



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: H 01 J 37/147
H 01 J 37/30
H 01 L 21/70

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

631 574

⑳ Gesuchsnummer: 7408/78

㉔ Anmeldungsdatum: 07.07.1978

㉓ Priorität(en): 10.08.1977 US 823352

㉔ Patent erteilt: 13.08.1982

㉔ Patentschrift
veröffentlicht: 13.08.1982

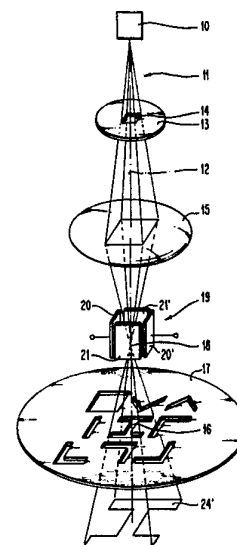
㉓ Inhaber:
International Business Machines Corporation,
Armonk/NY (US)

㉔ Erfinder:
Hans Christian Pfeiffer, Ridgefield/CT (US)

㉔ Vertreter:
Dipl.-Ing. Günter O. Rudack, c/o IBM Corp.,
Rüschlikon

㉔ Elektronenstrahl-Einrichtung zur Musterprojektion.

㉔ Die Elektronenstrahl-Einrichtung zur Musterprojektion ist insbesondere geeignet zur Herstellung integrierter Halbleitervorrichtungen. Die Einrichtung umfasst im Strahlengang nach der Strahlquelle (10) Strahlformungsblenden (13, 17) zur Projektion von Zeichen oder Teilen eines Musters auf ein Target. Die Vorrichtung gestattet es, bis zu etwa 1600 Bildpunkte gleichzeitig zu adressieren und Muster, insbesondere sehr häufig wiederholte Muster, mit grosser Geschwindigkeit abzubilden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Elektronenstrahl-Einrichtung zur Musterprojektion, mit einer Strahlquelle (10, 50), die einen Strahl entlang einer Achse (12, 71) in Richtung auf ein Target (69) erzeugt, mit einer ersten den Strahl formenden Blende (14, 72) in der Strahlachse, gekennzeichnet durch eine zweite in der Strahlachse angeordnete Blende (17, 76), die mehrere Blendenöffnungen (16, 75) aufweist, durch Mittel (15, 74) zur Abbildung der ersten Blende in der Ebene der zweiten Blende, durch Mittel (20, 21, 78) zur Ablenkung des Strahles auf wenigstens einen Teil einer oder mehrerer Öffnungen in der zweiten Blende zur Erzeugung eines überlagerten Bildes der ersten Blende und der Öffnung in der zweiten Blende, sowie Mittel (65, 66, 67, 68) zur Abbildung des Bildes auf der Targetfläche.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Blende mehrere Öffnungen in der Form von Zeichen aufweist, welche Zeichen wenigstens teilweise auf der Targetfläche abzubilden sind.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Ablenkung des Strahles auf eine bestimmte Stelle der zweiten Blende derart mit Korrektionelektroden (89, 89') zusammenarbeiten, dass bei der Abbildung auf dem Target die sphärische Aberration korrigiert werden kann.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrektionelektroden (89, 89') von den Signalen der Ablenkung (78, 78') über Verstärker (90, 90') mit nichtlinearer Kennlinie gespeist sind.

Die vorliegende Elektronenstrahl-Einrichtung wird gebraucht zur Erzeugung besonders kleiner Muster in der Herstellung von integrierten Halbleitervorrichtungen. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Elektronenstrahl-Einrichtung, die vollständige Zeichen oder Teile von Zeichen erzeugen kann, die in grossen integrierten Schaltungen wiederholt gebraucht werden. Das ist der Fall besonders bei der Herstellung von Magnetblasen-Datenspeichern.

Elektronenstrahl-Einrichtungen sind bei der Herstellung integrierter Halbleitervorrichtungen bereits allgemein eingeführt. Sie werden zur Aufzeichnung von Leitungs- usw. Mustern auf den Halbleiterplatten benützt. Dabei werden die Muster auf mit fotoempfindlichem Lack bedeckte Flächen projiziert, die nach der Entwicklung des Lacks Masken bilden, wie sie zu zahlreichen Verfahrensschritten in der Herstellung von Halbleitervorrichtungen benötigt werden. Der Elektronenstrahl schreibt dabei ein bestimmtes Muster in eine bestimmte Fläche mit bestimmter Ladungsdichte und Kantenauflösung in möglichst kurzer Zeit. Soll das Schreibverfahren mit anderen lithographischen Verfahren zusammen benützt werden, so sind die Ablenkungsgenauigkeit und Wiederholbarkeit wesentlich. Für besonders kleine Muster ist es notwendig, die Ladungsdichte bei bestimmten Punkten des Musters zu ändern, um Annäherungseffekte auszugleichen. Zusätzlich müssen, wenn mehrschichtige Muster hergestellt werden sollen, die aufeinanderfolgenden Schichten derselben mit hinreichender Genauigkeit gegenseitig registriert werden können.

Es wurden schon verschiedene Systeme entwickelt, die diesen Anforderungen gerecht werden. Solche Systeme umfassen beispielsweise eine Elektronenstrahlquelle, Kondensorlinsen, Ausrichtstufen, Zerstreuungslinsen, eine Projektionslinse, eine Ablenkheit und ein Target. Eine solche Einrichtung ist beispielsweise in der US-Patentschrift 3 644 700 beschrieben. Weitere Einrichtungen und deren Bestandteile sind in den US-Patenten 3 949 288 sowie 3 984 678 beschrieben.

Allgemein gebräuchlich bei Elektronenstrahl-Einrichtungen

gen ist die Erzeugung eines runden Strahls. Dabei wird der Elektronenstrahl so gesammelt, dass er eine kleine, fokussierte Abbildung des Kreuzungspunktes der Elektronenkanone bildet. Das Profil des Punktes ist angenähert gaussisch. Die Sammellinse ist so eingestellt, dass der Punktdurchmesser kleiner ist als die Breite der schmalsten Linie des Musters, das gezeichnet werden soll. Jedes Element des Musters wird dann durch punktweise Bewegung des Strahles aufgezeichnet, bis das gesamte Muster fertiggestellt ist.

Nötigenfalls kann die Verweilzeit bei jedem Punkt des Musters so bemessen werden, dass der Näherungseffekt ausgeglichen wird. Eine Einrichtung mit rundem Strahl kann entweder zu vektorieller oder aber zu linienweiser Abtastung benützt werden. Das hat den Vorteil, dass sowohl orthogonale als auch diagonale Muster leicht gezeichnet werden können. Da aber der Gausssche Punkt nur einen geringen Durchmesser hat, wird die zur Aufzeichnung von Schaltungsmustern benötigte Zeit so lang, dass die Benützung des Systems einen zu grossen Kostenanteil ausmacht. Dazu kommt, dass zur Musteraufzeichnung mit Gaussschem Punkt sehr viele Angaben benötigt werden, wodurch das System teure Datenverarbeitungsanlagen benötigt.

Zur Herstellung von integrierten Halbleitervorrichtungen sind Elektronenstrahl-Einrichtungen schon speziell angepasst worden. Beispielsweise weist die im genannten US-Patent 3 644 700 beschriebene Einrichtung einen quadratischen Strahlquerschnitt auf, wodurch eine Reihe von Bildpunkten parallel belichtet werden und somit schneller gearbeitet werden kann, als mit einer Einrichtung mit Gaussschem Punkt.

Der Strahl wird hier so fokussiert, dass eine scharfe Abbildung einer quadratischen Strahlformungsöffnung entsteht. Eine solche Einrichtung ist besonders geeignet zur Zeichnung von Mustern durch sequentielles Abtasten von Quadraten der Musterfläche. Die Grösse des quadratischen Punktes wird entsprechend der kleinsten benötigten Linienbreite gewählt, und das optische System wird so ausgelegt, dass die Kantenauflösung des Punktes wesentlich besser als seine Seitenlänge ist. Die Musterelemente werden durch sprungweises Bewegen oder Fortschalten des Strahls aufgezeichnet als eine Reihe von Quadraten.

Einrichtungen mit quadratischem Strahlquerschnitt haben wesentliche Vorteile gegenüber solchen mit rundem Gaussschem Querschnitt, vergleiche dazu H.C. Pfeiffer «New Imaging and Deflection Concepts for Probe-Forming Microfabrication Systems», Journal of Vacuum Science and Technology, December 1975, Band 12 Nr. 6, Seiten 1170-1173. Einrichtungen mit quadratischem Strahlquerschnitt haben jedoch immer noch den Nachteil, dass sie sehr viele Angaben über die Muster benötigen und zusätzlich, dass die wirksame Aufzeichnung von Mustern nur möglich ist, wenn diese im wesentlichen aus orthogonal verlaufenden Linien resp. Kanten bestehen. Diagonal verlaufende Linien resp. Kanten sind nur schwer aufzuzeichnen.

Auch andere Elektronenstrahl-Abbildungsverfahren wurden schon bekannt. So beschreibt die deutsche Offenlegungsschrift 2 805 371 eine Einrichtung mit Elektronenstrahl gegebenen Querschnitts. Dort werden zwei Strahlformungsöffnungen mit einem dazwischenliegenden Ablenkungssystem benützt. Wenn das Ablenkungssystem ausgeschaltet ist, erzeugt die zweite, quadratische Öffnung einen quadratischen Strahlquerschnitt. Wenn das Ablenkungssystem betätigt wird, kann ein Teil der zweiten Strahlöffnung verdeckt und ein rechteckiger Punkt variabler Grösse erzeugt werden, der dieselbe Stromdichte wie der ursprüngliche quadratische Punkt aufweist.

Da die Grösse des Punktes beliebig reduziert werden kann, wird seine maximale Abmessung grösser als die minimale Linienbreite des gewünschten Musters gewählt. Ein Muster kann dann mittels verschiedener quadratischer und rechteckiger

ger Strahlquerschnitte gezeichnet werden, wodurch die Produktion beschleunigt wird. Zusätzlich können Linien gezeichnet werden, deren Breite nicht ein ganzzahliges Vielfaches des ursprünglichen Quadrates bildet, obwohl richtig belichtet wird. Zusätzlich ist eine Rahmenteknik möglich, wobei der Rand des Musters mit feinen Linien und seine Innenfläche mit grösseren Quadraten abgedeckt und somit eine gute Kantenauflösung erreicht wird.

Obwohl dieses System wesentliche Vorteile aufweist, ist es doch vor allem zur Aufzeichnung orthogonal orientierter Muster geeignet und diagonal verlaufende Linien oder Kanten sind schwieriger. Zudem ist es nicht einfach, mit dieser Vorrichtung Muster aufzuzeichnen, wie sie beispielsweise bei der Herstellung von Magnetblasenspeichern benötigt werden, die eine grosse Anzahl repetitiver Elemente der Art des I und des T benötigen.

Die vorliegende Erfindung soll die genannten Nachteile beseitigen. Zweck der Erfindung ist daher die Schaffung einer Elektronenstrahl-Einrichtung zur Musterprojektion mit einer Strahlquelle, die einen Strahl entlang einer Achse in Richtung auf ein Target erzeugt, mit einer ersten, den Strahl formenden Blende in der Strahlachse, welche Einrichtung gekennzeichnet ist durch eine zweite in der Strahlachse angeordnete Blende, die mehrere Blendenöffnungen aufweist, durch Mittel zur Abbildung der ersten Blende in der Ebene der zweiten Blende, durch Mittel zur Ablenkung des Strahles auf wenigstens einen Teil einer oder mehrerer Öffnungen in der zweiten Blende, zur Erzeugung eines überlagerten Bildes der ersten Blende und der Öffnung in der zweiten Blende sowie durch Mittel zur Abbildung des Bildes auf der Targetfläche.

Ein Beispiel der Erfindung wird nachfolgend im einzelnen anhand der Zeichnungen beschrieben. Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der vorliegenden Elektronenstrahl-Einrichtung;

Fig. 2 eine vereinfachte schematische Darstellung der verschiedenen Arten, Zeichen zu bilden;

Fig. 3 eine Darstellung einzelner Zeichen, die bei der Herstellung von Magnetblasenspeichern benötigt werden;

Fig. 4 und 5 einige Details der vorliegenden Elektronenstrahl-Einrichtung;

Fig. 6a und b Diagramme zur Erklärung der sphärischen Aberration;

Fig. 7 das Blockschema einer Ablenksteuerung zur vorliegenden Elektronenstrahl-Einrichtung.

Die schematische Darstellung der Fig. 1 umfasst eine Elektronenstrahlquelle 10, die einen Strahl 11 entlang der Achse 12 auf ein nicht dargestelltes Target richtet. Der Strahl erhält durch die in der Scheibe 13 ausgesparte Blende 14 einen quadratischen Querschnitt. Eine Kondensorlinse 15 sammelt den Strahl zur Erzeugung einer scharfen Abbildung der Blendenöffnung 14 in der Ebene einer Zeichenblende 16, die in der Scheibe 17 ausgespart ist. Gleichzeitig erzeugt die Kondensorlinse 15 eine scharfe Abbildung der Quelle 10 am Punkt 18, der in einer Ebene liegt mit dem Mittelpunkt der Ablenkvorrichtung 19, welche die Abbildung der ersten Blende in der Ebene der zweiten Blende bewegen kann.

Die Ablenkeinrichtung 19 besteht aus üblichen elektrostatischen Ablenkplatten. Die Platten 20 und 20' lenken den quadratischen Strahl in der X-Richtung, die Platten 21 und 21' in der Y-Richtung ab. Die fertig geformte Abbildung, in Fig. 1 als Buchstabe I, entspricht dem Teil der quadratischen Blende, der nicht durch die gewählte Zeichenblende der Blendenscheibe 17 versperrt wird und somit die Abbildung 24' bildet. In Fig. 1 wird die Abbildung des Strahls als nicht abgelenkt dargestellt. Es ist dem Fachmann klar, dass die Abbildung der quadratischen Blende in der X- und Y-Richtung abgelenkt werden kann, um andere Zeichen oder Zeichenteile aus der Blendenplatte 17 aus-

zuwählen.

Die in Fig. 1 dargestellte Einrichtung kann zusammen mit verschiedenen Elektronenstrahlerzeugern verwendet werden, beispielsweise den im schon genannten US-Patent 3 644 700 beschriebenen. Dementsprechend könnte die Zeichenabbildung 24 die Sammellinsen und Projektionslinsen durchlaufen, um das Zeichen auf die Targetfläche zu projizieren. Dazu können übliche Linsen und Ablenkungsvorrichtungen benützt werden, im vorliegenden ist jedoch zusätzlich eine Korrektur der sphärischen Aberration vorgesehen, die bei der Projektion einer grossen Anzahl paralleler Bildpunkte, wie sie zur Bildung einer ganzen Zeichenabbildung notwendig sind, entsteht.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, erfordert die Erzeugung eines gesamten Zeichenbildes die parallele Projektion einer grösseren Anzahl von Bildpunkten als bisher mit quadratischen Strahlen oder Gauss'schen Punktstrahlen möglich war. Fig. 2 stellt die Strahlprofile resp. die Anzahl von Bildpunkten dar, die gleichzeitig durch eine Einrichtung mit Gauss'schem Punktstrahl resp. mit quadratischem Strahl und dem hier beschriebenen Zeichenerzeugungssystem notwendig war. Die Beziehung zwischen Auflösungsvermögen und Intensitätsverteilung für die verschiedenen Systeme ist in der früher erwähnten Publikation von Pfeiffer beschrieben.

In der Zeit, in welcher ein einzelner Bildpunkt mit Gauss'schem Strahl adressiert werden kann, können etwa 25 Bildpunkte mit quadratischem Strahl adressiert werden. Im vorliegenden Zeichenprojektionssystem wird ein ganzes Zeichen auf einmal belichtet, wohingegen das System mit quadratischem Strahlquerschnitt die Teile eines Zeichens zum Beispiel als 8×8-Matrix abtasten muss, die aus der minimalen Linienbreite entsprechenden Punkten zusammengesetzt ist. Die vorliegende Einrichtung adressiert also im Vergleich zur Einrichtung mit Gauss'schem Strahl 64×25, d. h. 1600 Bildpunkte gleichzeitig. Der Vorteil beschleunigter Verarbeitung der Substrate ist offensichtlich.

Fig. 3 zeigt ein Muster, wie es beispielsweise bei der Herstellung von Magnetblasen-Datenspeichern verwendet wird. Das Muster gehört nicht zur Erfindung, die vorliegende Elektronenstrahl-Einrichtung ist jedoch zur Herstellung derartiger Muster besonders gut geeignet. Die Erzeugung der I- sowie der T-Muster mittels der in Fig. 1 gezeigten Zeichenblende 17 ist besonders einfach. Auch die in Fig. 1 gezeigten Winkel lassen sich günstig zu den Mustern 33 der Fig. 3 zusammensetzen. Selbstverständlich kann die Zeichenblende 17 beliebige andere Musterzusammenstellungen aufweisen.

Die Fig. 4 und 5 zeigen, wie gemäss der Erfindung Zeichen geformt und abgelenkt werden, damit sie auf dem Target aufgezeichnet werden. In Fig. 4 wird eine Abbildung durch die mittlere Öffnung der Zeichenblende abgebildet, wogegen in Fig. 5 ein Zeichen durch eine periphere Öffnung der Zeichenblende abgebildet wird. In Verbindung mit Fig. 7 soll später noch erläutert werden, wie die sphärische Aberration, die bei der Abbildung gemäss Fig. 5 entsteht, korrigiert werden kann.

Die Einrichtung gemäss Fig. 4 umfasst eine Elektronenquelle 50, die einen Elektronenstrahl entlang der Achse 71 richtet. Der Strahl trifft auf die Rechteckblende 72, die in der Blendenplatte 73 angeordnet ist. Dabei erhält der Strahl einen rechteckigen Querschnitt.

Im Strahlengang folgt dann eine Kondensorlinse 74, üblicherweise eine magnetische Linse bekannter Bauart. Die Linse fokussiert einerseits die Abbildung der Blende 72 in der Ebene der Zeichenblende 76 mit den Blendenöffnungen 75. Andererseits fokussiert die Linse 74 die Abbildung 77 der Quelle 70 an einem Punkt der Strahlenachse, der im Zentrum der Zeichenauswahl-Ablenkvorrichtung liegt, die aus den Platten 78 und 78' besteht.

Die Ablenkplatten 78 und 78' können das fokussierte Bild 79 der ersten quadratischen Blende 72 seitlich auf der Zeichen-

blende 75 ablenken. Ein weiteres Ablenkplattenpaar, das in Fig. 4 und Fig. 5 nicht dargestellt ist, ist orthogonal zu den genannten Platten angeordnet und besorgt die Ablenkung in der zweiten Achse. Die Ablenkung der Abbildung 79 ist in den Fig. 1 sowie Fig. 5 besser ersichtlich.

Wie aus der früher erwähnten deutschen Offenlegungsschrift 2 805 371 ersichtlich, werden derartige Einrichtungen am besten so betrieben, dass die Abbildung 77 der Quelle 50 im Zentrum der vier Ablenkplatten liegt, wovon zwei als 78 und 78' in der Zeichnung dargestellt sind. Die Brennweite der Linse 74 ist in erster Linie so bestimmt, dass die Abbildung 79 in der Ebene der Zeichenblende 76 liegt. Die Abbildung der Quelle 50 liegt daher nicht notwendigerweise genau im Zentrum der Ablenkplatten. Mittel zur Verschiebung der Ablenkplatten sind in der genannten Offenlegungsschrift beschrieben. Eine entsprechende Korrektur kann jedoch, wie in Bezug auf Fig. 7 noch beschrieben wird, mittels der Elektroden 89 und 89' vorgenommen werden, womit gleichzeitig auch die sphärische Aberration der Abbildung korrigiert werden kann.

Die Zeichenblende 76 ist innerhalb einer an sich bekannten Kondensorlinse 80 angeordnet. Die Linse 80 projiziert die Abbildung 77 der Quelle in die Eingangspupille einer ersten Sammellinse 64. Wie in der genannten Offenlegungsschrift beschrieben, ist eine weitere Blende 66 sowie eine zweite Sammellinse 65 danach im Strahlengang angeordnet. Die zusammengesetzte Zeichenabbildung wird somit in zwei Schritten gesammelt und davon eine vergrößerte Abbildung in der Ebene der Lochblende 81 erzeugt. Die Abbildung hängt von der genauen Lage der virtuellen Abbildung 77 ab. Da jedoch das virtuelle Bild 77 unabhängig von der Ablenkung, die das Zeichen erzeugt, feststeht, bleibt das Bild 82 ebenso wie jenes in der ursprünglichen Strahlenachse d. h. in der runden Lochblende 81, wenn die schon erwähnte Korrektur für die sphärische Aberration vorgenommen wird. Die Lochblende 81 stellt somit eine im wesentlichen gleichmässige Stromdichte sicher, indem sie lediglich den zentralen oder axialen Anteil der Gauss'schen Quelle durchlässt und somit die durch die letzte Linse erzeugte Aberrationen klein hält.

Die endgültige Zeichenabbildung 83 wird in der Targetebene 69 mittels des Ablenkjochs 68 an die richtige Stelle gelenkt. Die Projektionslinse 67, die das Ablenkjoch umgibt, erleichtert die genaue Einstellung der Abbildung 83 in der Targetebene.

In Fig. 5 ist dieselbe Ausführung wie in Fig. 4 gezeichnet, und die Teile haben dieselben Bezugswahlen. Die Abbildung der ersten quadratischen Blende 72 wird hier durch die Ablenkplatten 78 und 78' auf der Zeichenauswahlblende 75 auf die peripher liegende Öffnung 79 gelenkt. Demzufolge muss eine Korrekturspannung an die Korrektorelektroden 89 und 89' angelegt werden, wie noch später in Verbindung mit Fig. 7 zu beschreiben ist.

Wie Fig. 6a und 6b zeigen, bricht eine Elektronenlinse marginale Strahlen α_2 stärker als zentrale Strahlen α_1 , die nahe der Achse liegen. Die Abbildung in der Gauss'schen Ebene, die einem axialen Punktobjekt entspricht, ist über einen Punkt des Radius r_s verteilt, der der dritten Potenz des Strahlhalbwinkels α entspricht. Es ist also:

$$r_s = c_s \cdot \alpha^3 \quad (1)$$

Der Radius r_s , der durch die sphärische Aberration erzeugten Bildunschärfenscheibe steigt also mit der dritten Potenz des Bildhalbwinkels α . Diese Unschärfe kann nicht korrigiert werden. Die sphärische Aberrationskonstante c_s andererseits hängt von der Geometrie und der Brennweite der Linse ab. Fig. 6b zeigt den Fall, wo ein schmales Strahlenbündel mit einem kleinen und konstanten α in eine Randzone der Linse abgelenkt wird. Die sphärische Aberration erzeugt hier eine Bildverzerrung jedoch keine Unschärfe, wobei Coma und weitere Aberrationen dritter Ordnung der Linse vernachlässigt seien, da $\alpha \ll \beta$. Die Beziehung ist:

$$r_d = c_s \cdot \beta^3 \quad (2)$$

Diese Verzerrung oder Bildbewegung des Strahls kann durch entsprechende Strahlablenkung in der entgegengesetzten Richtung korrigiert werden. Das Blockdiagramm der Fig. 7 zeigt eine entsprechende Schaltung zur Zeichenauswahl und Strahlablenkung zur Korrektur dieser Verzerrung. Die Verstärker 84 und 85 erzeugen ein symmetrisches Signal für die Hauptablenkplatten 78 und 78', und gleichzeitig erzeugen sie in Eingangssignal für die nichtlinearen Verstärker 90 und 90'. Der nichtlineare Verstärker 90 erzeugt ein Korrektursignal der Art

$$c x + c_1 x^3 + c_2 x^2 y$$

und der nichtlineare Verstärker 90' erzeugt das inverse Signal

$$-c x - c_1 x^3 - c_2 x^2 y.$$

Diese symmetrischen Signale werden den Platten 89 und 89' zugeführt. Die linearen Komponenten $c x$ und $-c x$ des Signals sind identisch dem Korrektursignal, das in der erwähnten Offenlegungsschrift benützt wird. Dadurch wird das virtuelle Ablenkungszentrum mit der Abbildungsebene der Quelle zusammengebracht. Die nichtlinearen Komponenten

$$c_1 x^3 + c_2 x^2 y$$

und das inverse Signal

$$-c_1 x^3 - c_2 x^2 y$$

korrigieren die Bildbewegung r_d , die durch die Variationen der Konvergenz der Linse erzeugt wird, wodurch die sphärische Aberration der Elektronenlinsen entsteht, was in Fig. 6b gezeigt ist.

Um eine grosse Zahl von Zeichenformen zu erzeugen, wie sie in der Platte 76 der Fig. 4 benötigt werden, muss der Strahl in Randzonen weit ausserhalb der Mitte der Linse abgelenkt werden. Die Arbeitsweise unterscheidet sich wesentlich von der Ablenkung in der erwähnten Offenlegungsschrift, und die zusätzlichen Aberrationen müssen daher, wie vorgehend beschrieben, durch die nichtlinearen Signale kompensiert werden.

Die beschriebene Projektionseinrichtung bietet wesentliche Vorteile bei der Herstellung hochintegrierter Schaltkreise mit häufig sich wiederholenden Mustern, wie sie zum Beispiel in Magnetblasen-Datenspeichern auftreten.

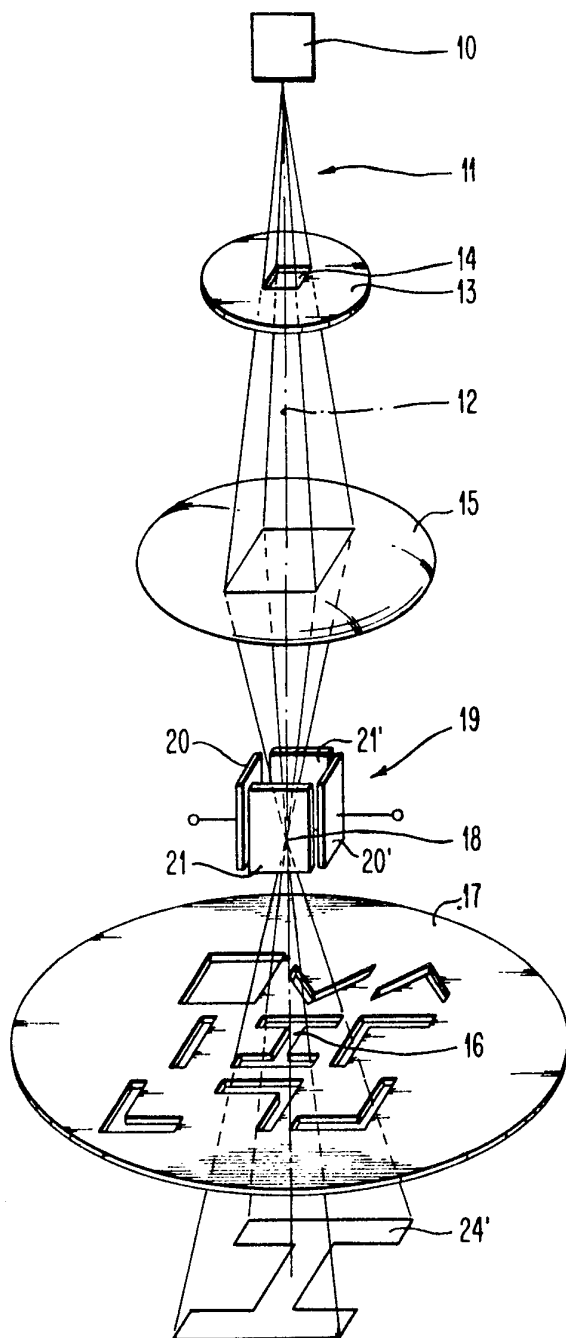


FIG. 1

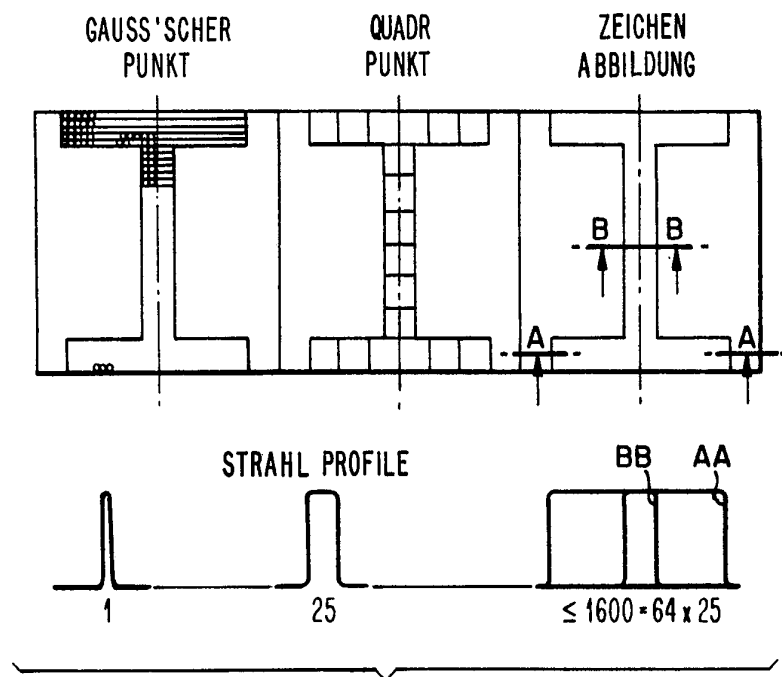


FIG. 2

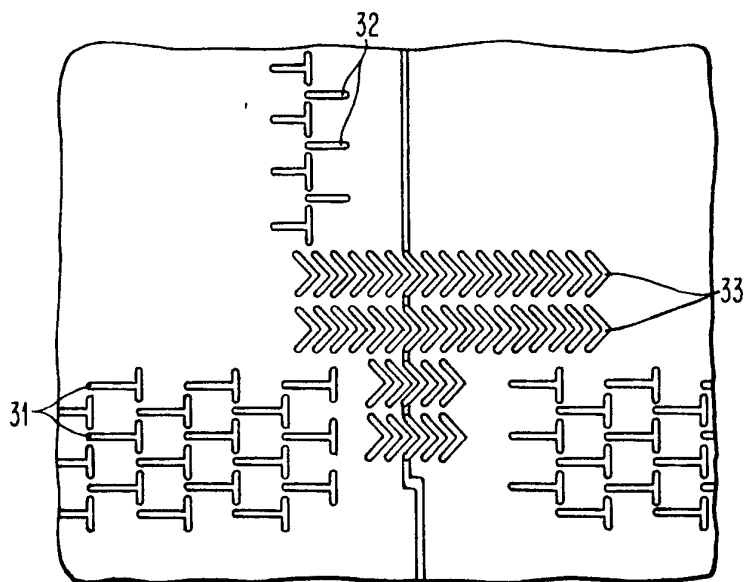


FIG. 3

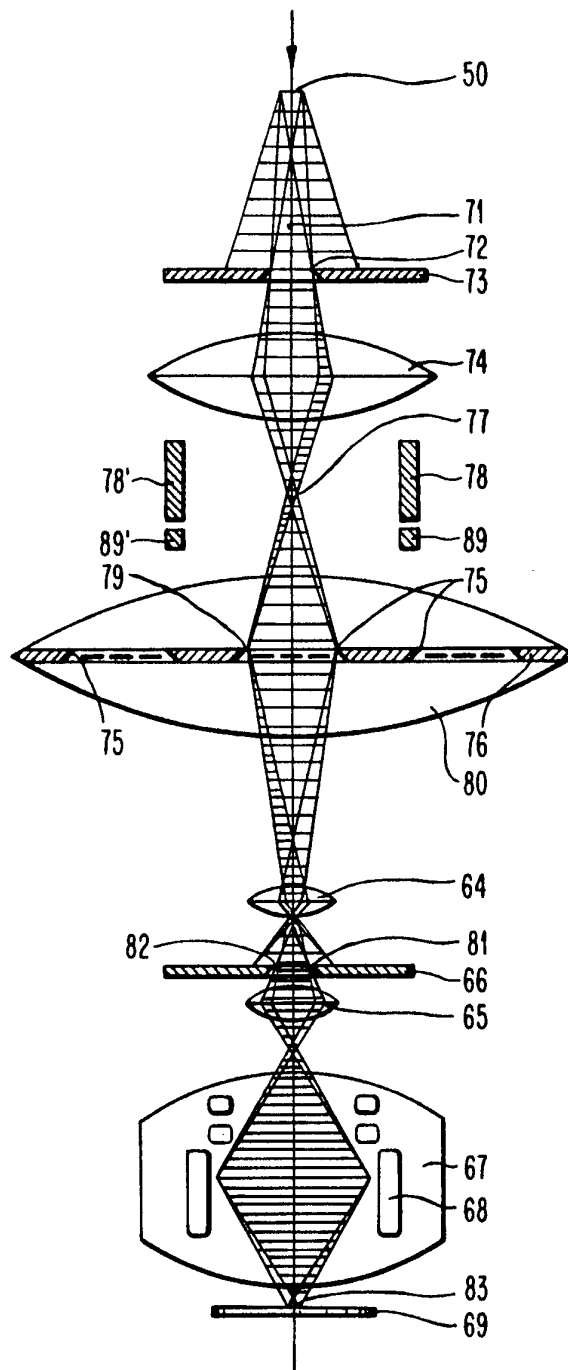


FIG. 4

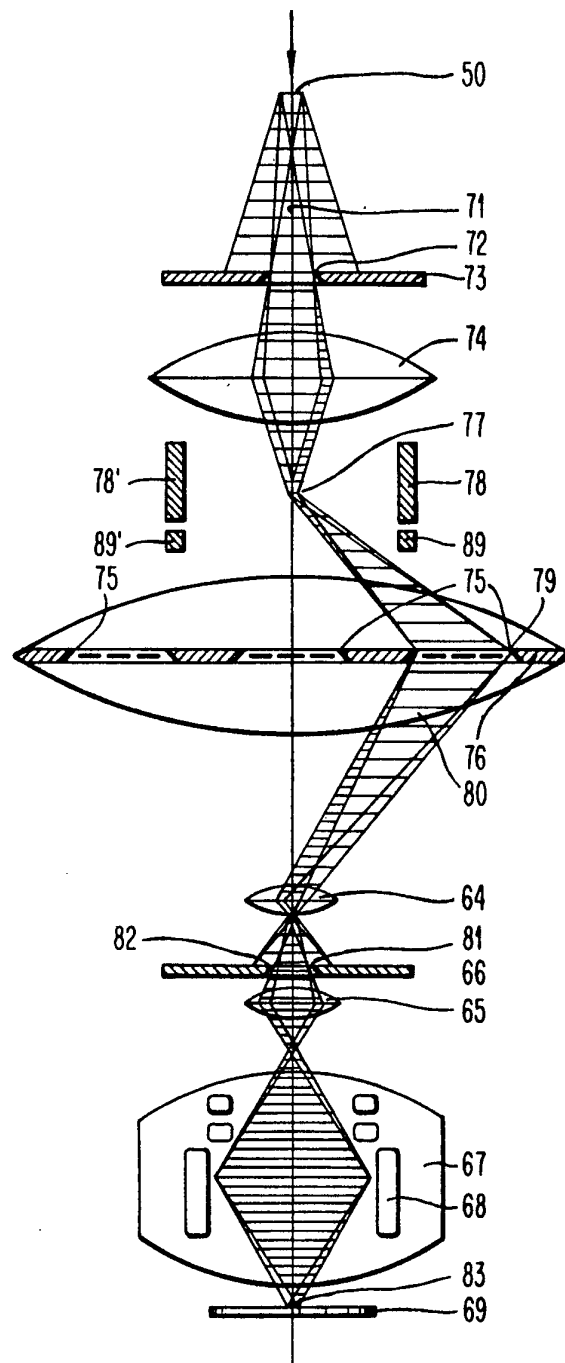


FIG. 5

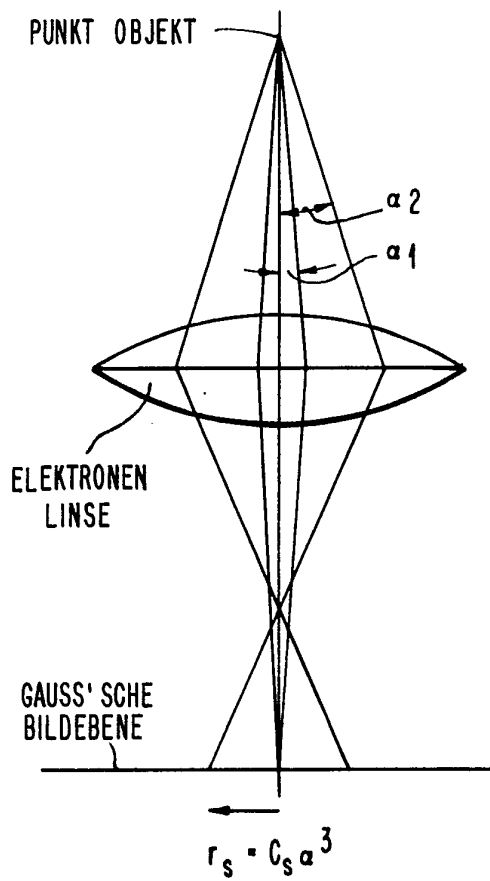


FIG. 6A

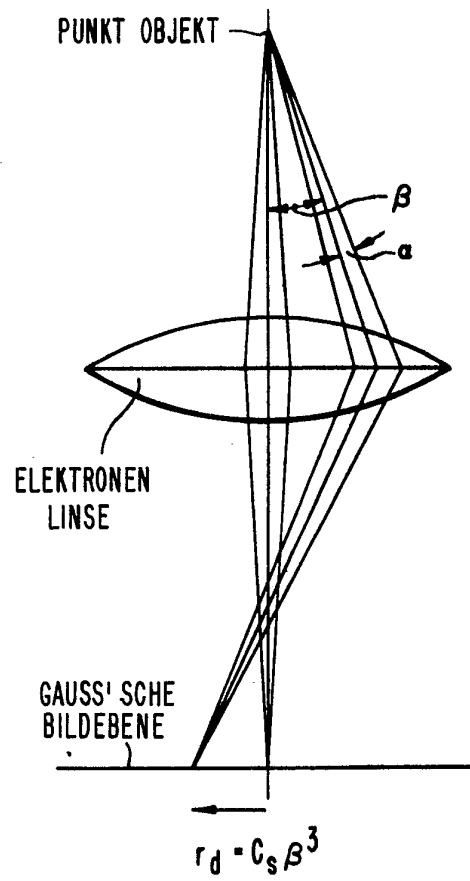


FIG. 6B

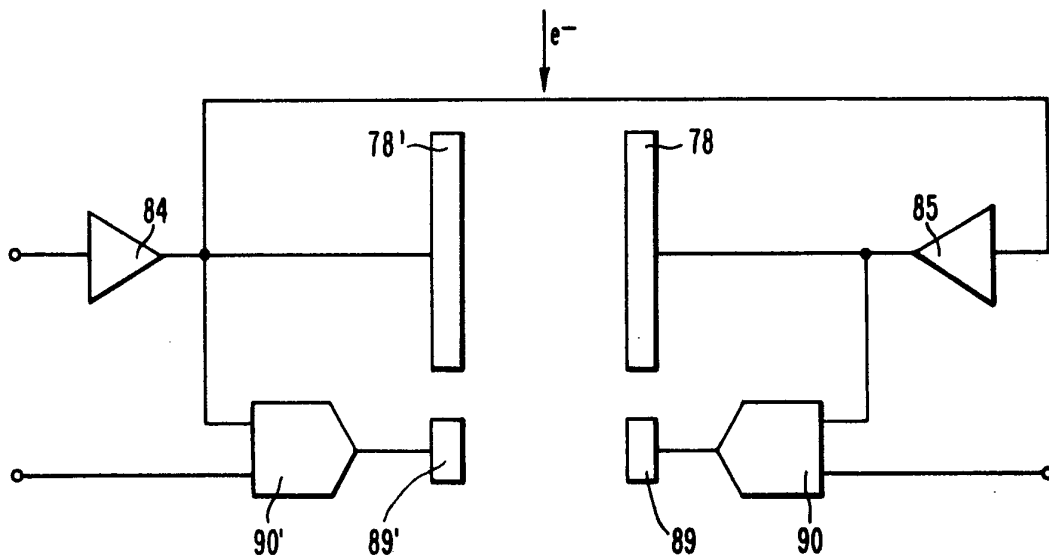


FIG. 7