(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 692 33 067 T2** 2004.04.01

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 550 173 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **692 33 067.4**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **92 311 251.0**
(96) Europäischer Anmeldetag: **10.12.1992**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.07.1993**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **21.05.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.04.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G03F 1/14**
G03F 7/20

(30) Unionspriorität:
814953 **30.12.1991** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, IT, NL

(73) Patentinhaber:
AT & T Corp., New York, N.Y., US

(74) Vertreter:
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(72) Erfinder:
Berger, Steven D., Chatham, New Jersey 07928, US; Leventhal, Marvin, Summit, New Jersey 07901, US; Liddle, James A., Chatham, New Jersey 07928, US

(54) Bezeichnung: **Integrierte Schaltungen**

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

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

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft die Fertigung von Bauelementen, insbesondere integrierten Großschaltkreisen (LSI Large Scale Integrated Circuits), die nach Entwurfsregeln im Submikrometerbereich hergestellt werden, beispielsweise von <0,5 µm.

[0002] Die einschlägige Fertigung beinhaltet die Projektions-Lithographie unter Verwendung von Zeichnungsenergie in Form geladener Teilchen, entweder Elektronen oder Ionen.

Beschreibung des Stands der Technik

[0003] Die fortwährende Entwicklung von LSI-Schaltkreisen im Zuge der gesteigerten Miniaturisierung bei der Steigerung der Chip-Kapazität hat zu einer Reihe von Entwicklungen in den Fertigungsverfahren geführt. Diese hängen sämtlich von der lithographischen Musterzeichnungsfähigkeit ab, die besser ist als die bei der Fertigung von zum Stand der Technik gehörigen Bauelementen, besser als die bei der Herstellung von 1 - Megabit-Chips mit einer Entwurfsmusterfeinheit von 0,9 µm.

[0004] Derzeit eingesetzte Lithographie im nahen UV-Bereich läßt sich erweitern auf beträchtlich kleinere Entwurfsregeln, möglicherweise unter Einsatz von Phasenmasken. Bei einem gewissen Grad an Wellenlängen-Beschränkungen für elektromagnetische Strahlung im nahen UV-Bereich oder gar im tiefen UV-Spektrum wird eine andere Strahlungsquelle notwendig. Einschlägige Bemühungen richten sich derzeit auf den Einsatz von Strahlung im Röntgenspektrum.

[0005] In zunehmendem Maße führen Vorteile der Musterzeichnung mit geladenen Partikeln -Elektronen- oder Ionenstrahl-Musterzeichnung - gegenüber der Musterzeichnung mit Röntgenstrahlen zu einer Erforschung dieses Wegs. Die Elektronenstrahl-Projektionslithographie hat das Potential, ein Werkzeug der Wahl für die Fertigung von Bauelementen mit einer Entwurfregel von <0,5 µm zu werden. Die Erfahrungen haben innerhalb einer Zeitspanne von 60 Jahren sowohl bezüglich des Entwurfs als auch des Aufbaus bildgebender Elektronen-Optiken im Bereich der Mikroskopie geführt, und die Direktschreib-Elektronenstrahllithographie betraf dies in einem Zeitraum von 20 Jahren. Beide Möglichkeiten haben zu Zuverlässigkeit geführt und bieten Einblick in passende Entwürfe von Apparaturen und Verfahren. Verfügbare Beschleunigungsspannungen von 50–200 kV (was zu 50–200 KeV bei Elektronen führt), setzt sich um in äquivalente Wellenlängen von 0,054–0,025 Å (1 Å = 10^{-10} m), was wesentlich besser ist als der Bedarf an in Betracht gezogenen Entwurfsregeln, um die Focustiefe erheblich zu steigern und dadurch die Kritizität der Verarbeitungsparameter und der gesteigerten Ausbeute zu mindern. Gut entwickelte Verfahren für Elektronen-Optiken ermöglichen die Erzielung einer Projektion mit einer Bildverkleinerung, welche die Fertigung von der vergrößerten Masken erleichtert.

[0006] Die Verwendung absorbierender Schablonen (oder Apertur-) Masken erlegt der Lithographie bedeutende Einschränkungen auf. Diese Vorgehensweise schließt ringförmige oder andere derartige Umfangs-Maskenstrukturen aus, eine Beschränkung, die durch die Verwendung von Komplementär-Maskenpaaren überwunden wird, was allerdings die Expositionsanforderungen pro Ebene mit den entsprechenden erhöhten Kosten für den Durchsatz bei einer überlappenden Ausrichtung ebenso steigert wie die Ausbeute. Eine verringerte Absorption im Verein mit erhöhter Beschleunigungsspannung in Sperrzonen der Maske zwingt zu einem Kompromiß zwischen Bildkontrast und -auflösung.

[0007] In der anhängigen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 390, 139, eingereicht am 7. August 1989, ist ein Verfahren vorgestellt, welches von impliziten Vorteilen der Elektronenstrahllitographie Gebrauch macht, um die Verwendung von Apertur-Masken zu umgehen. Das Schlüsselmerkmal setzt Streuung/Nichtstreuung anstelle der Absorptions-Transparenzmaskierung. Die durch einen mit Blende versehenen Streufilter in der Strahl-Kreuzungsebene vor dem Wafer, wobei die Blende im allgemeinen auf der optischen Achse angeordnet ist, ermöglichte Diskriminierung gestattet eine Beschleunigungsspannung von etwa 50–200 kV, wie sie für die Auflösung und Merkmalsbeabstandung angestrebt wird, während gleichzeitig ein Bildkontrast von 80 oder mehr erreicht wird. Bekannt ist das Verfahren als SCattering with Angular Limitation in Projection Electron-beam Lithography, also etwa Streuung mit Winkelbegrenzung bei der Elektronenstrahl-Projektionslithographie.

[0008] Die möglichen Vorteile des SCALPEL-Verfahrens, insbesondere für Entwurfsregeln im Bereich von Mikrometer-Bruchteilen ergibt sich aus der reduzierten Maskendicke, die möglich ist durch die Abhängigkeit vom Streuwinkel anstelle der Absorption. Einfach ausgedrückt: Es ist ausreichend Bildkontrast mit Hilfe wesentlich dünnerer Masken erzielbar. Ein Streuwinkel in der Größenordnung von 50 mrad, statistisch realisierbar durch fünf Elektronen-Atom-Ereignisse (Kollisionen oder hinreichend naher Vorbeigang, um eine deutliche Auslenkung durch Feld-Wechselwirkung zu erreichen) ist für Sperrzonen-Dicken in der Größenordnung von 500–2000 A erzielbar.

[0009] Ähnliche Erwägungen, wie sie oben dargelegt wurden, führen zu der Verwendung einer "Membran"-Maske. Eine Maske, die für die Merkmalsausbildung von einem Film oder einer Membran mit einer Dicke in der Größenordnung von 500–2000 A abhängt und einer "Sperrung" (Streuzonen) von ebenfalls einer Dicke in der gleichen Größenordnung sorgt, führt ersichtlich zu dem erforderlichen Kontrast

für Submikrometer-Entwurfsregeln für zumindest eine Größenordnung im Bereich von unterhalb etwa 0,5 µm. Dies eignet sich für eine Masken-Wafer-Verkleinerung im Bereich von 4x–5x.

[0010] Erschwert noch durch die vergrößerten Maskenabmessungen aufgrund der Bildverkleinerung hat die Maske, die nun 5 cm breit ist (für eine 5x-Verkleinerung, um ein 1-cm-Chip zu erhalten) nicht die erforderlich mechanische Integrität. Durchhängen/Verzerrung, verursacht beispielsweise durch lokale Erwärmung, resultierend aus teilweiser oder vollständiger Partikelabsorption, kollidiert mit der Erzielung extremer Genauigkeit, wie sie für derartige Entwurfsregeln erforderlich ist.

[0011] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren gemäß Anspruch 1 geschaffen.

[0012] Die Bild-Rekonstruktion in der Objektebene, basierend auf dem Einsatz einer mittels Stützen segmentierten Maske, nutzt den Vorteil exakt gesteuerter Zeichnungsstrahlen aus geladenen Partikeln, Elektronen oder Ionen, und ermöglicht die Realisierung verbesserter Bildkennwerte entsprechend reduzierter Maskendicken. In Betracht kommende Masken können abhängen von Sperrzonen, die ausreichende Absorption oder Streuung bei Sperrzonen mit abgestützter Dicke im Bereich von 500–2000 Å oder weniger aufweisen. Durchlaßzonen können gebildet werden durch Abperturen oder - alternativ - freien Zonen, entweder mit ausreichender Transparenz, um den erforderlichen Kontrast zu Absorptionszonen zu erreichen oder ausreichend wenig streuend und mit einer Transparenz, die Anforderungen zur Verwendung mit Sperrzonen basierend auf Streuung erfüllen. Masken zur Verwendung bei den erfindungsgemäßen Verfahren werden durch Streben abgestützt, welche die erforderliche mechanische Integrität für die dazwischen liegenden Maskensegmente bieten - Steifigkeit, Widerstand gegen Durchhängen, gegen thermisch bedingte Verzerrung etc. Eine in Betracht gezogene Maskenstruktur besitzt parallele Streben zum Definieren von dazwischen liegenden funktionellen Maskenzonen, die geradlinig sind und Längsabmessungen haben, die dazu führen, dass die Gesamtheit des Musters in dieser Richtung kopiert wird. Eine Ausführungsform hängt ab von einem durchgehenden Grill aus sich kreuzenden x- und y-Streben, um dreieckige Segmente zu bilden. Derartige Maskenzonen (oder Segmente) können sich zusammen mit einem Gesamt-Typmuster erstrecken.

[0013] Unabhängig von dem speziellen Streben-Muster hängt die erfindungsgemäße Lehre in kritischer Weise von inneren "Randleisten" zwischen Streben und zu kopierendem Muster ab, in den meisten Fällen umfaßt eine solche Randleiste beide Seiten der Strebe. Im Fall von einander kreuzenden Streben ähnelt die Randleistenstruktur einem Rand, in dem "Bilderrahmen" jedes durch Streben definierten Segments.

[0014] Eine Hauptfunktion der Randleiste ist die Erzielung exakt positionierter und dimensionierter Gebrauchs-Segmente, um einen Aufbau/Wiederaufbau des projizierten Bildes zu ermöglichen. Genau genommen, hängt die Erfindung ab von der Trennung der beiden Funktionen, wonach die mechanische Masken-Integrität vornehmlich aus der Verwendung von Streben erreicht wird, und die Bildgenauigkeit aus Randleisten resultiert. Aufbau/Wiederaufbau zur Vermeidung der Streben-Abbilds-"Stich"-Segmente als durch Streben getrennte Bereich aus der Maske, um dadurch ein kontinuierliches Bild auf dem Wafer zu erzeugen, wird gefördert durch die bevorzugte Ausführungsform, die für eine Zeichnung/Fertigung von Randleisten als integraler Bestandteil während der Zeichnung/Fertigstellung des dazugehörigen Bauelement-Musters gehören. Bei dieser Ausführungsform wird eine solche Randleiste zweckmäßigerweise aus demselben Material und mit gleicher Dicke ausgebildet, wie dies für die die Merkmale definierenden Zonen des Maskenbilds der Fall ist, wiederum entweder durch Absorbieren (so wie bei der Ionen-Maskierung) oder durch Streuung (so wie es bei der Elektronen-Maskierung nützlich ist, beispielsweise in Verbindung mit SCALPEL). Diese Vorgehensweise ermöglicht eine Muster-Zeichnung und Entwicklung zur Bildung der Randleisten als Teil der Chip-Musterbildungsprozedur mit wirtschaftlichen Vorteilen bei den Prozesskosten und der Prozess-Ausbeute.

[0015] Eine zusätzliche Funktion der Randleiste - sei sie nun Teil eines eindimensionalen oder eines zweidimensionalen Rosts - lässt sich als "Strahlformung" bezeichnen. Es wurde beobachtet, dass die Zeichnungs-Partikelenergie - Elektron oder Ion - aus der Sicht der Quelle eine "Keulen"- oder eine "Flügel"-Zone verringerte Intensität besitzt. Flügel oder Keulen, im allgemeinen nicht nützlich für die Musterbildung, können zu einer unerwünschten Erhitzung, insbesondere einer Erhitzung der Streben, führen, was beiträgt zu einer unerwünschten Bildverzerrung. Ein optimaler Entwurf des erfindungsgemäßen Verfahrens sorgt für eine Verringerung der Streben-Aufheizung durch derartige Keulen. Die Masken-Randleiste wird mit minimaler Breitenabmessung rechtwinklig zu der Strebe entworfen, um Strahlkeulen im wesentlichen Rechnung zu tragen. Randleisten, die von Streuung abhängen (z. B. als Teil einer streuenden/streufreien Maske) sind in höchstem Grad wirksam bei der Zerstreuung von Keulenenergie. Die alternative Struktur, bei der Randleisten durch Absorption gekennzeichnet sind, schwächt ebenfalls unerwünschte Streben-Erhitzung. Maskenmaterial - eine Membran ebenso wie Sperrzonen - wird möglichst mit Blick auf Wärmeleitfähigkeit ausgewählt, so dass es zu einer Verteilung zu der durch Strahlkeulen hervorgerufenen Erhitzung und damit zu einer Verringerung der Verzerrung aufgrund lokaler Wärmegradienten kommt.

[0016] Die seitliche Randleisten-Abmessung, die unter dem Kapitel "detaillierte Beschreibung" diskutiert wird, kann einer Breite entsprechen, die sowohl

Abmessungs-Schwankungen, Platzierungsfehler etc. ausgleicht als auch eine "Strahlformungs"-Funktion wahrnimmt. Eine Eigenschaft der Erfindung in dieser Hinsicht ist die Zulässigkeit einer erhöhten Toleranz für derartige Unregelmäßigkeiten, was andererseits die Kosten der Maske verringert. Die Möglichkeit, eine derartige, durch Streben getragene Maske zu verwenden, ist zurückzuführen auf den Beitrag der Beaufschlagung mit geladenen Partikeln, die eine exakte und rasche Steuerung der Position des einfallenden Strahls ermöglicht. Verstärkt durch die indirekte Genauigkeit der Randleisten-Abmessung - es handelt sich hierbei um die gleiche Genauigkeit, mit der auch die Merkmale der Maske ausgebildet sind - ist die Bildrekonstruktion entsprechend dieser Genauigkeit direkt zurückzuführen auf die Strahlsteuerung, wie sie durch die Wechselwirkung mit einem magnetischen oder elektrostatischen Feld erreicht wird.

[0017] Die Erfindung wird allgemein in Verbindung mit einem vielversprechenden Verfahren beschrieben, abhängig von einer einfachen segmentierten Maske mit einer Bildrekonstruktion, die von dem "Steppen", d. h. dem Zusammensetzen sequentiell projizierter, benachbarter Segmente abhängt. Die Beherrschbarkeit, welche das Verfahren fördert, ist zurückzuführen auf die einfache präzise Steuerung eines Strahls geladener Partikel, findet Anwendung bei alternativen Verfahren. Beispielsweise kann durch Programmierung eine wiederholte Verwendung eines oder mehrerer Segmente möglich sein, z. B. durch Schaffung eines Aneinanderfügens sich wiederholender Segmente. In diesem Sinn kann die Maske insgesamt oder teilweise als "Segmentkatalog" betrachtet werden, der eine relativ geringe Anzahl von Segmenten enthält, die mehrmals auswählbar und verwendbar sind in beabstandeten oder benachbarten Positionen, um ein Bild herzustellen. In gewisser Weise bedeutet diese Abwandlung eine Bilderzeugungsprozedur, die sich eher als "Konstruktion" eines Bildes beschreiben läßt als "Wiederherstellung", wobei der erstgenannte Ausdruck im Folgenden allgemein verwendet wird, da er allgemein gültiger ist. Der gleiche mechanische Zusammenhang, unterstützt durch diesen Beitrag der Musterbildung durch geladene Partikel, ermöglicht das Weglassen von einem oder mehreren Segmenten bei der Bildkonstruktion. In ähnlicher Weise kann ein Segmentkatalog aus Gründen der Redundanz geschaffen werden, das heißt für die Einbeziehung von zwei oder mehreren identischen Segmenten in einer Maske, um einen Austausch von Anfangs defekten oder später beschädigten Segmenten zu ermöglichen.

[0018] Die Abweichung von dem einfachen Konzept, dass nämlich eine Mustermaske für ein kontinuierliches Chip einfach segmentiert wird, kann zu weiteren wirtschaftlichen Kostenvorteilen und auch zu einem Vorteil in der Größe der Anlage führen. Ein Segmentkatalog, selbst wenn er aus Gründen der Redundanz vorhanden ist, kann gewisse und wesentlich weniger Segmente für die wiederholte Verwendung enthalten. Dies gestattet die Verwendung einer kleineren Maske mit verschiedenen, damit einhergehenden Vorteilen, beispielsweise verringerte Masken-Kosten. Eine Größenverringerung der Maske ermöglicht eine entsprechende Größenverringerung der Apparatur, sowohl was die Aufnahme der Maske angeht, als auch, was möglicher Weise noch wichtiger ist, was die Größe des Linsensystems angeht. Eine Reduzierung der Apparaturgröße hat auch Vorteile in Hinblick auf den erforderlichen Platz und die aufzuwenden Kosten. Alternativ kann die zugelassene Verringerung der Anzahl von Segmenten in der Maske eine stärkere Verringerung des Verhältnisses von Maske und Wafer bei gegebener Apparaturgröße ermöglichen.

[0019] Verfahren gemäß der Erfindung können in vorteilhafter Weise Gebrauch machen von "Streufiltern", die selektiv Musterzeichnungs-Strahlung durchlassen oder sperren, je nach Streuwinkel, wie es allgemein durch die Maske vorgegeben ist. Für Prozesse, die von Musterbildungsinformation abhängen, welche mit Hilfe einer streuenden/nicht streuenden Maske in die Strahlung eingebracht wird, kann das Streufilter selektiv an sich nicht gestreute Strahlung durchlassen oder sperren. Erstere Funktion kann von einer einfachen Apparatur in einer ansonsten sperrenden Platte ermöglicht werden, wobei sich die Apparatur auf der optischen Achse befindet. Ein selektives Durchlassen gestreuter Strahlung kann durch eine ähnlich angeordnete, aber ringförmige Apparatur erreicht werden (natürlich muss eine Halterung für die zentral angeordnete Sperrzone vorhanden sein, ggf. durch Einsatz von einem oder mehreren feindimensionierten Stegen). Das Streufilter kann in Systemen, die von einer Absorptions-Transmissions-Maske sowie von Streuung/Nichtstreuung abhängen, die die Aufgabe haben, eine Kantenstreuung zu verringern, zu welchem Zweck von einer zentral angeordneten Apparatur Gebrauch gemacht wird.

[0020] Es ist übliche Praxis, einschlägige optische Systeme anhand von Musterbildungsstrahlung zu diskutieren, die durch parallele Strahlen an der Maske erzeugt wird. In diesem Zusammenhang, in welchem an sich ungestreute Musterbildungsstrahlen, die aus der Maske austreten, parallel zu der optischen Achse verlaufen, wird das Streufilter in der hinteren Brennebene des Systems angeordnet. Unter diesen Umständen definiert die hintere Brennebene die Stelle, an der derartige Strahlen einander kreuzen. Unter anderen Umständen fällt die Kreuzungsebene nicht mit der hinteren Brennebene zusammen, was die Anordnung des Streufilter an einer anderen Stelle bedingt. Die Anordnung des Streufilters an der Kreuzungsebene ermöglicht eine Verringerung der Apparaturgröße und ermöglicht eine bessere Entscheidung basierend auf dem Streuwinkel im Fall einer streuenden/nicht-streuenden Abbildung, um maximale Auflösung zu ermöglichen.

[0021] Nebenbei bemerkt, kann das Streufilter die zusätzliche Funktion haben, eine numerische Apertur zu definieren. Alternativ kann ein zweites Aperturfilter so ausgebildet sein, dass speziell diese Funktion erreicht wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0022] **Fig.** 1 ist eine schematische, perspektivische Ansicht einer segmentierten Maske gemäß der Erfindung, angeordnet in einer beispielhaften Projektionsapparatur, die so ausgerüstet ist, dass der Aufbau des Musters in der Bildebene ermöglicht ist.
[0023] **Fig.** 2 zeigt eine repräsentative Maske gemäß der Erfindung, wobei **Fig.** 2A die Maske und **Fig.** 2B einen Vergrößerungsabschnitt darstellt, jeweils in perspektivischer Ansicht.
[0024] **Fig.** 3 ist eine perspektivische Ansicht eines Maskensegments und zeigt sowohl Streben als auch Randleisten.
[0025] **Fig.** 4 umfasst: **Fig.** 4A, welche ein segmentiertes Muster für eine Maskenherstellung veranschaulicht, **Fig.** 4B, die eine entsprechende Zone einer derartigen Maske zeigt, und **Fig.** 4C, die das erzeugte Bild veranschaulicht, wie es auf dem Resistmaterial erscheint.

Detaillierte Beschreibung

Die Zeichnung

Figur 1

[0026] Diese Figur veranschaulicht schematisch eine zeit-sequentielle Ausleuchtung einer Maske **10** anhand der Beleuchtung von im vorliegenden Fall zwei einander benachbarten Segmenten **25** und **26**. Zuerst wird das Segment **25** mit Hilfe von Partikelstrahlen **11** exponiert, anschließend wird das Segment **26** mit Partikelstrahlen **12** exponiert. Die dargestellte Maske **10** besteht aus einer Membran **13**, die im Fall der dargestellten Apparatur ohne Öffnungen ausgebildet ist. Eine Apertur-Maske, wie sie für die Ionen-Musterbildung eingesetzt wird, wird an anderer Stelle diskutiert, würde keine andere Änderung der dargestellten Figur bewirken. Bei der Ausführungsform, bei der Strahlen **11** und **12** aus Elektronen bestehen, die vorzugsweise mit Hilfe einer Beschleunigungsspannung im Bereich von 50–200 kV (was 50–200 keV Elektronen bedeutet) Geschwindigkeit erhalten, besteht eine Membran **13** aus einem durchgängigen Flachstück, ausreichend transparent und von unzureichender Streuung für die erforderliche Abbildung. Um ein Beispiel zu geben: Die Membran kann aus einem 0,1 μm dicken Flachstück aus polykristallinem Silizium mit einer Kristallitgröße bestehen, die für Abbildungs-Anforderungen tolerant ist, beispielsweise bei einem Fünftel der kleinsten Merkmalabmessung. Das entwickelte Maskenbild wird definiert durch Sperrzonen **14**, im vorliegenden Fall durch streuende Zonen beispielsweise, gebildet durch polykristallines Wolfram. Zufriedenstellende Versuchsergebnisse wurden mit Hilfe von Sperrzonen **14** erreicht, die größenordnungsmäßig die gleiche Dicke wie die Membran **10** besaßen, bei einer Reihe von Versuchen besaßen die Sperrzonen eine Dicke von 0,05 μm (50 nm oder 500 Å). Randleisten **15** gemäß einem bevorzugten Aspekt der Erfindung bestehen aus dem gleichen Material und haben die gleiche Dicke wie die Sperr-/Streuzonen **14**. Was zu dem gleichen Ausmaß der Sperrung führt, beispielsweise dem gleichen Maß der Streuung (für den bevorzugten SCALPEL-Prozess). Halte-Streben **16**, die in Verbindung mit der **Fig.** 2 diskutiert werden haben beispielsweise eine Dicke von 0,1 mm und eine Höhe von 1,0 mm, wie sie von den Strahlen 11/12 angetroffen werden, sie sind so beabstandet, dass ein Maskensegment definiert wird, hier ein 1 mm großes Segment zwischen Streben **16**.
[0027] Die auftretenden Strahlen **11a** und **12a** veranschaulichen jenen Teil der Zeichnungsenergie, der von den Sperrzonen **14** oder den Randleistenzonen **15** nicht angetroffen und folglich nicht gestreut wird Teile der Belichtungs- oder Expositionsstrahlung, beispielsweise in Form von Elektronenstrahlung, die auf Musterbildungszonen **14** und auf Randleistenzonen **15** auftreffen und statistisch so gestreut werden, dass sie die Wafer-Ebene nicht erreichen, sind nicht dargestellt.
[0028] Ungesperrte Exposition, die folglich vornehmlich aus Strahlen **11a** und aus strahlen **12a** besteht, wird mit Hilfe einer ersten elektromagnetischen/elektrostatischen Projektionslinse **17** zum Konvergieren gebracht, um dadurch Strahlenabschnitte **11b** und **12b** zu bilden, die zu Kreuzungsstrahlen, beispielsweise Strahlen **11c** und **12c** an der Stelle **18** werden, wobei die Kreuzungsstelle sich in der Ebene des Apertur-Streufilters **19** befindet. Wie bereits diskutiert, befindet sich das Filter **19** beispielsweise auf der hinteren Brennebene, in der die Strahlen **11a** und **11b** parallel zur optischen Achse verlaufen.
[0029] Eine zweite Projektionslinse **22** ist so aufgebaut und wird derart mit Energie gespeist, dass die Strahlen jedes Strahlenbündels, gebildet aus Strahlen **11c** und **12c**, eine parallele Lagebeziehung erhalten. Im Fall der Strahlen **11d**, es sind dies die Strahlen des Bündels auf der optischen Achse, reicht beispielsweise die Wirkung der Linse **22** aus, damit die Strahlen orthogonal auf dem Wafer **24** auftreffen, soweit die Strahlen auf der Achse liegen. Für gegenüber der Achse versetzte Strahlenbündel, beispielsweise hier bei dem Bündel, das aus den Strahlen **12c** besteht, ist eine Umlenkung erforderlich, um eine Kompensation für die umgangenen Streben **16** sowie die Randleisten **15** zu erreichen. Diese "Zusammenheft"-Wirkung liegt in der Verantwortlichkeit von Zusammenheft-Ablenkern **20** und **21**. Die Ablenken **20** werden derart mit Energie gespeist, dass sie die außerachsigen Strahlen wie z. B. die Strahlen **12c** der-

art umlenken, dass sie zu neupositionierten Strahlen werden, die hier mit **12d** bezeichnet sind. Die Funktion der Ablenken **21** besteht darin, eine End-Richtungssteuerung zu bewirken, so dass Strahlen **12e** bei der dargestellten Prozedur entstehen, die in Nebeneinanderstellung mit den Strahlen **11d** Abbilder der betreffenden Streben **5**, **16** und Randleisten **15** beseitigen.

[0030] Wie an anderer Stelle im Rahmen der vorliegenden Offenbarung richtet sich die Beschreibung in besonderem Maße auf eine Vorrichtung und auf Verfahrensaspekte, die in einzigartiger Weise mit der Erfindung zu tun haben. Der einschlägige Stand der Technik bewegt sich auf einem hochentwickelten Niveau, einem Niveau, welches abträgliche Effekte stillschweigend eliminiert, ebenso wie wahrscheinlich anzutreffende Verzerrungen. Die erfindungsgemäße Lehre läßt sich unter Einsatz all derartige Vorrichtungen und Verfahren sowie zukünftiger Abwandlungen implementieren. Linsen, wie sie bei 17 und 22 dargestellt sind, dienen als Beispiel. Es erscheint unangemessen, detaillierte Entwurfs-/Verarbeitungsbedingungen einzubeziehen, da diese ohne weiteres aus der Literatur entnehmbar sind. Experten auf diesem Gebiet kennen sich aus mit Anlagen und Entwürfen für passende Fokussierung, insbesondere was die Beeinflussung der Richtung geladener Teilchen angeht. Es wird verwiesen auf Standard-Texte wie beispielsweise P. Dahl, Introduction to Electron and Ion Optics, Academic Press, New York (1973). Diese Schrift zeigt die gegenseitige Austauschbarkeit von elektrostatischen und magnetischen (eher elektromagnetischen) Linsen.

[0031] Die Bezugzeichen **17** und **22** sind entsprechend auszulegen. Repräsentative, dargestellte Strukturen sind ringförmige Bipole mit nicht dargestellten Aktivierungsspulen. Während es wahrscheinlich ist, dass eine kommerzielle Apparatur diese Form zumindest am Anfang annimmt, so soll die Darstellung nur beispielhaft sein. Bezugnahme auf diese Elemente erfolgt vereinbarungsgemäß unter dem Begriff "Linsen". Linsenfunktionen werden bewirkt durch Feldmuster, die durch die dargestellten Strukturen erzeugt werden. Die nummerierten und dargestellten Elemente sind tatsächlich die Generatoren oder Erzeuger von Feldmustern, um die es geht, und nicht die Muster selbst. Gleichermaßen ist die Darstellung von lediglich zwei derartigen "Linsen" nur repräsentativ zu verstehen. Eine Abbildung erfordert tatsächlich mindestens zwei Linsen, während eine reale Apparatur, ausgebildet zum Kompensieren von vielfältigen Verzerrungen, eine oder mehr zusätzliche Linsen enthalten kann.

[0032] Zum Zweck der Stromüberwachung, dh. der Anzahl geladener Partikel, die auf dem Detektor auftreffen, ist ein sogenannter Rückstreu-Elektronen-Detektor (mit jeweils Back Scattered Electron Detector) vorgesehen. Dessen Einsatz kann auf berechneten Ergebnissen beruhen, ohne einfach auf einer versuchsweisen Beobachtung früherer, damals als angemessen betrachteter Bedingungen.

[0033] Wie oben angegeben, kann die passende Temperatur auf Textmaterial beruhen wie beispielsweise von P. Dahl, Introduction to Electron and Ion Optics, Academic Press, New York (1973); L. M. Myers, Electron Optics, Van Nostrand Co., Inc., New York (1939); und Magnetic Electron Lenses, P. W. Hawkes, (Herausgeber), Springer Verlag, New York (1982). Brauchbare Entwurfsmöglichkeiten für Elektronen-Musterzeichnungen können von Erfahrungen Gebrauch machen, die sich aus der Elektronenmikroskopie sowie Anlage für direkte Musterbildung ergeben.

[0034] Wie anderweitig im Rahmen der vorliegenden Offenbarung erwähnt, ist die spezifische Beschreibung lediglich beispielhaft. Beispielsweise wird das Zusammenheften in Verbindung mit Strahlbündeln erläutert, die senkrecht auf dem Wafer auftreffen. Tatsächlich kommen Umstände in Betracht, unter denen derartige Strahlbündel nicht notwendiger Weise senkrecht auftreffen, sondern die Strahlbündel unter spezifischen, sich ändernden Auftreffwinkeln auftreffen. Die US-Anmeldung 07/852 272 betrifft speziell ein Verfahren, das als eine bevorzugte Spezies der Erfindung dienen kann. Jene Anmeldung berücksichtigt die Bewegung der Bildinformation, entweder ein Segmentteil oder ein gesamtes Segment, oder - alternativ -- einen Abtaststrahl, der bei der Musterausleuchtung auf dem Wafer auftritt und schräg verlaufen kann. Die Streben **42** können, wie **Fig.** 3 zeigt, sich in einem Ausmaß verjüngen, wie es erforderlich ist, um eine solche "Schrägabtastung" zu ermöglichen.

[0035] Die Beschreibung dieser Figur erfolgt in Übereinstimmung mit anderweitiger Diskussion hier vornehmlich bezüglich der aus der vorliegenden Erfindung resultierenden Variante. Die Figur setzt eine geeignete Partikelquelle voraus, beispielsweise in Form der Strahlen **11** und **12**. Bekannte Quellen für Elektronen- sowie Ionenstrahlung sind an anderer Stelle beschrieben, vergl. Ludwig Reimer, Transmission Electron Microscopy, Seiten 86–99, Springer Verlag, New York (1984); und "Beam Processing Technologies", VLSI Electronics Microstructure Science, Herausgeber N. G. Einspruch et. al, Academic Press, v. 21, Seiten 157–203 (1989).

[0036] Eine geeignete Quelle liefert Elektronen, die von einer einkristallinen Lanthan-Hexafluorid-Quelle mit einer Beschleunigung von 70 keV emittiert werden. (Eine passende Kathodenquelle ist beschrieben in dem oben zitierten Artikel "Transmission Electron Microscopy). Derzeit verfügbare Quellen können Elektronen liefern, die auf 70 keV ± 5eV mit einer Helligkeit von etwa 1×10^6 A/cm^2/Strang und einem Strom von etwa 5 mA beschleunigt sind. Eine Apertur von etwa 1 mrad kann als Eintrittspupille für die Beleuchtungslinse dienen, um einen effektiv parallelen Strahl mit einem Querschnitt von etwa 1 mm bei im wesentlichen gleichförmiger Dichte zu erhalten, der in Erscheinung tritt wenn der Strahl exponiert bei Auf-

treffen auf eine Maske wie beispielsweise der Maske **13** in **Fig.** 1 sofort die Gesamtheit eines 1 mm großen Segments, die aus der Diskussion dieser Figur hervorgeht, der auftretende, jetzt mit einem Muster versehene Strahl wird dann unter dem Einfluss einer ersten Projektionslinse (der Linse **17**) so fokussiert, dass ein Brennpunkt in der einen Durchmesser von 100 µm aufweisenden Apertur eines Streufilters entsteht (in Übereinstimmung mit einer Brennweite von 10 cm und einem Akzeptanzwinkel von 1 mrad für ein Apertur-Streufilter wie das in **Fig.** 1 gezeigte Filter **19**). Der anschließende Durchgang durch eine zweite Projektionslinse und eine Verschiebung mit Hilfe der Zusammenheftungs-Dipoldeflektoren **20**, **21** führt zu der Rekonstruktion des Wafer-Bildes.

[0037] Die bisherige Beschreibung betraf die Verkleinerung von der Maske auf den Wafer, etwa in einem Verkleinerungsverhältnis von 4x von 5x. Grundprinzipien der Erfindung sind gleichermaßen auf andere Verkleinerungsverhältnisse zwischen Maske und Wafer anwendbar, auch auf 1 : 1-Systeme, ja sogar auf eine Vergrößerung (obschon derzeit für diese Besonderheit kein Bedarf zu erkennen ist).

Figur 2

[0038] **Fig.** 2A zeigt eine mittels Streben gehalterte Membran-Maske **30**. Die Maske **30** wird von einem Ring **31** gehalten, letzterer mit geeigneter Steifigkeit und Temperaturtoleranz sowie weiteren Bedingungen aufgebaut. Es wird angenommen, eine 4x-Maske 30 trage ein Einzelchip-Muster, ausgestaltet für ein dem Stand der Technik entsprechenden Chip von etwa 1 cm Größe; in diesem Fall beträgt der Innendurchmesser des Innenrings 31 ≈ 5 – 6 cm. Dicke sowie Höhe betragen ≈1 cm, was sich für einen Glasring als angemessen erwiesen hat.

[0039] Wie in **Fig.** 2 zu sehen ist, ist die von der Rahmenleiste **34** umschlossen Maskenfläche durch ein Rost von Streben **33** gehaltert, was Segmente bildet.

[0040] Betrachtet man einen 1-Gigabite-DRAM mit einer funktionellen Chipfläche von 35 × 17mm^2 in Masken-Wafer-Verkleinerungsfeld von 4 : 1, so besitzt die dargestellte Maske **30** eine Maskenfläche von 140 mm × 68 mm. Die Detailansicht der **Fig.** 2B zeigt zwei Segmente **32**, die von Randleisten **34** definiert sind und von Streben **33** gehaltert sind, jeweils mit einer Dicke W ≈ 0,1 mm und einer Höhe Z ≈ 1,0 mm, so dass ein Segment-Mittenabstand L von ≈1,0 mm verbleibt. Die Membran **30** hat typischer Weise eine Stärke t in Bereich von 500 Å bis 2000 Å. Die angegebenen Abmessungen haben sich als geeignet erwiesen für ein Membranmaterial aus Silizium oder Siliziumnitrid und für Streben, die aus elementarem Silizium oder aus Quarzglas gefertigt sind. Die angegebenen Abmessungen für die Haltestreben sind konservativ, indem sie zu einer Durchbiegung von weniger als ≈2 µm insgesamt führen, angemessen für die angestrebte Genauigkeit der Entwurfsregeln von 0,1 mm. Der endgültige Entwurf wird wohl auf Versuchen beruhen. Allgemein gesagt, ist das Durchhängen proportional zu L^4, die Steifigkeit ist proportional zu t^3 (der dritten Potenz der Membranstärke).

Figur 3

[0041] Diese Figur zeigt ein Maskensegment **40**, das von Streben **41** und **42** getragen wird. In diesem Fall sind die Streben so angeordnet, dass sich ein Segment-Mittenabstand mit einer Gesamtspanne von. 1,3 mm ergibt, so dass Randleisten **43** und **44** möglich sind und eine funktionelle Größe von 1,0 mm für ein Maskensegment und die Abbildungszone der Maske erreicht wird. Solche Abmessungen sind für eine Membranstärke t im Bereich von 500–1000 Å. geeignet. Streben **41** und **42** sind gemäß Darstellung verjüngt ausgeführt, beginnend bei einer maximalen Dicke von ≈0,1mm bei der Berührungsstelle mit der Maske, bis hin zu etwa 0,08 bei einer Höhe von 1 mm. Wie bereits oben diskutiert, dient die Verjüngung zur Anpassung der Art der Abtastung, wie dies in der US-Anmeldung 07/852 272 beschrieben ist.

[0042] **Fig.** 4 umfasst vier Ansichten **4A**, **4B** und **4C**, die die Segmentierung des Aufbaus einer Maske und den Aufbau eines endgültigen Wafer-Abbilds veranschaulichen. Masken- und Wafermuster haben gemäß Darstellung gleiche Abmessungen entsprechend einer 1 : 1-Projektion von Maske zu Wafer. Während dies im Rahmen der erfindungsgemäßen Lehre liegt, sehen bevorzugte Ausführungsformen jedoch eine Verkleinerung vor.

[0043] In **Fig.** 4A ist das Muster **50** in Viertel **51**, **52**, **53** und **54** aufgeteilt und beinhaltet Streben **55** und **56** an den gestrichelten Linien. **Fig.** 4B zeigt entsprechende Zonen einer Maske oder eines Maskenausschnitts **59**, der zum Zweck der Darstellung als auf einem Material kreisförmigen Querschnitts **60** gelagert dargestellt ist. In dieser Figur sind die nun ausgeführten Streben **57** und **58** (an den Stellen **55** und **56**) von Randleisten **59** bzw. **60** umfasst. Mustersegmente **51**, **52**, **53** und **54** sind in den Maskensegmenten **61**, **62**, **63** bzw. **64** enthalten. Sequentielles Drucken der Segmente **61** bis **64** in der Weise, dass diese nebeneinander liegen und die Streben und Randleisten **57**, **58**, **59** und **90** - durch Zusammenheften der Segmente - beseitigt sind, führt zu dem konstruierten Bild 70, das in der Ansicht der **Fig.** 4C gezeigt ist.

Allgemeines

[0044] Wie in dem Kapitel "Offenbarung der Erfindung" angeregt ist, kann die Maske eine Anzahl von Formen annehmen, die als Segmentkatalog dienen oder einen solchen enthalten, um für das Zusammenheften eines fertigen Wafer-Bilds ausgewählt und positioniert zu werden. Eine zulässige Verringerung der Anzahl von Maskensegmenten kann folgende Vorteile erbringen: verringerte Kosten, geringere Baugröße, mögliche Redundanz (Einbeziehung von zwei

oder mehreren identischen Elementen, um Defekte zuzulassen und dadurch die Lebensdauer der Maske zu verlängern) und dergleichen. Es wird erwartet, dass die anfängliche Verwendung der Erfindung die Form der direkten Erweiterung derzeitiger Praxis annimmt, wobei ein kontinuierliches Chip-Muster in einfacher Weise (durch Streben und Randleisten) segmentiert wird. Übereinstimmend mit der Gesamtoffenbarung betrifft dieser Abschnitt hauptsächlich solche Maßnahmen.

[0045] Die Erfindung ist abhängig von dem Einsatz der Exposition mit geladenen Partikeln, entweder Elektronen oder Ionen. Das Drucken aufeinanderfolgender Segmente durch Projektion durch die vielfach segmentierte Maske hat den Vorteil des exakten Masken-/Chargenverhältnisses für jede Form der Exposition. Unabhängig davon, ob die ausgewählte erfindungsgemäße Vorgehensweise einen Arbeitsschritt/Wiederholungsschritt-mit oder ohne Bewegung des Bildes und/oder Objektbühne während des Drucks eines gegebenen Segments - beinhaltet, eine exakte Steuerung zwecks Erfüllung der Platzierungsanforderung zieht Vorteil aus der Unveränderlichkeit dieses Verhältnisses.

[0046] Für die einfachste Vorgehensweise, mit der die Gesamtheit eines mittels Streben identifizierte Sequenz gleichzeitig projiziert wird, kann das Zusammenheften oder Zusammenfügen die ausschließliche Domäne einer programmgesteuerten Ansteuerung von Deflektoren wie z. B. der Elemente **20** und **21** aus **Fig.** 1 sein. Für eine Betriebsart beinhaltet der das Zusammenheften umfassende Lithografieschritt auch die mechanische Bewegung. In dieser Betriebsart werden sowohl die Masken- als auch die Waferbühne bewegt, und zwar mit einem Geschwindigkeitsverhältnis, welches angepasst ist an das Größenverhältnis zwischen Maske und Wafer (beispielsweise wird das Masken-Wafer-Abbildungsverhältnis von 4 : 1 mit einem erhöhten Geschwindigkeitsverhältnis bearbeitet, wie es von der Streben-/Randleisten-Segmenttrennung vorgegeben wird für das dargestellte Zweilinsensystem verlaufen Masken- und Waferbewegung entgegengesetzt.

[0047] Weitere Betriebsarten sind möglich und ziehen gleichermaßen Nutzen aus dem erfindungsgemäßen Verfahren. Möglich dabei ist eine Rasterabtastung mit Hilfe eines Strahls kleinen Durchmessers in Relation zu dem zu projizierenden Segment. Diese Abwandlungsform kann ebenfalls Vorteile aus dem Schrägabtastverfahren gemäß der US-Patentanmeldung 07/852 272 ziehen.

Maskenentwurf

[0048] Wie bereits erwähnt, wird der Maskenentwurf hier anhand einer einfachen, kontinuierlichen Mustermaske erläutert, allerdings ausgestattet mit den Streben und Randleisten gemäß der vorliegenden Lehre. Weiterhin betrifft die Diskussion allgemein die bevorzugte Ausführungsform, die sowohl Elektronen-Bestrahlung als auch den Einsatz einer kontinuierlichen, aperturfreien Streuungs/Nichtstreuungs-Maske beinhaltet, geeignet für die Elektronenbestrahlung. Im speziellen Fall betrifft die Beschreibung der Maske ein 4x-Verkleinerungssystem, ausgestaltet für die Bildung eines 17 × 35-mm-DRAM-Chips. Die kleinste Maskengröße ermöglicht eine Reserve von 30% für lineare Abmessungen zur Fertigung von Streben und Randleisten, was zu einer 90 × 180 mm-Maske führt. Die Bildung eines Rosts soll die Maske innerhalb von ±2μm flachhalten.

[0049] Mernbranfläche - die maximale nichtunterstützte Membranfläche läßt sich durch folgende Formeln ableiten, die den Differenzdruck P, der auf die Membran bei maximaler Auslenkung δ einwirkt und die in der Membran zustandekommende Spannung σ in Beziehung zueinander setzt:

$$P = \frac{4\delta t}{r^2}\left[\sigma_0 + \frac{2Et^2}{3(1-v)r^2}\right]$$

$$\sigma f = \left[\frac{E\delta_{max}{}^2}{2r^2}\right] = \left[\frac{P_{max}\, r^2}{4t\delta}\right]$$

wobei r = Membramadius, t = Membrandicke und σf = Bruchfestigkeit. Eine Bruchfestigkeit von ≈1GPa, wie sie im Versuch für 0,1 μm dicke Membranen aus polykristallinem Silizium beobachtet wurde, entspricht einem Differenzdruck von 0,9 Atmosphären für eine Segmentabmessung von 1,2 mm - ein Wert, der ausreicht für die in Betracht kommenden Anforderungen.

Roststruktur

[0050] Spezielle Anforderungen werden als nicht im Rahmen der vorliegenden Beschreibung erforderlich betrachtet. Eine beispielhafte Struktur ist in Verbindung mit **Fig.** 2 dargestellt. Am wichtigsten ist, dass das erfindungsgemäße Verfahren abhängt von der Definition der durch die Randleisten zu druckenden Zone, möglichst definiert während des gleichen Zeichen-/Entwicklungsverfahrens, welches auch für die Merkmalserzeugung in der zu druckenden Zone verwendet wird. Möglich ist auch ein beschleunigtes Zusammenfügen oder- heften, um die gewünschte Präzision zu erzielen. Wie bereits diskutiert, können auch Randleisten einem zusätzlichen Zweck dienen - bei passenden Betriebsbedingungen können sie eine solche Breite haben, dass sie Zeichnungsenergie in der Strahlführung absorbieren oder streuen und so eine Aufheizung der Streben vermeiden oder verringern, Ansonsten könnte eine Aufhetzung zu einer Streben-Ausdehnung kommen, mit dem Ergebnis einer Maskenverzerrung, die eine stärkere Zu-

sammenheft-Steuerung erfordert. Unter Versuchsbedingungen wurde eine auf 50 kV beschleunigter Elektronenstrahl mit einem Nenn-Querschnitt von 1 mm beobachtet, der Abfallzonen ("Keulen") besaß, die sich in einem für eine Erhitzung relevanten Abstand von 100 mm erstreckten. Die Vermeidung der Strebenerhitzung wird dementsprechend durch ähnlich dimensionierte Randleisten erreicht. In der vorliegenden Darstellung beläuft sich die Segment-Reserve einschließlich 100 mmStreben auf insgesamt 300µm. Ein Masken-Druckflächenbereich von 1 × 1 mm^2 erfordert also eine Membranzone mit einer größeren 1,3 × 1,3 mm zwischen den Streben (30% Zuschlag).

[0051] Weitere Erwägungen für den Maskenentwurf ergeben sich aus Timoshenko "Theory of Plates and Shells", McGraw Hill (1940) die auf den Seiten 228, 229 dargelegten Beziehungen ermöglichen Maskenabmessungen für eine maximale Auslenkung **5** von 1–2 µm. Entsprechende Gesamtrostabmessungen - die Abmessung der gesamten Arbeitsmaske - wie sie sich durch die Berechnung ergeben, betragen 10 cm für die kürzere Spanne zwischen zwei Streben für einen 2 : 1-Rechteckrost und 15 cm für einen quadratischen Rost. Photoform®-Glas ist ein Beispiel für eine Klasse fotoempfindlicher Glase, die mit einer Polysilizium-Membran kompatibel sind und auch ansonsten den oben angesprochenen Erforderungen genügen.

[0052] Eine detaillierte Betrachtung der zur Umsetzung der Erfindung in die Praxis geeigneten Software, insbesondere in Verbindung mit dem Zusammenheften z. B. dem Bild-Wiederaufbau braucht im Gegenstand der vorliegenden Beschreibung nicht abgehandelt zu werden., Die Erfindung wird vornehmlich im Rahmen des raschen Einsatzes in der Anlage beschrieben, der durch das zuverlässige Massen-Ladungsverhältnis von Ionen oder Elektronen und eine Geschwindigkeitssteuerung zu erreichen ist. Es ist die Realisierung dieser Besonderheit, die den erfindungsgemäßen Fortschritt bietet. Die Programmierung/Software, die verschiedene Faktoren berücksichtigt und so zu einer präzisen Bild-Rekonstruktion führt, ist bekannt.

Aufbauprozedur

[0053] Die verschiedenen Faktoren, die erforderlich sind zum Erzielen der angestrebten Bildrekonstruktion, wurden in angemessener Weise dargelegt. Der gesamte Prozess läßt sich gleichzeitig mit der waferweisen Fertigung durchfahren. Unter zahlreichen Umständen jedoch, bei denen die Fertigung vieler identischer Wafer erfolgt, wird eine gewisse Zeit und Kostenersparnis dadurch erreicht, dass man die verschiedenen Korrekturen - Aberrationen/Verzerrungen - in eine Anfangsprozedur einbezieht, um im Zuge der Fertigung dann eine passende Eichung und Korrektur zu erzielen. Während sich zwar die Bedingungen ändern und dementsprechend eine wiederholte Eichung/Korrektur erfordern, so ist abzusehen, dass die Fertigung von zahlreichen Wafern ohne Änderung möglich ist. Bei einer bestimmten Kombination betrachteter Umstände ist zu erwarten, dass eine Eichung oder Kalibrierung tageweise vorgenommen werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Bauelements mit einer Entwurfsregel von 0,5 Mikrometer (0,5 µm) oder darunter, umfassend mindestens einen lithografischen Zeichnungsschritt, der die Projektion von Bildinformation eines kontinuierlichen Bildes enthaltender aufgeladener Teilchen auf ein bildgebendes Material beinhaltet, wobei die Teilchen eine durch ein Beschleunigungsfeld bestimmte Geschwindigkeit besitzen und Bildinformation den Teilchen durch den Durchgang durch Abbildungszonen einer Maske vermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungszonen Maskensegmenten entsprechen, von denen mehrere Segmente erforderlich sind, um das kontinuierliche Bild auf dem bildgebenden Material zu definieren, und dass die Segmente von Streben (**16**, **33**, **41**, **42**, **55**, **56**, **57**, **58**) einer solchen Abmessung und Steifigkeit, dass mechanische Zuverlässigkeit der Abbildungszonen garantiert ist, und durch lithografisch definierte Randleisten (**15**, **34**, **43**, **44**, **59**, **60**), die relativ zu den Streben so positioniert sind, dass die Randleisten die Grenzen der Bildzonen definieren, die zur Formung des kontinuierlichen Bildes kombiniert sind, verbunden sind, wobei die Abbildung eine Ablenkung der Abbildungspartikel mit sich bringt aufgrund der Wechselwirkung mit einem richtungsändernden Feld, um dadurch Partikel so umzulenken, dass sowohl Streben als auch Randleisten innerhalb des kontinuierlichen Bildes eliminiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Bauelement im wesentlichen aus einer integrierten Schaltung besteht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Partikel Elektronen sind, wobei die Beschleunigungsspannung mindestens etwa 50 kV beträgt, Segmentierungszonen eine kontinuierliche, öffnungsfreie Membran aufweisen, die die Sperrzonen und die Randleisten sperren, die beide statistisch durchgängige Elektronen streuen, um die Wahrscheinlichkeit für die Ankunft an dem bildgebenden Material wesentlich zu reduzieren und dadurch ein Bild zu definieren, welches aus statistisch nicht gestreuten Elektronen gebildet wird, die durch Maskenzonen zwischen Sperrzonen hindurch transmittiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Projektionsabbildung eine Verkleinerung des Maskenbildes mit sich bringt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Verkleinerung bei einem Verhältnis von mindestens 2 : 1

linear erfolgt, und wobei die Membran in den mehreren Zonen eine Dicke von maximal etwa 200 nm (2000 Å) aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Projektion eine sukzessive sofortige Bildprojektion von aufeinanderfolgenden, Segmente enthaltenden Bildern mit sich bringt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Partikel Ionen sind, wobei die Beschleunigsspannung mindestens 50 kV beträgt, wobei die segmentierenden Zonen eine Membran mit beträchtlichem Absorptionsvermögen für erhaltene beschleunigte Ionen aufweist und diese Membran mit Öffnungen versehen ist, so dass Bildinformation im wesentlichen aus resultierenden Öffnungen und erhaltenem Membranmaterial ohne Öffnungen in umschlossenen Abbildungszonen besteht.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem mindestens zwei benachbarte Segmente auf der Maske mindestens einmal dazu benutzt werden, benachbarte Bildzonen in dem kontinuierlichen Bild auf dem bildgebenden Material mit Segmenten zu liefern, wobei diese, wenn sie auf dem bildgebenden Material relativ zu der Maske anders positioniert sind, als Katalogsegmente bezeichnet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem im wesentlichen sämtliche benachbarten Zonen auf der Maske in einem solchen kontinuierlichen Bild benachbart sind, dass im wesentlichen die Gesamtheit des kontinuierlichen Bildes aus Katalogsegmenten besteht.

10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem mindestens zwei benachbarte Segmente auf der Maske zumindest einmal durch ein oder mehr weitere projizierte Segmente in dem kontinuierlichen Bild auf dem bildgebenden Material separiert sind, wobei Segmente, die auf dem bildgebenden Material relativ zu der Maske anders positioniert sind, als Katalogsegmente bezeichnet werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem mindestens ein Katalogsegment mindestens zweimal projiziert wird, so dass sich eine wiederholte Abbildung bei dem Aufbau eines solchen Bildes ergibt.

12. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem mindestens zwei Katalogsegmente identisch sind und das Verfahren die Auswahl zwischen solchen mindestens zwei Katalogsegmenten beinhaltet.

13. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Anzahl von Maskensegmenten gegenüber der Anzahl projizierter Segmente so reduziert wird, wie es in dem aufgebauten Bild erforderlich ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Maskensegmente in ihrer Lage Abbildungszonen derart entsprechen, dass sie jedes Maskensegment einmal während des Bildaufbaus projiziert wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

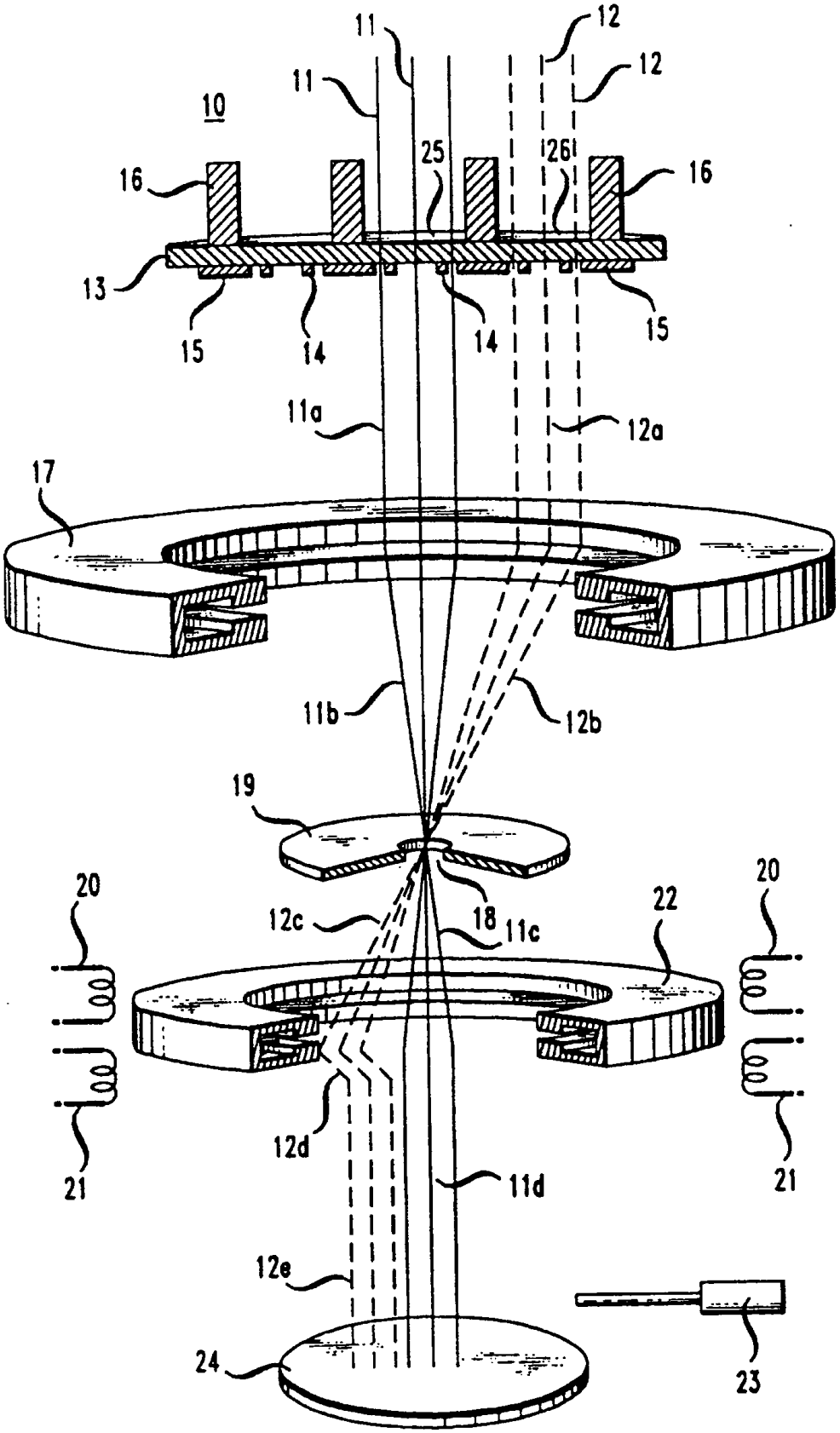

FIG. 2

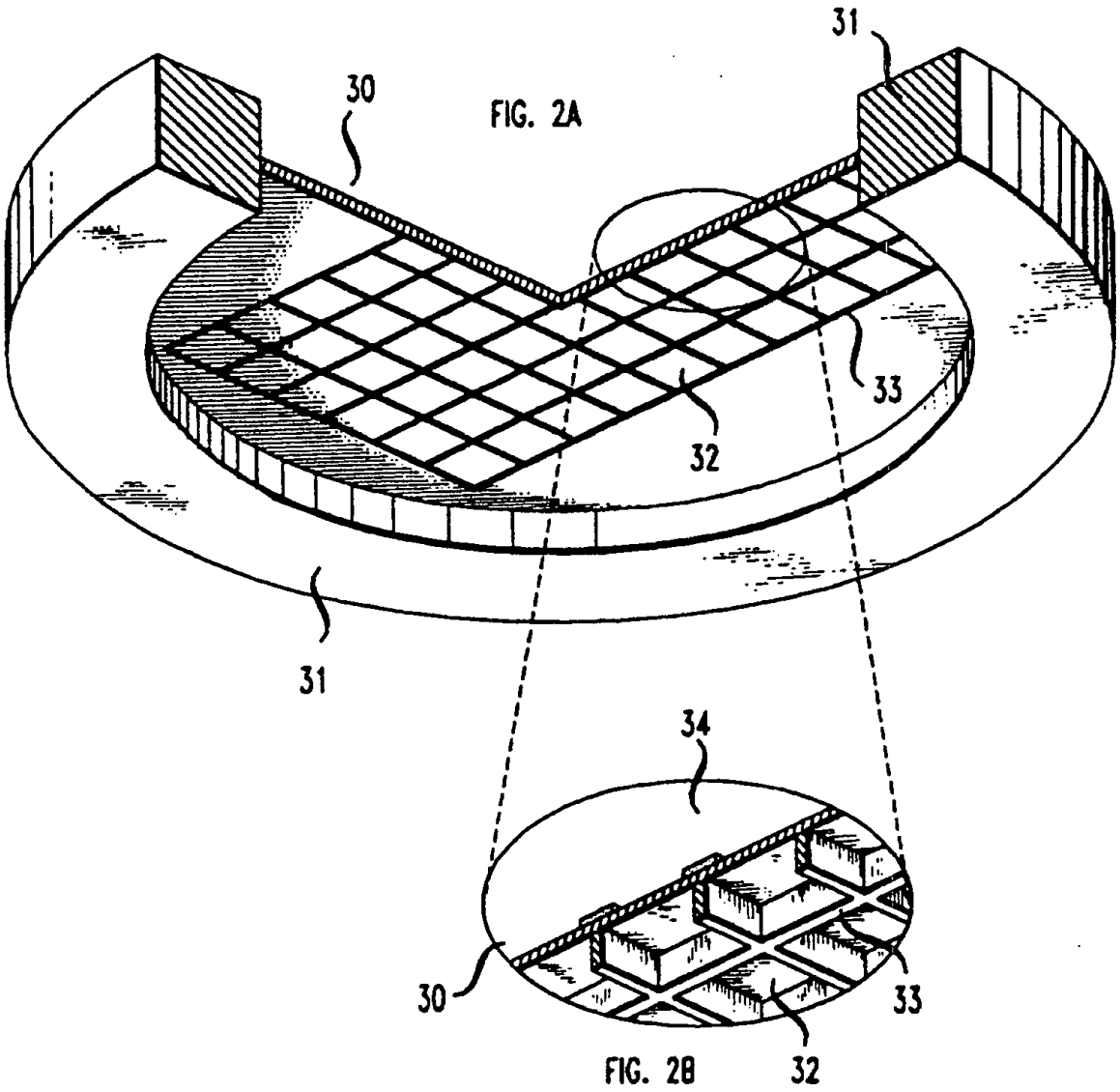

FIG. 2A

FIG. 2B

FIG. 3

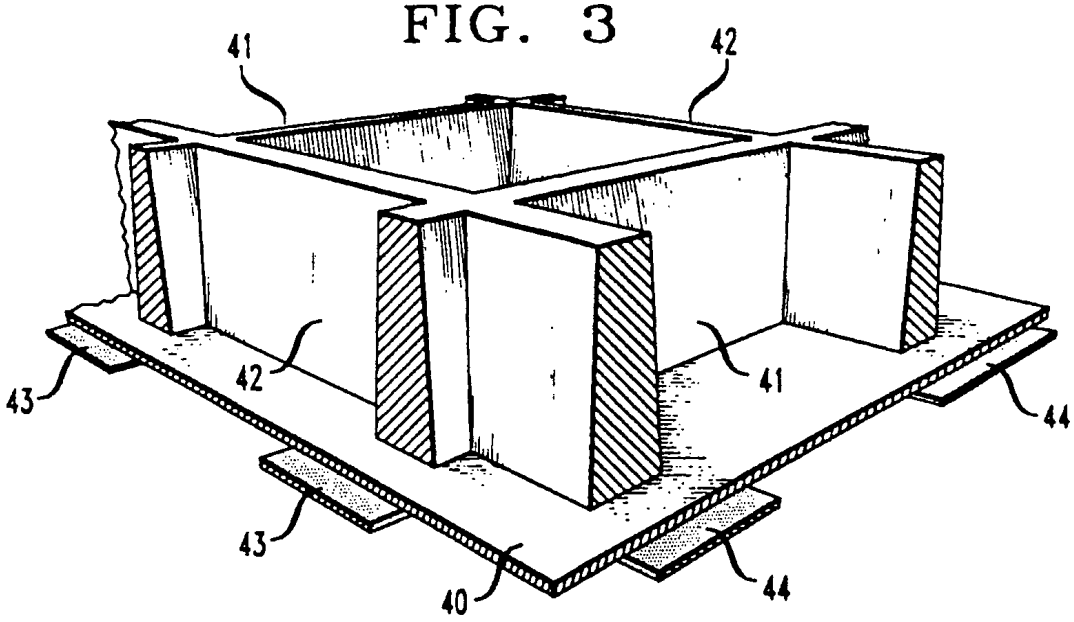
41
42
43
42
41
44
43
40
44

FIG. 4

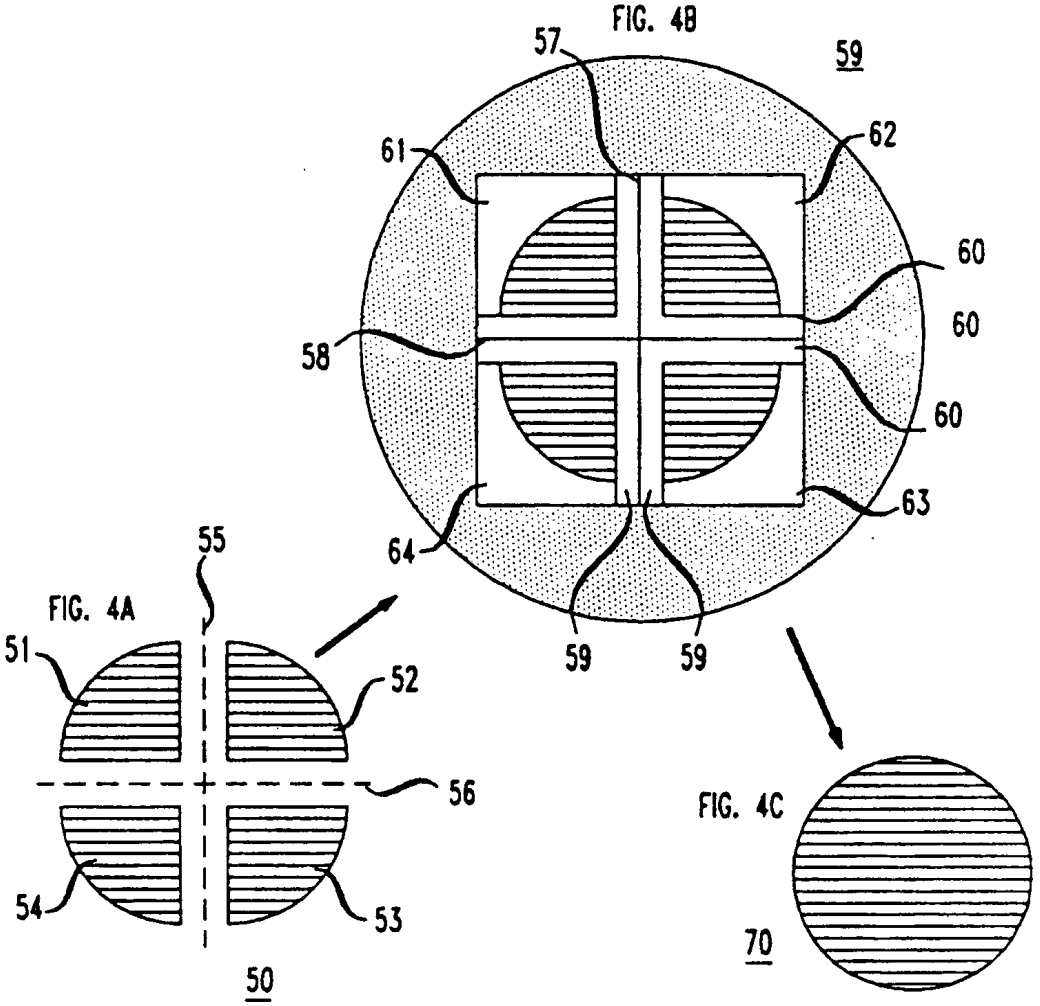
FIG. 4B
57
59
61
62
60
60
58
60
63
64
59
59
55
FIG. 4A
51
52
56
54
53
50
FIG. 4C
70