



Ausschlusspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

210 771

Int.Cl.³

3(51) G 03 F 7/20

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP G 03 F/ 2553 057
(31) 171377/82

(22) 30.09.83
(32) 30.09.82

(44) 20.06.84
(33) JP

(71) siehe (73)

(72) WADA, HIROTSUGU; SANO, SHUNICHI; NAKASUJI, MAMORU; YOSHIKAWA, RYOICHI; JP

(73) TOKYO SHIBAURA DENKI KABUSHIKI KAISHA; HORIKAWA-CHO, SAIWAI-KU, KAWASAKI-SHI, JP

(54) BELICHTUNGSVORRICHTUNG MITTELS EINES STRAHLS GELADENER TEILCHEN

(57) Die Querschnittsabmessungen eines Elektronenstrahls (12) der von einer Strahlquelle (11) emittiert wird, werden durch Ablenkplatten (15 a, 15 b), die zwischen einem Lochmaschenpaar (14, 17) angeordnet sind, verändert und durch Ablenkplatten (21 a 21 b) zur Korrektur der Strahlage korrigiert. Der Elektronenstrahl (12) bestrahlt dann ein Plättchen (13). Gemäß den Signalen (x0', y0') der Strahlabmessung aus einer CPU (26) liefert eine Schaltung (30) zur Erzeugung eines Korrektursignals diese Signale an eine Schaltung (31) zur Korrektur der Strahlage. Die Schaltung (31) liefert Signale zur Strahlagekorrektur an die Ablenkplatten (21 a, 21 b). Fig. 1

Belichtungsvorrichtung mittels eines Strahls geladener Teilchen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Belichtungsvorrichtung mittels eines Strahls geladener Teilchen, die es ermöglicht, eine Belichtung durchzuführen, während sich die Querschnittsgrößen eines Strahls geladener Teilchen gemäß eines Belichtungsmusters verändern.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Verschiedene Arten von Elektronenstrahlbelichtungsvorrichtungen werden zur Bildung feiner Belichtungsmuster auf einem Halbleiterplättchen oder einer Maske benutzt. Die Querschnittsfläche eines Elektronenstrahls, der in einer solchen Vorrichtung angewendet wird, ist sehr klein, und zur Bildung eines feinen Belichtungsmusters geeignet. Das bedeutet jedoch gleichzeitig, daß der Belichtungsbereich pro Zeiteinheit klein ist, und daraus ergibt sich ein geringer Nutzeffekt bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen.

In Anbetracht dieses Problems ist eine Belichtungsvorrichtung vorgeschlagen worden, in der sich zwei Lochmasken befinden, die eine rechteckförmige Öffnung aufweisen und im wesentlichen in der Bahn des Elektronenstrahls angeordnet sind. Der Elektronenstrahl wird nach dem Passieren der ersten Lochmaske in den x- und y-Richtungen durch eine Strahlableitvorrichtung, die sich zwischen den beiden Lochmasken befindet, abgelenkt. Daher werden Anteile des Elektronenstrahls durch die Ränder der zweiten Lochmaske, die ihre Öffnung kennzeichnen, geschnitten. Auf diese Weise ermöglicht diese Vorrichtung ein Verändern der Querschnittsfläche oder der Strahlpunktgrößen des Elektronenstrahls, der auf ein Objekt auftrifft, um es zu belichten. In diesem Fall ist

- 2 -

won den vier Seiten eines rechteckförmigen Strahlenmusters, das auf ein Halbleiterplättchen ausgestrahlt wird, ein Paar der angrenzenden Seiten durch die Ränder der zweiten Öffnung gekennzeichnet und verändert daher nach der Strahlablenkung die Lage nicht. Andererseits verändern sich die verbleibenden beiden angrenzenden Seiten nach der Strahlablenkung in der Länge, und daher verändern sich die Querschnittsgrößen des Strahls in den x- und y-Richtungen. Folglich ist es, falls eine Strahlungs-bündelgröße verändert werden soll, günstig, einen Schnittpunkt der beiden Seiten einzustellen, die sich nach der Strahlablenkung als Bezugskordinatenpunkt nicht bewegen, und die Strahlungs-bündelgrößen in den x- und y-Richtungen mit Bezug auf diesen Bezugskordinatenpunkt einzustellen. Dann kann ein Muster mit ausgedehnter Fläche bei hoher Geschwindigkeit mit einem Strahl von zunehmender Größe belichtet werden. Eine Vorrichtung dieser Art hat einen großen Anwendungsbereich, da sie auf einfache Weise eine Reduzierung der Strahlungs-bündelgrößen in notwendigem Umfang erlaubt.

Eine Vorrichtung des oben beschriebenen Typs, die eine Veränderung der Strahlungs-bündelgrößen ermöglicht, ist jedoch nach den durchgeführten Experimenten mit folgenden Problemen behaftet.

Problem (1)

Wenn die Größen eines Elektronenstrahlquerschnittes in den x- und y-Richtungen verändert werden, verändert sich die Lage des Elektronenstrahls, das ist der Bezugskordinatenpunkt, der ein Schnittpunkt der beiden benachbarten Seiten des Belichtungsmusters entsprechend der Öffnung der zweiten Lochmaske ist.

Problem (2)

Ferner hängt die Geschwindigkeit des Lagenwechsels des Bezugskordinatenpunktes bezüglich des Größenwechsels des Elektronen-

strahlquerschnitts vom Wert der Veränderung ΔI des Strahlstroms als Reaktion auf einen Größenwechsel Δx ab. Wenn der Verschiebungswert des Bezugskordinatenpunktes in der x-Richtung Δx ist, und wenn sich die Strahlungsbündelgröße in der X-Richtung durch x verändert, wird die Geschwindigkeit beispielsweise $\Delta x / \Delta X$. Das wird in Fig. 4A dargestellt.

Problem (3)

Außerdem verändert sich die oben erwähnte Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom Wert der Verschiebung des Brennpunktes einer Elektronenlinse für die Fokussierung des Elektronenstrahls, der an der Oberfläche eines Objekts, das belichtet werden soll, in Vor- und Rückwärtsrichtung verschoben wird; die Strahlage wird also verändert. Dies wird später in Fig. 4C dargestellt. Solche Verschiebungen der Strahlage führen zu einer Verminderung der Größe und Lagegenauigkeit des Belichtungsmusters.

Derartige Verschiebungen der Strahlage werden in der Weise betrachtet, daß sie einer Kombination von Astigmatismus der Objektivlinse, Coulombscher Repulsion zwischen den Elektronen innerhalb eines Elektronenstrahls, der durch alle Linsen hindurch tritt, vorgegebener Brennpunktfehler sämtlicher Linsen usw. zuzuschreiben sind. Obwohl die Eliminierung dieser Faktoren theoretisch zur Eliminierung der Strahlageverschiebungen führt, können die den Astigmatismus bestimmenden Faktoren bei verschiedenen Positionen im Strahlengang infolge der komplexen Struktur der Elektronenstrahlbelichtungsvorrichtung, die den Wechsel von Strahlungsbündelgrößen ermöglicht, vorhanden sein. Eine Vorrichtung, die die den Astigmatismus verursachenden Faktoren nicht aufweist, ist sehr kostspielig.

Die Defokussierung, die durch Coulombsche Repulsion verursacht wird, kann durch eine Korrektur der Linse korrigiert werden. Die Linse muß jedoch gemäß den Größen des Strahlflecks auf eine hohe Geschwindigkeit gebracht werden. Dies führt auch zu einem komplexen Herstellungsverfahren und zu einer teuren Vorrichtung.

Ziel der Erfindung

Mit der Erfindung sollen die beschriebenen Mängel des Standes der Technik beseitigt werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Belichtungsvorrichtung mittels eines Strahls geladener Teilchen vorzustellen, welche ein automatisches Korrigieren einer Strahllageverschiebung ermöglicht, die üblicherweise durch eine Veränderung der Strahlungsbündelgröße verursacht wird, und die die Maßgenauigkeit eines Belichtungsmusters verbessert und geringe Herstellungskosten erfordert.

Bei der Lösung dieser Aufgabe wird von einer Belichtungsvorrichtung mittels eines Strahls geladener Teilchen ausgegangen, die eine Strahlungsquelle geladener Teilchen, erste und zweite Lochmasken, die eine rechteckförmige Öffnung haben und im wesentlichen am Strahlengang der geladenen Teilchen angeordnet sind, der sich von der Strahlungsquelle der geladenen Teilchen bis zu dem zu belichtenden Objekt erstreckt, Mittel zur Zuführung von dazu entsprechenden Zeichendaten-, Strahlungsbündelgröße- und Strahllagesignalen, Strahlablenkmittel, die zwischen den genannten ersten und zweiten Lochmasken zur Steuerung der Strahlungsbündelgrößen angeordnet sind, und Mittel zur Abtastung des Strahls geladener Teilchen, der gesteuerte Abmaße auf dem Objekt zu belichten hat, sowie Mittel zum Aufzeichnen eines vorbestimmten Musters enthält. Erfindungsgemäß enthält diese Vorrichtung des weiteren Mittel zum Erzeugen von Strahllagekorrektursignalen gemäß den Abmaßen des Strahls geladener Teilchen, der durch die Strahlablenkmittel eingestellt wird, und Mittel zum Korrigieren einer Strahllage auf dem zu belichtenden Objekt gemäß den Strahllagekorrektursignalen.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung können Verschiebungen

der Strahllage infolge von Veränderungen der Querschnittsgrößen des Strahls geladener Teilchen zuverlässig korrigiert werden, so daß eine sehr präzise Belichtung durchgeführt werden kann. Die Strahllagekorrekturmittel und die Mittel für die Bereitstellung eines Strahllagekorrektursignals entsprechend der Strahlungs Bündelgröße können von einfachem Aufbau sein. Die Herstellungskosten erhöhen sich daher nicht, und eine kostengünstige Belichtungs Vorrichtung mittels eines Strahls geladener Teilchen wird vorgestellt.

Ausführungsbeispiel

In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer Belichtungs Vorrichtung mittels eines Strahls geladener Teilchen gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2 eine Darstellung zur Erklärung eines Verfahrens zur Messung der Strahlungs Bündelgröße;
- Fig. 3 ein Blockschaltbild, das ein Beispiel einer Schaltung zur Erzeugung eines Korrektursignals darstellt;
- Fig. 4A, 4B und 4C grafische Darstellungen, die das Verhältnis zwischen dem Wert oder der Geschwindigkeit der Verschiebung der Strahllage und der Strahlungs Bündelgrößenveränderung, der Strahlstromveränderung und des Defokussierungswertes wiedergeben;
- Fig. 5 ein Blockschaltbild, das ein anderes Beispiel einer Schaltung zur Erzeugung eines Korrektursignals darstellt;
- Fig. 6 eine schematische perspektivische Ansicht, die eine Strahlform entlang des Strahlenweges in der Ausführungsform der Fig. 1 darstellt;

Fig. 7, 8A und 8B Darstellungen zur Erklärung der Funktionsweise der in Fig. 1 gezeigten Ausführung;

Fig. 9 eine grafische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Messung der Strahlungsbündelgröße; und

Fig. 10 und 11 Blockschaltbilder, die schematisch den Aufbau anderer Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wiedergeben.

Im Folgenden wird die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die beigelegten Zeichnungen beschrieben. In einer nun folgenden Beschreibung zeigt eine Elektronenstrahlröhre einen Koordinatenschnittpunkt (XR, YR) zweier benachbarter Seiten eines Elektronenstrahls 12 entsprechend den Rändern einer rechteckförmigen Öffnung 17a einer zweiten Lochmaske 17 an, und eine Elektronenstrahlgröße schließt Längs- und Querabmessungen des Strahls in den x- und y-Richtungen mit Bezug auf den Koordinatenpunkt (XR, YR) ein.

In der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform belichtet der Elektronenstrahl 12 einer Elektronenstrahlquelle 11 ein Halbleiterplättchen 13 als zu belichtendes Objekt durch seinen Strahlengang. Ein Mechanismus 18 zur Änderung der Strahlungsbündelgröße befindet sich an diesem Strahlengang. Dieser Mechanismus 18 zur Änderung der Strahlungsbündelgröße weist folgende Teile auf, die, angeordnet von der Strahlungsquelle 11 bis zu dem Halbleiterplättchen 13, in der Reihenfolge genannt werden: Austastplatten 10, eine erste Lochmaske 14 mit einer rechteckförmigen Öffnung 14a, ein x-Ablenkplattenpaar 15a zur Steuerung ^{der} Strahlungsbündelgrößen, ein y-Ablenkplattenpaar 15b, eine erste Elektronenlinse 16 und die zweite Lochmaske 17 mit der rechteckförmigen Öffnung 17a.

Eine zweite Elektronenlinse 19, zwei Paar x-Abtastplatten 20a, 20a', zwei Paar y-Abtastplatten 20b, 20b', ein Paar x-Korrektur-

ablenkplatten 21a, ein Paar y-Korrekturplatten 21b, eine Elektronenobjektivlinse 22 und einen Reflexions-Elektronensensor 23 sind in der Nähe des Mechanismus 18 zur Änderung der Strahlungsbündelgröße am Strahlengang des Elektronenstrahls 12 angeordnet.

Das Halbleiterplättchen 13 als zu belichtendes Objekt befindet sich auf einer flachen Oberfläche eines Gestells 24. Das Gestell 24 wird in den x- und y-Richtungen bewegt und die Richtposition wird durch eine Schaltung 25 zur Gestellsteuerung ermittelt. Ein Lagenachweissignal der Steuerschaltung 25 des Gestells wird an eine CPU 26 geführt. Als Erwiderung auf das Lagenachweissignal leitet die CPU 26 ein Gestellantriebssignal zur Schaltung 25 der Gestellsteuerung und ein Steuersignal zu einer Strahlagesteuerschaltung 29.

Ein auf das Halbleiterplättchen 13 zu zeichnendes Belichtungsmuster durch den Elektronenstrahl 12 wird durch Zeichendaten bestimmt, die in einem Zeichendatenspeicher 27 gespeichert sind, der mit der CPU 26 verbunden ist. Die Zeichendaten in dem Zeichendatenspeicher 27 sind der CPU 26 zugänglich und gelesene Zeichendaten werden aufgenommen. Die CPU 26 liefert die Daten (x_0, y_0) der Strahlungsbündelgröße, die in den gelesenen Zeichendaten enthalten sind, an eine Strahlmeßsteuerschaltung 28. Die Strahlmeßsteuerschaltung 28 dekodiert die eingegangenen Daten (x_0, y_0) der Strahlungsbündelgröße und erzeugt besondere Spannungssignale (x_0', y_0') als Signale der Strahlungsbündelgröße zur Bildung vorbestimmter Strahlungsbündelgrößen. Die Spannungssignale werden an die x- und y-Ablenkplatten 15a und 15b geführt, so daß der Elektronenstrahl 12 folglich in den x- und y-Richtungen abgelenkt wird. Die Zeichendaten (X_0, Y_0) zum Belichten des Halbleiterplättchens 13 in einem vorbestimmten Muster werden durch die Strahlagesteuerschaltung 29 dekodiert, die zwei Spannungssignale für die Kennzeichnung der x- und y-Strahlagen entsprechend den Eingangsmustern erzeugt. Das x-Spannungssignal der Schaltung 29

wird an die beiden x-Abtastplattenpaare 20a, 20b geführt, und das y-Spannungssignal wird an die beiden y-Abtastplattenpaare 20b, 20b' geleitet.

Die Spannungssignale (x_0' , y_0') zur Bildung der vorbestimmten Strahlungsbandelgrößen aus der Strahlmeßsteuerschaltung 28 werden an eine ein Korrektursignal erzeugende Schaltung 30 zur Erzeugung von Signalen zur Strahlagekorrektur geführt. Die ein Korrektursignal erzeugende Schaltung 30 bildet Korrektursignale (X, Y) zur Strahlagekorrektur in den x- und y-Richtungen und leitet diese zu einer Strahlagekorrekturschaltung 31. Die das Korrektursignal erzeugende Schaltung 30 wird später im Detail beschrieben. Die Schaltung 31 zur Strahlagekorrektur erzeugt Spannungssignale zur Korrektur der Strahlage in den x- und y-Richtungen und führt diese an die Ablenkplatten 21a bzw. 21b zur x- und y-Korrektur.

Die Lage und die Abmaße des Elektronenstrahls 12 auf dem Halbleiterplättchen 13 können durch ein bekanntes Verfahren wie folgt ermittelt werden. Ein Faradayscher Käfig 32 und ein Strahlenformsensor 33 werden in der Nähe des Halbleiterplättchens 13 auf der Oberfläche des Gestells 24 angeordnet, wie in Fig. 1 dargestellt. Ein Ausgangssignal des Faradayschen Käfigs 32 wird durch einen Verstärker 34 zur CPU 26 geführt. Der Strahlenformsensor 33 enthält, wie in Fig. 2 zu sehen, eine Grundfläche 33a, die aus einem Material mit einem kleinen Elektronenreflexionskoeffizienten, beispielsweise Beryllium, besteht, und ein feines Teilchen 33b, das aus einem Material mit einem hohen Elektronenreflexionskoeffizienten, beispielsweise Gold, besteht, das auf der ebenen Oberfläche 33a befestigt ist. Der Reflexions-Elektronensensor 23 ist über dem feinen Teilchen 33b mit seiner Sensoroberfläche, die dem Teilchen 33b gegenübersteht, angeordnet. Die Oberfläche des Strahlenformsensors 33 ist mit der des Halbleiterplättchens 13 nivelliert. Das feine Teilchen 33b weist einen geringen Durchmesser von $0,1 \mu\text{m}$ bis $0,3 \mu\text{m}$ auf.

Ein Ausgangssignal des Reflexions-Elektronensensors 23 wird durch einen Verstärker 35 verstärkt und einer Wellenformspeicher-Berechnungsschaltung 36 zugeführt. Diese Wellenformspeicher-Berechnungsschaltung 36 enthält ein RAM, beispielsweise, zur Speicherung einer reflektierten Elektronenintensitäts-Verteilung, welche der Lage und den Abmaßen des Elektronenstrahls 12 entspricht, und welche am Ausgang des Verstärkers 35 zur Verfügung steht. Die in der Wellenformspeicher-Berechnungsschaltung 36 gebildeten Daten werden gelesen und stehen zur Übernahme durch die CPU 26 bereit und werden schließlich der CPU 26 zugeleitet.

Wie in Fig. 3 gezeigt, enthält die Schaltung 30 zur Bildung des Korrektursignals beispielsweise einfache Potentiometer (Spannungsteiler) 30-1 und 30-2. Die Ausgangssignale (x_0' , y_0') der Strahlmeßsteuerschaltung 28 werden an ein festes Ende der Potentiometer 30-1 und 30-2 geführt, welche Teilspannungen als Korrektursignale (X, Y) an die Schaltung 31 zur Strahl-lagekorrektur liefern. Die Spannungsteilverhältnisse der Potentiometer 30-1 und 30-2 werden so eingestellt, daß sie den Verhältnissen der Strahlungs-bündelgrößen zu den Verschiebungswerten der Strahl-lage in den entsprechenden Richtungen gleich sind. Ein voreingestelltes Spannungsteilverhältnis entsprechend dem Verhältnis K der Strahlungs-bündelgröße zu dem Verschiebungswert der Strahl-lage (oder Proportionalitätskonstante K) kann experimentell durch Messen des Verschiebungswertes für verschiedene Werte jeder Strahlungs-bündelgröße bestimmt werden. Fig. 4A zeigt ein Beispiel aus Versuchsergebnissen. In diesem Beispiel verändert sich der Wert der Strahlgrößenvariation in der x-Richtung linear in Bezug auf den Verschiebungswert der Strahl-lage in dieser Richtung. So ist das Verhältnis des Wertes der Strahlgrößenvariation zum Verschiebungswert der Strahl-lage konstant, und zwar unabhängig von den Veränderungen der Strahlungs-bündelgröße.

Wenn sich das Verhältnis des Wertes der Strahlgrößenvariation in einer Richtung zum Verschiebungswert der Strahllage in dieser Richtung exponentiell ändert, läßt sich ein entsprechendes Verhältnis K einstellen.

Die das Korrektursignal erzeugende Schaltung 30 kann, wie in Fig. 5 dargestellt, Vervielfacher 30A-1 und 30A-2 enthalten. In diesem Fall werden die Proportionalitätskonstanten K_1 und K_2 , die für die Signale (x_0', y_0') der Strahlungsbündelgröße experimentell ermittelt werden, von der CPU 26 erzeugt. Die Multiplikation der Konstanten K_1, K_2 durch die Signale (x_0', y_0') ergibt die Korrektursignale X und Y .

Die Funktionsweise der in den Fig. 1 bis 5 dargestellten Ausführungsform wird im Folgenden beschrieben, auch mit Bezug auf die Fig. 6 bis 8. Fig. 6 zeigt schematisch die Veränderungen der Querschnittsform des Elektronenstrahls 12, der sich von der Quelle 11 der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform zu dem Plättchen 13 fortbewegt. Erwähnt sei, daß nur die Hauptkomponenten in der Figur dargestellt sind. Wie aus Fig. 6 hervorgeht, weist der Elektronenstrahl 12, der von der Elektronenkanone (Strahlungsquelle) 11 als der Elektronenstrahlquelle ausgestrahlt wird, einen Durchmesser auf, der zumindest wesentlich größer ist als die maximale Größe der rechteckförmigen Öffnung 14a der ersten Lochmaske 14. Daher weist der aus der Öffnung 14a hervortretende Elektronenstrahl 12 die gleiche Form auf wie die der Öffnung 14a, und die Dichte des Strahlstromes in der Öffnung 14a ist konstant. Der Elektronenstrahl 12 wird dann durch die erste Elektronenlinse 16 (Fig. 1) fokussiert und durch die vorbestimmten Winkel in den x - und y -Richtungen durch die Ablenkplatten 15a und 15b (hier ist nur die Ablenkplatte 15a zu sehen) abgelenkt. Schließlich wird der Elektronenstrahl 12 in eine Lage abgelenkt, die durch die unterbrochene Linie auf der zweiten Lochmaske 17 angedeutet wird. Der Elektronenstrahl 12, der aus der Öffnung 17a

der zweiten Lochmaske 17 austritt, weist eine Querschnittsfläche P auf (schraffierter Teil), die einem überlappenden Teil der Abbildung der Öffnung 14a entspricht, die durch die unterbrochene Linie und die Öffnung 17a angedeutet ist. Der Elektronenstrahl 12 mit den veränderten Größen wird wieder in den x- und y-Richtungen durch die x- und y-Abtastplatten 20a, 20a', 20b, 20b' abgelenkt, durch die Ablenkplatten 21a und 21b lagekorrigiert und durch die zweite Objektivenelektronenlinse 22 auf das Halbleiterplättchen 13 gerichtet.

Wenn die Strahlungs Bündelgröße in der x-Richtung auf $5 \mu\text{m}$ eingestellt wird, wie in Fig. 4A gezeigt, verschiebt sich der Bezugskoordinatenpunkt (XR, YR) in der x-Richtung ungefähr $0,4 \mu\text{m}$ von einer Stelle, bei der die Strahlungs Bündelgröße auf $0 \mu\text{m}$ eingestellt ist; es ergibt sich schließlich eine Strahlverschiebung von ungefähr $0,4 \mu\text{m}$. Angenommen, die Abmaße eines Elektronenstrahls mit einer Fläche P1 ($x_1 \times y_1$), wie in Fig. 7 dargestellt, verändern sich zu einer Fläche ($x_2 \times y_1$). In diesem Fall sollte der Bezugskoordinatenpunkt (XR', YR') theoretisch einen Wert (XR, YR) haben. Da sich jedoch in der Praxis der Strahl gemäß dem Wechsel der Strahlungs Bündelgrößen verschiebt, bewegt sich die Lage (XR', YR') des Elektronenstrahls 12 in eine Lage (XR + Δx , YR), wie in Fig. 8B dargestellt, wobei XR' größer als XR ist. Wenn die x-Koordinate X2 $5 \mu\text{m}$ beträgt, dann beträgt der entsprechende Wert der Strahlungsverschiebung Δx $0,4 \mu\text{m}$, wie dies in den Fig. 4A und 8B zu sehen ist. Daher muß die Strahlage in der x-Achsenrichtung korrigiert werden, so daß der Wert der Strahlungsverschiebung Δx Null bleibt, unabhängig von den Veränderungen der Strahlungs Bündelgröße. Dies ist auch auf einen Fall anwendbar, bei dem sich der Bezugspunkt in der y-Richtung verschiebt. Insbesondere, wenn die Strahlungs Bündelgröße und der Wert der Verschiebung der Strahlage in dieser Richtung im voraus gemessen werden, können die Korrektursignale zur Bildung eines Nullwertes der Strahlungsverschiebung gemäß den unterschiedlichen Werten

der Strahlungsbündelgröße unter Verwendung der in den Fig. 3 oder 5 dargestellten Schaltung leicht erzeugt werden. In dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel werden die Schleifkontakte der Potentiometer 30-1 und 30-2 gemäß der Neigung der Linie in Fig. 4A eingestellt. Die Korrektursignale X und Y können entsprechend den Signalen x_0' und y_0' der Strahlungsbündelgröße erzeugt werden.

In dem in Fig. 5 gezeigten Beispiel werden die Proportionalitätskonstanten K1 und K2 entsprechend den in Fig. 4A dargestellten Strahlungsbündelgrößen im voraus in das ROM (nicht gezeigt) in der CPU 26 gespeichert. Die Multiplikation der Signale x_0' und y_0' mit den Proportionalitätskonstanten K1 und K2 ergibt auf einfache Weise die Korrektursignale X und Y.

Wenn die Musterbelichtung von dem Elektronenstrahl 12 ausgeführt wird, werden die Daten, die die Lage und die Abmaße des Elektronenstrahls 12 auf dem Halbleiterplättchen 13 darstellen, der CPU 26 zugeführt, um das Verhältnis zwischen den Strahlungsbündelgrößen und den Werten der Verschiebung der Strahl Lage zu bestimmen. Zu diesem Zweck wird der Strahlformsensor 33, der in Fig. 2 gezeigt ist, mit dem Elektronenstrahl 12 abgetastet. Wenn das feine Goldteilchen 33b mit dem Elektronenstrahl 12 abgetastet wird, wird eine große Anzahl von Elektronen von dem Teilchen 33b reflektiert. Dann nimmt der Ausgang J des Sensors 33 der reflektierten Elektronenstärke zwischen den Positionen x_A und x_B entlang der x-Achse gemäß einer Strahlungsbündelgröße \overline{AB} längs der x-Richtung den Zustand "hoch" ein. Folglich kann die Größe des Querschnitts des Elektronenstrahls 12 entlang der x-Richtung durch die Detektion des Ausgangs J bei einem Schwellwert "50" beispielsweise ermittelt werden, indem der Ausgang des Sensors 23 benutzt wird, dieser Ausgangswert in die Wellenformspeicher-Berechnungsschaltung 36 eingespeichert und mittels Adressensteuerung der CPU 26 ausgelesen wird und eine Berechnung

($x_B - x_A$) in Verbindung mit der Abtastgeschwindigkeit des Elektronenstrahls 12 erfolgt. Die Querschnittsgröße des Elektronenstrahls 12 längs der y -Richtung kann durch longitudinale Abtastung des feinen Teilchens 33b in ähnlicher Weise gemessen werden.

Die Lage des Elektronenstrahls 12 kann durch Ermittlung des Koordinatenpunktes (X_R , Y_R), wie in Fig. 2 dargestellt, ermittelt werden. Der Koordinatenpunkt (X_R , Y_R) befindet sich auf einer Linie, die den Punkt B enthält. Das bedeutet, die Koordinate X_R ist die Position einer reflektierten Elektronendichteverteilung x_B , wie in Fig. 9 dargestellt, und wird in der Wellenformspeicher-Berechnungsschaltung 36 gespeichert. Es ist bekannt, daß die Position des Gestells 24 durch ein bekanntes Entfernungsmesssystem genau gemessen werden kann, das einen Laserstrahl verwendet, der von der Gestellsteuerschaltung 25 auf dem Gestell 24 ausgestrahlt und zur Schaltung 25 zurückreflektiert wird.

Mit dem oben beschriebenen Aufbau der Vorrichtung kann die Strahllage, welche sich gemäß den Strahlungs Bündelgrößen verändert, korrigiert werden. Eine solche Korrektur kann durch Hinzufügung der Ablenkungsplatten 21a und 21b, der Schaltung 30 zur Erzeugung des Korrektursignals und der Schaltung 31 zur Strahllagekorrektur zu einer allgemeinen Elektronenstrahlbelichtungsvorrichtung realisiert werden. Aus diesem Grund ist eine Belichtungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung einfach im Aufbau und billig herzustellen. Bei der oben beschriebenen Ausführungsform wird die Verschiebung der Strahllage nur entsprechend den Veränderungen der Strahlungs Bündelgrößen korrigiert. Eine solche Verschiebung der Strahllage ist dafür bekannt, daß sie in großem Maße von den Veränderungen der Strahlbündelgrößen abhängig ist. Das bedeutet, daß die Verschiebung der Strahllage wesentlich von einer Vorrichtung der oben beschriebenen Ausführung korrigiert werden kann und eine sehr hohe Zeichengenauigkeit aufweist.

Fig. 10 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die gleichen Bezugszeichen, die in Fig. 1 benutzt werden, bezeichnen die gleichen Teile in Fig. 10. Die in Fig. 10 dargestellte Ausführungsform unterscheidet sich von der in Fig. 1 gezeigten dadurch, daß die das Korrektursignal erzeugende Schaltung 30 in Fig. 1 eliminiert wird, und stattdessen hat die CPU 26 die Aufgabe, die Korrektursignale X und Y zu erzeugen. Die CPU 26 weist hierbei ein RAM auf, das das Verhältnis der Verschiebung der Strahlage zu den Strahlungs Bündelgrößen speichert; ein solches Verhältnis für die in Fig. 1 gezeigte Ausführungsform ist in Fig. 4A dargestellt. Die Zeichendaten, die aus dem Zeichendatenspeicher 27 in die CPU 26 geholt werden, enthalten Daten (x_0, y_0) , die die Strahlungs Bündelgrößen darstellen. Die CPU 26 multipliziert die Daten (x_0, y_0) mit dem Ausleseverhältnis aus dem RAM, um damit die Korrektursignale X und Y zu bilden. Die Korrektursignale X und Y, die so gebildet werden, werden zur Strahlagekorrekturschaltung 31 geleitet.

Wie in den Fig. 4B und 4C dargestellt, ändert sich auch die Geschwindigkeit der Strahlageverschiebung, wenn sich die Strahlstromänderungsgeschwindigkeit oder der Defokussierungswert der Elektronenlinse verändert. Um diesen Tatbestand zu kompensieren, werden das Verhältnis der Strahlstromänderungsgeschwindigkeit zur Geschwindigkeit der Strahlverschiebung in der Strahlage, und das Verhältnis des Defokussierungswertes zum Verhältnis der Verschiebung in der Strahlage im voraus gemessen. Die Meßdaten werden im RAM der CPU 26 gespeichert. Bei einer Veränderung des Strahlstromes oder des Defokussierungswertes der Elektronenlinse werden die Korrektursignale zur Korrektur nach einer Änderung der Strahlungs Bündelgrößen weiter korrigiert, auf diese Weise wird die Zeichenbelichtung mit höherer Genauigkeit ausgeführt.

In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel wird das Verhältnis der Strahlungs Bündelgrößen zum Wert der Verschiebung der Strahlage in dem RAM der CPU 26 gespeichert. Die Daten,

die den Wert der Verschiebung in der Strahllage entsprechend jeder Strahlungs­bündelgröße darstellen, können jedoch in dem RAM in Form einer Speichertabelle eingespeichert sein. Dann besteht eine Zugriffsmöglichkeit zu dem RAM, sofern das Signal der Strahlungs­bündelgröße als ein Adressensignal von der CPU 26 verwendet wird. Die gelesenen Daten, die den entsprechenden Verschiebungswert darstellen, werden in der Strahllage zur Bildung der Korrektursignale benutzt. Um den Fehler in den Korrektursignalen zu minimieren, kann eine Optimierung der Korrektursignale durchgeführt werden.

Die oben erwähnten Korrekturverfahren werden in einem Fall angewendet, in dem die Verschiebung der Bezugsposition bezüglich der Veränderung der Strahlungs­bündelgröße als lineare Veränderung vorausgesetzt werden kann. In dem Fall einer Strahlbelichtungsvorrichtung zur Belichtung eines VLSI-Musters, das Musterabmessungen von weniger als $1\text{ }\mu\text{m}$ aufweist, kann die oben erwähnte lineare Approximation nicht angewendet werden, weil die Mustergenauigkeit nicht aufrechterhalten werden kann. Die Genauigkeit des Musters hängt vom Vorrichtungsaufbau, dem Grad der Steuergenauigkeit eines elektronenoptischen Systems, der Art der Materialumformung des Belichtungssystems und der mechanischen Genauigkeit ab. Das folgende dritte Ausführungsbeispiel wird für den oben erwähnten Fall geeignet sein.

Die dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform ähnlich. Folglich wird eine detaillierte Beschreibung davon weggelassen, und für die Beschreibungszwecke wird auf Fig. 1 Bezug genommen. Bei der dritten Ausführungsform werden die Strahllagekorrektursignale X und Y als Funktionen n-ter Ordnung der Daten (x_0, y_0) der Strahlungs­bündelgröße dargestellt. Beispielsweise enthalten X und Y die Terme bis zur zweiten Ordnung ($n=2$) der Daten (x_0, y_0) der Strahlungs­bündelgröße, die gege-

- 16 -

ben sind durch:

$$\begin{aligned} X &= k_1x_0 + k_2y_0 + k_3x_0y_0 + k_4x_0^2 + k_5y_0^2 \\ Y &= k_6x_0 + k_7y_0 + k_8x_0y_0 + k_9x_0^2 + k_{10}y_0^2 \dots (1) \end{aligned}$$

wobei X der Wert der Verschiebung der Strahllage in der x-Richtung, Y der Wert der Verschiebung der Strahllage in der y-Richtung, x_0 die Strahlungs­bündelgröße in der x-Richtung, y_0 die Strahlungs­bündelgröße in der y-Richtung und k_1 bis k_{10} Konstanten sind, die experimentell bestimmt werden und die von der Strahlstromdichte, den maximalen Strahlungs­bündelgrößen, dem Brennpunkt der Elektronenlinse usw. abhängig sind. Die Konstanten k_1 bis k_{10} werden in der CPU 26 gespeichert. Die das Korrektursignal erzeugende Schaltung 30 schließt in sich eine Berechnungsschaltung ein. Die Berechnungsschaltung empfängt die Daten (x_0 , y_0) der Strahlungs­bündelgröße von der CPU 26 oder die Signale (x_0' , y_0') der Strahlungs­bündelgröße von der Schaltung 28 zur Steuerung der Strahlungs­bündelgröße, wie dies durch die unterbrochene Linie in Fig. 1 angedeutet ist. Die Berechnungsschaltung empfängt in ähnlicher Weise die Konstanten k_1 bis k_{10} von der CPU 26, um damit die Gleichung (1) der Berechnungen auszuführen. Bei der dritten Ausführungsform kann, wie oben beschrieben, die Strahllagekorrektur mit höherer Genauigkeit ausgeführt werden als in den Ausführungsformen, die in den Fig. 1 und 10 dargestellt sind.

Fig. 11 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die vierte Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform in Fig. 1 darin, daß die Korrekturablenkplatten 21a und 21b und die Schaltung 31 zur Strahllagekorrektur eliminiert sind und eine Datenverarbeitungsschaltung 40 mit einem Speicher 40a an Stelle der Schaltung 30 zur Erzeugung des Korrektursignals verwendet wird. Die Datenverarbeitungsschaltung 40 enthält eine CPU, welche die Daten (x_0 , y_0) der Strahlungs­bündelgröße von der CPU 26 empfängt und die Korrektursignale

X und Y gemäß Gleichung (1) gewinnt. Die Datenverarbeitungsschaltung 40 erzeugt die Korrektursignale X, Y, und erzeugt die korrigierten Strahllagesignale X' und Y' gemäß den Korrektursignalen X und Y, die auf diese Weise erhalten werden, und verarbeitet die Strahllagesignale X₀ und Y₀ von der CPU 26.

Die Schaltung 29 zur Steuerung der Strahllage empfängt die korrigierten Strahllagesignale X' und Y' und erzeugt die Spannungen zur Einstellung der Strahllage sowohl in der x- als auch in der y-Richtung, die zur Verschiebung der Strahllage entsprechend der Änderung der Strahlungsbündelgrößen korrigiert worden sind. Die Spannungen von der Schaltung 29 zur Steuerung der Strahllage werden bei den Ablenk- oder Abtastplatten 20a und 20b angewendet. Die Elektronenstrahlbahn des Elektronenstrahls 12 in der Vorrichtung ist bei dem Aufbau der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung derjenigen einer herkömmlichen Elektronenstrahl-Belichtungsvorrichtung ähnlich. Folglich kann die vorliegende Erfindung bei einer Belichtungseinrichtung mit herkömmlichem Aufbau bequem angewendet werden.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf einzelne der oben beschriebenen Ausführungsformen begrenzt. Verschiedene Veränderungen und Modifikationen können im Sinn und Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden. Beispielsweise sind die Gestaltungen der Schaltung 30 zur Erzeugung des Korrektursignals, der Schaltung 31 zur Strahllagekorrektur, der Korrekturablenkplatten 21a und 21b usw. nicht auf diejenigen in den oben beschriebenen Ausführungsformen begrenzt.

Die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung muß im wesentlichen ein Mittel zur Gewinnung des Verschiebungswertes der Strahllage entsprechend einer Veränderung der Größe des Elektronenstrahls und ein Mittel zur Korrektur der Strahllage gemäß des gewonnenen Wertes der Verschiebung der Strahllage aufweisen. Anstelle eines Elektronenstrahls, der in der Erfindung verwendet wird, kann ein anderer Strahl geladener Teilchen, wie z. B. ein Ionenstrahl, verwendet werden.

Erfindungsanspruch

1. Belichtungsvorrichtung mittels eines Strahls geladener Teilchen, bestehend aus einer Strahlungsquelle geladener Teilchen zur Erzeugung eines Strahls geladener Teilchen; ersten bzw. zweiten Lochmasken, welche eine rechteckförmige Öffnung haben und in einem Strahlengang geladener Teilchen, der sich von der Strahlungsquelle der geladenen Teilchen bis zu einem zu belichtenden Objekt erstreckt, regelmäßig angeordnet sind;
Mittel zur dazu entsprechenden Zuführung von Datenmuster-, Strahlenbündelgröße- und Strahllagesignalen;
Strahlablenkungsmittel, die zwischen den ersten und zweiten Lochmasken zur Steuerung einer Strahlenbündelgröße gemäß den Signalen der Strahlenbündelgröße angeordnet sind; und
Mittel zur Abtastung des Strahls geladener Teilchen, das die Strahlenbündelgrößen auf dem Objekt zur Belichtung und zur Zeichnung eines vorbestimmten Musters steuert, gekennzeichnet dadurch, daß die Vorrichtung weiterhin enthält
Mittel (26, 30) zur Erzeugung von Strahllage-Korrektursignalen gemäß den Strahlenbündelgrößen des durch die Strahlablenkmittel eingestellten Strahles geladener Teilchen; und
Mittel (21a, 21b, 31) zur Korrektur einer Strahllage auf dem Objekt, das gemäß der Strahllagekorrektursignale belichtet wird.
2. Vorrichtung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Mittel (26, 30) zur Erzeugung des Strahllagekorrektursignals eine Schaltung (30) zur Bildung eines Korrektursignals enthält, welche die Signale der Strahlenbündelgröße empfängt und die Strahllagekorrektursignale erzeugt, und daß das Mittel (21a, 21b, 31) zur Strahllagekorrektur eine Strahllagekorrekturschaltung (31) enthält, um ein

Spannungssignal gemäß den Korrektursignalen zu erzeugen, und Ablenkplatten (21a, 21b) zur Ablenkung des Strahls geladener Teilchen gemäß den Spannungssignalen enthält.

3. Vorrichtung nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Schaltung (30), die das Korrektursignal erzeugt, Potentiometer (30-1, 30-2) enthält, welche Teilausgangsspannungen entsprechend den Signalen der Strahlenbündelgröße als Strahllagekorrektursignale erzeugt.
4. Vorrichtung nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß ein Spannungsteilerverhältnis der jeweiligen Potentiometer eingestellt wird, das gleich ist einem Verhältnis der Strahlenbündelgröße entsprechend einem Verschiebungswert in der Strahllage.
5. Vorrichtung nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß das Mittel (26, 30), welches das Strahllagekorrektursignal erzeugt, Vervielfacher (30A-1, 30A-2) aufweist, wobei jeder die Signale der Strahlenbündelgröße an einer jeweiligen Eingangsklemme empfängt, und daß Mittel für die Zuführung konstanter Daten mit vorbestimmter Proportionalität an die jeweils anderen Eingangsklemmen der Vervielfacher vorhanden sind, und daß die Strahllagekorrektursignale von den Vervielfachern (30A-1, 30A-2) gebildet werden.
6. Vorrichtung nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Schaltung (30), welche das Strahllagekorrektursignal erzeugt, eine Datenverarbeitungsschaltung (40) aufweist, welche die Strahllagekorrektursignale X und Y gemäß der folgenden Gleichungen bildet:

$$X = k_1x_0 + k_2y_0 + k_3x_0y_0 + k_4x_0^2 + k_5y_0^2$$

$$Y = k_6x_0 + k_7y_0 + k_8x_0y_0 + k_9x_0^2 + k_{10}y_0^2$$

wobei X der Verschiebungswert in einer Strahllage in einer X-Richtung ist, Y ist der Verschiebungswert in der

Strahllage in einer y -Richtung, und k_1 bis k_{10} sind Konstanten, die eine Strahlstromdichte, maximale Strahlenbündelgrößen und einen Linsenbrennpunkt betreffen.

7. Vorrichtung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Mittel (26, 30), welches das Strahllagekorrektursignal erzeugt, eine zentrale Verarbeitungseinheit (26) enthält, genannt CPU (26), in der sich ein Speicher befindet, der Daten speichert, die ein Verhältnis des Verschiebungswertes in der Strahllage zu den Strahlenbündelgrößen darstellen, und hat eine Aufgabe, die Signale der Strahlenbündelgröße mit den das Verhältnis darstellenden Daten zu vervielfachen, um die Strahllage-Korrektursignale zu erhalten.
8. Vorrichtung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Mittel, welches das Strahllagekorrektursignal erzeugt, Mittel (23, 33) zum Messen der Strahlenbündelgrößen und der Strahllagen der Strahlung geladener Teilchen enthält, und daß Datenverarbeitungsmittel (26, 35, 36) zur Bildung eines Verhältnisses der gemessenen Strahlenbündelgrößen und Strahllagen vorhanden sind.

Hierzu ⁷ Blatt Zeichnungen

FIG. 2

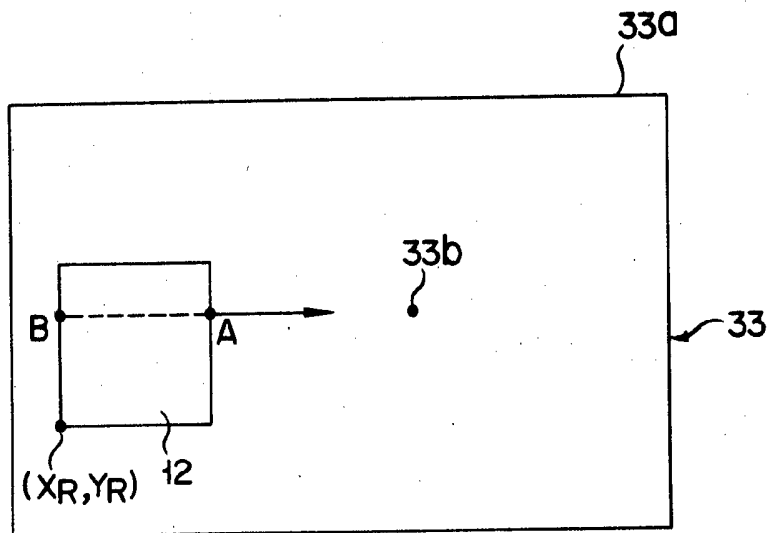


FIG. 3

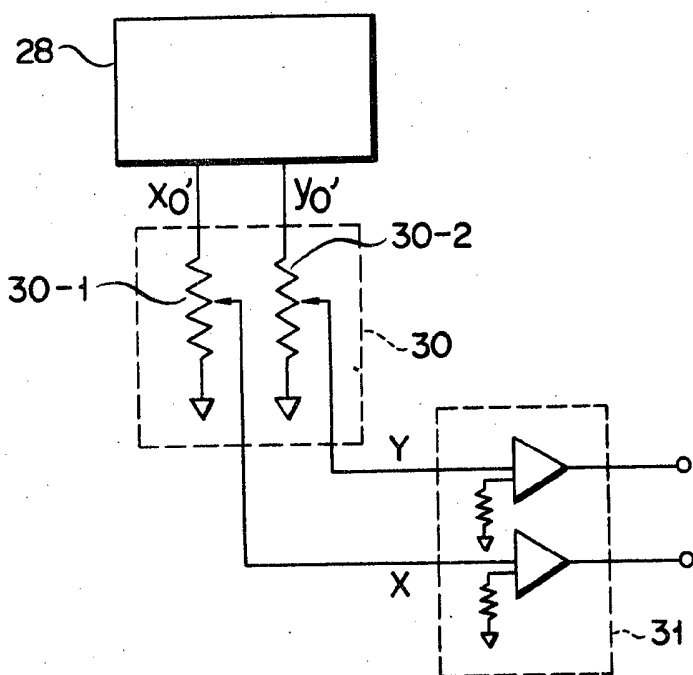


FIG. 4A

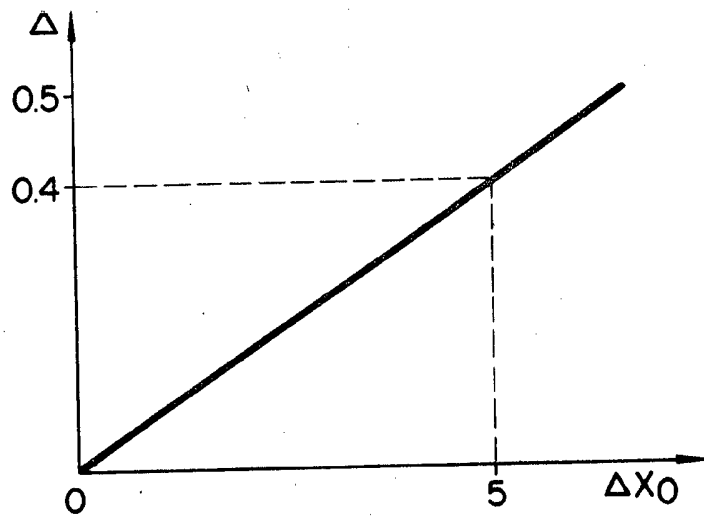


FIG. 4B

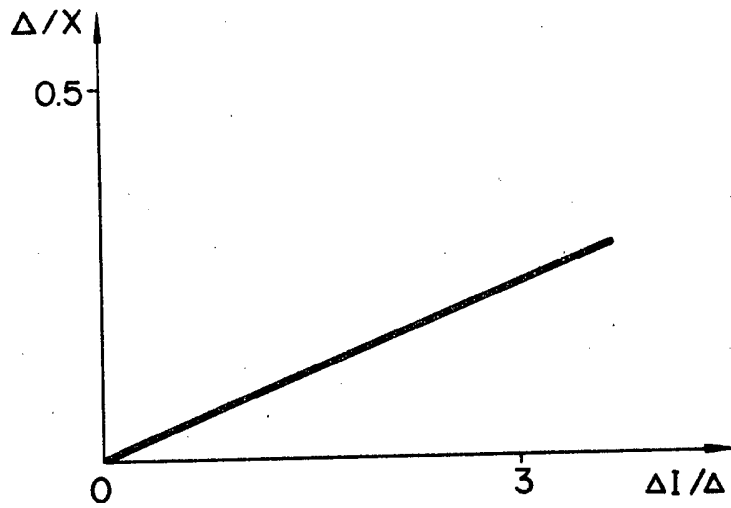


FIG. 4C

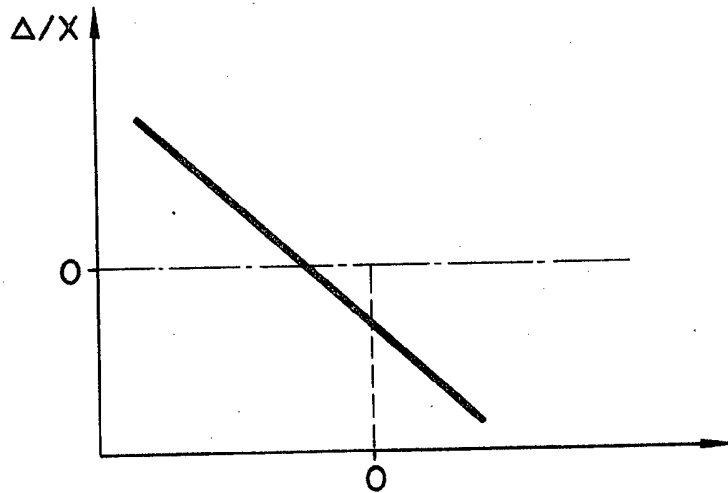


FIG. 5

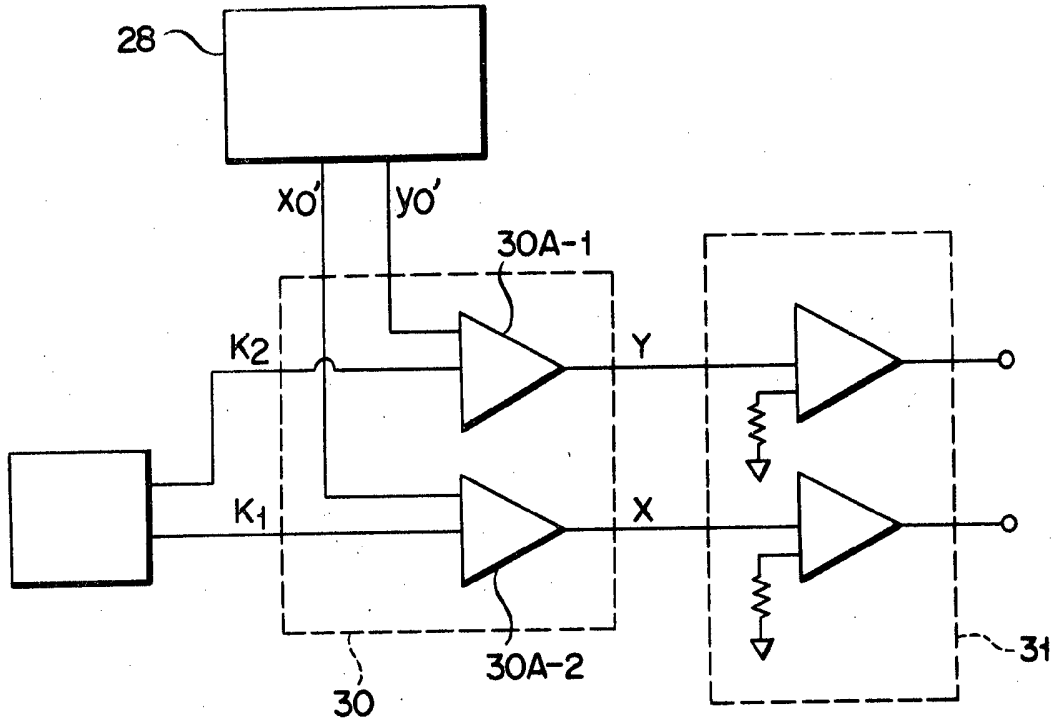


FIG. 9

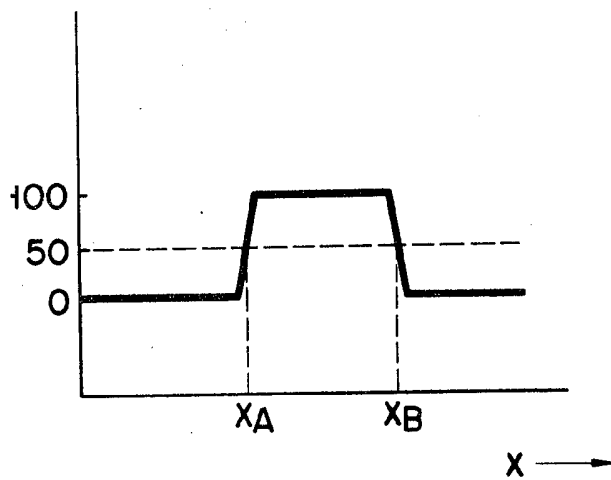


FIG. 6

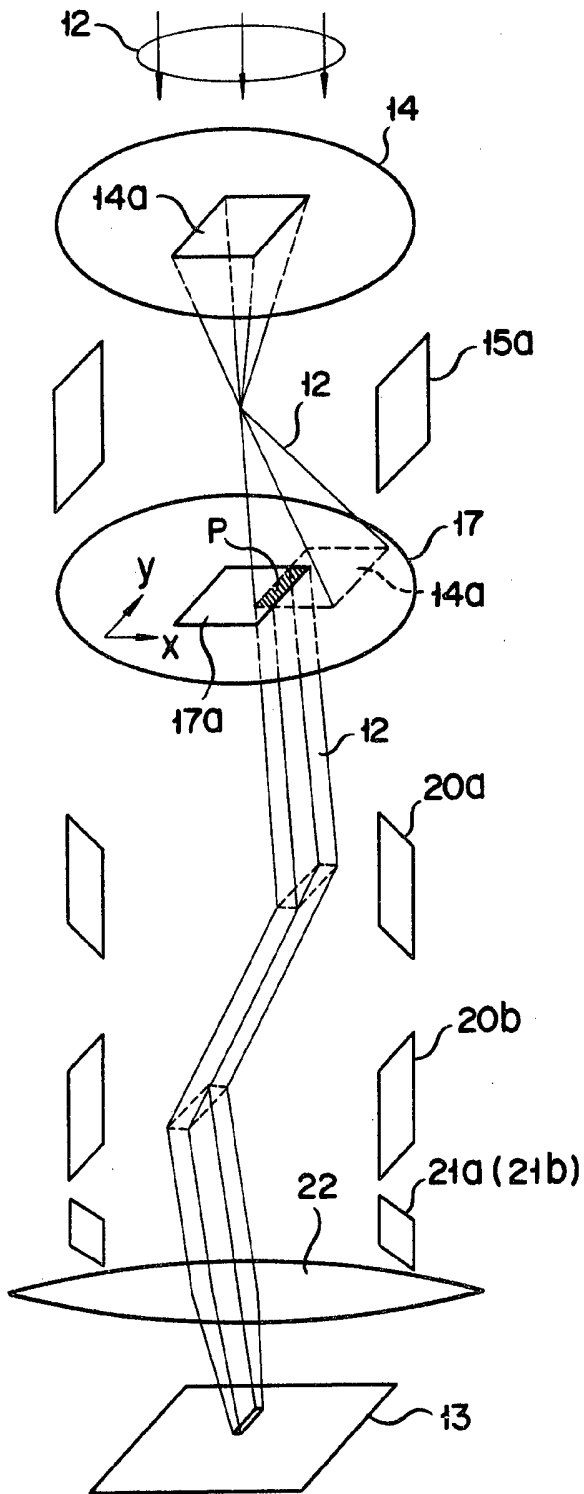


FIG. 7

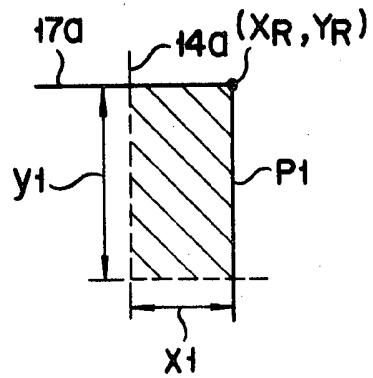


FIG. 8A

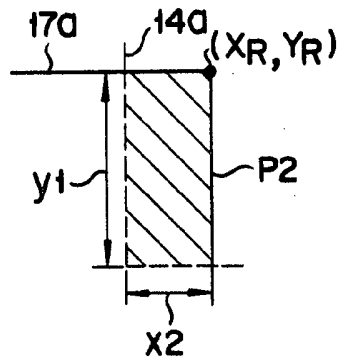


FIG. 8B

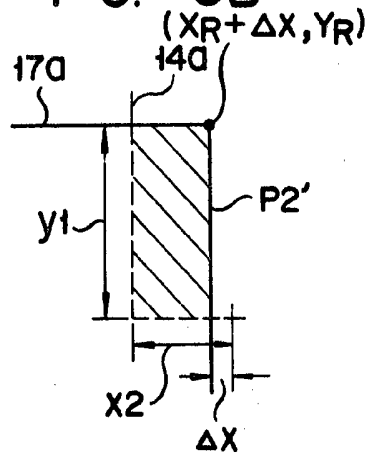


FIG. 10

