



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 05 584 T2** 2007.05.24

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 385 052 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 1/14** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 05 584.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 254 664.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.07.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.01.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **31.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.05.2007**

(30) Unionspriorität:

398574 P **26.07.2002** **US**

395903 **25.03.2003** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:

ASML MaskTools B.V., Veldhoven, NL

(72) Erfinder:

Hsu, Duan-Fu Stephen, Fremont, CA 94539, US;

Corcoran, Noel, San Jose, CA 95136, US; Chen,

Jang Fung, Cupertino, CA 95014, US

(74) Vertreter:

**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München**

(54) Bezeichnung: **Richtungsabhängige Abschirmung zur Benutzung mit Dipolbelichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Fotolithographie und insbesondere die Erzeugung von Maskenlayouts zur Verwendung mit Dipol-Beleuchtungstechniken, die für eine Verringerung des durch Linsenreflexe verursachten Bildkontrastverlustes verantwortlich sind, der bei Verwendung von Dipolbeleuchtung aufgrund von Mehrfachbelichtungen beträchtlich sein kann. Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein Fertigungsverfahren für einen Baustein unter Verwendung einer lithographischen Vorrichtung mit einem Bestrahlungssystem zum Bereitstellen eines Projektionsstrahls einer Strahlung; einem Maskentisch zum Halten einer Maske, die dazu dient, den Projektionsstrahl zu mustern; einem Substrattisch zum Halten eines Substrats; und einem Projektionssystem zum Projizieren des gemusterten Projektionsstrahls auf einen Zielabschnitt des Substrats.

[0002] Lithographische Projektionsvorrichtungen (Werkzeuge) können z. B. bei der Herstellung von integrierten Schaltungen (ICs) verwendet werden. In einem solchen Fall enthält die Maske ein einzelnes Schicht des IC entsprechendes Schaltungsmuster und dieses Muster kann auf einen Zielabschnitt (der z. B. einen oder mehrere Chips aufweist) auf einem Substrat (z. B. aber nicht beschränkt auf einen Silizium-Wafer) abgebildet werden, das mit einer Schicht aus strahlungsempfindlichem Material (Resist) beschichtet worden ist. Im Allgemeinen enthält ein einziger Wafer eine ganze Reihe benachbarter Zielabschnitte, die durch das Projektionssystem nacheinander jeweils einzeln bestrahlt werden. Bei einem Typ von lithographischen Projektionsvorrichtungen wird jeder Zielabschnitt durch Belichten des gesamten Retikelmusters auf den Zielabschnitt auf einmal bestrahlt. Eine solche Vorrichtung wird im Allgemeinen als ein Wafer-Stepper bezeichnet. Bei einer im Allgemeinen als eine Step-and-Scan-Vorrichtung bezeichneten alternativen Vorrichtung wird jeder Zielabschnitt durch allmähliches Abtasten des Maskenmusters unter dem Projektionsstrahl in einer gegebenen Bezugsrichtung (der "Abtast"-Richtung) bestrahlt, während der Substrattisch parallel oder antiparallel zu dieser Richtung synchron abgetastet wird. Da das Projektionssystem im Allgemeinen einen Vergrößerungsfaktor M aufweist (im Allgemeinen < 1), ist die Geschwindigkeit V , mit der der Substrattisch abgetastet wird, ein Faktor M mal derjenigen, mit der der Maskentisch abgetastet wird.

[0003] Weitere Informationen hinsichtlich lithographischer Vorrichtungen wie hier beschrieben können z. B. der US 6,046,792 entnommen werden.

[0004] Bei einem Herstellungsprozess unter Verwendung einer lithographischen Projektionsvorrichtung wird ein Maskenmuster auf ein Substrat abgebildet, das wenigstens teilweise mit einer Schicht aus strahlungsempfindlichem Material (Resist) bedeckt ist. Vor diesem Abbildungsschritt kann das Substrat verschiedenen Vorgängen unterzogen werden wie z. B. Grundierung, Beschichtung mit Resist und einem Soft Bake (leichtes Trocknen). Nach der Belichtung kann das Substrat anderen Vorgängen unterzogen werden wie z. B. einem Post Exposure Bake (PEB, Trocknen nach der Belichtung), einer Entwicklung, einem Hard Bake (starkes Trocknen) und einer Messung/Kontrolle der abgebildeten Merkmale. Diese Reihe von Vorgängen wird als Basis zum Versehen einer einzelnen Schicht eines Bausteins z. B. eines IC mit einem Muster verwendet. Eine solche gemusterte Schicht kann dann verschiedenen Prozessen unterzogen werden wie z. B. Ätzen, Ionenimplantation (Dotieren), Metallisierung, Oxidation, chemo-mechanisches Polieren usw., die alle dazu vorgesehen sind, eine einzige Schicht zu vollenden. Wenn mehrere Schichten erforderlich sind, muss der gesamte Vorgang oder eine seiner Varianten für jede neue Schicht wiederholt werden. Schließlich werden auf dem Substrat (Wafer) eine Reihe von Bausteinen vorhanden sein. Diese Bausteine werden dann durch eine Technik wie z. B. Zerschneiden oder Zersägen voneinander getrennt. Danach können die einzelnen Bausteine auf einem Träger montiert, an Stifte angeschlossen werden usw. Weitere Informationen bezüglich solcher Prozesse sind z. B. dem Buch "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing", dritte Ausgabe, von Peter van Zant, McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4, zu entnehmen.

[0005] Das lithographische Werkzeug kann einem Typ angehören, der zwei oder mehr Substrattische (und/oder zwei oder mehr Maskentische) aufweist. Bei solchen "Mehrstufen"-Vorrichtungen können die zusätzlichen Tische parallel verwendet werden oder es können Vorbereitungsschritte an einem oder mehreren Tischen ausgeführt werden, während ein oder mehrere andere Tische für Belichtungen verwendet werden.

[0006] Zweistufige lithographische Werkzeuge sind z. B. in der US 5,969,441 und der WO 98/40791 beschrieben.

[0007] Die oben erwähnten Fotolithographie-Masken weisen geometrische Muster auf, die den auf einem Silizium-Wafer zu integrierenden Schaltungskomponenten entsprechen. Die zur Erzeugung solcher Masken verwendeten Muster werden mittels CAD-Programmen (CAD: computer-aided design; computergestützter Entwurf) erzeugt, wobei dieser Prozess oft als EDA (electronic design automation; elektronische Entwurfsautoma-

tisierung) bezeichnet wird. Die meisten CAD-Programme folgen einem Satz vorgegebener Entwurfsregeln, um funktionale Masken zu erzeugen. Diese Regeln werden durch Verarbeitungs- und Entwurfseinschränkungen festgelegt. Entwurfsregeln definieren z. B. die Abstandstoleranz zwischen Schaltungsbausteinen (wie z. B. Gates, Kondensatoren usw.) oder Verbindungsleitungen, um sicherzustellen, dass die Schaltungsbausteine oder Leitungen nicht in einer unerwünschten Weise miteinander in Wechselwirkung treten.

[0008] Ein Ziel bei der Herstellung integrierter Schaltungen ist natürlich, den ursprünglichen Schaltungsentwurf originalgetreu auf dem Wafer zu reproduzieren. Ein anderes Ziel besteht darin, möglichst viel von der Fläche des Halbleiter-Wafers zu nutzen. Während die Größe einer integrierten Schaltung verringert wird und seine Dichte zunimmt, nähert sich jedoch die kritische Abmessung (CD, critical dimension) ihres entsprechenden Maskenmusters der Auflösungsgrenze des optischen Belichtungswerkzeugs. Die Auflösung für ein Belichtungswerkzeug ist als das Mindestmerkmal definiert, welches das Belichtungswerkzeug auf dem Wafer wiederholt belichten kann. Der Auflösungswert gegenwärtiger Belichtungs-ausrüstung schränkt häufig die kritische Abmessung für viele fortschrittliche IC-Schaltungsentwürfe ein.

[0009] Außerdem stehen die ständigen Verbesserungen von Mikroprozessorgeschwindigkeit, Speicherpackungsdichte und niedriger Leistungsaufnahme für mikroelektronische Bauteile direkt in Zusammenhang mit der Fähigkeit lithographischer Techniken, Muster auf verschiedene Schichten eines Halbleiterbausteins zu übertragen und auf ihnen zu formen. Der gegenwärtige Stand der Technik fordert die Muterbildung von kritischen Abmessungen weit unterhalb der Wellenlängen verfügbarer Lichtquellen. Die gegenwärtige Produktionswellenlänge von 248 nm wird z. B. gerade zum Mustern von kritischen Abmessungen hin verschoben, die kleiner als 100 nm sind. Dieser Industrietrend wird andauern und sich in den nächsten 5 bis 10 Jahren wahrscheinlich beschleunigen, wie im International Technology Roadmap for Semiconductors (Internationaler Technologiefahrplan für Halbleiter) (ITRS2000) beschrieben.

[0010] Dieser anhaltende Bedarf an verbesserter Leistung hat zur Entwicklung verschiedener Techniken geführt, die auf die Verbesserung der Auflösung zielen. Solche Techniken werden typischerweise als Auflösungserhöhungstechniken (RETs, Resolution Enhancement Techniques) bezeichnet und decken einen sehr weiten Anwendungsbereich ab. Zu den Beispielen gehören: Lichtquellen-Modifikationen (z. B. Beleuchtung unter Abstand von der Achse), Verwendung spezieller Masken, die Lichtinterferenz-Erscheinungen (z. B. abgeschwächte Phasenschiebmasken, alternierende Phasenschiebmasken, chromfreie Masken usw.) nutzen und Modifikationen des Maskenlayouts (z. B. Optical Proximity Corrections).

[0011] Von den obigen Techniken gehört die Dipolbeleuchtung wegen ihres hohen Bildkontrastes für dichte Rasterungen und überlegenen Auflösungsfähigkeiten zu den attraktivsten RET-Kandidaten. Wie bekannt ist, ist die Dipolbeleuchtung ein extremer Fall der Belichtung unter Abstand von der Achse (Off-Axis-Illumination, OAI) und sie ist in der Lage, einen verbesserten Abbildungskontrast mit verbessertem Prozess-Spielraum für Abbildungen mit sehr niedrigem K_1 zu gewährleisten.

[0012] Eine der mit der Dipolbeleuchtung verbundenen Einschränkungen besteht jedoch darin, dass eine einzige Beleuchtung die Auflösung nur für Merkmale erhöht, die orthogonal zur Beleuchtungspolachse angeordnet sind. Zur vollständigen Ausnutzung der Dipolbeleuchtung während des Bedruckens des Wafers muss das Maskenmuster folglich in waagrechte und senkrechte Orientierungen zerlegt werden. Sobald das Maskenmuster auf diese Weise umgewandelt ist, wird eine Y-Pol-Belichtung verwendet, um die waagrecht orientierten Merkmale abzubilden, und wird eine X-Pol-Belichtung verwendet, um die senkrecht orientierten Merkmale abzubilden. Ein wichtiger Aspekt der Dipolbeleuchtung besteht darin, dass beim Abbilden der waagrecht orientierten Merkmale die senkrecht orientierten Merkmale geschützt (d. h. abgeschirmt) werden müssen, so dass die senkrecht orientierten Merkmale nicht beeinträchtigt werden. Das Gegenteil gilt, wenn senkrecht orientierte Merkmale abgebildet werden (d. h. die waagrecht orientierten Merkmale müssen geschützt werden).

[0013] [Fig. 1](#) zeigt die Grundkonzepte der Doppeldipolabbildung. Wie erwähnt, gibt es bei Verwendung der Dipolbeleuchtung typischerweise mindestens zwei Belichtungen. Bei der ersten Belichtung liefert die X-Dipol-Apertur **10** eine maximale Luftbildintensität (d. h. maximale Modulation) für den senkrechten Abschnitt der zu druckenden Linien **12**. Das resultierende Bildprofil ist durch die Linie **24** in [Fig. 1](#) dargestellt. Bei der zweiten Belichtung, welche die Y-Dipol-Apertur **16** verwendet, gibt es keine Bildmodulation für die Linien **12**. Es ist jedoch zu beachten, dass während der zweiten Belichtung, welche die Y-Dipol-Apertur verwendet, die senkrechten Abschnitte der Linien **12** abgeschirmt werden müssen, so dass die während der ersten Belichtung gebildeten senkrechten Merkmale während der zweiten Belichtung nicht beeinträchtigt werden. [Fig. 1](#) zeigt die Abschirmung der Linien **12** mit Schirmen **15**, von denen jeder in waagrechtlicher Richtung 20 nm breit ist. Beim Belichten der waagrechtchen Linien mittels der Y-Dipol-Apertur gibt es folglich im Wesentlichen keine Abbildung (d.

h. Modulation) deren senkrechten Merkmale **12**. Das Luftbild ist eine DC-Modulation, wie durch die Linie **17** in [Fig. 1](#) dargestellt, die der 20 nm-Abschirmung entspricht. Die endgültige Luftbildintensität, die durch Linie **14** in [Fig. 1](#) dargestellt ist, entspricht der Summe der ersten Belichtung mittels der X-Dipol-Apertur und der zweiten Belichtung mittels der Y-Dipol-Apertur.

[0014] Es ist ferner zu beachten, dass unter der Annahme, dass die Belichtungsenergie konstant ist, eine Vergrößerung der Breite der Abschirmung von einem 20 nm-Schirm 15 auf einen 40 nm-Schirm der Schirm **20** für die senkrechten Linien **12** bewirkt, dass sich der minimale Intensitätspegel des resultierenden Bildes zu einem niedrigeren Pegel verschiebt. Dies wird durch die Linie **22** in [Fig. 1](#) dargestellt, welche das mit den senkrechten Abschnitten der Merkmale verbundene Luftbild darstellt. Wie gezeigt, ist das Luftbild **22** lediglich eine DC-Modulation. Sie ist jedoch niedriger als die mit dem 20 nm-Schirm verbundene DC-Modulation **17**. Folglich liefert das unter Verwendung der 40 nm-Abschirmung gebildete zusammengesetzte Bild **19** bessere Abbildungsergebnisse als das unter Verwendung der 20 nm-Abschirmung gebildete zusammengesetzte Bild **14**.

[0015] Infolge des Erfordernisses, die waagrecht und senkrecht orientierten Merkmale zu trennen, ist eine der Herausforderungen des Lithographen bei Verwendung der Dipolbeleuchtung die Bestimmung, wie die ursprünglichen Entwurfsdaten der integrierten Schaltung in ihre waagrecht oder senkrecht orientierten Musterkomponenten umgewandelt und zwei Masken für den Doppelbelichtungsprozess erzeugt werden sollen, der die Leistungsfähigkeit der Dipolabbildung vollständig ausnutzen kann. Ein Faktor, der die Leistungsfähigkeit verringert und beim Erzeugen der Maskenmuster berücksichtigt werden soll, ist Hintergrundlicht auf Grund von Linsenreflexen oder Streuung. Wie bekannt ist, resultieren Linsenreflexe in unerwünschtem Hintergrundlicht (d. h. Rauschen), das den Bildkontrast auf der Bildebene beeinträchtigt. Daher ist es wünschenswert, "Reflexe" so weit wie möglich zu verringern. Dies gilt besonders bei der Verwendung von Dipolbeleuchtungstechniken wegen den mit ihr verbundenen Mehrfachbelichtungen.

[0016] Das "Luftbild mit Reflexen" ist gleich dem "Luftbild ohne Reflexen", gefaltet mit einer Punkt-Verbreitungsfunktion (Point Spread Function, PSF) plus der Streuung. Obiges kann ausgedrückt werden als:

$$I_{\text{Reflexe}}(x,y) = I_{\text{keineReflexe}} \times \text{PSF}_{\text{Reflexion}} + I_{\text{keineReflexe}} (1 - \text{TIS}) \quad (1)$$

[0017] TIS ist die integrierte Gesamtstreuung (total integrated scattering, TIS) für eine Linse mit einer Oberflächenrauheit, die eine Gauss-ähnliche Verteilung aufweist. Unter solchen Bedingungen kann die TIS ausgedrückt werden als:

$$\text{TIS} = [(4\pi\sigma \cos \theta)/\lambda]^2 \quad (2)$$

wobei λ die Wellenlänge des Belichtungswerkzeugs, σ die quadratische Rauheit der Linse und θ der Streuwinkel ist. Infolge gegenwärtiger Linsenherstellungsmöglichkeiten, die dazu führen, dass Linsen eine extrem niedrige Oberflächenrauheit aufweisen, kann die obige Gleichung angenähert werden als:

$$\text{TIS} \sim 1/\lambda^2 \quad (3)$$

[0018] Aus Gleichung (3) wird offensichtlich, dass mit der Verringerung der Wellenlänge des Belichtungswerkzeugs die Menge Streulicht wesentlich zunimmt. Die gesamte integrierte Streuung (TIS) von Licht bei einem Belichtungswerkzeug mit einer Wellenlänge von 193 nm ist ungefähr 1,65 mal größer als die mit einem eine Wellenlänge von 248 nm aufweisenden Belichtungswerkzeug verbundene TIS.

[0019] Es ist zu beachten, dass der erste Term in Gleichung (1) der "diffuse Lichthof" ist, der verursacht, dass sich das fokussierte Bild ausbreitet. Der zweite Term in Gleichung (1) ist die Verteilung aufgrund von Streuung. Die Gesamtwirkung ist ein unerwünschtes DC-Hintergrundlicht, das den Kontrast des Luftbilds verringert. Neben der negativen Auswirkung auf den Bildkontrast sind außerdem die Reflexe ungleichmäßig über den Abtastschlitz verteilt und nicht einheitlich mit dem Belichtungsfeld, was CD-Variationen innerhalb der Felder ("intrafield CD variations") verursachen kann. Der Schutz von Merkmalen und die Verringerung von Hintergrund-Streulicht gewinnen deshalb immer mehr an entscheidender Bedeutung. Die Frage, wie die Auswirkungen von Hintergrund-Streulicht verringert oder aufgehoben werden können, wird sogar noch wichtiger, wenn die Wellenlängen der Belichtungswerkzeuge verringert werden.

[0020] Derzeit weist eine bekannte Technik zur Verringerung der negativen Auswirkungen von Reflexen den Schritt des Hinzufügens einer massiven Chrom-Abschirmung auf den großen Bereichen des Maskenmusters (d. h. Hintergrundabschnitten) auf, die keinerlei Geometrie (d. h. Merkmale) enthalten. Wie in den [Fig. 2a](#) und

Fig. 2b gezeigt ist, wird bei Anwendung der Dipolbeleuchtung die als Hintergrundlicht-Abschirmung (background light shielding, BLS) bezeichnete massive Chrom-Abschirmung auf die Hintergrundbereiche in der waagrecht Maske und der senkrechten Maske aufgebracht. Das massive Chromschild wirkt während beider Belichtungen als Schutz des Hintergrundbereichs. **Fig. 2a** zeigt ein Beispiel für die Verwendung dieser Abschirmungstechnik in Verbindung mit dem Drucken waagrecht orientierter Merkmale **29** unter Verwendung des Y-Dipols **16**. Wie in **Fig. 2a** gezeigt ist jedes der senkrechten Merkmale **27** auf die oben in Zusammenhang mit **Fig. 1** erläuterte Weise mit einer Abschirmung **210** (d. h. Hauptmerkmal-Abschirmung) versehen. Außerdem ist das massive Chromschild **220** im Hintergrundbereich angeordnet, wo sich keine auf dem Wafer abzubildenden Merkmale befinden. In ähnlicher Weise zeigt **Fig. 2b** die senkrechte Maske, in der die waagrecht orientierten Merkmale abgeschirmt werden, wogegen die senkrechten Merkmale gedruckt werden. Wie dargestellt enthält die senkrechte Maske auch ein massives Chromschild **220**, das im Hintergrundbereich angeordnet ist. Ferner ist zu beachten, dass die waagrechte Maske und die senkrechte Maske Hilfsmerkmale **103** (z. B. Streubalken) enthalten.

[0021] Infolge einer solchen Hintergrundabschirmung **220** wird jedoch bei Verwendung eines Positivresists die Intensität in den Hintergrundbereichen zu niedrig, um den Resist vollständig zu lösen. Die **Fig. 3a** und **Fig. 3b** zeigen ein simuliertes Resistmuster, das dem durch den Bereich **30** definierten Abschnitt der Masken der **Fig. 2a** und **Fig. 2b** entspricht, der die massive Chromabschirmung **220** enthält. Bei der Durchführung der Simulation wurden eine NA (numerische Apertur) = 0,75, ArF-Doppelbelichtung, x-Pol, y-Pol, $\sigma_{\text{äußere}}/\sigma_{\text{innere}} = 0,89/0,65$ angenommen. Wie den **Fig. 3a** und **Fig. 3b** dargestellt ist, verbleiben Abschnitte des Resists **221** in den Hintergrundbereichen nach der Beleuchtung mittels der senkrechten und waagrecht Masken. Folglich ist eine dritte Belichtung mittels einer Trimm-Maske erforderlich, um den Resist von den abgeschirmten Hintergrundbereichen vollständig zu entfernen. Eine solche Lösung zur Verringerung der Wirkungen von Reflexen ist daher nicht wünschenswert, dass sie zur Erhöhung der Anzahl von zur Abbildung des Wafers erforderlichen Belichtungen und Masken führt. In **Fig. 3a** entsprechen die mit dem Bezugszeichen **51** gekennzeichneten Bereiche den Bereichen, in denen Resist nach den Doppelbelichtungen verbleibt, und diese Bereiche werden Bereichen der senkrechten oder waagrecht Maske, auf denen Chrom abgeschiedenen worden war, gegenübergestellt (d. h. entweder Merkmal oder Abschirmung).

[0022] Außerdem kann die obige Technik der massiven Chromabschirmung auch Hilfsmerkmale wie z. B. Streubalken negativ beeinträchtigen und bewirken, dass die Hilfsmerkmale unterhalb der Abschirmung der horizontalen oder senkrechten Maske gedruckt werden, wie auch in den **Fig. 3a** und **Fig. 3b** dargestellt ist. Wie in der Resist-Simulation dargestellt werden z. B. in **Fig. 3b** die Hilfsmerkmale **103**, die Subauflösung aufweisen sollen, infolge der BLS **220** gedruckt. Dieses Problem schränkt die Platzierung von Hilfsmerkmalen zusätzlich ein, was verhindern kann, dass die Hilfsmerkmale in der optimalen Position platziert werden, wodurch eine Verringerung der Druckleistung verursacht wird.

[0023] Folglich besteht ein Bedarf an einem Verfahren zur Aufhebung der Wirkungen von Reflexen im Belichtungsprozess, das nicht zu einer Erhöhung der Anzahl von zur Abbildung des Wafers erforderlichen Belichtungen und Masken führt und sich nicht auf die Verwendung und/oder Platzierung von Hilfsmerkmalen in der Maske auswirkt.

[0024] Die Artikel von HSU S. D. et al. Mit dem Titel "Dipole decomposition mask design for full-chip implementation at the 100 nm technology node and beyond" in Optical Lithography XV, SPIE, Bellingham, VA, US, Band 4691, Seiten 476 bis 490, TORRES J. A. et al., "Model-assisted double dipole decomposition", Proceedings of the SPIE, SPIE, Bellingham, VA, US, Band 4691, Seiten 407 bis 417 und CHANG-MOON LIM et al., "Intrafield CD variation by stray light from neighboring field", Optical Microlithography XV, Santa Clara, CA, USA, 5. bis 8. März 2002, Proceedings of the SPIE – The International Society for Optical Engineering, 2002, SPIE-INT. Soc. Opt Eng, USA, Seiten 1412 bis 1420 offenbaren sämtlich die Doppeldipollithographie und erläutern die Schwierigkeit der Abbildung waagrecht unter senkrechter Musterkomponenten mittels dieses Verfahrens.

[0025] Im Bemühen, den obigen Erfordernissen gerecht zu werden, ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung die Bereitstellung einer Abschirmungstechnik, die nicht zu einer Erhöhung der Anzahl von zur Abbildung des Wafers erforderlichen Belichtungen oder Masken führt und sich nicht auf die Verwendung und/oder Platzierung von Hilfsmerkmalen beim Maskenentwurf auswirkt.

[0026] Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren bereit zum Erzeugen von Masken zum Drucken eines Musters mit senkrecht orientierten Merkmalen und waagrecht orientierten Merkmalen auf einem Substrat unter Verwendung von Dipolbeleuchtung, wobei das Verfahren die Schritte aufweist: Erzeugen einer Maske für die

senkrechten Komponenten, wobei die Maske für die senkrechten Komponenten dazu dient, die senkrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden; und Erzeugen einer Maske für die waagrecht orientierten Komponenten, wobei die Maske für die waagrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden, gekennzeichnet durch: Identifizieren von in diesem Muster enthaltenen Hintergrundbereichen und wobei die Maske für die senkrechten Komponenten nicht auflösbare waagrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen enthält und wo die Maske für die waagrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden, gekennzeichnet durch: Identifizieren von in diesem Muster enthaltenen Hintergrundbereichen und wobei die Maske für die senkrechten Komponenten nicht auflösbare waagrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen enthält und wo die Maske für die waagrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden.

[0027] Die vorliegende Erfindung stellt ferner eine Vorrichtung bereit zum Erzeugen von Masken zum Drucken eines Musters mit senkrecht orientierten und waagrecht orientierten Merkmalen auf ein Substrat, wobei die Vorrichtung aufweist: Mittel zum Identifizieren von Hintergrundbereichen, die in diesem Muster enthalten sind; Mittel zum Erzeugen einer Maske für die senkrechten Komponenten, die nicht auflösbare waagrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen aufweist, wobei die Maske für die senkrechten Komponenten dazu dient, die senkrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden; und Mittel zum Erzeugen einer Maske für die waagrecht orientierten Komponenten, die nicht auflösbare senkrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen aufweist, wobei die Maske für die waagrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden.

[0028] Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung in einer beispielhaften Ausführungsform ein Verfahren zum Drucken eines Musters mit senkrecht orientierten Merkmalen und waagrecht orientierten Merkmalen auf ein Substrat unter Verwendung von Dipolbeleuchtung, das die Schritte aufweist: Identifizieren von Hintergrundbereichen, die in dem Muster enthalten sind; Erzeugen einer Maske für die senkrechten Komponenten, die nicht auflösbare waagrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen aufweist; Erzeugen einer Maske für die waagrecht orientierten Komponenten, die nicht auflösbare senkrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen aufweist; Beleuchten der Maske für die senkrechten Komponenten unter Verwendung einer X-Pol-Beleuchtung; und Beleuchten der Maske für die waagrecht orientierten Komponenten unter Verwendung einer Y-Pol-Beleuchtung. Wie unten detailliert erklärt, dienen die zum Hintergrundabschnitt der Maskenmuster hinzugefügten nicht auflösbaren Merkmale zur Verringerung des auf den Wafer einfallenden Hintergrundlichts und zur Aufhebung der Wirkungen von Linsenreflexen.

[0029] Obwohl in diesem Text speziell auf die Verwendung der Erfindung bei der Herstellung von ICs verwiesen werden kann, soll ausdrücklich festgestellt werden, dass die Erfindung zahlreiche andere mögliche Anwendungen hat. Sie kann z. B. bei der Herstellung von integrierten optischen Systemen, Leit- und Detektionsmustern für Magnetblasenspeicher, Flüssigkristall-Anzeigetafeln, Dünnfilm-Magnetköpfen usw. angewendet werden. Für den Fachmann versteht es sich, dass im Kontext solcher alternativer Anwendungen jede Verwendung der Begriffe "Retikel", "Wafer" oder "Chip" in diesem Text als durch die allgemeineren Begriffe "Maske", "Substrat" bzw. "Zielabschnitt" ersetzt betrachtet werden soll.

[0030] Im vorliegenden Dokument sind die Begriffe "Strahlung" und "Strahl" als alle Typen elektromagnetischer Strahlung einschließlich ultravioletter Strahlung (z. B. mit einer Wellenlänge von 365, 248, 193, 157 oder 126 nm) und EUV (Extrem-Ultraviolettstrahlung z. B. mit einer Wellenlänge im Bereich von 5 bis 20 nm) umfassend verwendet.

[0031] Der Begriff "Maske" kann wie in diesem Text verwendet in einem weiteren Sinne als ein allgemeines Musterbildungsmittel bezeichnend ausgelegt werden, das verwendet werden kann, um einen eingehenden Strahl aus Strahlung entsprechend einem in einem Zielabschnitt des Substrates zu erzeugenden Muster mit einem gemusterten Querschnitt zu versehen. Der Begriff "Lichtventil" kann in diesem Zusammenhang ebenfalls verwendet werden. Neben der klassischen Maske (durchlässige oder reflektierende Maske; Binär-, Phasenschiebe- oder Hybridmaske usw.) gehören zu den Beispielen für andere solche Musterbildungsmittel:

a) Eine programmierbare Spiegelanordnung. Ein Beispiel für eine solche Vorrichtung ist eine matrixadressierbare Oberfläche mit einer viskoelastischen Steuerungsschicht und einer reflektierenden Oberfläche. Einer solchen Vorrichtung liegt das Grundprinzip zu Grunde, dass (z. B.) adressierte Bereiche der reflektierenden Oberfläche einfallendes Licht als gebeugtes Licht reflektieren, wohingegen nicht adressierte Bereiche einfallendes Licht als ungebeugtes Licht reflektieren. Mittels eines geeigneten Filters kann das ungebeugte Licht aus dem reflektierten Strahl herausgefiltert werden, wobei nur das gebeugte Licht zurückbleibt. Auf diese Weise wird der Strahl gemäß dem Adressierungsmuster der matrixadressierbaren Oberfläche gemustert. Die erforderliche Matrixadressierung kann unter Verwendung geeigneter elektronischer Mittel durchgeführt werden. Weitere Informationen über solche Spiegelanordnungen können z. B. den U.S.-Patenten US 5,296,891 und US 5,523,193 entnommen werden.

b) Eine programmierbare LCD-Anordnung. Ein Beispiel für eine solche Konstruktion ist im U.S.-Patent US

5,229,872 aufgeführt.

[0032] Das Verfahren der vorliegenden Erfindung bietet wichtige Vorteile gegenüber dem Stand der Technik. Die vorliegende Erfindung stellt z. B. ein einfaches Verfahren zur Verringerung der mit Linsenreflexen verbundenen negativen Wirkungen bereit, ohne die Anzahl der zum Drucken des gewünschten Musters erforderlichen Masken zu erhöhen. Außerdem stellt das Verfahren der vorliegenden Erfindung Hintergrundabschirmung auf eine solche Weise bereit, dass es sich nicht auf die Platzierung oder die Verwendung von Hilfsmerkmalen mit der Maske auswirkt.

[0033] Außerdem lässt sich das Reflex-Verringerungsverfahren der vorliegenden Erfindung leicht in den gegenwärtigen Entwurfsfluss integrieren, es führt zu keinen Problemen bezüglich der Retikel-Herstellbarkeit und es hat eine minimale Auswirkung auf das Datenvolumen.

[0034] Die vorliegende Erfindung liefert ferner eine Methodik zur Verringerung der Auswirkung von Reflexen und zur Schaffung eines besseren Prozess-Spielraums und zur Vorsehung einer Kontrolle der kritischen Abmessung und Verbesserung der Bausteinleistung.

[0035] Weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung erschließen sich für Fachmann aus der folgenden detaillierten Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

[0036] Die Erfindung selbst zusammen mit weiteren Aufgaben und Vorteilen ist unter Bezugnahme auf die folgende detaillierte Beschreibung und die beiliegenden Zeichnungen besser verständlich; es zeigen:

[0037] [Fig. 1](#) die Wirkungen der Abschirmung auf das aus der Dipolbeleuchtung resultierende Luftbild.

[0038] [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) Beispiele für vollständig massiv abgeschirmte Masken zum Drucken senkrechter Merkmale bzw. horizontaler Merkmale.

[0039] [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) ein den Masken der [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) entsprechendes simuliertes Resist-Muster.

[0040] [Fig. 4](#) die Durchlässigkeit der binären Intensitätsmaske eines unendlichen Gitters.

[0041] [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) die Verwendung von Subauflösungs-Gitterblöcken (sub-resolution grating blocks, SGB) der vorliegenden Erfindung zusammen mit Dipolbeleuchtung.

[0042] [Fig. 6](#) ein Beispiel für die Berechnung der auflösbaren Mindestrastrerung für den SGB.

[0043] [Fig. 7](#) ein beispielhaftes Flussdiagramm, das den Prozess der Anwendung der Abschirmungslinien auf Maskenmuster gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0044] [Fig. 8](#) ein beispielhaftes Zielmuster, das auf einem Wafer abgebildet werden soll.

[0045] [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) das Muster der senkrechten Komponenten und das Muster der waagrechten Komponenten entsprechend dem Zielmuster von [Fig. 8](#), wobei Abschirmung und Optical Proximity Correction- (OPC-) Hilfsmerkmale darauf angewendet sind.

[0046] [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) den auf das Muster der senkrechten Komponenten und das Muster der waagrechten Komponenten, die in den [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) dargestellt sind, angewendeten SGB.

[0047] [Fig. 11](#) eine Tabelle, die die Zunahme der Musterabdeckung für die in den [Fig. 8](#) bis 10 dargestellten verschiedenen Muster zusammenfasst.

[0048] [Fig. 12a](#) und [Fig. 12b](#) die Ergebnisse einer Luftbildsimulation unter Verwendung der in den [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) dargestellten senkrechten und waagrechten Masken, die SGB-Abschirmung der vorliegenden Erfindung im Doppeldipol-Belichtungsprozess enthalten.

[0049] [Fig. 13a](#) und [Fig. 13b](#) die Ergebnisse einer vollständigen Resist-Modellsimulation für den im Abschnitt 30 enthaltenen Abschnitt des Maskenmusters, wie in den [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) dargestellt.

[0050] [Fig. 14a](#) und [Fig. 14b](#) eine im Belichtungsspielraum erzielte Verbesserung, die infolge der Verwendung von SGB-Abschirmung erzielt wurde.

[0051] [Fig. 15a](#) bis [Fig. 15c](#) wie sich der SGB auf den Prozess-Spielraum oder den wirklichen Baustein auswirkt.

[0052] [Fig. 16](#) die Ergebnisse von Kirk's "disappearing box test" (Verschwindende-Box-Test), der die Reflexmenge mit und ohne die Verwendung von SGB der vorliegenden Erfindung quantifiziert.

[0053] [Fig. 17](#) schematisch eine lithographische Projektionsvorrichtung, die zur Verwendung mit den Masken geeignet ist, die mittels der vorliegenden Erfindung entworfen werden.

[0054] [Fig. 18a](#) und [Fig. 18b](#) die Verwendung durchgehender SGB-Linien, die sich über die Länge des Belichtungsfelds erstrecken.

[0055] Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die negativen Auswirkungen von Linsenreflexen durch die Verwendung eines Subauflösungs-Gitterblocks (SGB) in den Hintergrundbereichen des Maskenentwurfs wesentlich verringert. Wie unten detaillierter erklärt, weist der SGB eine Mehrzahl nicht auflösbarer, im Hintergrundabschnitt der Maske angeordneter Abschirmungslinien auf, deren Orientierung orthogonal zu den Merkmalen, die von der gegebenen Maske abgebildet werden, verläuft. Die nicht auflösbareren Abschirmungslinien werden nicht auf dem Wafer gedruckt, sie liefern aber die erforderliche Abschirmungswirkung, die erforderlich ist, um die Wirkungen von Reflexen zu beseitigen.

[0056] Bevor beschrieben wird, wie der SGB auf eine gegebene Maske genau angewendet wird, folgt eine kurze Beschreibung der Theorie, die der vorliegenden Erfindung zu Grunde liegt. Zur Verringerung des Hintergrundlichtpegels muss das vom Retikel durchgelassene Licht 0-ter Ordnung (d. h. DC-Pegel) geregelt werden. Reflexe mit großer Reichweite variieren über seitliche Abstände nicht, die mit der Wellenlänge vergleichbar sind (> 0,5 mm), daher kann die Bestrahlungsstärke ausgedrückt werden als:

$$I_{\text{Reflexe}}(x,y) = I_{\text{keineReflexe}}(r) + I_{\text{Hintergrund}} + I_{2,\text{Bel}} \tag{4}$$

wobei $I_{\text{Reflexe}}(x,y)$ die Bestrahlungsstärke in der Bildebene mit Reflexen, $I_{\text{keineReflexe}}(x,y)$ die Bestrahlungsstärke bei Fehlen von Reflexen mit großer Reichweite und $I_{\text{Hintergrund}}$ die konstante Hintergrundintensität ist. $I_{2,\text{Bel}}$ ist die durch die zweite Belichtung eingebrachte Bestrahlungsstärke und die konstante Hintergrund-Bestrahlungsstärke. Auf Basis des Obenstehenden ist zu erkennen, dass es entscheidend ist, die Auswirkung von $I_{\text{Hintergrund}}$ und $I_{2,\text{Bel}}$ für Hellfeld-Doppeldipol-Lithographie (DDL) zu minimieren, um den Kontrast des Luftbilds zu verbessern.

[0057] Nunmehr sei auf [Fig. 4](#) verwiesen. Für ein unendliches Gitter auf einer binären Hellfeld-Intensitätsmaske kann die Durchlässigkeit der Maske ausgedrückt werden als:

$$m(x) = 1 - \sum_{-\infty}^{\infty} \text{rect}\left(\frac{x-np}{w}\right) = 1 - \frac{1}{p} \text{rect}\left(\frac{x}{w}\right) \otimes \text{comb}\left(\frac{x}{p}\right) \dots \tag{5}$$

[0058] Aus der Fourier-Optik ergibt sich, dass die durch die Maske durchgelassene Intensität eine Verteilung in der Pupillenebene bildet, die zum Maskenspektrum proportional ist. Das elektrische Feld für eine Punktquelle ist durch Gleichung (6) gegeben und die Intensität ist durch Gleichung (7) gegeben, wie folgt:

$$E(x,y) = F[P(f_x, f_y)F(t(x,y))] \tag{6}$$

$$I(x,y) = E(x,y)E^*(x,y) \tag{7}$$

wobei $t(x,y)$ die Durchlässigkeitsfunktion und $F(t(x,y))$ das Maskenspektrum ist, das direkt zum elektrischen Feld beiträgt. F ist die Fourier-Transformation, F^{-1} ist die inverse Transformation, P ist die Pupillenfunktion, f_x und f_y sind Frequenzkoordinaten, E ist das elektrische Feld und I ist die Intensität auf der Bildebene. Bei Verwendung der Fourier-Transformation von Gleichung (5) ist das Ergebnis:

$$F\{m(x)\} = \frac{1}{\lambda} \int_{-\infty}^{\infty} m(x) \exp\left[-j2\pi \frac{k_x}{\lambda} x\right] dx = \frac{1}{\lambda} \left[\delta(k_x) - \frac{w \sin(\pi k_x w)}{p \pi k_x w} \times \sum_{-\infty}^{\infty} \left(k_x - \frac{m}{p/\lambda}\right) \right] \dots \tag{8}$$

$$0 - \text{te_Ordnung}, m = 0, k_x = 0 \Rightarrow F(k_x) = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{w}{p}\right) \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$1 - \text{te_Ordnung}, m = 1, k_x = \frac{\lambda}{p} \Rightarrow F(k_x) = \frac{1}{\lambda} \sin\left(n \frac{w}{p}\right)$$

[0059] Gleichung (9) zeigt, dass die Menge von Hintergrundlicht der 0-ten Ordnung (DC) durch Variieren der Breite und Rasterung eines unendlichen Gitters einstellbar ist.

[0060] Folglich besteht eine Lösung zur Minimierung von Reflexen ohne Anwendung von massiver Hintergrundabschirmung in der Verwendung einer Reihe von Subauflösungs-Gittern, die zur "Blockierung" des Hintergrund-DC, das die Hauptursache des unerwünschten Streulichts ist. Wie Gleichung (9) zeigt, ist es möglich, dass Hintergrund-DC durch Abstimmen der Breite und Rasterung der Subauflösungs-Gitter zu minimieren.

[0061] Weiter ist zu beachten, dass durch Platzieren der Abschirmungslinien orthogonal zu den Merkmalen, die abgebildet werden, die Wahrscheinlichkeit, dass die Abschirmungslinien auf dem Wafer gedruckt werden, praktisch null, da die parallel zur Polorientierung verlaufenden SGB-Linien nur eine DC-Komponente haben.

[0062] Die [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) zeigen die Verwendung des Subauflösungs-Gitterblocks (SGB) der vorliegenden Erfindung zusammen mit Dipolbeleuchtung. Beim Drucken senkrechter Merkmale **70** unter Verwendung des in [Fig. 5a](#) dargestellten x-Dipols **71** werden nicht auflösbare Abschirmungslinien **72** im Hintergrundabschnitt des Maskenmusters angeordnet. Die nicht auflösbaren Abschirmungslinien **72** werden orthogonal (d. h. horizontal) zu den zu druckenden senkrechten Merkmalen **70** angeordnet. Ähnlich werden wie in [Fig. 5b](#) gezeigt beim Drucken horizontaler Merkmale **75** unter Verwendung des y-Dipols **76** nicht auflösbare Abschirmungslinien **72** orthogonal (d. h. senkrecht) zu den zu druckenden waagrechten Merkmalen **75** angeordnet.

[0063] Es ist zu beachten, dass die Rasterung und Breite der Linien des SGB zur Minimierung des Hintergrund-DC abgestimmt werden können. Wie nachstehend erläutert wird, wird insbesondere bei der gegebenen Ausführungsform die Mindest rasterung der Linien des SGB mittels Gleichung 10 berechnet und danach eine Simulation ausgeführt, um die Breite der SGB-Linien auszuwählen und zu optimieren. Es ist zu beachten, dass zur Bestimmung der Breite der Linien vorzugsweise eine Simulation verwendet wird, weil es vom Resist-Prozess abhängt, ob die SGB-Linien gedruckt werden oder nicht.

[0064] Wie erwähnt ist die Rasterung der Abschirmungslinien **72** so ausgelegt, dass die Abschirmungslinien nicht auf dem Wafer abgebildet werden. Falls ohne die 0-te Ordnung, müssen zur Bildung des Bildes mindestens die +/- 1-ten Beugungsordnungen von der Linse erfasst werden, wie bekannt ist. Folglich kann eine Rasterung, die eine Mehrzahl Linien mit einer Rasterung unter der auflösbaren Mindest rasterung (minimum resolvable pitch, MRP) unter der Grenzfrequenz des Abbildungssystems aufweist, nicht aufgelöst werden. Die auflösbare Mindest rasterung ist definiert als:

$$\text{MRP} = k_1 [\lambda / (\text{NA}(1 + \sigma))] \quad (10)$$

wobei k_1 eine prozessabhängige Konstante, NA die numerische Apertur, λ die Wellenlänge des abbildenden Lichts und σ das äußere Sigma oder die partielle Kohärenz ist. [Fig. 6](#) stellt ein Beispiel für die MRP-Berechnung dar. Bei einem ArF-System mit einer numerischen Apertur von 0,75 beträgt die auflösbare Mindest rasterung 138 nm. Ist die Rasterung zwischen Linien **79** geringer als dieser Betrag, können die Linien durch das Abbildungssystem nicht auflösbar und sie werden deshalb nicht auf dem Wafer gedruckt. Deshalb wäre bei Verwendung dieses Beispiels die Rasterung der Abschirmungslinien **72** kleiner als 138 nm, um die Abschirmungslinien nicht auflösbar zu halten. Es ist zu beachten, dass es keine Regel gibt, die die Länge der Abschirmungslinien **72** bestimmt. Die Abschirmungslinien **72** können sich über das gesamte Belichtungsfeld erstrecken, wenn sie nicht durch die Geometrie behindert werden.

[0065] [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm, das den Prozess der Anwendung der Abschirmungslinien auf Maskenmuster gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt. Wie aus [Fig. 7](#) ersichtlich ist, enthält der erste Schritt (Schritt **80**) das Erhalten der Entwurfsdaten, die das abzubildende Muster darstellen. Dann werden die im Maskenentwurf enthaltenen senkrechten Merkmale identifiziert und etwaige erforderliche OPC-Techniken (z. B. Hinzufügen von Streubalken) auf den Entwurf angewendet (Schritt **82**). Während des Schrittes 82 werden die im Maskenentwurf enthaltenen horizontalen Merkmale auf die oben beschriebene Weise abgeschirmt. Als Nächstes werden in Schritt **84** die Hintergrundbereiche des Maskenmusters identifiziert und horizontal orien-

tiert; nicht auflösbare Abschirmungslinien **72** werden zum Maskenentwurf hinzugefügt. Sobald die Abschirmungslinien **72** hinzugefügt worden sind, ist der Entwurf der senkrechten Maske abgeschlossen und die senkrechte Maske wird erzeugt (Schritt **86**).

[0066] Nach der Faustregel für die Definition des "Hintergrund"-Bereichs muss ein "Schutzband" von ca. zehn mal der Wellenlänge des Belichtungswerkzeug hinzugefügt werden. In diesem Schutzband ist keine SGB-Abschirmung angeordnet. Wenn z. B. ein ArF-Belichtungswerkzeug mit einer Wellenlänge von 193 nm angenommen wird, würde das Schutzband $193 \text{ nm} \times 10$ oder ca. 2000 nm betragen. Alle Bereiche außerhalb des 2000 nm-Schutzbands wären deshalb mit der SGB-Abschirmung versehen.

[0067] Die waagrechte Maske wird auf eine ähnliche Weise erzeugt. Insbesondere werden die im Maskenentwurf enthaltenen waagerechten Merkmale identifiziert und etwaige erforderliche OPC-Techniken (z. B. Hinzufügen von Streubalken) auf den Entwurf angewendet (Schritt **81**). Während des Schrittes **81** werden die im Maskenentwurf enthaltenen senkrechten Merkmale auf die oben beschriebene Weise abgeschirmt. Als Nächstes werden in Schritt **83** die Hintergrundbereiche des Maskenmusters identifiziert und senkrecht orientiert, nicht auflösbare Abschirmungslinien **72** werden zum Maskenentwurf hinzugefügt. Sobald die Abschirmungslinien **72** hinzugefügt worden sind, ist der Entwurf der waagerechten Maske abgeschlossen und die waagrechte Maske wird erzeugt (Schritt **85**).

[0068] Sobald die senkrechte und waagrechte Maske erzeugt worden sind, beinhalten die letzten Schritte das Abbilden des Wafers mittels der senkrechten Maske und der X-Pol-Beleuchtung (Schritt **88**), und danach die Abbildung des Wafers mittels der waagerechten Maske und der Y-Pol-Beleuchtung (Schritt **89**). Bei Abschluss der Schritte **88** und **89** ist der Prozess abgeschlossen. Natürlich ist es auch möglich, die Schritte **88** und **89** in der umgekehrten Reihenfolge auszuführen.

[0069] Die [Fig. 8](#) bis 10 zeigen den Prozess und beispielhafte Maskenmuster, die gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung erzeugt werden. Ein beispielhaftes Zielmuster, das auf dem Wafer abgebildet werden soll, ist in [Fig. 8](#) dargestellt. Wie gezeigt, enthält das Zielmuster senkrecht orientierte Merkmale **101** und waagrecht orientierte Merkmale **102**. [Fig. 9a](#) stellt das Ergebnis von Schritt **82** dar. Wie dargestellt, sind die waagerechten Merkmale **102** abgeschirmt und Hilfsmerkmale **103** zu den zu druckenden senkrechten Merkmalen **101** hinzugefügt, wo erforderlich. [Fig. 9b](#) stellt das Ergebnis von Schritt **81** dar. Wie gezeigt, sind die senkrechten Merkmale **101** abgeschirmt und Hilfsmerkmale **103** zu den zu druckenden waagerechten Merkmalen **102** hinzugefügt, wo erforderlich.

[0070] Ferner ist zu beachten, dass sich in dem in [Fig. 8](#) dargestellten ursprünglichen Maskenmuster eine uneinheitliche Verteilung der Geometrien befindet und die Abdeckung nur 9% beträgt (d. h. nur 9% des gesamten Bereichs der gegebenen Maske weisen auf druckende Merkmale auf). Außerdem haben nach Zerlegung des ursprünglichen Musters in die senkrechten und horizontalen Maskenmuster und Anwendung der OPC-Techniken wie in den [Fig. 9a](#) bzw. [Fig. 9b](#) gezeigt die resultierenden Layouts immer noch ungleichmäßige räumliche Verteilungen. Die Musterabdeckung ist jedoch von 9% auf 13,6% beim senkrechten Layout ([Fig. 9a](#)) und auf 17,3% beim waagerechten Layout ([Fig. 9b](#)) verbessert worden. Nach der Zerlegung in waagerechte und senkrechte Maskenmuster gibt es daher immer noch einen großen offenen Bereich ohne jeglichen Schutz, der von den Reflexen des Belichtungssystems beeinträchtigt wird.

[0071] Die [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) stellen die Ergebnisse von Schritt **84** bzw. **83** dar. Wie in [Fig. 10a](#) gezeigt, werden nicht auflösbare horizontal orientierte Abschirmungslinien **72** zum senkrechten Muster in den offenen Hintergrundbereichen hinzugefügt (Schritt **84**). Ähnlich werden wie in [Fig. 10b](#) gezeigt nicht auflösbare senkrecht orientierte Abschirmungslinien **72** zum waagerechten Muster in den offenen Hintergrundbereichen hinzugefügt (Schritt **83**). Wie oben erwähnt, resultiert die Hintergrundabschirmung weder bei der X-Pol-Beleuchtung noch bei der Y-Pol-Beleuchtung in einer Intensitätsmodulation. Ferner verbessert sich nach Anwendung der Abschirmungslinien die Musterabdeckung von 13,6% auf 30% beim senkrechten Layout ([Fig. 10a](#)) und von 17,3% auf 35% beim waagerechten Layout ([Fig. 10b](#)). Die in [Fig. 11](#) dargestellte Tabelle fasst die Zunahme der Musterabdeckung für die verschiedenen in den [Fig. 8](#) bis 10 dargestellten Muster zusammen. Es ist zu beachten, dass ein zunehmend höherer Prozentsatz der Musterabdeckung bedeutet, dass die SGB-Behandlung mehr Streulicht blockiert und als Ergebnis die negativen Auswirkungen von Reflexen weiter verringert.

[0072] Die [Fig. 12a](#) und [Fig. 12b](#) zeigen die Ergebnisse einer Luftbildsimulation unter Verwendung der in den [Fig. 10a](#) bzw. [Fig. 10b](#) dargestellten senkrechten und waagerechten Masken, die eine SGB-Abschirmung im Doppeldipol-Belichtungsprozess enthalten. Wie in [Fig. 12a](#) gezeigt, ergeben sich folgende mit den verschiedenen Abschnitten der resultierenden Intensität verbundene normalisierte Intensitätpegel: Bereich **1120**, der

dem Hauptmerkmal-Abschirmungsbereich entspricht, 0%; Bereich **1130**, der einem Abschnitt der Schaltungsstruktur entspricht, 25%; Bereich **1140**, der einem durch die SGB-Abschirmung abgedeckten Bereich entspricht, 50%; und Bereich **1160**, der einem Bereich ohne jegliche Abschirmung entspricht, 100%. Wie dargestellt ist, haben die durch die horizontale SGB-Abschirmung abgedeckten Bereiche **1140** einen relativen Intensitätspegel, der 50% niedriger ist als derjenige der Bereiche **1160** ohne Abschirmung. Als Folge kann die SGB-Abschirmung die Menge des Hintergrundlichts wirksam verringern. [Fig. 12b](#) zeigt ähnliche Ergebnisse für die waagrechte Maske.

[0073] Die [Fig. 13a](#) und [Fig. 13b](#) zeigen die Ergebnisse einer vollständigen Resist-Modellsimulation für den im Abschnitt **30** enthaltenen Abschnitt des Maskenmusters, wie in den [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) dargestellt. Die auf die senkrechten und waagrecht Maskenmuster angewendeten SGB-Linien haben eine Rasterung von 120 nm und eine Breite von 40 nm. Wie in den [Fig. 13a](#) und [Fig. 13b](#) gezeigt, beeinträchtigen weder die zu den Maskenmustern zugefügten Abschirmungslinien **72** die Streubalken-Platzierung, noch bewirken die Abschirmungslinien **72**, dass die Streubalken gedruckt werden.

[0074] Die Wirksamkeit des SGB der vorliegenden Erfindung wurde durch Belichtung zweier Sätze Dipol-Retikel, einer mit und einer ohne SGB, mit einem ASML PAS 5500/1100 ArF-Step-and-Scan-System mit einer NA von 0,75 unter Verwendung des gleichen Resist-Prozesses validiert. Die Einstellungen für die Doppel-Dipolbelichtung waren: NA = 0,75, Öffnung 35°, $\sigma_{\text{innere}} = 0,64$ und $\sigma_{\text{äußere}} = 0,89$. Diese Beleuchtungseinstellung wurde für eine Rasterung von 170 nm, gegeben durch Rasterung = $\lambda/(2\sigma_c \text{ NA})$ optimiert, um die Überlappung der nullten und +/- ersten Beugungsordnung zur Maximierung der Tiefenschärfe (depth of focus, DOF) zu maximieren, wobei $\sigma_c = (\sigma_{\text{innere}} + \sigma_{\text{äußere}})/2$. Weil Streulicht eine größere Auswirkung auf dichte Rasterungen hat, konzentrierte sich die Validierung auf die kritische Zielabmessung von 70 nm mit einer Rasterung von 170 nm. Die [Fig. 14a](#) und [Fig. 14b](#) zeigen, dass das Retikel mit dem SGB (DS5B) eine höhere Dosis erforderte, um die kritische Zielabmessung von 70 nm zu erreichen, und eine Verbesserung des Belichtungsspielraums um 20% im Vergleich zum DS5-Retikel ohne SGB aufwies. Diese Versuchsergebnisse bestätigen, dass die Verwendung von SGB wirksam Streulicht verringern, den Bildkontrast verbessern und den Prozess-Spielraum steigern kann.

[0075] Um zu bestätigen, wie sich der SGB auf den Prozess-Spielraum echter Bausteine auswirkt, wurde der SGB bei der Herstellung einer SRAM-Zelle verwendet. Die [Fig. 15a](#) bis [Fig. 15c](#) zeigen die Ergebnisse. Messungen der kritischen Abmessungen wurden am 65 nm-NMOS-Gate durchgeführt. Das Rechteck **150** in [Fig. 15b](#) markiert die Lage der FEM-Messung der kritischen Abmessung. Wie in [Fig. 15c](#) gezeigt, weist das mit SGB behandelte SRAM ca. 20% mehr Belichtungsspielraum auf als das nichts mit SGB behandelte SRAM. Es ist zu beachten, dass die Resist-Simulation und das REM-Resist-Bild in den [Fig. 15a](#) bzw. [Fig. 15c](#) gezeigt sind.

[0076] Als letzter Test wurde Joseph Kirk's "disappearing box test" für Doppelbelichtung modifiziert, um die Reflexmenge mit und ohne Verwendung des SGB-Musters zu quantifizieren. Das Disappearing-box-Modul wurde mit Box-Größen ausgelegt, die von 0,6 μm bis 5,0 μm variierten. Die Module wurden in der exakten Position auf den horizontalen und senkrechten Retikeln platziert. Die gleiche Box-Anordnung wurde mit einem SGB von 1 mm Länge behandelt und jede Box wurde 3 mm beabstandet platziert. Der Prozentsatz der Reflexe wurde mittels der folgenden Gleichung berechnet:

$$\text{Streulicht \%} = E_0 (\text{Dosis zum Lösen})/E_{\text{Box}} (\text{Dosis zum Entfernen})$$

[0077] [Fig. 16](#) zeigt die Testergebnisse. Die Disappearing-box-Anordnung mit SGB weist um insgesamt circa 1,5% geringere Reflexe (oder Verbesserung von circa 33%) auf. Es ist zu beachten, dass die Reflexe sehr empfindlich auf die Umgebung reagieren, insbesondere in dem Bereich, in dem sich das SGB- dem Nicht-SGB-Ergebnis nähert. Der Umfang der Reflexverringerng hängt von der Reichweite des SGB ab. Eine längere SGB-Reichweite resultiert in einer besseren Reflexverringerng.

[0078] Es ist zu beachten, dass wie oben erörtert der obige Prozess der vorstehenden Erfindung zum Erzeugen der senkrechten und waagrecht Masken typischerweise mittels CAD-Systemen zusammen mit Maskenerzeugungs-Software wie z. B. MaskWeaver™, vermarktet von ASML MaskTools, ausgeführt wird. Solche CAD-Systeme und Maskenentwurfs-Software können ohne weiteres so programmiert werden, dass sie den Prozess der vorliegenden Erfindung enthalten.

[0079] [Fig. 17](#) zeigt schematisch eine lithographische Projektionsvorrichtung, die zur Verwendung mit den Masken geeignet ist, die mittels der vorliegenden Erfindung entworfen werden. Die Vorrichtung weist auf:

- ein Bestrahlungssystem Ex, IL, zum Liefern eines Projektionsstrahls PB einer Strahlung. In diesem speziellen Fall weist das Bestrahlungssystem auch eine Strahlungsquelle LA auf;
- einen mit einem Maskenhalter zum Halten einer Maske MA (z. B. Retikel) versehenen ersten Objektisch (Maskentisch) MT, der zum genauen Positionieren der Maske bezüglich Teil PL mit ersten Positionierungsmitteln verbunden ist;
- einen mit einem Substrathalter zum Halten eines Substrats W (z. B. eines resistbeschichteten Siliziumwafers) versehenen zweiten Objektisch (Substrattisch) WT, der zum genauen Positionieren des Substrats bezüglich Teil PL mit zweiten Positionierungsmitteln verbunden ist;
- ein Projektionssystem ("Linse") PL (z. B. ein brechendes, katoptrisches oder katadioptrisches optisches System) zum Abbilden eines bestrahlten Abschnitts der Maske MA auf einen Zielabschnitt C (der z. B. einen oder mehrere Chips aufweist) des Substrats W.

[0080] Wie hierin dargestellt ist, ist die Vorrichtung ein durchlassender Typ (d. h. sie hat eine durchlassende Maske). Im Allgemeinen kann sie jedoch z. B. auch ein spiegelnder Typ sein (mit einer spiegelnden Maske). Alternativ kann die Vorrichtung eine andere Art von Musterbildungsmitteln als eine Alternative zur Verwendung einer Maske verwenden. Zu den Beispielen gehört eine programmierbare Spiegelanordnung oder LCD-Matrix.

[0081] Die Quelle LA (z. B. eine Quecksilberlampe, ein Excimerlaser oder eine Plasma-Entladungsquelle) erzeugt einen Strahl einer Strahlung. Dieser Strahl wird entweder direkt oder nach Traversieren von Konditionierungsmitteln wie z. B. eines Strahlaufweiters Ex indirekt in ein Beleuchtungssystem (Bestrahler) IL gespeist. Der Bestrahler IL kann Einstellmittel AM zum Einstellen der äußeren und/oder inneren radialen Ausdehnung (im Allgemeinen als σ -äußere bzw. σ -innere bezeichnet) der Intensitätsverteilung im Strahl aufweisen. Außerdem wird er im Allgemeinen verschiedene andere Komponenten aufweisen wie z. B. einen Integrator IN und einen Kondensator CO. Auf diese Weise hat der auf die Maske MA auftreffende Strahl PB in seinem Querschnitt eine gewünschte Einheitlichkeit und Intensitätsverteilung.

[0082] In Bezug auf [Fig. 17](#) ist zu beachten, dass sich die Quelle LA innerhalb des Gehäuses der lithographischen Projektionsvorrichtung befinden kann (wie es oft der Fall ist, wenn die Quelle LA z. B. eine Quecksilberlampe ist), aber dass sie auch von der lithographischen Projektionsvorrichtung entfernt sein kann, wobei der von ihr erzeugte Strahl einer Strahlung in die Vorrichtung geleitet wird (z. B. mit Hilfe geeigneter Lenkungsspiegel). Dieses letztere Szenario trifft häufig zu, wenn die Quelle LA ein Excimerlaser ist. Die vorliegende Erfindung umfasst beide dieser Szenarien.

[0083] Der Strahl PB schneidet anschließend die Maske MA, die auf einem Maskentisch MT gehalten wird. Nachdem der Strahl PB die Maske MA traversiert hat, fällt er durch die Linse PL, die den Strahl PB auf einen Zielabschnitt C des Substrats W fokussiert. Mittels der zweiten Positionierungsmittel (und interferometrischen Messmittel IF) kann der Substrattisch WT genau bewegt werden, z. B. um verschiedene Zielabschnitte C im Weg des Strahls PB zu positionieren. Ähnlich können die ersten Positionierungsmittel verwendet werden, um die Maske MA in Bezug auf den Weg des Strahls PB genau zu positionieren, z. B. nach der mechanischen Entnahme der Maske MA aus einer Maskenbibliothek oder während einer Abtastung. Im Allgemeinen wird die Bewegung der Objektische MT, WT mit Hilfe eines Langhubmoduls (Grobpositionierung) und eines Kurzhubmoduls (Feinpositionierung), die in [Fig. 17](#) nicht ausdrücklich dargestellt sind, verwirklicht. Im Falle eines Wafer-Steppers (im Gegensatz zu einem Step-and-Scan-Werkzeug) kann der Maskentisch MT jedoch nur mit einem Kurzhubaktor verbunden oder kann starr befestigt sein.

[0084] Das dargestellte Werkzeug kann in zwei verschiedenen Modi verwendet werden:

- Im Schrittmodus wird der Maskentisch MT im Wesentlichen stationär gehalten und ein gesamtes Maskenabbild wird auf einmal (d. h. in einem einzigen "Blitz") auf einen Zielabschnitt C projiziert. Dann wird der Substrattisch WT in den x- und/oder y-Richtungen verschoben, so dass ein anderer Zielabschnitt C durch den Strahl PB bestrahlt werden kann.
- Im Abtastmodus gilt im Wesentlichen das gleiche Szenario, außer dass ein gegebener Zielabschnitt C nicht in einem einzigen "Blitz" belichtet wird. Stattdessen ist der Maskentisch MT mit einer Geschwindigkeit v in einer gegebenen Richtung (die so genannte "Abtastrichtung", z. B. die y-Richtung) beweglich, so dass der Projektionsstrahl PB zum Abtasten über einem Maskenabbild veranlasst wird. Gleichzeitig wird der Substrattisch WT mit einer Geschwindigkeit $V = Mv$, bei der M die Vergrößerung der Linse PL ist (typischerweise $M = 1/4$ oder $1/5$), simultan in der gleichen oder entgegengesetzten Richtung bewegt. Auf diese Weise kann ein relativ großer Zielabschnitt C belichtet werden, ohne dass bezüglich der Auflösung ein Kompromiss geschlossen werden muss.

[0085] Wie oben beschrieben bietet das Verfahren der vorliegenden Erfindung bedeutende Vorteile gegenü-

ber dem Stand der Technik. Die vorliegende Erfindung stellt z. B. eine wirksame Technik zur Verringerung von Reflexen mit langer Reichweite bereit, um die Auswirkung von Reflexen im Belichtungsprozess zu minimieren. Wichtig ist, dass die Technik der vorliegenden Erfindung weder die Platzierung von Hilfsmerkmalen beeinträchtigt noch bewirkt, dass die Hilfsmerkmale gedruckt werden. Ferner resultierte das Verfahren der vorliegenden Erfindung nicht in einer Erhöhung der Anzahl von während des Abbildungsprozesses erforderlichen Masken.

[0086] Außerdem sind auch Variationen der oben dargelegten Ausführungsform möglich. Obwohl z. B. die in den [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) dargestellten SGB-Linien unterbrochen sind, ist es auch möglich, durchgehende Linien oder andere Formen wie z. B. unter Anderem quadratische, kreisrunde usw. zu verwenden, sofern die Abschirmungsgeometrien unterhalb der Auflösung bleiben, wie z. B. in den [Fig. 18a](#) und [Fig. 18b](#) gezeigt. Die Verwendung solcher durchgehenden langen Linien in der SGB-Abschirmung hat den zusätzlichen Vorteil der Verringerung des mit den Masken verbundenen Datenvolumens.

[0087] Bei einer anderen Variation, die zwar nicht vorzuziehen ist, ist es auch möglich, den SGB so auszubilden, dass die darin enthaltenen Linien nach den zu druckenden Merkmalen ausgerichtet sind. Bei einer solchen Ausführungsform befindet sich der SGB jedoch in der Hochkontrast-Orientierung, und deshalb ist die Druckbarkeit des SGB erhöht.

[0088] Obwohl bestimmte spezielle Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung offenbart worden sind, ist zu beachten, dass die vorliegende Erfindung auf andere Arten verkörpert werden kann, ohne von ihrem Geist oder ihren wesentlichen Eigenschaften abzuweichen. Die vorliegenden Ausführungsformen sind deshalb in jeder Hinsicht als erläuternd und nicht als einschränkend zu betrachten, wobei der Gültigkeitsbereich der Erfindung durch die beigefügten Ansprüche angegeben ist und alle Änderungen, die von der Bedeutung und dem Bereich der Gleichwertigkeit der Ansprüche abdeckt sind, seine deshalb hierin erfasst.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen von Masken zum Drucken eines Musters mit senkrecht orientierten und waagrecht orientierten Merkmalen auf ein Substrat unter Verwendung von Dipolbeleuchtung, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

Erzeugen einer Maske für die senkrechten Komponenten, wobei die Maske für die senkrechten Komponenten dazu dient, die senkrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden; und
Erzeugen einer Maske für die waagrechten Komponenten, wobei die Maske für die waagrechten Komponenten dazu dient, die waagrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden, gekennzeichnet durch:

Identifizieren von Hintergrundbereichen in diesem Muster und wo die Maske für die senkrechten Komponenten nicht auflösbare waagrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen enthält und wo die Maske für die waagrechten Komponenten nicht auflösbare senkrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen enthält.

2. Verfahren zum Erzeugen von Masken nach Anspruch 1, bei dem der Schritt des Erzeugens der Maske für die senkrechten Komponenten enthält:

Identifizieren waagrecht orientierter im Muster enthaltenen Merkmale und Bereitstellen einer Abschirmung für die waagrecht orientierten Merkmale; und
Anwenden von Optical Proximity Correction-Hilfsmerkmalen auf die im Muster enthaltenen senkrecht orientierten Merkmale.

3. Verfahren zum Erzeugen von Masken nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Schritt des Erzeugens der Maske für die waagrechten Komponenten enthält:

Identifizieren senkrecht orientierter im Muster enthaltenen Merkmale und Bereitstellen einer Abschirmung für die senkrecht orientierten Merkmale; und
Anwenden von Optical Proximity Correction-Hilfsmerkmalen auf die im Muster enthaltenen waagrecht orientierten Merkmale.

4. Verfahren zum Erzeugen von Masken nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Hintergrundbereiche keine Merkmale enthalten, die auf dem Substrat abzubilden sind.

5. Verfahren zum Erzeugen von Masken nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die nicht auflösbaren waagrecht orientierten Merkmale eine Mehrzahl individueller zueinander parallel verlaufender Linien aufweisen, wobei jede der individuellen Linien die gleiche Breite hat.

6. Verfahren zum Erzeugen von Masken nach Anspruch 5, bei dem die nicht auflösbaren waagrecht orientierten Merkmale die gleiche Rasterung haben.
7. Verfahren zum Erzeugen von Masken nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die nicht auflösbaren senkrecht orientierten Merkmale eine Mehrzahl individueller zueinander parallel verlaufender Linien aufweisen, wobei jede der individuellen Linien die gleiche Breite hat.
8. Verfahren zum Erzeugen von Masken nach Anspruch 7, bei dem die nicht auflösbaren senkrecht orientierten Merkmale die gleiche Rasterung haben.
9. Verfahren zum Drucken eines Musters mit senkrecht orientierten und waagrecht orientierten Merkmalen auf ein Substrat unter Verwendung von Dipolbeleuchtung, wobei das Verfahren die Verfahrensschritte von Anspruch 1 und ferner die Schritte aufweist:
Beleuchten der Maske für die senkrechten Komponenten unter Verwendung einer X-Pol-Beleuchtung; und
Beleuchten der Maske für die waagrechten Komponenten unter Verwendung einer Y-Pol-Beleuchtung.
10. Verfahren zum Drucken eines Musters nach Anspruch 9, bei dem der Schritt zum Erzeugen der Maske für die senkrechten Komponenten enthält:
Identifizieren waagrecht orientierter im Muster enthaltener Merkmale und Bereitstellen einer Abschirmung für die waagrecht orientierten Merkmale; und
Anwenden von Optical Proximity Correction-Hilfsmerkmalen auf die im Muster enthaltenen senkrecht orientierten Merkmale.
11. Verfahren zum Drucken eines Musters nach Anspruch 9 oder 10, bei dem der Schritt zum Erzeugen der Maske für die waagrechten Komponenten enthält:
Identifizieren senkrecht orientierter im Muster enthaltener Merkmale und Bereitstellen einer Abschirmung für die senkrecht orientierten Merkmale; und
Anwenden von Optical Proximity Correction-Hilfsmerkmalen auf die im Muster enthaltenen waagrecht orientierten Merkmale.
12. Verfahren zum Drucken eines Musters nach einem der Ansprüche 9 bis 11, bei dem die Hintergrundbereiche keine Merkmale enthalten, die auf dem Substrat abzubilden sind.
13. Verfahren zum Drucken eines Musters nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem die Abschirmung die Beleuchtung der waagrecht orientierten Komponenten verhindert, wenn die Maske für die senkrechten Komponenten beleuchtet wird.
14. Verfahren zum Drucken eines Musters nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei dem die Abschirmung die Beleuchtung der senkrecht orientierten Komponenten verhindert, wenn die Maske für die waagrechten Komponenten beleuchtet wird.
15. Verfahren zum Drucken eines Musters nach einem der Ansprüche 9 bis 14, bei dem die nicht auflösbaren waagrecht orientierten Merkmale eine Mehrzahl individueller zueinander parallel verlaufender Linien aufweisen, wobei jede der individuellen Linien die gleiche Breite hat.
16. Verfahren zum Drucken eines Musters nach Anspruch 15, bei dem die nicht auflösbaren waagrecht orientierten Merkmale die gleiche Rasterung haben.
17. Verfahren zum Drucken eines Musters nach einem der Ansprüche 9 bis 16, bei dem die nicht auflösbaren senkrecht orientierten Merkmale eine Mehrzahl individueller zueinander parallel verlaufender Linien aufweisen, wobei jede der individuellen Linien die gleiche Breite hat.
18. Verfahren zum Drucken eines Musters nach Anspruch 17, bei dem die nicht auflösbaren senkrecht orientierten Merkmale die gleiche Rasterung haben.
19. Vorrichtung zum Erzeugen von Masken zum Drucken eines Musters mit senkrecht orientierten und waagrecht orientierten Merkmalen auf ein Substrat, wobei die Vorrichtung aufweist:
Mittel zum Identifizieren von Hintergrundbereichen, die in diesem Muster enthalten sind;
Mittel zum Erzeugen einer Maske für die senkrechten Komponenten, die nicht auflösbare waagrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen aufweist, und die Maske für die senkrechten Komponenten dazu dient,

die senkrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden; und Mittel zum Erzeugen einer Maske für die waagrecht orientierten Merkmale, die nicht auflösbare senkrecht orientierte Merkmale in den Hintergrundbereichen aufweist, und die Maske für die waagrecht orientierten Merkmale auf dem Substrat abzubilden.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, bei der die Hintergrundbereiche keine Merkmale enthalten, die auf dem Substrat abzubilden sind.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, bei der die nicht auflösbaren waagrecht orientierten Merkmale eine Mehrzahl individueller zueinander parallel verlaufender Linien aufweisen, wobei jede der individuellen Linien die gleiche Breite hat.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, bei der die nicht auflösbaren waagrecht orientierten Merkmale die gleiche Rasterung haben.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, bei der die nicht auflösbaren senkrecht orientierten Merkmale eine Mehrzahl individueller zueinander parallel verlaufender Linien aufweisen, wobei jede der individuellen Linien die gleiche Breite hat.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, bei der die nicht auflösbaren senkrecht orientierten Merkmale die gleiche Rasterung haben.

25. Computerprogrammprodukt zum Steuern eines Computers, der ein für den Computer lesbares Aufzeichnungsmedium und auf dem Aufzeichnungsmedium aufgezeichnete Mittel zum Anweisen des Computers, Dateien zu erzeugen, die Masken zum Drucken eines Musters mit senkrecht und waagrecht orientierten Merkmalen in einem lithografischen Abbildungsprozess mit Mehrfachbelichtung entsprechen, aufweist, wobei die Erzeugung der Dateien die Schritte des Verfahrens nach Anspruch 1 aufweist.

26. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 25, bei dem der Schritt zum Erzeugen der Maske für die senkrechten Komponenten enthält:
Identifizieren waagrecht orientierter im Muster enthaltener Merkmale und Bereitstellen einer Abschirmung für die waagrecht orientierten Merkmale; und
Anwenden von Optical Proximity Correction-Hilfsmerkmalen auf die im Muster enthaltenen senkrecht orientierten Merkmale.

27. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 25 oder 26, bei dem der Schritt zum Erzeugen der Maske für die senkrechten Komponenten enthält:
Identifizieren senkrecht orientierter im Muster enthaltener Merkmale und Bereitstellen einer Abschirmung für die senkrecht orientierten Merkmale; und
Anwenden von Optical Proximity Correction-Hilfsmerkmalen auf die im Muster enthaltenen waagrecht orientierten Merkmale.

28. Computerprogrammprodukt nach einem der Ansprüche 25 bis 27, bei dem die Hintergrundbereiche keine Merkmale enthalten, die auf dem Substrat abzubilden sind.

29. Computerprogrammprodukt nach einem der Ansprüche 25 bis 28, bei dem die nicht auflösbaren waagrecht orientierten Merkmale eine Mehrzahl individueller zueinander parallel verlaufender Linien aufweisen, wobei jede der individuellen Linien die gleiche Breite und die gleiche Rasterung hat.

30. Computerprogrammprodukt nach einem der Ansprüche 25 bis 29, bei dem die nicht auflösbaren senkrecht orientierten Merkmale eine Mehrzahl individueller zueinander parallel verlaufender Linien aufweisen, wobei jede der individuellen Linien die gleiche Breite und die gleiche Rasterung hat.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

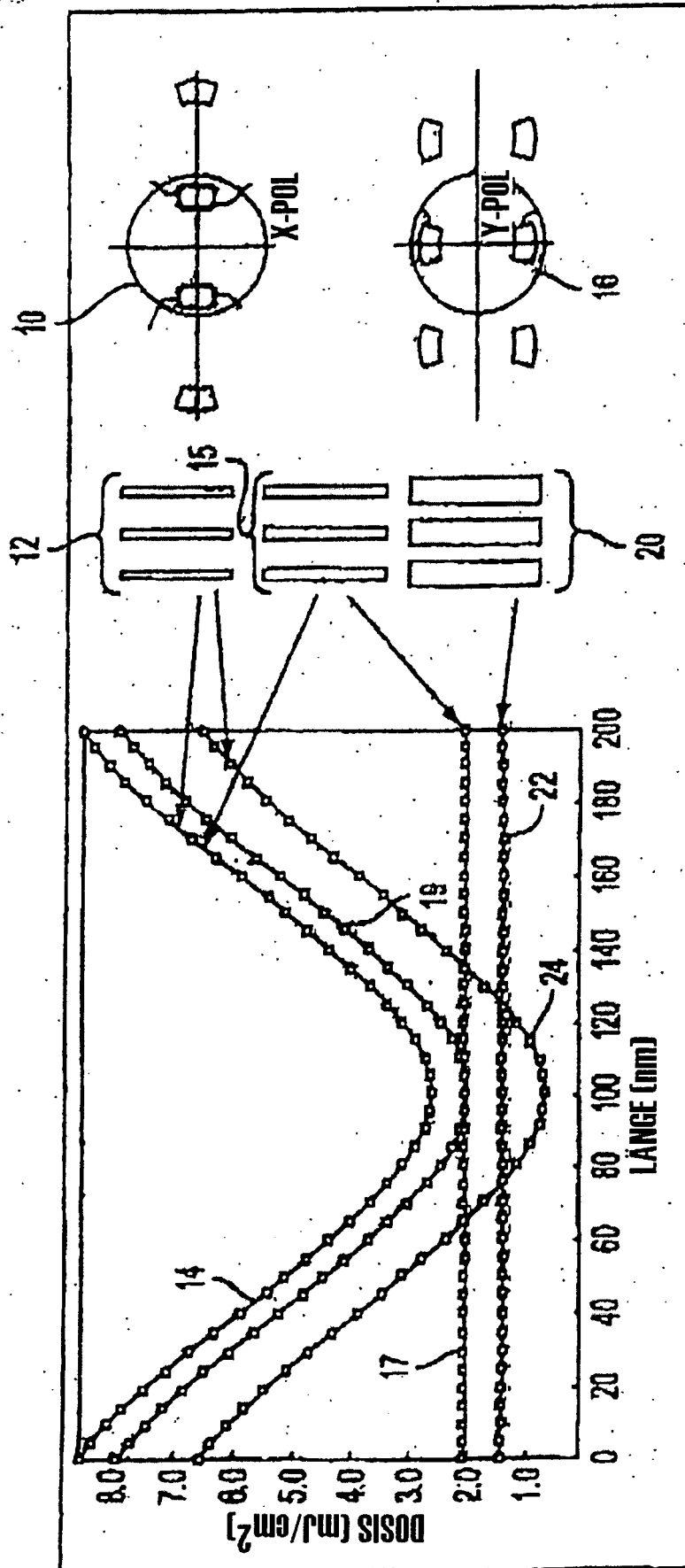


FIG. 1

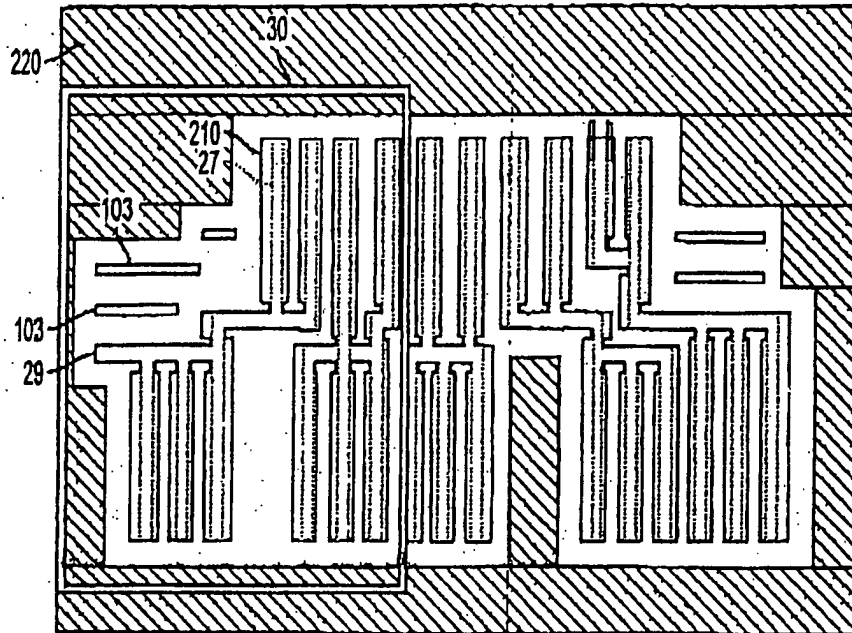


FIG. 2A

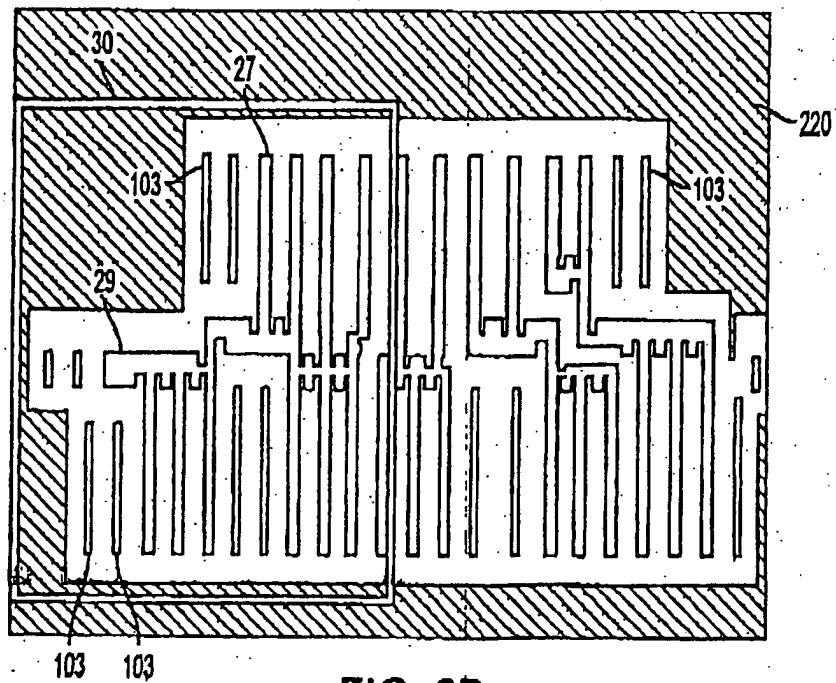


FIG. 2B

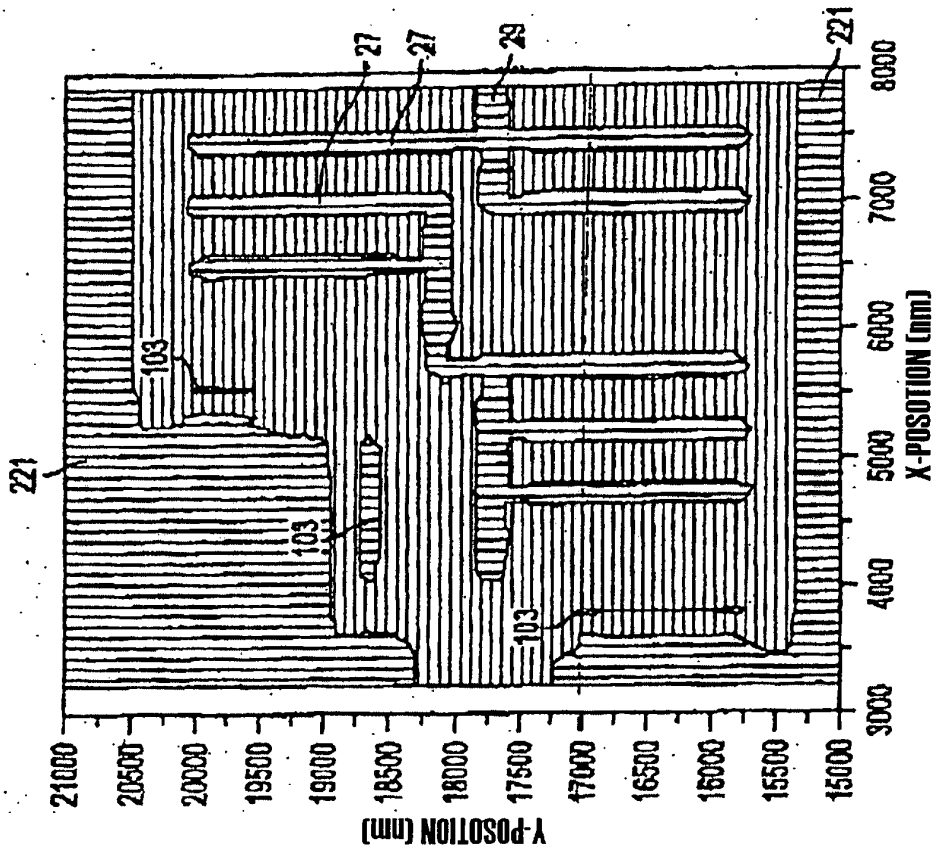


FIG. 3B

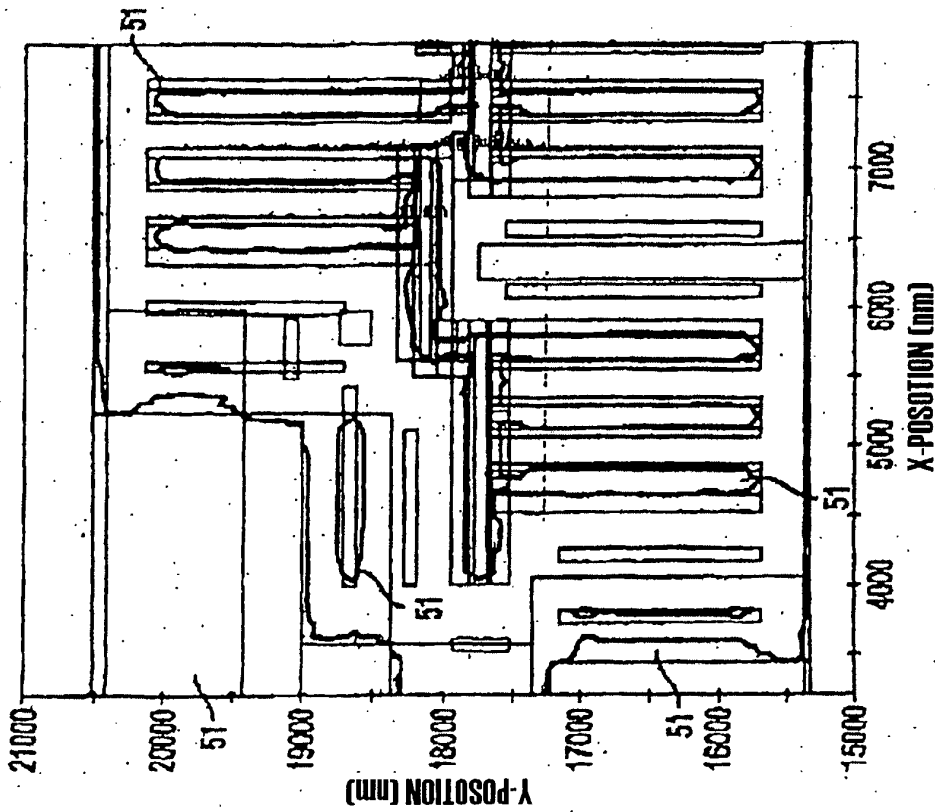


FIG. 3A

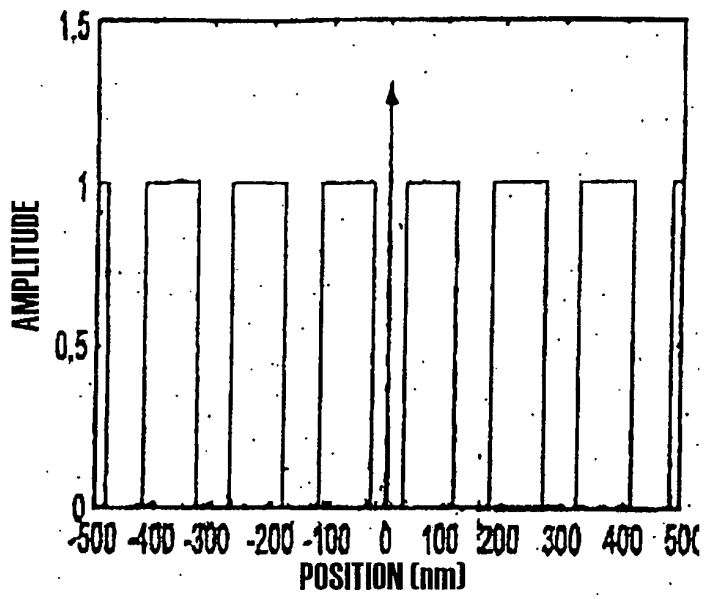


FIG. 4

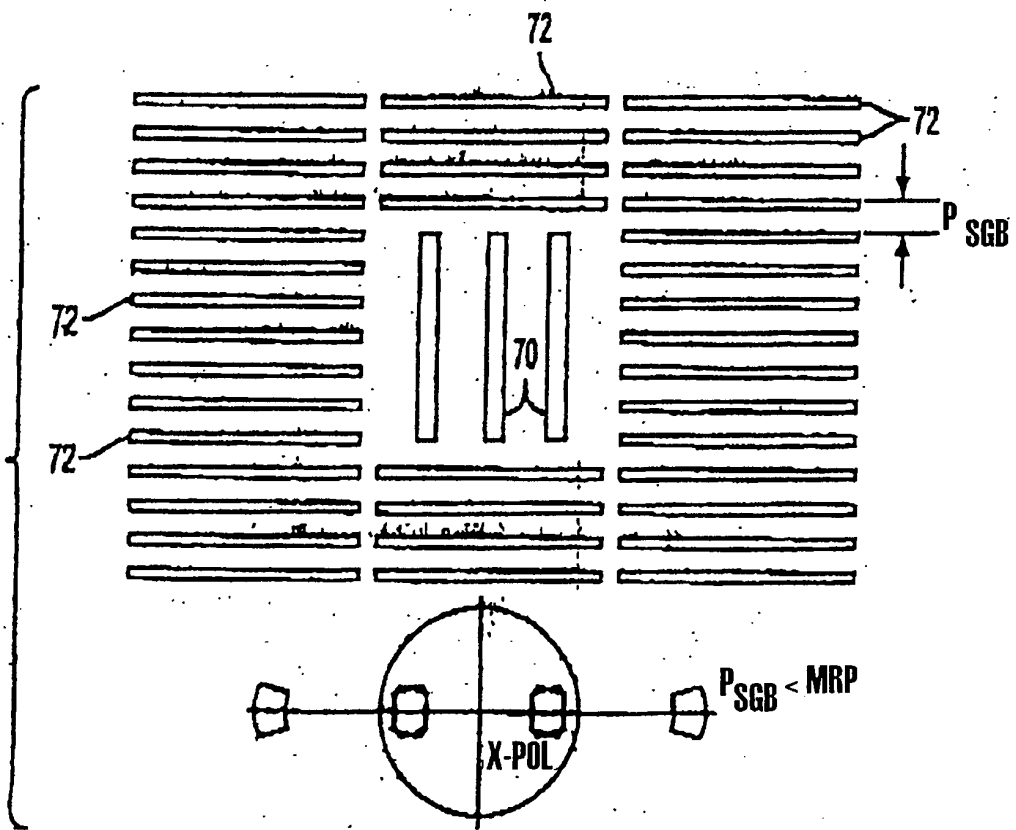


FIG. 5A

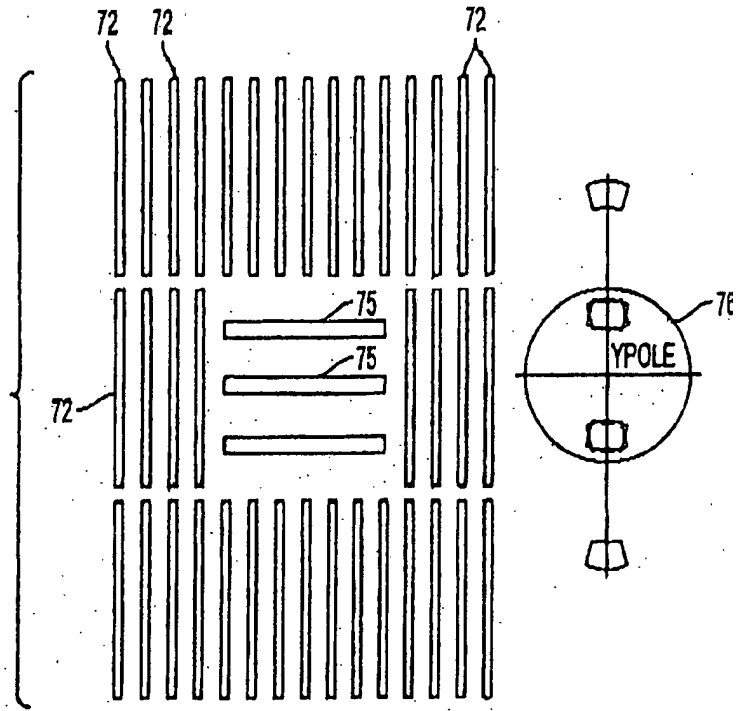


FIG. 5B

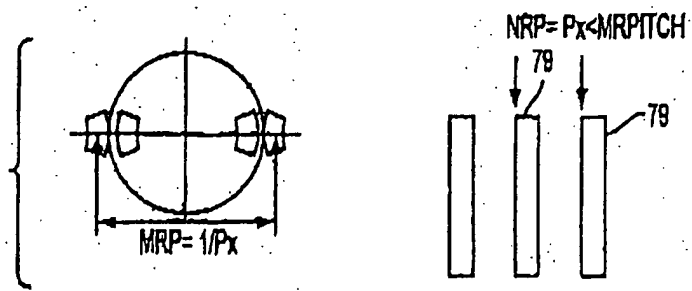


FIG. 6

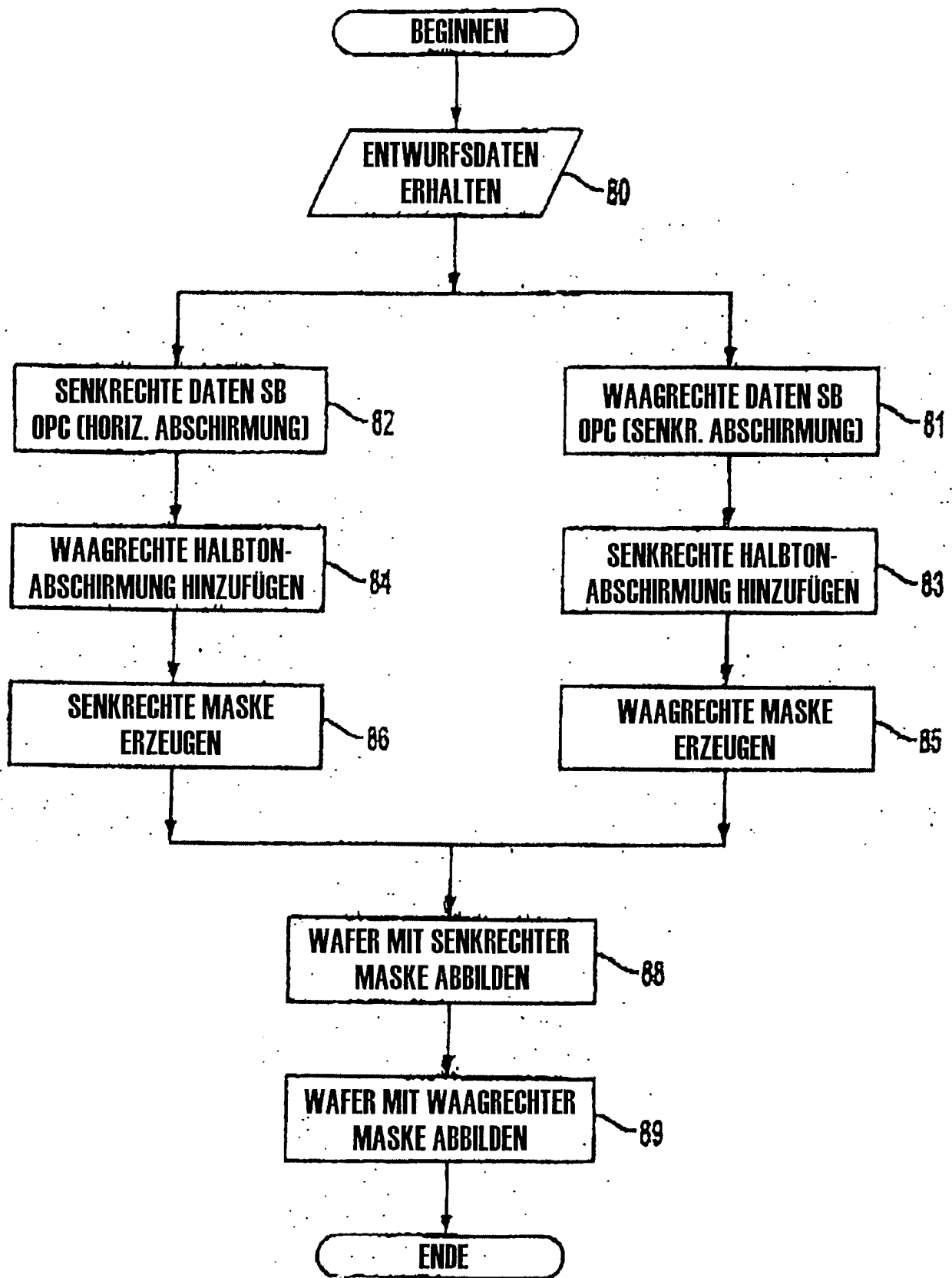


FIG. 7

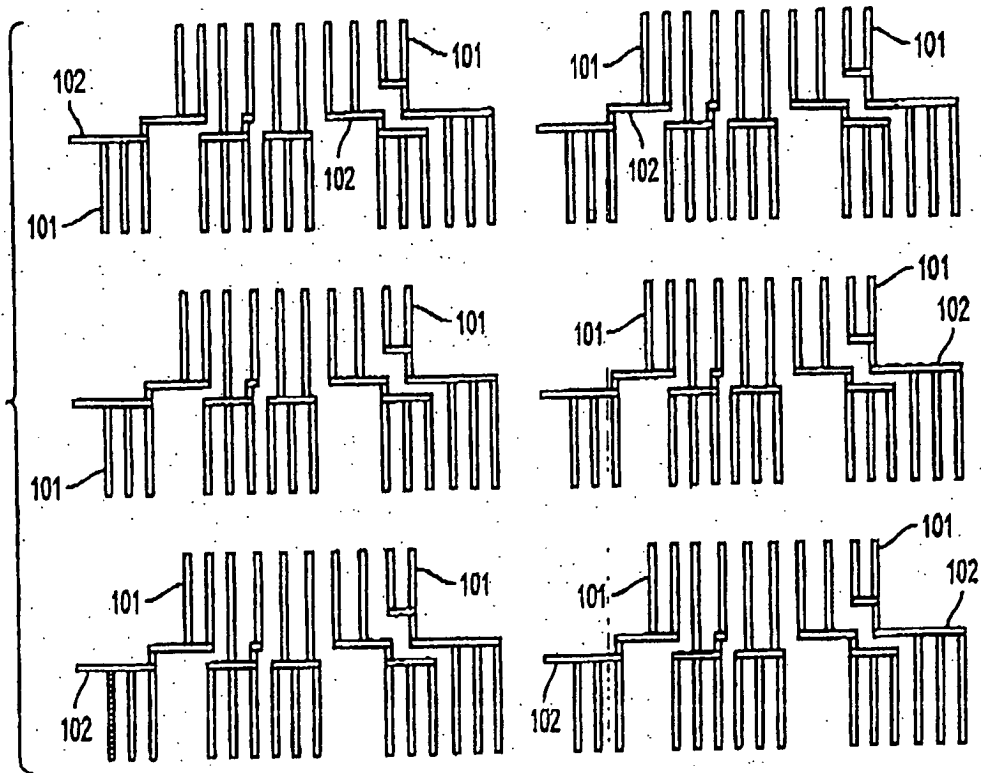


FIG. 8

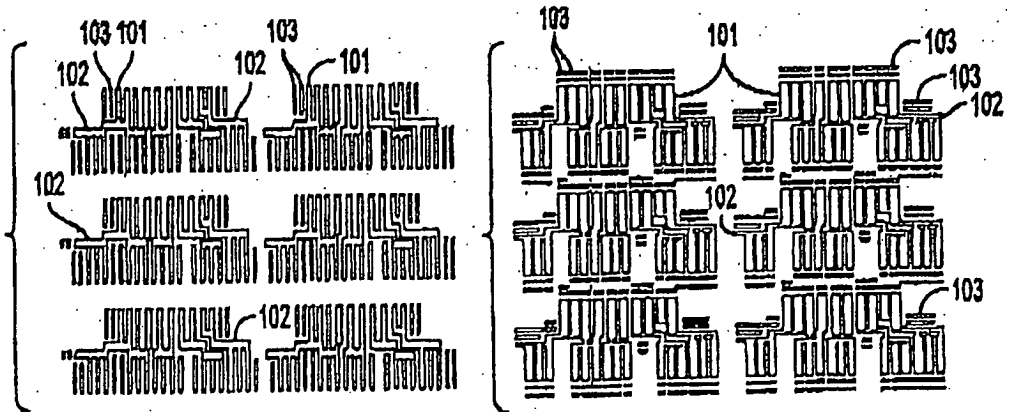


FIG. 9A

FIG. 9B

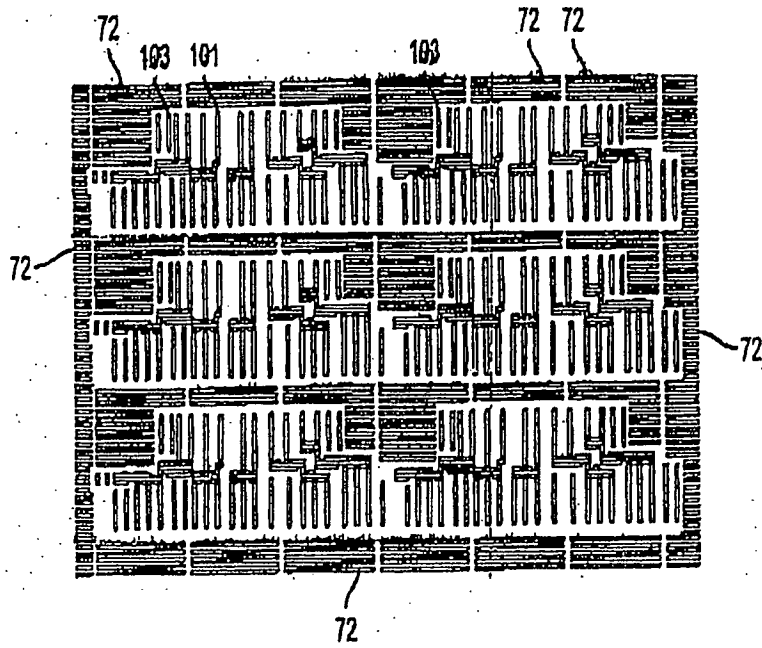


FIG. 10A

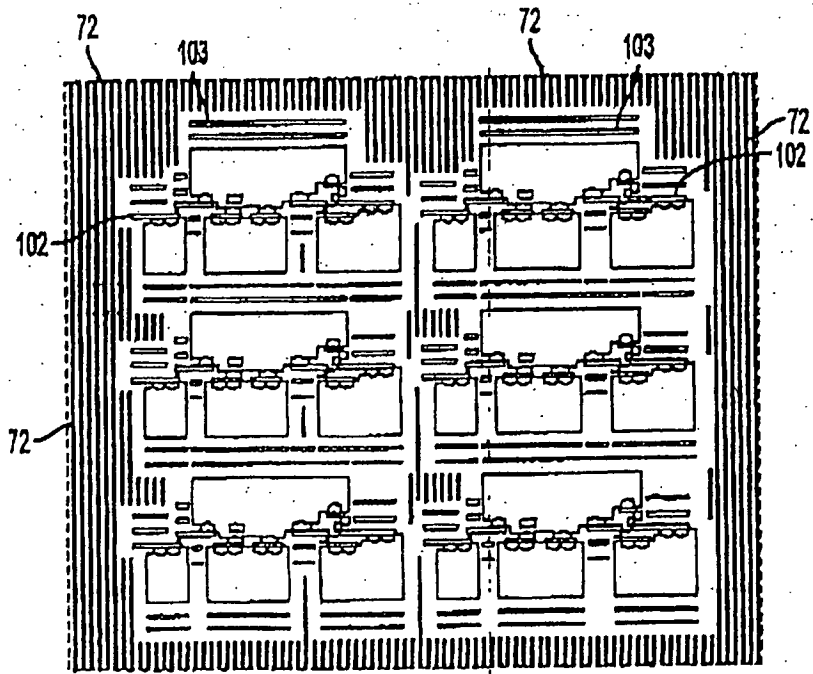


FIG. 10B

MUSTER	ABGEDECKTE FLÄCHE (QUADRAT-MIKRON)	GESAMTBEREICH-MUSTERDATEI (QUADRAT-MIKRON)	% ABDECKUNG
ZIEL	15,80638	173.39989 WAFFDPTGT.PF : TARGET LAYER	9
ZIEL MIT REGEL-BASIERTER OPC	30,08119	176.78820 HNOWAFFLE.PF: HORIZONTAL NO WAFF	17.3
ZIEL MIT REGEL-BASIERTER OPC	24,18783	176.78820 VNOWAFFLE.PF : VERTICAL NO WAFF	13.6
REGELBASIERTE OPC + IDWS	61,05581	176.78820 WAFFDPXHZ.PF: HORIZONTAL WITH WAFF	35
REGELBASIERTE OPC + IDWS	53,34173	176.78820 WAFFDPXVT.PF : VERTICAL WITH WAFF	30

TABELLE 1: VERGLEICH DER FLÄCHENABDECKUNG FÜR MUSTER MIT UNTERSCHIEDLICHER BEHANDLUNG

FIG. 11

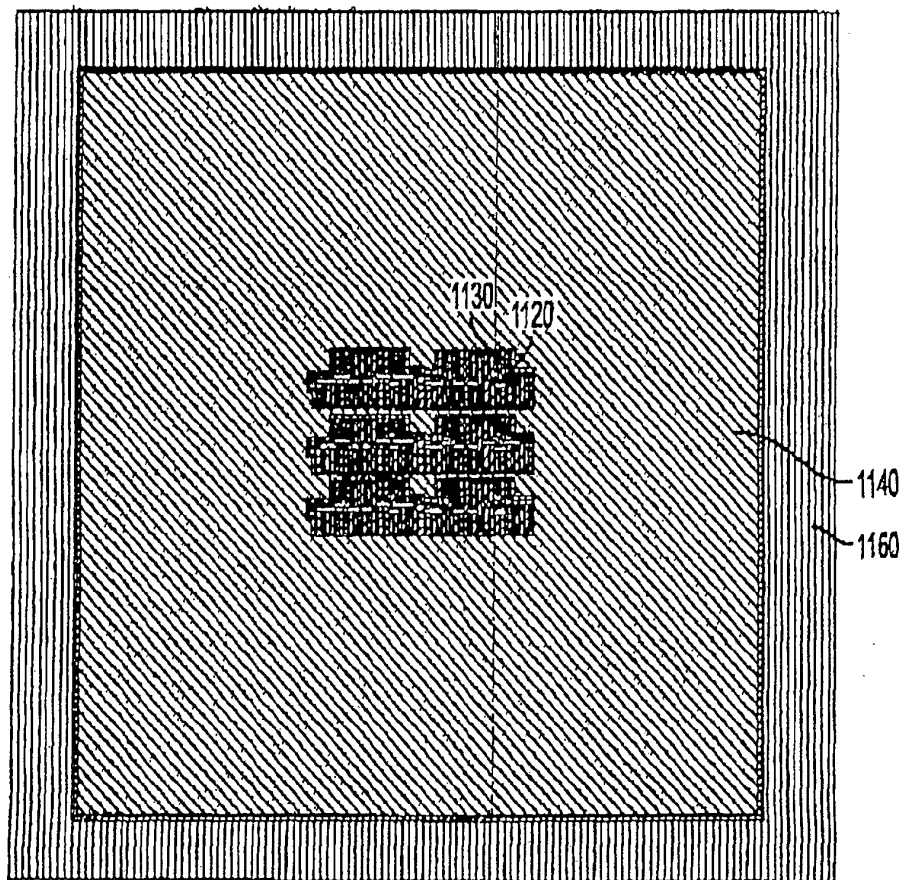


FIG. 12A

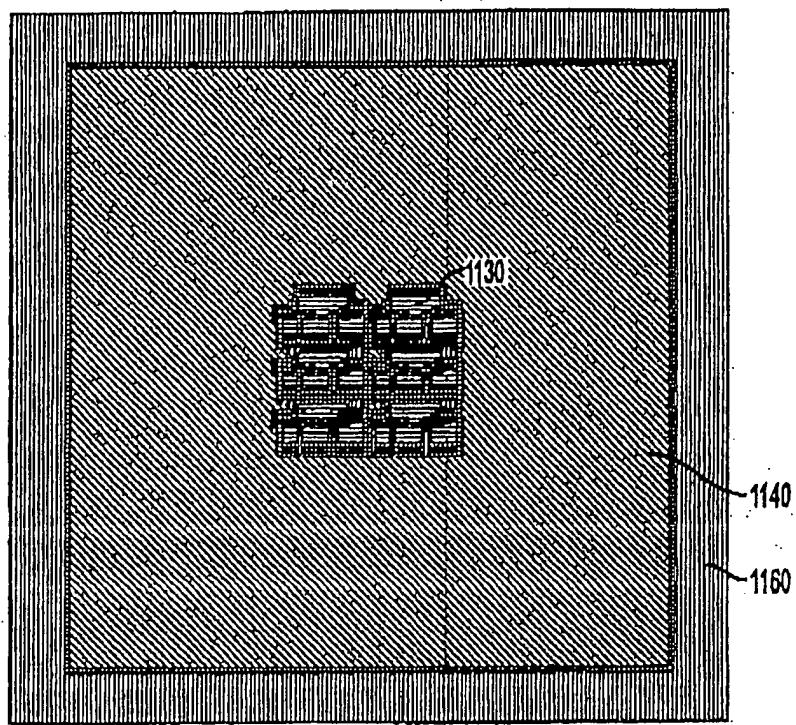


FIG. 12B

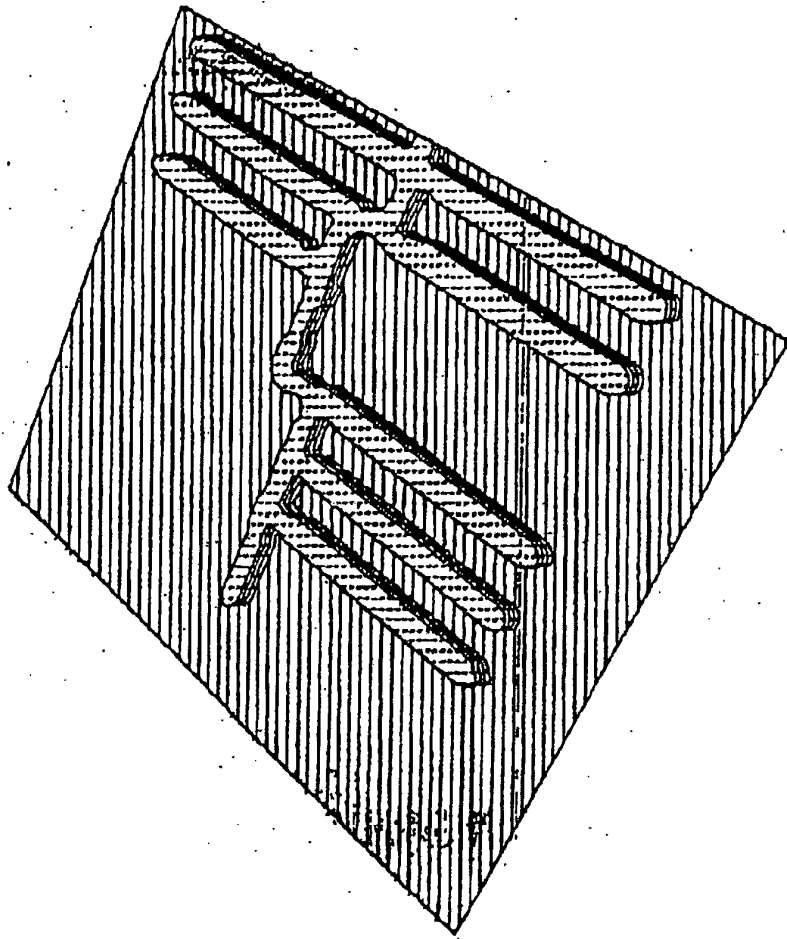


FIG. 13B

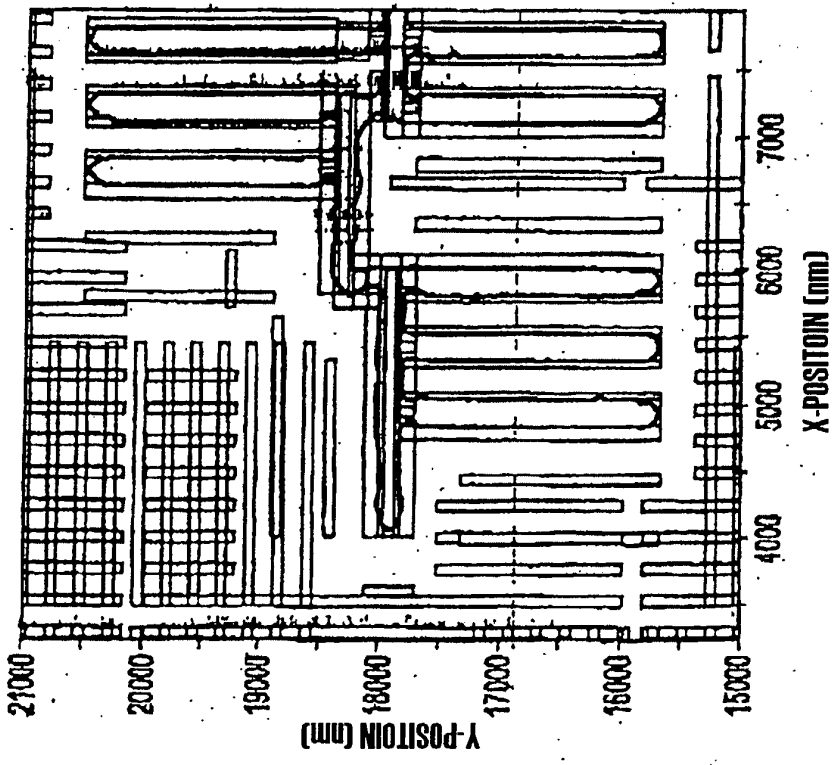


FIG. 13A

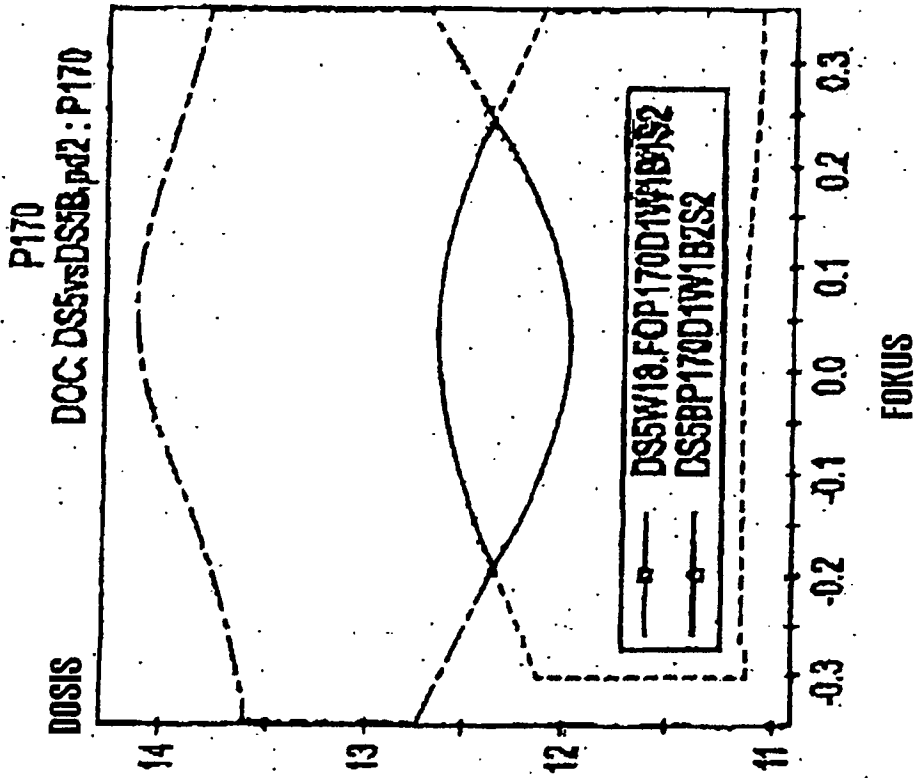


FIG. 14A

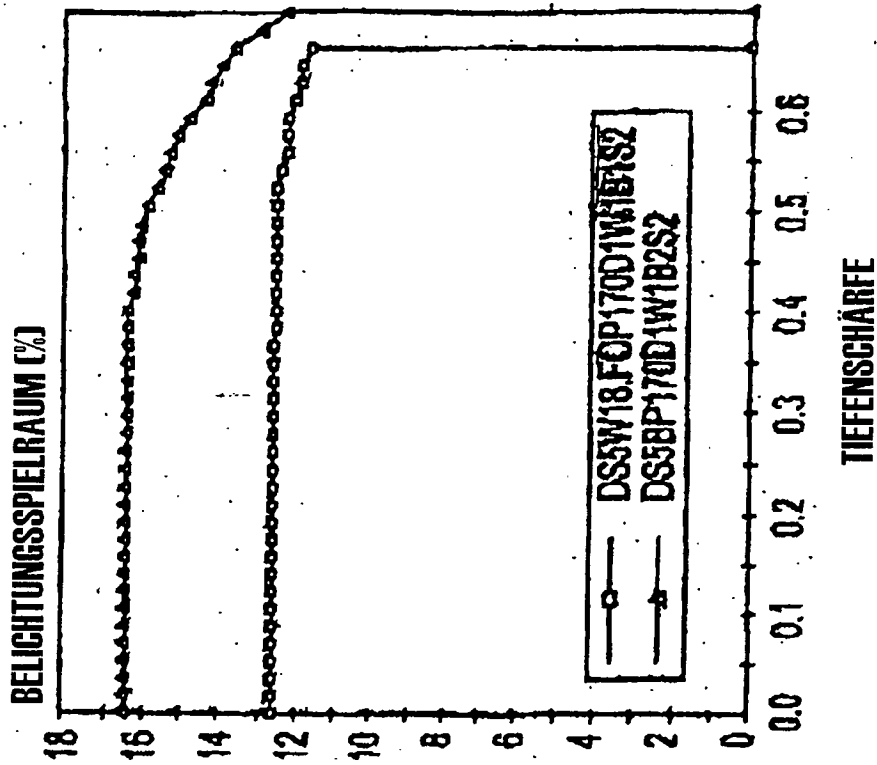


FIG. 14B

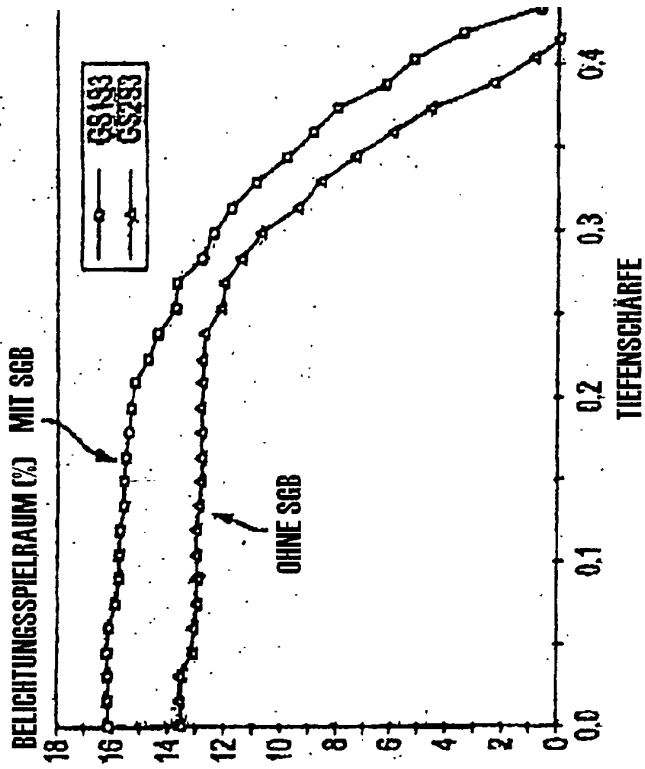
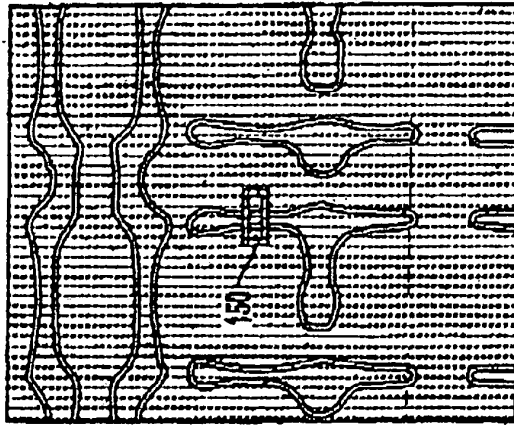
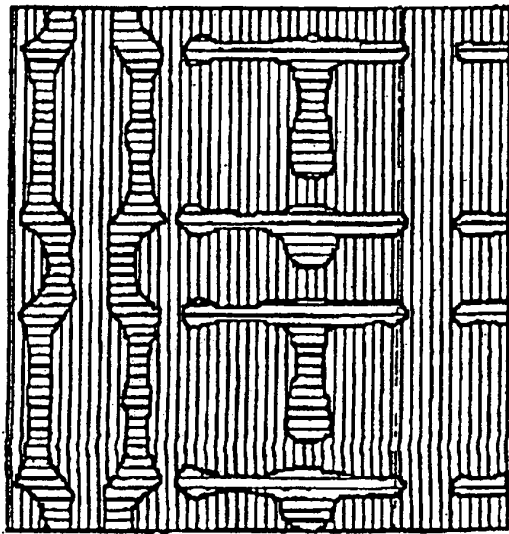


FIG. 15C



C2R-1 CD=63.4nm
E12.6 F0.05

FIG. 15B



C2R-1 CD=63.4nm
E12.6 F0.05

FIG. 15A

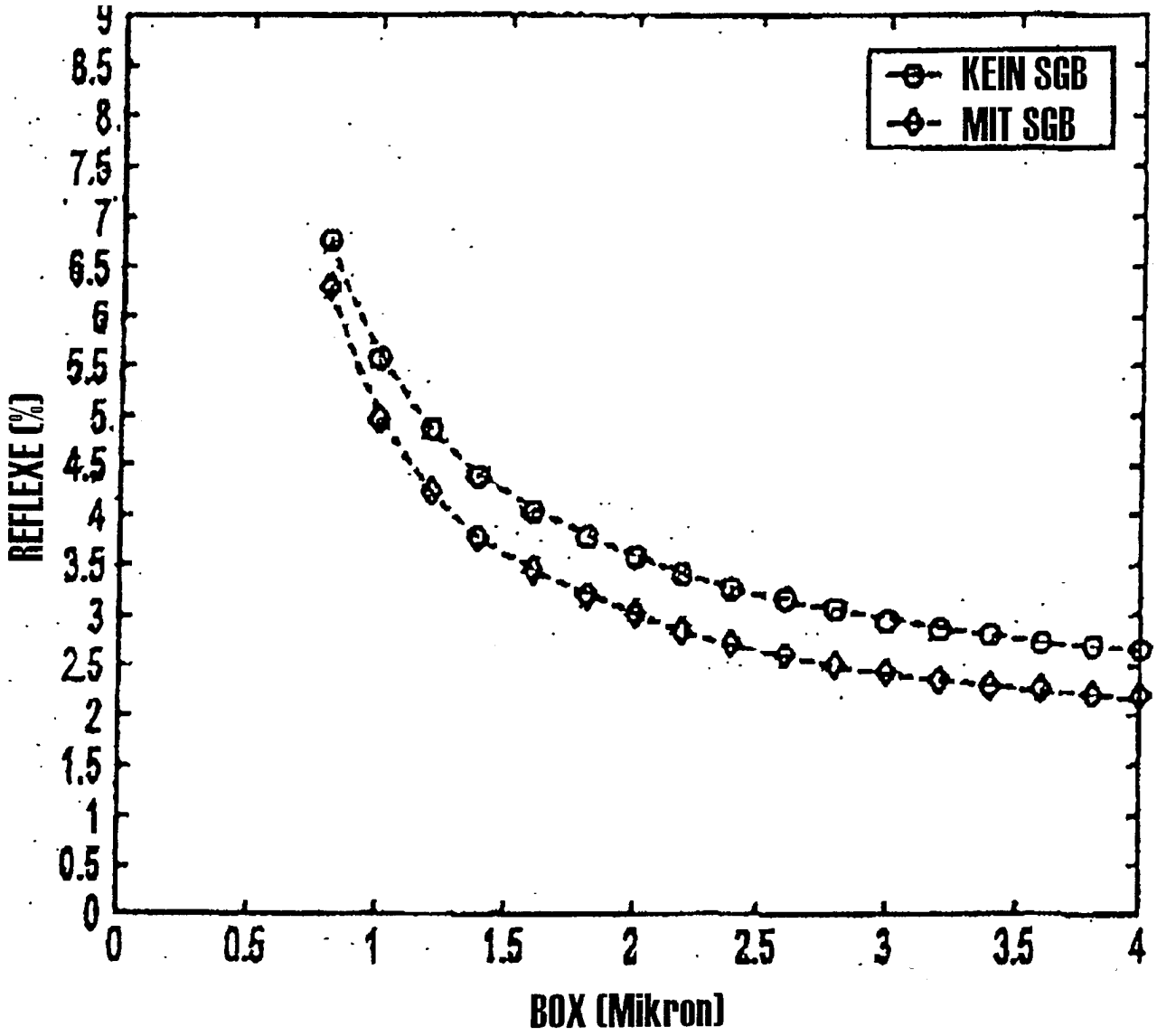


FIG. 16

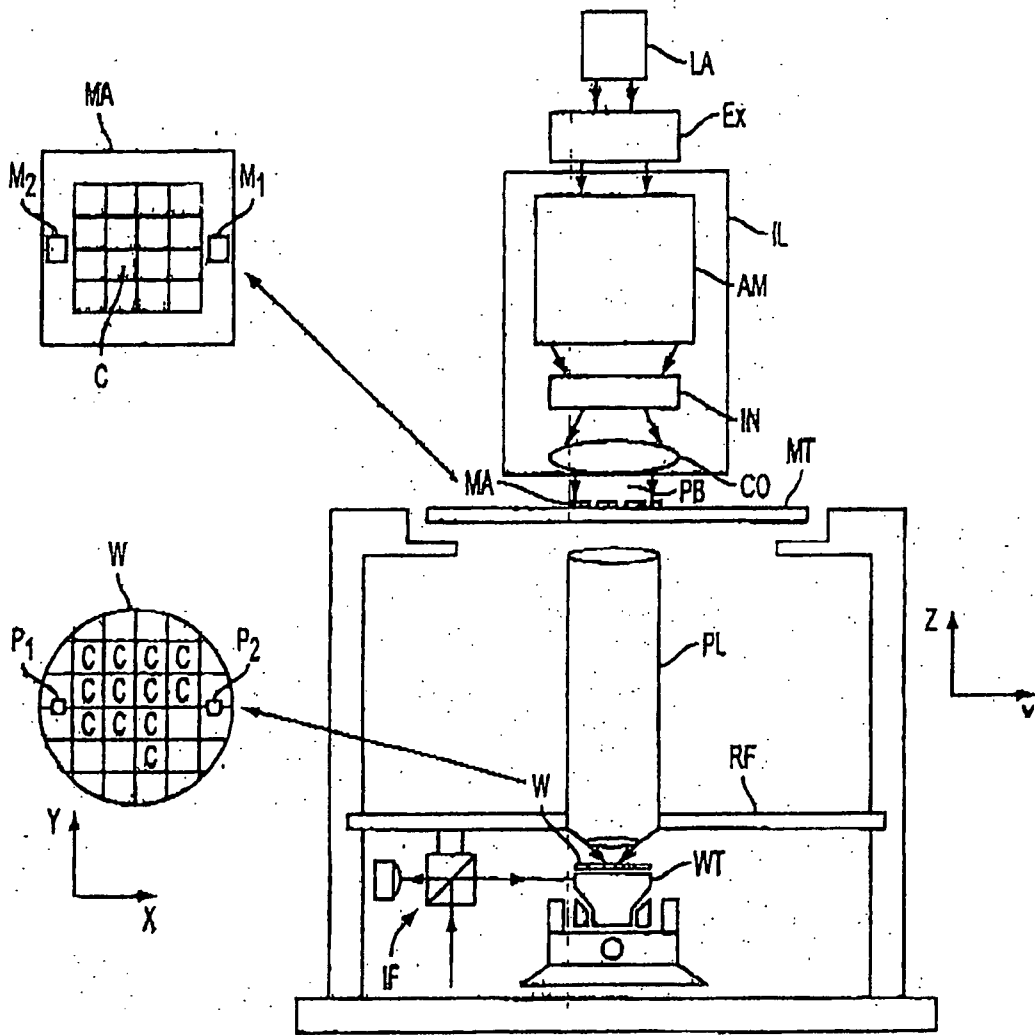


FIG. 17

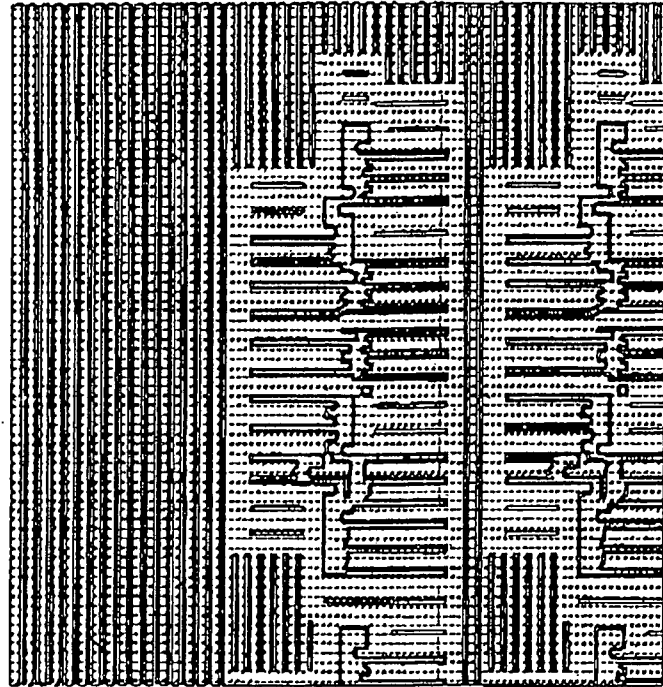


FIG. 18B

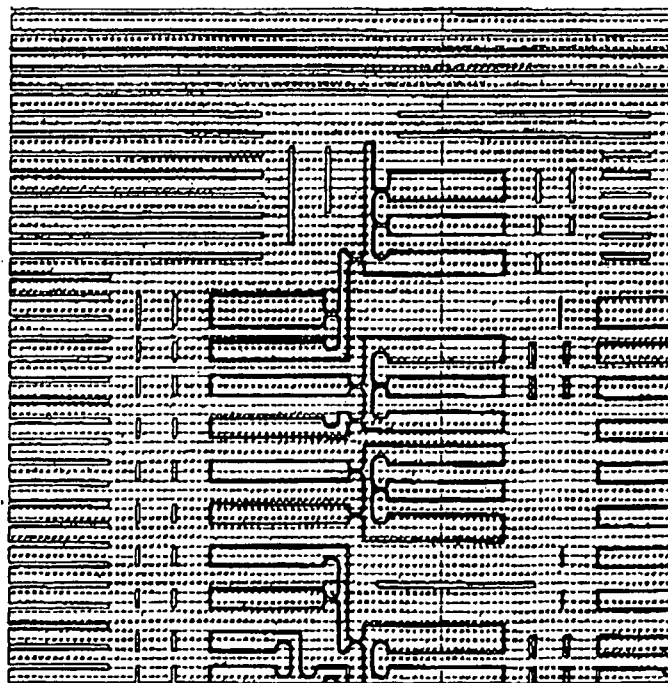


FIG. 18A