



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 040 764.9

(51) Int Cl.⁸: G03F 1/00 (2006.01)

(22) Anmelddatum: 23.08.2004

H01L 21/822 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 08.09.2005

G06F 17/50 (2006.01)

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17.02.2011

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

(30) Unionspriorität:

10/648,493 25.08.2003 US

(72) Erfinder:

Mellmann, Joerg, Williston, Vt., US

(73) Patentinhaber:

Qimonda AG, 81739 München, DE

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

US 65 74 784 B1
US 2003/01 18 917 A1

(74) Vertreter:

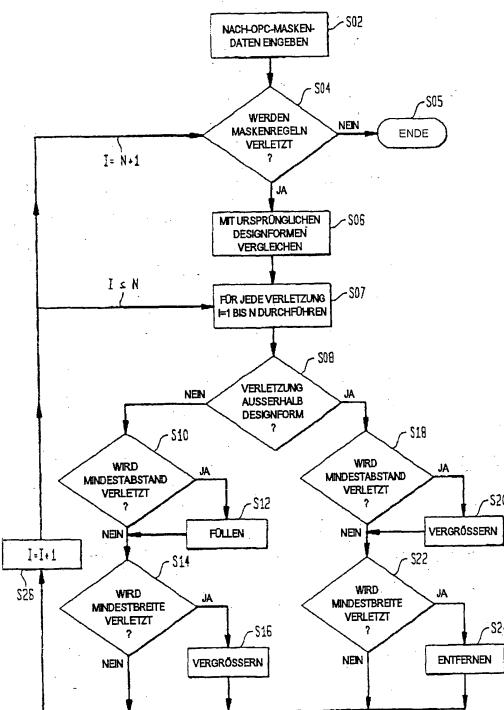
Epping Hermann Fischer,
Patentanwaltsgeellschaft mbH, 80339 München

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Korrigieren von Verletzungen von Maskenregeln nach optischer Nachbarschaftskorrektur**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Korrigieren von Regelverletzungen einer Fotomaske unter Verwendung einer digitalen Darstellung der Fotomaske, umfassend:

– Identifizieren (S02) von Verletzungsbereichen der Fotomaske anhand einer digitalen Darstellung der Fotomaske, wobei die Verletzungsbereiche Bereiche (102, 112, 114), die eine Mindestbreitenregel verletzen, und/oder Bereiche (104, 108, 110), die eine Mindestabstandsregel für die Fotomaske verletzen, enthalten, und

– unterschiedliches Bearbeiten (S12, S16, S20, S24) jedes der Verletzungsbereiche in Abhängigkeit von der Platzierung des Verletzungsbereichs relativ zu einer Designform (101) einer Layoutstruktur, die mit der Fotomaske abgebildet werden soll, wobei das Bearbeiten zu dem Zweck durchgeführt wird, die Regelverletzungen zu eliminieren, und wobei das Bearbeiten in Abhängigkeit davon erfolgt, ob der jeweilige Verletzungsbereich innerhalb oder außerhalb einer Designform der Layoutstruktur liegt (S08).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Fotolithografie. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Korrigieren von Regelverletzungen in einer digitalen Darstellung einer Fotomaske, insbesondere nachdem die digitale Darstellung hinsichtlich optischer Nachbarschaft (optical proximity) korrigiert worden ist.

[0002] Bei der Herstellung integrierter Schaltungen beinhaltet der Prozess des Umwandelns eines gewünschten elektrischen Schaltplans in Strukturen, die auf eine integrierte Schaltung ("IC" oder "Chip") abgebildet werden sollen, viele Schritte. Der elektrische Schaltplan wird zuerst in ein gewünschtes Chiplayout mit einem Satz von Strukturen umgewandelt, die auf einem Halbleiterchip hergestellt werden sollen. Ein solches Chiplayout enthält auf einer niedrigsten und am dichtesten strukturierten Ebene des Chips in der Regel Strukturen für Leiter, Strukturen für aktive Halbleiterbereiche und Strukturen für Isolationsbereiche. Das Chiplayout enthält auf höheren Ebenen des Chips auch Strukturen für die Leitungsführung. Diese Strukturen werden in der Regel durch fotolithografische Abbildung auf eine Fotolackschicht durch mehrere Fotomasken (im folgenden "Masken") auf dem Chip erzeugt, wobei jede Maske einen Satz von Maskenstrukturen zum Erzeugen der Strukturen in dem Fotolack aufweist.

[0003] Ein fotolithografisches Abbildungssystem enthält eine Belichtungsquelle, eine Maske und Linsen zum Fokussieren eines von der Maske erzeugten Bilds auf eine Fotolackschicht auf einem Substrat wie etwa einem Halbleiterwafer.

[0004] Auf der untersten (Halbleiter-)Ebene des Wafers ist das Schaltungslayout am dichtesten und die Strukturen sind am kleinsten. Die Strukturen sind so klein, dass die von dem fotolithografischen Abbildungssystem erzeugten Bilder in der Nähe der Auflösungsgrenze des Abbildungssystems liegen. Beugung kann verursachen, dass das durch die Öffnungen der Maske hindurchtretende Licht konstruktiv und destruktiv interferiert.

[0005] Deshalb können die kleinsten Strukturen auf einem Wafer im allgemeinen nicht direkt durch Bilder der gleichen Strukturen auf einer Maske belichtet werden. Das Abbildungssystem kann einfach nicht genau das gleiche Bild auf dem Wafer herstellen, das auf der Maske erscheint. Ein als "fotolithografische Verkürzung von Linienenden" bekanntes Phänomen kann auftreten, durch das die Enden von Linienstrukturen nach Abbildung im Fotolack kürzer erscheinen als auf der Maske. Auch kann das Bild verschieden ausfallen, je nachdem ob die Strukturen mit gleichmäßigen Abständen oder unregelmäßigen Abständen voneinander beabstandet sind.

[0006] Somit ist der Grad der Änderung im Bild von den Maskenstrukturen zu den Fotolackstrukturen eine Funktion der Nachbarschaft von Strukturen auf der Maske unter Berücksichtigung der Größe des zu belichtenden Strukturmerkmals und der Auflösungsgrenze des Abbildungssystems.

[0007] Die optische Nachbarschaftskorrektur (OPC – optical proximity correction) ist ein Verfahren, mit dem der obige Effekt zum Erzeugen der Strukturen einer Maske korrigiert wird. Das Ziel der OPC besteht darin, einen Satz von Maskenstrukturen zu erzeugen, die zu dem gewünschten Bild auf einem Wafer führen. In der Regel wird ein Layoutstruktur darstellender Datensatz an ein Computersystem geliefert, das ein OPC-Programm ausführt. Das OPC-Programm sagt Änderungen vorher, die im Fotolackbild auftreten würden, wenn die Maske die gleiche Layoutstruktur enthielte. Die Layoutstruktur der Maske wird dann von dem OPC-Programm auf eine Weise abgeändert, die laut Vorhersage auf dem Wafer das korrekte Bild erzeugt. Alle diese Schritte werden entsprechend einem Programm durchgeführt, das auf einem Computer bezüglich eines die Layoutstruktur darstellenden Datensatzes ausgeführt wird.

[0008] Wie beispielsweise in [Fig. 1](#) gezeigt, enthält eine Layoutstruktur mehrere Designformen, einschließlich der Formen **10, 12, 14 und 16** und **18**. Aufgrund der optischen Nachbarschaft kann es unmöglich sein, die Designformen durch einen Satz von Strukturen auf einer Maske mit den gleichen Formen zu belichten. Dementsprechend wird die Layoutstruktur gemäß einem OPC-Programm verarbeitet, um einen Satz von Maskenformen zu erzeugen, die auf dem Halbleiterwafer zu einer gewünschten Layoutstruktur führen. [Fig. 2](#) zeigt die entsprechenden Maskenformen **200, 202, 204, 206 und 208**, die sich nach der OPC-Verarbeitung ergeben. Die Konturen der ursprünglichen Designformen **10, 12, 14, 16 und 18** sind in [Fig. 2](#) durch eine gestrichelte Linie angegeben.

[0009] Das Ergebnis nach der OPC-Verarbeitung ist jedoch möglicherweise immer noch nicht verwertbar, weil die OPC-Verarbeitung sich nur mit der auf dem Wafer herzustellenden Layoutstruktur beschäftigt, aber nicht mit den Strukturen auf der Maske. Jeder Maskentyp weist einen Satz von Regeln auf, die die Grenzen definieren, wie darauf Strukturen gebildet werden können.

[0010] Strukturelemente müssen die Maskenregeln einhalten. Wenn die Strukturelemente die Regeln nicht einhalten, kann die Maske nicht hergestellt werden. Nach der OPC-Verarbeitung kann die Datensatzdarstellung der Maskenstrukturen Elemente enthalten, die auf der Maske nicht hergestellt werden können. Derartige Elemente werden als "Verletzungen von Maskenregeln" bezeichnet.

[0011] Deshalb wird ein Verfahren benötigt, mit dem OPC-korrigierte Maskenformen darstellende Maskendaten hinsichtlich Verletzungen von Maskenregeln korrigiert werden.

[0012] Es wäre wünschenswert, ein Verfahren zum Erzeugen von Daten für Maskenstrukturen nach OPC bereitzustellen, mit dem man schnell endgültige Maskenstrukturen erhält.

[0013] Es wäre weiterhin wünschenswert, ein Verfahren zum Korrigieren von Verletzungen von Maskenregeln in OPC-korrigierten Maskendaten bereitzustellen, von dem erwartet wird, dass es innerhalb einer endlichen Anzahl von Iterationen endet.

[0014] Es wäre weiterhin wünschenswert, ein Verfahren zum Korrigieren von Verletzungen von Maskenregeln in OPC-korrigierten Maskendaten zu erhalten, das OPC-Korrekturen allmählich umkehrt, um die Verletzungen von Maskenregeln aufzuheben.

[0015] US 6,574,784 B1 zeigt ein Verfahren zur OPC-Korrektur einer digitalen Fotomaske. Das Verfahren bezieht sich ausschließlich auf OPC-Korrekturen, ohne dass ein Vergleich einer dadurch erhaltenen Layoutstruktur mit einer Designstruktur erfolgen würde. US 2003/0118917 A1 zeigt ein weiteres, ebenfalls lediglich auf die OPC-Korrektur gerichtetes Verfahren.

[0016] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren gemäß Anspruch 1 zum Korrigieren von regelverletzenden Bereichen einer Fotomaske unter Verwendung einer digitalen Darstellung der Fotomaske bereitgestellt. Das Verfahren beinhaltet das Identifizieren von Verletzungsbereichen der Fotomaske anhand einer digitalen Darstellung der Fotomaske. Die Verletzungsbereiche enthalten Bereiche, die eine Mindestbreitenregel verletzen, und/oder Bereiche, die eine Mindestabstandsregel für die Fotomaske verletzen. Die Verletzungsbereiche werden dann so bearbeitet, dass die Verletzungsbereiche eliminiert werden. Sie werden unterschiedlich bearbeitet, je nachdem, ob der Verletzungsbereich innerhalb einer Designform einer Layoutstruktur liegt, die unter Verwendung der Fotomaske abgebildet werden soll, und/oder ob der Verletzungsbereich außerhalb der Designform liegt.

[0017] Mithilfe eines maschinenlesbaren Speichermediums mit einem Satz von darauf aufgezeichneten Anweisungen ist das Verfahren zum Korrigieren von regelverletzenden Bereichen einer Fotomaske unter Verwendung einer digitalen Darstellung der Fotomaske durchführbar. Das Verfahren beinhaltet das Identifizieren von Verletzungsbereichen der Fotomaske anhand einer digitalen Darstellung der Fotomaske. Die Verletzungsbereiche enthalten Bereiche, die eine Mindestbreitenregel verletzen, und/oder Be-

reiche, die eine Mindestabstandsregel für die Fotomaske verletzen. Die Verletzungsbereiche werden dann zu dem Zweck bearbeitet, die Verletzungsbereiche zu eliminieren. Sie werden verschieden bearbeitet, je nachdem, ob der Verletzungsbereich innerhalb einer Designform einer Layoutstruktur liegt, die mit der Fotomaske abgebildet werden soll, und/oder ob der Verletzungsbereich außerhalb der Designform liegt.

[0018] Gemäß einem besonderen Aspekt der Erfindung beinhaltet das Verfahren weiterhin das unterschiedliche Bearbeiten der Verletzungsbereiche, je nachdem, ob ein Bereich eine Mindestbreitenregel verletzt, und ob ein Bereich eine Mindestabstandsregel für die Fotomaske verletzt.

[0019] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Verletzungsbereich bearbeitet, indem ein Bereich, der eine Mindestbreitenregel verletzt, vergrößert wird, wenn der Bereich innerhalb einer Designform liegt.

[0020] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verletzungsbereich bearbeitet, indem ein Bereich, der eine Mindestabstandsregel verletzt, vergrößert wird, wenn der Bereich außerhalb einer Designform liegt.

[0021] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verletzungsbereich bearbeitet, indem ein Bereich, der eine Mindestbreitenregel verletzt, entfernt wird, wenn der Bereich außerhalb einer Designform liegt.

[0022] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verletzungsbereich bearbeitet, indem ein Bereich, der eine Mindestabstandsregel verletzt, gefüllt wird, wenn der Bereich innerhalb einer Designform liegt.

[0023] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung werden Verletzungsbereiche bearbeitet durch: Vergrößern eines Bereichs, der eine Mindestbreitenregel verletzt, wenn der Bereich innerhalb einer Designform liegt; Entfernen eines Verletzungsbereichs, der eine Mindestbreitenregel verletzt, wenn der Verletzungsbereich außerhalb einer Designform liegt; Füllen eines Verletzungsbereichs, der eine Mindestabstandsregel verletzt, wenn der Bereich innerhalb einer Designform liegt; und Vergrößern eines Verletzungsbereichs, der eine Mindestabstandsregel verletzt, wenn der Verletzungsbereich außerhalb einer Designform liegt.

[0024] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die digitale Darstellung der Fotomaske vor dem Identifizieren der Verletzungsbereiche hinsichtlich der optischen Nachbarschaft korrigiert.

Ausführliche Beschreibung

[0025] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung enthalten die Verletzungsbereiche einen Bereich, der eine Mindestabstandsregel zwischen einem gefüllten Bereich einer Maskenform und einem anderen gefüllten Bereich der Maskenform verletzt.

[0026] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung enthalten die Verletzungsbereiche einen Bereich, der eine Mindestabstandsregel zwischen einer Maskenform und einer anderen Maskenform der Fotomaske verletzt.

[0027] Mithilfe des beschriebenen Verfahrens kann ein System betrieben werden, um Regelverletzungen einer Fotomaske unter Verwendung einer digitalen Darstellung der Fotomaske zu korrigieren, wobei das System betrieben werden kann, um Verletzungsbereiche der Fotomaske anhand einer digitalen Darstellung der Fotomaske zu identifizieren, wobei die Verletzungsbereiche Bereiche, die eine Mindestbreitenregel verletzen, und/oder Bereiche, die eine Mindestabstandsregel für die Fotomaske verletzen, enthalten, wobei das System weiterhin betrieben werden kann, um jeden der Verletzungsbereiche unterschiedlich zu bearbeiten, je nach der Platzierung des Verletzungsbereichs relativ zu einer Designform einer Layoutstruktur, die mit der Fotomaske abgebildet werden soll, wobei die Bearbeitung dem Zweck dient, die Regelverletzungen zu eliminieren.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0028] [Fig. 1](#) ist eine Draufsicht, die einen Satz von Designformen einer auf einen Wafer zu belichtenden Layoutstruktur für einen Chip darstellt.

[0029] [Fig. 2](#) ist eine Draufsicht, die einen Satz von OPC-korrigierten Maskenformen zeigt, die dem Satz von Designformen von [Fig. 1](#) entsprechen.

[0030] [Fig. 3](#) ist ein Flussdiagramm, das eine Ausgestaltung des Verfahrens gemäß der Erfindung darstellt.

[0031] [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht, die eine OPC-korrigierte Maskenform vor der Verarbeitung gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigt.

[0032] [Fig. 5](#) ist eine Draufsicht, die eine durch Verarbeitung gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung korrigierte Maskenform darstellt.

[0033] [Fig. 6](#) ist eine Draufsicht, die einen Satz von Maskenformen zeigt, die durch Verarbeitung gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung korrigiert wurden, wobei die korrigierten Maskenformen dem in [Fig. 2](#) dargestellten Satz von OPC-korrigierten Maskenformen entspricht.

[0034] Die vorliegende Erfindung stellt ein System und ein Verfahren zum Korrigieren von Verletzungen von Maskenregeln in einer digitalen Darstellung einer Fotomaske bereit. Die digitale Darstellung der Fotomaske wird aus einer digitalen Darstellung von mehreren Designformen erzeugt, die auf einem Halbleiterchip oder Wafer hergestellt werden sollen. Beim Erzeugen der Formen einer Maske aus den Designformen wird in der Regel eine optische Nachbarschaftskorrektur (OPC) durchgeführt. Über OPC wird ein Satz von Maskenformen hergestellt, die von den Designformen abgeändert sind, damit die Designformen besser auf den Wafer belichtet werden können. Nach der OPC können die Maskenformen jedoch Maskenregeln verletzen.

[0035] Bei einer Ausführungsform der Erfindung wird ein Prozess durchgeführt zum Bearbeiten der Verletzungsbereiche der Maske zu dem Zweck, die Verletzungen der Verletzungsbereiche zu eliminieren. Durch das Ausführen des Prozesses werden die Verletzungen von Maskenregeln allmählich verringert, mit dem Ziel die Verletzungen von Maskenregeln zu eliminieren. Auf diese Weise werden bestimmte OPC-Korrekturen, die Maskenregeln verletzen, allmählich umgekehrt, bis die Verletzungen von Maskenregeln zufriedenstellend von der Maske entfernt worden sind. Dieser Prozess kann mehrfach iterativ mit dem Zweck durchgeführt werden, alle Verletzungen von Maskenregeln zu eliminieren.

[0036] Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, wird ein Satz von Maskendaten nach der OPC zur Bearbeitung eingegeben (S02). Die Maskendaten spezifizieren einen Satz von Maskenformen, die auf der Maske ausgebildet werden sollen. Als nächstes wird bestimmt, ob die Maskenformen etwaige Maskenregeln verletzen (S04).

[0037] Wenn die Maskenformen keine Maskenregeln verletzen, dann endet die Bearbeitung (S05). Verletzen jedoch die Maskenformen etwaige Maskenregeln, dann wird eine weitere Bearbeitung ausgeführt, um die Maskenformen zum Zweck des Eliminierens von Verletzungen von Maskenregeln zu bearbeiten.

[0038] Unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) ist eine auf einem Chip herzustellende ursprüngliche Designform **101** durch den rechteckigen punktierten Umriss ange deutet. Eine derartige Designform ist lediglich beispielhaft dargestellt, da die Designformen einer Layoutstruktur für einen Chip viele verschiedene Formen aufweisen können. Die Maskenform nach der OPC ist bei **100** dargestellt.

[0039] Es gibt zwei Arten von Verletzungen von Maskenregeln. Mindestabstandsverletzungen treten

in Bereichen der Maskenform **100** auf, wo zwischen Teilen der Maskenform ein unzureichender Mindestabstand vorliegt. Unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) ist der Bereich **104** ein Beispiel für eine Mindestabstandsverletzung, weil der Abstand **106** zwischen gefüllten Teilen der Maskenform **100** kleiner ist als der erforderliche Mindestabstand für das Herstellen der Maske.

[0040] Eine Mindestabstandsverletzung kann auch dort auftreten, wo zwischen einer Maskenform und einer anderen ein unzureichender Abstand vorliegt. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, kann eine Mindestabstandsverletzung zwischen einem Teil einer Maskenform und einer in der Nähe davon gelegenen anderen Maskenform auftreten. Beispielsweise kann ein vorspringender Teil **220** einer Maskenform **204** eine Mindestabstandsregel relativ zu einem vorspringenden Teil **224** einer anderen Maskenform **200** verletzen.

[0041] Wieder unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) treten Mindestbreitenverletzungen in Bereichen auf, wo ein Teil einer Maskenform kleiner ist als eine Mindestbreite. Die Bereiche **102**, **112** und **114** sind Beispiele für Mindestbreitenverletzungen.

[0042] Wieder unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) wird nach der Bestimmung, dass die über OPC verarbeiteten Maskenformen eine Maskenregel verletzen, die Verarbeitung durchgeführt, um die Maskenformen mit den ursprünglichen Designformen des Waferlayouts zu vergleichen (S06). Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, kann eine bestimmte Maskenform **100** einen Bereich **102** enthalten, der außerhalb der ursprünglichen Designform **101** liegt. Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Maskenform **100** einen Bereich **104** enthalten, der innerhalb der ursprünglichen Designform **101** liegt.

[0043] Mit Schritt S07 beginnend wird die Verarbeitung dann für jede in Schritt S04 identifizierte Verletzung von Maskenregeln fortgesetzt. In Schritt S08 bestimmt die Verarbeitung, ob eine bestimmte Verletzung von Maskenregeln außerhalb einer Designform liegt (S08). Wenn die Antwort NEIN ist, das heißt, die Verletzung von Maskenregeln liegt nicht außerhalb der Designform, dann geht die Verarbeitung weiter zu S10. Die Bereiche **104**, **108**, **112** und **114** der Maskenform **101** enthalten Bereiche, die innerhalb der durch die gepunktete Linie angegebenen Designform **101** liegen.

[0044] Die Bearbeitung der Verletzungen von Maskenregeln wird je nach der Art der Verletzung variiert. Wenn der Bereich eine Mindestabstandsregel verletzt, dann wird der Bereich, da er sich in einer Designform befindet, gefüllt (S10, S12). Es wird angenommen, dass es weniger wahrscheinlich ist, dass das Füllen einer innerhalb einer Designform liegenden Mindestabstandsverletzung die OPC-Korrektur

stört, die beim Erzeugen der Maskenform **101** erfolgte. Da sich die Mindestabstandsverletzung innerhalb der Designform befindet, wird ihr Füllen im Allgemeinen keine Mindestabstandsverletzung zwischen der Maskenform **101** und einer anderen Maskenform daneben (nicht gezeigt) verursachen.

[0045] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, liegt der Bereich **104** innerhalb der Designform **101** und verletzt eine Mindestabstandsregel. Der Bereich **108** verletzt eine Mindestabstandsregel und enthält einen Teil, der innerhalb der Designform **101** liegt.

[0046] [Fig. 5](#) zeigt die Maskenform **500** nach dem Verarbeiten gemäß der hier beschriebenen Ausführungsform. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, geben **504** und **508** frühere Verletzungsbereiche der Maskenform **500** an, die gefüllt worden sind. Bezüglich des Verletzungsbereichs **108** wird die Verarbeitung in zwei Teilen durchgeführt: die Verarbeitung eines innerhalb der Designform **101** liegenden Teils und die Verarbeitung eines außerhalb der Designform **101** liegenden Teils. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, ist der Teil des den Mindestabstand verletzenden Bereichs **108**, der innerhalb der Designform **101** liegt, gefüllt worden. Wie unten ausführlicher beschrieben wird, wird der Teil des den Mindestabstand verletzenden Bereichs **108**, der außerhalb der Designform **101** liegt, vergrößert, um ein größerer Abstand **508** zu werden.

[0047] Die Verarbeitung wird außerdem in Abhängigkeit davon durchgeführt, ob der Bereich eine Mindestbreitenregel verletzt. Wenn er eine Mindestbreitenregel verletzt, dann wird der Bereich, weil er sich innerhalb einer Designform befindet, vergrößert (S14, S16). Es wird angenommen, dass es unwahrscheinlich ist, dass das Vergrößern einer Mindestbreitenverletzung, die innerhalb einer Designform liegt, die OPC-Korrektur stört, die beim Erzeugen der Maskenform **101** vorgenommen wurde. Es ist unwahrscheinlich, dass sie eine Mindestabstandsverletzung von der Maskenform **500** zu einer ihr benachbarten weiteren Maskenform (nicht gezeigt) verursacht, da der vergrößerte Bereich innerhalb einer Designform **101** liegt.

[0048] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, liegt der Bereich **112** innerhalb der Designform **101** und verletzt eine Mindestbreitenregel. Der Bereich **114** verletzt eine Mindestbreitenregel und enthält einen Teil, der innerhalb der Designform **101** liegt.

[0049] [Fig. 5](#) zeigt die Maskenform **500** nach dem Verarbeiten gemäß der hier beschriebenen Ausführungsform. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, geben **512** und **514** frühere verletzende Bereiche der Maskenform **500** an, die vergrößert worden sind. Bezüglich des Verletzungsbereichs **114** wird die Verarbeitung in zwei Teilen durchgeführt: die Verarbeitung eines innerhalb der Designform **101** liegenden Teils und die Verarbei-

tung eines außerhalb der Designform **101** liegenden Teils. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, ist der Teil des die Mindestbreite verletzenden Bereichs **114**, der innerhalb der Designform **101** liegt, vergrößert worden. Wie unten ausführlicher beschrieben wird, wird der Teil des die Mindestbreite verletzenden Bereichs **114**, der außerhalb der Designform **101** liegt, entfernt.

[0050] Wenn der Verletzungsbereich keine Mindestbreitenregel verletzt, dann geht die Verarbeitung des nächsten Verletzungsbereichs (S26) wieder von Schritt S07 aus. Bei Schritt S08 bestimmt die Verarbeitung, ob der nächste Verletzungsbereich außerhalb einer Designform liegt (S08). Wenn dieses Mal die Antwort JA ist, das heißt, der verletzende Bereich tatsächlich außerhalb der Designform **101** liegt, dann geht die Verarbeitung weiter zu S18. Beispielsweise liegen die Bereiche **102**, **108**, **110** und **114** entweder vollständig außerhalb der Designform **101** oder enthalten Bereiche, die außerhalb der Designform **101** liegen.

[0051] Wieder wird die Bearbeitung des Verletzungsbereichs je nach der Art der Verletzung variiert. Wenn der Bereich eine Mindestabstandsregel verletzt, dann wird der Bereich vergrößert, da er außerhalb einer Designform liegt (S18, S20). Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, liegt der Bereich **110** außerhalb der Designform **101** und verletzt eine Mindestabstandsregel. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, wird der offene Bereich **110** als Bereich **510** zu dem Punkt vergrößert, wo er die Mindestabstandsregel nicht verletzt. Im Fall eines den Mindestabstand verletzenden Bereichs **108** wird der Teil des verletzenden Bereichs, der außerhalb der Designform **101** liegt, vergrößert, wie bei **508** gezeigt.

[0052] Es wird angenommen, dass das Vergrößern einer Mindestabstandsverletzung, die außerhalb einer Designform liegt, mit geringerer Wahrscheinlichkeit die OPC-Korrektur stört, die beim Erzeugen der Maskenform vorgenommen wurde. Das Vergrößern des Abstands eines den Mindestabstand verletzenden Bereichs bewirkt nicht, dass der Abstand zwischen der Maskenform **500** und einer anderen Maskenform (nicht gezeigt) eine Mindestabstandsregel verletzt. Es ist jedoch möglich, dass in der Kontur der eigentlichen Maskenform **500** danach eine Mindestbreitenverletzung auftreten könnte.

[0053] Im Schritt S22 wird eine Verarbeitung auf der Grundlage dessen ausgeführt, ob der Bereich eine Mindestbreitenregel verletzt. Wenn er eine Mindestbreitenregel verletzt, dann wird der Bereich, da er außerhalb einer Designform liegt, entfernt (S22, S24). Das Entfernen des Verletzungsbereichs bewirkt keine Mindestabstandsverletzung zwischen der Maskenform **101** und einer weiteren, ihr benachbarten Form der Maske (nicht gezeigt). **102** und **114** bezeichnen Bereiche, die eine Mindestbreitenregel verletzen. Der Bereich **114** enthält einen Teil, der außer-

halb der Designform **101** liegt. Nur der Teil wird entfernt, wohingegen der Teil innerhalb der Designform **101** wie oben beschrieben vergrößert wird. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, bezeichnen **502** und **514** den Bereichen **102** und **114** entsprechende Bereiche der Maskenform **500** nach der Verarbeitung.

[0054] Wenn der bestimmte Bereich keine Mindestbreitenregel verletzt, dann geht die Verarbeitung des nächsten Verletzungsbereichs (S26) wieder von Schritt S07 aus weiter. Dieser Prozess wird dann für jeden zuvor in Schritt S04 identifizierten Verletzungsbereich fortgesetzt, bis alle derartigen Verletzungsbereiche verarbeitet worden sind.

[0055] Wenn dann alle Verletzungsbereiche verarbeitet worden sind, kehrt die Verarbeitung wieder zu Schritt S04 zurück, um zu bestimmen, ob irgendein Bereich der korrigierten Maske immer noch eine Maskenregel verletzt. Dies könnte beispielsweise dann zutreffen, wenn die Vergrößerung eines die Mindestbreite verletzenden Bereichs eine andere Verletzung verursacht, wie etwa eine Mindestabstandsverletzung. Alternativ könnte die Vergrößerung eines den Mindestabstand verletzenden Bereichs bewirken, dass es zu einer Mindestbreitenverletzung kommt. Es ist auch möglich, dass das Füllen eines die Mindestbreite verletzenden Bereichs verursacht, dass es zu einer Mindestabstandsverletzung kommt.

[0056] Wenn die Antwort JA ist, dass nämlich eine Verletzung von Maskenregeln vorliegt, dann geht die Verarbeitung wieder wie oben beschrieben von Schritt S06 aus. Wenn die Antwort NEIN ist und keine Verletzungen von Maskenregeln vorliegen, dann wird die Verarbeitung abgeschlossen (S05). Infolge der Verarbeitung ist nun ein Datensatz erzeugt worden, der die OPC-korrigierten Formen der Maske darstellt und die Regeln zum Herstellen der jeweiligen Maske nicht verletzt.

[0057] [Fig. 6](#) ist eine Draufsicht auf einen Satz von Formen **600**, **602**, **604**, **606** und **608** einer korrigierten Maske **650**, die den Formen **200**, **202**, **204**, **206** und **208** der Maske **250** entsprechen, was die Änderungen veranschaulicht, die sich von einer Verarbeitung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ergeben. Die Differenzen sind wie folgt: Bereiche **210** innerhalb von Designformen, die Mindestabstandsregeln verletzen, sind gefüllt worden. Außerdem sind Bereiche **212** innerhalb von Designformen, die Mindestbreitenregeln verletzen, vergrößert worden.

[0058] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, führt dies dazu, dass die die Mindestbreite verletzenden Bereiche **212** bis zu dem Punkt vergrößert werden, bei dem die den Mindestabstand verletzenden Bereiche **210** um sie herum verschwinden. Was die den Mindestabstand verletzenden Bereiche **210** betrifft, sind die Masken-

formen **202** und **206** auf ihre ursprünglichen Konturen zurückgeführt werden, die mit den ursprünglichen Designformen **12** und **16** in diesen Gebieten übereinstimmen. In einem derartigen Fall wird gesagt, dass die OPC-Korrekturen rückgängig gemacht worden sind.

[0059] Für die Verletzungsbereiche hingegen, die außerhalb der Designformen **10**, **12**, **14**, **16** liegen, gibt es ein anderes Ergebnis. Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, entfernt die Verarbeitung einen die Mindestbreite verletzenden Bereich **220** aus dem Gebiet **621**. Der den Mindestabstand verletzende Bereich **222** wird vergrößert, was zu einem größeren Abstand **622** führt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Korrigieren von Regelverletzungen einer Fotomaske unter Verwendung einer digitalen Darstellung der Fotomaske, umfassend:

- Identifizieren (S02) von Verletzungsbereichen der Fotomaske anhand einer digitalen Darstellung der Fotomaske, wobei die Verletzungsbereiche Bereiche (**102**, **112**, **114**), die eine Mindestbreitenregel verletzen, und/oder Bereiche (**104**, **108**, **110**), die eine Mindestabstandsregel für die Fotomaske verletzen, enthalten, und
- unterschiedliches Bearbeiten (S12, S16, S20, S24) jedes der Verletzungsbereiche in Abhängigkeit von der Platzierung des Verletzungsbereichs relativ zu einer Designform (**101**) einer Layoutstruktur, die mit der Fotomaske abgebildet werden soll, wobei das Bearbeiten zu dem Zweck durchgeführt wird, die Regelverletzungen zu eliminieren, und wobei das Bearbeiten in Abhängigkeit davon erfolgt, ob der jeweilige Verletzungsbereich innerhalb oder außerhalb einer Designform der Layoutstruktur liegt (S08).

2. Verfahren nach Anspruch 1, das weiterhin umfasst, jeden der Verletzungsbereiche verschieden zu bearbeiten (S12, S16, S20, S24), je nachdem, ob der Bereich eine Mindestbreitenregel verletzt und ob der Bereich eine Mindestabstandsregel für die Fotomaske verletzt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Bearbeiten das Vergrößern (S16) eines Bereichs beinhaltet, der die Mindestbreitenregel verletzt, wenn der Bereich innerhalb einer Designform liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Bearbeiten das Vergrößern (S20) eines Bereichs beinhaltet, der die Mindestabstandsregel verletzt, wenn der Bereich außerhalb einer Designform liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Bearbeiten das Entfernen (S24) eines Bereichs beinhaltet, der die Mindestbreitenregel verletzt, wenn der Bereich außerhalb einer Designform liegt.

6. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Bearbeiten das Füllen (S12) eines Bereichs beinhaltet, der die Mindestabstandsregel verletzt, wenn der Bereich innerhalb einer Designform liegt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Bearbeiten beinhaltet:

- Vergrößern (S16) eines Bereichs, der die Mindestbreitenregel verletzt, wenn der Bereich innerhalb einer Designform liegt;
- Entfernen (S24) eines Bereichs, der die Mindestbreitenregel verletzt, wenn der Bereich außerhalb einer Designform liegt;
- Füllen (S12) eines Bereichs, der die Mindestabstandsregel verletzt, wenn der Bereich innerhalb einer Designform liegt; und
- Vergrößern (S20) eines Bereichs, der die Mindestabstandsregel verletzt, wenn der Bereich außerhalb einer Designform liegt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die digitale Darstellung der Fotomaske vor dem Schritt des Identifizierens der Verletzungsbereiche hinsichtlich der optischen Nachbarschaft korrigiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Verletzungsbereiche einen Bereich enthalten, der eine Mindestabstandsregel zwischen einem gefüllten Bereich einer Maskenform und einem anderen gefüllten Bereich der Maskenform verletzt.

10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Verletzungsbereiche einen Bereich enthalten, der eine Mindestabstandsregel zwischen einer Maskenform und einer anderen Maskenform der Fotomaske verletzt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

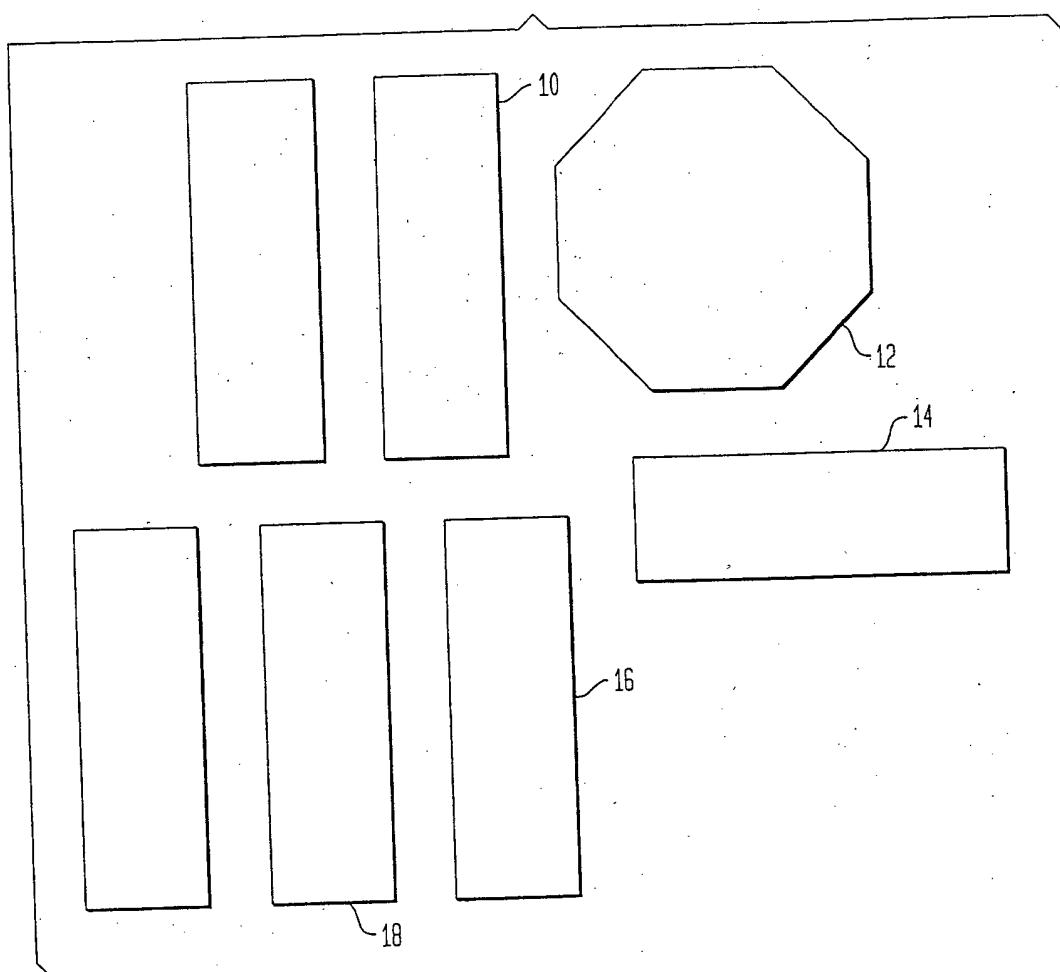


FIG. 2

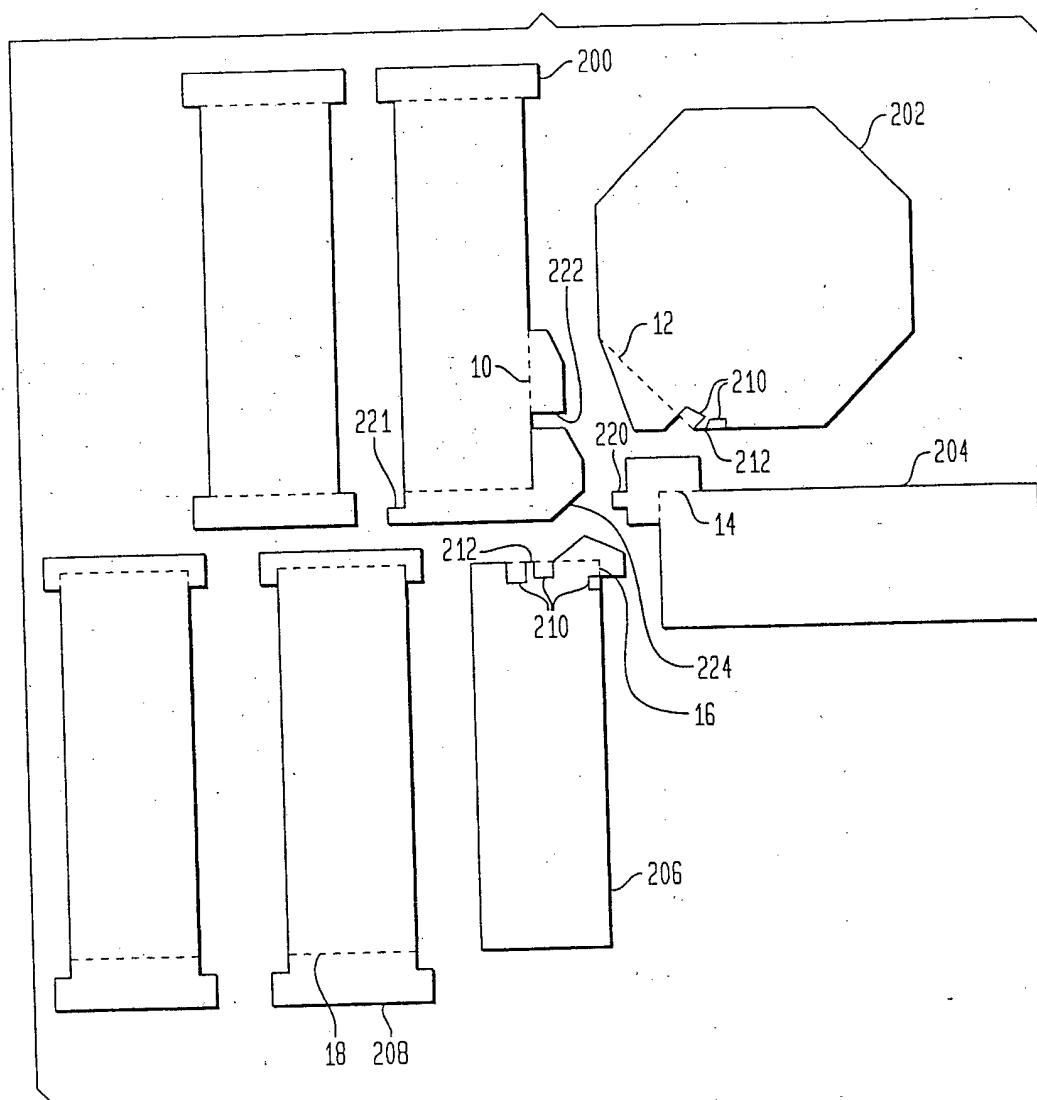


FIG. 3

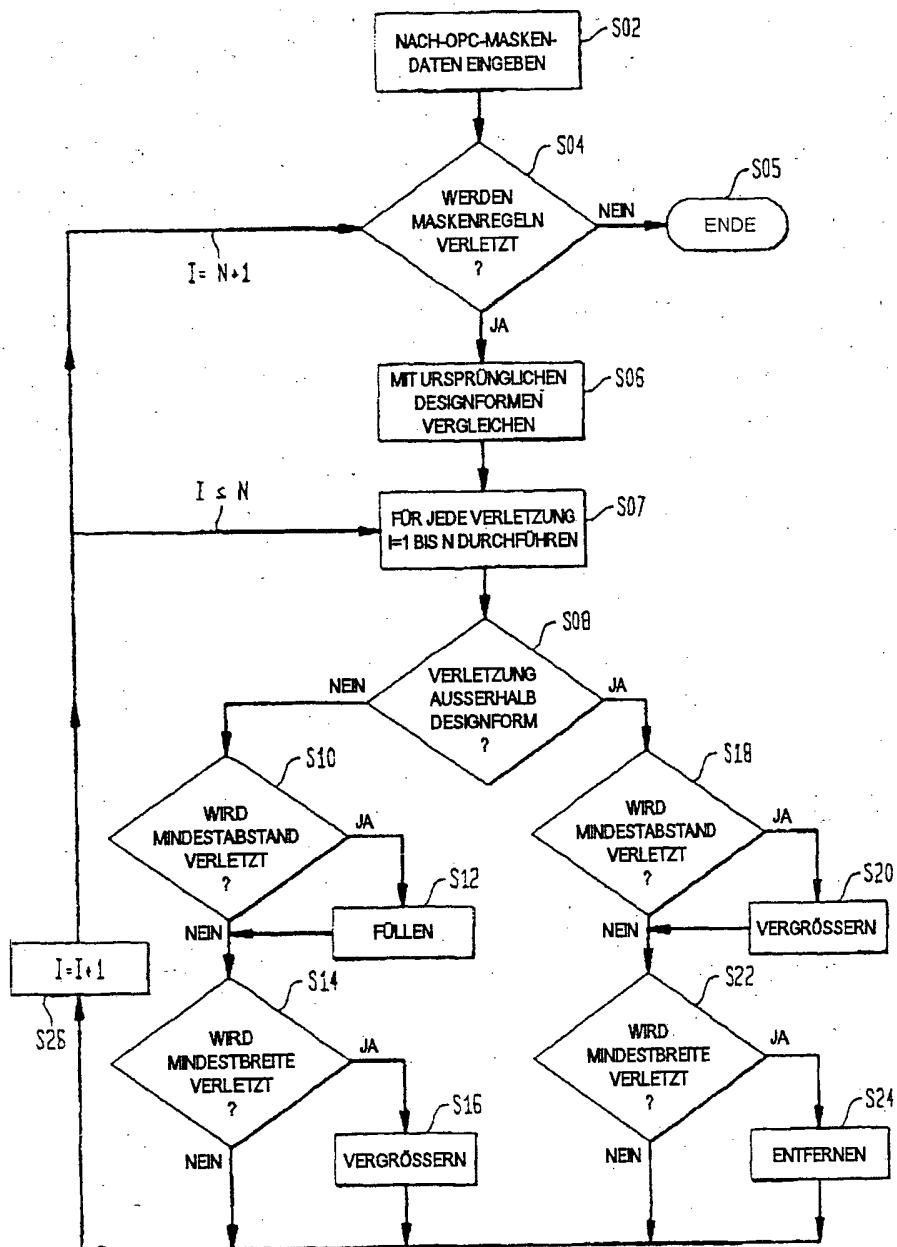


FIG. 4

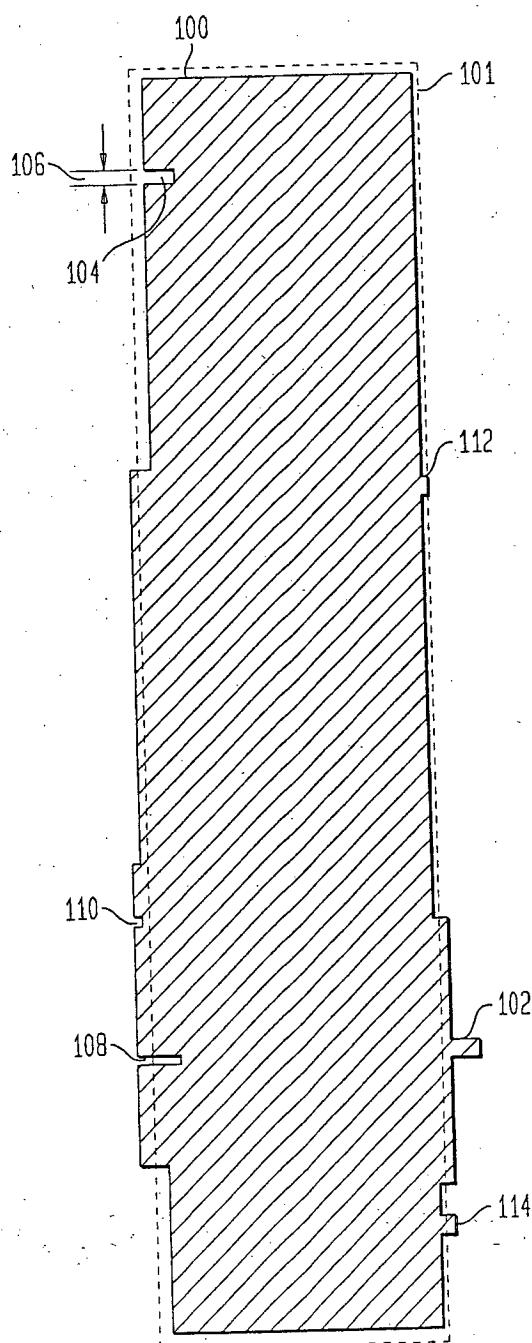


FIG. 5

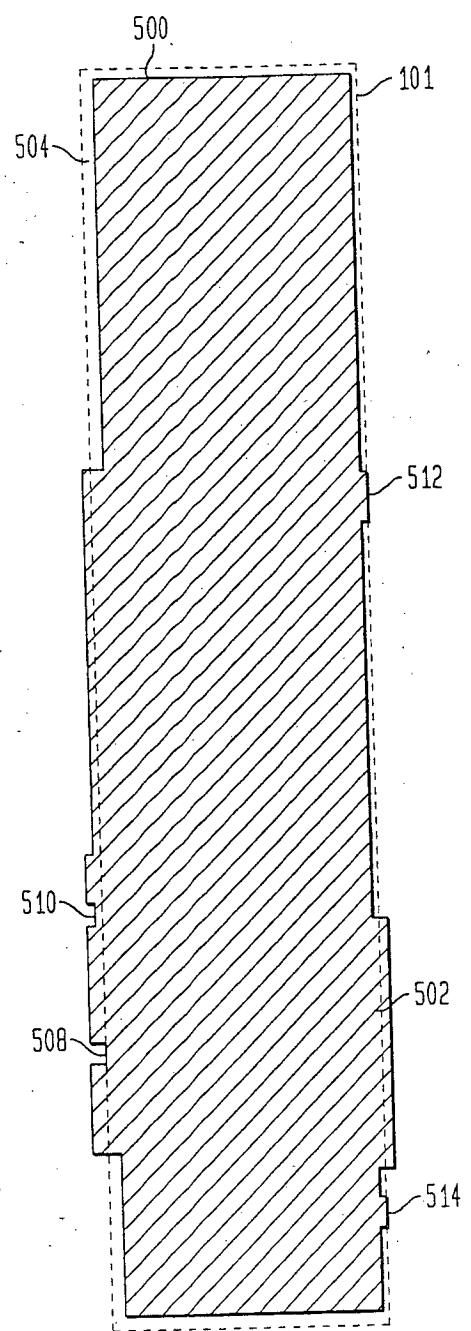


FIG. 6

