



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2005 048 380.1**
(22) Anmeldetag: **10.10.2005**
(43) Offenlegungstag: **18.05.2006**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.11.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 7/20** (2006.01)
G03F 1/00 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
10-2004-0081000 11.10.2004 KR

(73) Patentinhaber:
Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, Kyonggi, KR

(74) Vertreter:
**Kuhnen & Wacker Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising**

(72) Erfinder:
Kim, Ho-Chul, Seoul/Soul, KR

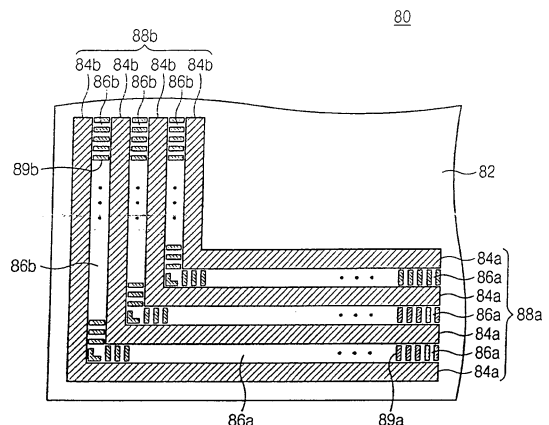
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US 2002/01 92 570 A1
US 58 21 014 A
US 54 59 000 A
EP 14 29 190 A2

**Pedrotti F. et al.: Optik-Eine Einführung, München:
Prentice Hall-Verlag 1999, S. 433-434, ISBN
3-8272-9510-6**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Belichten eines Substrats, Photomaske und modifiziertes Beleuchtungssystem der Vorrichtung und Verfahren zum Bilden eines Musters an einem Substrat unter Verwendung der Vorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Photomaske zur Transmission eines Bildes, das demselben eines Schaltungsmusters entspricht, wenn dieselbe mit Licht einer gegebenen Wellenlänge beleuchtet wird, mit:
einem Substrat (72; 82; 92; 102; 112), das hinsichtlich des Lichts der gegebenen Wellenlänge transparent ist;
mindestens einem Linien/Zwischenraum-Muster (78; 88a/b; 98a/b; 108, 108a/b; 118a/b), das an einer Oberfläche des Substrats (72; 82; 92; 102; 112) angeordnet ist, wobei das Linien/Zwischenraum-Muster (78; 88a/b; 98a/b; 108, 108a/b; 118a/b) eine Reihe von Linien (74; 84a/b), die sich in einer Richtung parallel zueinander erstrecken, aufweist, um Zwischenräume (76; 86a/b) zwischen denselben zu definieren, wobei die Linien (74; 84a/b) hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig sind; und
einem jeweiligen Gittermuster (79; 89a/b), das die Zwischenräume (76; 86a/b), die zwischen den Linien (74; 84a/b) jedes Linien/Zwischenraum-Musters (78; 88a/b; 98a/b; 108, 108a/b; 118a/b) definiert sind, einnimmt, wobei das Gittermuster (79; 89a/b) durch eine Reihe von Streifen gebildet ist, die hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig sind und...



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Belichtungsvorrichtung einer photolithographischen Ausrüstung, die beim Herstellen einer Halbleitervorrichtung oder dergleichen verwendet wird. Die vorliegende Erfindung bezieht sich insbesondere auf eine Photomaske und ein Beleuchtungssystem der Belichtungsvorrichtung.

[0002] Aus der US 2002/0192570 A1 und der US 5,821,014 A ist jeweils die Anordnung von zusätzlichen Maskenmuster-elementen zwischen den eigentlichen Linien eines Maskenmusters bekannt, um Randeffekte des Maskenmusters zu korrigieren.

[0003] Aus der EP 1 429 190 A2 ist ein Beleuchtungssystem für eine Maske bekannt, bei dem Lichtstrahlen mit unterschiedlicher Polarisation zum Beleuchten der Maske verwendet werden, um Interferenzerscheinungen zu minimieren.

[0004] Aus der US 5,459,000 A ist es bekannt, eine Maske mit verschiedenen Linienmustern mit Lichtstrahlen unterschiedlicher Polarisation zu beleuchten, wobei die Linienmuster der Maske mit unterschiedlicher Ausrichtung der Linien mit an die Polarisation der verschiedenen Lichtstrahlen angepassten Polarisatoren bedeckt sind.

[0005] Das Herstellen einer integrierten Schaltung einer Halbleitervorrichtung weist ein photolithographisches Verfahren auf, bei dem ein Muster einer Photomaske auf eine Wafer-Photoresistschicht (WPR; WPR = Wafer Photoresist Layer), d. h. eine Schicht aus Photoresist, die einen Wafer beschichtet, übertragen wird. Die Photomaske wird insbesondere unter Verwendung einer Lichtquelle und eines Beleuchtungssystems beleuchtet, um ein Bild des Musters bzw. der Struktur der Photomaske aufzunehmen. Das Muster der Photomaske entspricht einem Schaltungsmuster, das an dem Wafer zu bilden ist.

[0006] Ein Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster stellt die Schaltungsmuster dar, die typischerweise an einem Wafer gebildet sind. Eine Photomaske zur Verwendung beim Bilden eines solchen Linien/Zwischenraum-Schaltungsmusters ist in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt. Ein Linien-/Zwischenraum-Muster **18** der Photomaske **10** von [Fig. 1](#) besteht aus Muster von Linien **14**, die in einer horizontalen Richtung (die Richtung der X-Achse) parallel zueinander laufen und voneinander durch Zwischenräume **16** getrennt sind. Die Linien **14** sind aus Chrom hergestellt und sind an einem Quarzsubstrat **12** gebildet. Ein Linien/Zwischenraum-Muster **28** der Photomaske **10** von [Fig. 2](#) besteht andererseits aus einem Muster von Linien **24**, die in einer vertikalen Richtung (der Richtung

der Y-Achse) parallel zueinander laufen und voneinander durch Zwischenräume **26** getrennt sind. Die Linien **24** sind aus Chrom hergestellt und sind an einem Quarzsubstrat **22** gebildet.

[0007] Das Licht, das verwendet wird, um die Photomaske zu beleuchten, ist auf den Wafer derart gerichtet, dass die WPR mit dem Bild belichtet wird bzw. demselben ausgesetzt wird. Die WPR wird bei einem Verfahren entwickelt, das die belichteten oder nicht belichteten Abschnitte der WPR selektiv entfernt, wodurch ein WPR-Muster gebildet wird. Das WPR-Muster, das so durch das Photolithographieverfahren gebildet wird, wird als eine Maske zum Ätzen einer Schicht aus Material, das unter der WPR angeordnet ist, verwendet.

[0008] Bei diesem Verfahren ist die Linienbreite des WPR-Musters die wichtigste technische Variable beim Einrichten des Grads, mit dem die End-Halbleitervorrichtung integriert werden kann. Der Grad der Integration legt den Preis der Halbleitervorrichtung fest. Verschiedene Forschungstätigkeiten wurden daher zum Minimieren der Linienbreite des WPR-Musters durchgeführt.

[0009] Ein Großteil der Forschung hat sich insbesondere auf das Vergrößern der Auflösung der Optik der Belichtungsvorrichtung konzentriert. Die Gleichung von Rayleigh (Gleichung 1 im Folgenden) schlägt Wege zum Verbessern der Auflösung W_{\min} der Optik vor.

$$W_{\min} = k_1 \lambda / NA \quad \text{[Gleichung 1]}$$

[0010] k_1 ist eine Konstante, die dem Belichtungsverfahren zugeordnet ist, λ ist die Wellenlänge des Lichts, das durch die Lichtquelle der Belichtungsvorrichtung emittiert wird, und NA ist die numerische Apertur der Optik der Belichtungsvorrichtung.

[0011] Um bei einem Belichtungsverfahren eine hohe Auflösung zu erhalten, ist es somit notwendig, die Wellenlänge λ des Lichts und die Konstante k_1 zu minimieren und die numerische Apertur (NA) zu maximieren. Anstrengungen, die das Minimieren der Wellenlänge des Lichts bezweckt haben, haben den Arf-Laser geliefert, der Licht mit einer Wellenlänge von 193 nm, fallend von 436 nm, was die Wellenlänge von Licht ist, das durch G-Linien-Lichtquellen emittiert wird, die bei Belichtungsvorrichtungen im Jahre 1982 vorgeherrscht haben, emittieren kann. Es wird ferner erwartet, dass ein F2-Laser, der fähig ist, Licht mit einer Wellenlänge von 157 nm zu emittieren, früher oder später implementiert wird. Jüngste Verbesserungen der Photomaske, des Linsensystems der Belichtungsvorrichtung, der Zusammensetzung des Photoresists und der Steuerung des Belichtungsverfahrens haben ferner die Verfahrens- bzw. Prozesskonstante k_1 auf bis zu 0,45 herabgesetzt.

[0012] Die NA wurde andererseits in jüngster Zeit auf nicht weniger als 0,7 in Belichtungsanordnungen, die einen ArF-Laser (193 nm) verwenden, auf über 0,3 in Belichtungsanordnungen, die eine G-Linien-Lichtquelle verwenden, und auf 0,6 in Belichtungsanordnungen, die einen KrF-Laser (248 nm) verwenden, vergrößert. Vergrößerungen der NA werden ferner erwartet, sowie die verwendete Wellenlänge sich dem Extrem-Ultraviolett-(EUV-)Band (13,5 nm) nähert. Es wird ferner erwartet, dass eine Lichtquelle, die Licht mit einer Wellenlänge von 193 nm emittiert, für eine längere Zeit bei Belichtungsanordnungen verwendet wird, die so genannte Immersions- bzw. Tauchverfahren verwenden.

[0013] Zusätzlich muss der Defokussierungsfreiheitsgrad (DOF; DOF = Defocusing Degree of Freedom), der durch die Gleichung 2 dargestellt ist, hoch sein, wenn ein winziges Muster mit einem stabilen Profil und einer kleinen Linienbreite an einem Wafer zu bilden ist.

$$\text{DOF} = k_2 \cdot (W_{\min})^2 / \lambda \quad \text{[Gleichung 2]}$$

[0014] Ein modifiziertes Beleuchtungssystem wurde in jüngster Zeit verwendet, um den hohen DOF zu liefern, der zum Bilden eines stabilen winzigen Musters mit einer kleinen Linienbreite erforderlich ist. Das modifizierte Beleuchtungssystem sammelt eine große Menge von Licht, bei dem eine Interferenz durch die Photomaske erzeugt wurde, und richtet das Licht hin zu der WPR. Das modifizierte Beleuchtungssystem ermöglicht daher, dass mehr Information an dem Schaltungsmuster, das durch die Photomaske geliefert wird, zu der WPR übertragen wird.

[0015] Die Gleichmäßigkeit der Linienbreite des WPR-Musters beeinflusst außerdem die Erzeugnisausbeute bedeutend; daher hat das Reduzieren der Linienbreite der WPR ohne ein Aufrechterhalten der Gleichmäßigkeit der Linienbreite keine Vorteile. Verschiedene Verfahren wurden entsprechend zum Verbessern der Gleichmäßigkeit der Linienbreite des WPR-Musters vorgeschlagen. Wie im Vorhergehenden erwähnt ist, wird jedoch das WPR-Muster durch Übertragen eines Musters einer Photomaske auf die Photoresistschicht hergestellt. Die Form des WPR-Musters wird entsprechend durch die Charakteristika und die Form des Musters der Photomaske beeinflusst. Die Linienbreite des Musters der Photomaske muss daher zuerst gleichmäßig sein, bevor irgendein Verfahren, das bezweckt, die Gleichmäßigkeit der Linienbreite des WPR-Musters zu verbessern, wirksam sein kann.

[0016] [Fig. 3](#) ist ein Flussdiagramm, das typische Verfahren beim Herstellen einer Photomaske darstellt. Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) wird ein Schaltungsmuster einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung eines Computerprogramms (wie z. B. eines CAD-

oder OPUS-Programms) entworfen. Das entworfene Schaltungsmuster wird in einem vorbestimmten Speicher als elektronische Daten D1 gespeichert. Dann wird ein Belichtungsverfahren (S2) durchgeführt, bei dem ein elektronischer Strahl oder ein Laser einen vorbestimmten Abschnitt eines Photoresistfilms, der über einer Chromschicht an einem Quarzsubstrat liegt, bestrahlt. Die Region, die durch das Belichtungsverfahren (S2) bestrahlt wird, ist durch die Belichtungsdaten D2 bestimmt, die aus den Entwurfsschaltungsmusterdaten D1 extrahiert werden. Der belichtete Photoresistfilm wird dann entwickelt (S3). Das Entwicklungsverfahren (S3) entfernt ausgewählte Abschnitte des Photoresistfilms, wie z. B. dieselben, die bestrahlt wurden, um dadurch ein Photoresistmuster zu bilden. Das Photoresistmuster legt den darunter liegenden Chromfilm frei. Der freigelegte Chromfilm wird dann unter Verwendung des Photoresistmusters als eine Maske plasma-trockengeätzt, um ein Masken-(Chrom-)Muster zu bilden, das dem Schaltungsmuster entspricht, und seinerseits das Quarzsubstrat (S4) freilegt. Dann wird das Photoresistmuster entfernt, worauf die Photomaske fertiggestellt ist.

[0017] [Fig. 4](#) stellt schematisch ein senkrechtes Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster **480** dar, das ein weiterer Typ eines Musters ist, das typischerweise an einem Wafer gebildet werden muss, um eine hochintegrierte Halbleitervorrichtung zu erzeugen. Das senkrechte Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster **480** besteht aus einem Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster **480a**, das in einer horizontalen Richtung (der Richtung der X-Achse) ausgerichtet ist, und einem Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster **480b**, das in einer vertikalen Richtung (der Richtung der Y-Achse) ausgerichtet ist und das Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster **480a** schneidet. Jedes Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster **480a**, **480b** besteht aus einer Reihe von parallelen Linien **440**, die voneinander durch Zwischenräume **460** getrennt sind.

[0018] Zwei Photomasken und Belichtungsverfahren sind erforderlich, um das senkrechte Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster **480** zu bilden. Die Photomasken sind in [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) dargestellt. [Fig. 5A](#) stellt eine erste Photomaske **50a** dar, die ein Linien-/Zwischenraummuster **58a**, das sich in einer horizontalen Richtung (der Richtung der X-Achse) erstreckt, aufweist. Das Linien-/Zwischenraummuster **58a** weist ein Muster von Linien **54a** aus Chrom auf, die sich parallel zueinander an einem Quarzsubstrat **52a** erstrecken und durch Zwischenräume **56a** getrennt sind. [Fig. 5B](#) stellt eine zweite Photomaske **50b** dar, die ein Linien-/Zwischenraummuster **58b**, das sich in einer vertikalen Richtung (der Richtung der Y-Achse) erstreckt, aufweist. Die Linien/Zwischenraum-Schaltung **58b** weist ein Muster von Linien **54b** aus Chrom auf, die sich parallel zueinander

an einem Quarzsubstrat **52b** erstrecken und durch Zwischenräume **56b** getrennt sind.

[0019] Eine Photoresistschicht an einem Wafer (WPR) wird bei einem primären Belichtungsverfahren zuerst Licht, das durch die erste Photomaske **50a** über ein erstes modifiziertes Beleuchtungssystem gerichtet ist, ausgesetzt. Die WPR wird bei einem sekundären Belichtungsverfahren dann Licht, das durch die zweite Photomaske **50b** über ein zweites modifiziertes Beleuchtungssystem gerichtet ist, ausgesetzt. Dann wird die WPR entwickelt, um ein Photoresistmuster zu bilden, das dem senkrechten Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster **480** von [Fig. 4](#) entspricht. In diesem Fall müssen die Lichtdurchlassregionen der modifizierten Beleuchtungssysteme bei zwei unterschiedlichen relativen Positionen positioniert sein, da die Linien/Zwischenraum-Muster der ersten Photomaske **50a** und der zweiten Photomaske **50b** in unterschiedlichen Richtungen voneinander ausgerichtet sind. Wie in [Fig. 6A](#) gezeigt ist, wird beispielsweise ein Dipol-Beleuchtungssystem **60a** mit Lichtdurchlassregionen **61a**, die in einer vertikalen Richtung (der Richtung der Y-Achse) angeordnet sind, verwendet, um die erste Photomaske **50a** zu beleuchten. Wie in [Fig. 6B](#) gezeigt ist, wird andererseits ein Dipol-Beleuchtungssystem **60b** mit Lichtdurchlassregionen **61b**, die in einer horizontalen Richtung (der Richtung der X-Achse) angeordnet sind, verwendet, um die zweite Photomaske **50b** zu beleuchten.

[0020] Die Ausbeute des Photolithographieverfahrens wird somit durch die Notwendigkeit, die im Vorhergehenden beschriebenen primären und sekundären Belichtungsverfahren durchzuführen, stark begrenzt. Andere Herstellungsprobleme treten zusätzlich aufgrund der Verzögerung zwischen dem primären Belichtungsverfahren und dem sekundären Belichtungsverfahren und aufgrund einer Überlappung der relativen Positionen der ersten Photomaske und der zweiten Photomaske, die während der jeweiligen Belichtungsverfahren auftritt, unvermeidbar auf.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0021] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die im Vorhergehenden beschriebenen Beschränkungen des Standes der Technik zu überwinden.

[0022] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht insbesondere darin, eine Belichtungsvorrichtung und ein Verfahren zu schaffen, die verwendet werden können, um ein senkrechtes Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster mit lediglich einem einzigen Belichtungsverfahren zu bilden.

[0023] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Photomaske zu schaffen,

die ein scharfes Bild eines Linien/Zwischenraum-Musters mit einer kleinen kritischen Abmessung zu einer Schicht aus Photoresist übertragen kann.

[0024] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Photomaske zu schaffen, die das Bilden eines senkrechten Linien/Zwischenraum-Schaltungsmusters durch lediglich ein einziges Belichtungsverfahren erleichtern kann.

[0025] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein modifiziertes Beleuchtungssystem zu schaffen, das die Übertragung des Bilds eines senkrechten Linien/Zwischenraum-Musters auf einer Photomaske zu einer Schicht aus Photoresist verbessern kann.

[0026] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Photomaske geschaffen, die ein transparentes Substrat, ein Linien/Zwischenraum-Muster aus lichtundurchlässigem Material an dem Substrat und ein gegittertes Muster aus lichtundurchlässigem Material, das die Zwischenräume des Linien/Zwischenraum-Musters einnimmt, aufweist. Das Gittermuster ist eine Reihe von Streifen, die sich senkrecht zu den Linien des Linien/Zwischenraum-Musters erstrecken, und die Streifen weisen eine Schrittweite bzw. einen Abstand auf, der kleiner als die Wellenlänge des Belichtungslichtes ist. Das gegitterte Muster ist entsprechend als ein Polarisator wirksam. Das Bild des Linien/Zwischenraum-Musters wird daher durch das Licht, das in einer Richtung parallel zu den Linien des Linien/Zwischenraum-Musters polarisiert ist, aufgenommen. Wenn beispielsweise das Linien/Zwischenraum-Muster in der Richtung einer X-Achse ausgerichtet ist, erstrecken sich die Streifen des Gittermusters in der Richtung einer Y-Achse senkrecht zu der X-Achse. Der Abstand des Gittermusters in der Richtung der Y-Achse ist kleiner als die Wellenlänge des Belichtungslichtes.

[0027] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist das Linien/Zwischenraum-Muster ein senkrechtes Linien/Zwischenraum-Schaltungsmusters, das ein erstes Linien/Zwischenraum-Muster, das in einer ersten Richtung ausgerichtet ist, und ein zweites Linien/Zwischenraum-Muster, das in einer zweiten Richtung senkrecht zu der ersten Richtung ausgerichtet ist, aufweist. In einem solchen Fall nimmt ein erstes Gittermuster die Zwischenräume des ersten Linien/Zwischenraum-Musters ein, und ein zweites Gittermuster nimmt die Zwischenräume des zweiten Linien/Zwischenraum-Musters ein.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein zusammengesetztes bzw. gemischtes Polarisationsbeleuchtungssystem zum Beleuchten einer Photomaske mit Linien/Zwischenraum-Mustern, die in einer ersten und einer zweiten

Richtung ausgerichtet sind, geschaffen. Das gemischte Polarisationsbeleuchtungssystem ist eine Kombination eines ersten modifizierten Beleuchtungssystems mit einer Lichtdurchlassregion, die als ein Polarisator, der Licht in der ersten Richtung polarisiert, implementiert ist, und eines zweiten modifizierten Beleuchtungssystems mit einer Lichtdurchlassregion, die als ein Polarisator, der Licht in der zweiten Richtung polarisiert, implementiert ist. Die zweite Richtung ist vorzugsweise senkrecht zu der ersten Richtung. Das gemischte Polarisationsbeleuchtungssystem beleuchtet daher während eines Belichtungsverfahrens das senkrechte Linien/Zwischenraum-Muster der Photomaske auf eine Art und Weise, die für die Linien/Zwischenraum-Muster optimiert ist.

[0029] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung kann jede Lichtdurchlassregion eine Dipolform aufweisen, oder eine Lichtdurchlassregion kann eine Dipolform aufweisen, während die andere Lichtdurchlassregion eine Ringform aufweist. Die Lichtdurchlassregionen können ferner überlappen. In diesem Fall wird Licht, das nicht polarisiert ist, von dem Überlappungsbereich der Lichtdurchlassregionen durchgelassen bzw. transmittiert.

[0030] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Belichtungssystem geschaffen, das eine Lichtquelle, eine Photomaske mit einem Substrat, das gegenüber Licht, das durch die Lichtquelle emittiert wird, transparent ist, ein erstes Linien/Zwischenraum-Muster, das in einer ersten Richtung ausgerichtet ist, und ein zweites Linien/Zwischenraum-Muster, das in einer zweiten Richtung ausgerichtet ist, und ein modifiziertes Beleuchtungssystem, das zwischen der Lichtquelle und der Photomaske angeordnet ist, um eine ausgewählten Region der Photomaske zu beleuchten, aufweist. Das modifizierte Beleuchtungssystem weist einen ersten und einen zweiten Polarisator auf, die das Licht, das auf dieselben einfällt, in der ersten bzw. zweiten Richtung polarisieren. Die Photomaske weist ferner vorzugsweise ein erstes Gittermuster, das die Zwischenräume des ersten Linien/Zwischenraum-Musters einnimmt, und ein zweites Gittermuster, das die Zwischenräume des zweiten Linien/Zwischenraum-Musters einnimmt, auf. Das erste Gittermuster weist die Form einer Reihe von Streifen, die sich senkrecht zu der ersten Richtung erstrecken, auf. Das zweite Gittermuster weist ähnlicherweise die Form einer Reihe von Streifen, die sich senkrecht zu der zweiten Richtung erstrecken, auf. Jede Reihe von Streifen weist einen ersten Abstand auf, der kleiner als die Wellenlänge des Lichts ist, das durch die Lichtquelle emittiert wird.

[0031] Gemäß der im Vorhergehenden beschriebenen vorliegenden Erfindung kann ein Mehrrichtungen-Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster, wie

z. B. ein senkrecht Linien/Zwischenraum-Muster, unter Verwendung von lediglich einer Photomaske und einem einzigen Belichtungsverfahren gebildet werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0032] Diese und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen offensichtlicher. Es zeigen:

[0033] [Fig. 1](#) bzw. [Fig. 2](#) Draufsichten von Photomasken mit Linien/Zwischenraum-Schaltungsmustern zur Verwendung beim Bilden von winzigen Schaltungsmustern an einem Wafer;

[0034] [Fig. 3](#) ein Flussdiagramm eines bekannten Verfahrens zum Herstellen einer Photomaske;

[0035] [Fig. 4](#) eine Draufsicht eines senkrechten Linien/Zwischenraum-Schaltungsmusters, das an einem Wafer gebildet ist;

[0036] [Fig. 5A](#) bzw. [Fig. 5B](#) Draufsichten von Photomasken, die zum Bilden des senkrechten Linien/Zwischenraum-Schaltungsmusters von [Fig. 4](#) verwendet werden;

[0037] [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) jeweils eine Draufsicht eines modifizierten Dipol-Beleuchtungssystems;

[0038] [Fig. 7A](#) eine Draufsicht eines Ausführungsbeispiels einer Photomaske gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0039] [Fig. 7B](#) eine Schnittansicht der Photomaske entlang einer Linie I-I' von [Fig. 7A](#);

[0040] [Fig. 8](#) eine Draufsicht eines Abschnitts eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Photomaske gemäß der vorliegenden Erfindung, die ein senkrecht Linien/Zwischenraum-Muster der Photomaske darstellt;

[0041] [Fig. 9](#) bis [Fig. 11](#) Draufsichten von anderen Ausführungsbeispielen von Photomasken gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0042] [Fig. 12](#) ein Flussdiagramm, das ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Herstellen einer Photomaske gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0043] [Fig. 13](#) schematisch ein Ausführungsbeispiel eines gemischten Polarisations-modifizierten Beleuchtungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung zur Verwendung beim Beleuchten einer Photomaske mit einem senkrechten Linien/Zwischen-

raum-Schaltungsmuster, wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist;

[0044] [Fig. 14](#) schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines gemischten Polarisations-modifizierten Beleuchtungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung zur Verwendung beim Beleuchten einer Photomaske mit einem senkrechten Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster, wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist;

[0045] [Fig. 15](#) ein schematisches Diagramm einer Beleuchtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0046] [Fig. 16A](#) bis [Fig. 16G](#) Strahlen mit verschiedenen räumlichen Profilen;

[0047] [Fig. 17A](#) eine Draufsicht eines Hologramm-musters eines Strahlformers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0048] [Fig. 17B](#) eine räumliche Intensitätsverteilung des Teilstrahls, der unter Verwendung eines Strahlformers mit dem Hologramm-musters, das in [Fig. 17A](#) dargestellt ist, gebildet wird;

[0049] [Fig. 18A](#) bis [Fig. 18C](#) ein erstes Ausführungsbeispiel einer Polarisationssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0050] [Fig. 19A](#) und [Fig. 19B](#) ein zweites Ausführungsbeispiel einer Polarisationssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0051] Bezug nehmend auf [Fig. 7A](#) weist eine Photomaske **70** gemäß der vorliegenden Erfindung ein Linien/Zwischenraum-Muster **78**, das in einer zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) ausgerichtet ist, und ein Gittermuster **79**, das in einer ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) ausgerichtet ist, auf. Die Linien **74** des Linien/Zwischenraum-Musters **78** und das Gittermuster **79** sind lichtundurchlässig und sind an einem transparenten Quarzsubstrat **72** gebildet. Das Linien/Zwischenraum-Muster **78** besteht aus einer Reihe von parallelen Linien **74**, die sich in der zweiten Richtung erstrecken, und Zwischenräumen **76**, die zwischen den Linien **74** definiert sind. Das Gittermuster **79** nimmt die Zwischenräume **76**, die zwischen den Linien **74** des Linien/Zwischenraum-Musters **78** definiert sind, ein und besteht aus Streifen, die sich senkrecht zu den Linien **74** erstrecken. Der Abstand P_1 des Linien/Zwischenraum-Musters **78** ist größer als die Wellenlänge λ des Lichts, das durch die Lichtquelle der Belichtungsvorrichtung emittiert wird, für die die Photomaske **70** entworfen ist. Der Abstand P_2 des Gittermusters **79** ist kleiner als die Wellenlänge λ der Lichtquelle. Das Gitter-

termuster **79** ist daher als ein Polarisator wirksam, um lediglich jene Komponenten von Licht durchzulassen, die in einer Richtung senkrecht zu der Ausrichtung des ausblendenden Musters **79** schwingen. Das Gittermuster **79** lässt, mit anderen Worten, lediglich jene Komponenten von Licht durch, die parallel zu den Linien **74** des Linien/Zwischenraum-Musters **78** schwingen, wie es detaillierter unter Bezugnahme auf [Fig. 7B](#) beschrieben ist.

[0052] Licht kann durch die Summe von zwei Komponenten, die in Ebenen senkrecht zueinander schwingen, dargestellt sein. In dem Fall von Licht, das auf die Photomaske einfällt, sind die betrachteten Komponenten eine Komponente, die in einer Ebene parallel zu der Einfallsebene schwingt, und eine Komponente, die in einer Ebene senkrecht zu der Einfallsebene schwingt. Auf die Komponente, die in einer Ebene parallel zu der Einfallsebene schwingt, wird als eine P-Polarisation (P-Modus) Bezug genommen, und auf die Komponente, die in einer Ebene senkrecht zu der Einfallsebene schwingt, wird als eine S-Polarisation (S-Modus) Bezug genommen.

[0053] Bezug nehmend auf [Fig. 7B](#) lässt das Gittermuster **79** lediglich die S-Polarisation (den S-Modus bzw. S-Mode) durch, da der Abstand P_2 des Gittermusters **79** kleiner als die Wellenlänge λ des Lichts **701** ist. Als ein Resultat und gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, das Bild des Linien/Zwischenraum-Musters **78** mit lediglich dem S-Modus des Lichts aufzunehmen. Ein genaues Bild des Linien/Zwischenraum-Musters **78** kann daher auf einen Wafer übertragen werden.

[0054] [Fig. 8](#) stellt eine Photomaske **80** dar, die ein senkrecht Linien/Zwischenraum-Muster **88** gemäß der vorliegenden Erfindung aufweist. Das senkrechte Linien/Zwischenraum-Muster **88** weist Linien/Zwischenraum-Muster **88a** und **88b**, die in unterschiedlichen Richtungen ausgerichtet sind, auf. Das Linien/Zwischenraum-Muster **88a** ist insbesondere in einer ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) ausgerichtet, und das Linien/Zwischenraum-Muster **88b** ist in einer zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) senkrecht zu der ersten Richtung ausgerichtet. Ein erstes Gittermuster **89a**, das aus Streifen besteht, die sich in der zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) erstrecken, nimmt Zwischenräume **86a** zwischen den Linien **84a** des Linien/Zwischenraum-Musters **88a** ein. Ein zweites Gittermuster **89b**, das aus Streifen besteht, die sich in der ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) erstrecken, nimmt Zwischenräume **86b** zwischen den Linien **84b** des Linien/Zwischenraum-Musters **88b** ein.

[0055] Das erste Beugungsgittermuster **89a**, das in der zweiten Richtung ausgerichtet ist, lässt lediglich Komponenten des Lichts durch, die in der ersten Richtung (in der Richtung der X-Achse polarisiert)

schwingen. Das zweite Gittermuster **89b**, das in der ersten Richtung ausgerichtet ist, lässt lediglich Komponenten von Licht durch, die in der zweiten Richtung (in der Richtung der Y-Achse polarisiert) schwingen. Scharfe Bilder von sowohl dem Linien/Zwischenraum-Muster **88a** als auch dem Linien/Zwischenraum-Muster **88b** werden daher durch den S-Modus des Lichts aufgenommen. Lediglich ein Belichtungsverfahren muss gemäß der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden, um den gleichen Effekt wie derselbe, der lediglich erzeugt werden kann, indem zwei Belichtungsverfahren gemäß dem Stand der Technik durchgeführt werden, zu erzeugen.

[0056] [Fig. 9](#) bis [Fig. 11](#) stellen verschiedene Photomasken gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Bezug nehmend auf [Fig. 9](#) weist eine Photomaske **90** Linien/Zwischenraum-Muster **89a** und **89b**, die in unterschiedlichen Richtungen (einer ersten und einer zweiten Richtung senkrecht zueinander) ausgerichtet sind, auf; die Linien/Zwischenraum-Muster **98a** und **98b** sind jedoch voneinander im Gegensatz zu der Photomaske von [Fig. 8](#) getrennt (diskret). Bezug nehmend auf [Fig. 10](#) weist eine Photomaske **100** ein senkrechtes Linien/Zwischenraum-Muster **108**, das aus Linien/Zwischenraum-Mustern, die in einer ersten und einer zweiten Richtung senkrecht zueinander ausgerichtet sind, besteht, ein diskretes Linien/Zwischenraum-Muster **108a**, das in der ersten Richtung ausgerichtet ist, und ein diskretes Linien/Zwischenraum-Muster **108b**, das in der zweiten Richtung ausgerichtet ist, auf. Bezug nehmend auf [Fig. 11](#) weist eine Photomaske **110** ein rechteckiges Linien/Zwischenraum-Muster **118** auf.

[0057] Verfahren zum Entwerfen und Herstellen der im Vorhergehenden beschriebenen Photomasken sind im Folgenden beschrieben. Als ein Beispiel ist ein Verfahren zum Entwerfen und Herstellen einer Photomaske mit dem in [Fig. 8](#) gezeigten senkrechten Linien/Zwischenraum-Muster unter Bezugnahme auf [Fig. 8](#) und [Fig. 12](#) beschrieben. Die Verfahren zum Entwerfen und Herstellen von Photomasken mit den anderen Linien/Zwischenraum-Mustern sind ähnlich zu dem Verfahren von [Fig. 12](#). Detaillierte Beschreibungen derselben sind daher weggelassen.

[0058] Bezug nehmend auf [Fig. 12](#) wird ein senkrechtes Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster einer Halbleitervorrichtung unter Verwendung eines Computerprogramms, wie z. B. eines CAD- oder eines OPUS-Programms, entworfen. Das entworfene senkrechte Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster sowie die Daten der Belichtungsvorrichtung, z. B. die Wellenlänge des Lichts, das durch die Lichtquelle emittiert wird, werden in einer Speichervorrichtung als elektronische Daten gespeichert. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die elektronischen Entwurfsdaten verarbeitet, um Entwurfsdaten D1 einer Photomaske zu erzeugen. Die Entwurfsdaten D1

weisen erste Daten, die das Linien/Zwischenraum-Muster **88a** darstellen, zweite Entwurfsdaten, die das Linien/Zwischenraum-Muster **88b** darstellen, dritte Entwurfsdaten, die das erste Gittermuster **89a** darstellen, das die Zwischenräume **86a**, die zwischen den Linien **84a** des Linien/Zwischenraum-Musters **88a** definiert sind, einnimmt, und vierte Entwurfsdaten, die das zweite Gittermuster **89b** darstellen, das die Zwischenräume **86b**, die zwischen den Linien **84b** des Linien/Zwischenraum-Musters **84b** definiert sind, einnimmt, auf.

[0059] Ein Belichtungsverfahren S2 wird dann durchgeführt. Bei dem Belichtungsverfahren S2 wird eine vorbestimmte Region einer Photoresistschicht, die an einem Quarzsubstrat angeordnet ist, mit einem Elektronenstrahl bestrahlt. Die Region, die bei den Belichtungsverfahren S2 bestrahlt wird, wird durch Belichtungsdaten D2, die aus den Entwurfsdaten D1 extrahiert werden, bestimmt. Die belichtete Photoresistschicht wird dann einem Entwicklungsverfahren S3 unterzogen, um ein Photoresistmuster, das eine Chromschicht, die unter der Photoresistschicht angeordnet ist, freilegt. Die freigelegte Chromschicht wird dann plasma-trockengeätzt (S4), um ein Chrommuster, das das Quarzsubstrat freilegt, zu bilden. Das trockene Ätzverfahren S4 wird unter Verwendung des Photoresistmusters als eine Ätzmaske durchgeführt, und das Photoresistmuster wird nach dem Ätzverfahren entfernt. Ein senkrechtes Linien/Zwischenraum-Muster, das Beugungsmuster, die als ein Polarisator wirken, aufweist, ist somit gebildet.

[0060] Ein solches Linien/Zwischenraum-Muster wird dann unter Verwendung eines modifizierten Beleuchtungssystems beleuchtet, derart, dass ein Bild des Linien/Zwischenraum-Musters zu einer Photoresistschicht an einem Wafer (WPR) übertragen wird.

[0061] Im Folgenden ist ein modifiziertes Beleuchtungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben. Das modifizierte Beleuchtungssystem ist für das Linien/Zwischenraum-Muster der Photomaske optimiert. Wenn beispielsweise die Photomaske ein Linien/Zwischenraum-Schaltungsmuster, das in einer ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) ausgerichtet ist, aufweist, wird ein modifizierendes Dipol-Beleuchtungssystem verwendet, bei dem zwei Lichtdurchlassregionen des Systems in der ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) arrayförmig angeordnet sind und als Polarisatoren implementiert sind, die Licht, das in der ersten Richtung polarisiert ist, durchlassen. Wenn ähnlicherweise die Photomaske ein Linien/Zwischenraum-Muster aufweist, das in einer zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) ausgerichtet ist, wird ein modifiziertes Dipol-Beleuchtungssystem verwendet, bei dem zwei Lichtdurchlassregionen des Systems in der zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) arrayförmig an-

geordnet sind und als Polarisatoren implementiert sind, die Licht, das in der zweiten Richtung polarisiert ist, durchlassen.

[0062] Wenn andererseits die Photomaske Linien/Zwischenraum-Muster aufweist, die senkrecht zueinander ausgerichtet sind, können ein modifiziertes Ring-Beleuchtungssystem und ein modifiziertes Dipol-Beleuchtungssystem verwendet werden. In diesem Fall ist die Ring-Lichtdurchlassregion des modifizierten Ring-Beleuchtungssystems als ein Polarisator implementiert, der Licht, das in einer ersten Richtung polarisiert ist, durchlässt, und die zwei Lichtdurchlassregionen des modifizierten Dipol-Beleuchtungssystems sind in der ersten Richtung oder der zweiten Richtung arrayförmig angeordnet und sind als Polarisatoren implementiert, die Licht, das in der zweiten Richtung polarisiert ist, durchlassen. Die Regionen, in denen die Lichtdurchlassregionen der modifizierten Ring- und Dipol-Beleuchtungssysteme überlappen, lassen vorzugsweise Licht durch, das nicht polarisiert ist. Ein modifiziertes Quadrupol-Beleuchtungssystem kann alternativ verwendet werden. In diesem Fall sind zwei Lichtdurchlassregionen in der ersten Richtung arrayförmig angeordnet und als Polarisatoren implementiert, die Licht, das in der ersten Richtung polarisiert ist, durchlassen, und zwei Lichtdurchlassregionen sind in der zweiten Richtung arrayförmig angeordnet und sind als Polarisatoren implementiert, die Licht, das in der zweiten Richtung polarisiert ist, durchlassen. Diese Beleuchtungssysteme können in der Form von gemischten Polarisationsbeleuchtungssystemen realisiert werden. Solche gemischten Polarisationsbeleuchtungssysteme gemäß der vorliegenden Erfindung sind im Folgenden detaillierter beschrieben.

[0063] Bezug nehmend auf [Fig. 13](#) besteht ein gemischtes Polarisationsbeleuchtungssystem **130** aus einem ersten modifizierten Dipol-Beleuchtungssystem **130a** mit zwei Lichtdurchlassregionen **132a_1** und **132a_2**, die in der ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) in einer Abschirm-(lichtundurchlässigen)Region **134a** arrayförmig angeordnet sind, und einem zweiten modifizierten Dipol-Beleuchtungssystem **130b** mit zwei Lichtdurchlassregionen **130b_1** und **130b_2**, die in der zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) in einer Abschirm-(lichtundurchlässigen)Region **134b** arrayförmig angeordnet sind. In [Fig. 13](#) bezeichnet Bezugsziffer **134** die resultierende Abschirm-(lichtundurchlässige)Region.

[0064] Die Lichtdurchlassregionen **132a_1** und **132a_2** des ersten modifizierten Dipol-Beleuchtungssystems **130a** sind als Polarisatoren implementiert, die Licht, das in der ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) polarisiert ist, durchlassen. Die Lichtdurchlassregionen **132b_1** und **132b_2** des zweiten modifizierten Dipol-Beleuchtungssystems **130b** sind andererseits als Polarisatoren implementiert, die

Licht, das in der zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) polarisiert ist, durchlassen.

[0065] Wenn daher die Photomaske von [Fig. 8](#) durch Licht, das durch das gemischte Polarisationsbeleuchtungssystem **130** durchgelassen wird, beleuchtet wird, wird Licht, das in der ersten Richtung polarisiert ist, d. h. die Komponente von Licht, die durch die Lichtdurchlassregionen **132a_1** und **132a_2** läuft, durch das zweite Gittermuster **89b** der Photomaske **80** blockiert. Die Komponente des Lichts, die in der zweiten Richtung polarisiert ist, d. h. die Komponente des Lichts, die durch die Lichtdurchlassregionen **132b_1** und **132b_2** läuft, wird durch das erste Gittermuster **89a** der Photomaske **80** blockiert. Das Bild des Linien/Zwischenraum-Musters **88a** wird daher durch das Licht, das durch die Lichtdurchlassregionen **132a_1** und **132a_2** läuft, aufgenommen, und das Bild des Linien/Zwischenraum-Musters **88b** wird durch Licht, das durch die Lichtdurchlassregionen **132b_1** und **132b_2** während eines Belichtungsverfahrens läuft, aufgenommen.

[0066] Ein modifiziertes Quadrupol-Beleuchtungssystem kann anstatt der zwei modifizierten Dipol-Beleuchtungssystemen verwendet werden. Das modifizierte Quadrupol-Beleuchtungssystem weist zwei Lichtdurchlassregionen, die in der ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) arrayförmig angeordnet sind, und zwei Lichtdurchlassregionen, die in der zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) arrayförmig angeordnet sind, auf. Die Lichtdurchlassregionen in der ersten Richtung sind als Polarisatoren implementiert, die Licht, das in der ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) polarisiert ist, durchlassen. Die Lichtdurchlassregionen in der zweiten Richtung sind andererseits als Polarisatoren implementiert, die Licht, das in der zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) polarisiert ist, durchlassen.

[0067] Ein solches gemischtes Polarisationsbeleuchtungssystem **130** kann zum Belichten eines senkrechten Linien/Zwischenraum-Schaltungsmusters verwendet werden, das keine Gittermuster aufweist. Bei einem solchen Fall kann das Licht, das durch die Lichtdurchlassregionen **132b_1** und **132b_2**, die in der zweiten Richtung arrayförmig angeordnet sind, durchgelassen wird, das Aufnehmen des Bilds des Linien/Zwischenraum-Musters, das in der ersten Richtung ausgerichtet ist, beeinflussen.

[0068] [Fig. 14](#) stellt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines gemischten modifizierten Polarisationsbeleuchtungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Das gemischte modifizierte Polarisationsbeleuchtungssystem **140** gemäß diesem Ausführungsbeispiel besteht aus zwei modifizierten Beleuchtungssystemen **140a** und **140b**, die als Polarisatoren implementiert sind, die Licht, das in unter-

schiedlichen Richtungen polarisiert ist, durchlassen. Das erste modifizierte Beleuchtungssystem **140a** weist eine Ringdurchlassregion **142a** innerhalb einer Abschirm-(lichtundurchlässigen)Region **144a** auf. Die Ringdurchlassregion ist als ein Polarisator implementiert, der Licht, das in der ersten Richtung (der Richtung der X-Achse) polarisiert ist, durchlässt. Das zweite modifizierte Beleuchtungssystem **140b** ist ein modifiziertes Dipol-Beleuchtungssystem mit zwei Durchlassregionen **142b_1** und **142b_2**, die in der zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) innerhalb einer Abschirm-(lichtundurchlässigen)Region **144b** arrayförmig angeordnet sind. Die Durchlassregionen **142b_1** und **142b_2** sind als Polarisatoren, die Licht, das in der zweiten Richtung (der Richtung der Y-Achse) polarisiert ist, durchlassen, implementiert. Regionen **146**, in denen die Lichtdurchlassregion **142a** und die Lichtdurchlassregionen **142b_1** und **142b_2** überlappen, lassen Licht, das nicht polarisiert ist, (oder Licht von der ursprünglichen Lichtquelle) durch. Die überlappenden Lichtdurchlassregionen **146** lassen Licht einer Intensität durch, die das Doppelte derselben des Lichts ist, das durch die ursprüngliche Lichtquelle emittiert wird. Obwohl ferner die Lichtdurchlassregionen des Quadrupol-Beleuchtungssystems und des Dipol-Beleuchtungssystems in den Figuren als kreisförmig gezeigt sind, ist die vorliegende Erfindung nicht derart begrenzt. Die Lichtdurchlassregionen können vielmehr verschiedene Formen aufweisen.

[0069] **Fig. 15** stellt eine Belichtungsvorrichtung **150** gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Die Belichtungsvorrichtung **150** weist eine Lichtquelle **151** zum Erzeugen eines Lichtstrahls mit einer vorbestimmten Wellenlänge λ , eine Kondensorlinse **153** zum Kondensieren des Lichtstrahls, der durch die Lichtquelle **151** emittiert wird, ein modifiziertes Beleuchtungssystem **155**, eine Photomaske **157**, die ein Muster, das einem Schaltungsmuster entspricht, trägt, eine Reduzierungs- bzw. Verkleinerungs-Projektionslinse **159** vor der Photomaske **157** und einen Wafer-Tisch **165**, an dem ein Wafer **163**, der mit einer Schicht aus Photoresist **161** beschichtet ist, angebracht ist, auf.

[0070] Das Beleuchtungssystem **155** ist als Polarisatoren, die das Licht, das durch die Lichtquelle **151** emittiert wird, in unterschiedlichen Richtungen polarisieren, implementiert. Ein Verfahren zum räumlichen Steuern des polarisierten Zustands des Lichts und ein System dafür sind hinsichtlich **Fig. 16A–Fig. 16G** beschrieben.

[0071] Das Beleuchtungssystem **155** weist einen Strahlformer zum Umwandeln eines durch die Lichtquelle **151** erzeugten Strahls in einen Teilstrahl L' (der den Lichtdurchlassregionen entspricht) mit einem räumlichen Profil, wie z. B. dasselbe, das in einer der **Fig. 16A** bis **Fig. 16G** dargestellt ist, auf. Der

Strahl wird beispielsweise in zwei Abschnitte in dem im Vorhergehenden beschriebenen Dipol Beleuchtungssystem und in vier Abschnitte in dem Quadrupol-Beleuchtungssystem umgewandelt. Der Strahlformer bricht vorzugsweise den Lichtstrahl, um den Strahl in einen Teilstrahl umzuwandeln. Der Strahlformer kann somit ein optisches Beugungselement (DOE; DOE = Diffraction Optical Element) oder ein optisches Hologrammelement (HOE; HOE = Hologram Optical Element) aufweisen.

[0072] **Fig. 17A** ist eine Draufsicht, die ein Hologramm, das durch den Strahlformer (beispielsweise das HOE) verwendet wird, gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt. Das Hologramm dient zum Bilden des Teilstrahls L' mit der Form, die in **Fig. 16E** oder **Fig. 17B** dargestellt ist. Wie in **Fig. 18A** (einer Vergrößerung der Region **99** von **Fig. 17A**) dargestellt ist, weist das Hologramm eine räumliche Verteilung von Teilregionen **10a**, **10b** mit unterschiedlichen physischen Charakteristika auf. Das Hologramm besteht beispielsweise aus ersten Teilregionen **10a** und zweiten Teilregionen **10b** mit unterschiedlichen Dicken, wie in **Fig. 18A** und **Fig. 18B** dargestellt ist.

[0073] Die Dicken der Teilregionen **10a** und **10b** werden durch Berechnen der optischen Charakteristika von jenen Abschnitten des Lichts bestimmt, die jeweils durch die Teilregionen laufen. Berechnungen dieses Typs werden typischerweise durch Computer unter Verwendung von Fourier-Transformationen durchgeführt. Der Strahlformer wird dann durch Aussetzen eines Substrats **200** gegenüber einem Photolithographie/Ätz-Verfahren hergestellt, nachdem die Dicken der Teilregionen so berechnet wurden. Die berechneten Dicken werden zum Bestimmen der Tiefe verwendet, zu der jede der Regionen des Substrats **200**, die den Teilregionen entsprechen, geätzt wird.

[0074] Bezug nehmend auf **Fig. 18B** weisen die ersten Teilregionen **10a** jeweils eine erste Dicke t_1 auf und die zweiten Teilregionen **10b** weisen jeweils eine zweite Dicke t_2 , die größer als die erste Dicke t_1 ist, auf. Die Teilregionen **10a** und **10b** können jedoch jeweils mehr als zwei unterschiedliche Dicken aufweisen.

[0075] Der Strahlformer bildet eine Polarisationssteuerung zum Umwandeln des einfallenden Lichtstrahls in einen polarisierten Teilstrahl. Zu diesem Zweck weist der Strahlformer ein Polarisationsmuster **210** an einer Oberfläche des Substrats **200** auf. Das Polarisationsmuster **210** ist insbesondere ein in einer Richtung verlaufendes bzw. unidirektionales Muster, das an den Teilregionen **10a**, **10b** gebildet ist. Der Teilstrahl, der durch den Strahlformer durchgelassen wird, ist als ein Resultat polarisiert.

[0076] Das Polarisationsmuster **210** kann eine Reihe von Balken mit einer Höhe h und einem vorbestimmten Abstand P , wie in [Fig. 18B](#) und [Fig. 18C](#) dargestellt ist, aufweisen. Die Balken sind vorzugsweise aus einem Material mit einem Brechungsindex von etwa 1,3 bis 2,5 und einem Extinktions- bzw. Dämpfungsindex k von etwa 0 bis 0,2 gebildet. Die Balken des Polarisationsmusters **210** können beispielsweise aus einem Material sein, das aus einer Gruppe, die aus ArF, Photoresist, SiN und SiON besteht, ausgewählt ist.

[0077] [Fig. 19A](#) und [Fig. 19B](#) stellen eine Polarisationssteuerung **303** gemäß der vorliegenden Erfindung zum Bilden eines Teilstrahls mit zwei in zueinander senkrechten Richtungen polarisierten Abschnitten dar. Die Polarisationssteuerung **303** kann als eine Kombination einer ersten virtuellen Polarisationssteuerung **301**, die einen ersten Abschnitt eines Teilstrahls, der in einer ersten vorbestimmten Richtung polarisiert ist, erzeugen kann, und einer zweiten virtuellen Polarisationssteuerung **302**, die einen zweiten Abschnitt eines Teilstrahls, der in einer zweiten Richtung senkrecht zu der ersten Richtung polarisiert ist, erzeugen kann, wie in [Fig. 19A](#) dargestellt ist, realisiert sein. Sowohl die erste als auch die zweite virtuelle Polarisationssteuerung **301** und **302** bestehen aus ersten Teilregionen **10a** und zweiten Teilregionen **10b**, die dicker als die ersten Teilregionen **10a** (wie es in [Fig. 18B](#) dargestellt ist) sind. Die erste und die zweite virtuelle Polarisationssteuerung **301** und **302** können somit auf die gleiche Art und Weise wie der Strahlformer von [Fig. 18A](#) und [Fig. 18B](#) hergestellt sein. Die Polarisationssteuerung **303** muss jedoch nicht aus den virtuellen Polarisationssteuerungen **301** und **302** hergestellt sein.

[0078] Die Polarisationssteuerung **303** weist insbesondere eine Mehrzahl von Teilregionen **30** auf. Jede der jeweiligen Teilregionen **30** der Polarisationssteuerung **303** ist eine Kombination der Teilregionen **10a** und/oder **10b**, die in den entsprechenden Abschnitten der ersten und der zweiten virtuellen Polarisationssteuerung **301** und **302**, wie in [Fig. 19A](#) dargestellt ist, positioniert sind.

[0079] Wie bei dem Strahlformer von [Fig. 18A](#) und [Fig. 18B](#) bestimmt die Verteilung der Dicken der ersten und der zweiten virtuellen Polarisationssteuerung **301** und **302** die Profile der Teilstrahlen, die durch die erste bzw. zweite virtuelle Polarisationssteuerung **301** und **302** laufen. Die Richtung der Polarisationsmuster an der ersten und der zweiten virtuellen Polarisationssteuerung **301** und **302** bestimmt die Polarisation der Teilstrahlen. Die Abschnitte der Strahlen, die durch die jeweiligen Teilregionen **30** der Polarisationssteuerung **303** laufen, zeigen daher physische Charakteristika (beispielsweise Profil und Polarisation) der Teilstrahlen, die durch die erste und die zweite virtuelle Polarisationssteuerung **301** und **302** ge-

trennt erzeugt werden können.

[0080] D. h., dass gemäß dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, das in [Fig. 19A](#) dargestellt ist, die Teilregionen **30** der Polarisationssteuerung **303** aus ersten Unterregionen **30a** und zweiten Unterregionen **30b** bestehen. Die ersten Unterregionen **30a** weisen eine Dicke gleich der Dicke der Teilregionen, die in den entsprechenden Abschnitten der ersten virtuellen Polarisationssteuerung **301** positioniert sind, auf, und die zweiten Teilregionen **30b** weisen eine Dicke gleich der Dicke der Teilregionen, die in den entsprechenden Abschnitten der zweiten virtuellen Polarisationssteuerung **302** positioniert sind, auf. Als ein Resultat ist das Profil des Teilstrahls, der durch die Polarisationssteuerung **303** läuft, gleich dem Profil, das durch Kombinieren der Teilstrahlen, die durch die erste bzw. zweite virtuelle Polarisationssteuerung **301** und **302** laufen, erhalten wird.

[0081] Die ersten Unterregionen **30a** und die zweiten Unterregionen **30b** weisen ferner erste Polarisationsmuster **210a** und zweite Polarisationsmuster **210b**, die in die gleichen Richtungen wie die Polarisationsmuster der Teilregionen **10a** und/oder **10b** gerichtet sind, die bei den entsprechenden Abschnitten der ersten und zweiten virtuellen Polarisationssteuerung **301** und **302** positioniert sind, auf. Die Abschnitte des Strahls, die durch die ersten Unterregionen **30a** laufen, weisen daher die gleichen Polarisationszustände wie der Strahl auf, der durch die erste virtuelle Polarisationssteuerung **301** läuft, und die Abschnitte des Strahls, die durch die zweiten Unterregionen **30b** laufen, weisen die gleichen Polarisationszustände wie der Strahl auf, der durch die zweite virtuelle Polarisationssteuerung **302** läuft.

[0082] Die Polarisationssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung kann wie folgt derart verallgemeinert werden, dass eine Polarisationssteuerung, die für einen komplizierteren Fall verwendet werden kann, hergestellt werden kann. Die Polarisationssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung kann insbesondere als n ($n \geq 1$) Teilregionen **30** aufweisend aufgefasst werden. Jede der Teilregionen **30** besteht aus m ($m \geq 1$) Unterregionen. Die Polarisationssteuerung besteht daher aus $n \times m$ Unterregionen.

[0083] In diesem Fall ist die Zahl der Unterregionen **30** dieselbe, die zum Bilden eines Teilstrahls mit einem gewünschten Profil erforderlich ist. Die Unterregionen werden somit verschiedene Dicken aufweisen, um Strahlabschnitte mit unterschiedlichen Profilen zu erzeugen. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Dicke der k -ten ($1 \leq k \leq m$) unteren Region ein Parameter, der das Profil des Abschnitts des Teilstrahls, der durch die k -te Unterregion läuft, einrichtet. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden ferner Polarisationsmuster, die die gleiche Polarisati-

onsrichtung liefern, in der j -ten Unterregion ($1 \leq j \leq m$) der i -ten ($1 \leq i \leq n$) Teilregion und der j -ten Unterregion der k -ten ($k \neq i$ und $1 \leq k \leq n$) Teilregion vorgesehen. Ein ähnliches Balkenmuster **210** ist somit in jeder Teilregion vorgesehen.

[0084] Wie im Vorhergehenden beschrieben ist, ist es gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, lediglich ein Belichtungsverfahren auszuführen, um den gleichen Effekt zu erhalten, der lediglich durch Durchführen von zwei Belichtungsverfahren gemäß dem Stand der Technik erhalten werden kann. Daher ist die Ausbeute des photolithographischen Verfahrens durch Praktizieren der vorliegenden Erfindung dramatisch verbessert.

[0085] Obwohl schließlich die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die bevorzugten Ausführungsbeispiele derselben besonders gezeigt und beschrieben ist, ist es für Fachleute offensichtlich, dass verschiedene Änderungen der Form und von Details an derselben durchgeführt werden können, ohne von dem wahren Geist und Schutzbereich der Erfindung, wie durch die beigefügten Ansprüche definiert, abzuweichen.

Patentansprüche

1. Photomaske zur Transmission eines Bildes, das demselben eines Schaltungsmusters entspricht, wenn dieselbe mit Licht einer gegebenen Wellenlänge beleuchtet wird, mit:
einem Substrat (**72; 82; 92; 102; 112**), das hinsichtlich des Lichts der gegebenen Wellenlänge transparent ist;
mindestens einem Linien/Zwischenraum-Muster (**78; 88a/b; 98a/b; 108, 108a/b; 118a/b**), das an einer Oberfläche des Substrats (**72; 82; 92; 102; 112**) angeordnet ist, wobei das Linien/Zwischenraum-Muster (**78; 88a/b; 98a/b; 108, 108a/b; 118a/b**) eine Reihe von Linien (**74; 84a/b**), die sich in einer Richtung parallel zueinander erstrecken, aufweist, um Zwischenräume (**76; 86a/b**) zwischen denselben zu definieren, wobei die Linien (**74; 84a/b**) hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig sind; und
einem jeweiligen Gittermuster (**79; 89a/b**), das die Zwischenräume (**76; 86a/b**), die zwischen den Linien (**74; 84a/b**) jedes Linien/Zwischenraum-Musters (**78; 88a/b; 98a/b; 108, 108a/b; 118a/b**) definiert sind, einnimmt, wobei das Gittermuster (**79; 89a/b**) durch eine Reihe von Streifen gebildet ist, die hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig sind und sich senkrecht zu der Richtung erstrecken, in der sich die Linien (**74; 84a/b**) des Linien/Zwischenraum-Musters (**78; 88a/b; 98a/b; 108, 108a/b; 118a/b**) erstrecken, wobei die Streifen des Gittermusters (**79; 89a/b**) einen Abstand (P_2) aufweisen, der kleiner als die Wellenlänge des Lichts ist, und wobei das Gittermuster (**79; 89a/b**) als ein Polarisator wirksam ist.

2. Photomaske nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Linien/Zwischenraum-Muster (**88a/b; 98a/b; 108a/b; 118a/b**) ein erstes Linien/Zwischenraum-Muster (**88a; 98a; 108a; 118a**), das eine erste Reihe von Linien (**84a**), die sich in einer ersten Richtung parallel zueinander erstrecken, aufweist, und ein zweites Linien/Zwischenraum-Muster (**88b; 98b; 108b; 118b**) aufweist, das eine zweite Reihe von Linien (**84b**), die sich parallel zueinander in einer zweiten Richtung senkrecht zu der ersten Richtung erstrecken, aufweist.

3. Photomaske nach Anspruch 2, bei der die ersten und zweiten Reihen von Linien (**84a, 84b**) benachbart sind.

4. Gemischtes Polarisations-modifiziertes Beleuchtungssystem zum Beleuchten einer Photomaske (**70; 80; 90; 100; 110**) unter Verwendung von Licht von einer Lichtquelle (**151**), mit:
einer Abschirmregion (**144**), die hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig ist, und einer Mehrzahl von Lichtdurchlassregionen (**142a, 142b_1, 142b_2**), die innerhalb des Gebiets der Abschirmregion (**144**) definiert sind, wobei die Lichtdurchlassregionen (**142a, 142b_1, 142b_2**) hinsichtlich des Lichts transparent sind und Polarisatoren aufweisen, die das Licht, das auf dieselben einfällt, jeweils in unterschiedlichen Richtungen polarisieren, wobei die Lichtdurchlassregionen (**142a, 142b_1, 142b_2**) eine erste Ringöffnung (**142a**) in dem Gebiet der Abschirmregion (**144**) und ein Paar von Öffnungen (**142b_1, 142b_2**) in dem Gebiet der Abschirmregion (**144**) in einer ersten Richtung beabstandet voneinander aufweisen, wobei die Polarisatoren die Ringöffnung (**142a**) und das Paar von Öffnungen (**142b_1, 142b_2**) jeweils einnehmen.

5. Gemischtes Polarisations-modifiziertes Beleuchtungssystem nach Anspruch 4, bei dem der Polarisator, der das Paar von Öffnungen (**142b_1, 142b_2**) einnimmt, das auf denselben einfallende Licht in der ersten Richtung polarisiert, und der Polarisator, der die Ringöffnung einnimmt, das auf denselben einfallende Licht in einer zweiten Richtung senkrecht zu der ersten Richtung polarisiert.

6. Gemischtes Polarisations-modifiziertes Beleuchtungssystem nach Anspruch 5, bei dem jede der Öffnungen des ersten Paares (**142b_1, 142b_2**) die Ringöffnung (**142a**) in dem Gebiet der Abschirmregion (**144**) überlappt und der Bereich der Überlappung (**146**) einfallendes Licht, das nicht polarisiert ist, durchlässt.

7. Belichtungsanordnung mit:
einer Lichtquelle (**151**), die Licht einer gegebenen Wellenlänge emittiert;
einer Photomaske (**157; 80; 90; 100; 110**), die in der Belichtungsanordnung (**150**) positioniert ist, derart,

das Licht, das durch die Lichtquelle (151) emittiert wird, auf derselben einfällt, wobei die Photomaske (157; 80; 90; 100; 110) ein Substrat (82; 92; 102; 112), das hinsichtlich des Lichts, das durch die Lichtquelle (151) emittiert wird, transparent ist, ein erstes Linien/Zwischenraum-Muster (88a; 98a; 108a; 118a), das eine erste Reihe von Linien (84a), die sich in einer ersten Richtung parallel zueinander erstrecken, aufweist, um Zwischenräume (86a) zwischen denselben zu definieren, und ein zweites Linien/Zwischenraum-Muster (88b; 98b; 108b; 118b) aufweist, das eine zweite Reihe von Linien (84b), die sich parallel zueinander in einer zweiten Richtung erstrecken, aufweist, um Zwischenräume (86b) zwischen denselben zu definieren, wobei die Linien (84a, 84b) des ersten und des zweiten Linien/Zwischenraum-Musters hinsichtlich des Lichts, das durch die Lichtquelle (151) emittiert wird, lichtundurchlässig sind; und einem modifizierten Beleuchtungssystem (155), das in der Belichtungsvorrichtung (150) zwischen der Lichtquelle (151) und der Photomaske (157; 80; 90; 100; 110) angeordnet ist, um eine Region der Photomaske (157; 80; 90; 100; 110) mit dem durch die Lichtquelle (151) emittierten Licht zu beleuchten, wobei das modifizierte Beleuchtungssystem (155) einen ersten und einen zweiten Polarisator aufweist, die das Licht, das auf dieselben einfällt, jeweils in der ersten und zweiten Richtung polarisieren, wobei die Photomaske (157; 80; 90; 100; 110) ferner ein erstes Gittermuster (89a), das die Zwischenräume (86a), die zwischen den Linien (84a) des ersten Linien/Zwischenraum-Musters (88a; 98a; 108a; 118a) definiert sind, einnimmt, und ein zweites Gittermuster (89b), das die Zwischenräume (86b), die zwischen den Linien des zweiten Linien/Zwischenraum-Musters (88b; 98b; 108b; 118b) definiert sind, einnimmt, aufweist, wobei das erste Gittermuster (89a) durch eine Reihe von ersten Streifen gebildet ist, die hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig sind und sich senkrecht zu der Richtung erstrecken, in der sich die Linien (84a) des ersten Linien/Zwischenraum-Musters (88a; 98a; 108a; 118a) erstrecken, wobei die ersten Streifen einen Abstand, der kleiner als die Wellenlänge des Lichts ist, aufweisen, und wobei das zweite Gittermuster (89b) durch eine Reihe von zweiten Streifen gebildet ist, die hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig sind und sich senkrecht zu der Richtung erstrecken, in der sich die Linien (84b) des zweiten Linien/Zwischenraum-Musters (88b; 98b; 108b; 118b) erstrecken, wobei die zweiten Streifen einen Abstand, der kleiner als die Wellenlänge des Lichts ist, aufweisen, und wobei Licht, das in der ersten Richtung polarisiert ist, durch das zweite Gittermuster (89b) blockiert wird, und Licht, das in der zweiten Richtung polarisiert ist, durch das erste Gittermuster (89a) blockiert wird.

8. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 7, bei der das modifizierte Beleuchtungssystem (155) ein gemischtes Polarisations-modifiziertes Beleuchtungs-

system mit einer Abschirmregion (134; 144), die hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig ist, und einer Mehrzahl von Lichtdurchlassregionen (132a_1, 132a_2, 132b_1, 132b_2; 142a, 142b_1, 142b_2), die innerhalb des Gebiets der Abschirmregion (134; 144) definiert sind, aufweist, wobei die Lichtdurchlassregionen (132a_1, 132a_2, 132b_1, 132b_2; 142a, 142b_1, 142b_2) hinsichtlich des Lichts transparent sind und erste und zweite Polarisatoren aufweisen, die das auf dieselben einfallende Licht jeweils in der ersten und zweiten Richtung polarisieren.

9. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, bei der die Lichtdurchlassregionen (142a, 142b_1, 142b_2) überlappen und der Bereich der Überlappung (146) der Lichtdurchlassregionen (142a, 142b_1, 142b_2) einfallendes Licht, das nicht polarisiert ist, durchlässt.

10. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, bei der jede der Lichtdurchlassregionen (132a_1, 132a_2, 132b_1, 132b_2) eine Dipolform aufweist.

11. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, bei der eine der Lichtdurchlassregionen (142b_1, 142b_2) eine Dipolform aufweist und die andere der Lichtdurchlassregionen (142a) eine Ringform aufweist.

12. Belichtungsvorrichtung nach Anspruch 7, bei der die erste und die zweite Richtung zueinander senkrecht sind.

13. Verfahren zum Bilden eines Linien/Zwischenraum-Schaltungsmusters, mit folgenden Schritten:
Bereitstellen eines Substrats (163) mit einer Schicht aus Photoresist (161) an demselben;
Erzeugen von Licht mit einer gegebenen Wellenlänge;
Richten des Lichts auf die Schicht aus Photoresist durch eine Photomaske (80; 90; 100; 110; 157), die ein Substrat (82; 92; 102; 112), das hinsichtlich des Lichts transparent ist, ein erstes Linien/Zwischenraum-Muster (88a; 98a; 108a; 118a), das eine erste Reihe von Linien (84a) aufweist, die sich in einer ersten Richtung parallel zueinander erstrecken, um Zwischenräume (86a) zwischen denselben zu definieren, und ein zweites Linien/Zwischenraum-Muster (88b; 98b; 108b; 118b), das eine zweite Reihe von Linien (84b) aufweist, die sich parallel zueinander in einer zweiten Richtung erstrecken, um Zwischenräume (86b) zwischen denselben zu definieren, aufweist, wobei die erste und die zweite Richtung nicht parallel sind und die Linien des ersten und des zweiten Linien/Zwischenraum-Musters (88a/b; 98a/b; 108a/b; 118a/b) hinsichtlich des Lichts, das durch die Lichtquelle (151) emittiert wird, lichtundurchlässig sind, wodurch das Bild der Linien/Zwischenraum-Muster der Photomaske durch das Licht aufge-

nommen wird und auf die Schicht aus Photoresist (**161**) übertragen wird; wobei die Photomaske (**157; 80; 90; 100; 110**) ferner ein erstes Gittermuster (**89a**), das die Zwischenräume (**86a**), die zwischen den Linien (**84a**) des ersten Linien/Zwischenraum-Musters (**88a; 98a; 108a; 118a**) definiert sind, einnimmt, und ein zweites Gittermuster (**89b**), das die Zwischenräume (**86b**), die zwischen den Linien des zweiten Linien/Zwischenraum-Musters (**88b**) definiert sind, einnimmt, aufweist, wobei das erste Gittermuster (**89a**) durch eine Reihe von ersten Streifen gebildet ist, die hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig sind und sich senkrecht zu der Richtung erstrecken, in der sich die Linien (**84a**) des ersten Linien/Zwischenraum-Musters (**88a; 98a; 108a; 118a**) erstrecken, wobei die ersten Streifen einen Abstand, der kleiner als die Wellenlänge des Lichts ist, aufweisen, und wobei das zweite Gittermuster (**89b**) durch eine Reihe von zweiten Streifen gebildet ist, die hinsichtlich des Lichts lichtundurchlässig sind und sich senkrecht zu der Richtung erstrecken, in der sich die Linien (**84b**) des zweiten Linien/Zwischenraum-Musters (**88b; 98b; 108b; 118b**) erstrecken, wobei die zweiten Streifen einen Abstand, der kleiner als die Wellenlänge des Lichts ist, aufweisen, und wobei Licht, das in der ersten Richtung polarisiert ist, durch das zweite Gittermuster (**89b**) blockiert wird, und Licht, das in der zweiten Richtung polarisiert ist, durch das erste Gittermuster (**89a**) blockiert wird

Polarisieren von Teilstrahlen des Lichts in der ersten und der zweiten Richtung, bevor das Licht von der Photomaske (**80; 90; 100; 110; 157**) durchgelassen wird;

Entwickeln der belichteten Schicht aus Photoresist (**161**), um dadurch ein Photoresistmuster zu bilden; und

Ätzen des Substrats (**163**) unter Verwendung des Photoresistmusters als eine Maske.

Es folgen 21 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

STAND DER TECHNIK

10

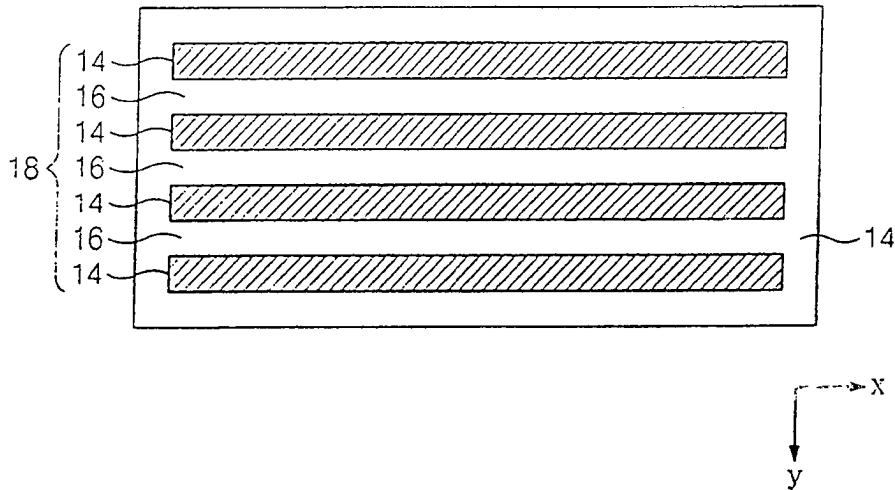


Fig. 2

STAND DER TECHNIK

20

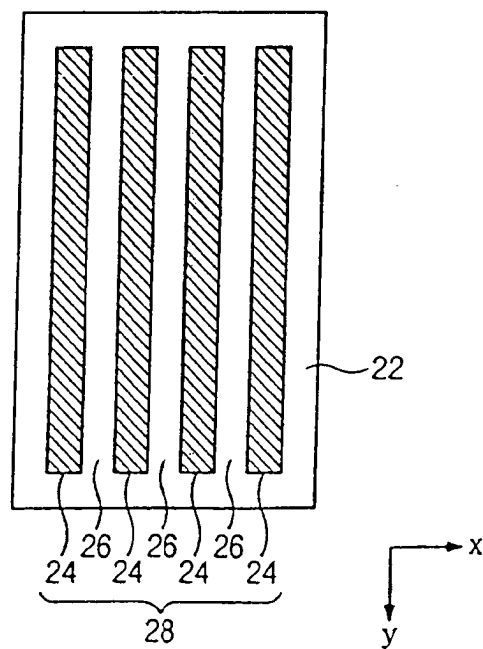


Fig. 3

STAND DER TECHNIK

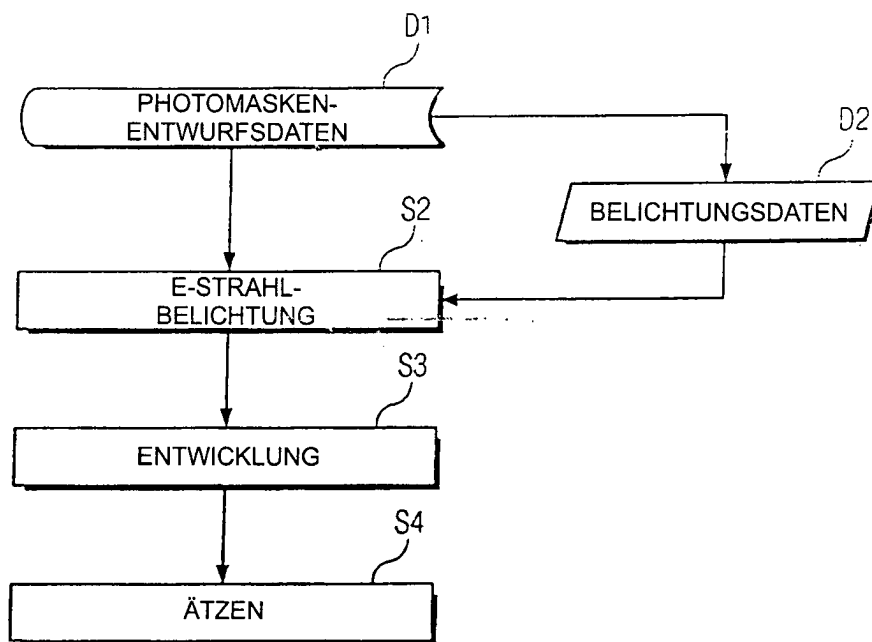


Fig. 4

STAND DER TECHNIK

480

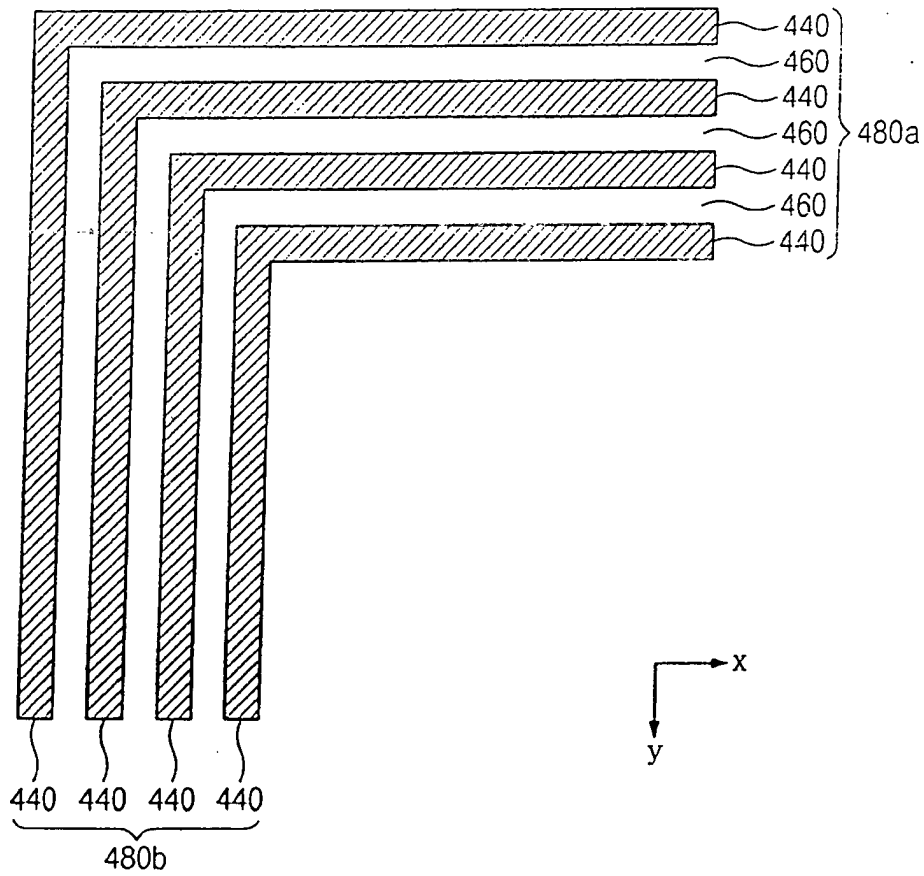


Fig. 5A

STAND DER TECHNIK

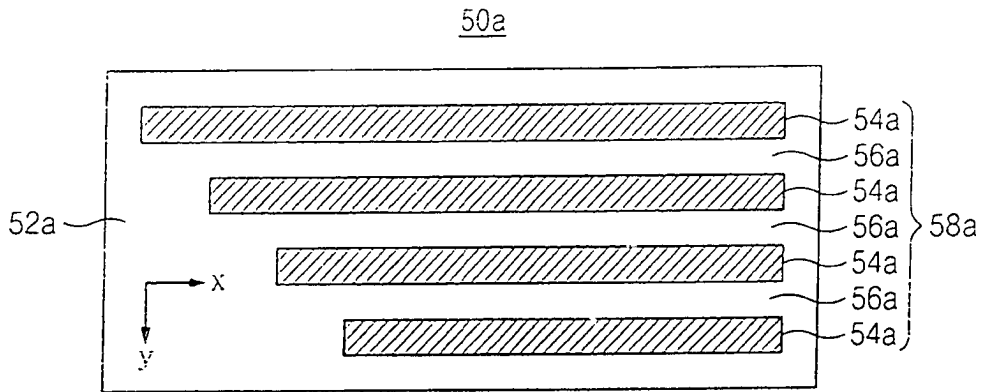


Fig. 5B

STAND DER TECHNIK

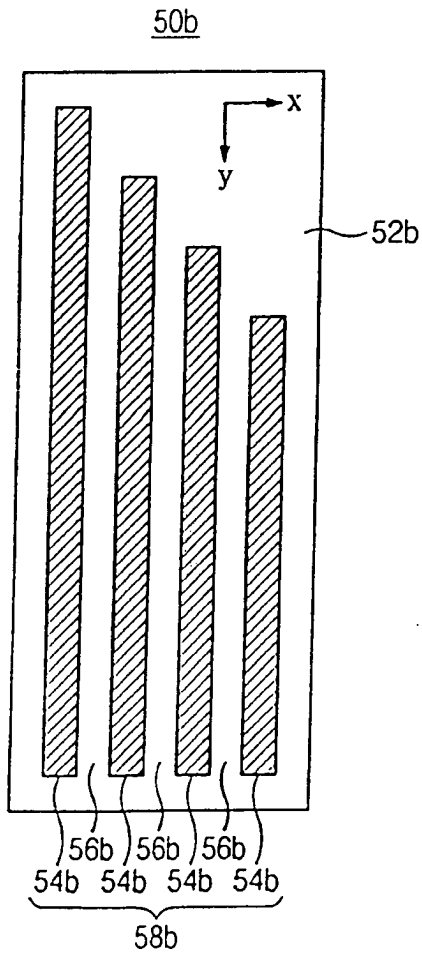


Fig. 6A

STAND DER TECHNIK

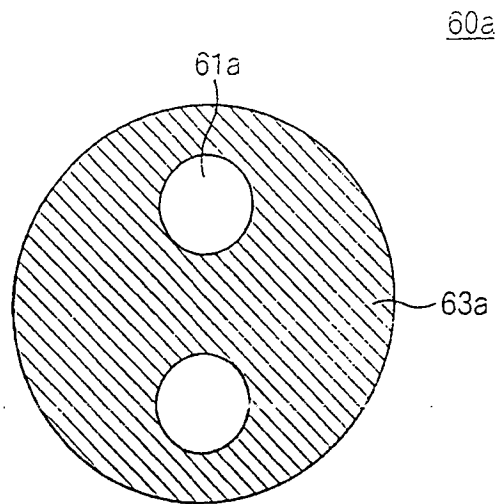


Fig. 6B

STAND DER TECHNIK

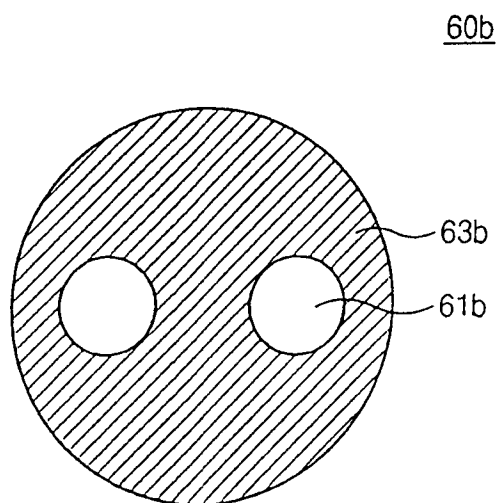


Fig. 7A

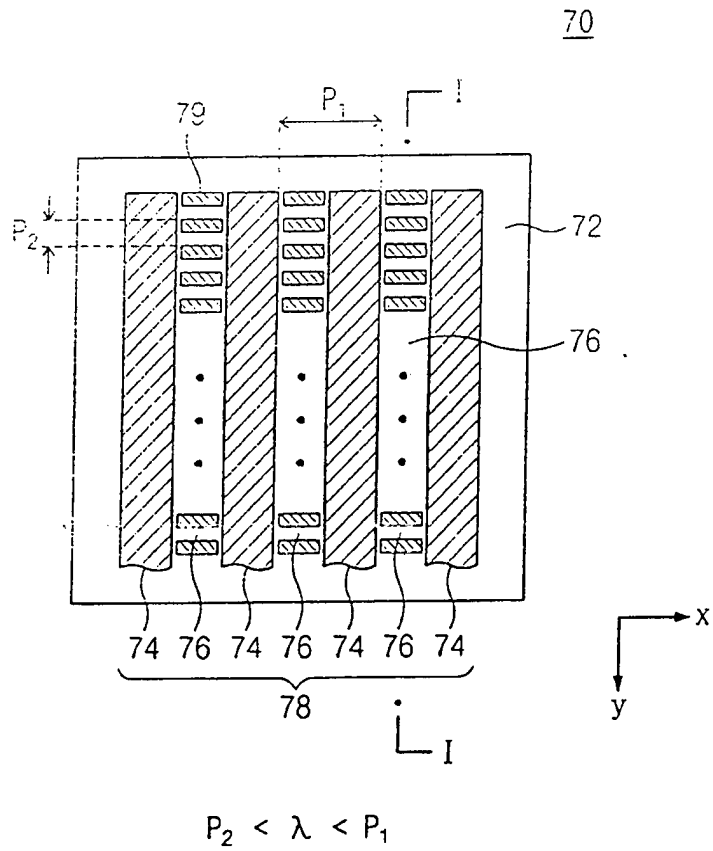


Fig. 7B

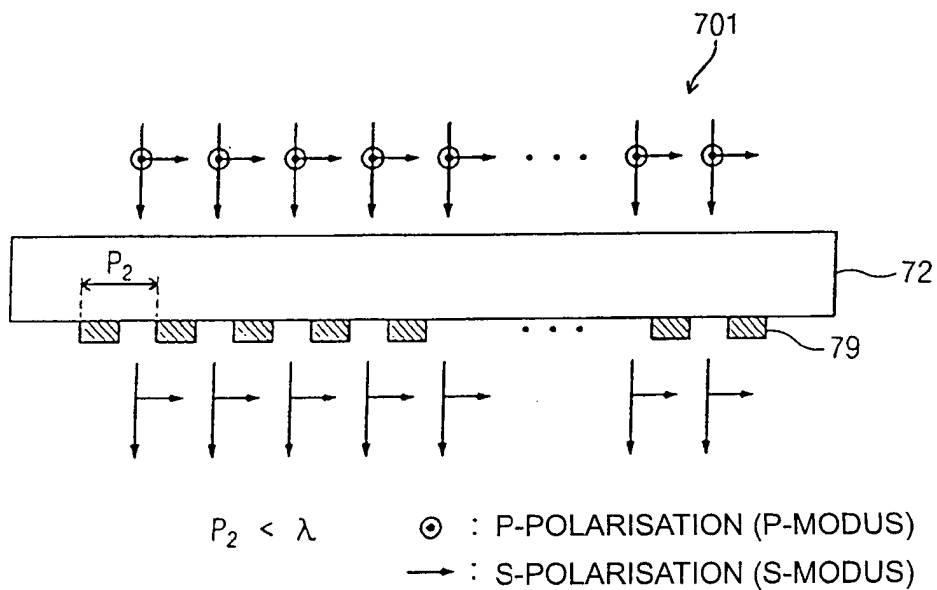


Fig. 8

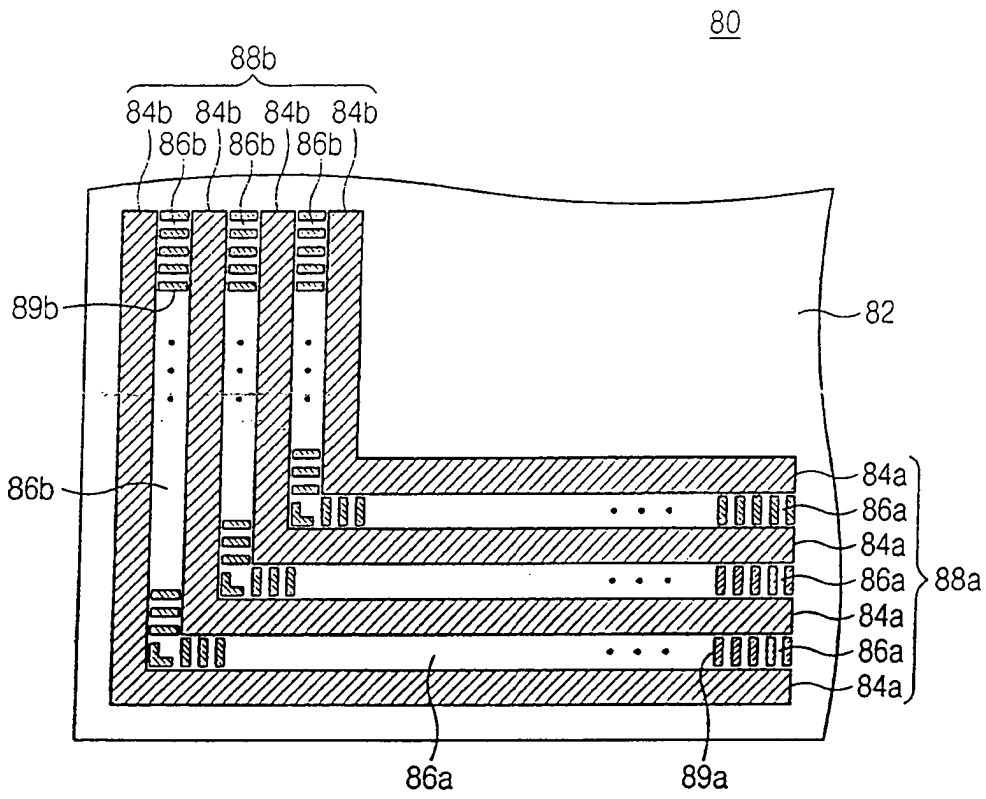


Fig. 9

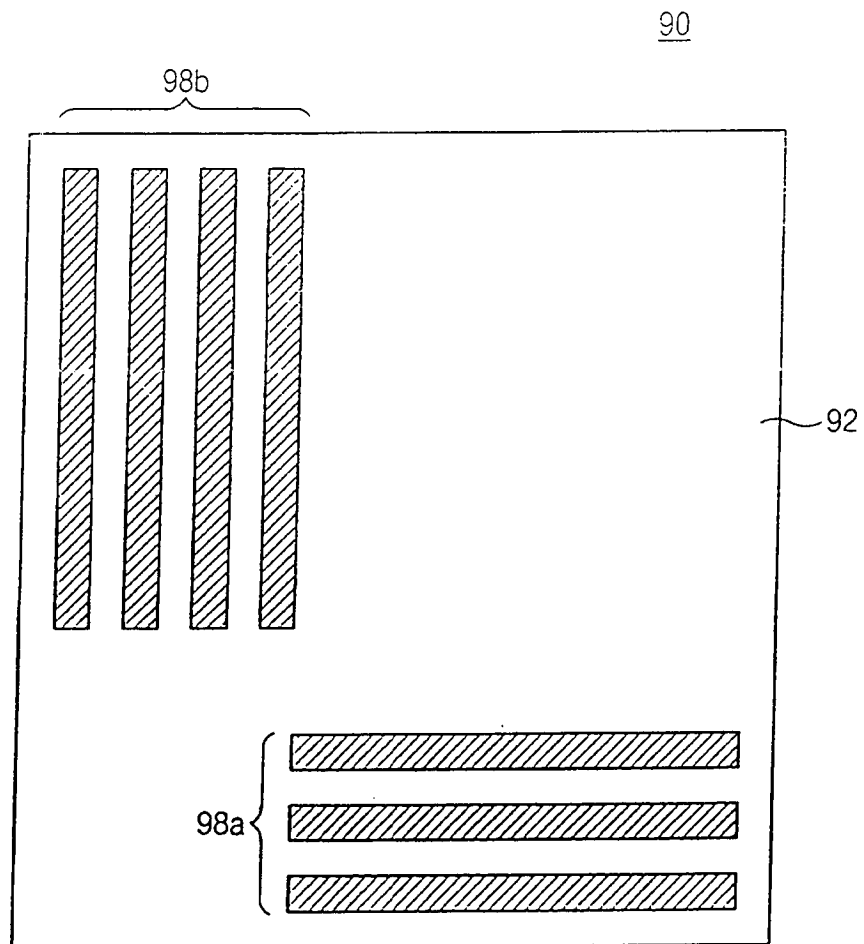


Fig. 10

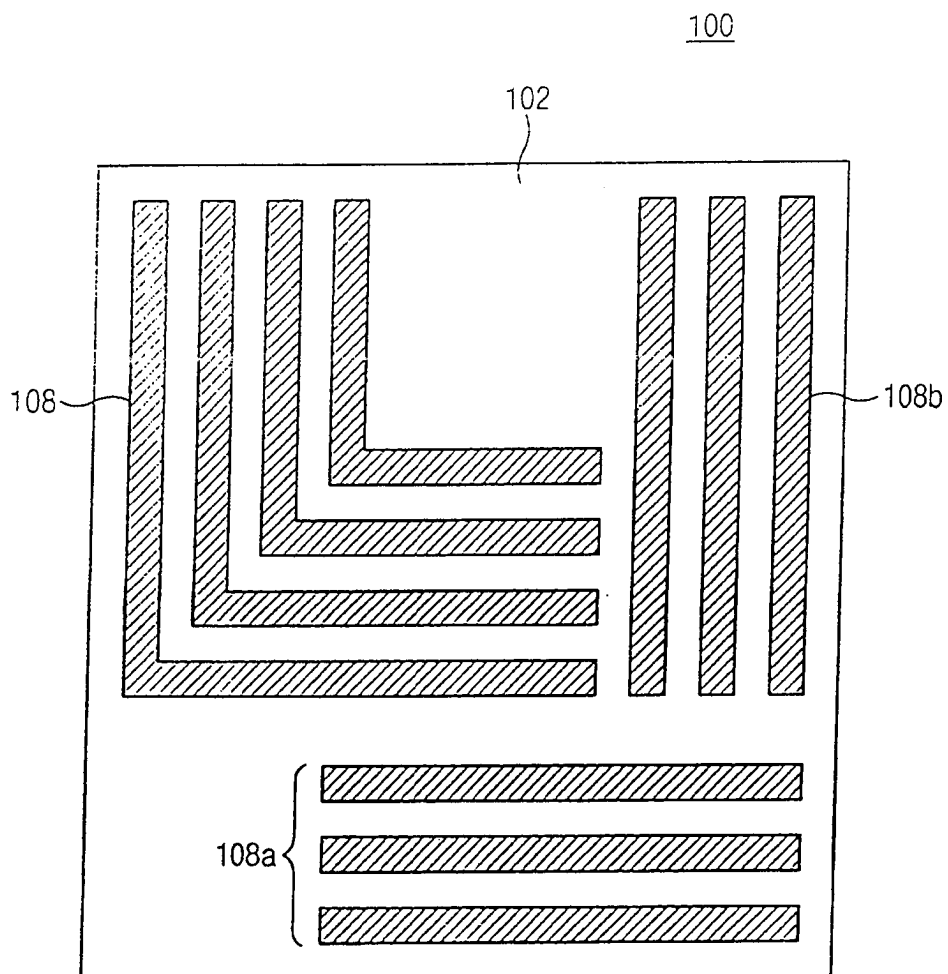


Fig. 11

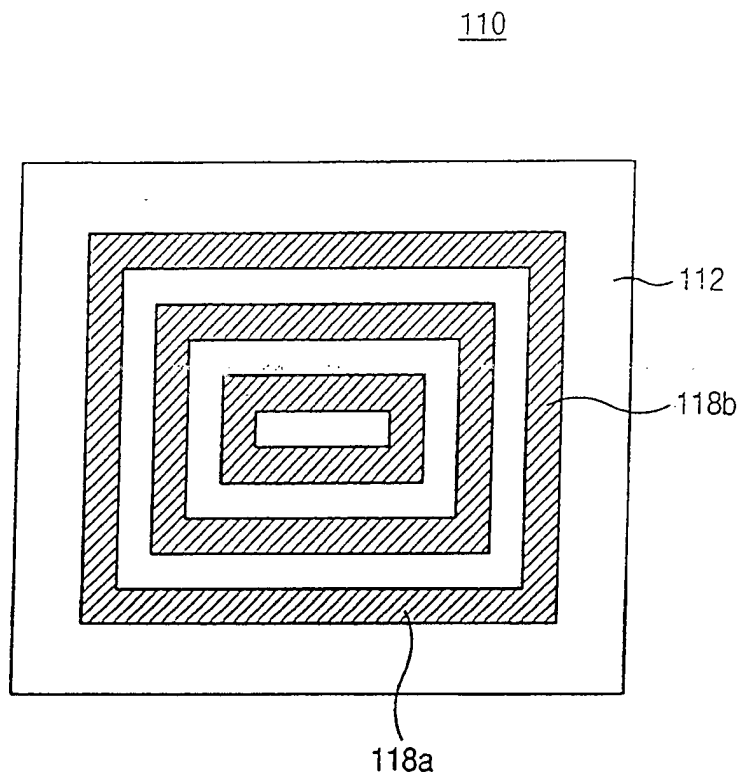


Fig. 12

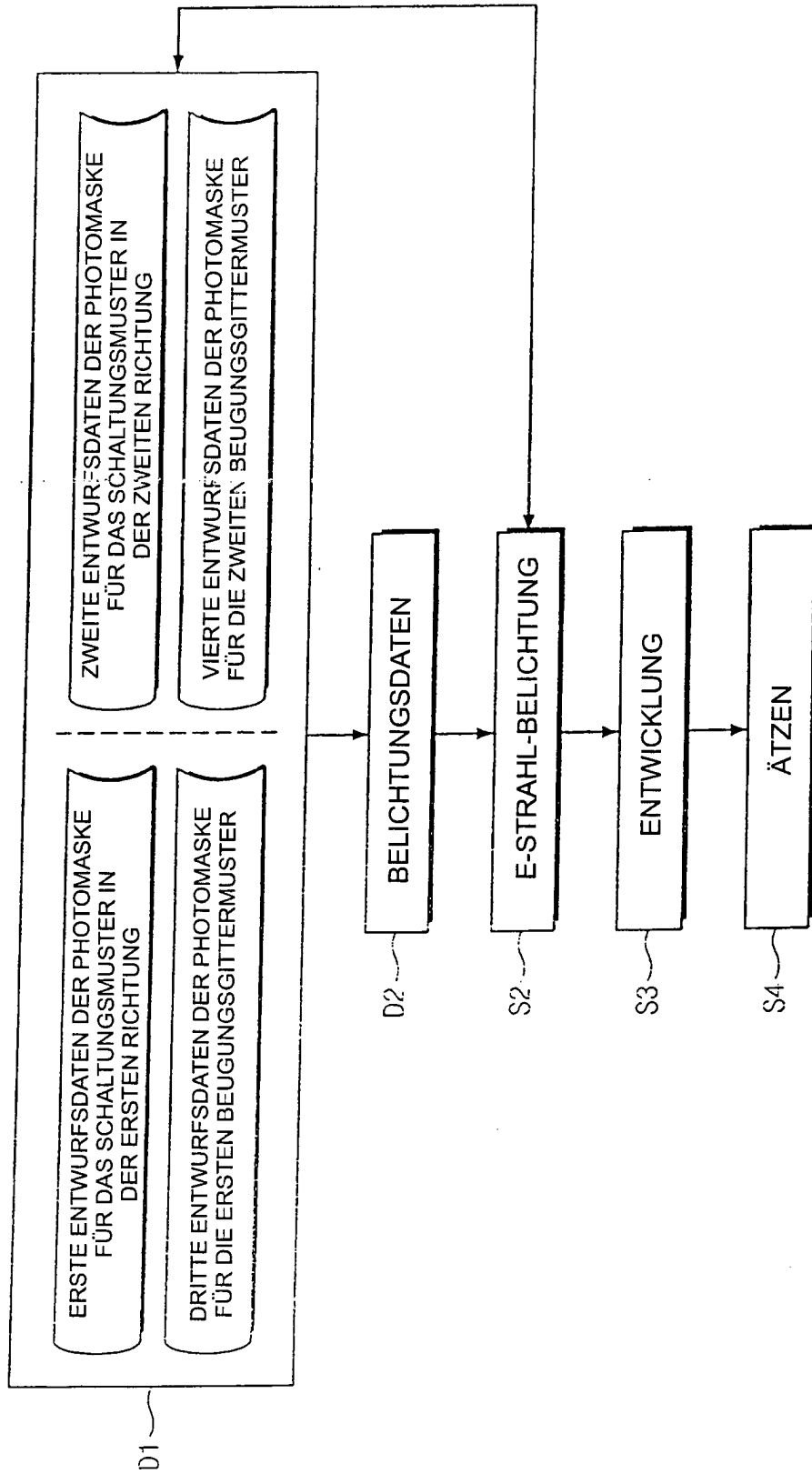


Fig. 13

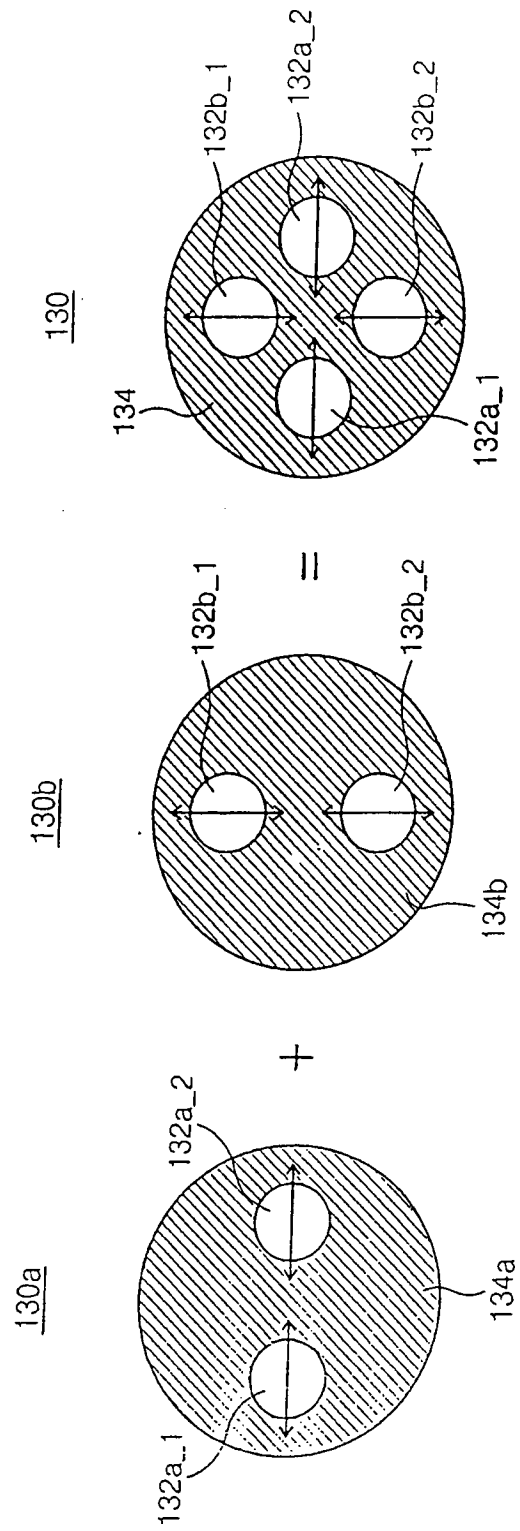


Fig. 14

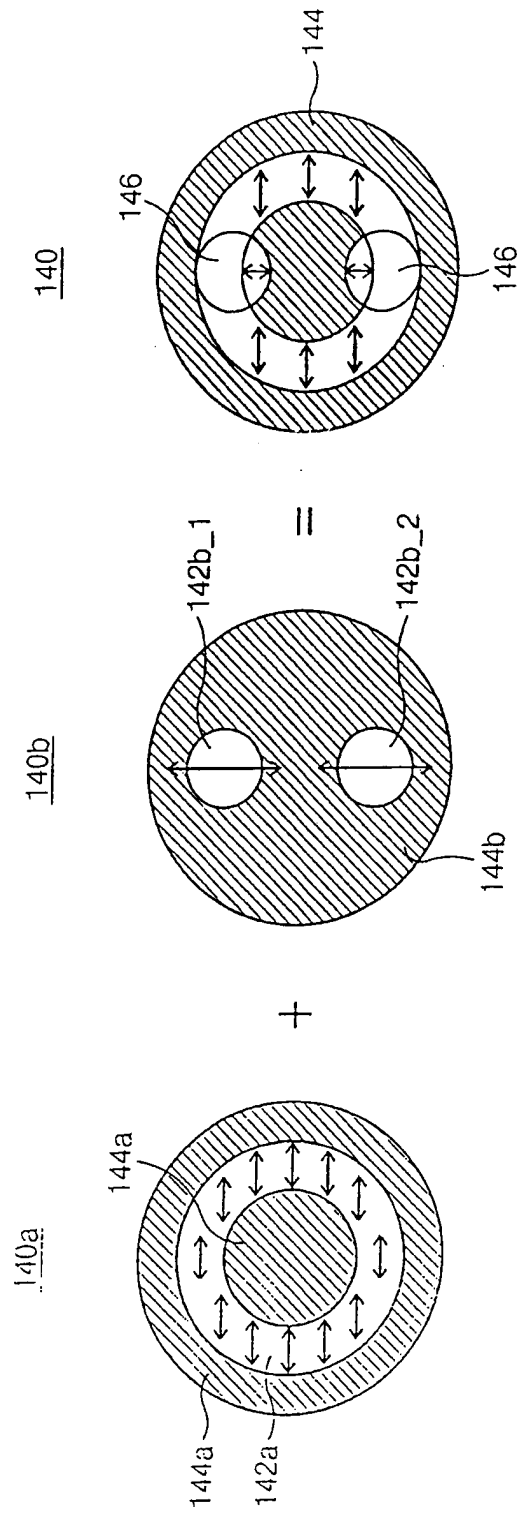


Fig. 15

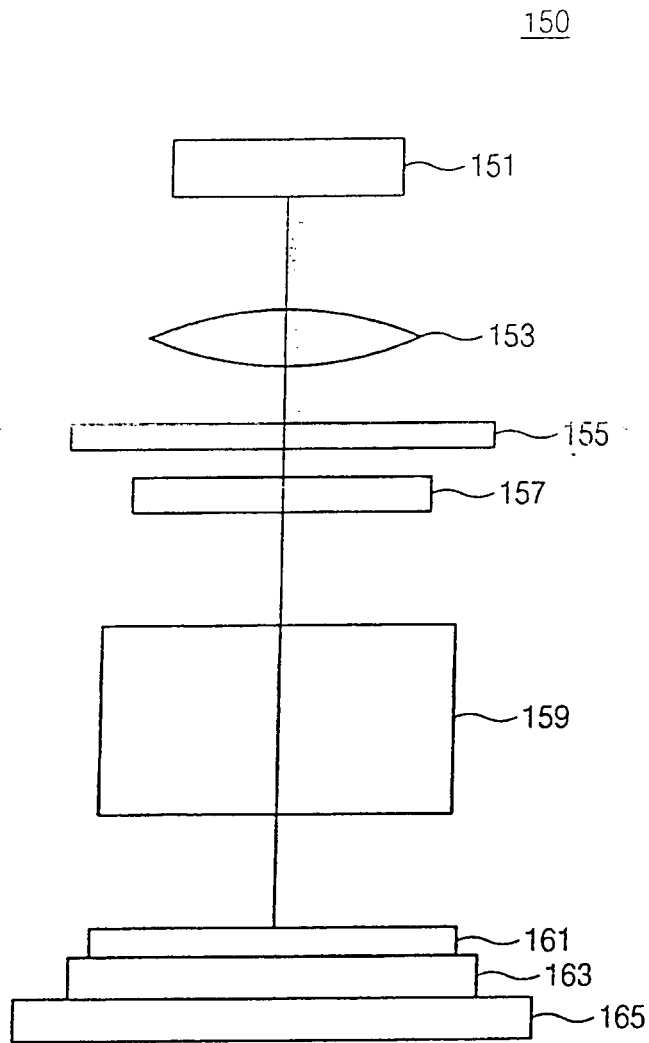


Fig. 16A

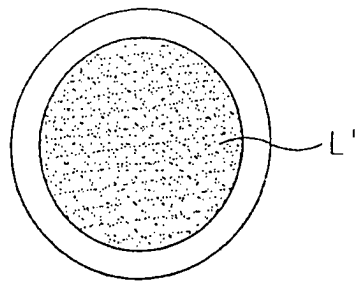


Fig. 16B

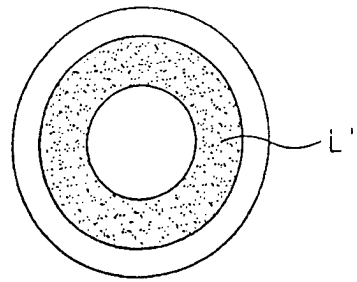


Fig. 16C

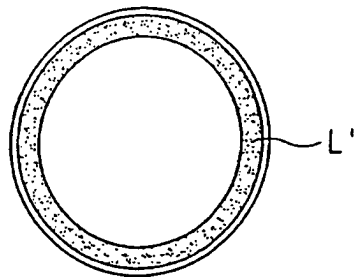


Fig. 16D

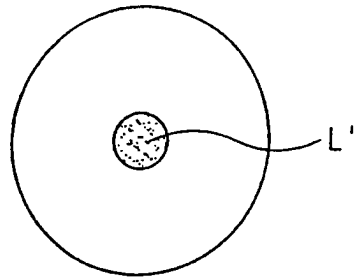


Fig. 16E

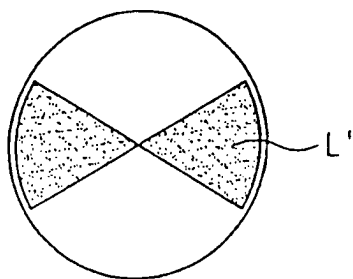


Fig. 16F

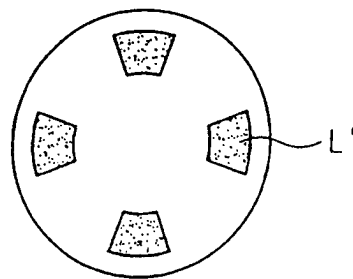


Fig. 16G

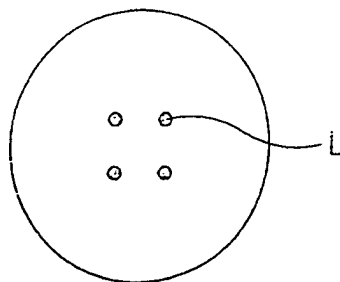


Fig. 17A

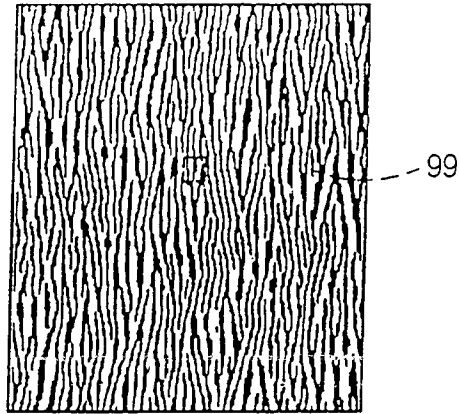


Fig. 17B

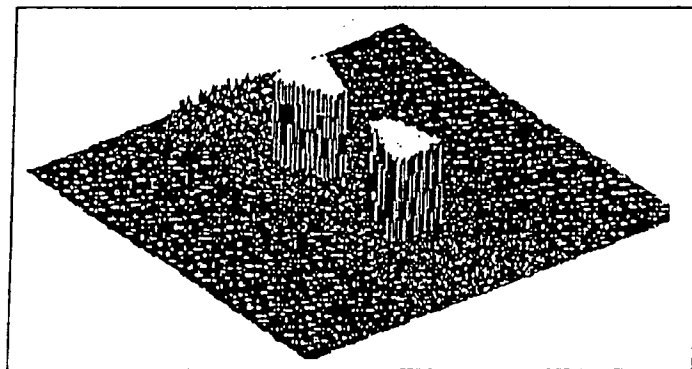


Fig. 18A

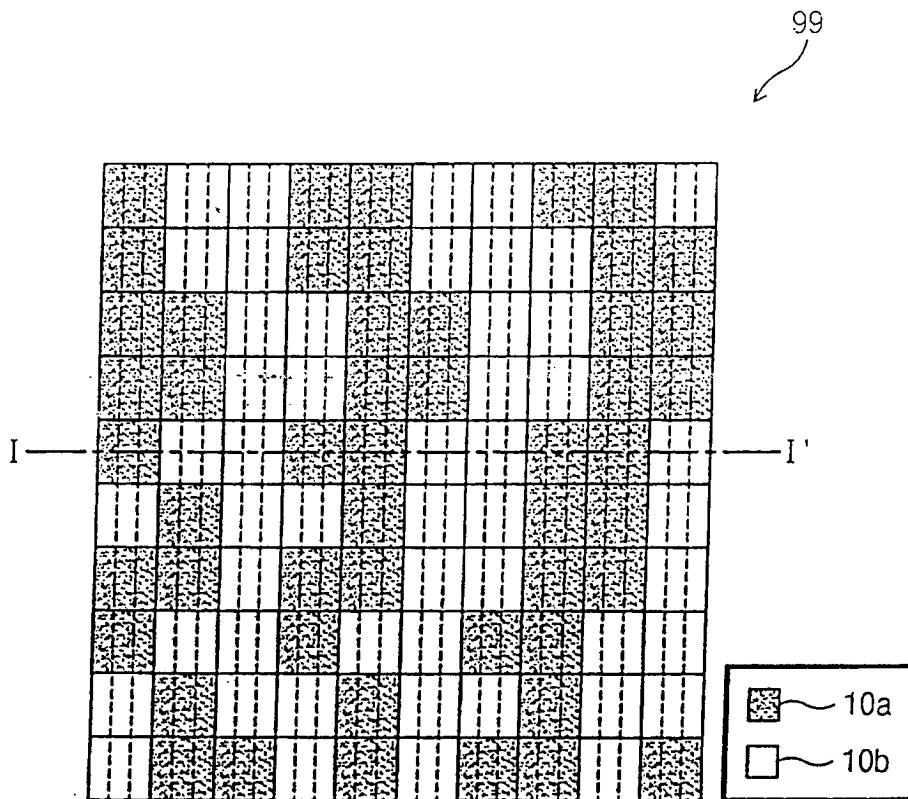


Fig. 18B

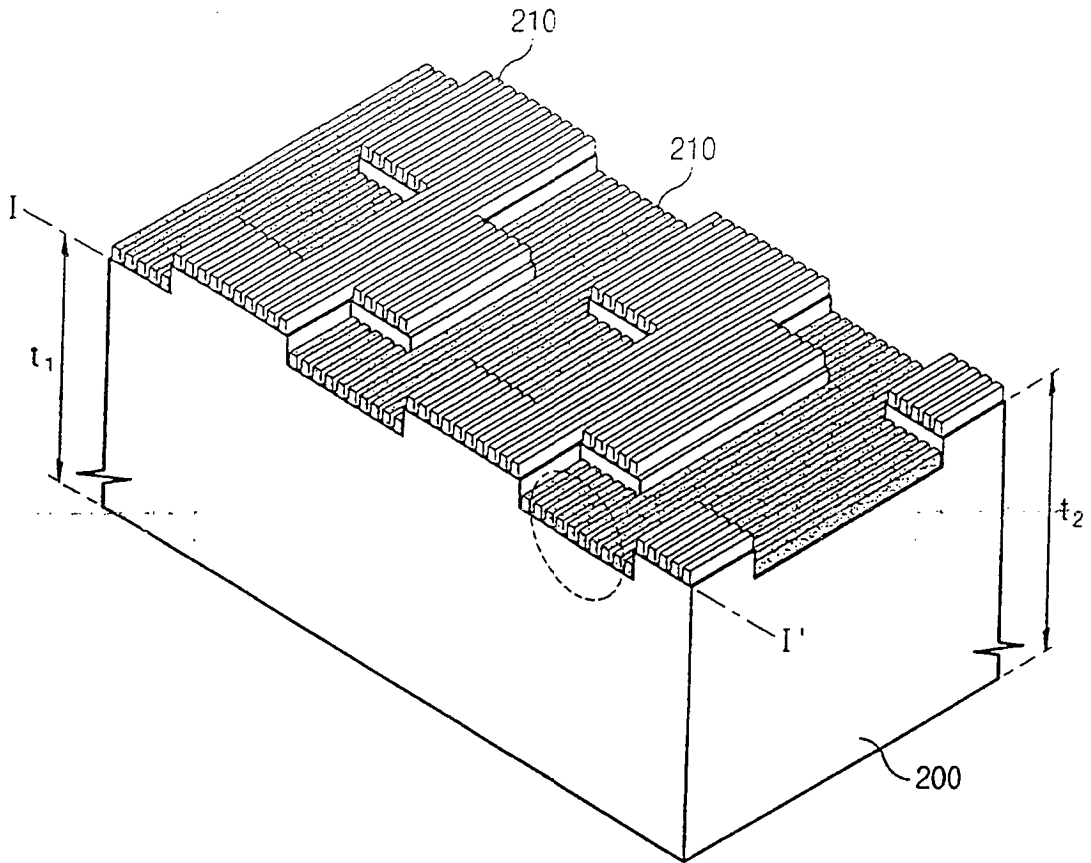


Fig. 18C

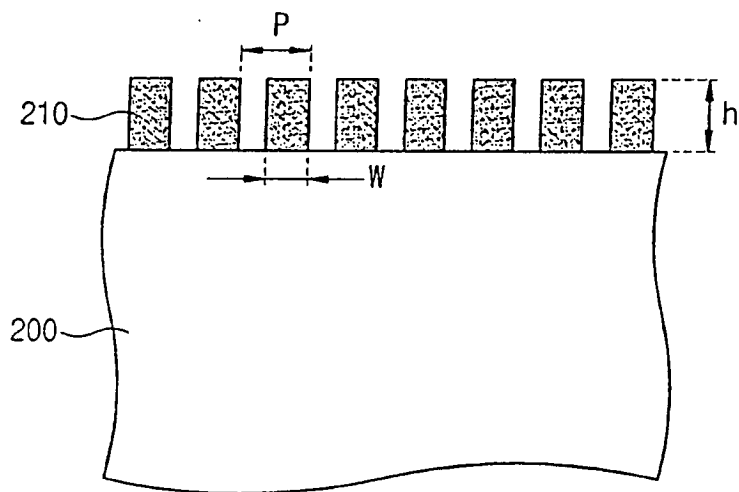


Fig. 19A

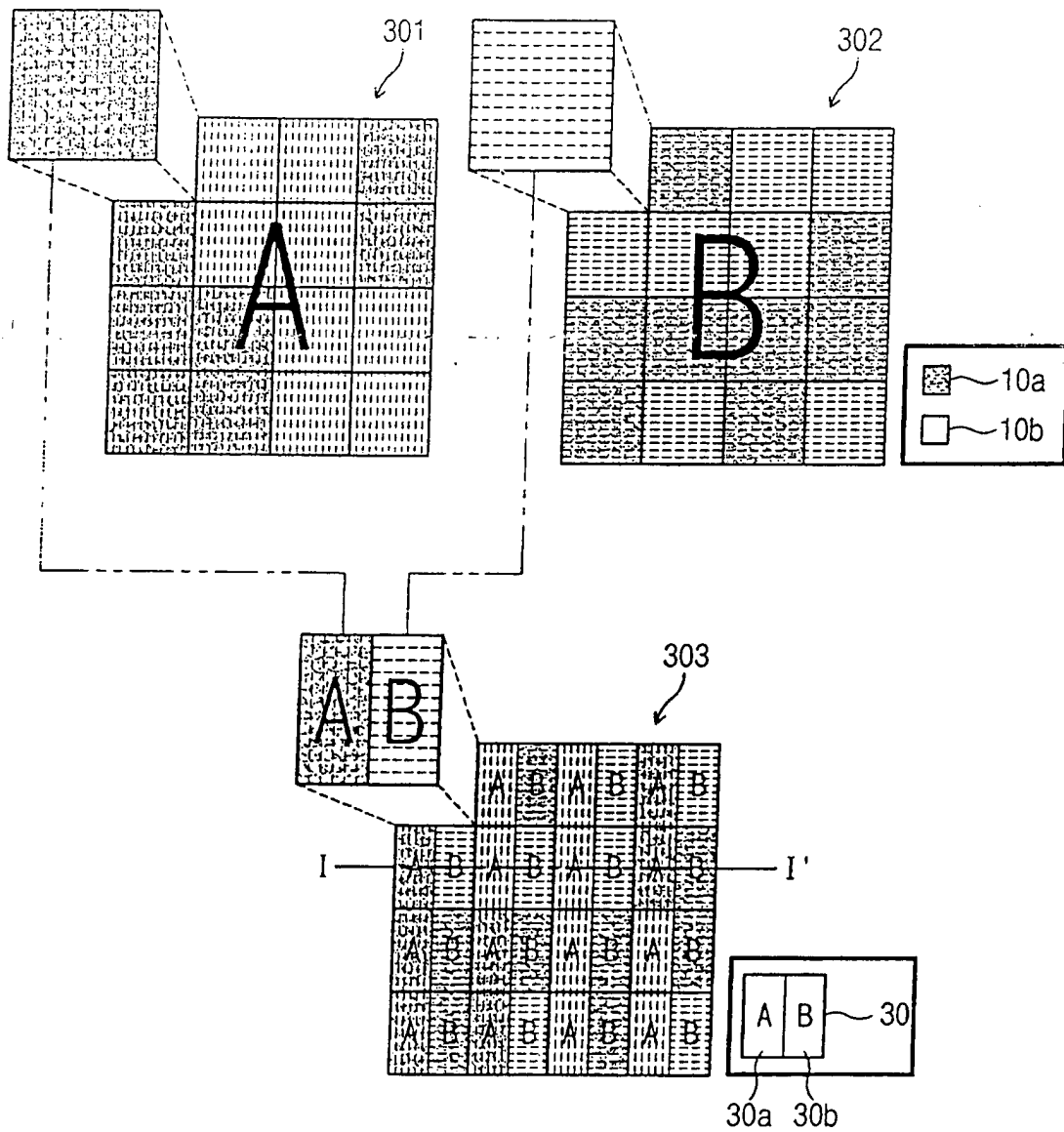


Fig. 19B

