



(10) **DE 11 2012 001 439 B4** 2020.09.10

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 001 439.1**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2012/029676**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2012/134867**  
(86) PCT-Anmeldetag: **19.03.2012**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **04.10.2012**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **16.01.2014**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **10.09.2020**

(51) Int Cl.: **H01L 21/66 (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:

<b>61/467,964</b>	<b>25.03.2011</b>	<b>US</b>
<b>13/420,224</b>	<b>14.03.2012</b>	<b>US</b>

(72) Erfinder:

**Kulkarni, Ashok, San Jose, Calif., US; Chen,  
Chien-Huei Adam, San Jose, Calif., US**

(73) Patentinhaber:

**KLA-Tencor Corp., Milpitas, Calif., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**US 2003 / 0 228 050 A1**

(74) Vertreter:

**Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte,  
93049 Regensburg, DE**

**GU, A. [et al.]: Lossless Compression  
Algorithms for Hierarchical IC Layout. IEEE  
Transactions on Semiconductor Manufacturing,  
Vol. 21, No. 2, S. 285 - 296, Mai 2008.**

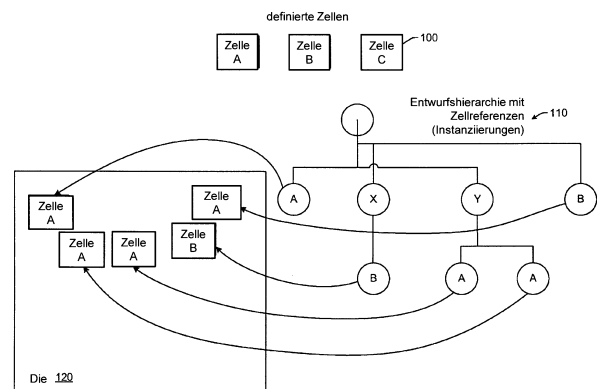
(54) Bezeichnung: **Computerimplementierte entwurfsbasierte Inspektion unter Verwendung wiederholender Strukturen**

(57) Hauptanspruch: Ein computerimplementiertes Verfahren zur Inspektion eines Wafers, umfassend:

- Identifizieren mehrerer Instanzen von Strukturen in einem Entwurf für einen Wafer, wobei die Strukturen die gleichen oder im Wesentlichen die gleichen geometrischen Eigenschaften besitzen, wobei jede der in den mehreren Instanzen beinhalteten Strukturen eine einzige zusammenhängende Struktur beinhaltet, und wobei das Identifizieren unter Verwendung von Entwurfsdaten für den Entwurf durchgeführt wird;

- Vergleichen der Ausgabe eines Inspektionssystems für zwei oder mehr der auf dem Wafer ausgebildeten mehreren Instanzen der einzigen zusammenhängenden Strukturen untereinander, wobei die zwei oder mehr der mehreren Instanzen in dem gleichen Die auf dem Wafer angeordnet sind; und

- Erfassen von Defekten auf dem Wafer basierend auf den Ergebnissen des Vergleichs, wobei das Identifizieren, das Vergleichen und das Erfassen unter Verwendung eines Computersystems durchgeführt werden.



**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf Systeme und Verfahren für eine Entwurf-basierte Inspektion von Wafern unter Verwendung von sich wiederholenden Strukturen.

## BESCHREIBUNG RELEVANTER TECHNOLOGIE

**[0002]** Inspektionsverfahren (Prüfverfahren) werden in verschiedenen Produktionsschritten eines Halbleiterproduktionsprozesses eingesetzt, um Defekte auf Wafern zu erfassen, um so die Ausbeute bei der Herstellung zu erhöhen und damit höhere Gewinne zu erzielen. Die Inspektion ist seit jeher ein wichtiger Bestandteil bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen. Da die Dimensionen von Halbleiterbauelementen immer kleiner werden, gewinnt die Inspektion jedoch stetig an Bedeutung für die erfolgreiche Herstellung von Halbleiterbauelementen akzeptabler Qualität, da entsprechend kleinere Defekte die Fehlfunktion des Halbleiterbauelements bewirken können.

**[0003]** Inspektionsverfahren können durch verschiedene Quellen des Rauschens auf den Wafer beschränkt sein. Zum Beispiel ist ein bekanntes Inspektionsverfahren der Die-zu-Die Vergleich Dabei wird eine Ausgabe (bspw. Ausgangsdaten, Prüf-/Messergebnisse) eines Inspektionssystems verglichen, die für korrespondierende Positionen in verschiedenen auf einem Wafer ausgebildeten Dies erzeugt wurden. Auf diese Weise ist die für ähnliche Strukturen erzeugte Ausgabe auf mehrere Dies vergleichbar und die Ergebnisse des Vergleichs können verwendet werden, um Defekte in diesen Strukturen zu detektieren. Da der Produktionsprozess entlang der Waferoberfläche Abweichungen aufweist, können einander entsprechende Positionen in verschiedenen Dies unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, wie beispielsweise hinsichtlich der Schichtdicke und Farbvariationen. Diese Abweichungen zwischen den Dies stellen zwar keine wirklichen Defekte dar, können jedoch in den Die-zu-Die-Vergleich fälschlicherweise als Fehler identifiziert werden. Diesen Abweichungen zwischen verschiedenen Dies kann durch eine Erhöhung der Schwellenwerte zur Detektion von Defekten begegnet werden. Allerdings führt die Erhöhung der Schwellenwerte offensichtlich dazu, dass die Erkennung kleinster Defekte auf den Wafern nicht mehr möglich ist.

**[0004]** Die US-Patentanmeldung US 2003/0228050 A1 beschreibt ein Verfahren zur Inspektion einer strukturierten Oberfläche. Referenzdaten für Strukturen werden verwendet, um Bereiche zu identifizieren, von denen angenommen werden kann, dass sie gleichartige Bilder erzeugen. Ein

Bild-zu-Bild-Vergleich dieser Bereiche dient zur Identifizierung von Defekten.

**[0005]** Einige Inspektionsverfahren und/oder Inspektionssysteme erkennen Fehler durch Vergleichen der Ausgabe für mehrere Stellen bzw. Positionen in einem einzigen Die. Generell gibt es zwei Arten von Methoden bzw. Verfahren, die dieses Konzept in aktuellen Inspektionssystemen nutzen. Ihre Anwendbarkeit ist jedoch eingeschränkt; zum Beispiel kann für Array-Bereiche wie SRAM oder DRAM Bereiche eines Dies in Kenntnis der Zellgröße in dem Array eine Zelle-zu-Zelle-Inspektion mit dem Gerät zur Waferinspektion) durchgeführt werden. Es gibt auch einige bekannte Systeme, die den Bilderstrom während der Inspektion analysieren und durch Ausführen einer Autokorrelationsanalyse nach sich wiederholenden Strukturen und periodischen Mustern suchen. Allerdings sind diese beiden Verfahren auf Layouts beschränkt, die eine gewisse Periodizität (z.B. in x-Richtung) mit einer bestimmten Periode haben.

**[0006]** Dementsprechend wäre es von Vorteil, Inspektionssysteme und/oder Inspektionsverfahren zu entwickeln, die nicht einem oder mehreren der oben beschriebenen Nachteile unterliegen.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0007]** Eine Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Computer-implementiertes Verfahren zur Inspektion eines Wafers. Das Verfahren umfasst ein Identifizieren mehrerer Instanzen von Strukturen in einem Entwurf (bzw. Design, Konstruktionsplan oder Schaltplan) für einen Wafer. Die Strukturen weisen dabei die gleichen oder im Wesentlichen gleichen geometrischen Eigenschaften auf. Die Identifikation der mehreren Instanzen erfolgt unter Verwendung von Entwurfs- bzw. Konstruktionsdaten für den Entwurf. Das Verfahren umfasst auch ein Vergleichen (bzw. Abgleichen) der Ausgabe (bspw. Ausgangsdaten, Prüf-/Messergebnisse eines Inspektionssystems für zwei oder mehr der auf dem Wafer ausgebildeten mehreren Instanzen. Die zwei oder mehr der mehreren Instanzen sind dabei im gleichen Die des Wafers angeordnet. Darüber hinaus umfasst das Verfahren ein Erfassen (bzw. Detektieren) von Defekten auf dem Wafer basierend auf Ergebnissen des Ab- oder Vergleichs. Die Schritte des Identifizierens, Vergleichens und Erfassens werden unter Verwendung eines Computersystems durchgeführt.

**[0008]** Des Weiteren kann jeder der Schritte des oben beschriebenen Verfahrens so wie hierin beschrieben ausgestaltet werden. Ferner kann jeder der Schritte des Verfahrens unter Verwendung jedes hier beschriebenen Systems (bzw. Anlage oder Vorrichtung) oder Systemen durchgeführt werden. Darüber hinaus kann das Verfahren jeden der hier beschriebenen Schritte bzw. Schrittkombinationen umfassen.

**[0009]** Eine andere Ausführungsform der Erfindung bezieht sich auf ein nichtvorübergehendes (nicht-flüchtiges), computerlesbares Medium, das Programmanweisungen speichert, die auf einem Computersystem ausführbar sind, um ein computerimplementiertes Verfahren zur Inspektion eines Wafers auszuführen. Das gemäß den Programmanweisungen ausführbare Computerimplementierte Verfahren umfasst die Schritte des oben beschriebenen Computerimplementierten Verfahrens. Das Computerlesbare Medium kann weiter so ausgestaltet sein wie hierin beschrieben.

**[0010]** Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein System, das zur Inspektion eines Wafers konfiguriert ist. Das System umfasst ein Inspektionssystem, das zur Erzeugung einer Ausgabe für einen Wafer konfiguriert ist. Das System umfasst auch ein Computer-Subsystem, das zum Durchführen der Schritte des oben beschriebenen Computerimplementierten Verfahrens konfiguriert ist. Das System kann weiterhin so wie hierin beschrieben konfiguriert sein.

#### Figurenliste

**[0011]** Weitere Aufgaben und Vorteile der Erfindung werden beim Lesen der folgenden detaillierten Beschreibung und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen ersichtlich:

**Fig. 1** zeigt ein schematisches Diagramm einer Ausführungsform einer Zell-Instanzierungsanalyse;

**Fig. 2** zeigt ein schematisches Diagramm zur Illustration eines Beispiels ähnlicher Strukturen, die offensichtlich aus einer geplanten Entwurfschicht hervorgehen;

**Fig. 3** zeigt mittels eines schematischen Diagramms anhand einer Ausführungsform, wie ein iterativer Algorithmus sich wiederholende Geometrien einordnen und erkennen kann;

**Fig. 4** zeigt ein Blockdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen nicht-flüchtigen Computerlesbaren Mediums; und

**Fig. 5** zeigt ein Blockdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0012]** Die nachfolgend beschriebenen Zeichnungen sind nicht maßstabgetreu gezeichnet. Insbesondere sind die Maße einiger Elemente in den Zeichnungen stark übertrieben, um ihre Eigenschaften zu betonen. Es wird auch darauf hingewiesen, dass die Zeichnungen untereinander nicht im selben Maßstab gezeichnet sind. Elemente, die in mehr als einer Zeichnung gezeigt werden und in ähnlicher

Weise ausgebildet sein können, werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

**[0013]** Nachfolgend werden verschiedene Ausführungsformen für die Entwurfs- bzw. Design-basierte Inspektion unter Verwendung sich wiederholender Strukturen beschrieben. Eine Ausführungsform betrifft ein Computerimplementiertes Verfahren zur Inspektion eines Wafers. Das Verfahren umfasst ein Identifizieren mehrerer Instanzen von Strukturen in einem Entwurf bzw. Design eines Wafers. Die Strukturen weisen gleiche oder im Wesentlichen gleiche geometrische Eigenschaften auf. Der Begriff „geometrische Eigenschaften“, wie er hier verwendet wird, bezeichnet alle geometrischen Eigenschaften der Struktur, die für die Geometrie der Struktur relevant sein können. Deshalb können die „geometrischen Eigenschaften“ Eigenschaften wie Breite, Höhe, Seitenprofil, Form der Struktur, zweidimensionale Form, dreidimensionale Form und dergleichen umfassen. Daher wären Strukturen gleicher geometrischer Eigenschaften z.B. gleich bezüglich der Breite, der Höhe, des Seitenprofils, der Form der Struktur, der zweidimensionalen Form, der dreidimensionalen Form und dergleichen. Der Begriff „im Wesentlichen die gleichen geometrischen Eigenschaften“ bezieht sich auf geometrische Merkmale, deren Unterschiede für die hier beschriebenen Verfahren unterhalb der Nachweisschwelle von Defekten liegen. Darüber hinaus kann für jede geometrische Eigenschaft das mögliche Ausmaß von Abweichungen, unterhalb dessen die betreffende geometrische Eigenschaft als noch im Wesentlichen gleich gilt, variieren. Zum Beispiel kann eine geometrische Eigenschaft mit Abweichungen von bis zu etwa 1% als im Wesentlichen gleich gelten, wohingegen eine andere geometrische Eigenschaft sogar mit bis zu etwa 5% Abweichung als im Wesentlichen gleich gilt.

**[0014]** Eine „Struktur“ im Sinne der Erfindung ist eine Struktur mit einem Muster, wobei die Struktur auf einem Wafer ausgebildet ist. Mit anderen Worten sind die hier beschriebenen „Strukturen“ keine bloßen auf einem Wafer ausgebildeten Schichten auf einem Wafer. Ferner bezeichnet eine „Struktur“ im Sinne der Erfindung eine einzige zusammenhängende Struktur. Eine „Struktur“ im Sinne der Erfindung bezeichnet also keine Gesamtheit aus einzelnen individuellen Strukturen, wie beispielsweise eine Reihe bzw. Anordnung von Linien, eine Reihe bzw. Anordnung von Kontakten oder jedem anderen Satz diskreter Strukturen. Gemäß der hier getroffenen Begriffsdefinition gilt stattdessen jede der Leitungen, jeder der Kontakte oder jede der diskreten Strukturen, die in einem Satz enthalten sind, als eine Struktur.

**[0015]** Das Identifizieren der mehreren Instanzen erfolgt über Entwurfs- bzw. Konstruktionsdaten für den Entwurf. Zum Beispiel können die hier beschriebenen Ausführungsformen die Ausgestaltung eines Entwurfs-

fes für eine Halbleiterschicht verwenden, um „ähnliche“ Strukturen in relativ enger Nachbarschaft zueinander in einem Die Layout zu bestimmen, so dass während der Inspektion diese ähnlichen Strukturen miteinander verglichen und „Ausreißer“ als Defekte markiert werden können. Dem unterliegt die grundlegende Annahme, dass solche Defektstellen einen im Wesentlichen kleinen Bruchteil aller solcher ähnlicher Strukturen ausmachen. In einer Ausführungsform beruht das Identifizieren der mehreren Strukturen nicht auf einer für einen Wafer erzeugten Ausgabe eines Inspektionssystems. Stattdessen können, wie vorangegangen beschrieben, die sich wiederholenden Strukturen unter Verwendung der Entwurfsdaten und in manchen Fällen unter ausschließlicher Verwendung der Entwurfsdaten identifiziert werden. Die Entwurfsdaten dürfen keine Daten oder Informationen enthalten oder sein, die durch Verwendung eines physikalischen Wafers erworben wurden. Mit anderen Worten sind Entwurfsdaten keine Ausgabe, die durch Scannen eines physikalischen Wafers erzeugt wird, und auch keine aus einer solchen Ausgabe abgeleiteten Daten oder Informationen. Da die sich wiederholenden Strukturen in den hier beschriebenen Ausführungsformen durch Analysen der Entwurfsdaten identifiziert werden, wird kein Bildrauschen („image noise“) in den Algorithmus eingeführt. Die hier beschriebenen Ausführungsformen nutzen die Fähigkeit mancher bildgebenden Computersysteme, eine große Menge von Daten über einen Die hinweg in einem Bildpufferspeicher einzulesen. Man kann die hier beschriebenen Ausführungsformen dazu verwenden, um alle Positionen von bestimmten Gruppen von Geometrien in diesem Bildpufferspeicher zu bestimmen.

**[0016]** Mehrere Techniken können verwendet werden, um sich wiederholende Strukturen im Entwurf zu finden. Zum Beispiel wird gemäß einer Ausführungsform das Identifizieren der mehreren Strukturen ohne Berücksichtigung bzw. Verwendung ihrer Periodizität durchgeführt. In einer weiteren Ausführungsform kommen die mehreren Instanzen im Entwurf ohne Periodizität vor. Zum Beispiel können die hier beschriebenen Ausführungsformen nach ähnlichen Mustern suchen, auch wenn sie nicht periodisch sind.

**[0017]** In einigen Ausführungsformen basiert das Identifizieren der mehreren Strukturen nicht auf der Zellgröße im Entwurf. Anders als bei einigen zur Array-Inspektion gebräuchlichen Verfahren, können Verfahren gemäß der hier beschriebenen Ausführungsformen unabhängig von der Zellgröße sein. Zum Beispiel wird in einigen derzeit gebräuchlichen Verfahren zur Inspektion von Array-Bereichen, wie SRAM- oder DRAM-Bereichen eines Dies, durch Kenntnis der Zellgröße innerhalb eines Arrays ein Zelle-zu-Zelle-Vergleich oder Inspektion mit Geräten zur Waferinspektion durchgeführt. Allerdings ist das

Einsatzgebiet dieser Verfahren auf Layouts mit Periodizität (z. B. in x-Richtung oder Scan-Richtung) mit einer bestimmten Periodenlänge beschränkt. Im Gegensatz dazu können die hier beschriebenen Ausführungsformen die sich wiederholenden Natur bestimmter Strukturen innerhalb des Entwurfes, unabhängig von Zellgröße, Periodizität, Frequenz und jedweder anderen Eigenschaft der Zellen, nutzen. Mithin sind die hier beschriebenen Ausführungsformen viel flexibler einsetzbar bezüglich der Arten von Strukturen, die als sich wiederholende Strukturen verwendet werden, der Algorithmen, die verwendet werden, um Defekte in diesen sich wiederholenden Strukturen zu detektieren, und der Art, Defekte in verschiedenen sich wiederholenden Strukturen zu klassifizieren.

**[0018]** In einigen Ausführungsformen umfasst jede der mehreren Instanzen nur eine Struktur in dem Entwurf. Beispielsweise könnte jede sich wiederholende Struktur selbst identifiziert und als eine einzelne Instanz der Struktur verwendet werden. Auf diese Weise kann zum Zwecke der Defekterkennung die Ausgabe für eine sich wiederholende Struktur als Vergleichsbasis für die Ausgabe für mindestens eine andere der gleichen oder im Wesentlichen gleichen sich wiederholenden Struktur verwendet werden.

**[0019]** In einer weiteren Ausführungsform umfasst jede der mehreren Instanzen mehrere Strukturen im Entwurf. Zum Beispiel kann das Verfahren Gruppen von Geometrien finden, die an verschiedenen Stellen im Layout auftreten. Die Gruppen von Geometrien müssen nicht mit fester Periodizität auftreten. Solche Gruppen von Geometrien können identifiziert werden, wie nachfolgend beschrieben wird.

**[0020]** In einem Ausführungsbeispiel umfasst das Identifizieren der mehreren Instanzen das Identifizieren mehrerer Instanzen derselben Entwurfzelle im Entwurf unter Verwendung einer Entwurfslayouthierarchie für den Entwurf. Auf diese Weise kann das Identifizieren der mehreren Instanzen eine Analyse der Zellinstanzierung umfassen. Zum Beispiel wird in diesem Verfahren die Entwurfslayouthierarchie untersucht und Instanzen der gleichen Entwurfzelle im Layout identifiziert. Insbesondere kann das Verfahren, wie in **Fig. 1** gezeigt, Referenzzellen **100** (z. B. Zelle A, Zelle B, Zelle C, usw.) im Entwurf vorsehen. Das Verfahren kann auch die Verwendung der Entwurfshierarchie mit Referenzzellen (Instanzierungen) **110** zur Suche nach den verschiedenen Zellen (z. B. Zelle A, Zelle B, etc.) in Entwurfsdaten für einen Die **120** umfassen. Es kann angenommen werden, dass diese Bereiche auf dem gescannten Die ähnlich aussehen.

**[0021]** In manchen Ausführungsformen umfasst das Identifizieren der mehreren Instanzen das Durchsuchen der Entwurfsdaten nach allen Instanzen eines zu untersuchenden bekannten Musters, indem ein

Polygon-Vergleichsverfahren für die Strukturen mit den zu untersuchenden bekannten Mustern gegen die Strukturen in den Entwurfsdaten durchgeführt wird. Wenn zum Beispiel ein zu untersuchendes Muster („pattern of interest“, auch „POI“ abgekürzt) a priori bekannt ist, so kann der Entwurf nach allen Stellen bzw. Positionen mit dem gleichen Muster durchsucht werden, indem ein Polygon-Vergleichsverfahren für die Bilder, die den POI ausmachen, durchgeführt wird.

**[0022]** In einer weiteren Ausführungsform kann das Identifizieren der mehreren Instanzen eine Fourier-Analyse des Entwurfs enthalten. Zum Beispiel kann die Fourieranalyse des Entwurfs entweder während des Renderns des Entwurfs oder während der Analyse seiner polygonalen Darstellung und der Suche nach Periodizitäten in der x-(Vergleichs-)Richtung durchgeführt werden.

**[0023]** In einer Ausführungsform wird das Identifizieren der mehreren Instanzen unter Verwendung einer geplanten Entwurfsschicht für die Entwurfsdaten durchgeführt. Zum Beispiel können bestimmte, ähnliche Strukturen offensichtlich aus der geplanten Entwurfsschicht hervorgehen. In einem solchen Beispiel gilt eine Leiterbahn oder eine Kontaktschicht einfach als eine Menge von identischen kleinen Strukturen. Abgesehen von der Lage des Zentrums und den Abmessungen einer jeden Leiterbahn oder einer jeden Kontaktschicht ist keine weitere Verarbeitung erforderlich, um „Ähnlichkeit“ zu ermitteln. In einem bestimmten Beispiel, wie in **Fig. 2** gezeigt, kann eine Schicht die Metallschicht mit Leiterbahnen **200** sein, und die entsprechende Leiterbahnentwurfsschicht **210** kann verwendet werden, um die mittlere Lage des Zentrums und Abmessungen einer jeden Leiterbahn bzw. eines jeden Kontakts zu identifizieren.

**[0024]** In einer weiteren Ausführungsform umfasst das Identifizieren der mehreren Instanzen das Analysieren eines Entwurfslayouts für die Entwurfsdaten auf einer polygonalen Ebene, um die mehreren Instanzen der Strukturen zu identifizieren. Auf diese Weise kann das Entwurfslayout auf polygonaler Ebene analysiert werden, um ähnliche Ansammlungen von benachbarten Geometrien zu finden, die sich an mehreren Stellen im Entwurf wiederholen können. Diese können einer „Care-Bereich Gruppe“ bzw. „Gruppe von wichtigen Bereichen“ zugeordnet und als solche markiert werden und können dann miteinander innerhalb eines einzelnen Dies - anstelle eines Die-zu-Die-Vergleichs - verglichen werden. Ein Beispiel für einen Algorithmus, der dazu verwendet werden kann, sich wiederholende Strukturen zu finden, ist in der Publikation von Gu et al. „Lossless compression algorithms for hierarchical IC layouts,“ IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing“, Vol. 21, Nr. 2, Mai 2008, beschrieben, die durch Bezugnahme so

eingeschlossen ist, als ob sie hierin vollständig dargelegt und offenbart sei. Obwohl der in dieser Publikation beschriebene Algorithmus zur Komprimierung der Entwurfsdarstellung verwendet wird, so kann dieser oder ein ähnlicher Algorithmus dazu verwendet werden, um sich wiederholende Strukturen zu Vergleichszwecken während der Inspektion zu identifizieren.

**[0025]** In einigen Ausführungsformen wird das Identifizieren der mehreren Instanzen durch Identifizieren einer ersten Struktur in den Entwurfsdaten durchgeführt. Die erste Struktur kann in den mehreren Instanzen enthalten sein. Dann kann das iterative Durchsuchen der Entwurfsdaten nach anderen Strukturen, die auch in den mehreren Instanzen der ersten Struktur aufgenommen sein können, erfolgen. Zum Beispiel zeigt **Fig. 3**, die aus der oben genannten Publikation entnommen wurde, wie ein iterativer Algorithmus sich wiederholende Geometrien einordnet und detektiert. Insbesondere zeigt **Fig. 3** ein Beispiel für die Detektion einer intrazellularen Subzelle, wobei (a) die 0-te Iteration, (b) die erste Iteration, (c) die zweite Iteration und (d) das Endergebnis zeigen. In diesem Beispiel, wie anhand der 0-ten Iteration gezeigt ist, kann der Algorithmus die Zelle nach einer einzelnen ausgewählten Struktur durchsuchen und 5 Instanzen dieser einzelnen Struktur innerhalb der Zelle finden. Jede der 5 Instanzen hat die gleichen geometrischen Eigenschaften (z.B. Form, Abmessungen und Orientierung) in der Zelle. Der Algorithmus kann dann die Subzelle als SC(0) definieren, wie in **Fig. 3** dargestellt. Von dieser Subzelle SC(0) werden 5 Instanzen gefunden, von denen jede beispielhaft eine Instanz der Struktur mit etwas umgebenden Abstand um die Struktur umfasst.

**[0026]** In der nächsten Iteration sucht der Algorithmus die Zelle nach Instanzen anderer Strukturen ab, die in der Nähe mehr als einer Instanz der in der Subzelle SC(0) enthaltenen ersten Struktur liegen (d.h. andere Strukturen mit gleichen geometrischen Eigenschaften und mit Wiederholungen der ersten Struktur). Zum Beispiel kann der Algorithmus, wie in **Fig. 3** gezeigt, die Zelle wieder durchsuchen und zwei andere Strukturen identifizieren, die sich in der Nähe von mehr als einer Instanz der ersten „L“-förmigen Struktur befinden. Die beiden anderen identifizierten Strukturen haben gleiche geometrische Eigenschaften gemein (z.B. die gleiche Form und die gleiche räumliche Beziehung bezüglich der ersten Struktur). Der Algorithmus kann dann die in **Fig. 3** als SC (1) gezeigte Subzelle definieren. Davon wurden 4 Instanzen gefunden, die jeweils eine Instanz von 3 unterschiedlichen Strukturen mit etwas die Strukturen umgebendem Abstand umfassen.

**[0027]** Der Algorithmus kann eine beliebige zusätzliche Anzahl von Iterationen ausführen. Zum Beispiel kann der Algorithmus, wie in **Fig. 3** gezeigt, die Zel-

le nochmals durchsuchen und eine andere Struktur identifizieren, die sich in der Nähe mehr als einer Instanz der ersten „L“-förmige Struktur befindet. Jede Instanz dieser anderen identifizierten Struktur hat die gleichen geometrischen Eigenschaften (z.B. die gleiche Form und die gleiche räumliche Beziehung mit Bezug auf die erste Struktur). Der Algorithmus kann dann diese Subzelle als SC(2) definieren, wie in **Fig. 3** dargestellt, davon wurden vier Instanzen gefunden, die jeweils eine Instanz von vier verschiedenen Strukturen mit etwas Raum um diese herum umfassen. Wie auch in diesem Beispiel gezeigt, kann der Algorithmus die Zelle im Raum um eine der Subzellen absuchen und eine andere Struktur identifizieren, die in der Nähe der ersten Struktur liegt. Hingegen wurden bei der Durchsuchung der anderen Subzellen in den entsprechenden Bereichen, in denen die zusätzliche Struktur in erster Instanz gefunden wurde, diese anderen Strukturen nicht gefunden. Es gibt also nur eine Instanz der Struktur, die nicht wiederholt wird. Daher ist diese eine andere Struktur nicht in den Ergebnissen für die Subzelle (d.h. SC(2)) enthalten, und diese Subzelle ist ihrerseits nicht in den Ergebnissen enthalten (z.B. ist sie keine wiederkehrende Subzelle). Daher definiert, wie im Endergebnis gezeigt, die Subzelle SC(2) jede der mehreren (hier vier) Instanzen der wiederkehrenden Strukturen.

**[0028]** In einer anderen Ausführungsform umfassen die mehreren Instanzen mindestens drei Instanzen der Strukturen. Beispielsweise können verschiedene Inspektionsverfahren eine unterschiedliche minimale Anzahl von Wiederholungen einer Struktur erfordern. In einem Die-zu-Die-Vergleich wird beispielsweise ein Defekt-Schiedsverfahren durch den Vergleich mit drei benachbarten Die-Orten mittels zweier Vergleiche je eines Die-Paares durchgeführt, wobei jedem Vergleich ein Ausrichtungs-/Interpolationsschritt vorausgeht. Beim diesem Ausrichtungs-/Interpolationsschritt werden die Pixel mit Sub-Pixel-Genauigkeit (typischerweise weniger als 0,05 Pixel) ausgerichtet. Das Verfahren vollführt zu einem gegebenen Zeitpunkt Interpolationen in einem Unterrahmen (256 Pixel x 256 Pixel) mit Hellfeld (BF)-Elementen. Der Offset in der Ausrichtung (delta x, delta y) wird dabei durch ein Echtzeit-Ausrichtungssystem (Real Time Alignment (RTA)-System) bereitgestellt. Man könnte daher argumentieren, dass die minimal erforderliche Anzahl von Wiederholungen einer Struktur zur Identifikation einer Defektstelle drei ist. Um ein ähnliches Defekt-Schiedsverfahren mit den hierin beschriebenen mehreren Instanzen auszuführen, würden daher mindestens drei Instanzen der Strukturen benötigt werden. Allerdings erlaubt ein häufigeres Vorkommen der Struktur innerhalb eines Bildfeldes die Nutzung von statistischen Methoden, um Ausreißer in einer zuverlässigen Art und Weise zu kennzeichnen. Zum Beispiel umfassen in einer Ausführungsform die mehreren Instanzen alle Instanzen der Strukturen in den Entwurfsdaten.

**[0029]** Das Verfahren beinhaltet auch den Vergleich der Ausgaben eines Inspektionssystems untereinander, die für zwei oder mehr der mehreren Instanzen auf Wafer erzeugt worden ist. Die zwei oder mehr der mehreren Instanzen befinden sich innerhalb des gleichen Dies auf dem Wafer. Auf diese Weise können die hier beschriebenen Ausführungsformen die Die-zu-Die-Verfahren mit Zufallsmodus zur Defektidentifikation umgehen und in gewisser Weise den Array-Modus von einem Identifikationsalgorithmus imitieren. Der Vorteil der hier beschriebenen Ausführungsformen gegenüber dem Die-zu-Die-Zufallsmodus ist, dass die Die-zu-Die-Störquellen eliminiert werden und gegebenenfalls die Detektionsschwelle gesenkt werden kann, wodurch Inspektion empfindlicher wird.

**[0030]** In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren vor dem Schritt des Vergleichens die Interpolation der mehreren Instanzen der Strukturen auf ein gemeinsames Pixelraster. Zum Beispiel können alle Vorkommen der Struktur auf ein gemeinsames Pixelraster interpoliert werden, bevor die Vergleiche durchgeführt werden (dabei werden Graustufenwerte von ihren entsprechenden Pixelpositionen differenziert). Natürlich stellen Interpolationsfehler eine Quelle für Rauschen dar. Für ein richtig abgerastertes Bild ist diese Rauschquelle jedoch viel kleiner als das Die-zu-Die-Rauschen, insbesondere in Elektronenstrahl-basierten Inspektionssystemen.

**[0031]** In einer weiteren Ausführungsform umfasst das Verfahren bei der Inspektion und vor dem Schritt des Vergleichens das Ausrichten der Ausgabe, die für die zwei oder mehr der mehreren Instanzen in entsprechenden Pixelströmen der Ausgabe erzeugt worden ist. Zum Beispiel beruhen die hier beschriebenen Ausführungsformen auf der Annahme, dass während der Inspektion ähnliche Bereiche (detektiert durch Analyse des Entwurfs) genau an dem korrespondierenden Pixel-Strom ausgerichtet werden können.

**[0032]** Das Verfahren umfasst ferner das Detektieren von Defekten auf dem Wafer basierend auf den Ergebnissen des Vergleichs. Beispielsweise kann die Detektion der Defekte die Anwendung eines gewissen Schwellwertes auf die Ergebnisse des Vergleichsschritts umfassen und kann des Weiteren jede Ausgabe über dem Schwellenwert als Entsprechung eines Defekts identifizieren. Der Schwellwert kann jeden geeigneten und aus dem Stand der Technik bekannten Schwellwert umfassen.

**[0033]** Die Schritte des Identifizieren, des Vergleichens und des Erfassens werden unter Verwendung eines Computersystems durchgeführt. Das Computersystem kann des Weiteren so wie hier beschrieben konfiguriert sein.

**[0034]** Die hier beschriebenen Ausführungsformen weisen eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Inspektionssystemen und Inspektionsverfahren auf. Beispielsweise werden durch Vergleichen von zwei Strukturen im gleichen Die - statt Die-zu-Die-Vergleichen, wie es zum Inspizieren logischer Bereichen getan wird - die Rauschquellen der Dies -untereinander, wie z. B. Änderungen der Schichtdicke, des Fokus etc. ausgeräumt. Ferner können die hier beschriebenen Ausführungsformen alle Wiederholungen einer bestimmten Gruppe von Geometrien innerhalb eines Dies finden, während die derzeit gebräuchlichen Verfahren nach Periodizitäten (in Abtast-(und Vergleichs-) Richtung) suchen. Somit sind die hier beschriebenen Ausführungsformen allgemeiner als die derzeitigen Verfahren. Weiterhin verwenden die hier beschriebenen Ausführungsformen Entwurfsdaten anstatt zu versuchen, anhand vom Waferbild abzuleiten, wo sich die wiederholenden Strukturen befinden. Die Verwendung des Entwurfes hat den Vorteil, dass der Entwurf die (beabsichtigte) ideale Darstellung eines Waferbildes darstellt, die durch Quellen von Bildrauschen im Bildaufnahmesystem unverfälscht ist.

**[0035]** Alle hier beschriebenen Verfahren können die Speicherung von Ergebnissen von einem oder mehreren Verfahrensschritten in einem Speichermedium beinhalten. Diese Ergebnisse können beliebige der hier beschriebenen Ergebnisse beinhalten und sie können auf beliebige aus dem Stand der Technik bekannte Weise gespeichert werden. Das Speichermedium kann irgendeinen geeignetes und Computer-lesbares Speichermedium sein, das aus dem der Technik bekannt ist. Nach ihrer Speicherung können die Ergebnisse im Speichermedium abgerufen werden und durch eines der Verfahren oder eines der Systeme gemäß der hier beschriebenen Ausführungsformen verwendet werden, zur Anzeige für einen Benutzer formatiert werden, von einem anderen Software-Modul oder einer anderen Verfahren verwendet werden etc. Darüber hinaus können die Ergebnisse „dauerhaft“, „semipermanent“, flüchtig oder für einen gewissen Zeitraum gespeichert werden.

**[0036]** Fig. 4 veranschaulicht eine Ausführungsform von nicht-flüchtigen Computerlesbares Medium **400**, welches auf dem Computersystem **404** zum Durchführen eines Computer-implementierten Verfahrens zur Inspektion eines Wafers ausführbare Programm-anweisungen **402** speichert. Das Verfahren, für das die Programmanweisungen **402** auf dem Computersystem **404** ausführbar sind, das jeden Schritt bzw. Schritte eines der beschriebenen Verfahren durchführen kann. In einigen Ausführungsformen kann das Computersystem **404** ein Computersystem eines Inspektionssystems sein, wie vorliegend beschrieben. In einigen alternativen Ausführungsformen kann das Computersystem mit dem Inspektionssystem durch ein Netzwerk verbunden werden. In anderen Ausfüh-

rungsformen kann das Computersystem **404** jedoch nicht in einem Prüfsystem enthalten oder damit gekoppelt sein. In manchen dieser Ausführungsformen kann das Computersystem **404** als „Stand-alone“-Computer konfiguriert werden. Das Computer-lesbare Medium **400**, die Programmanweisungen **402** und das Computersystem **404** können ferner wie hier beschrieben, konfiguriert bzw. ausgestaltet sein.

**[0037]** Programmanweisungen **402** zur Durchführung von Verfahren, wie der beschrieben, können auf einem Computer-lesbaren Medium **400** gespeichert werden. Das Computer-lesbare Medium kann ein Speichermedium, wie beispielsweise ein lediglich auslesbarer Festwertspeicher, ein Direktzugriffsspeicher (Random Access Memory (RAM)), eine magnetische oder optische Disk, ein Magnetband oder ein anderes nicht-flüchtigen computerlesbaren Medium sein.

**[0038]** Die Programmanweisungen können in einer beliebigen von verschiedenen Arten implementiert werden, unter anderem einschließlich von Verfahren, Techniken, Komponenten-Techniken und/oder objektorientierten Techniken. Zum Beispiel können die Programmanweisungen je nach Anforderungen unter Verwendung von ActiveX-Steuerelementen, C++-Objekten, C#, Java Beans, Microsoft Foundation Classes („MFC“), oder anderen Technologien oder Verfahren implementiert werden.

**[0039]** Das Computersystem **404** kann ein beliebiges geeignetes und aus dem Stand der Technik bekanntes Computersystem sein. Zum Beispiel kann das Computersystem **404** verschiedene Formen annehmen, darunter auch ein PC-System, ein Mainframe-Computer-System, eine Workstation, ein Bildrechner, ein Parallel-Prozessor oder ein anderes aus dem Stand der Technik bekanntes System sein. Im Allgemeinen kann der Begriff „Computersystem“ breit definiert werden, so dass er jede Vorrichtung mit einem oder mehreren Prozessoren, die Befehle von einem Speichermedium ausführt, umfasst.

**[0040]** Eine weitere Ausführungsform betrifft ein System, das zur Waferinspektion ausgebildet ist. Zum Beispiel umfasst das System, wie in Fig. 5 gezeigt, ein Inspektionssystem **500**, das konfiguriert ist, um eine Ausgabe für einen Wafer zu erzeugen. Das Inspektionssystem kann jedes Inspektionssystem eines jeden handelsüblichen Waferinspektionssystems umfassen. Das Inspektionssystem kann auch zur Durchführung jedes geeigneten Inspektionsverfahrens wie Hellfeld-Inspektion, Dunkelfeld-Inspektion, optische (Licht-basierte) Inspektion, Elektronenstrahl-basierte Inspektion usw. oder einer Kombination davon ausgelegt sein. Das System umfasst auch ein Computer-Subsystem **502**, das zum Durchführen der Schritte des vorstehend beschriebenen Verfahren ausgebildet ist.

**[0041]** Das Computer-Subsystem **502** kann weiterhin so konfiguriert sein, wie oben mit Bezug auf das Computersystem **404** beschrieben. Das Computer-Subsystem **502** und das System können ferner so wie hier beschrieben konfiguriert sein.

### Patentansprüche

1. Ein computerimplementiertes Verfahren zur Inspektion eines Wafers, umfassend:

- Identifizieren mehrerer Instanzen von Strukturen in einem Entwurf für einen Wafer, wobei die Strukturen die gleichen oder im Wesentlichen die gleichen geometrischen Eigenschaften besitzen, wobei jede der in den mehreren Instanzen beinhalteten Strukturen eine einzige zusammenhängende Struktur beinhaltet, und wobei das Identifizieren unter Verwendung von Entwurfsdaten für den Entwurf durchgeführt wird;
- Vergleichen der Ausgabe eines Inspektionssystems für zwei oder mehr der auf dem Wafer ausgebildeten mehreren Instanzen der einzigen zusammenhängenden Strukturen untereinander, wobei die zwei oder mehr der mehreren Instanzen in dem gleichen Die auf dem Wafer angeordnet sind; und
- Erfassen von Defekten auf dem Wafer basierend auf den Ergebnissen des Vergleichs, wobei das Identifizieren, das Vergleichen und das Erfassen unter Verwendung eines Computersystems durchgeführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Identifizieren ferner ohne Berücksichtigung der Periodizität der Strukturen durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Identifizieren nicht unter Verwendung einer Ausgabe eines Inspektionssystems, die für einen Wafer erzeugt wurde, durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Identifizieren nicht auf Grundlage der Zellgröße des Entwurfs durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mehreren Instanzen im Entwurf mit keinerlei Periodizität auftreten.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jede der mehreren Instanzen nur eine Struktur im Entwurf umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jede der mehreren Instanzen mehrere Strukturen im Entwurf umfasst.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Identifizieren das Identifizieren mehrerer Instanzen der gleichen Entwurfzelle im Entwurf unter Verwendung einer Hierarchie eines Entwurfslayouts für den Entwurf umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Identifizieren das Durchsuchen der Entwurfsdaten nach allen Instanzen eines bekannten Musters von Interesse umfasst, unter Verwendung eines Polygon-Vergleichsverfahrens der Strukturen, aus denen das bekannte Muster von Interesse und die Strukturen in den Entwurfsdaten bestehen.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Identifizieren das Ausführen einer Fourier-Analyse der Entwurfsdaten umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Identifizieren ferner unter Verwendung einer geplanten Entwurfsschicht für die Entwurfsdaten durchgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Identifizieren das Analysieren eines Entwurfslayouts für die Entwurfsdaten auf einer polygonalen Ebene umfasst, um die mehreren Instanzen der Strukturen zu identifizieren.

13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Identifizieren durch ein Identifizieren einer ersten Struktur in den Entwurfsdaten durchgeführt wird, die in den mehreren Instanzen enthalten sein kann, und dann ein iteratives Durchsuchen der Entwurfsdaten nach anderen Strukturen durchgeführt wird, die auch in den verschiedenen Instanzen mit der ersten Struktur enthalten sein können.

14. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mehreren Instanzen mindestens drei Instanzen der Strukturen umfassen.

15. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mehreren Instanzen alle Instanzen der Strukturen in den Entwurfsdaten umfassen.

16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ferner vor dem Vergleichen ein Interpolieren der mehreren Instanzen der Strukturen auf ein gemeinsames Pixelraster durchgeführt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ferner während der Inspektion und vor dem Vergleichen ein Ausrichten der Ausgabe für die zwei oder mehr der mehreren Instanzen in entsprechenden Pixelströmen der Ausgabe durchgeführt wird.

18. Nichtflüchtiges, computerlesbares Medium, auf dem Programmweisungen gespeichert sind, die auf einem Computersystem ausführbar sind, um ein computerimplementiertes Verfahren zur Inspektion eines Wafers auszuführen, wobei das computerimplementierte Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Identifizieren mehrerer Instanzen von Strukturen in einem Entwurf für einen Wafer, wobei die Strukturen die gleichen oder im Wesentlichen die gleichen geo-



metrischen Eigenschaften besitzen, wobei jede der in den mehreren Instanzen beinhalteten Strukturen eine einzige zusammenhängende Struktur beinhaltet, und wobei das Identifizieren unter Verwendung von Entwurfsdaten für den Entwurf durchgeführt wird;

- Vergleichen der Ausgabe eines Inspektionssystems für zwei oder mehr der auf dem Wafer ausgebildeten mehreren Instanzen der einzigen zusammenhängenden Strukturen untereinander, wobei die zwei oder mehr der mehreren Instanzen in dem gleichen Die auf dem Wafer angeordnet sind; und
- Erfassen von Defekten auf dem Wafer basierend auf Ergebnissen des Vergleichs.

19. System, das für die Inspektion eines Wafers geeignet ist, umfassend:

- ein Subsystem für die Inspektion, das für die Erzeugung einer Ausgabe für einen Wafer ausgebildet ist; und
- ein Computer-Subsystem ausgebildet zum
  - Identifizieren mehrerer Instanzen von Strukturen in einem Entwurf für einen Wafer, wobei die Strukturen die gleichen oder im Wesentlichen die gleichen geometrischen Eigenschaften besitzen, wobei jede der in den mehreren Instanzen beinhalteten Strukturen eine einzige zusammenhängende Struktur beinhaltet, und wobei das Identifizieren unter Verwendung von Entwurfsdaten für den Entwurf durchführbar ist;
  - Vergleichen der Ausgabe des Inspektionssystems für zwei oder mehr der auf dem Wafer ausgebildeten mehreren Instanzen der einzigen zusammenhängenden Strukturen untereinander, wobei die zwei oder mehr der mehreren Instanzen in dem gleichen Die auf dem Wafer angeordnet sind; und
  - Erfassen von Defekten auf dem Wafer basierend auf Ergebnissen des Vergleichs.

20. System nach Anspruch 19, wobei das Identifizieren ferner ohne Berücksichtigung der Periodizität der Strukturen durchgeführt wird.

21. System nach Anspruch 19, wobei das Identifizieren nicht unter Verwendung einer für einen Wafer erzeugten Ausgabe des Inspektionssystems durchgeführt wird.

22. System nach Anspruch 19, wobei das Identifizieren nicht auf Grundlage der Zellgröße des Entwurfs durchgeführt wird.

23. System nach Anspruch 19, wobei die mehreren Instanzen im Entwurf mit keinerlei Periodizität auftreten.

24. System nach Anspruch 19, wobei jede der mehreren Instanzen nur eine Struktur im Entwurf umfasst.

25. System nach Anspruch 19, wobei jede der mehreren Instanzen mehrere Strukturen im Entwurf umfasst.

26. System nach Anspruch 19, wobei das Identifizieren das Identifizieren mehrerer Instanzen der gleichen Entwurfzelle im Entwurf unter Verwendung einer Hierarchie eines Entwurfslayouts für den Entwurf umfasst.

27. System nach Anspruch 19, wobei das Identifizieren das Durchsuchen der Entwurfsdaten nach allen Instanzen eines bekannten Musters von Interesse umfasst, unter Verwendung eines Polygon-Vergleichsverfahrens der Strukturen, aus denen das bekannte Muster von Interesse und die Strukturen in den Entwurfsdaten bestehen.

28. System nach Anspruch 19, wobei das Identifizieren das Ausführen einer Fourier-Analyse der Entwurfsdaten umfasst.

29. System nach Anspruch 19, wobei das Identifizieren ferner unter Verwendung einer geplanten Entwurfsschicht für die Entwurfsdaten durchgeführt wird.

30. System nach Anspruch 19, wobei das Identifizieren das Analysieren eines Entwurfslayouts für die Entwurfsdaten auf einer polygonalen Ebene umfasst, um die mehreren Instanzen der Strukturen zu identifizieren.

31. System nach Anspruch 19, wobei das Identifizieren durch ein Identifizieren einer ersten Struktur in den Entwurfsdaten durchgeführt wird, die in den mehreren Instanzen enthalten sein kann, und dann ein iteratives Durchsuchen der Entwurfsdaten nach anderen Strukturen durchgeführt wird, die auch in den verschiedenen Instanzen mit der ersten Struktur enthalten sein können.

32. System nach Anspruch 19, wobei die mehreren Instanzen mindestens drei Instanzen der Strukturen umfassen.

33. System nach Anspruch 19, wobei die mehreren Instanzen alle Instanzen der Strukturen in den Entwurfsdaten umfassen.

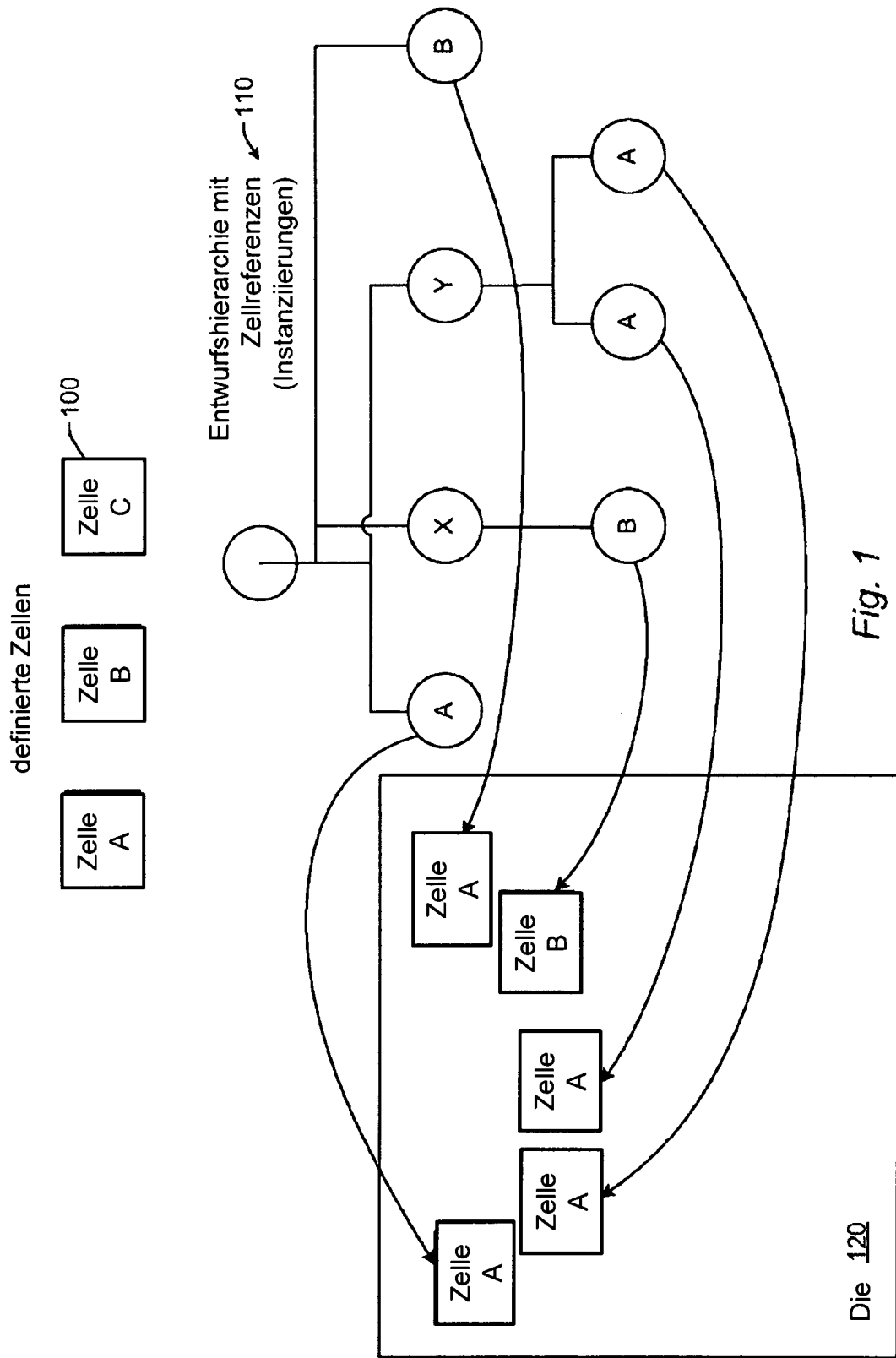
34. System nach Anspruch 19, wobei das Computersubsystem ferner dazu ausgebildet ist, vor dem Vergleichen ein Interpolieren der mehreren Instanzen der Strukturen auf ein gemeinsames Pixelraster durchzuführen.

35. System nach Anspruch 19, wobei das Computersystem ferner dazu ausgebildet ist, während der Inspektion und vor dem Vergleichen die Ausgabe für die zwei oder mehr der mehreren Instanzen in ent-

sprechenden Pixelströmen der Ausgabe auszurichten.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



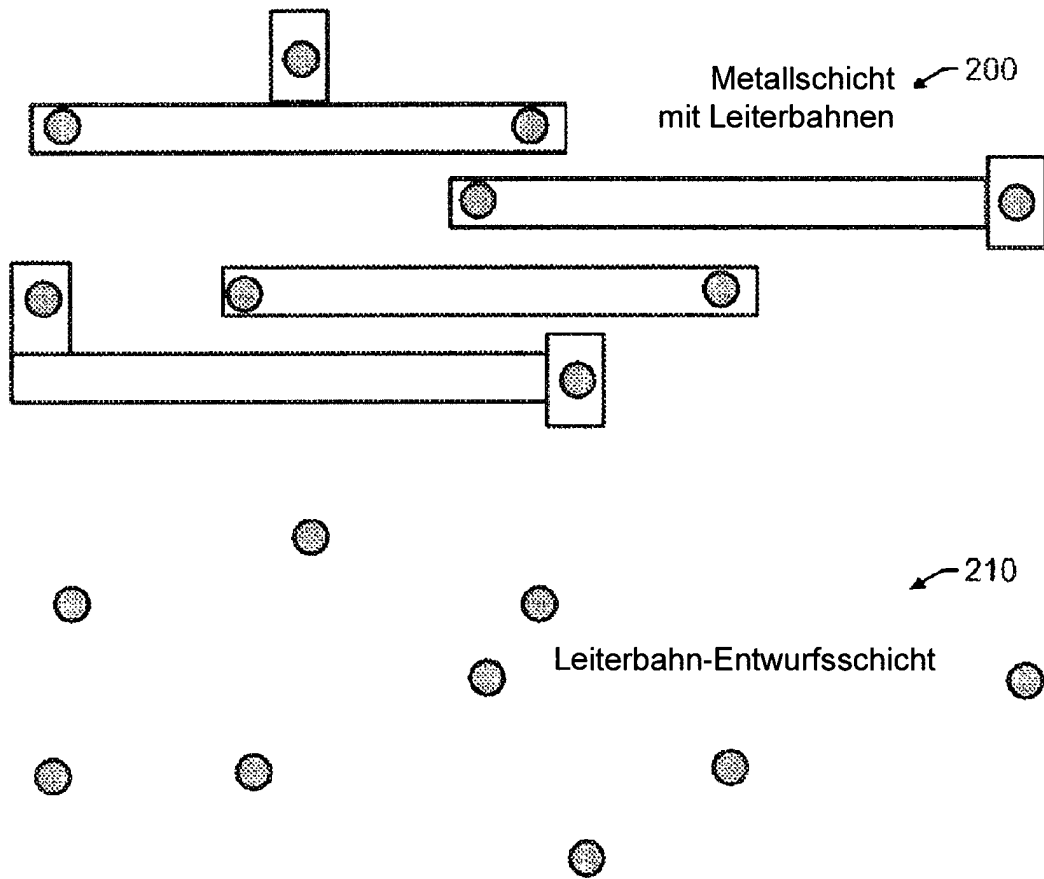


Fig. 2

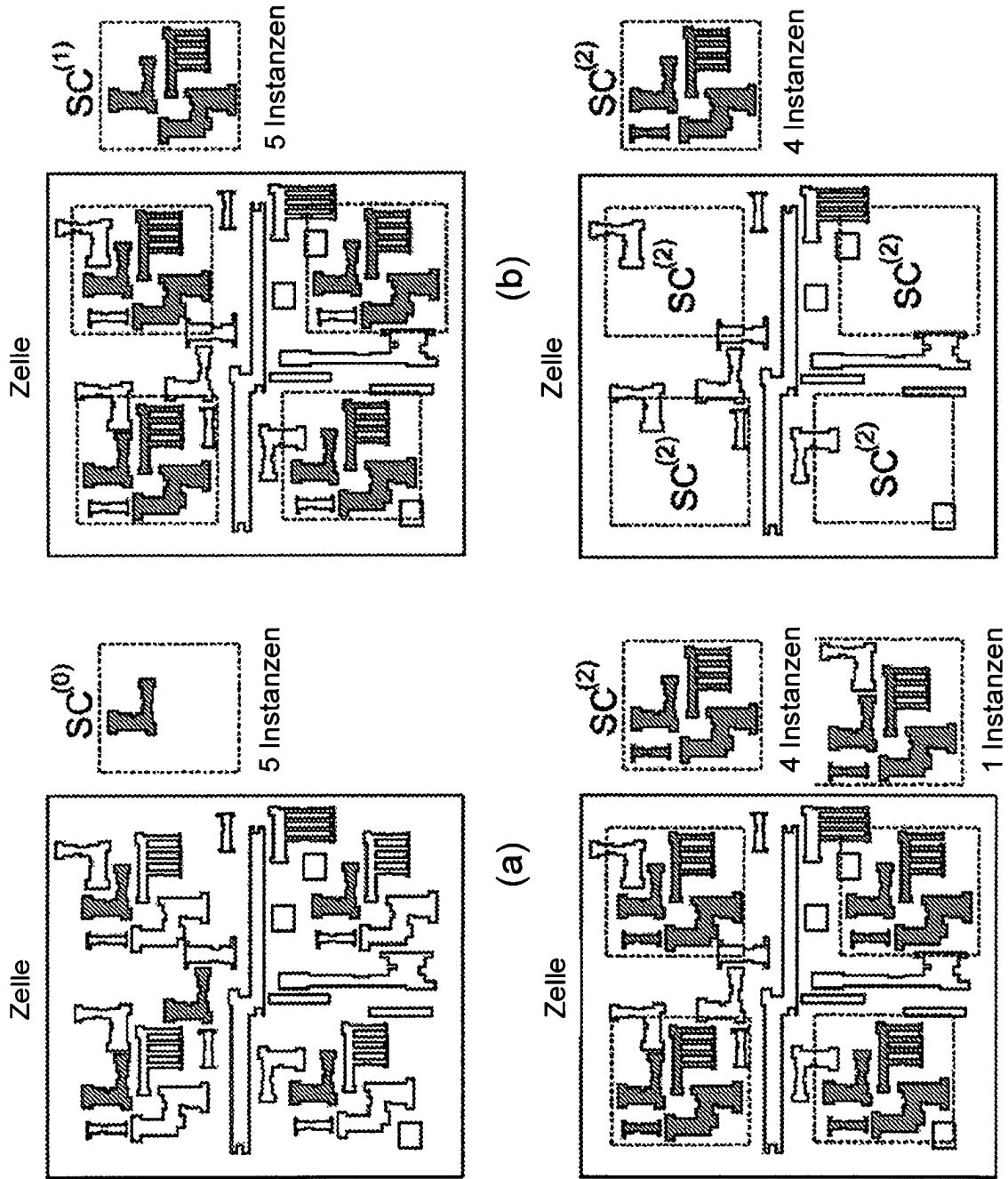
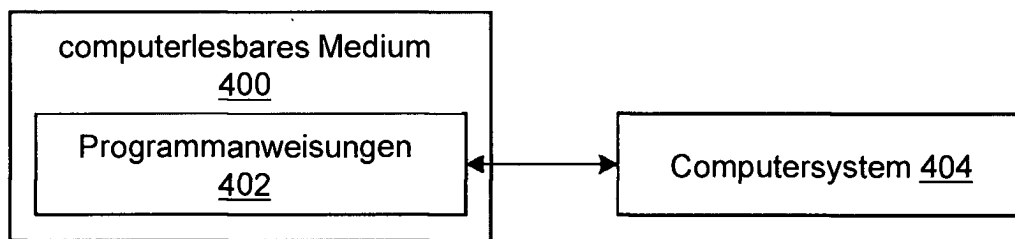
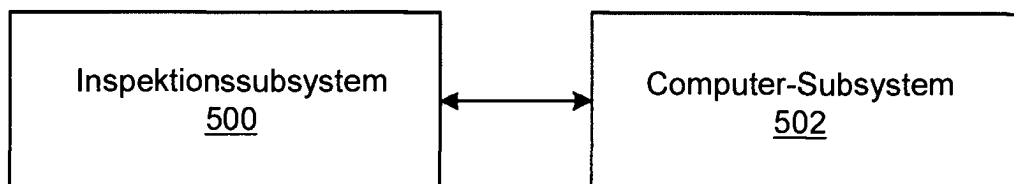


Fig. 3



*Fig. 4*



*Fig. 5*