



(10) **DE 11 2014 002 974 T5** 2016.06.09

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/210083**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 002 974.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2014/043975**
(86) PCT-Anmeldetag: **24.06.2014**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **31.12.2014**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **09.06.2016**

(51) Int Cl.: **G01B 5/004** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
61/838,744 **24.06.2013** **US**

(71) Anmelder:
DCG SYSTEMS, Inc., Fremont, Calif., US

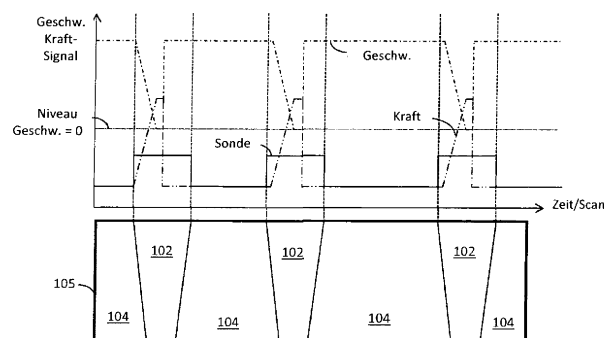
(74) Vertreter:
**Puschmann Borchert Bardehle Patentanwälte
Partnerschaft mbB, 82041 Oberhaching, DE**

(72) Erfinder:
**Stallcup, Richard, Frisco, Tex., US; Ukraintsev,
Vladimir A., Allen, Tex., US; Pryadkin, Sergiy,
Plano, Tex., US; Berkmyre, Mike, Allen, Tex., US;
Sanders, John, Coppell, Tex., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Sondenbasierendes Datensammelsystem mit adaptiver Sonden-Untersuchung gesteuert durch lokale Eigenschaften der Probe**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zu Testen einer integrierten Schaltung (IC) unter Verwendung einer Nanosonde unter Verwendung eines abtastenden Elektronenmikroskops (SEM), um die Nanosonde mit einem identifizierten Merkmal auf dem IC auszurichten; Navigieren der Nanosonde zu einem Bereich von Interesse; Scannen der Nanosonde über die Oberfläche des IC, während Daten von der Nanosonde ausgelesen werden; wenn die Daten von der Nanosonde anzeigen, dass die Nanosonde ein Merkmal von Interesse überquert, Verzögern der Abtastgeschwindigkeit der Nanosonde und Durchführen der Testung des IC. Die Testung kann bei einer vorgeschriebenen Kraft der Nanosondenspitze getan werden, und während des Schrittes der Verzögerens der Abtastgeschwindigkeit umfasst das Verfahren des Weiteren die Erhöhung der Kraft der Nanosondenspitze.



Beschreibung

Querverweis auf eine bezogene Anmeldung

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität aus der US Provisional Patentanmeldung Nummer 61/838,744, eingereicht am 24. Juni, 2013, deren Offenbarung hiermit unter Bezugnahme in ihrer Gesamtheit einbezogen wird.

Hintergrund

1. Gebiet der Erfindung

[0002] Die Erfindung ist in dem Gebiet der Sonden-Untersuchung (einschließlich elektrisch) unter Verwendung einer Abtastsonde und Nanosondensystemen.

2. Stand der Technik

[0003] Nanosondenmessungen (unter Verwendung von Scannen oder punktwiser Sondenmessung) ist ein sehr breites Feld der analytischen Wissenschaft, welches verschiedene Arten von elektrischen, mechanischen, zusammensetzungsbezogenen und chemisch-physikalischen Charakteristiken von Objekten in Nanogröße abdeckt. Nanoelektronische Bauteile und ihre Komponenten sind Beispiele solcher Objekte. Die elektrische Sonden-Untersuchung zur Messung von einzelnen Transistoren, Speicher-Bit-Zellen und kritischen Teilen von integrierten Schaltungen (IC) wird weiter genutzt, um die Betriebsweise von neu entwickelten ICs zu testen und mögliche Probleme des speziellen IC-Designs und/oder von der gesamten Technologie zu korrigieren.

[0004] Um die Elemente eines ICs zu testen, werden die Nanosonden veranlasst, die Oberfläche des IC physisch zu kontaktieren und die Oberfläche des ICs abzutasten. Das Abtasten kann verwendet werden, um ein topographisches Bild, Kapazitätsbilder (dC/dV) usw. zu erzeugen. Um diese Bilder zu erzeugen, wird jedes Pixel des Bildes erzeugt, während die Sonde die Oberfläche mit der gleichen Geschwindigkeit abtastet und mit der gleichen Kraft, die auf die Sonde ausgeübt wird. Es gibt jedoch Umstände, bei denen bestimmte Bereiche der Abtastung für den speziellen Test nicht von Interesse sind, in welchem Fall es keine Notwendigkeit für eine langsame hochauflösende Abtastung gibt. In anderen Fällen können gewisse Bereiche der Region von Interesse (ROI) eine weichere oder mehr sensitive Schicht darstellen, sodass weniger Kraft angewendet werden sollte. In noch weiteren Fällen sollten die Sonden einfach nur gewisse Elemente kontaktieren ohne die Notwendigkeit der Abtastung, beispielsweise um elektrische Signale in einer punktwisen Sonden-Untersuchung auszulesen. Es gibt daher einen Bedarf für eine ver-

besserte Nanosondeneinrichtung und ein Verfahren zum Betreiben von Nanosonden, sodass die obigen Fälle in die Überlegung einbezogen werden.

Zusammenfassung

[0005] Die folgende Zusammenfassung der Beschreibung ist beigefügt, um ein grundlegendes Verständnis von einigen Aspekten und Merkmalen der Erfindung zu liefern. Diese Zusammenfassung ist kein extensiver Überblick über die Erfindung und ist als solches nicht dafür gedacht, Schlüssel- oder kritische Elemente der Erfindung besonders zu identifizieren oder den Schutzzumfang der Erfindung einzuschränken. Ihr einziger Zweck ist es, einige Aspekte der Erfindung in einer vereinfachten Form als Vorbemerkung zu der mehr detaillierten Beschreibung anzubieten, die im Folgenden dargestellt wird.

[0006] Verschiedene offenbarte Ausführungsbeispiele verwenden Systeme und Verfahren, bei denen die Abtastgeschwindigkeit der Proben und die Kraft während der Abtastung der Probe variabel sind. Wenn die Proben Abtastbereiche sind, die nicht von Interesse sind, kann die Geschwindigkeit erhöht werden, bis ein neuer Bereich von Interesse erreicht ist, wo die Geschwindigkeit herabgesetzt wird. Auf ähnliche Weise, wenn die Sonde einen sensitiven Bereich abtastet oder einen Bereich ohne Interesse, kann die Kraft reduziert werden, um eine Beschädigung des sensitiven Bereichs zu verhindern und den Abrieb an den Proben zu reduzieren. Beispielsweise, wenn die Sonden über ein Dielektrikum zwischen Schichten hinwegscannen, sollte die Kraft reduziert werden (um weniger Beschädigungen der Probe und weniger Abrieb der Probe zu verursachen), und die Geschwindigkeit sollte reduziert werden (um einen höheren Durchsatz zu liefern selbst bei reduzierter Auflösung), da der Dielektrikumsbereich nicht von Interesse für die elektrische Abtastung ist).

[0007] In anderen Ausführungsbeispielen werden die Sonden verwendet, um elektrische Daten zu sammeln und müssen daher die Probe nicht Abtasten sondern stattdessen spezifische Punkte auf dem Bauteil kontaktieren. In solchen Fällen sind die Sondenpositionen auf die Probenaußenseite des Bereichs von Interesse ausgerichtet. Sodann werden die Sonden über das Muster bewegt, d.h. ohne physikalischen Kontakt mit dem Muster, zu dem ROI, unter Verwendung einer a-priori Kenntnis des Schaltungslayouts (beispielsweise von einer CAD Datei). Wenn die Sonden in der richtigen Position oberhalb der spezifischen Punkte sind, werden die Sonden nach unten bewegt, um auf den geeigneten Punkten zu "landen".

[0008] Gemäß den offenbarten Ausführungsbeispielen wird eine adaptive (d.h. variable) Art der Sondenbewegung während der Probenuntersuchung ausge-

führt. Die adaptive Betriebsweise steuert die Sonden zum Testen der Probe unter Verwendung einer Kombination von einer der folgenden Bewegungsbetriebsarten: Überspringen, Kontakte scannen, kontaktloses Scannen, Abtasten, Scannen mit variabler Rückkopplung, Scannen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten, Scannen bei unterschiedlichen Kräften, Scannen bei verschiedenen Amplituden der Schwingungen usw. Die spezielle Art der Bewegung wird entsprechend den lokalen Eigenschaften der Probe ausgewählt, die apriori bekannt sein können (beispielsweise von einer CAD Information) oder/und in Realzeit ermittelt werden können (beispielsweise von einem elektrischen oder mechanischen Sonden-signal mit einem robust hohen Signal-Rausch-Verhältnis).

[0009] Die Ausführungsbeispiele sind vorteilhaft als Verbesserung der Datenqualität, was unter Verwendung einer optimierten Sonden-Proben-Wechselwirkung erreicht wird, die eingestellt ist für und abhängig sind von (1) lokalen Eigenschaften der Probe und auch (2) von der Art der Messung, die an der speziellen Stelle ausgeführt werden soll. Die Ausführungsbeispiele sind auch vorteilhaft, um das Muster und die Sonde(n) für wiederholbare und präzise Messungen auf dem stabilen Proben-Sonden-System aufzubewahren, indem ein unnötiger Abrieb der Sonden-spitzen vermieden wird.

Zeichnungen

[0010] Andere Aspekte und Merkmale der Erfindung werden ersichtlich aus der detaillierten Beschreibung, die unter Bezugnahme auf die folgenden Zeichnungen gefertigt wurde. Es sollte erwähnt werden, dass die detaillierte Beschreibung und die Zeichnungen verschiedene nicht einschränkende Beispiele von verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung liefern, die durch die beigefügten Ansprüche definiert ist.

[0011] Die beigefügten Zeichnungen, die in diese Beschreibung aufgenommen sind und ein Teil dieser Beschreibung bilden, sind Beispiele der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und dienen zusammen mit der Beschreibung dazu, Prinzipien der Erfindung zu erläutern und zu zeigen. Die Zeichnungen sind dafür gedacht, hauptsächliche Merkmale der beispielhaften Ausführungsformen in einer schematischen Weise zu zeigen. Die Zeichnungen sind nicht dafür gedacht, jedes Merkmal der tatsächlichen Ausführungsbeispiele zu zeigen noch relative Dimensionen der gezeichneten Elemente, und sie sind nicht maßstabsgerecht.

[0012] Fig. 1 zeigt ein SONDENSYSTEM nach einem Ausführungsbeispiel;

[0013] Fig. 2 zeigt verschiedene Untersuchungsweisen nach einem Ausführungsbeispiel;

[0014] Fig. 3 zeigt die Ausrichtung und die Blindbewegung nach einem Ausführungsbeispiel.

Detaillierte Beschreibung

[0015] Verschiedene Ausführungsbeispiele werden unten beschrieben, um die Vorteile der Erfindung zu erreichen. Einige Vorteile umfassen das Folgende:

(1) Das Scannen einer Probe mit einem physikalischen Kontakt der SONDENSPIITZE kann die Probe beschädigen. Bei gewissen Stellen oder Teilen der Probe ist ein physikalischer Kontakt mit einer vorgeschriebenen Kraft oder einem Druck erforderlich, um die benötigten Daten zu erhalten. Es gibt jedoch Fälle, wo einige Teile der Probe für die Tests nicht so kritisch sind. In solchen Fällen vermeiden die offenbarten Ausführungsbeispiele eine Beschädigung, die durch ein Kontaktscannen verursacht wird.

(2) Der ordentliche Durchsatz und die Datenqualität können optimiert werden, in dem eine Hochgeschwindigkeit-Niedrigdruck-Bewegung oder eine kontaktlose Bewegung über Bereiche ohne Interesse verwendet wird, und indem eine langsam ansteigende Druckkontaktbewegung (optimiert) oder selbst ein vollständiger Stopp an den Stellen von Interesse verwendet wird (während der Zeitperiode, die benötigt wird, um die gewünschte Qualität der Daten zu erreichen).

3) Die Lebensdauer der SONDENSPIITZEN kann dadurch verbessert werden, dass ein hoher Druck und/oder ein Kontakt mit der Probe, wenn erforderlich, vermieden wird. Die SONDENSPIITZE kann dazu veranlasst werden, über Bereiche ohne Interesse an einer sicheren Höhe oberhalb der Oberfläche der Probe zu „fliegen“.

(4) Wenn elektrische Daten hoher Integrität von der Probe gesammelt werden müssen, kann die Datenqualität dadurch verbessert werden, dass die Sonde während der Datenaufnahme in einem vollständigen Stillstand und bei einem vollen Kontakt platziert wird.

[0016] Die vorstehenden Vorteile werden durch die folgenden Ausführungsbeispiele erreicht.

[0017] Fig. 1 zeigt ein NANOSONDENSYSTEM nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Eine Probe **105**, beispielsweise ein Mikrochip, wird auf einem x-y-z-Schlitten **110** platziert. Der Schlitten **110** kann durch einen Controller **130** oder durch einen separaten Speichercontroller gesteuert werden. Eine NANOSONDENEINRICHTUNG **115** umfasst einen Aktuator **113**, beispielsweise einen piezoelektrischen Aktuator, und eine SONDENSPIITZE **117**. Die SONDENSPIITZE **117** kann über die Oberfläche der Probe **105** durch die Bewegung des Aktuators **113** platziert und/oder bewegt

werden. Der Aktuator **113** wird durch den Controller **130** gesteuert. Wenn Daten von der Sondenspitze **117** gesammelt werden, werden die Daten auch zu dem Controller **130** gesendet. Zusätzlich kann die Bewegung der Spitze **117** dadurch erfasst werden, dass die Spitze unter Verwendung eines Lasers **120** beleuchtet wird und die Reflexion unter Verwendung eines optischen Sensors **125** erfasst wird. Die Beleuchtung und optische Erfassung kann unter Verwendung des gleichen Controllers **130** gesteuert werden. Die optische Erfassung ist besonders vorteilhaft zur Erfassung der Bewegung in der Zeit, d.h. von Änderungen in der Höhenlage, Amplitude und Frequenz der Schwingungen der Sondenspitze **117**, um eine topographische Karte, eine Oberflächenpotenzial-Karte, eine Kapazitätskarte und dergleichen zu erzeugen. Mehr Informationen über diese Technik sind zu finden in dem US Patent 5,267,471, dessen Offenbarung insgesamt durch Bezugnahme einbezogen wird. Während in **Fig. 1** nur eine Nanosonde **11** gezeigt ist, werden in verschiedenen, beschriebenen Ausführungsbeispielen eine Vielzahl von Nanosonden verwendet, um die Probe gleichzeitig zu testen. In einem Beispiel werden acht Nanosondenspitzen gleichzeitig durch den Controller **130** gesteuert.

[0018] **Fig. 2** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum adaptiven Scannen der Sondenspitzen **117**, wie sie beispielsweise in **Fig. 1** gezeigt sind. Ein Schnitt eines Teils der Probe **105** ist am unteren Teil von **Fig. 2** gezeigt. In diesem Beispiel hat die Probe **105** Metallbereiche **102** und Bereiche mit einem Zwischenschichten-Dielektrikum **104**. Das Scannen und die Zeit schreiten von links nach rechts vor und das ist auf der x-Achse der Grafik in dem oberen Teil von **Fig. 2** gezeigt. Die Geschwindigkeit (als gepunktete Linie gezeigt) und die Kraft beim Scannen (gezeigt mit doppelt gepunkteter Linie) werden von dem Controller entsprechend dem Sondensignal gesteuert (gezeigt in einer ausgezogenen Linie), das von der Sonde ausgelesen wird. Geschwindigkeit, Kraft und Sondensignale sind über der y-Achse aufgezeichnet. Beispielsweise, wenn das Sondensignal auf ein Leitfähigkeits- oder kapazitives Signal (dC/dV) überprüft wird, wenn die Sondenspitze sich über einem dielektrischen Bereich **104** befindet, d.h. auf der linken Seite der Probe **105**, wird kein oder ein Niedrigniveau-Signal von der Sonde ausgelesen. Während dieser Zeit wird die Sonde in der Hochgeschwindigkeits- und Niederdruck-Betriebsweise betrieben. Wenn das Hochniveau-Signal detektiert wird (ausgezogene Kurve) zeigt dies, dass die Sondenspitze einen leitfähigen Bereich **102** überquert. Die Geschwindigkeit wird dann verlangsamt, bis die Sondereinrichtung den vollständigen Stopp erreicht. Inzwischen wird die Kraft erhöht und die Daten-Aufnahme beginnt. Die Kraft kann gemessen werden, beispielsweise durch Zug- oder Spannungs-Sensoren, die die Verbiegung der Sondenspitze messen und das Signal in den Controller **130** eingeben. Wenn ein ord-

nungsgemäßes Niveau des Verhältnisses zwischen Sondensignal und Rauschsignal erreicht wird, stoppt die Datenaufnahme, und das Scannen wird bei der hohen Geschwindigkeit und mit niedriger (oder Null-)Kontaktkraft fortgesetzt. Das Scannen geht in dieser Betriebsart weiter, bis die nächste Anzeige eines Metall- oder Hochsignal-Bereichs erreicht wird, worin das Verfahren wiederholt wird.

[0019] Gemäß einem anderen Beispiel werden die Änderungen in der Abtastgeschwindigkeit und -Kraft von der Wechselwirkung zwischen Sonde und Probe durch CAD Information von einer CAD Datei **140** ausgelöst (**Fig. 1**). Darüber hinaus kann die CAD Datei zusammen mit dem Kapazitätssignal (dC/dV) oder einem anderen Signal verwendet werden. Beispielsweise, wenn die CAD Daten anzeigen, dass die Sondenspitze über Bereichen ist, die ein Zwischenschicht-Dielektrikum darstellen, können diese Bereiche insgesamt übergangen werden (übersprungen werden), oder sie können mit der schnellsten Geschwindigkeit und der geringsten Kontaktkraft gescannt werden. Sodann wird vor dem Erreichen eines Bereiches, der durch die CAD Daten als einen leitfähigen Bereich entsprechend festgestellt wurde (oder ein anderes Merkmal von Interesse), die Geschwindigkeit verlangsamt und die Kraft kann oder kann auch nicht erhöht werden, und das Scannen wird fortgesetzt, während die Kapazitätsdaten oder andere Daten von der Sondereinrichtung ausgelesen werden. Wenn ein voreingestellter Schwellenwert des Kapazitätssignals C/dV detektiert wird, wird die Sondenabtastung entsprechend den Geschwindigkeit/Kraft-Signalen gesteuert, die in **Fig. 2** gezeigt sind. Die Datenaufnahme geht weiter, bis ein ordnungsgemäßes Signal-Rausch-Verhältnis erreicht wird, und dann wird das Scannen bei der hohen Geschwindigkeit und geringer (möglicherweise zum Überspringen gleich Null) Kraft fortgesetzt bis zu den nächsten Merkmal, wie es durch die CAD Datei angezeigt wird. Somit können nach diesen Ausführungsbeispiel drei Betriebsweisen verwendet werden: Überspringen (kein Kontakt, Kraft gleich Null und höchste Geschwindigkeit), hohe Geschwindigkeit/niedrige Kraft und Verzögerung bis zu einem Stopp, während die Kraft auf einen eingestellten Maximalwert erhöht wird.

[0020] Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird die Ausrichtung der Sonde auf die Probe außerhalb des Bereichs von Interesse durchgeführt. Die Sonde kann mit einer Probe unter Verwendung von Bildverarbeitung, beispielsweise Bilderzeugung durch ein abtastendes Elektronenmikroskop (SEM), ausgerichtet werden. Die Sonde kann auch mit einem CAD-Muster ausgerichtet werden, wenn sie in den Betriebsweisen Überspringen/Scannen verwendet werden sollen. Wenn die Sonde mit dem SEM Bild und dem CAD Muster ausgerichtet sind, können „Blindbewegung“ zu den Punkten von Interesse gefolgt von ei-

ner Datenaufnahme durchgeführt werden. Die Bewegungen können durch Verwendung der CAD Daten für die Navigation unterstützt werden ähnlich zu einem GPS (Global Positioning System). In Abhängigkeit von der Größe einer Abdrift der Sonde gegenüber dem Schlitten kann eine periodische, erneute Ausrichtung von Sonde und Probe und eine Korrektur erforderlich sein.

[0021] Fig. 3 zeigt die Verwendung von SEM zur Ausrichtung, und sodann die Durchführung einer Bewegung zu dem ROI unter Verwendung von beispielsweise CAD Daten. In Figur drei ist ein Abschnitt der Probe eins gezeigt, worin zwei spezielle Bereiche eingegrenzt sind, ein ROI (welches ein sensitives Bauteil sein kann) und ein Nicht-ROI (welcher ein Ausrichtungsziel oder ein Merkmal ohne Interesse sein kann). In den eingegrenzten Bereich ist ein Teil der Oberfläche ein Dielektrikum **104**, und Teile sind Merkmale von Interesse **102**, beispielsweise Metallkontakte, Metallpfade, und dergleichen. Der nicht-ROI-Bereich wird als erstes unter Verwendung von dem SEM abgebildet, und die Sondenspitzen **117** werden auf der Probe gelandet. Die Position jeder Sonde wird mit dem SEM-Bild des Musters mit dem entsprechenden CAD Muster ausgerichtet. Da dieser eingegrenzte Bereich nicht von Interesse ist, kann er dem e-Strahl des SEM ausgesetzt werden. Um jedoch den ROI nicht zu stören oder zu beschädigen, wird kein e-Strahl über den ROI gescannt, sodass kein SEM-Bild des ROI erzeugt wird. Stattdessen benutzt das System Information aus dem CAD Design oder einer anderen Navigationshilfe, um jede Spitze blind zu einem ausgewählten Merkmal von Interesse in dem ROI zu bewegen und die Spitze auf den ausgewählten Merkmalen von Interesse in dem ROI zu landen. Gemäß einem Beispiel erfolgt die Bewegung durch eine Datenerfassung bei einer Sondergeschwindigkeit gleich Null und einer optimalen Kontaktkraft, gefolgt von einer Blindbewegung zu dem nächsten Bereich von Interesse oder zurück zu der Ausrichtung auf einen nicht interessierenden Bereich. Die Bewegung wird durch Verwendung von CAD oder/und anderen Navigationsdaten ausgeführt. Während jeder Rückkehr zu dem Ausrichtungspunkt wird die Position von Sonde zu Probe erneut eingestellt. Letzteres reduziert eine Ungenauigkeit in der Ausrichtung von Sonde zur Probe, was durch eine langsam relative trifft Verschiebung der beiden verursacht wird (beispielsweise durch thermische Drift).

[0022] Obwohl die elektrische Nanosonden-Untersuchung als ein Beispiel der adaptiv oben Untersuchung geliefert wurde, kann derselbe Ansatz für andere Typen von Probeuntersuchungen verwendet werden. Gemäß einem Beispiel kann eine durch die Spitze verbesserte, optische Schaltungsanalyse (TE OCA) unter Verwendung des sogenannten rückseitigen Ansatzes durchgeführt werden. Bei diesem Ansatz wird das Si-Wafer auf eine Dicke von etwa 100

nm verdünnt. Ein IC-Tester wird an den IC von der Vorderseite in einer normalen Art angeschlossen. Standard-IC-Tests werden auf dem verdünnten Chip ausgeführt. Eine elektrooptische Emission aufgrund des Betriebes des FET p/n Übergangs wird gewöhnlich unter Verwendung von Optiken mit hoher Auflösung und hoher numerischer Apertur detektiert (www.dcg.systems.com). In diesem Beispiel wird die Nanosondenspitze von der Rückseite des Wafers in den ROI gebracht.

[0023] Die Metallsonde wirkt als Antenne, die ein elektromagnetisches (EM) Feld in der Nachbarschaft der Sondenspitze verstärkt (der Effekt ist ähnlich zu der durch die Spitze aufgewerteten Raman-Spektroskopie oder TERS). Als Ergebnis sammelt zu jedem Zeitpunkt eine Optik mit niedriger Auflösung (die auf der Rückseite des Wafers platziert ist) Photonen meistens von der Nachbarschaft der Sondenspitze (wo das PM-Feld verstärkt wird). Ein einmal aufgenommenes Signal wird mit der Sondenposition synchronisiert, und eine Karte mit hoher Auflösung von der elektrooptischen Emission wird erstellt.

[0024] Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel dieses Beispiels wird die Nanosondenspitze parallel zu der Rückseite des Wafers mit variabler Geschwindigkeit und mit einem variablen Abstand zwischen der Probenoberfläche und der Sonde bewegt. Solch eine alternative (Geschwindigkeit und Distanz) Bewegung der Sonde erhöht den Durchsatz, das Signal-Rausch-Verhältnis und die seitliche Auflösung des TE OCA Verfahrens.

[0025] In einem anderen Beispiel kann die vorderseitige TE-Optik-Spektroskopie (Raman oder Fluoreszenz) für eine hohe Auflösung und eine Durchsatz-Defekt-Analyse verwendet werden. Ein großer Laserspot wird verwendet, um das Muster zu bestrahlen. Die Sonde wird über den ROI mit einer (Nanometer) Topographie in geringem Maßstab gescannt. Eine Optik mit niedriger Auflösung wird verwendet, um gestreute Photonen aufzusammeln (Raman oder/und Fluoreszenz). Die räumliche Auflösung des Verfahrens wird durch die Größe der Sondenspitze und nicht durch die Auflösung der Optik für das Aufsammeln der Photonen bestimmt. Der Durchsatz des Verfahrens ist gewöhnlich sehr gering, da eine lange Zeit pro Pixel verwendet wird, um eine Anzahl von gestreuten Photonen aufzusammeln. Wenn man versucht, eine räumliche Karte der gestreuten Photonen zu sammeln, wird die Datenerfassungszeit nahezu unpraktisch. Das adaptive Sannen ist hilfreich, um die Zeit für die Datenerfassung zu reduzieren. Die Spitze scannt mit hoher Geschwindigkeit, wobei ein monochromes Signal mit einem relativ mageren Signal-Rausch-Verhältnis aufgenommen wird. Wenn ein verdächtiges (monochromes) Signal an bestimmten Stellen detektiert wird, hält die Sonde an der Stel-

le an und das Werkzeug sammelt spektrale Daten mit hohem Signal-Rausch-Verhältnis.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Durchführung von Proben-Sondenuntersuchung umfassend:
einen Schlitten zum Lagern einer Probe;
einen Aktuator, der eine Sonde aktiviert, um Daten von der Probe zu sammeln;
einen Controller, der Datensignale von der Sonde sammelt und Betätigungssignale an den Aktuator sendet, wobei der Controller programmiert ist, um die Betätigungssignale entsprechend den von der Sonde empfangenen Datensignalen zu variieren.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Controller ferner programmiert ist, um CAD-Designdaten zu lesen, die der Probe entsprechen, und um ferner die Betätigungssignale entsprechend den CAD-Designdaten zu steuern.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Controller programmiert ist, um wenigstens eines der Folgenden zu variieren: Abtastgeschwindigkeit, Amplitude der Sondenschwingungen, Spalt zwischen der Sonde und der Probenoberfläche und Sonden-Kontaktkraft der Betätigungssignale entsprechend den Datensignalen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, worin der Controller programmiert ist, um wenigstens die Abtastgeschwindigkeit und die Sonden-Kontaktkraft der Betätigungssignale entsprechend den Datensignalen zu variieren.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Controller programmiert ist, die Abtastgeschwindigkeit und die Sonden-Kontaktkraft der Betätigungssignale dadurch zu variieren, dass zwischen wenigstens einer ersten und einer zweiten Abtastbetriebsweise umgeschaltet wird, wobei die zweite Abtastbetriebsweise eine niedrige Geschwindigkeit und eine höhere Kraft als die erste Abtastbetriebsweise aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, worin die zweite Abtastbetriebsweise ferner eine Verzögerung der Geschwindigkeit bis zu einem Halt umfasst.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Controller ferner programmiert ist, um die Sonde mit einem Bild auszurichten, das von einem abtastenden Elektronenmikroskop erhalten wird.

8. Verfahren zur Durchführung einer Proben-Sonden-Untersuchung unter Verwendung einer Sonde mit einer Sondenspitze, umfasst die Schritte:
Scannen der Sondenspitze über die Oberfläche der Probe unter Verwendung einer ersten Geschwindigkeit und einer ersten Kraft an der Spitzen, während

Signale gelesen werden, die von der Sonde erhalten werden;

wenn die Signale anzeigen, dass die Sondenspitze ein Merkmal von Interesse überquert, Verzögern der Proben-
spitze von der ersten Geschwindigkeit und Erhöhen der Kraft an der Spitze und danach Durchführen von Tests an der Probe unter Verwendung der Sondenspitze;

wenn Tests abgeschlossen sind, Beschleunigung der Sondenspitze auf die erste Geschwindigkeit und Herabsetzen der Kraft auf die Sondenspitze.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Schritt der Verzögerung durchgeführt wird, um zu bewirken, dass die Sondenspitze das Scannen vor der Durchführung von Tests stoppt.

10. Verfahren nach Anspruch 8, ferner umfasst die Schritte:

Ausrichten der Sondenspitze mit der Probe außerhalb eines Bereichs von Interesse (ROI) und Blindbewegen der Sondenspitze zu dem Bereich von Interesse.

11. Verfahren nach Anspruch 10, worin der Schritt der Ausrichtung der Sonde unter Verwendung einer ersten Geschwindigkeit durchgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, worin die Bewegung durchgeführt wird, in dem die Sondenspitze ohne Kontakt mit der Probe bewegt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10, worin die Bewegung unter Verwendung der ersten Geschwindigkeit und der ersten Kraft durchgeführt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 8, ferner umfassend Beurteilen der Testdatenqualität vor der Beschleunigung der Sondenspitze.

15. Verfahren zum Testen einer integrierten Schaltung (IC) unter Verwendung einer Nanosonde umfassend:

Verwenden eines abtastenden Elektronenmikroskops (SEM) für die Ausrichtung der Nanosonde mit einem identifizierten Merkmal auf dem IC;
Navigieren der Nanosonde zu einem Bereich von Interesse;

Scannen der Nanosonde über die Oberfläche des IC, während Daten von der Sonde ausgelesen werden;
wenn die Daten von der Sonde anzeigen, dass die Sonde ein Merkmal von Interesse überquert, Verzögern der Abtastgeschwindigkeit der Sonde und Durchführen der Testung des IC.

16. Verfahren nach Anspruch 15, worin der Schritt der Verzögerung der Abtastgeschwindigkeit die Verzögerung bis zu einem Halt umfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 15, ferner umfassend das Erhöhen der Kraft an der Spitze der Sonde während der Verzögerung der Abtastgeschwindigkeit.

18. Verfahren nach Anspruch 17, ferner umfassend das Detektieren des Signal-Rausch-Verhältnisses der Daten von der Nanosonde und nicht weiter Erhöhen der Kraft an der Sondenspitze, wenn das Signal-Rausch-Verhältnis einen vorangestellten Schwellenwert erreicht.

19. Verfahren nach Anspruch 15, worin der Schritt des Navigierens der Sonde zu einem Bereich von Interesse das Bewegen der Nanosonde umfasst, wobei die Nanosonde oberhalb der Oberfläche der Probe schwebt.

20. Verfahren nach Anspruch 15, worin der Schritt des Scannens der Nanosonde das Scannen bei einer vorgegebenen Kraft der Nanosondenspitze umfasst, und worin während des Schritts der Verzögerung der Abtastgeschwindigkeit das Verfahren ferner das Erhöhen der Kraft an der Nanosondenspitze umfasst.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

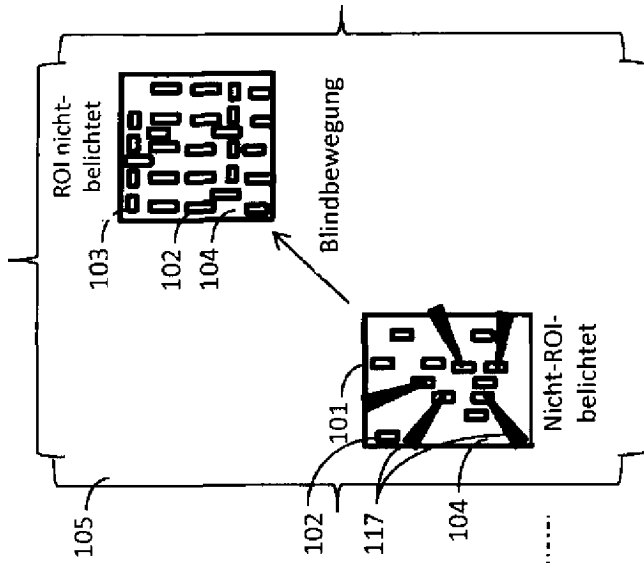


Fig. 3

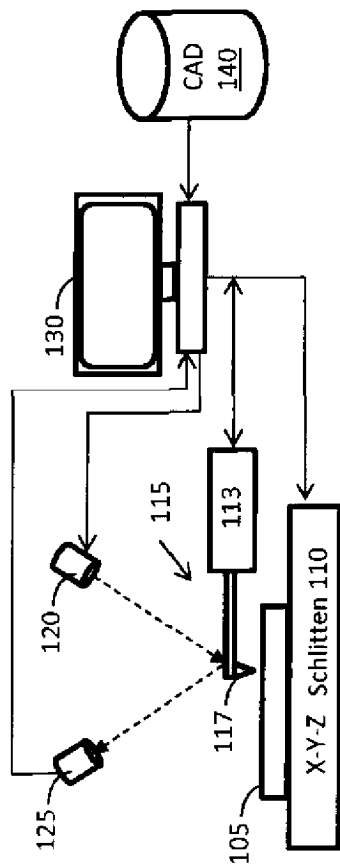


Fig. 1

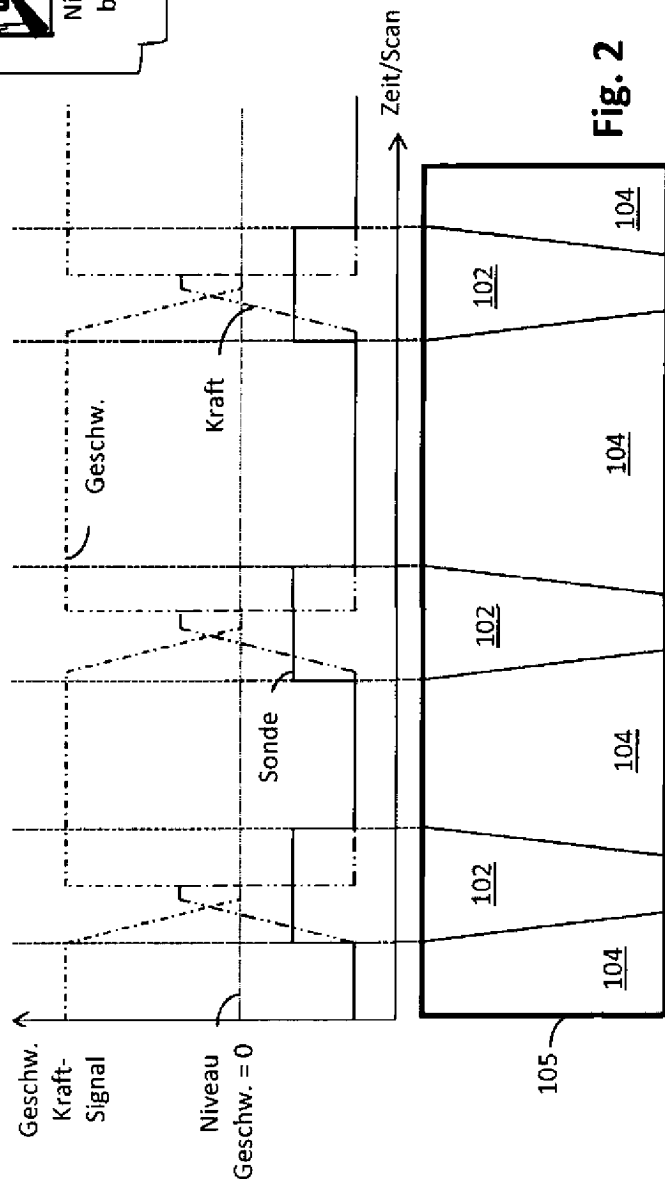


Fig. 2