(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 97 676 B4** 2015.03.19

(12) # Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **102 97 676.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/40264**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/081662**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.12.2002**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.10.2003**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **07.07.2005**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **19.03.2015**

(51) Int Cl.: ***H01L 21/66*** (2006.01)
G01R 31/265 (2006.01)
G01N 21/47 (2006.01)

Innerhalb von neun 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:
10/103,223 **19.03.2002** **US**

(73) Patentinhaber:
Advanced Micro Devices, Inc., Sunnyvale, Calif., US

(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80802 München, DE

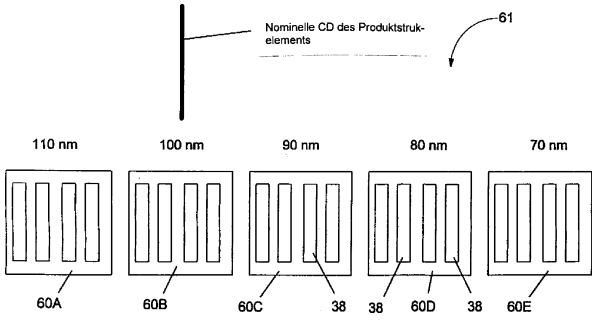
(72) Erfinder:
Nariman, Homi E., Austin, Tex., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**199 22 614**	**A1**
US	**6 354 133**	**B1**
US	**5 949 547**	**A**
WO	**01/ 11 656**	**A1**
WO	**02/ 013 232**	**A2**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Kalibrieren einer Messanlage auf Streumessungsbasis, die zum Messen von Abmessungen von Strukturelementen auf einem Halbleiterbauelement verwendet wird**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Kalibrieren einer Streumessanlage, wobei das Verfahren umfasst:
Messen einer kritischen Abmessung mindestens eines Produktstrukturelements, das über einer Scheibe (31) ausgebildet ist, wobei die Streumessanlage (74) verwendet wird;
Messen mindestens einer von mehreren Gitterstrukturen (60), die über der Scheibe (31) ausgebildet sind, wobei die Streumessanlage (74) verwendet wird und wobei die Gitterstrukturen (60) jeweils eine unterschiedliche kritische Abmessung aufweisen; und
Bestimmen eines Korrekturfaktors auf der Grundlage der Messung einer der mindestens einen Gitterstruktur (60), wobei der Korrekturfaktor mit der gemessenen kritischen Abmessung des mindestens einen Produktstrukturelements zum Bestimmen der kritischen Abmessung des mindestens einen Produktstrukturelements multipliziert wird.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Diese Erfindung betrifft im Allgemeinen die Halbleiterfertigungstechnologie und betrifft insbesondere ein Verfahren und eine Struktur zum Kalibrieren einer Messanlage auf Streumessungsbasis, die zur Messung von Abmessungen von Strukturelementen auf einem Halbleiterbauelement verwendet wird.

HINTERGRUND

[0002] WO 02/013 232 A2 offenbart ein Verfahren zum Messen kritischer Abmessungen durch Bestrahlen eines Testmusters auf einer Oberfläche eines Substrats mit Röntgenstrahlung. In einer Ausführungsform wird ein Kollimator verwendet, um den Strahl zu bündeln. Der Kollimator enthält ein Gitter mit Kanten, die einen Abstand aufweisen, der gleich zum Abstand von Kanten in dem Testmuster ist. Wenn der Röntgenstrahl von dem Kollimator auf das Testmuster fällt, tritt Interferenz auf, und das Interferenzmuster kann mit einem Detektor gemessen werden, während der Kollimator und das Testmuster relative zu einander verschoben werden.

[0003] Es gibt ein ständiges Bestreben in der Halbleiterindustrie, die Arbeitsgeschwindigkeit integrierter Schaltungsbauelemente, beispielsweise von Mikroprozessoren, Speicherbauelementen und dergleichen, zu erhöhen. Dieses Bestreben wird bestärkt durch die Verbrauchernachfrage nach Computer und elektronischen Geräten, die mit ständig höheren Geschwindigkeiten arbeiten. Diese Anforderung einer erhöhten Arbeitsgeschwindigkeit hat zu einer ständigen Verringerung der Größe von Halbleiterbauelementen, beispielsweise von Transistoren geführt. D. h., viele Komponenten eines typischen Feldeffekttransistors (FET), beispielsweise die Kanallänge, die Tiefe der Übergänge, die Dicke der Gateisolation und dergleichen werden ständig reduziert. Wenn beispielsweise alle anderen Dinge gleich bleiben, arbeitet der Transistor um so schneller, je kleiner die Kanallänge des Transistors ist. Somit gibt es ein ständiges Bestreben, die Größe oder Skalierung der Komponenten eines typischen Transistors zu verringern, um die Gesamtgeschwindigkeit des Transistors sowie der integrierten Schaltungsbauelemente, in denen derartige Transistoren eingebaut sind, zu erhöhen.

[0004] Als Hintergrundinformation sei ein anschaulicher Feldeffekttransistor **10**, der in **Fig.** 1 dargestellt ist, über einer Oberfläche **11a** eines halbleitenden Substrats oder einer Scheibe **11**, die aus dotiertem Silizium aufgebaut ist, gezeigt. In dem Vorgang zur Herstellung integrierter Schaltungsbauelemente werden Millionen von Transistoren, etwa vergleichbar zu dem anschaulichen Transistor **10**, der in **Fig.** 1 gezeigt ist, über einem halbleitenden Substrat gebildet. Das Substrat **11** kann beispielsweise mit einem N-Typ oder einem P-Typ Dotierstoffmaterial dotiert sein. Der Transistor **10** kann eine dotierte polykristalline Silizium-(Polysilizium)Gateelektrode **14** aufweisen, die über einer Gateisolierschicht **16** gebildet ist. Die Gateelektrode **14** und die Gateisolierschicht **16** können von den dotierten Source/Drain-Gebieten **22** des Transistors **10** durch ein dielektrisches Seitenwandabstandselement **20** getrennt sein. Die Source/Drain-Gebiete **22** für den Transistor **10** können durch Ausführen eines oder mehrerer Ionenimplantationsprozesse gebildet werden, um Dotierstoffatome, beispielsweise Arsen oder Phosphor für NMOS-Bauelemente und Bor für PMOS-Bauelemente, in das Substrat **11** einzubringen. Flache Grabenisolationsgebiete **18** können vorgesehen sein, um den Transistor **10** elektrisch von benachbarten Halbleiterbauelementen, etwa anderen Transistoren (nicht gezeigt) zu isolieren. Ferner weist ein typisches integriertes Schaltungsbauelement mehrere leitende Verbindungen (etwa Leitungen und leitende Kontakte und Kontaktdurchführungen, die in mehreren Schichten aus über dem Substrat gebildeten isolierenden Material angeordnet sind, auf, obwohl dies in **Fig.** 1 nicht gezeigt ist. Diese leitenden Verbindungen ermöglichen, dass sich elektrische Signale zwischen den über dem Substrat ausgebildeten Transistoren ausbreiten.

[0005] Während des Herstellens derartiger integrierter Schaltungsbauelemente werden eine Vielzahl von Strukturelementen, beispielsweise Gateelektroden, Leitungen, Öffnungen in Schichten aus isolierendem Material, etc. mit äußerst präzise gesteuerten Abmessungen hergestellt. Derartige Abmessungen werden häufig als kritische Abmessung bzw. Dimension (CD) des Strukturelements bezeichnet. In der modernen Halbleiterbearbeitung ist es sehr wichtig, dass die Strukturelemente so genau wie möglich auf Grund der reduzierten Größe dieser Strukturelemente in modernen Bauelementen hergestellt werden. Die Gateelektrode **14** besitzt eine kritische Abmessung **12**, d. h. die Breite der Gateelektrode **14**, die ungefähr der Kanallänge **13** des Bauelements entspricht, wenn der Transistor **10** in Betrieb ist. Gateelektroden **14** können nunmehr auf eine Breite **12** strukturiert werden, die ungefähr 180 nm beträgt, wobei weitere Größenreduzierungen, z. B. auf 120 nm, in der Zukunft geplant sind. Da die Breite **12** der Gatelelektrode **14** ungefähr der Kanallänge **13** des Transistors **10** entspricht, wenn dieser in Betrieb ist, können selbst geringfügige Schwankungen der kritischen Abmessung **12** der Gateelektrode **14** nach der Herstellung des Bauteilverhalten negativ beeinflussen. Ferner können für eine vorgegebene Ebene einer Scheibe Strukturelemente, beispielsweise Gateelektroden, mit diversen unterschiedlichen kritischen Abmessungen hergestellt werden. Des weiteren können Gateelektroden und/oder Flachgrabenisolationsstrukturen bei einer vorgegebenen Ebene

mit unterschiedlichen kritischen Abmessungen hergestellt werden.

[0006] Aufgrund der Wichtigkeit des Herstellens von Strukturelementen mit sehr präzisen Abmessungen messen Halbleiterhersteller typischerweise die kritische Abmessung der resultierenden Strukturelemente, um sicherzustellen, dass die Herstellungsvorgänge Strukturelemente mit Abmessungen hervorbringen, die innerhalb eines zuvor festgelegten akzeptablen Bereichs liegen. Es können Messanlagen auf Streumessungsbasis beim Bestimmen diversen Abmessungen verwendet werden. Jedoch ist es in Situationen, in den Strukturelemente mit einer Vielzahl unterschiedlicher kritischer Abmessungen zu messen sind, wichtig, dass die Messdaten, die während des Messens dieser Strukturen gewonnen werden, präzise sind und dass die Messanlage in genauer Weise als Teil des gesamten Messprozesses kalibriert werden kann.

[0007] Das Dokument WO 02/013 232 A2 beschreibt ein Verfahren zur Messung kritischer Abmessungen mit Hilfe von Testgitterstrukturen und Röntgenstrahlung, wobei die Teststrukturen unter Anwendung gleicher Herstellungsverfahren, wie sie auch für die eigentlichen Produktstrukturelemente eingesetzt werden, erzeugt werden, um damit bei der Messung der Teststruktur auf der Grundlage von Röntgenstrahlen auf die kritischen Abmessungen der eigentlichen Produktstrukturelemente zu schließen. In dem beschriebenen Verfahren wird keine Kalibrierung vorgenommen und auch die Kombination einer Produktstruktur mit einer Teststruktur in Form besagter Gitterstruktur, welche für die Kalibrierung erforderlich ist, auf demselben Wafer und Messungen sowohl der Produktstruktur als auch der Gitterstruktur sind nicht beschrieben.

[0008] Das Dokument DE 199 22 614 A1 beschreibt ein Verfahren zur optischen Kontrolle von Fertigungsprozessen fein strukturierter Oberflächen, wobei entsprechende Signaturen von Referenzstrukturen oder Prototypen ermittelt werden, die dann zu einem Vergleich von entsprechenden Messdaten mit eigentlichen Produktsubstraten herangezogen werden, um ohne aufwendige Modellrechnungen eine Abweichung zu erkennen. In dieser Druckschrift wird keine Streumessanlage kalibriert.

[0009] Das Dokument WO 01/011 656 A1 beschreibt die Kalibrierung eines Rasterelektronenmikroskops, wobei die lokale Aufladung auf einer Scheibe gemessen wird, woraus dann ein Skalierungsfaktor ermittelt wird. Des weiteren ist eine Kalibrierungsscheibe erforderlich, um die gemessenen Abmessungen zu korrigieren, Das Dokument beschreibt jedoch kein Streumessverfahren.

[0010] Die Druckschrift US 6 354 133 B1 beschreibt Systeme, Verfahren und Standards zum Kalibrieren von Nanomessvorrichtungen. Dabei werden Nanostrukturen und Benutzung von Kohlenstoffnanoröhrchen mit Hilfe von einem AFM-Mikroskop untersucht und die Ergebnisse mit Hilfe der relativ genau bekannten Abmessungen der Kohlenstoffnanoröhrchen kalibriert. Es werden keine Streumessungen durchgeführt.

[0011] Das Dokument US 5 949 547 A beschreibt ein Muster zur Überwachung des Fokus bei der Belichtung von Halbleiterscheiben, wobei eine Anzahl unterschiedlichen Testmuster für unterschiedliche Höhen über der Scheibenoberfläche vorgesehen sind. Das Dokument beschreibt kein Kalibrierverfahren, sondern ausschließlich ein Fokussierverfahren.

[0012] Die vorliegende Erfindung richtet sich an ein Verfahren, das einige oder alle der zuvor genannten Probleme lösen oder deren Wirkung zumindest reduzieren kann.

ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

[0013] Die vorliegende Erfindung richtet sich im Allgemeinen an Verfahren gemäß Ansprüchen 1 und 7 zum Kalibrieren einer Messanlage auf Streumessungsbasis, die zur Messung von Abmessungen von Strukturelementen auf Halbleiterbauelementen verwendet wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] Die Erfindung kann durch die folgende Beschreibung im Zusammenhang mit den begleitenden Zeichnungen verstanden werden, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen, und in denen:

[0015] Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines anschaulichen konventionellen Transistors ist;

[0016] Fig. 2 eine Draufsicht einer anschaulichen Scheibe ist, wobei mehrere Produktchipbereiche und mehrere über der Scheibe ausgebildete Gitterstrukturen dargestellt sind;

[0017] Fig. 3 eine vergrößerte Ansicht eines anschaulichen Arrays aus Gitterstrukturen ist, die im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden; und

[0018] Fig. 4a bis **Fig.** 4b eine anschauliche Ausführungsform einer anschaulichen Gitterstruktur zeigen, die in der vorliegenden Erfindung verwendbar ist.

AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0019] Es werden nun anschauliche Ausführungsformen der Erfindung beschrieben.

[0020] Die vorliegende Erfindung wird zunächst mit Bezug zu den begleitenden Zeichnungen beschrieben.

[0021] Im Allgemeinen richtet sich die vorliegende Erfindung an ein Verfahren und eine Struktur zum Kalibrieren einer Messanlage auf Streumessungsbasis, die zur Messung von Abmessungen von Strukturelementen auf einem Halbleiterbauelement verwendet wird. Wie der Fachmann beim vollständigen Studium der vorliegenden Anmeldung leicht erkennt, ist das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar, um Messdaten für eine große Felle unterschiedlicher Strukturelemente zu ermitteln, die auf integrierten Schaltungsbauelementen ausgebildet sind, beispielsweise die kritische Abmessung der Gateelektrodenstrukturen, die Breite der Flachgrabenisolationsgebiete, die Breite von Leitungen, etc..

[0022] Wie in **Fig.** 2 gezeigt ist, sind mehrere Produktchipbereiche **42** über einer Scheibe **31** ausgebildet. Die Chipbereiche **42** definieren einen Bereich der Scheibe **31**, in welchem integrierte Produktschaltungselemente, beispielsweise Mikroprozessoren, ASICs, Speicherbauelemente, etc., hergestellt werden. Die Größe, Form und Anzahl der Chipbereiche **42** pro Scheibe **31** hängt von der Art des herzustellenden Bauelements ab. Beispielsweise können einige hundert Chipbereiche **42** über einer Scheibe **31** mit 8-Zoll Durchmesser ausgebildet sein. Die Produktchipbereiche **42** sind voneinander durch Trennlinien **42A** getrennt. Nachdem die Fertigungsprozesse beendet sind, wird die Scheibe **31** entlang der Trennlinien **42A** geschnitten und die Produktchipbereiche **42** mit den darauf ausgebildeten integrierten Schaltungselementen werden in ein Gehäuse gegeben und verkauft.

[0023] Bei der Herstellung integrierter Schaltungsbauelemente werden viele Strukturelemente über der Scheibe **31** hergestellt. Zu derartigen Strukturelementen gehören, ohne einschränkend zu sein, Flachgrabenisolationsstrukturen (STI), Gateelektrodenstrukturen, leitende Metall- oder Polysiliziumleitungen, etc. Ferner können derartige Strukturelemente auf diversen Ebenen des fertiggestellten integrierten Schaltungsbauelements ausgebildet sein. Beispielsweise sind Flachgrabenisolationsstrukturen und Gateelektrodenstrukturen auf der untersten Ebene ausgebildet, d. h. der Bauteilebene, während leitende Metallleitungen in mehreren Ebenen über der Scheibe **31** ausgebildet sind. Ferner können in jeder Ebene die auf dieser Ebene ausgebildeten Strukturelemente unterschiedliche kritische Abmessungen aufweisen, beispielsweise können die kritischen Abmessungen der Gateelektrodenstrukturen unterschiedlich sein, die STI-Strukturen können unterschiedliche kritische Abmessungen im Vergleich zu den auf der gleichen Ebene ausgebildeten Gateelektrodenstrukturen aufweisen und dergleichen. Beispielsweise können auf der Bauteilebene Flachgrabenisolationen gebildet werden, die eine Breite von ungefähr 250 nm aufweisen, während auf dieser Ebene ausgebildete Gateelektrodenstrukturen eine kritische Abmessung von ungefähr 180 nm aufweisen können. Des weiteren können ähnliche Strukturtypen, beispielsweise Leitungen auf einer vorgegebenen Ebene mit unterschiedlichen nominellen Breiten auf Grund einer Vielzahl von Faktoren, etwa physikalischer Abstandbegrenzungen oder auf Grund der Entwurfsauswahl aufweisen.

[0024] Die vorliegende Erfindung richtet sich im Allgemeinen an diverse Verfahren und Strukturen, die zur Kalibrierung von Messanlagen auf Streumessungsbasis, die zum Messen der kritischen Abmessung dieser diversen Strukturelemente verwendet werden, benutzt werden können. Allgemein gilt, dass derartige Messtechniken die Verwendung eines anschaulichen Arrays **61** (siehe **Fig.** 2 und **Fig.** 3) beinhalten, das aus mehreren Gitterstrukturen **60A**–E aufgebaut ist, die über der Scheibe **31** ausgebildet sind. Zur einfacheren Bezeichnung können die Gitterstrukturen **60A** bis E einzeln und oder zusammen durch das Bezugszeichen **60** bezeichnet sein. Wie der Fachmann nach einem vollständigen Studium der vorliegenden Anmeldung leicht erkennt, kann die Größe, Form, die Anzahl, die Position und die Orientierung der Gitterstrukturen **60** in Abhängigkeit des Zusammenhangs, in welchem die Erfindung verwendet wird, und in Abhängigkeit der zu messenden Strukturelemente variiert werden. Obwohl ferner die anschaulichen Gitterstrukturen **60A** bis E als ein lineares Array gezeigt sind, können diese unterschiedlich orientiert sein, oder diese können einzeln über die Oberfläche der Scheibe **31** in einer zufälligen Weise verteilt sein. Die Gitterstrukturen **60** können in den Trennlinien **42A** der Scheibe **31** ausgebildet sein. Schließlich können mehr als ein derartiges Array **61** in einer vorgegebenen Ebene des Bauelements vorgesehen sein, und derartige mehrere Arrays **61** können für die Kalibrierung einer Streumessanlage zum Messen von Strukturelementen mit unterschiedlichen nominellen Strukturgrößen benutzt werden. Beispielsweise kann ein erstes derartiges Array für die Kalibrierung einer Streumessanlage zur Messung eines ersten nominellen Bereichs von etwa 220 bis 280 nm ausgebildet sein, während das zweite derartige Array für die Kalibrierung einer Streumessanlage zur Messung von Abmessungen in dem Bereich von 110 bis 70 nm ausgebildet sein kann.

[0025] **Fig.** 3 zeigt ein anschauliches Array **61**, das aus den anschaulichen Gitterstrukturen **60A** bis E aufgebaut ist. Jede der Gitterstrukturen **60A** bis E

weist mehrere Strukturelemente **38** auf. Die Strukturelemente **38** in jeder der Gitterstrukturen **60A** bis E besitzen unterschiedliche kritische Abmessungen. Wie zuvor dargelegt ist, können die Größe, Form und Konfiguration der Gitterstrukturen **60A** bis E in Abhängigkeit von den Strukturelementen, die unter Anwendung einer Streumessanlage zu vermessen sind, variieren. Die Gitterstrukturen **60** können beliebige Arten von Strukturelementen **38**, beispielsweise Metallleitungen, STI-Strukturen, Gateelektrodenstrukturen, etc. aufweisen. Wenn bekannt ist, dass mehrere Strukturelemente über der Scheibe **31** mit einer nominellen kritischen Abmessung von 100 nm herzustellen sind, so können die Gitterstrukturen **60A** bis E aus Strukturelementen aufgebaut sein, die kritische Abmessungen aufweisen, die um diesen nominellen Wert herum um einen bekannten Betrag variieren, d. h. mit einem festgelegten Offset versehen sind. Beispielsweise kann in einer anschaulichen Ausführungsform, die in **Fig.** 3 gezeigt ist, und in der die nominelle kritische Abmessung des Strukturelements 100 nm beträgt, beispielsweise für Gateelektrodenstrukturen, das Array **61** aus 5 Gitterstrukturen **60A** bis E aufgebaut sein, wovon jede Strukturelemente mit kritischen Abmessungen von 110 nm, 100 nm, 90 nm, 80 nm und 70 nm aufweist. D. h. die kritische Abmessung jeder Gitterstruktur **60A** bis E ist durch die Größe der Strukturelemente **38**, die die Gitterstruktur **60A** bis E bilden, definiert. Die spezielle Größe der kritischen Abmessung der Strukturelemente **38**, die die Gitterstruktur **60A** bis E bilden, und der inkrementale Unterschied der kritischen Abmessung der Strukturelemente **38**, die die Gitterstruktur **60** bilden, können variieren. In der dargestellten Ausführungsform aus **Fig.** 3 besitzen die Gitterstrukturen **60A** bis E einen Abmessungsversatz bzw. Offset von 10 nm von einer Gitterstruktur zu der nächsten.

[0026] Eine anschauliche Gitterstruktur **60**, die in den **Fig.** 4A bis **Fig.** 4B gezeigt wird, ist aus mehreren Gateelektrodenstrukturen **38A** aufgebaut. Die Gateelektrodenstrukturen **38A**, die die Gitterstruktur **60** bilden, besitzen eine Dicke **65** und Seitenwände **62**, die unter einem Winkel **63** (relativ zu einer Linie senkrecht zu der Oberfläche **43** des Substrats) angeordnet sind. Die Gateelektrodenstruktur **38A** besitzen eine kritische Abmessung **52**. Die Dicke **65** der Seitenwandwinkel **63**, der Abstand **64** der Gateelektrodenstruktur **38A** und die kritische Abmessung **52** der Gateelektrodenstrukturen **38A** können auf Grund der Entwurfserfordernisse variieren. Die Gitterstruktur **60** kann in Gebieten hergestellt sein, die beispielsweise ungefähre Abmessungen von 100 μm × 120 μm besitzen, und kann aus ungefähr 150 bis 200 Gateelektrodenstrukturen **38A** (abhängig von dem ausgewählten Abstand) aufgebaut sein. Selbstverständlich variieren die Strukturelemente, die die Gitterstrukturen **60A** bis E bilden, in Abhängigkeit von den zu messenden Strukturelementen.

[0027] Jede der Gitterstrukturen **60A** bis E oder das Array **61**, das die Gitterstrukturen **60** aufweist, kann als eine separate Teststruktur ausgebildet sein, die in einen Bereich hergestellt ist, der durch eine Trennlinie **42A** einer Scheibe **31** definiert ist. Die Strukturelemente, die ein Teil der Gitterstruktur **60** sind, können gleichzeitig mit anderen ähnlichen Strukturelementen hergestellt werden, die für Produktbauelemente ausgebildet werden, die auf der Scheibe **31** hergestellt werden. D. h. ein Muster für die Gitterstrukturen **60A** bis E kann in einem Retikel ausgebildet sein, das in dem Prozess zur Herstellung von integrierten Produktschaltungsbauelementen innerhalb der Chipbereiche **42** verwendet wird. Alternativ kann ein separates Retikel verwendet werden, um die Strukturelemente zu bilden, die die Gitterstrukturen **60A** bis E bilden.

[0028] Typischerweise ist die kritische Abmessung **52** der Strukturelemente **38**, die in den diversen Gitterstrukturen **60A** bis E enthalten sind, so gestaltet, dass zumindest einige der mehreren Gitterstrukturen **60A** bis E aus Strukturelementen **38** aufgebaut sind, die ein kritische Abmessung haben, die vergleichbar mit der beabsichtigten oder nominellen kritische Abmessung von Strukturelementen ist, die bei der Herstellung von Produktbauelementen zu bilden sind. D. h., die Gruppe der Gitterstrukturen **60A** bis E liefert einen Bereich kritischer Abmessungen von Strukturelementen **38**, die auf einem integrierten Schaltungsbauelement zumindest für eine vorgegebene Art von Strukturelementen hergestellt werden können.

[0029] In einer anschaulichen Ausführungsform kann das Array **61** fünf Gitterstrukturen **60A** bis E aufweisen. In dieser Ausführungsform kann die erste Gitterstruktur, beispielsweise **60A**, Strukturelemente **38** aufweisen, die einen festgelegten Abweichungswert über einer normalen Strukturgröße aufweisen, während die zweite Gitterstruktur **60B** aus Strukturelementen **38** aufgebaut ist, die näherungsweise die nominelle Strukturgröße besitzen, und die Gitterstrukturen **60C** bis D enthalten Strukturelemente **38**, die jeweils kleiner als die nominelle Strukturgröße sind. Beispielsweise kann für eine nominelle Strukturgröße von 250 nm, beispielsweise für Metallleitungen, das Array **61** aus Gitterstrukturen **60A** bis E mit Strukturgrößen von jeweils 260 nm, 250 nm, 240 nm, 230 nm und 220 nm aufgebaut sein. Selbstverständlich kann dieses anschauliche Arraymuster variiert werden, beispielsweise kann das Array **61** aus Gitterstrukturen **60A** bis E aufgebaut sein mit Strukturgrößen von jeweils 280 nm, 275 nm, 250 nm, 235 nm und 220 nm. Somit kann das spezielle Muster oder die Anordnung des Arrays **61** sowie der inkrementalen Unterschied der Strukturgrößen jeder Strukturgrößer **60A** bis E als eine Folge der Entwurfserfordernisse variiert werden.

[0030] Durch Anwendung der vorliegenden Erfindung können Messanlagen auf Streumessungsbasis in genauer und zuverlässiger Weise kalibriert werden, um die Genauigkeit der kritischen Messdaten, die mittels derartiger Anlagen gewonnen werden, zu verbessern. Auf Grund der Komplexität moderner Halbleiterbearbeitungsanlagen gibt es beispielsweise Schwankungen in der Größe, beispielsweise der kritischen Abmessung von Strukturelementen, die auf einer Scheibe hergestellt werden. Obwohl Streumessanlagen in genauer Weise auf einen bekannten nominellen Wert kalibriert werden können, kann beim Messen von Strukturgrößen, die sich von diesen nominellen Wert unterscheiden, ein unerwünschter Fehler in den Messvorgang eingeführt werden. D. h, wenn eine Streumessanlage dafür kalibriert ist, kritische Abmessungen mit einem Sollwert von 100 nm zu messen, können ungewollte Fehler in den Messprozess eingeführt werden, wenn die Messanlage auf Streumessungsbasis verwendet wird, um kritische Abmessungen zu messen, die deutlich über oder unter diesen Wert liegen. Die vorliegende Erfindung stellt diverse Verfahren bereit, die beim Kalibrieren einer derartigen Anlage effizient anwendbar sind, um damit die Wirkungen dieser Fehler zu vermeiden oder zumindest zu verringern.

[0031] Lediglich beispielhaft sei angenommen, dass das zu messende Strukturelement eine nominelle kritische Abmessung von 100 nm aufweist und mit einer Messanlage auf Streumessungsbasis werden viele der Strukturelemente gemessen, wodurch herausgefunden wird, dass die kritische Abmessung von 98 bis 101 nm variiert. Jedoch können einigen der Strukturelemente zunächst so gemessen worden sein, dass diese eine kritische Abmessung von beispielsweise 93 nm aufweisen. Hierbei kann die auf Streumessung basierende Anlage unter Anwendung des Arrays **61** der Gitterstrukturen **60A** bis E, die hierin offenbart sind, kalibriert werden. Genauer gesagt, die Streumessanlage kann verwendet werden, um eine der Gitterstrukturen **60A** bis E zu messen, die die nächstliegende Sollstrukturgröße im Vergleich zu jener der gemessenen Abmessung aufweist. In diesem Falle kann die Streumessanlage verwendet werden, die Gitterstruktur **60C** zu messen, die eine bekannte Strukturgröße oder Sollstrukturgröße von 90 nm aufweist. Auf Grundlage der Messung der Gitterstruktur **600** kann dann die Streumessanlage kalibriert werden., D. h., wenn beim Messen der Gitterstruktur **60C** (mit einem bekannten Wert von 90 nm) die Anlagendaten einen Wert von 91 anzeigen, so kann die Anlage auf der Grundlage dieser Daten kalibriert werden, indem die Messdaten für das gemessene Strukturelement mit einem Korrekturfaktor, der auf den Messdaten der Gitterstruktur **60C** basiert, multipliziert werden. D. h., ein gemessener Wert von 93 nm ergäbe mit einer geeigneten Kalibrierung 93 nm × (91/90) = 94,03 nm. Obwohl derartige Fehler bei der Messung in Absolutzahlen sehr gering sein können, kann es im Zusammenhang mit der Herstellung integrierter Schaltungsbauelemente mit Abmessungen entsprechend moderner Bauelemente äußerst wichtig sein, in genauer Weise die Größe oder die kritische Abmessung der resultierenden Strukturelemente zu bestimmen und die Effizienz der Prozesse zu erkennen, die zum Herstellen derartiger Bauelemente verwendet werden.

[0032] Es können viele Streumessanlagen **74** mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden, beispielsweise sogenannte 2-θ-Systeme und Linsen-Streumessanlagen. Die Streumessanlage **74** kann weißes Licht oder eine andere Wellenlänge oder mehrere Wellenlängen benutzen, abhängig von der spezifischen Implementierung. Typischerweise erzeugt die Streumessanlage **74** einen einfallenden Strahl, der eine breite spektrale Zusammensetzung aufweist, wobei die Intensität des Lichtes sich langsam im Vergleich zur Wellenlänge ändert. Der Einfallswinkel des Lichtes kann, abhängig von der speziellen Implementierung, ebenso variiert werden. Die charakteristischen optischen Aufzeichnungen, die von der Streumessanlage **74** erzeugt werden, können auf einem Vergleich der Lichtintensität mit der Wellenlänge (für weißes Licht, und Streumessanlagen mit festem Winkel) oder einem Vergleich der Intensität mit dem Einfallswinkel (für winkelauflösende Systeme, die eine monochromatische Lichtquelle verwenden) beruhen. Ferner können die Lichtquelle **72** und der Detektor **75** in einer Konfiguration mit konzentrischen Kreisen angeordnet sein, wobei die Lichtquelle **73** die Gitterstrukturen **60A** bis E aus einer senkrechten Orientierung bestrahlt, wie dies beispielsweise bei einem Reflektometer der Fall ist. Die Intensität des reflektierten Lichts kann als eine s- und p-Polarisierung über mehrere Winkel hinweg oder über mehrere Wellenlängen hinweg gemessen werden.

[0033] Im Allgemeinen umfasst die Streumessanlage **74** (siehe **Fig.** 4a) optische Einrichtungen, etwa ein Ellipsometer oder ein Reflektometer, und eine Datenverarbeitungseinheit, die mit einer Streumessungsanwendungssoftware zum Verarbeiten der Daten, die von den optischen Einrichtungen gewonnen werden, versehen ist.

[0034] Teile der Erfindung und der entsprechenden detaillierten Beschreibung sind in Begriffen von Software oder Algorithmen oder symbolischen Darstellungen von Operationen an Datenbits innerhalb eines Computerspeichers dargestellt.

[0035] Die vorliegende Erfindung richtet sich allgemein an ein Verfahren und eine Struktur zum Kalibrieren einer Messanlage auf Streumessungsbasis, die zur Messung von Abmessungen von Strukturelementen auf einem Halbleiterbauelement verwendet wird. In einer anschaulichen Ausführungsform umfasst das

Verfahren das Messen einer kritischen Abmessung mindestens eines Produktstrukturelements, das über einer Scheibe ausgebildet ist, wobei eine Streumessanlage verwendet wird, das Messen mindestens einer von mehreren Gitterstrukturen, die über der Scheibe ausgebildet sind, wobei die Streumessanlage verwendet wird, und wobei jede der Gitterstrukturen eine unterschiedliche kritische Abmessung aufweist, und das Korrigieren der gemessenen kritischen Abmessung des mindestens einen Produktstrukturelements auf der Grundlage der Messung der mindestens einen Gitterstruktur.

[0036] In einer weiteren anschaulichen Ausführungsform umfasst das Verfahren das Bilden mehrerer Produktstrukturelemente über einer Scheibe, das Bilden mehrerer Gitterstrukturen über der Scheibe, wobei jede Gitterstruktur mehrere Strukturelemente aufweist, die jeweils eine kritische Sollabmessung aufweisen, die damit eine kritische Abmessung der Gitterstruktur definiert, wobei jede Gitterstruktur eine unterschiedliche kritische Abmessung besitzt, das Messen einer kritischen Abmessung mindestens eines der Produktstrukturelemente unter Anwendung einer Streumessanlage, das Messen mindestens einer der Gitterstrukturen unter Verwendung der Streumessanlage, um eine gemessene kritische Abmessung mindestens eines Strukturelements der mindestens einen Gitterstruktur zu bestimmen, und das Korrigieren der gemessenen kritischen Abmessung des mindestens einen Produktstrukturelements auf der Grundlage eines Vergleichs zwischen der gemessenen kritischen Abmessung des mindestens einen Strukturelements in der mindestens einen Gitterstruktur und der kritischen Sollabmessung des Strukturelements in der mindestens einen Gitterstruktur.

[0037] Durch die Anwendung der vorliegenden Erfindung können bessere Messdaten im Verlauf der Herstellung integrierter Schaltungsbauelemente ermittelt werden. Die vorliegende Erfindung kann auch bei der Bestimmung der Effizienz diverser Prozesse eingesetzt werden, die bei der Herstellung integrierter Schaltungsbauelemente ausgeführt werden. Im Allgemeinen kann die vorliegende Erfindung zu einer Verbesserung des Bauteilverhaltens und der Erhöhung der Produktionsausbeute führen.

[0038] Die dargelegten Prozessschritte können in einer unterschiedlichen Reihenfolge ausgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren einer Streumessanlage, wobei das Verfahren umfasst:
Messen einer kritischen Abmessung mindestens eines Produktstrukturelements, das über einer Scheibe (**31**) ausgebildet ist, wobei die Streumessanlage (**74**) verwendet wird;
Messen mindestens einer von mehreren Gitterstrukturen (**60**), die über der Scheibe (**31**) ausgebildet sind, wobei die Streumessanlage (**74**) verwendet wird und wobei die Gitterstrukturen (**60**) jeweils eine unterschiedliche kritische Abmessung aufweisen; und
Bestimmen eines Korrekturfaktors auf der Grundlage der Messung einer der mindestens einen Gitterstruktur (**60**), wobei der Korrekturfaktor mit der gemessenen kritischen Abmessung des mindestens einen Produktstrukturelements zum Bestimmen der kritischen Abmessung des mindestens einen Produktstrukturelements multipliziert wird.

2. Ein Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Produktstrukturelement eine Flachgrabenisolation und/oder eine Gateelektrodenstruktur und/oder eine Leitung aufweist.

3. Ein Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine erste der mehreren Gitterstrukturen (**60A**–E) eine kritische Abmessung mit einer ersten Größe aufweist, und mindestens eine der mehreren Gitterstrukturen (**60A**–E) eine kritische Abmessung mit einer zweiten Größe aufweist, wobei die zweite Größe größer als die erste Größe ist, und wobei die restlichen der mehreren Gitterstrukturen (**60A**–E) eine kritische Abmessung aufweisen, die kleiner als die erste Größe ist.

4. Ein Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die kritischen Abmessungen der Gitterstrukturen (**60A**–E) sich voneinander durch einen festgelegten Differenzbetrag unterscheiden.

5. Ein Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, wobei Messen mindestens einer von mehreren Gitterstrukturen (**60A**–E) umfasst: Messen mindestens einer von 5 Gitterstrukturen (**60A**–E), die über der Scheibe (**31**) ausgebildet sind, unter Anwendung der Streumessanlage (**74**), wobei jede der Gitterstrukturen (**60A**–E) eine unterschiedliche kritische Abmessung aufweist.

6. Ein Verfahren nach Anspruch 1, wobei die kritische Abmessung jeder der Gitterstrukturen (**60A**–E) als eine kritische Abmessung von Strukturelementen (**38A**) definiert ist, die die Gitterstruktur (**60A**–E) enthält.

7. Halbleiterfertigungsverfahren umfassend:
Bilden mehrerer Produktstrukturelemente über einer Scheibe (**31**);
Bilden mehrerer Gitterstrukturen (**60A**–E) über der Scheibe (**31**), wobei jede der Gitterstrukturen (**60A**–E) mehrere Strukturelemente (**38A**) aufweist, wovon jedes eine kritische Sollabmessung besitzt, die damit eine kritische Abmessung der Gitterstruktur (**60**) definiert, wobei jede Gitterstruktur (**60**) eine unterschiedliche kritische Abmessung aufweist;
Ausführen des Verfahrens nach Anspruch 1, wobei zumindest eines der Produktstrukturelemente und

mindestens eine (**38A**) der mehreren Gitterstrukturen (**60A**–E) verwendet wird;
wobei der Korrekturfaktor auf der Grundlage eines Vergleichs zwischen der gemessenen kritischen Abmessung des mindestens einen Strukturelements (**38A**) in der mindestens einen Gitterstruktur (**60**) und der kritischen Sollabmessung des Strukturelements in der mindestens einen Gitterstruktur (**60**) bestimmt wird.

8. Ein Verfahren nach Anspruch 7, wobei die mehreren Produktstrukturelemente eine Flachgrabenisolation und/oder eine Gateelektrodenstruktur und/oder eine Leitung aufweisen.

9. Ein Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei jede der Gitterstrukturen (**60A**–E) mehrere Flachgrabenisolationen und/oder Gateelektrodenstrukturen und/oder Leitungen umfasst.

10. Ein Verfahren nach Anspruch 7, 8 oder 9, wobei die Gitterstrukturen (**60A**–E) eine unterschiedliche kritische Abmessung aufweisen, die sich um einen festgelegten Differenzbetrag unterscheiden.

11. Ein Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei eine erste der mehreren Gitterstrukturen (**60A**–E) eine kritische Abmessung einer ersten Größe aufweist und mindestens eine der mehreren Gitterstrukturen (**60A**–E) eine kritische Abmessung einer zweiten Größe aufweist, wobei die zweite Größe größer als die erste Größe ist, und wobei die restlichen der mehreren Gitterstrukturen (**60A**–E) eine kritische Abmessung aufweisen, die kleiner als die erste Größe ist.

12. Ein Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, wobei Bilden mehrerer Gitterstrukturen (**60A**–E) über der Scheibe (**31**) das Bilden von mindestens 5 Gitterstrukturen (**60A**–E) über der Scheibe (**31**) umfasst.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

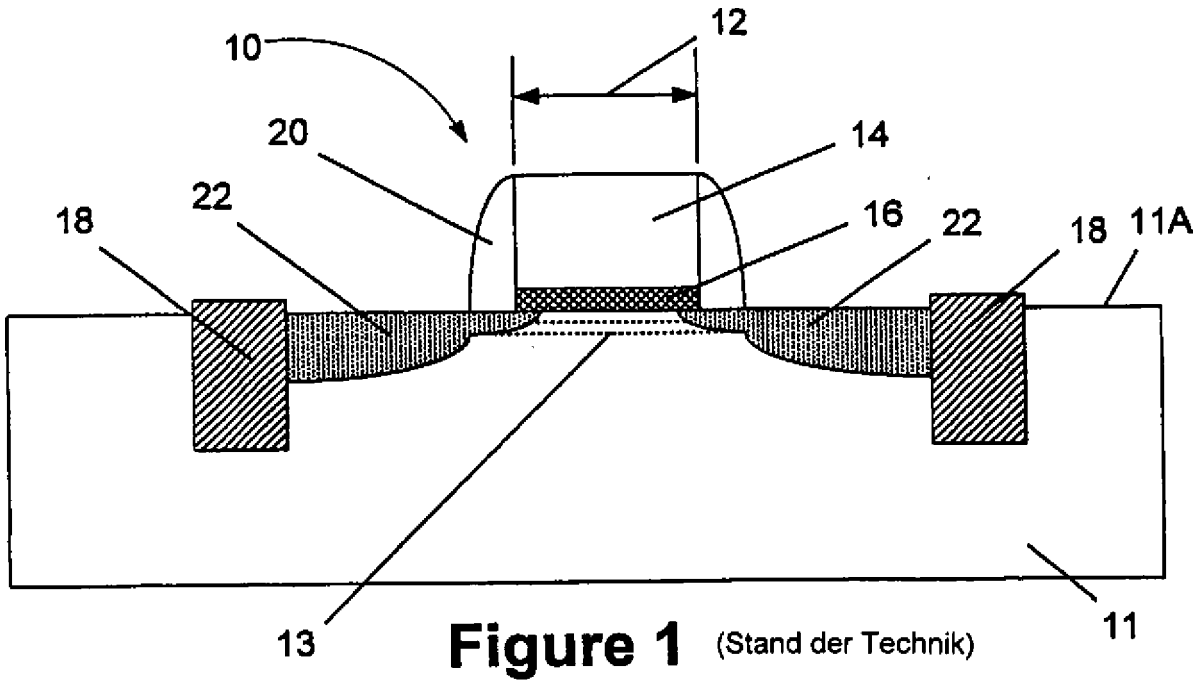


Figure 1 (Stand der Technik)

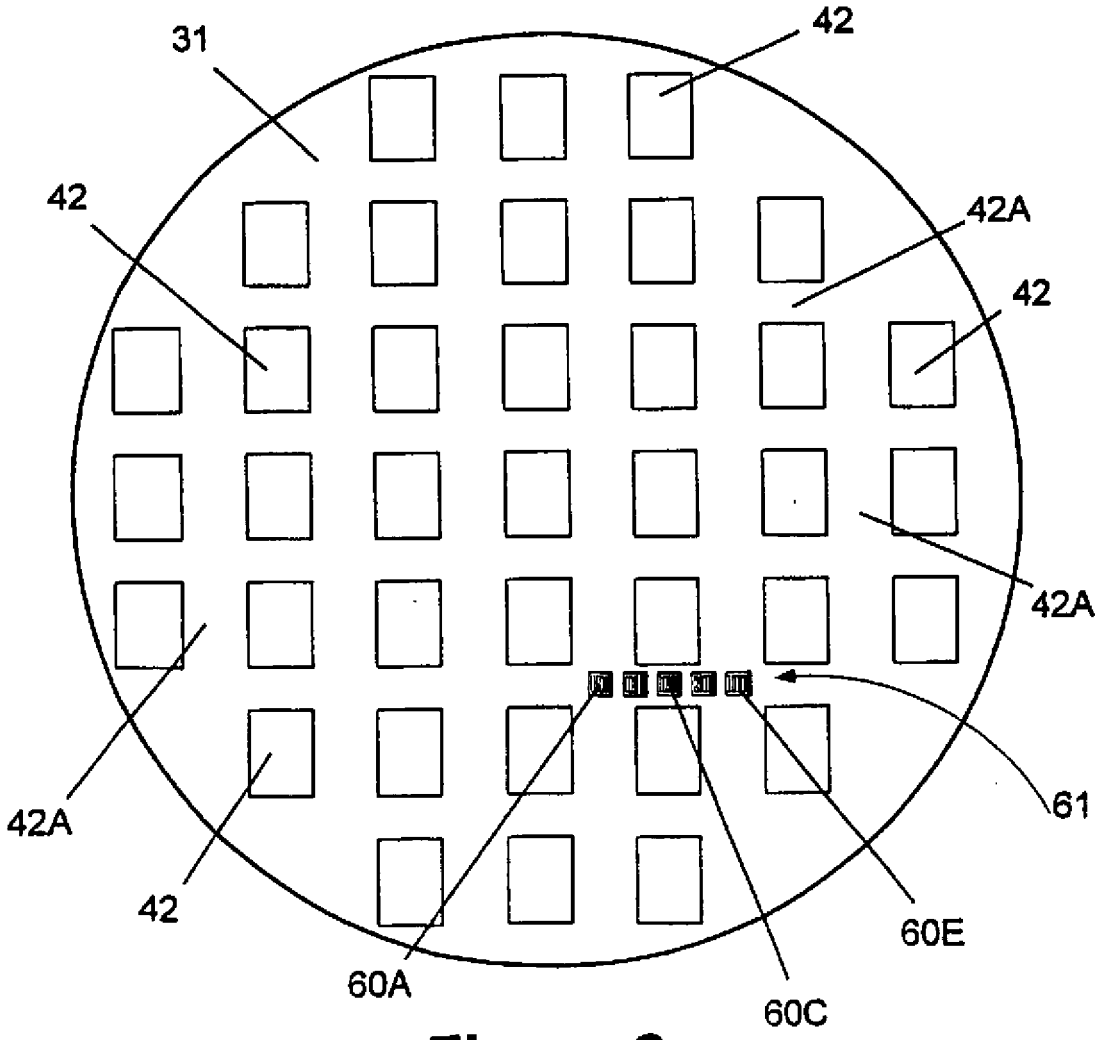


Figure 2

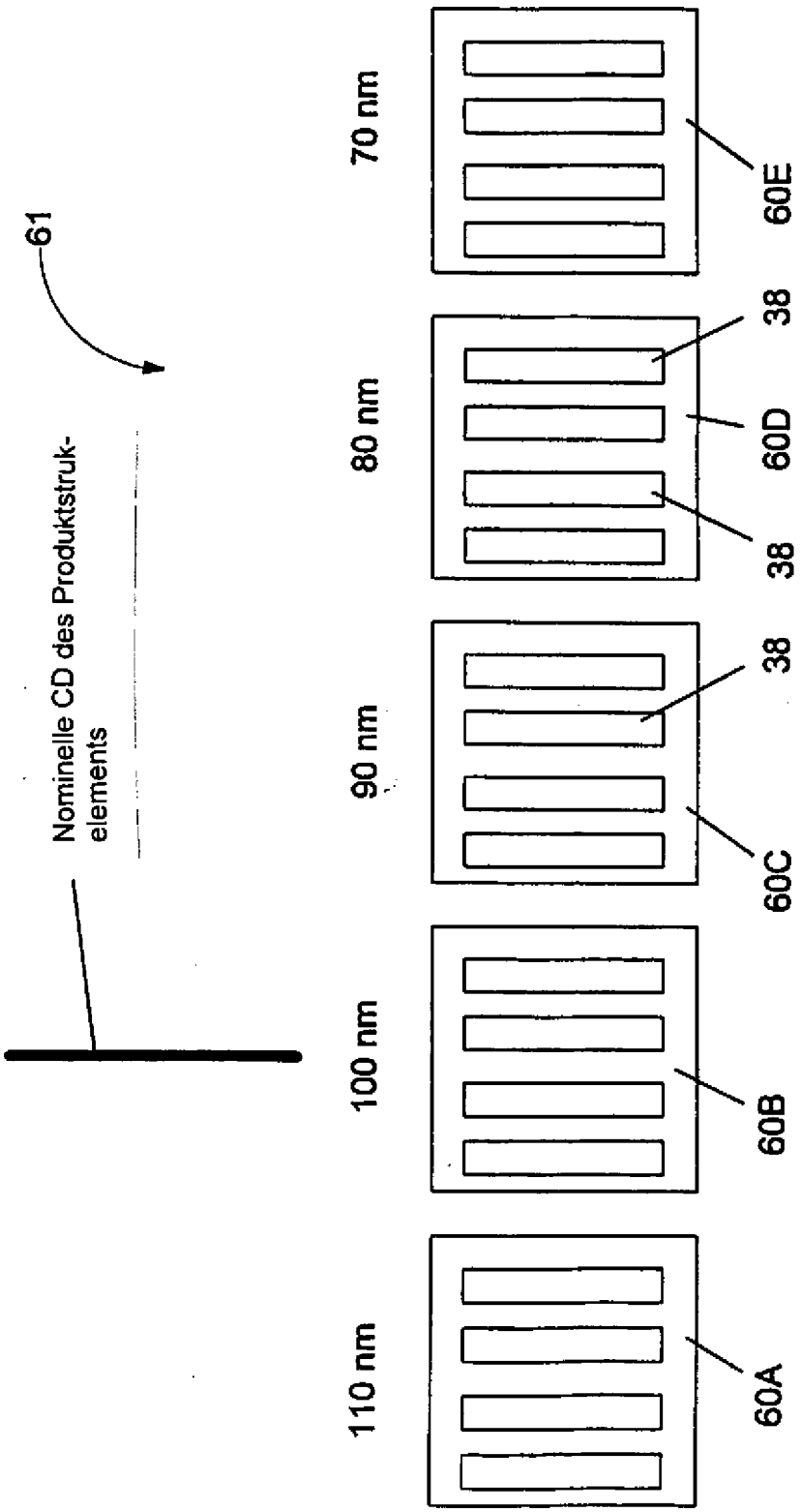

61
Nominelle CD des Produktstruk-elements
110 nm
100 nm
90 nm
80 nm
70 nm
60A
60B
60C
60D
60E
38
38
38

Figure 3

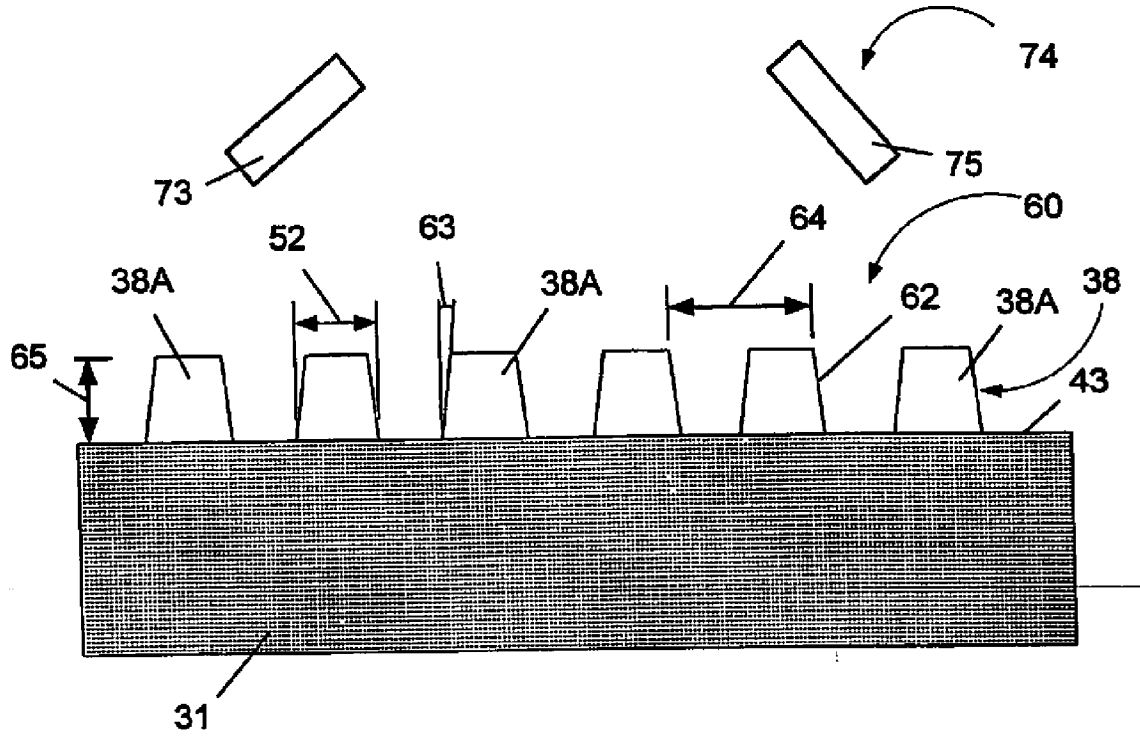


Figure 4A

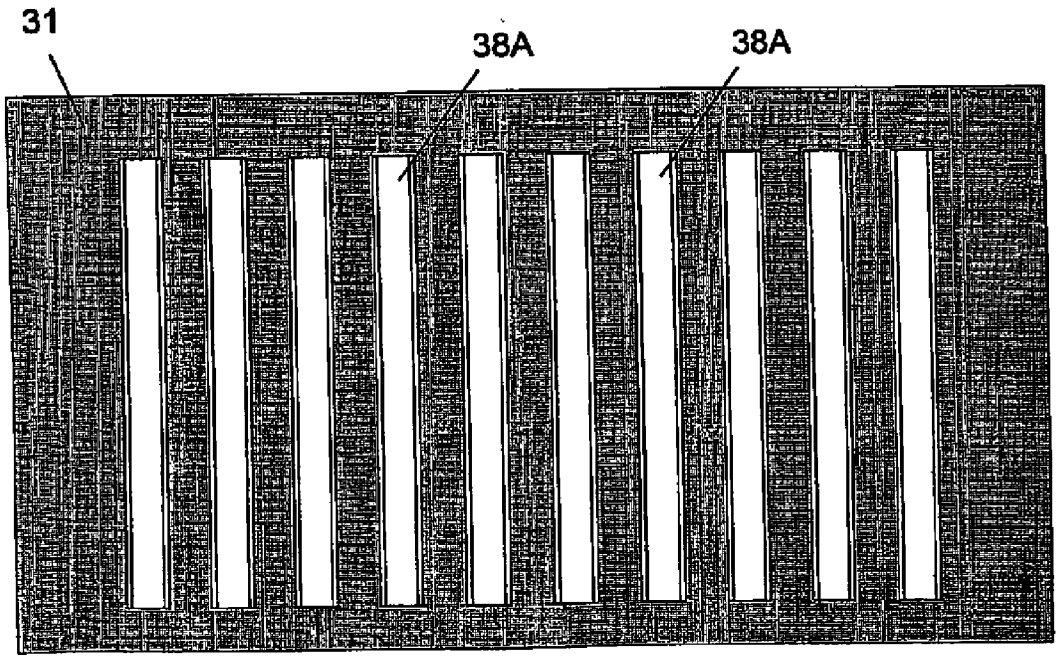


Figure 4B