesen Systemen und Verfahren bietet der Moire-OVL die Möglichkeit, die SEMOVL-Genauigkeit und Präzision durch optische Überlagerung zu erreichen. Darüber hinaus kann dieser selbstreferenzierende Moire-OVL in die Architektur aktueller bildbasierter Überlagerungssysteme implementiert und gemessen werden.

**[0021]** Speziell stellt diese Beschreibung eine selbstkalibrierte (SK) -Moire-OVL in Kombination mit dem selbstreferenzierenden Design vor, um ferner den Moire-OVL-Vergrößerungsfaktor für jede Markierung zu kalibrieren. Das in diese Moire-OVL integrierte Selbstkalibrierungsdesign ermöglicht ein Überprüfen der Treue des Vergrößerungsfaktors, so dass ein genaues und präzises OV erreicht werden kann, und die Kalibrierungsergebnisse können als wichtiger Leistungsindikator für die Moire-OVL-Markierung/Messung verwendet werden. Außerdem können die Selbstkalibrierung und die Selbstreferenz gleichzeitig gemessen werden, um den Durchsatz zu erhöhen. Die Optimierung des Targetdesigns durch Simulation und die Charakterisierung der Markierungs- und Messqualität kann sich aus dieser Beschreibung ergeben.

**[0022]** Somit stellt diese Beschreibung eine Überlagerungsmesstechnik dar, bei der Moire-Muster ver-

wendet werden, um die Kernantwort auf die Überlagerungsfehlausrichtung zu vergrößern, wodurch die Empfindlichkeit des Kerns und die Erfassbarkeit verbessert werden. Es wird ein Moire-Muster gebildet und beobachtet, wenn das obere Gitter und das untere Gitter enge, aber unterschiedliche Pitches aufweisen. Im Allgemeinen ist der Moire-Pitch gleich dem Pitch mit maximaler Dichte, die mit optischen Mitteln auflösbar ist, und er kann unter Verwendung des folgenden Ausdrucks berechnet werden:  $p_{\text{Moire}} = p_1 p_2 / (p_1 - p_2)$ .

**[0023]** Mit den hier beschriebenen Systemen und Verfahren entspricht das Moire-OVL-Target-Design den aktuellen IBO-Schemata. Hier sind die Kerne (die dunklen Bereiche zwischen den hellen Bereichen) in den Moire-Mustern groß genug für die optische Auflösung der IBO, was die OVL-Kerne durch die aktuellen IBO-Tools auflösbar macht (optische Auflösung  $< p_{\text{Moire}}$ ). Ferner wird der Moire-Pitch klein genug gehalten, um z.B. mindestens 5 Pitches in einem Target unterzubringen, so dass sichergestellt wird, dass die Präzision von Moire-OVL vergleichbar oder besser ist als bei konventionellen IBO-Targets ( $p_{\text{Moire}} < \text{Targetgröße} / 5$ ). Allerdings ist entweder der Pitch im oberen oder der Pitch im unteren Gitter mit IBO-Werkzeugen optisch nicht auflösbar, was die Interferenz zwischen dem Signal der oberen/unteren Gitter zu Moire-Pitches minimiert und den Kontrast des Moire-Pitches deutlich erhöht ( $P_{\text{oben}}(P_{\text{unten}}) < \text{optische Auflösung}$ ).

**[0024]** Außerdem gleicht diese Verarbeitung die reflektierende Signalstärke der oberen und unteren Gitter aus, um den Signalkontrast weiter zu verbessern. Beispielsweise stellen die hier beschriebenen Verfahren und Systeme die kritische Dimension (CD) der oberen/unteren Gitter ein, um die Signalstärke zu modulieren. Diese Design-Richtlinie wird für das Target-Design und die Optimierung übernommen und auf dem Wafer verifiziert. Die Abstimmung der kritischen Dimension (CD) zur weiteren Verbesserung der Signalkontrastpräzision kann ferner unter Berücksichtigung der Kernkontrastmodulation durch OVL-Stapelgeometrie und -materialien simuliert werden.

**[0025]** Für das Design einer fortgeschrittenen Prüfmetrologie (AIM) ist die Anzahl der Balken, die in einer Markierung platziert werden können, im Allgemeinen durch den Kernkontrast begrenzt. Wenn die Kerne (Balken) zu nahe beieinanderliegen, verschlechtert sich der Kernkontrast zwischen den Balken und den Zwischenräumen. Wie oben erwähnt, legen die hier beschriebenen Verfahren und Systeme jedoch absichtlich einen oder beide der oberen oder unteren Gitterabstände fest, so dass sie von IBO-Werkzeugen optisch nicht aufgelöst werden können. Daher nutzt das hier vorgestellte Design mit dichtem Kern das hohe Kontrastsignal zwischen

dem optisch auflösbaren Moire-Kern und den nicht auflösbaren Hintergrundabständen aus, das sich aus dieser optisch unauflösbaren oberen und unteren Gitterteilung ergibt. Daher wird die Präzision der Messung durch das dichte Kerndesign, das durch die hier vorgestellten Verfahren und Systeme erzeugt wird, stark erhöht. Verglichen mit der Größe derzeitiger konventioneller AIM-Targets bietet dieses beschriebene Design eine robuste Signalkontrastpräzision und spart gleichzeitig große Mengen an Raum für die Messtechnik ein.

**[0026]** Daher bieten die hier vorgestellten Verfahren verbesserte Kontrastmasken, die bei der fotolithografischen Verarbeitung verwendet werden, indem sie ein selbstreferenzierendes, selbstkalibrierendes Targetdesign erzeugen, das einen Targetleistungsindikator generiert. Genauer gesagt verwenden die hier vorgestellten Verfahren Moire-Targetmarken von parallelen Marken mit unterschiedlichen Abständen, die dunkle und helle Moire-Muster (Kerne) erzeugen, wenn die Moire-Targetmarken überlagert werden.

**[0027]** Gemäß der Darstellung in **Fig. 1** verbessern die Verfahren hierin in Objekt 100 den Targetkontrast, indem sie die minimale optische Auflösung eines fotolithographischen optischen Ausrichtungsmesssystems bestimmen. Die Verfahren können dann einen ersten Pitch eines ersten Moire-Targets und einen zweiten Pitch eines benachbarten Moire-Targets in Objekt 105 durch Festlegen von mindestens einem der Pitches unter die minimale optische Auflösung des optischen Ausrichtungsmesssystems bilden. In Objekt 105 legen jedoch diese Verfahren die Differenz zwischen dem ersten Pitch und dem zweiten Pitch fest, um Moire-Muster (Kerne oder dunkle Streifen) zu erzeugen, die sich über der minimalen optischen Auflösung des optischen Ausrichtungsmesssystems befinden. Mit anderen Worten werden die Pitches in Objekt 105 so eingestellt, dass das optische Ausrichtungsmesssystem die Linien der einzelnen Moire-Targets nicht erkennen kann (die Moire-Targets sind optisch nicht auflösbar), aber die dunklen Linien/Streifen der Kerne der Moire-Muster erkennen kann. Diese Verfahren verstärken den Targetkontrast noch weiter, indem die Pitches so festgelegt werden, dass eine Mindestanzahl (z.B. mindestens 5, mindestens 10 usw.) von parallelen Markierungen in jedem der Moire-Targets in Objekt 105 erzeugt wird.

**[0028]** Diese Verfahren stellen zusätzlich einen verbesserten Kontrast durch Festlegen des ersten Pitch relativ zum zweiten Pitch ein, um die Stärke der Reflexion des ersten Moire-Targets und der Reflexion des zweiten Moire-Targets in Objekt 105 auszugleichen. Beim Ausgleich der Reflexionsstärke in Objekt 105 bestimmen diese Verfahren die Reflexionsstärke auf der Grundlage der Größe der Merk-

male (z.B. Linienbreiten, Spaltbreiten usw.) in den Moire-Targets und auf der Grundlage der Transparenz, Dicke, Oberflächentextur/-reflexion, Geometrie usw. der Materialien der Schichten der herzustellenden integrierten Schaltungsanordnung.

**[0029]** Im Hinblick auf die Herstellung eines selbstreferenzierenden, selbstkalibrierenden Target-Designs, das einen Target-Leistungsindikator erzeugt, wird in Objekt 110 der vorliegenden Verfahren eine erste Stelle für das erste Moire-Target und eine zweite Stelle für das zweite, benachbarte Moire-Target auf einer ersten optischen Maske gebildet. Das erste Moire-Target weist Merkmale (z.B. durch Zwischenräume getrennte parallele Linien) auf, die in einem ersten Pitch auftreten (z.B. Abstand, Frequenz, Auftreten usw.), und das zweite Moire-Target weist ähnliche Merkmale auf, die in einem zweiten Pitch auftreten, der sich von dem ersten Pitch unterscheidet.

**[0030]** Das erste Moire-Target an der ersten Stelle befindet sich neben dem zweiten Moire-Target an der zweiten Stelle auf der ersten optischen Maske und ist zu dieser ausgerichtet. Genauer gesagt handelt es sich bei den Moire-Targets um parallele Linien und Spalte zwischen den Linien, die in einer ersten Richtung verlaufen. Das erste und das zweite Moire-Target liegen in der ersten Richtung auf der ersten optischen Maske unmittelbar nebeneinander. Auch wenn das erste und das zweite Moire-Target unterschiedliche Pitches aufweisen, sind sie ausgerichtet, was bedeutet, dass der Schwerpunkt (center of gravity, COG) jedes Moire-Targets auf derselben Linie (parallel zur ersten Richtung) liegt. Mit anderen Worten liegt das Zentrum (z.B. eine Linie oder ein Spalt) des ersten Moire-Targets auf derselben Linie (in der ersten Richtung) wie das Zentrum des zweiten Moire-Targets.

**[0031]** In ähnlicher Weise bilden die Verfahren hierin in Objekt 110 eine dritte Stelle für ein drittes Moire-Target und eine vierte Stelle für ein viertes Moire-Target auf einer zweiten optischen Maske. Die dritte Stelle auf der zweiten optischen Maske entspricht (gleich) der ersten Stelle auf der ersten optischen Maske und die vierte Stelle auf der zweiten optischen Maske entspricht (gleich) der zweiten Stelle auf der ersten optischen Maske. Dies bewirkt, dass das erste und das dritte Moire-Target ein erstes Paar von Targets und das zweite und das vierte Moire-Target ein zweites Paar von Targets bilden, die unmittelbar nebeneinander liegen, was erlaubt, dass Kerne dieser Paare optisch verglichen werden.

**[0032]** Das dritte Moire-Target weist ähnliche Merkmale auf, wie oben diskutiert und die im zweiten Pitch auftreten, und das vierte Moire-Target weist ähnliche Merkmale auf, wie im ersten Pitch auftreten. In einigen Implementierungen können das erste Moire-Target

und das vierte Moire-Target identisch sein. Das zweite Moire-Target und das dritte Moire-Target können identisch sein.

**[0033]** Das dritte Moire-Target grenzt in ähnlicher Weise unmittelbar an das vierte Moire-Target an; im Gegensatz zur ersten optischen Maske weist das dritte Moire-Target jedoch nicht nur unterschiedliche Pitches auf, sondern ist auch nicht zu dem vierten Moire-Target auf der zweiten optischen Maske ausgerichtet (versetzt oder verschoben). Der Abstand dieser Versetzung liegt in einer zweiten Richtung senkrecht zur ersten Richtung. Dieser Verlagerungsabstand erlaubt es den von den Paaren von Targets erzeugten Kernen, selbstreferenzierend und selbstkalibrierend zu sein, und erlaubt den Verfahren hierin, einen Targetleistungsindikator zu erzeugen. Daher liegen die Paare von Targets unmittelbar nebeneinander und sind zueinander ausgerichtet (selbst wenn innerhalb von einem der Paare die Targets selbst absichtlich fehlausgerichtet sind).

**[0034]** Gemäß der Verwendung hierin sind „unmittelbar benachbarte“ Targets oder Targets „unmittelbar nebeneinander“ voneinander beabstandet (in der Richtung parallel zu den Linien und Spalten in den Moire-Targets), und zwar in einem Abstand, der eng genug ist, um einen optischen Vergleich zu ermöglichen (d.h. z.B. weniger als das 50-fache, weniger als das 25-fache, weniger als das 10-fache usw. der Breite der parallelen Linien (oder der Spalten) im Moire-Target). Sie können so dicht wie nur einige wenige (z.B. 5) der Spalten beieinander liegen. Daher sind die Paare von Moire-Targets auf den Masken nahe genug beieinander angeordnet, um eine optische Beobachtung zu ermöglichen, ob die von jedem Paar von Moire-Targets erzeugten dunklen Linien (Kerne) durch ein automatisches optisches Maskenausrichtungssystem ausgerichtet sind.

**[0035]** Das erste Moire-Target und das dritte Moire-Target bilden erste Moire-Muster. Das zweite Moire-Target und das vierte Moire-Target bilden ebenfalls zweite Moire-Muster. Ferner bilden die ersten Moire-Muster und die zweiten Moire-Muster ein erstes Paar von konjugierten Moire-Mustern.

**[0036]** Auch das erste Moire-Target, das zweite Moire-Target, das dritte Moire-Target und das vierte Moire-Target bilden eine erste Menge von Targets. Bei solchen Verfahren wird eine zweite Menge von Targets, die mit der ersten Menge von Targets identisch ist und relativ zur ersten Menge von Targets invertiert ist, auf der ersten optischen Maske und der zweiten optischen Maske festgelegt, um ein zweites Paar von konjugierten Moire-Mustern zu erzeugen, das relativ zum ersten Paar von konjugierten Moire-Mustern invertiert ist. Diese zusätzliche zweite Menge von identischen Targets umfasst die

gleichen ersten bis vierten Moire-Targets, die oben beschrieben sind. Der einzige Unterschied zwischen den ersten bis vierten Moire-Targets der zweiten Menge von Targets besteht darin, dass diese Targets im Vergleich zur ersten Menge von Targets invertiert sind.

**[0037]** Die erste optische Maske und die zweite optische Maske sind somit Elemente eines fotolithographischen Systems zur Herstellung integrierter Schaltungen. Zur Herstellung von Strukturen integrierter Schaltungen in Objekt 115 erhalten (herstellen oder beschaffen) die hier beschriebenen Verfahren die erste optische Maske mit dem ersten Moire-Target und dem zweiten Moire-Target (beider Mengen von Targets) darauf und erhalten die zweite optische Maske mit dem dritten Moire-Target und dem vierten Moire-Target (beider Mengen von Targets) darauf.

**[0038]** Dann führen solche Verfahren eine erste Belichtung unter Verwendung der ersten optischen Maske im Herstellungssystem als Teil des Prozesses zum Bilden von Merkmalen auf einer Schicht der integrierten Schaltungsstruktur in Objekt 120 durch. Die erste Belichtung erzeugt erste Markierungen, die dem ersten Moire-Target entsprechen, an einer Stelle auf der Schicht der integrierten Schaltungsstruktur, die der ersten Stelle entspricht, und zweite Markierungen, die dem zweiten Moire-Target entsprechen, an einer Stelle auf der Schicht der integrierten Schaltungsstruktur, die der zweiten Stelle entspricht.

**[0039]** In ähnlicher Weise führen diese Verfahren in Objekt 125 eine zweite Belichtung der integrierten Schaltungsstruktur durch, die zu der Stelle der ersten Belichtung ausgerichtet ist, wobei die zweite optische Maske im Fertigungssystem verwendet wird. Diese zweite Belichtung kann für zusätzliche Merkmale auf derselben Schicht, auf der die erste Belichtung Merkmale gebildet hat (bei Verwendung anderer Farbmasken), oder für Merkmale auf einer zweiten Schicht der integrierten Schaltungsstruktur erfolgen, die auf der ersten Schicht hinzugefügt wird, wie z.B. ein zusätzlicher Fotolack oder eine zusätzliche Funktionsschicht.

**[0040]** Es ist zu beachten, dass diese Verfahren sowohl für eine Anwendung zur Überlagerungsmessung als auch für eine Anwendung zur Abtastungsausrichtung nützlich sind. Daher können die dritte und vierte Markierung, die hier besprochen werden, tatsächliche Markierungen sein, die auf einem gebildeten Fotolack oder der integrierten Schaltungsstruktur erscheinen (wobei die Ausrichtung der Merkmale geprüft wird, nachdem Linien in der Struktur gebildet wurden), wenn in Objekt 125 tatsächliche Strukturen gebildet werden; oder, wie in Objekt 127 gezeigt, können die dritte und vierte Markierung Lichtprojektionen sein, die verwendet werden, um

die zweite optische Maske mit den gerade von der ersten Belichtung gebildeten Linien auf der integrierten Schaltungsstruktur auszurichten (Abtastungsausrichtung). Es ist zu beachten, dass, wie durch die gestrichelten Kästchen und Linien in **Fig. 1** gezeigt, wenn die Verarbeitung für die Abtastungsausrichtung in Objekt 127 verwendet wird, die Verarbeitung nach Abschluss der Ausrichtungsverarbeitung in Objekt 140 zu Objekt 125 zurückkehrt, um tatsächliche Strukturen zu bilden (die dann in den Objekten 130-140 einer Überlagerungsmessung unterzogen werden können).

**[0041]** Die zweite Belichtung erzeugt dritte Markierungen, die dem dritten Moire-Target an einer Stelle des Fotolacks oder der integrierten Schaltkreisstruktur entsprechen, die der dritten Stelle entspricht, und vierte Markierungen, die dem vierten Moire-Target an einer Stelle des Fotolacks oder der integrierten Schaltkreisstruktur entsprechen, die der vierten Stelle entspricht (für jede der Mengen von Targets).

**[0042]** Die ersten Markierungen und die dritten Markierungen bilden zusammen erste Moire-Muster mit dunklen und hellen Abschnitten, die durch eine Kombination der Muster des ersten Moire-Targets und des dritten Moire-Targets erzeugt werden. Auch die zweiten Markierungen und die vierten Markierungen bilden zusammen zweite Moire-Muster mit dunklen und hellen Abschnitten, die durch eine Kombination der Muster des zweiten Moire-Targets und des vierten Moire-Targets erzeugt werden.

**[0043]** Die erste Stelle und die zweite Stelle auf der ersten optischen Maske sowie die dritte Stelle und die vierte Stelle auf der zweiten optischen Maske, die festgelegt wurden, werden in Objekt 110 positioniert, um alle dunklen und hellen Abschnitte der ersten Moire-Muster und der zweiten Moire-Muster auszurichten, wenn die erste optische Maske und die zweite optische Maske bei der Belichtung zu derselben Stelle ausgerichtet werden. Dies ermöglicht diesen Verfahren, den Fehlausrichtungsbetrag der Moire-Muster basierend darauf, wie eng die dunklen und hellen Abschnitte der ersten Moire-Muster und der zweiten Moire-Muster (der Kerne) in Objekt 130 ausgerichtet sind, unter Verwendung eines optischen Ausrichtungsmesssystems zu bestimmen, das eine ausreichende Auflösung aufweist, um diese dunklen und hellen Abschnitte der Moire-Muster zu erkennen. Somit bestimmen diese Verfahren in Objekt 130 eine Fehlausrichtung im Moire-Muster der relativ dunklen und relativ hellen Bereiche der ersten Moire-Muster und der zweiten Moire-Muster in beiden Paaren von konjugierten Moire-Mustern, wenn sich Muster in der zweiten optischen Maske über der Schicht der integrierten Schaltung befinden.

**[0044]** Der Unterschied in den Abständen bewirkt eine erwartete Vergrößerung der ersten und zweiten

Moire-Muster, wobei davon ausgegangen wird, dass keine Verzerrung durch das Fertigungssystem erzeugt wird. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass eine Verzerrung vorhanden ist, und daher berechnen diese Verfahren, wie in Objekt 135 gezeigt, einen kalibrierten Vergrößerungsfaktor (der Fehlausrichtung im Moire-Muster zur Targetfehlausrichtung) als ein Verhältnis aus der Differenz der Fehlausrichtung der relativ dunklen und relativ hellen Bereiche in den Moire-Muster-Paaren über den doppelten Versatzabstand.

**[0045]** Daher wird bei einer solchen Verarbeitung zunächst der selbstkalibrierte Vergrößerungsfaktor als ein Verhältnis aus der Differenz der Fehlausrichtung der Kerne in den Paaren von Moire-Mustern über zweimal dem Verlagerungsabstand in Objekt 135 berechnet. Darüber hinaus können die hier beschriebenen Verfahren den Kalibrierungsfaktor und den Fehlausrichtungsbetrag für ein gegebenes System verfolgen, um Leistungsindikatoren für spezielle Targets und/oder Systeme in Objekt 137 zu erzeugen. Mit anderen Worten können die Kalibrierungsfaktoren von verschiedenen einzelnen Masken, Mengen von Masken, Typen von Masken usw., sowie von verschiedenen Systemen, die Masken herstellen oder verwenden (Foundries, Maskenhäuser usw.) in Abhängigkeit von der Zeit verfolgt werden, um diese Masken oder Systeme zu bewerten und zu bestimmen, was diese Masken oder Systeme leisten. Mit anderen Worten zeigen die in Objekt 137 generierten Leistungsindikatoren, wie nahe die Masken oder Systeme der erwarteten Vergrößerung (die verzerrungsfrei ist) sind.

**[0046]** Diese Verarbeitung verwendet dann den selbstkalibrierten Vergrößerungsfaktor aus Objekt 135, um die tatsächliche Targetüberlagerungsverschiebung (Maskenfehlausrichtung) zu berechnen, die gleich der COG-Verschiebung zwischen oberen und unteren Schichten ist, geteilt durch den selbstkalibrierten Vergrößerungsfaktor. In Objekt 140 teilen die hier beschriebenen Verfahren also die Fehlausrichtung im Moire-Muster durch den Vergrößerungsfaktor, um einen selbstreferenzierten und selbstkalibrierten Targetfehlausrichtungsbetrag zu erzeugen, der dann ausgegeben wird. So wird der Überlagerungsversatz der Targets auf dem entwickelten Lack und der darunterliegenden Schicht in Objekt 140 dem Scanner zurückgemeldet, um einen Inline-Überlagerungsversatz zu erzielen.

**[0047]** Die **Fig. 2-10** veranschaulichen das Obige anhand einiger exemplarischer Moire-Targets. Genauer stellt **Fig. 2** einen Abschnitt einer ersten Maske 200 mit einer ersten Stelle 204 für ein erstes Moire-Target 212 und einer zweiten Stelle 206 für ein zweites Moire-Target 214 dar. **Fig. 3** stellt das erste Moire-Target 212 an der ersten Stelle 204 und das zweite Moire-Target 214 an der zweiten Stelle 206

dar. **Fig. 3** stellt auch dar, dass das erste Moire-Target 212 Merkmale (z.B. parallele Linien) aufweist, die mit einem ersten Pitch (z.B. Abstand, Häufigkeit, Vorkommen usw.) auftreten, und das zweite Moire-Target 214 weist ähnliche Merkmale auf, die mit einem zweiten Pitch auftreten, der sich von dem ersten Pitch unterscheidet.

**[0048]** Gemäß der Darstellung in **Fig. 2** und **Fig. 3** liegt das erste Moire-Target 212 an der ersten Stelle 204 neben dem zweiten Moire-Target 214 an der zweiten Stelle 206 auf der ersten optischen Maske 200 und ist zu diesem ausgerichtet. Genauer, wie in **Fig. 3** dargestellt ist, sind die Moire-Targets parallele Linien und Spalte zwischen den Linien, die in einer bestimmten (z.B. ersten) Richtung verlaufen. Die ersten und zweiten Moire-Targets 212 und 214 liegen (in der ersten Richtung) unmittelbar nebeneinander. Auch wenn das erste und das zweite Moire-Target 212 und 214 unterschiedliche Pitches aufweisen, sind sie ausgerichtet, was bedeutet, dass der Schwerpunkt (COG) von jedem Moire-Target auf derselben Linie (parallel zur ersten Richtung) liegt. Der Schwerpunkt ist die Stelle an der Mitte (Mittellinie) eines Targets. Mit anderen Worten, der Mittelpunkt des ersten Moire-Targets 212 liegt auf der gleichen Linie (in der ersten Richtung) wie der Mittelpunkt des zweiten Moire-Targets 214.

**[0049]** In ähnlicher Weise, wie in **Fig. 4** gezeigt ist, bestimmen die hier beschriebenen Verfahren eine dritte Stelle 208 für ein drittes Moire-Target 216 und eine vierte Stelle 210 für ein viertes Moire-Target 218 auf einer zweiten optischen Maske 202. **Fig. 5** stellt das dritte Moire-Target 216 an der dritten Stelle 208 und das vierte Moire-Target 218 an der vierten Stelle 210 dar. **Fig. 5** stellt auch dar, dass das dritte Moire-Target 216 Merkmale, die ähnlich zu den oben besprochenen Merkmalen sind und die unter dem zweiten Pitch auftreten, und das vierte Moire-Target 218 Merkmale aufweisen, die unter dem ersten Pitch auftreten. In einigen Implementierungen können das erste Moire-Target 212 und das vierte Moire-Target 218 identisch sein und das zweite Moire-Target 214 und das dritte Moire-Target 216 können identisch sein. Die erste und dritte Moire-Targets 212 und 216 bilden ein erstes Paar von Targets und das zweite und das vierte Moire-Target 214 und 218 bilden ein zweites Paar von Targets.

**[0050]** Das dritte Moire-Target 216 liegt in ähnlicher Weise unmittelbar neben dem vierten Moire-Target 218; im Gegensatz dazu, dass die ersten optischen Maske 200 ferner unterschiedliche Pitches aufweist, ist das dritte Moire-Target 216 jedoch nicht zum vierten Moire-Target 218 auf der zweiten optischen Maske 202 ausgerichtet (versetzt oder verlagert). Mit anderen Worten liegt der Schwerpunkt des dritten und vierten Moire-Targets 216 und 218 nicht auf der gleichen Linie, wie in **Fig. 5** dargestellt ist. Gemäß



der Darstellung in **Fig. 5** liegt der Abstand  $d$  dieses Versatzes in einer zweiten Richtung senkrecht zur ersten Richtung und dieser Versatzabstand ermöglicht es einem Paar von Moire-Mustern, selbstreferenzierend und selbstkalibrierend zu sein. Es ermöglicht weiterhin den hier beschriebenen Verfahren, einen Leistungsindikator für das Target zu erzeugen.

**[0051]** Gemäß oben verbessern die Verfahren hier den Kontrast des Targets, indem sie die minimale optische Auflösung eines fotolithographischen optischen Ausrichtungsmesssystems bestimmen. Die Verfahren können dann die Pitches von jedem Paar von Moire-Targets bestimmen, indem mindestens einer dieser Pitches unter die minimale optische Auflösung des optischen Ausrichtungsmesssystems gesetzt wird. Diese Verfahren legen jedoch die Differenz zwischen den Pitches so fest, dass Moire-Muster erzeugt werden, die über der minimalen optischen Auflösung des optischen Ausrichtungsmesssystems liegen. Mit anderen Worten kann das optische Ausrichtungsmesssystem die Linien der einzelnen Moire-Targets nicht erfassen, kann aber die hellen und dunklen Muster erfassen, die die Kerne bilden. Diese Verfahren verbessern ferner den Targetkontrast, indem die Pitches so festgelegt werden, dass mindestens fünf parallele Markierungen in jedem der Moire-Targets erzeugt werden.

**[0052]** Diese Verfahren stellen einen zusätzlich verbesserten Kontrast bereit, indem der erste Pitch relativ zum zweiten Pitch von jedem Paar von Moire-Targets festgelegt wird, um die Stärke der Reflexion der Targets auszugleichen. Beim Ausgleich der Reflexionsstärke bestimmen diese Verfahren die Reflexionsstärke auf der Grundlage von Größen der Merkmale (z.B. Linienbreiten, Spaltbreite usw.) in den Moire-Targets und auf der Grundlage der Transparenz, Dicke, Oberflächentextur/-reflexion, Geometrie usw. der Materialien der Schichten der integrierten Schaltungsanordnung, die hergestellt wird.

**[0053]** Es ist zu beachten, dass diese Verfahren sowohl für eine Anwendung zur Überlagerungsmessung als auch für eine Anwendung zur Abtastungsausrichtung nützlich sind. Daher können die dritten und vierten Markierungen, die hier besprochen sind, tatsächliche Markierungen sein, die auf der integrierten Schaltungsstruktur auftreten (wobei die Ausrichtung der Merkmale geprüft wird, nachdem sie in der Struktur gebildet sind); oder die dritten und vierten Markierungen können Lichtprojektionen sein, die verwendet werden, um die zweite optische Maske 202 mit den zuvor gebildeten Markierungen im Substrat auszurichten, die durch die erste Belichtung erzeugt wurden.

**[0054]** Daher sind die erste Stelle 204 und die dritte Stelle 208 die gleiche Stelle auf den ersten und zweiten Masken 200 und 202. Die zweite Stelle 206 und

die vierte Stelle 210 sind jedoch unterschiedliche Stellen auf den ersten und zweiten Masken 200 und 202. Genauer gesagt ist die zweite Stelle 206 von der vierten Stelle 210 um den Abstand  $d$  verschoben.

**[0055]** **Fig. 6** zeigt ein Substrat 220, das durch die ersten und zweiten Masken 200 und 202 strukturiert ist, die an der gleichen Stelle ausgerichtet sind. Gemäß der Darstellung in **Fig. 6** verbinden sich erste Markierungen (entsprechend dem ersten Moire-Target 212 an einer Stelle, die der ersten Stelle 204 entspricht) und dritte Markierungen (entsprechend dem dritten Moire-Target 216 an einer Stelle, die der dritten Stelle 208 entspricht) zu ersten Moire-Mustern 222 mit dunklen und hellen Abschnitten, die durch eine Kombination der Muster des ersten Moire-Targets 212 und des dritten Moire-Targets 216 erzeugt werden. Auch die zweiten Markierungen (entsprechend dem zweiten Moire-Target 214 an einer Stelle, die der zweiten Stelle 206 entspricht) und die vierten Markierungen (entsprechend dem vierten Moire-Target 218 an einer Stelle, die der vierten Stelle 210 entspricht) kombinieren sich zur Bildung von zweiten Moire-Mustern 222 mit dunklen und hellen Abschnitten von Moire-Mustern, die durch eine Kombination der Muster des zweiten Moire-Targets 214 und des vierten Moire-Targets 218 erzeugt werden.

**[0056]** Es ist zu beachten, dass diese Verfahren sowohl für eine Anwendung zur Überlagerungsmessung als auch für eine Anwendung zur Abtastungsausrichtung nützlich sind. Daher können die oben besprochenen dritten und vierten Markierungen tatsächliche Markierungen sein, die auf einer Schicht oder einem Fotolack der integrierten Schaltungsstruktur erscheinen (wobei die Ausrichtung der Merkmale geprüft wird, nachdem sie in einer Schicht gebildet wurden); oder die dritten und vierten Markierungen können Lichtprojektionen sein, die zur Ausrichtung der zweiten optischen Maske 202 mit den zuvor gebildeten ersten und zweiten Markierungen verwendet werden.

**[0057]** Die Objekte 226 in **Fig. 6** sind die „Kerne“, die die dunklen Abschnitte der Moire-Muster darstellen. Daher können die erste Stelle 204 und die zweite Stelle 206 auf der ersten optischen Maske 200 und die dritte Stelle 208 und die vierte Stelle 210 auf der zweiten optischen Maske 202 so positioniert werden, dass alle dunklen und hellen Muster, die von den ersten Moire-Mustern und den zweiten Moire-Mustern erzeugt werden, ausgerichtet sind, wenn die erste optische Maske 200 und die zweite optische Maske 202 ausgerichtet sind.

**[0058]** Wie jedoch durch die gestrichelten Kästchen 228 gezeigt wird, die die gegenüberliegenden Kerne 226 in den ersten und zweiten Moire-Mustern 222 und 224 in **Fig. 6** umgeben, sind die Kerne 226

jedoch nicht ausgerichtet (die gestrichelten Kästchen 228, die die Positionen der Kerne 226 in **Fig. 6** darstellen, sind nicht ausgerichtet). Dies ermöglicht es diesen Verfahren, den Fehlausrichtungsbetrag der Moire-Muster basierend darauf, wie eng die dunklen und hellen Kerne 226 der Moire-Muster 222, 224 ausgerichtet sind, unter Verwendung eines optischen Ausrichtungsmesssystems zu bestimmen, das eine ausreichende Auflösung aufweist, um diese dunklen und hellen Kerne 226 zu erkennen. Darüber hinaus berechnen diese Verfahren einen Vergrößerungsfaktor der Moire-Muster 222, 224 und teilen dann die Fehlausrichtung im Moire-Muster durch den Vergrößerungsfaktor, um einen Targetfehlausrichtungsbetrag zu erhalten.

**[0059]** Wie oben stellen die erste Stelle 204 und die dritte Stelle 208 die gleiche Stelle auf den ersten und zweiten Masken 200 und 202 dar. Die zweite Stelle 206 ist jedoch von der vierten Stelle 210 um den Abstand  $d$  verlagert. Diese Anordnung der Targets bewirkt, dass sich der Überlagerungskern in die entgegengesetzte Richtung zu der Überlagerungsfehlausrichtung verschiebt, wodurch sich der Vergrößerungsfaktor verdoppelt, da jeder Unterschied zwischen den dunklen Bereichen der Kerne des Moire-Muster-Paares doppelt so groß ist wie der Vergrößerungsfaktor von einem der Moire-Muster allein. Mit anderen Worten, da sich die dunklen Bereiche von benachbarten Moire-Mustern bei einer Maskenfehlausrichtung in entgegengesetzte Richtungen bewegen, sind die dunklen Bereiche doppelt so weit voneinander entfernt, wie jeder einzelne von einem unbewegten Referenzpunkt, was den Vergrößerungsfaktor im Vergleich zur Messung des Abstands eines Moire-Musters relativ zum unbewegten Referenzpunkt verdoppelt.

**[0060]** Dies ist beispielsweise in **Fig. 7** gezeigt, wo die „erste Kernwiederherstellung“ eine Stelle zeigt, an der Linien des ersten Moire-Targets 212 und des dritten Moire-Targets 216 ausgerichtet sind, was nicht die richtige Stelle ist, wenn die ersten und zweiten Masken 200 und 202 richtig ausgerichtet worden wären. Um die Ausrichtung zu bestimmen, berechnen die hier beschriebenen Verfahren und Systeme einen Vergrößerungsfaktor der Moire-Muster, und teilen dann die Fehlausrichtung im Moire-Muster durch den Vergrößerungsfaktor, um einen Targetfehlausrichtungsbetrag zu erzeugen. **Fig. 7** wird verwendet, um Aspekte einer Berechnung des Vergrößerungsfaktors zu veranschaulichen.

**[0061]** Der erweiterte Abschnitt in **Fig. 7** stellt die Breite der Linien ( $d_2$ ) und den Abstand oder Pitch ( $p_2$ ) des ersten Moire-Targets 212 dar; auch stellt es die Breite der Linien ( $d_1$ ) und den Abstand oder Pitch ( $p_1$ ) des dritten Moire-Targets 216 dar. Ferner ist die Kernverschiebung der ersten und dritten Moire-Targets 212 und 216 in **Fig. 7** als  $x_0$ ,  $x_{01}$  usw. dargestellt.

**[0062]** Zur Berechnung des Vergrößerungsfaktors mit Bezug auf **Fig. 7** wird im Falle von  $p_1 > p_2$  der Kernel-Vergrößerungsfaktor ( $f$ ) als der erste Pitch festgelegt,  $x_{01} = (p_2 + x_0 - p_1)$ ,  $\Delta x_0 = x_0 - x_{01} = p_1 - p_2$ . Um den Versatz im 0 Kern wiederherzustellen, ist die Anzahl der  $p_1$ -Gitterverlagerung daher gleich  $x_0 / \Delta x_0 = x_0 / (p_1 - p_2)$ . Die maximale Moire-Dichte verlagert sich für  $x_0 * p_1 / (p_1 - p_2)$  in die  $x_0$ -Richtung.

**[0063]** Demzufolge wird die Überlagerungskernverlagerung OVL ( $x_0$ ) berechnet durch

$$OVL(x_0) = x_0 * p_1 / (p_1 - p_2). \quad (1)$$

Dies korreliert OVL und den Moire-Pitch  $p_{\text{Moire}}$  durch

$$OVL(x_0) = x_0 * p_{\text{Moire}} / p_2. \quad (2)$$

**[0064]** Daher definiert diese Beschreibung den Vergrößerungsfaktor als

$$f = p_1 / (p_1 - p_2). \quad (3)$$

**[0065]** In einem Beispiel kann  $p_1$  200 betragen und  $p_2$  kann 190 betragen. Unter Verwendung von Formel (3) wird daraus  $f = 200 / (200 - 190) = 20$ . Daher beträgt der erwartete Vergrößerungsfaktor in diesem Beispiel 20, was bedeutet, dass der Versatz der Kerne in den Moire-Mustern ohne Verzerrung 20 Mal so groß ist wie die Maskenfehlausrichtung. Dadurch kann der erwartete Maskenfehlausrichtungsfaktor auf dem Design der Targets (den Pitches der Targets) und nicht auf einer gemessenen Beobachtung basieren. Der Vergrößerungsfaktor wird jedoch auf die beobachtete Fehlausrichtung kalibriert, wie unten beschrieben.

**[0066]** Im konjugierten Fall mit  $p_1 < p_2$  ist die Vergrößerungsfaktorformel (3) immer noch gültig und führt zu einem negativen Vorzeichen. Dadurch verschiebt sich der Überlagerungskern in die zu der Überlagerungsfehlausrichtung entgegengesetzte Richtung, wodurch sich der Vergrößerungsfaktor verdoppelt, da jede Differenz zwischen dunklen Bereichen der Kerne des Paares von Moire-Muster doppelt so groß ist wie der Vergrößerungsfaktor von einem der Moire-Muster allein. Mit anderen Worten: Da sich die dunklen Bereiche benachbarter Moire-Muster bei einer Maskenverschiebung in entgegengesetzte Richtungen bewegen, sind die dunklen Bereiche doppelt so weit voneinander entfernt, wie jeder einzelne von einem sich nicht bewegenden Referenzpunkt entfernt ist, wodurch sich der Vergrößerungsfaktor im Vergleich zur Messung des Abstands von einem Moire-Muster relativ zum sich nicht bewegenden Referenzpunkt verdoppelt.

**[0067]** Daher nutzt das selbstreferenzierende Moire-OVL den Kernvergrößerungseffekt und den Effekt des umgekehrten Vorzeichens für konjugierte

Pitchkonfigurationen ( $p_1 > p_2$ ,  $p_1 < p_2$ ), um die Verwendung von Referenzpunkten oder -markierungen zu vermeiden und den Vergrößerungsfaktor zu verdoppeln. Daher werden die hier beschriebenen Verfahren und Systeme verwendet, um Kerne zur Selbstreferenzierung zu überlagern, und die Selbstreferenzierung verdoppelt den Vergrößerungsfaktor im Vergleich zu einem einzelnen Moire-Muster, das zu einem sich nicht bewegenden Referenzpunkt ausgerichtet ist.

**[0068]** Genauer gesagt ist das Targetdesign für konjugierte Pitchkonfigurationen ( $p_a$ ,  $p_b$ ), bei denen  $p_a > p_b$ , wie folgt: Target1:  $p_1 = p_a$ ;  $p_2 = p_b$  und Target2:  $p_1 = p_a$ ;  $p_2 = p_b$ . Der Kernvergrößerungsfaktor für diese Targets ist daher:

$$f_1 = p_1 / (p_1 - p_2) = p_1 / (p_a - p_b) \quad \text{Target1:}$$

$$f_2 = p_1 / (p_1 - p_2) = p_a / (p_a - p_b) \quad \text{Target2:}$$

**[0069]** Die selbstreferenzierte Kernverlagerung ist gegeben durch

$$OVL(x_0)_{SA} = OVL(x_0)_1 - OVL(x_0)_2 \quad (5)$$

**[0070]** Zusammen mit (1), (4) und (5) ist

$$OVL(x_0)_{SA} = [(p_a + p_b) / (p_a - p_b)] = (x_0) \quad (6)$$

**[0071]** Daher kann der selbstreferenzierte Kernvergrößerungsfaktor ( $f_{SR}$ ) dargestellt werden durch:

$$f_{SR} = (p_a + p_b) / |p_a - p_b| \quad (7)$$

**[0072]** Das erste Moire-Target und das dritte Moire-Target bilden erste Moire-Muster. Das zweite Moire-Target und das vierte Moire-Target bilden ebenfalls zweite Moire-Muster. Ferner bilden die ersten Moire-Muster und die zweiten Moire-Muster ein erstes Paar von konjugierten Moire-Mustern.

**[0073]** Das erste Moire-Target, das zweite Moire-Target, das dritte Moire-Target und das vierte Moire-Target stellen eine erste Menge von Targets dar. Diese Verfahren bilden ferner auf der ersten optischen Maske und auf der zweiten optischen Maske eine zweite Menge von Targets, die mit der ersten Menge von Targets identisch und relativ zu der ersten Menge von Targets invertiert ist, um ein zweites Paar von konjugierten Moire-Mustern zu erzeugen, das relativ zu dem ersten Paar von konjugierten Moire-Mustern invertiert ist.

**[0074]** Die Fig. 8 und Fig. 9 stellen eine solche Struktur dar und diese Zeichnungen zeigen, dass die ersten und zweiten Masken 200 und 202 zusätzliche Mengen von ersten bis vierten Moire-Targets 212, 214, 216, 218 in verschiedenen Orientierungen (z.B. invertiert, senkrecht, invertiert und senkrecht

usw. zu denen, die in den Fig. 3 und Fig. 5 dargestellt sind) zusätzlich zu der ersten Menge von Moire-Targets sind, die oben beschrieben sind. Insbesondere stellen die Fig. 8 und Fig. 9 vier Mengen aus vier Targets auf den beiden Masken dar, wobei zwei Mengen senkrecht zu den beiden anderen sind und jede Menge, die parallel ist, in Bezug auf die andere invertiert ist.

**[0075]** Fig. 10 stellt die verschiedenen Kerne dar, die aus der Überlagerung der Markierungen hergestellt werden können, die sich aus den in den Fig. 8 und Fig. 9 gezeigten Masken ergeben. In Bezug auf eine Vergrößerungskalibrierung gibt es in diesem Beispiel eine Menge von vier Targets (oder Kernpaare (Kerne A und B)) und eine entsprechende identische, aber invertierte zweite Menge von vier Targets (oder Kernpaare (Kerne A' und B')) in Fig. 10. Genauer gesagt, wenn in diesem Beispiel die Kerne A und B die Verlagerung d aufweisen, dann weisen die Kerne A und B die Verlagerung -d auf, da die Kerne A' und B' relativ zu den Kernen A und B invertiert sind. Daher ist bei einem Fehlaustrichtungsbetrag (tatsächliche OV-Verlagerung), die als OV bezeichnet wird, die Kernverlagerung zwischen A und B:  $A - B = (d + OV) \cdot f_{sc}$ . In ähnlicher Weise beträgt die Kernverlagerung zwischen A' und B':  $A' - B' = (-d + OV) \cdot f_{sc}$ . Daher wird der SC-Vergrößerungsfaktor durch den Kernelverlagerungsverhältnis zwischen (A - B) und (A' - B') berechnet, der ist:

$$f_{sc} = [(A - B) - (A' - B')] / 2d \text{ und der tatsächliche OV kann berechnet werden als:}$$

$$OV = [(A + A') / 2 - (B + B') / 2] / f_{sc}$$

**[0076]** Mit anderen Worten wird der erwartete Vergrößerungsfaktor aus dem Design der Targets berechnet und basiert auf der Differenz zwischen den entworfenen Abständen der überlagerten Targets. Der tatsächliche Vergrößerungsfaktor wird jedoch aufgrund der durch das fotolithografische System verursachten Verzerrungen verschieden sein. Anstatt ein zeitaufwändiges REM zur Messung der tatsächlichen Vergrößerung zu verwenden, berechnen die hier vorgestellten Verfahren und Systeme die tatsächliche Vergrößerung auf der Grundlage der Unterschiede der relativ invertierten Paare von Moire-Mustern (ein Paar: Kern A und B; zweites Paar von Kerne A' und B').

**[0077]** Wie aus den obigen Berechnungen hervorgeht, findet diese Verarbeitung zunächst den selbstkalibrierten Vergrößerungsfaktor ( $f_{sc}$ ) als ein Verhältnis aus der Differenz der Fehlaustrichtung der Kerne in den Paaren von Moire-Mustern ((A - B) weniger (A - B')) über zweimal den Verlagerungsabstand (2d). Dann verwendet diese Verarbeitung den selbstkalibrierten Vergrößerungsfaktor ( $f_{sc}$ ), um die tatsächliche OV-Verlagerung (tatsächliche Maskenfehlaus-

richtung) zu berechnen, die, wie oben gezeigt, gleich der gemittelten COG-Verlagerung zwischen oberen und unteren Schicht  $((A + A')/2 - (B + B')/2)$  geteilt durch den selbstkalibrierten Vergrößerungsfaktor ( $f_{sc}$ ) ist. Selbstkalibrierungsprozesse (SK-Prozesse) und Selbstreferenzierungsprozesse (SR-Prozesse) sind daher in eine Operation integriert und werden darin berechnet, ohne Target-Raum oder Messdurchsatz zu opfern.

**[0078]** Aufgrund der Pitch-Unterschiede der ersten und dritten Targets 212 und 216 sowie der Pitch-Unterschiede der zweiten und vierten Targets 214 und 218 werden die Moire-Muster so berechnet, dass eine erwartete Vergrößerung der Ausrichtung der Linien in den Targets entsteht. Daher sind die hier beschriebenen Verfahren und Systeme nicht nur selbstreferenzierend, sondern auch selbstkalibrierend. Die in SR-Moire-OVL integrierte Kalibrierung kalibriert den Vergrößerungsfaktor für einzelne Markierungen auf dem Wafer/Maske. Diese Verarbeitung erfasst die Abweichung des Vergrößerungsfaktors vom theoretischen (unverzerrten/unvergrößerten) Wert des Designs. Diese Abweichung kann durch Markierungsschäden usw. verursacht werden. Der selbstkalibrierte Vergrößerungsfaktor ( $f_{sc}$ ) wird auf die Messergebnisse zurückgeführt, um die tatsächliche OVL-Verlagerung mit tatsächliche OVL-Verlagerung = Moiré-OVL/ $f_{sc}$  zu kalibrieren.

**[0079]** Wie weit der kalibrierte Faktor vom theoretischen Wert abweicht, ist ein Schlüsselleistungsindikator (KPI) für Markenqualität und Messqualität, wie folgt

$$\text{Moiré - OVL - KPI} = |f_{SR} - f_{SC}| / f_{SR}$$

**[0080]** Daher bestimmt eine solche Verarbeitung eine Fehlausrichtung im Moire-Muster der relativ dunklen und relativ hellen Bereiche der ersten Moire-Muster und der zweiten Moire-Muster in beiden Paaren von konjugierten Moire-Mustern, wenn sich die Muster in der zweiten optischen Maske über der integrierten Schaltungsschicht befinden. Demzufolge wird ein Vergrößerungsfaktor (der Fehlausrichtung im Moire-Muster zur Target-Fehlausrichtung) als ein Verhältnis aus der Differenz der Fehlausrichtung der relativ dunklen und relativ hellen Bereiche in den Paaren von Moire-Mustern über zweimal den Verlagerungsabstand berechnet. Dann teilt die Verarbeitung hierin die Fehlausrichtung im Moire-Muster durch den Vergrößerungsfaktor, um einen selbstreferenzierten und selbstkalibrierten Target-Fehlausrichtungsbetrag zu erzeugen, der dann ausgegeben wird.

**[0081]** Da die hierin beschriebenen Verfahren und Systeme Linien in den Moire-Targets verwenden, die zu klein sind, um von optischen Systemen erkannt zu werden, aber einen selbstreferenzierten,

selbstkalibrierten Fehlausrichtungsbetrag unter Verwendung von optischen Systemen liefern, die die Moire-Muster erkennen können, können die hierin beschriebenen Verfahren und Systeme die Notwendigkeit eliminieren, die Ausrichtung mit Systemen mit langsamerem Durchsatz, wie z.B. Rasterelektronenmikroskopen, durchzuführen. Daher können die Verfahren und Systeme hierin die Notwendigkeit der Verwendung von SEMOVL für die OVL-Endkalibrierung eliminieren. Dies gilt insbesondere deshalb, weil die oben beschriebene SR-Moire OVL eine vergleichbare Genauigkeit und Präzision wie SEMOVL bietet, was ein Entfernen von SEMOVL in der Produktion als abschließende OVL-Kalibrierung zulässt.

**[0082]** Darüber hinaus reduzieren die hierin beschriebenen Verfahren und Systeme die OVL-Ungenauigkeit, da OV-Ungenauigkeitsfaktoren (wie z.B. die Gitterasymmetrie) in Moire-OVL nicht verstärkt werden und solche mit den hierin beschriebenen Verfahren und Systemen um einen Faktor von  $1/\text{Vergrößerung}$  reduziert werden. Darüber hinaus bietet die Selbstkalibrierung mit den hier vorgestellten Verfahren und Systemen einen guten KPI für die Markierungs-/Messqualität, ohne den Durchsatz zu beeinträchtigen. Die hierin integrierte Selbstkalibrierungsverarbeitung berechnet den Vergrößerungsfaktor für jede Markierung auf dem Wafer einzeln. Die Abweichung vom Designvergrößerungsfaktor wird als ein wichtiger Leistungsindikator für die Markierungsqualität verwendet. Darüber hinaus liefern die Verfahren und Systeme eine Schrumpfung der Target-Größe. Die hohe Genauigkeit und Präzision des Moire-Targets, die von den hier vorgestellten Verfahren und Systemen geliefert wird, ermöglicht es, dass solche Moire-Targets in der Größe verringert werden.

**[0083]** Darüber hinaus minimieren die hierin beschriebenen Verfahren und Systeme die Anforderungen an ein bildgebendes Werkzeug. Bei der oben beschriebenen Moire-OVL-Verarbeitung können die Kern-CD, Pitches und der Kernvergrößerungsfaktor durch Veränderung der oberen und unteren Gitter eingestellt werden. Die Bildauflösung ist nicht erforderlich, um eine Überlagerungsfehlausrichtung direkt zu erfassen. Durch Anpassen des Vergrößerungsfaktors kann der Überlagerungsversatz im Nanometerbereich um mehr als eine Ordnung vergrößert werden. Vergrößerungseffekte verringern den Bedarf an optischen Abkürzungen und Bildauflösung erheblich. Daher können IBO-Systeme aus dem aktuellen Stand der Technik die zuvor beschriebene Moire-OVL-Verarbeitung vollständig unterstützen. Dies ermöglicht, dass eine aktuelle AIM-Überlagerung leicht in das oben beschriebene SR-Moire-OVL-Verfahren implementiert werden kann.

**[0084]** Auch sind die hier beschriebenen Verfahren und Systeme stabiler gegenüber Prozessvariationen. Bei dem oben beschriebenen Moire-OVL-Pro-

zess werden die Kern-CD und Pitches durch Variationen der Musterdichte festgelegt. Die Prozessvariation verändert den Kontrast der Gitter, jedoch wird die Musterdichte der Moire-Pitches weniger durch den Kontrast beeinflusst, was eine höhere Stabilität erlaubt.

**[0085]** Verschiedene Systeme hierin können unter anderen Komponenten einen Prozessor 320; ein Fertigungssystem 310 und ein optisches Ausrichtungsmesssystem 314 umfassen, die über das computergestützte Netzwerk 322 mit dem Prozessor 320 verbunden sind. Der Prozessor 320 ist speziell angepasst oder in der Lage, eine erste Stelle für ein erstes Moire-Target auf einer ersten optischen Maske festzulegen, so dass das erste Moire-Target Merkmale aufweist, die bei einem ersten Pitch auftreten. Der Prozessor 320 ist ebenfalls speziell angepasst oder dazu in der Lage, eine zweite Stelle für ein zweites Moire-Target auf der ersten optischen Maske einzurichten, so dass das zweite Moire-Target Merkmale aufweist, die unter einem zweiten Pitch auftreten, der sich von dem ersten Pitch unterscheidet, und dass das erste Moire-Target an das zweite Moire-Target auf der ersten optischen Maske angrenzt und zu diesem ausgerichtet ist.

**[0086]** Der Prozessor 320 ist in ähnlicher Weise speziell dazu angepasst oder in der Lage, eine dritte Stelle für ein drittes Moire-Target auf einer zweiten optischen Maske einzurichten, so dass das dritte Moire-Target Merkmale aufweist, die in der zweiten Neigung auftreten. Der Prozessor 320 ist ferner speziell dazu angepasst oder in der Lage, eine vierte Stelle für ein viertes Moire-Target auf der zweiten optischen Maske einzurichten, so dass das vierte Moire-Target Merkmale aufweist, die in dem ersten Pitch auftreten, und so, dass das dritte Moire-Target an das vierte Moire-Target auf der zweiten optischen Maske angrenzt und nicht zu diesem ausgerichtet ist.

**[0087]** Die ersten Moire-Muster und die zweiten Moire-Muster bilden ein erstes Paar von konjugierten Moire-Mustern. Der Prozessor 320 ist speziell dafür ausgelegt oder dazu in der Lage, zusätzliche identische Targets auf der ersten optischen Maske und der zweiten optischen Maske festzulegen, um ein zweites Paar von konjugierten Moire-Mustern zu erzeugen, das relativ zum ersten Paar von konjugierten Moire-Mustern invertiert ist.

**[0088]** Auf dem Weg zum Fertigungssystem 310 ist ein Maskenhaus 300 (oder ähnliches) mit einer Maskenfertigungseinheit 302 in einem solchen System für die hier genannten Zwecke vorgesehen und speziell angepasst oder dazu in der Lage, die erste optische Maske mit dem ersten Moire-Target und dem zweiten Moire-Target darauf herzustellen. Das Fertigungssystem 310 ist ebenfalls speziell an die Herstellung der zweiten optischen Maske mit dem dritten

Moire-Target und dem vierten Moire-Target darauf angepasst oder dazu in der Lage, diese herzustellen.

**[0089]** Zusätzlich umfasst das Fertigungssystem 310 eine Fertigungseinrichtung (Wafer-Fabrik oder ähnliches) mit einer fotolithografischen Belichtungseinheit 312 für die hier genannten Zwecke, die speziell angepasst oder dazu in der Lage ist, eine erste Belichtung einer integrierten Schaltungsstruktur unter Verwendung der ersten optischen Maske im Fertigungssystem 310 zu belichten, so dass die erste Belichtung erste Markierungen, die dem ersten Moire-Target an einer Stelle entsprechen, die der ersten Stelle entspricht, und zweite Markierungen erzeugt, die dem zweiten Moire-Target an einer Stelle entsprechen, die der zweiten Stelle entspricht. Das Fertigungssystem 310 ist in ähnlicher Weise speziell angepasst oder dazu in der Lage, eine zweite Belichtung der integrierten Schaltungsstruktur, die zu der Stelle der ersten Belichtung ausgerichtet ist, unter Verwendung der zweiten optischen Maske im Herstellungssystem 310 zu belichten/bilden, so dass die zweite Belichtung dritte Markierungen, die dem dritten Moire-Target entsprechen, an einer Stelle erzeugt, die der dritten Stelle entspricht, und vierte Markierungen, die dem vierten Moire-Target entsprechen, an einer Stelle erzeugt, die der vierten Stelle entspricht.

**[0090]** Wie oben kombinieren sich die ersten Markierungen und die dritten Markierungen, um erste Moire-Muster mit dunklen und hellen Abschnitten von Moire-Mustern zu bilden, die durch eine Kombination der Muster des ersten Moire-Targets und des dritten Moire-Targets erzeugt werden. Es kombinieren sich die zweiten Markierungen und die vierten Markierungen, um zweite Moire-Muster mit dunklen und hellen Abschnitten von Moire-Mustern zu bilden, die durch eine Kombination der Muster des zweiten Moire-Targets und des vierten Moire-Targets erzeugt werden.

**[0091]** Der Prozessor 320 ist ferner speziell angepasst oder dazu in der Lage, den ersten Pitch und den zweiten Pitch durch Festlegen des ersten Pitch und des zweiten Pitch unter die minimale optische Auflösung zu bilden, eine Differenz zwischen dem ersten Pitch und dem zweiten Pitch einzustellen, um die ersten Moire-Muster und die zweiten Moire-Muster zu erzeugen, die sich oberhalb der minimalen optischen Auflösung befinden, und den ersten Pitch relativ zum zweiten Pitch einzustellen, um die Stärke der Reflexion des ersten Moire-Targets und der Reflexion des zweiten Moire-Targets auszugleichen. Genauer bildet der Prozessor 320 den ersten Pitch und den zweiten Pitch durch Festlegen des ersten Pitch und des zweiten Pitch, um wenigstens fünf parallele Markierungen in jedem von dem ersten Moire-Target, dem zweiten Moire-Target, dem dritten Moire-Target und dem vierten Moire-Target zu erzeugen.

gen. Zusätzlich legt der Prozessor 320 den ersten Pitch relativ zum zweiten Pitch fest, um die Stärke der Reflexion durch ein Bestimmen der Stärke der Reflexion auf der Grundlage der Größen der Merkmale im ersten Moire-Target, im zweiten Moire-Target, im dritten Moire-Target, im vierten Moire-Target und auf der Grundlage der Transparenzeigenschaften der Materialien und Geometrie der ersten Belichtung und der zweiten Belichtung auszugleichen.

**[0092]** Die erste Stelle und die zweite Stelle auf der ersten optischen Maske, sowie der dritten Stelle und der vierten Stelle auf der zweiten optischen Maske sind positioniert, um alle dunklen und hellen Abschnitte der ersten Moire-Muster und der zweiten Moire-Muster auszurichten, wenn die erste optische Maske und die zweite optische Maske bei der Verwendung im Fertigungssystem 310 ausgerichtet werden.

**[0093]** Das optische Ausrichtungsmesssystem 314 ist speziell angepasst oder dazu in der Lage, eine Fehlausrichtung im Moire-Muster der relativ dunklen und relativ hellen Bereiche der ersten Moire-Muster und der zweiten Moire-Muster in beiden Paaren von konjugierten Moire-Mustern zu bestimmen, wenn sich Muster in der zweiten optischen Maske über der integrierten Schaltungsschicht befinden. Außerdem ist der Prozessor 320 speziell angepasst oder dazu in der Lage, einen Vergrößerungsfaktor der Fehlausrichtung im Moire-Muster zur Targetfehlausrichtung zu berechnen, und zwar als ein Verhältnis der Differenz der Fehlausrichtung der relativ dunklen und relativ hellen Bereiche in den Paaren von Moire-Mustern über den doppelten Versatzabstand. In ähnlicher Weise ist der Prozessor 320 speziell dafür ausgelegt oder in der Lage, die Fehlausrichtung im Moire-Muster durch den Vergrößerungsfaktor zu teilen, um einen selbstreferenzierten und selbstkalibrierten Targetfehlausrichtungsbetrag zu erzeugen und auszugeben.

**[0094]** Bei der Strukturierung eines beliebigen Materials hierin kann das zu strukturierende Material auf jede bekannte Art und Weise gewachsen oder abgedichtet und eine strukturierende Schicht (z.B. ein organischer Fotolack) über dem Material gebildet werden. Die strukturierende Schicht (Lack) kann mit einem Muster aus Lichtstrahlen belichtet werden (z.B. strukturierte Belichtung, Laserbelichtung usw.), die mit einem Belichtungsmuster bereitgestellt wird, und dann wird der Lack unter Verwendung eines chemischen Mittels entwickelt. Dieser Prozess verändert die physikalischen Eigenschaften des Abschnitts des Lacks, der dem Licht ausgesetzt wurde. Dann kann ein Teil des Lacks abgespült werden, wobei der andere Teil des Lacks das zu strukturierende Material schützt (welcher Teil des Lacks abgespült wird, hängt davon ab, ob es sich um einen Negativlack (belichtete Teile bleiben erhalten) oder einen Positiv-

lack (belichtete Teile werden abgespült) handelt. Dann wird ein Materialentfernungsprozess durchgeführt (z.B. Nassätzen, anisotropes Ätzen (orientierungsabhängiges Ätzen), Plasmaätzen (reaktives Ionenätzen (RIE) usw.), um die ungeschützten Abschnitte des Materials unterhalb des zu strukturierenden Lacks zu entfernen. Der Lack wird anschließend entfernt, um das darunterliegende Material entsprechend dem Belichtungsmuster (oder einem Negativbild davon) zu strukturieren.

**[0095]** Während in den Zeichnungen nur eine oder eine begrenzte Anzahl von Masken abgebildet ist, ist zu verstehen, dass gemäß der hier dargestellten Ausführungsform viele verschiedene Maskentypen gleichzeitig gebildet werden können, und die Zeichnungen sollen die gleichzeitige Bildung mehrerer verschiedener Maskentypen zeigen; die Zeichnungen wurden jedoch vereinfacht, so dass sie aus Gründen der Klarheit und um dem Leser das Erkennen der verschiedenen abgebildeten Merkmale zu erleichtern, nur eine begrenzte Anzahl von Masken zeigen. Es ist nicht beabsichtigt, diese Beschreibung zu beschränken, da diese Beschreibung für Strukturen gilt, die viele von jedem Maskentyp aufweisen, der in den Zeichnungen gezeigt ist, wie dies von denjenigen verstanden würde, die normalerweise auf diesem Gebiet erfahren sind.

**[0096]** Das Flussdiagramm und die Blockdiagramme in den Figuren stellen die Architektur, die Funktionalität und die Funktionsweise möglicher Implementierungen von Vorrichtungen und Verfahren gemäß verschiedenen Ausführungsformen dar. Dabei kann jeder Block im Flussdiagramm oder in den Blockdiagrammen ein Modul, ein Segment oder einen Abschnitt von Befehlen darstellen, der einen oder mehrere ausführbare Befehle zur Implementierung der spezifizierten logischen Funktion(en) umfasst. In einigen alternativen Implementierungen können die im Block angegebenen Funktionen außerhalb der in den Abbildungen angegebenen Reihenfolge auftreten. So können z.B. zwei nacheinander dargestellte Blöcke tatsächlich im wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden oder die Blöcke können manchmal in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden, je nach der betreffenden Funktionalität. Es wird auch darauf hingewiesen, dass jeder Block der Blockdiagramme und/oder der Flussdiagrammdarstellung sowie Kombinationen von Blöcken in den Blockdiagrammen und/oder der Flussdiagrammdarstellung durch auf zu einem speziellen Zweck vorgesehener Hardware basierende Systeme implementiert werden kann, die die angegebenen Funktionen oder Handlungen ausführen oder Kombinationen von speziellen Hardware- und Computerbefehlen ausführen.

**[0097]** Die hier verwendete Terminologie dient nur zur Beschreibung bestimmter Ausführungsformen

und ist nicht zur Beschränkung des Vorstehenden gedacht. Gemäß der Verwendung herein sollen die Singularformen „ein, eine, einer“ und „der, die, das“ auch die Pluralformen einschließen, es sei denn, aus dem Kontext geht eindeutig etwas anderes hervor. Ferner sollen Begriffe wie „rechts“, „links“, „vertikal“, „horizontal“, „oberseitig“, „unterseitig“, „oberhalb“, „unterhalb“, „oben“, „unten“, „darunterliegend“, „über“, „darüber liegend“, „parallel“, „senkrecht“ usw. relative Stellen bezeichnen, wie sie in den Figuren orientiert und dargestellt sind (sofern es nicht anderweitig angezeigt ist). Begriffe wie „berührend“, „in direktem Kontakt“, „anliegend“, „direkt neben“ usw. sollen anzeigen, dass wenigstens ein Element mit einem anderen Element (ohne andere Elemente, die die beschriebenen Elemente trennen) in physischem Kontakt steht. Der Begriff „seitlich“ wird hierin verwendet, um die relativen Stellen von Elementen zu beschreiben und insbesondere anzuzeigen, dass ein Element am der Seite eines anderen Elements und nicht oberhalb oder unterhalb dem anderen Element angeordnet ist, wie jene Elemente, die in den Figuren orientiert und dargestellt sind. Zum Beispiel ist ein Element, das seitlich neben einem anderen Element angeordnet ist, neben dem anderen Element, ein Element, das seitlich unmittelbar neben einem anderen Element angeordnet ist, ist direkt neben dem anderen Element, und ein Element, das ein anderes Element seitlich umgibt, befindet sich neben dem anderen Element und grenzt an die äußeren Seitenwände an.

**[0098]** Ausführungsformen hierin können in einer Vielzahl von elektronischen Anwendungen verwendet werden, einschließlich, aber nicht beschränkend auf fortschrittliche Sensoren, Speicher/Datenspeicherung, Halbleiter, Mikroprozessoren und andere Anwendungen. Ein daraus resultierendes Bauelement und eine Struktur, wie z.B. ein IC-Chip, kann vom Hersteller in Form von rohen Wafern (d.h. als einzelner Wafer mit mehreren ungepackten Chips), als nackter Chip oder in verpackter Form vertrieben werden. Im letzteren Fall wird der Chip in einem Einzelchip-Gehäuse (wie z.B. einem Kunststoffträger mit Leitungen, die auf einer Hauptplatine oder einem anderen übergeordneten Träger befestigt sind) oder in einem Multichip-Gehäuse (wie z.B. einem Keramikträger mit Oberflächenverbindungen und/oder vergrabenen Verbindungen) montiert. In jedem Fall wird der Chip dann mit anderen Chips, diskreten Schaltungselementen und/oder anderen Signalverarbeitungsgeräten als Teil von entweder (a) einem Zwischenprodukt, wie z.B. einer Hauptplatine, oder (b) einem Endprodukt integriert. Das Endprodukt kann jedes Produkt sein, das integrierte Schaltungschips umfasst, von Spielzeug und anderen Low-End-Anwendungen bis hin zu fortgeschrittenen Computerprodukten mit einem Bildschirm, einer Tastatur oder einem anderen Eingabegerät und einem Zentralprozessor.

**[0099]** Die entsprechenden Strukturen, Materialien, Handlungen und Äquivalente aller Mittel- oder Schritt-plus-Funktion-Elemente in den nachfolgenden Ansprüchen sollen jede Struktur, jedes Material oder jede Handlung zur Ausführung der Funktion in Kombination mit anderen beanspruchten Elementen, wie speziell beansprucht, umfassen. Die Beschreibung der vorliegenden Ausführungsformen dient zur Illustration und Beschreibung, soll aber weder erschöpfend noch auf die Ausführungsformen in der beschriebenen Form beschränkt sein. Viele Modifikationen und Variationen sind dem Fachmann ersichtlich, ohne vom Umfang und Geist der Ausführungsformen hierin abzuweichen. Die Ausführungsformen wurden ausgewählt und beschrieben, um am besten die Prinzipien dieser und der praktischen Anwendung zu erläutern und es anderen als dem Fachmann zu ermöglichen, die verschiedenen Ausführungsformen mit verschiedenen Modifikationen zu verstehen, die für die jeweilige beabsichtigte Verwendung geeignet sind.

**[0100]** Obwohl das Vorstehende im Zusammenhang mit nur einer begrenzten Anzahl von Ausführungsformen ausführlich beschrieben worden ist, sollte es leicht verständlich sein, dass die Ausführungsformen hier nicht auf eine solche Beschreibung beschränkt sind. Vielmehr können die Elemente hierin so modifiziert sein, dass sie eine beliebige Anzahl von Variationen, Änderungen, Substitutionen oder äquivalenten Regelungen aufweisen, die bisher nicht beschrieben wurden, die aber dem Wesen und dem Umfang dieser Veröffentlichung angemessen sind. Darüber hinaus sind zwar verschiedene Ausführungsformen beschrieben, jedoch sollen die Aspekte hierin nur in einigen der beschriebenen Ausführungsformen vorgesehen sein. Dementsprechend sind die nachstehenden Ansprüche nicht als durch die obige Beschreibung beschränkt anzusehen. Eine Bezugnahme auf ein Element im Singular soll nicht „eine und nur eine“ bedeuten, es sei denn, es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, sondern soll vielmehr „eine oder mehrere“ bedeuten. Alle strukturellen und funktionellen Äquivalente zu den Elementen der verschiedenen in dieser Beschreibung beschriebenen Ausführungsformen, die dem Fachmann bekannt sind oder später bekannt werden, sollen hier ausdrücklich durch Bezugnahme einbezogen und von dieser Beschreibung erfasst werden. Es ist daher zu verstehen, dass Änderungen an den einzelnen beschriebenen Ausführungsformen vorgenommen werden können, die in den Anwendungsbereich des Vorstehenden fallen, wie in den beigefügten Ansprüchen dargelegt ist.

### Patentansprüche

1. Überlagerungs-Target umfassend:  
ein erstes Paar von Ausrichtungstargets und ein zweites Paar von Ausrichtungstargets, wobei das

erste und das zweite Paar von Ausrichtungstargets jeweils enthalten:

ein erstes periodisches Merkmal auf einer ersten Schicht einer Probe, wobei das erste periodische Merkmal einen ersten Pitch entlang einer Messrichtung hat;

ein zweites periodisches Merkmal auf der ersten Schicht, wobei das zweite periodische Merkmal einen zweiten Pitch entlang der Messrichtung hat;

ein drittes periodisches Merkmal auf einer zweiten Schicht der Probe, wobei das dritte periodische Merkmal den zweiten Pitch entlang der Messrichtung hat, wobei das dritte periodische Merkmal das erste periodische Merkmal überlappt und so ein erstes Moire-Muster bildet; und

ein viertes periodisches Merkmal auf der zweiten Schicht der Probe, wobei das vierte periodische Merkmal den ersten Pitch entlang der Messrichtung hat, wobei das vierte periodische Merkmal das zweite periodische Merkmal mit einer Fehlausrichtung entlang der Messrichtung überlappt und so ein zweites Moire-Muster bildet;

wobei die Fehlausrichtung des ersten Paares von Ausrichtungstargets einen positiven Wert entlang der Messrichtung hat, wobei die Fehlausrichtung des zweiten Paares von Ausrichtungstargets einen negativen Wert entlang der Messrichtung hat; und wobei ein Überlagerungs-Fehler entlang der Messrichtung zwischen der ersten und der zweiten Schicht der Probe Verschiebungen des ersten und zweiten Moire-Musters entlang entgegengesetzter Richtungen sowohl für das erste als auch das zweite Paar von Ausrichtungstargets hervorruft, wobei eine Überlagerungs-Messung auf Grundlage der ersten und zweiten Moire-Muster des ersten und zweiten Paares von Ausrichtungstargets proportional zu dem Überlagerungs-Fehler ist.

2. Überlagerungs-Target nach Anspruch 1, wobei die Überlagerungs-Messung auf Grundlage der ersten und zweiten Moire-Muster des ersten und zweiten Paares von Ausrichtungstargets eine Moire-Überlagerungs-Messung ist, wobei der Überlagerungs-Fehler gleich ist zu der Moire-Überlagerungs-Messung dividiert durch einen selbstkalibrierten Vergrößerungsfaktor ( $f_{sc}$ ), wobei der selbstkalibrierte Vergrößerungsfaktor ( $f_{sc}$ ) mit den Fehlausrichtungen des ersten und zweiten Paares von Ausrichtungstargets assoziiert ist und ferner assoziiert ist mit den Verschiebungen der ersten und zweiten Moire-Muster für das erste und zweite Paar von Ausrichtungstargets.

3. Überlagerungs-Target nach Anspruch 2, wobei die Moire-Überlagerungs-Messung basiert auf einer gemittelten Verschiebung des Schwerpunkts zwischen den ersten Moire-Mustern des ersten und zweiten Paares von Ausrichtungstargets relativ zu den zweiten Moire-Mustern des ersten und zweiten Paares von Ausrichtungstargets.

4. Überlagerungs-Target nach Anspruch 2, wobei die Moire-Überlagerungs-Messung gemäß  $((A + A')/2 - (B + B')/2)/f_{sc}$  berechnet wird, wobei A und A' Moire-Kerne sind, die mit den ersten Moire-Mustern des ersten bzw. zweiten Paares von Ausrichtungstargets assoziiert sind, wobei B und B' Moire-Kerne sind, die mit den zweiten Moire-Mustern des ersten bzw. zweiten Paares von Ausrichtungstargets assoziiert sind.

5. Überlagerungs-Target gemäß Anspruch 4, wobei die Fehlausrichtung des ersten Paares von Ausrichtungstargets d ist, wobei die Fehlausrichtung des zweiten Paares von Ausrichtungstargets -d ist, wobei der selbstkalibrierte Vergrößerungsfaktor ( $f_{sc}$ ) berechnet wird gemäß  $((A - B) - (A' - B'))/2d$ .

6. Überlagerungs-Target gemäß Anspruch 2, wobei der erste Pitch von einem Designwert des ersten Pitch ( $p_a$ ) abweichen kann, wobei der zweite Pitch von einem Designwert des zweiten Pitch ( $p_b$ ) abweichen kann, wobei ein selbstreferenzierter Vergrößerungsfaktor ( $f_{SR}$ ) auf den Designwerten des ersten und zweiten Pitch basiert.

7. Überlagerungs-Target gemäß Anspruch 6, wobei der selbstreferenzierte Vergrößerungsfaktor ( $f_{SR}$ ) berechnet wird gemäß  $(p_a + p_h)/|p_a - p_b|$ .

8. Überlagerungs-Target gemäß Anspruch 6, wobei eine Differenz zwischen dem selbstkalibrierten Vergrößerungsfaktor ( $f_{sc}$ ) und einem selbstreferenzierten Vergrößerungsfaktor ( $f_{SR}$ ) einen Indikator für die Leistung des Überlagerungs-Targets darstellt, d.h. für Targetqualität und Messqualität.

9. Überlagerungs-Target nach Anspruch 6, wobei ein Verhältnis einer Differenz zwischen dem selbstkalibrierten Vergrößerungsfaktor ( $f_{sc}$ ) und einem selbstreferenzierten Vergrößerungsfaktor ( $f_{SR}$ ) zu dem selbstreferenzierten Vergrößerungsfaktor ( $f_{SR}$ ) einen Indikator für die Leistung des Überlagerungs-Targets darstellt, d.h. für Targetqualität und Messqualität.

10. Überlagerungs-Target gemäß Anspruch 1, wobei wenigstens eine der folgenden Größen ausgewählt wird, um einen ausgewählten Kontrast des ersten und/oder zweiten Moire-Musters zu erzielen: erster Pitch, zweiter Pitch, Fehlausrichtung des ersten Paares von Ausrichtungstargets, Fehlausrichtung des zweiten Paares von Ausrichtungstargets, kritische Dimensionen der ersten Merkmale, kritische Dimensionen der zweiten Merkmale, kritische Dimensionen der dritten Merkmale, kritische Dimensionen der vierten Merkmale.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen



## Anhängende Zeichnungen

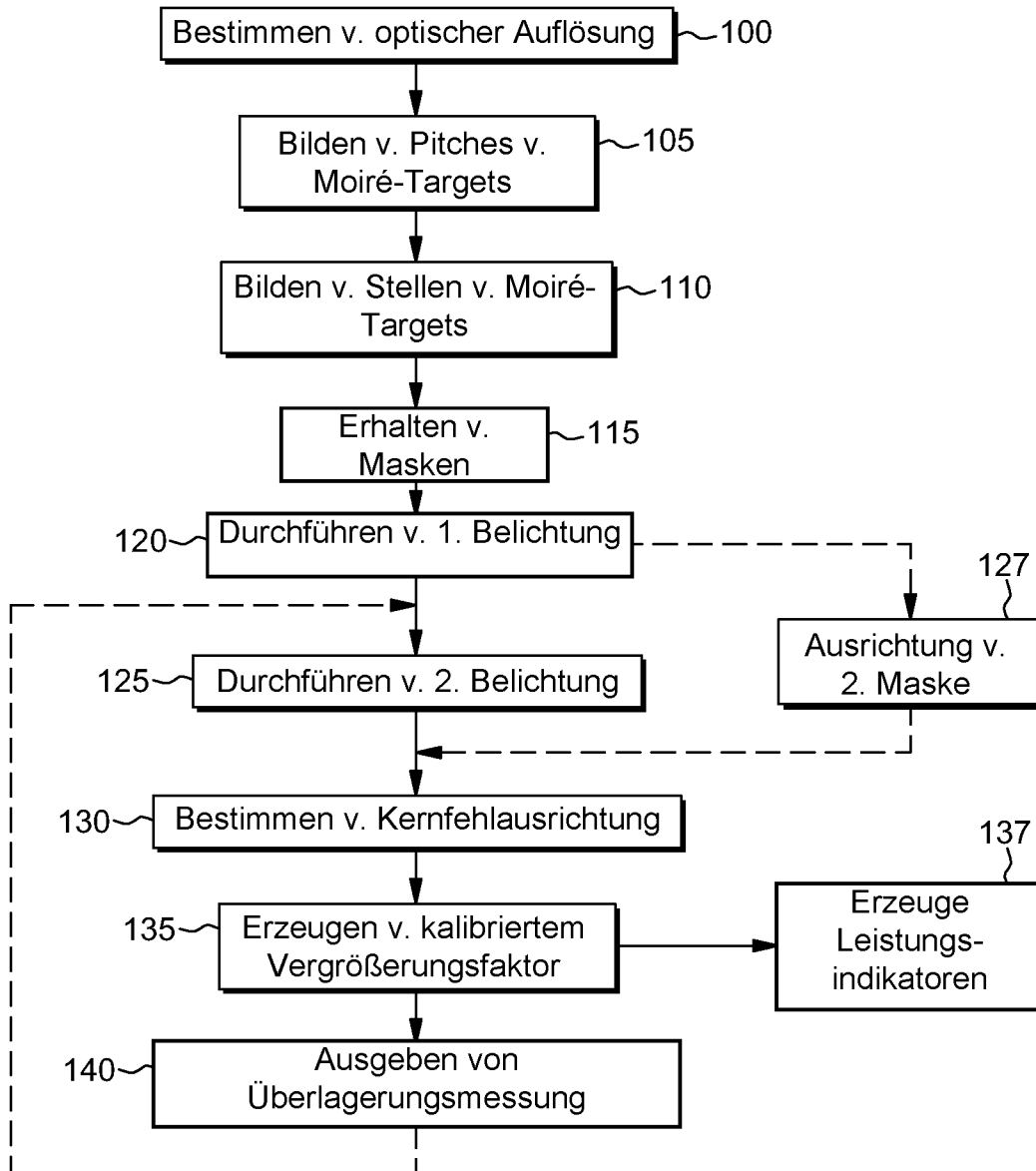


FIG. 1

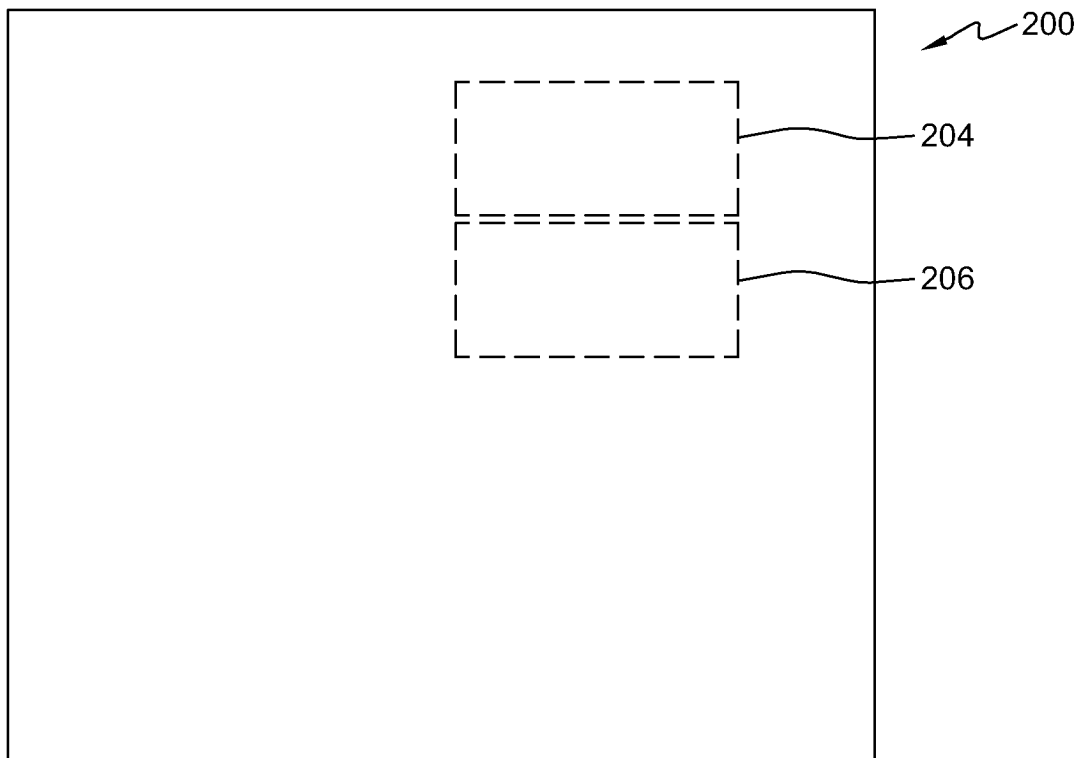


FIG. 2

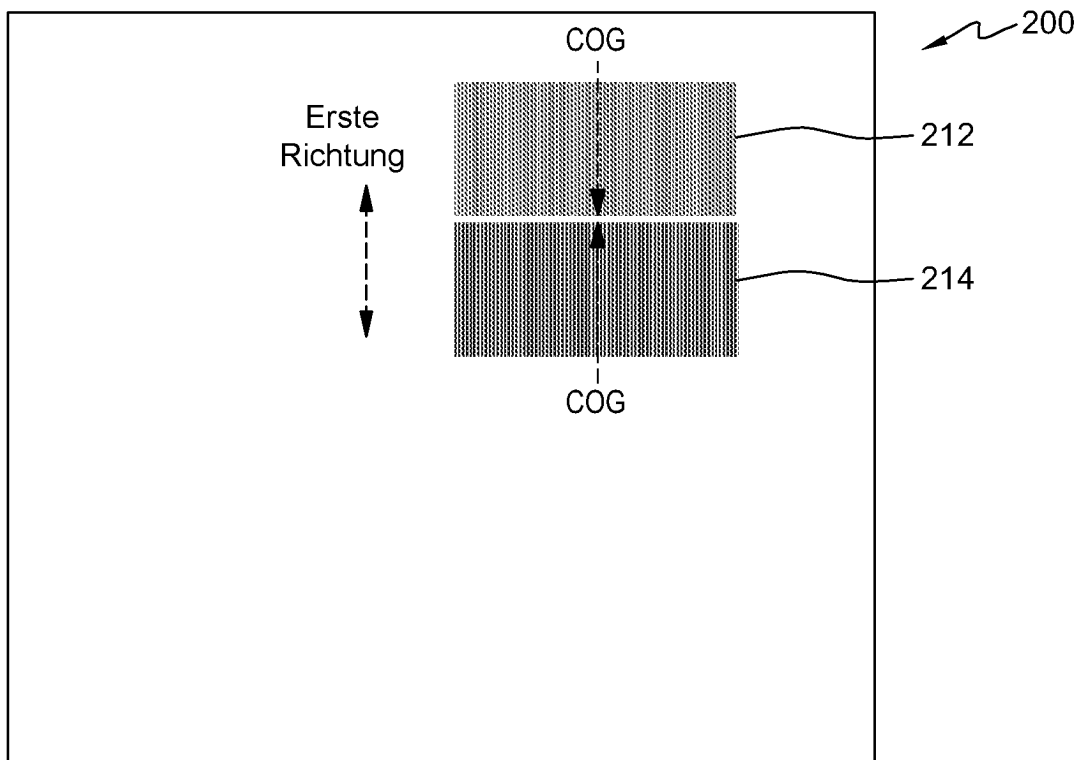


FIG. 3

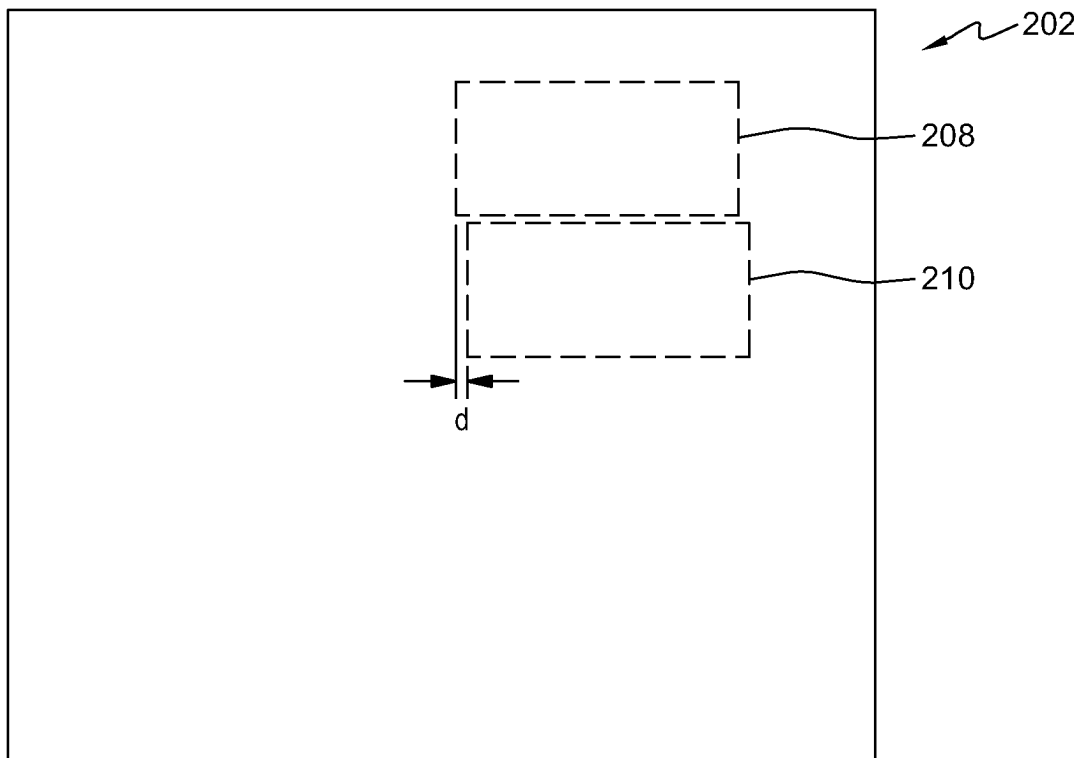


FIG. 4

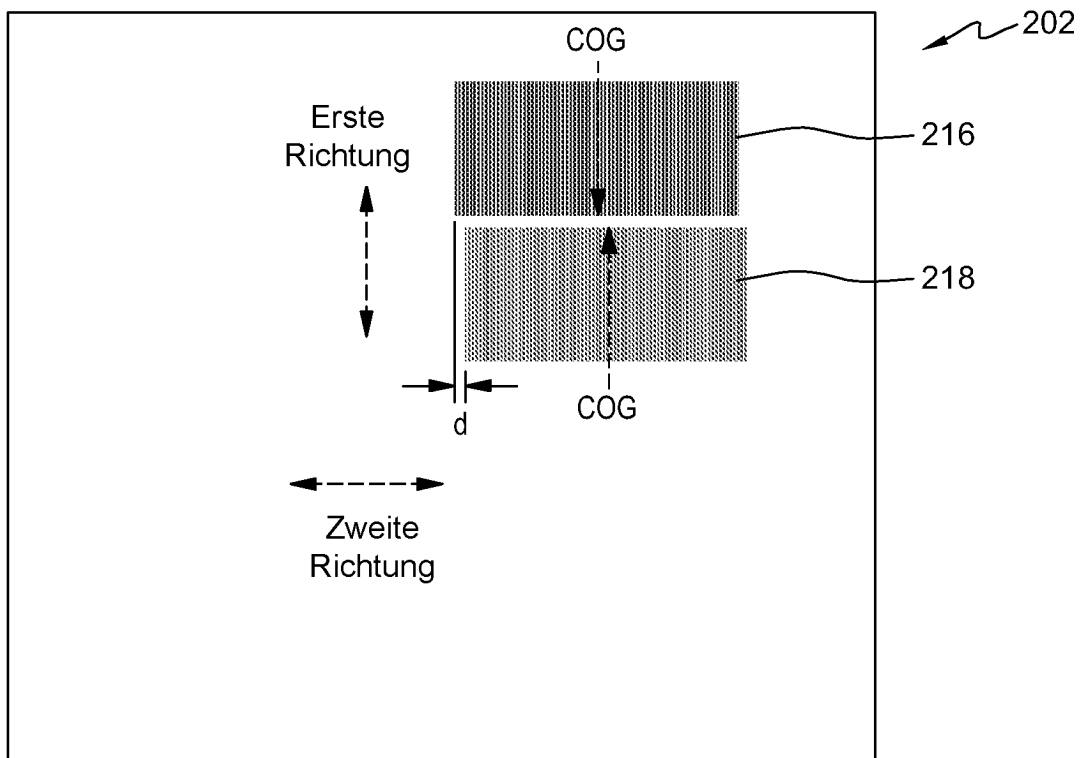


FIG. 5

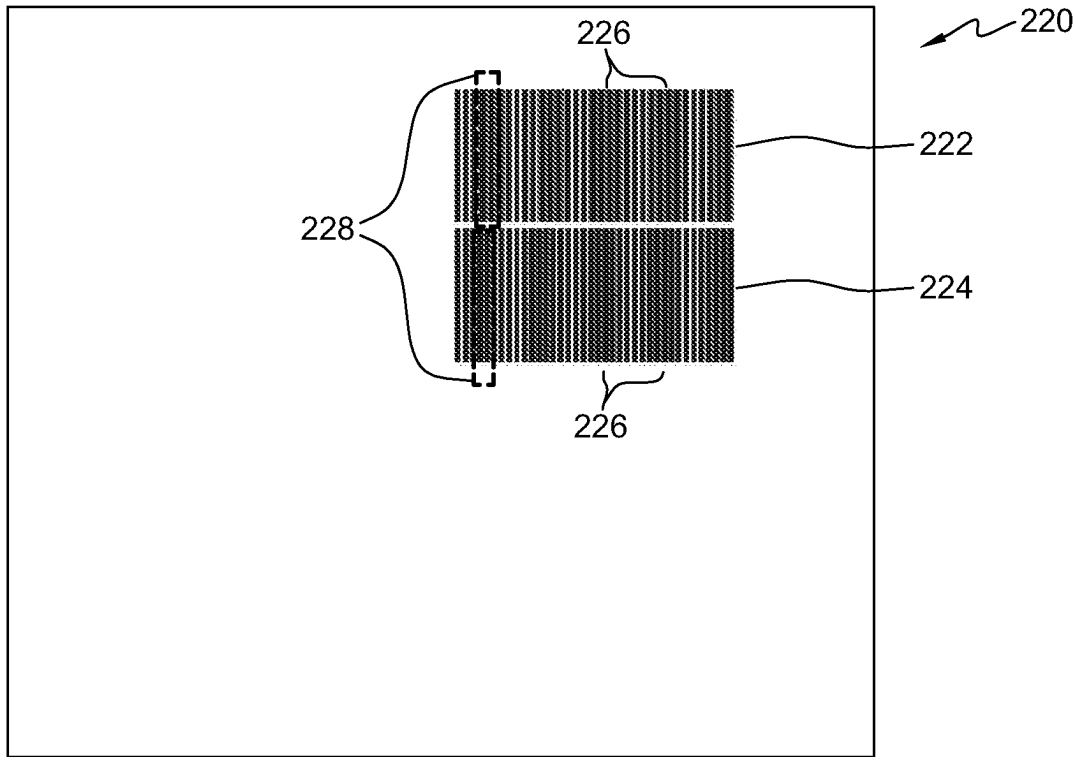


FIG. 6

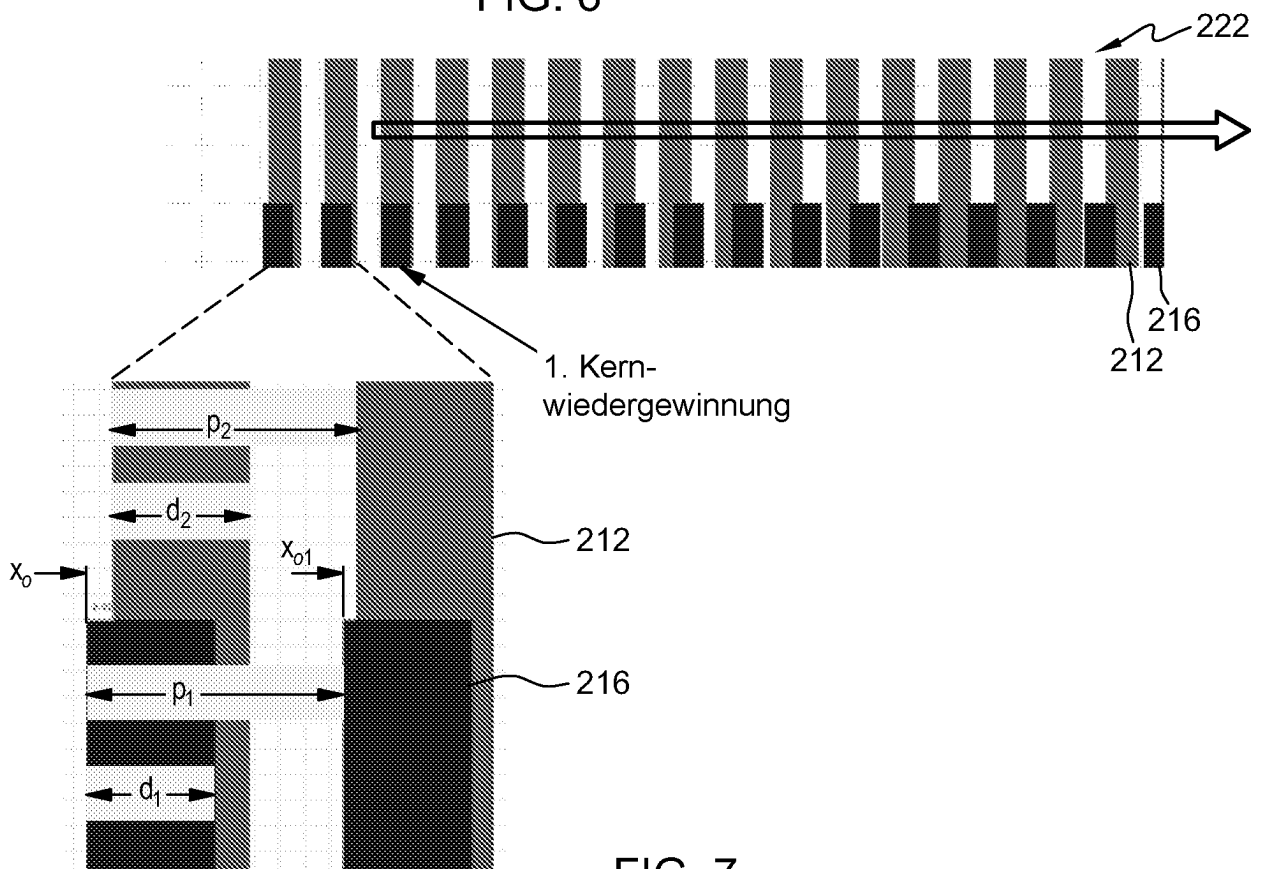


FIG. 7

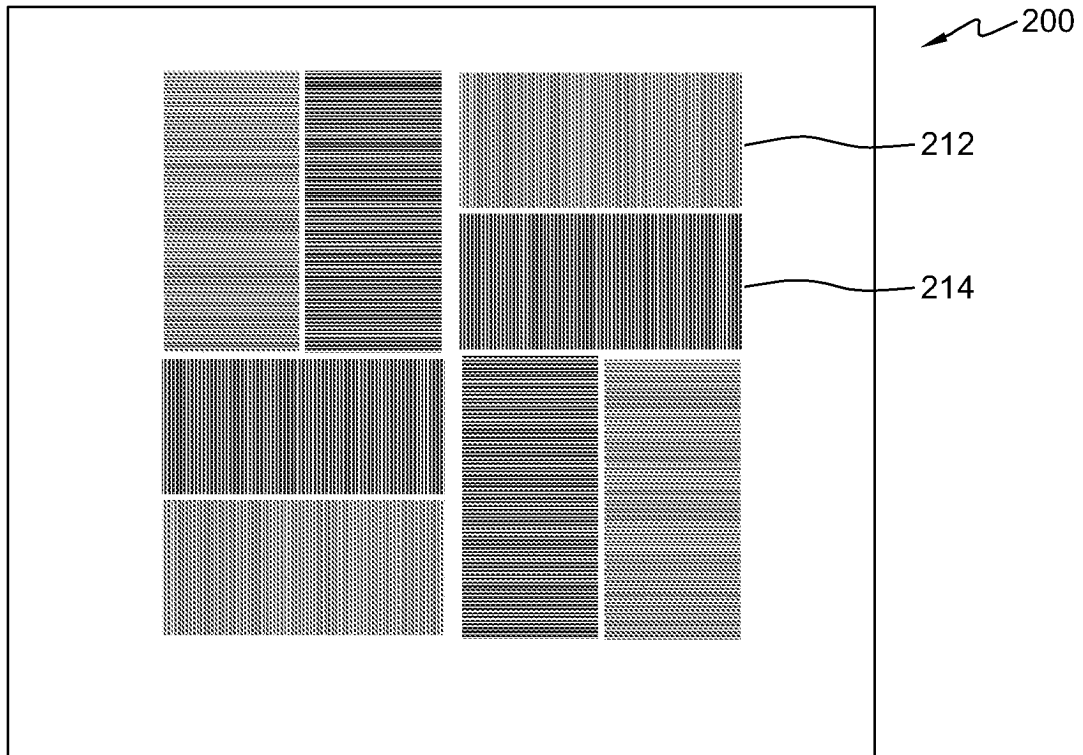


FIG. 8

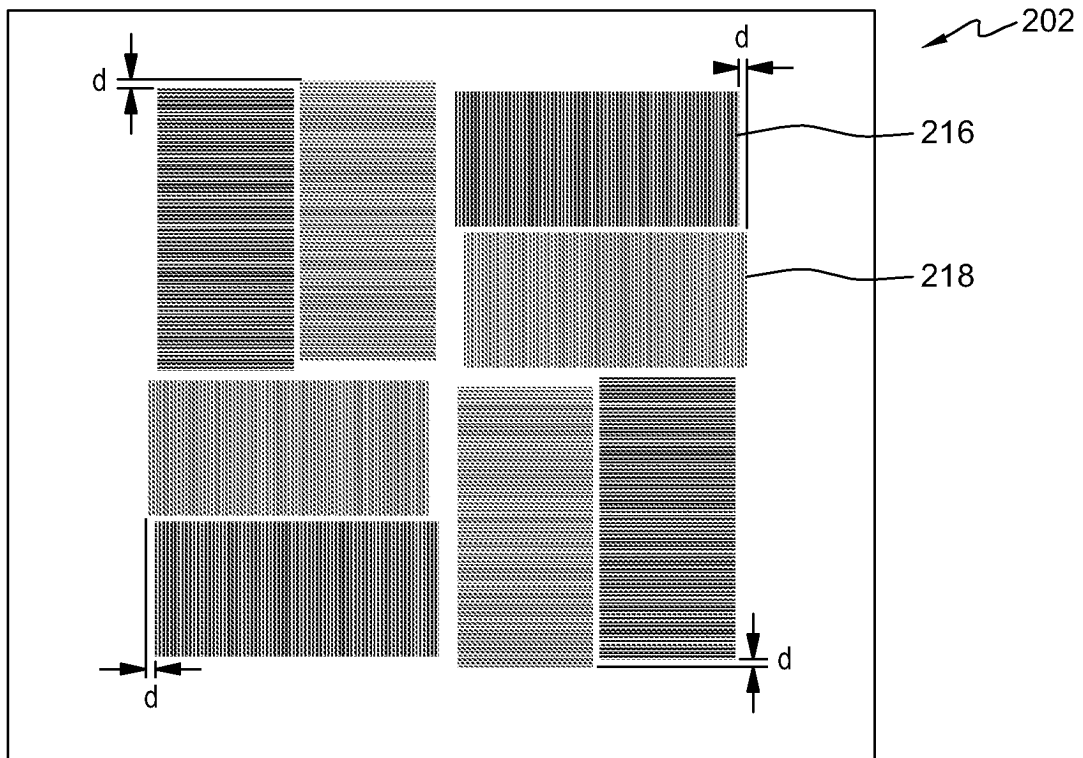


FIG. 9

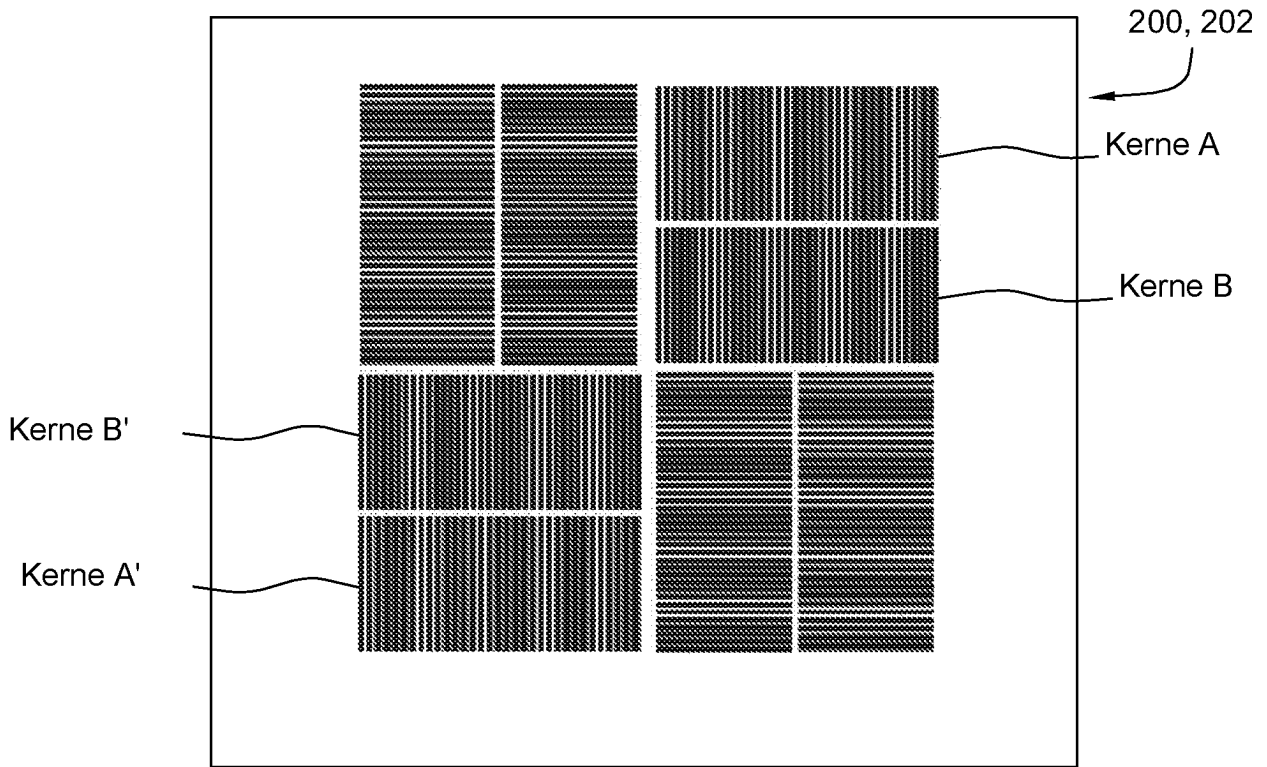


FIG. 10

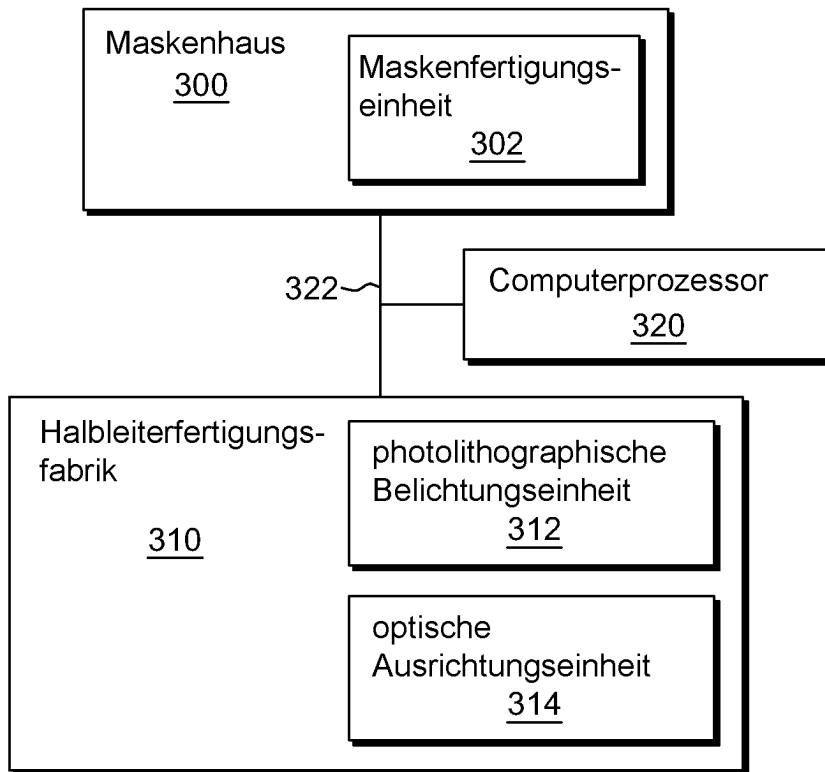


FIG. 11