



(10) **DE 10 2007 015 558 B4** 2018.06.21

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 015 558.3**
(22) Anmeldetag: **29.03.2007**
(43) Offenlegungstag: **18.09.2008**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.06.2018**

(51) Int Cl.: **H01L 21/268** (2006.01)
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).

(66) Innere Priorität:
10 2007 012 171.9 **12.03.2007**

(72) Erfinder:
Vollrath, Wolfgang, Dr., 57299 Burbach, DE

(73) Patentinhaber:
**Vistec Semiconductor Systems GmbH, 35781
Weilburg, DE**

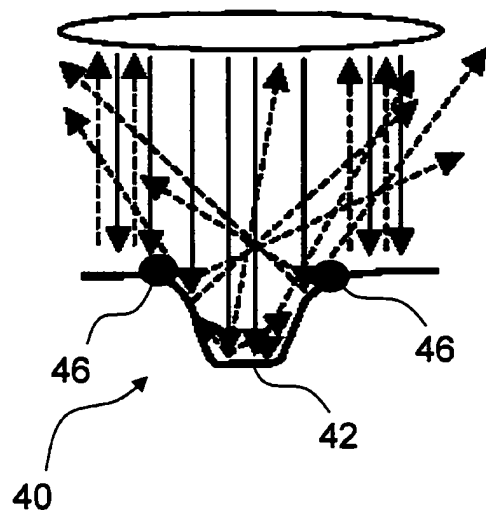
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DD	2 69 945	A1
GB	2 292 603	A
JP	2003- 017 537	A

(74) Vertreter:
**Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte,
93047 Regensburg, DE**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von künstlichen Defekten in Halbleiteroberflächen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung von künstlichen Defektstellen in Oberflächen von Halbleiterwafern, bei dem die künstlichen Defekte in Gestalt von Vertiefungen (40) mittels gepulster elektromagnetischer Strahlung hoher Pulsenenergie eingebracht werden, wobei die eingebrachten Vertiefungen (40) einen unebenen Grund (42) und abgerundete Übergangskanten (44) zu der übrigen Bauteiloberfläche aufweisen und wobei die Übergangskanten (44) zumindest abschnittsweise einen erhöhten Wulst (46) aufweisen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von künstlichen Defektstellen in Halbleiteroberflächen, insbesondere von Halbleiterwafern.

[0002] Bei der Herstellung von Halbleiterbauteilen kommt es auf eine möglichst exakte Fertigung mit möglichst geringer Fehlerquote an. Bestimmte Fehlertypen, oft kurz als „Defekte“ bezeichnet, werden vielfach mit optischen Verfahren detektiert und analysiert. Dabei unterscheidet man grundsätzlich zwischen einer sog. Mikro- und einer Makro-Defektdetektion, wobei Defekte als Makro-Defekte bezeichnet werden, wenn ihre Ausdehnung typischerweise größer als 10 Mikrometer, auf jeden Fall größer als 1 Mikrometer ist. Zu den Makrodefekten gehören zum Beispiel, aber nicht nur, Kratzer in und Partikel auf der Waferoberfläche.

[0003] Zur Steigerung der Qualität und Effizienz der Defektdetektion werden häufig automatische Detektionssysteme eingesetzt, bei denen die Detektion über elektronische Bildaufnahme und -verarbeitung erfolgt.

[0004] Das U.S.-Patent US 6 847 443 B1 offenbart beispielsweise ein System und ein Verfahren zur Detektion von Oberflächendefekten mittels Licht, welches mehrere Wellenlängen bei geringer Bandbreite aufweist. Es ist eine Lichtquelle, bevorzugter Weise eine Blitzlichtquelle vorgesehen, welche das Beleuchtungslicht zur Verfügung stellt. Das Beleuchtungslicht wird durch einen Filter in eine Mehrzahl von ausgewählten Bändern mit geringer Bandbreite aufgeteilt. Das Licht wird dann mittels einer optischen Faser zu einem Diffuser transportiert und von dort auf die Oberfläche des Halbleiterwafers gerichtet. Eine Kamera empfängt eine Vielzahl von Bildern, wobei jedes Bild von einem anderen Abschnitt des Spektrums erzeugt worden ist. Die Bilder können sowohl durch reflektiertes, als auch gestreutes Licht erzeugt werden. Die enge Bandbreite des Beleuchtungslichts wird derart ausgewählt, dass die Wellenlänge des Beleuchtungslichts im Bereich der maximalen Empfindlichkeit des jeweiligen Kamerakanals liegt.

[0005] Die Patentanmeldung DD 269945 A1 offenbart die großflächige Anrauhung der Oberfläche eines Wafers. Dies ist notwendig, um die Lichtausbeute von LED's, die aus diesem Wafer hergestellt werden, zu erhöhen.

[0006] Bei der JP2003-017537 A wird zunächst auf die Oberfläche eines Wafers eine dünne Schicht aufgebracht. Durch diese dünne Schicht wird dann mittels eines Ionenstrahls eine Vertiefung eingebracht. Nach dem Einbringen der Vertiefung wird die dünne Schicht entfernt. Wülste oder sonstige Erhöhungen in

der dünnen Schicht an den Rändern der Vertiefung werden beim Entfernen der dünnen Schicht auch entfernt.

[0007] Die Druckschrift GB 2292603 A offenbart ein Testsystem, mit dem man Fremdpartikel auf einem Wafer zählen kann. Hierzu trägt ein Testwafer eine Vielzahl von Testmarken, die für das Abzählen der Fremdpartikel herangezogen werden.

[0008] Für die Entwicklung und auch für die Geräteabstimmung und -abnahme in der Fertigung von automatischen Defektdetektionsstationen werden Defektreferenzwafer oder sogenannte Defektstandardwafer (DSW) benötigt, auf denen künstliche Defekte bekannter Art und Größe in definierter Weise aufgebracht worden sind. In der Gerätemontage und -endabnahme werden derartige Defektstandardwafer benötigt, um einerseits jedes einzelne Gerät nachweisbar in Spezifikation zu bringen („Tool Control Concept“), sowie für alle Geräteexemplare gleichen Typs ein identisches Defektdetektionsverhalten zu gewährleisten („Tool Matching“). Ebenso sind solche DSW zur Geräteabnahme und für regelmäßige Kontrollen während des Geräteinsatzes beim Kunden erforderlich.

[0009] Die auf die Defektstandardwafer aufgetragenen Defekte müssen einerseits möglichst exakt reproduzierbar sein. Andererseits ist es wichtig, dass sie von den einzumessenden Geräten möglichst ohne Erfassungsfehler als gewollte Defekte auch erkannt werden. Bei der Defektdetektion auf Halbleiter-Wafern unterscheidet man zwischen der Defektdetektion auf der Wafervorderseite (WFI, wafer frontside inspection), der Waferrückseite (WBI, wafer backside inspection) und dem Waferrand (incl. Stirnseite; WIE, wafer edge inspection).

[0010] Herkömmliche Defektstandardwafer werden üblicherweise für die Wafervorderseite nach den Prozessen der üblichen Waferfertigung hergestellt. Dazu werden spezielle Maskensätze hergestellt, die u.a. als Strukturen die gewünschten Kunstdefekte enthalten. Diese Masken werden auf den Wafer belichtet und dieser anschließend prozessiert. Nachteilig ist insbesondere, dass dieser normale Waferherstellungsprozess problemlos nur für solche Defektstandardwafer nutzbar ist, bei denen die Defektdetektion auf der Wafervorderseite durchgeführt wird. Ökonomisch ist dieser Prozess allerdings nur bei großen Waferstückzahlen. Für die oben beschriebenen Anwendungsfälle werden aber nur relativ kleine Stückzahlen benötigt.

[0011] Grundsätzlich ist der klassische Waferherstellungsprozess auch für Defektstandardwafer anwendbar, die für die Detektion der Waferrückseite eingesetzt werden. Dabei müssen jedoch die Wafer „verkehrt herum“ bearbeitet werden, was im norma-

len Waferfertigungsprozess zu unerwünschten Komplikationen führt. Grundsätzlich nicht anwendbar ist die mikrolithografische Art der Waferstrukturierung für Defektstandardwafer, bei denen der Waferrand untersucht werden soll, insbesondere für die Strukturierung der Waferstimfläche („Apex“) und den Übergangsbereich von der Wafervorder-/rückseite zur Stirnfläche („Bevel“).

[0012] Hinsichtlich von Kunstdefekten, mit denen Kratzer in oder Partikel auf der Oberfläche des Wafers repräsentiert werden sollen, hat die mikrolithografische Herstellung erhebliche Nachteile. Kratzer werden z.B. durch in die Oberfläche eingätzte linienförmige Vertiefungen dargestellt. Typischerweise entstehen dabei sehr steile Flanken, präzise Ecken und glatte Böden der Vertiefungen. Das hat zur Folge, dass bei Dunkelfeldbeobachtungen nur sehr wenig Licht an den scharfen Ecken in die Abbildungsoptik reflektiert bzw. gestreut wird und daher der Defekt, d.h. die Vertiefung praktisch nicht im Bild zu erkennen ist. Vergleichbares trifft auch bei Hellfeldbeleuchtung zu, bei der der glatte Boden der Vertiefung das Licht in gleichartiger Weise reflektiert wie die glatte Oberfläche der Umgebung und daher die Vertiefung von der Umgebung praktisch nicht zu unterscheiden ist.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung von künstlichen Defekten in Halbleiterbauteilen zur Verfügung zu stellen, das optisch eindeutig erfassbare Defekte liefert und insbesondere geeignet ist, vorbestimmte künstliche Defekte auf der Stirnseite eines Wafers zu erzeugen.

[0014] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, das die Merkmale des Anspruchs 1 umfasst.

[0015] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung von künstlichen Fehlstellen in Oberflächen von Halbleiterbauteilen, insbesondere von Halbleiterwafern, sieht vor, dass die künstlichen Fehlstellen in Gestalt von Vertiefungen mittels gepulster elektromagnetischer Strahlung hoher Pulsenergie eingebracht werden. Entsprechend der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die eingebrachten Vertiefungen einen unebenen bzw. einen rauen Grund und abgerundete Übergangskanten zu der übrigen Bauteiloberfläche aufweisen. Dabei weisen die Übergangskanten zumindest abschnittsweise einen erhöhten Wulst auf. Die Vertiefungen können insbesondere mittels einer geeigneten Laserstrahlung eingebracht werden. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass bei der Herstellung der Vertiefungen ein unebener Abtrag des Halbleiterbauteils erfolgt, was sich durch die Herstellung der gewünschten Vertiefungen mittels Laserablation erreichen lässt. Auch werden bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Vertiefungen abgerundete Kanten erzeugt, die zu Reflexionseigenschaften an der Bauteiloberfläche führen, die sich besonders gut optisch erfassen lassen. Der

Wulst um die Ablationsstelle trägt zur besseren Erkennbarkeit der geschaffenen künstlichen Defekte im Hellfeld bei. Gleiches gilt für Betrachtung im Dunkelfeld. Die Vertiefungen können insbesondere längliche Strukturen aufweisen. Sie können darüber hinaus jedoch jede sinnvolle Gestalt aufweisen, die den gewünschten Zweck erfüllt.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung kann eine derartige vertiefte Struktur in der Waferoberfläche - gleichgültig, ob auf der Waferoberseite, der Waferrückseite oder der Waferstirnseite - durch Ablation mit einem Ultrakurzpuls-Laser erzeugt werden. Dabei wird ein Laserstrahl auf den Wafer fokussiert mit einem Fokusdurchmesser von größenordnungsmäßig zwischen 0,1 bis 100 Mikrometer, typischerweise jedoch zwischen ca. 1 und 20 Mikrometer. Durch den hohen Energieeintrag z.B. eines Femtosekundenpulses wird im Laserfokus Material aus dem Substrat abladiert und dadurch eine Vertiefung in der Oberfläche erzeugt. Über die Fokussierung des Laserpulses, seine Zeitdauer und Intensität und durch eine einstellbare Anzahl von Laserpulsen auf die gleiche Stelle lässt sich auf eine sehr reproduzierbare Art und Weise die Form der Vertiefung einstellen. Ausgedehnte, z.B. linienförmige Vertiefungen, lassen sich durch dichtes Aneinandersetzen von Laser-Foki erzeugen.

[0017] Der besondere Vorteil der dadurch erzeugten Strukturen ist ein vergleichsweise flacher Flankenwinkel der Vertiefungen und insbesondere bei Siliziumwafern als Substrat eine sehr zerklüftete Oberflächenstruktur mit hoher Lichtstreuung und -absorption. Dadurch lassen sich die durch Laserablation erzeugten Vertiefungen in Dunkel- und Hellfeldbeobachtung gleichermaßen gut erkennen, d.h. von der Umgebung unterscheiden.

[0018] Ein weiterer besonderer Vorteil der Lasermaterialbearbeitung liegt darin, dass die entsprechenden Bearbeitungsvorrichtungen und -apparaturen sehr flexibel konfigurierbar und handhabbar sind und insbesondere die Bearbeitung des Waferrandes (Oberseite, Unterseite, Stirnfläche und Bevel) möglich ist. Ebenso ist vorteilhaft, dass die Lasermaterialbearbeitung vergleichsweise wirtschaftlich bei kleinen Stückzahlen einsetzbar ist und im Gegensatz zu lithografischen Verfahren die Strukturgeometrien (d.h. die Defektgeometrien) ohne großen Aufwand modifizierbar sind.

[0019] Bei zahlreichen Versuchen hat sich gezeigt, dass sich bei der Laserablation die abladierten Partikel teils als Wulst um die Ablationstelle herum ablagern, teils großflächig auf der Waferoberfläche verteilen. Diese Partikel müssen entfernt werden, bevor der Wafer in einer Reinraumumgebung verwendet werden kann. Allerdings trägt, wie bereits erwähnt, ein Wulst um die Ablationsstelle zur besseren Erkenn-

barkeit der zuvor geschaffenen künstlichen Defekte im Hellfeld bei. Gleiches gilt für Betrachtung des Wafers im Dunkelfeld. Es ist also von Nachteil, wenn der Wulst bei der Reinigung ebenfalls entfernt wird; vielmehr wird in einer Ausführungsform der Erfindung der erfindungsgemäß an der Übergangskante eines künstlich erzeugten Defekts vorgesehene Wulst aus den als Wulst um die Ablationsstelle herum abgelagerten abladierten Partikeln gebildet.

[0020] Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung wird daher der Wulst aus abladierten Partikeln einer Nachbehandlung mit dem Laser unterzogen, derart, dass die Wulstpartikel zum Verschmelzen untereinander und mit dem darunter liegenden Wafer-substrat gebracht werden. Dadurch bleibt bei der Waferreinigung der Wulst um den Kunstdefekt erhalten während die lose über die Waferoberfläche verteilten Ablationspartikel, die nicht dieser Lasernachbehandlung unterzogen wurden, bei der Reinigung beseitigt werden. Die vorteilhafte optische Wirkung des Wulstes bleibt also erhalten, ohne dass es zu einer Geräte-Verunreinigung beim Gebrauch des Wafers kommen kann.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren entsprechend einer der zuvor beschriebenen Ausführungsvarianten eignet sich insbesondere zur Herstellung eines Defektstandardwafers, wie er bei der Halbleiterfertigung zur Geräteabstimmung bzw. Geräteeinmessung und/oder -justierung eingesetzt wird.

[0022] Die Erfindung betrifft weiterhin einen Defektstandardwafer, insbesondere zur Geräteabstimmung bzw. Geräteeinmessung bei der Halbleiterfertigung, der gemäß einem Verfahren entsprechend einem der zuvor beschriebenen Ausführungsformen hergestellt ist.

[0023] Schließlich betrifft die Erfindung die Verwendung eines derartigen Defektstandardwafers zur Geräteabstimmung bzw. Geräteeinmessung bei der Halbleiterfertigung, insbesondere gemäß einem Verfahren entsprechend einem der zuvor beschriebenen Ausführungsformen.

[0024] Nachfolgend wird die Erfindung in beispielhafter Weise und unter Bezugnahme der beigefügten Zeichnungen beschrieben. Aus den beigefügten Zeichnungen werden sich weitere Merkmale, Aufgaben und Vorteile der gegenwärtigen Erfindung ergeben.

[0025] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Systems zur Detektion von Fehlern auf Wafern, bzw. strukturierten Halbleitersubstraten;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur optischen Erfassung von künstlichen Defekten auf Halbleiterwafern;

Fig. 3 zwei schematische Darstellungen von unterschiedlichen Reflexionseffekten bei einer Hellfeld- und bei einer Dunkelfeldbeobachtung bei lithografisch hergestellten künstlichen Defekten in Halbleiterwafern;

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Reflexionseffekte bei einer Dunkelfeldbeobachtung eines Halbleiterwafers mit lasertechnisch hergestellten künstlichen Defekten;

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Reflexionseffekte bei einer Hellfeldbeobachtung eines Halbleiterwafers mit lasertechnisch hergestellten künstlichen Defekten;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines vergrößerten Ausschnittes der Waferoberfläche im Bereich eines lasertechnisch hergestellten künstlichen Defektes; und

Fig. 7 eine weitere schematische Darstellung eines vergrößerten Ausschnittes der Waferoberfläche im Randbereich des künstlichen Defekts.

[0026] In den Figuren bezeichnen identische Bezugszeichen identische oder im Wesentlichen gleich wirkende Elemente oder Funktionsgruppen.

[0027] **Fig. 1** zeigt ein System zur Inspektion von Strukturen aus Halbleitersubstraten. Das System **1** ermöglicht die optische Erfassung von erfindungsgemäß bearbeiteten Halbleiterwafern, die mit künstlichen Defekten an ihrer Oberfläche versehen sind. Das System **1** besteht z.B. aus mindestens einem Kassettenelement **3** für die Halbleitersubstrate bzw. Wafer. In einer Messeinheit **5** werden Bilder, Bilddaten oder Daten von den einzelnen Wafern bzw. strukturierten Halbleitersubstraten aufgenommen. Zwischen dem Kassettenelement **3** für die Halbleitersubstrate bzw. Wafer und der Messeinheit **5** ist ein Transportmechanismus **9** vorgesehen. Das System selbst ist von einem Gehäuse **11** umschlossen, wobei das Gehäuse **11** eine Grundfläche **12** definiert. Im System **1** ist ferner mindestens ein Computer integriert, der für die Auswertung, bzw. Bearbeitung der einzelnen Bilderdaten oder Bilddaten zuständig ist. Das System **1** ist mit einem Display **13** und einer Tastatur **14** versehen. Mittels der Tastatur **14** kann der Benutzer Dateneingaben zur Steuerung des Systems oder auch Parametereingaben zur Auswertung der aufgenommenen Daten, Bilddaten oder Bilder von den einzelnen Wafern machen. Auf dem Display **13** werden dem Benutzer des Systems **1** mehrere Benutzerinterfaces dargestellt. Hinzu kommt, dass

auf dem Benutzerinterface für den Benutzer Information über die aktuelle Messung dargestellt wird. Ferner kann das System **1** modular aufgebaut sein, so dass an das System **1** mehrere weitere Messeinrichtungen (nicht dargestellt) angebaut werden können. Die weiteren Messeinrichtungen sind dabei für die unterschiedlichen Untersuchungsmethoden verwendbar.

[0028] Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform einer Anordnung zur optischen Erfassung von künstlichen Defekten auf Halbleiterwafern, die gemäß der gegenwärtigen Erfindung aufgebracht wurden. Die Vorrichtung umfasst eine Beleuchtungseinrichtung **20**, die einen Beleuchtungsstrahlengang **20a** definiert. Ferner umfasst die Vorrichtung eine Detektoreinheit **21**, die ebenfalls einen Detektionsstrahlengang **21a** festlegt. Ferner ist ein Strahlteiler **25** vorgesehen, der den Beleuchtungsstrahlengang **20a** und den Detektorstrahlengang **21a** kollinear macht. Der Strahlteiler **25** lenkt somit das von der Beleuchtungseinrichtung **20** ausgehende Licht auf die Oberfläche **22** des Wafers **23**. Das von der Oberfläche **22** des Wafers **23** ausgehende bzw. reflektierte Licht gelangt entlang des Detektionsstrahlenganges **21a** zu dem Detektor **21**. Ferner ist zu bemerken, dass der Strahlteiler **25** derart angeordnet ist, dass das von der Beleuchtungseinrichtung **20** ausgehende Licht im Wesentlichen senkrecht auf die Oberfläche des Wafers auftrifft. Das Licht der Beleuchtungseinrichtung **20** beleuchtet auf der Oberfläche **22** des Wafers **23** einen Bereich **26**. Somit wird von der Detektoreinrichtung **21** lediglich der gerade beleuchtete Bereich **26** von der Oberfläche **22** des Wafers **23** detektiert. Der Wafer **23** (bzw. das Halbleitersubstrat) ist auf einer Aufnahmeeinrichtung **28** abgelegt, die beweglich ausgebildet ist. Die Aufnahmeeinrichtung **28** kann beispielsweise drehbeweglich oder in zwei zueinander orthogonalen Raumrichtungen, wie z. B. die x-Koordinatenrichtung und die y-Koordinatenrichtung verschiebbar ausgebildet sein. Durch die Verschiebbarkeit ist es möglich, dass mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung die gesamte Oberfläche **22** des Wafers **23** erfasst wird.

[0029] Die schematische Darstellung der Fig. 2 zeigt ausschließlich eine Variante mit sog. Hellfeldbeleuchtung, bei der die zu beobachtende Stelle des Wafers von oben beleuchtet wird. Grundsätzlich eignet sich die Anordnung auch für eine Variante mit sog. Dunkelfeldbeleuchtung, bei der die Lichtquelle seitlich angeordnet und das Streulicht erfasst wird.

[0030] Gemäß der Fig. 2 ist die Detektoreinrichtung **21** über eine Datenleitung **21b** mit einem als Datenausleseeinrichtung dienendem Computer **15** verbunden, welcher die erfassten Daten ausliest und auswertet oder zwischenspeichert. Die Datenausleseeinrichtung ist dabei derart ausgebildet und ausgestaltet, dass ein kontinuierliches Abscannen der Oberfläche **22** des Wafers **23** mit einer kontinuierli-

chen bzw. Dauerlichtquelle möglich ist. Dabei muss die Ausleserate durch die Datenausleseeinrichtung mit der Verschiebegeschwindigkeit der Aufnahmeeinrichtung **28** für den Wafer **23** synchronisiert sein.

[0031] Die schematischen Darstellungen der Fig. 3 verdeutlichen die Reflexionseffekte in einer Vertiefung **30** herkömmlicher Struktur, wie sie typischerweise durch einen Ätzzvorgang in der Oberfläche des Halbleiterwafers **32** hergestellt wurde. Aufgrund der sehr regelmäßigen Struktur der Vertiefung **30** mit dem flachen, relativ ebenen Grund **34** und den sehr steilen Flanken **36** mit den scharfen Kanten sowohl zur Bauteilumgebung als auch zum Vertiefungsgrund **34** sind diese Vertiefungen **30** mit den herkömmlichen Beleuchtungseinrichtungen meist relativ schwer zu erfassen. Bei ungünstigen Umständen kann es sogar vorkommen, dass die Vertiefungen nicht als solche erkannt bzw. ihre Abmessungen nicht richtig erfasst werden können.

[0032] Entsprechend Fig. 3a hat eine solche regelmäßige Vertiefung **30** mit den steilen Flanken **36**, den präzisen Ecken und den glatten Böden **34** bei einer Dunkelfeldbeobachtung zur Folge, dass nur sehr wenig Licht an den scharfen Ecken der Abbildungsoptik reflektiert bzw. gestreut wird und daher der Defekt, d.h. die Vertiefung **30** praktisch nicht im Bild zu erkennen ist. Dies trifft auch bei einer Hellfeldbeleuchtung zu (vgl. Fig. 3b), bei der der glatte Boden **34** der Vertiefung **30** das Licht in nahezu gleichartiger Weise reflektiert wie die glatte Oberfläche der Umgebung, so dass die Vertiefung **30** von der Umgebung kaum zu unterscheiden ist.

[0033] Die schematische Darstellung der Fig. 4 verdeutlicht einen künstlichen Defekt, bei dem die dargestellte Vertiefung **40** mittels eines Laserablationsvorgangs erzeugt wurde. Hierbei wird mittels eines geeignet fokussierten und gepulsten Laserstrahls eine Vertiefung **40** gewünschter Tiefe und Abmessung hergestellt, die sich anschließend mit den bekannten optischen Verfahren wesentlich exakter erfassen und vermessen lässt. Der Laser schafft durch Ablation eine Vertiefung **40** definierter Breite und Tiefe, wobei der Vertiefungsgrund **42** relativ zerklüftet ist (vgl. Fig. 6), um auf diese Weise einen hohen Streulichtanteil zu schaffen. Zudem sind die Ränder **44** abgerundet und nicht scharfkantig, so dass sich ausgeprägte Hell-Dunkel-Grenzen bei den Abbildungen der optischen Messeinrichtungen ergeben können.

[0034] Während die Fig. 4 eine optische Erfassung der künstlichen Defekte mittels einer Dunkelfeldbeobachtung verdeutlicht, zeigt die Fig. 5 die Reflexionseigenschaften bei der optischen Abtastung mittels einer Hellfeldbeobachtung.

[0035] Die schematische Darstellung der Fig. 6 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Oberfläche des

Vertiefungsgrundes **42** gemäß **Fig. 4** bzw. **Fig. 5**. Es wird unmittelbar deutlich, dass die Oberfläche und Struktur der künstlichen Defekte hohe Streulichtanteile erzeugt und dieses Streulicht noch innerhalb der zerklüfteten Struktur mehrfach hin und her reflektiert und schließlich zu einem hohen Maß absorbiert wird.

[0036] Die zerklüftete Oberfläche sorgt dadurch bei der Hellfeldbeobachtung für deutliche Helligkeitsunterschiede im Bereich des Defekts (dunkel wegen Streuung und Absorption) gegenüber der Umgebung (hell wegen hoher direkter Reflektion). Dagegen liefert die Dunkelfeldbeobachtung deutlich höhere Streulichtanteile als bei einer scharfkantigen und glatten Defektoberfläche entsprechend **Fig. 3**, so dass auch hier eine deutlich zuverlässigere Lokalisation der zuvor auf dem Wafer aufgetragenen künstlichen Defekte ermöglicht ist.

[0037] Die beschriebenen Effekte lassen sich sowohl bei der Inspektion der Wafervorderseite als auch der Waferrückseite sowie des Waferrandes realisieren, da alle diese Bereiche einer Laserbearbeitung zur Herstellung künstlicher Defektstellen gleichermaßen zugänglich sind.

[0038] Die schematische Darstellung der **Fig. 7** zeigt einen vergrößerten Ausschnitt eines Randabschnittes einer erfindungsgemäßen Vertiefung. Hierbei wird deutlich, dass der erhöhte Randbereich, der aus einem Wulst **46** von miteinander verschmolzenen, zuvor mittels des Laserstrahls abladierten Partikeln besteht, zur besseren Erkennbarkeit des künstlichen Defekts im Hellfeld wie auch im Dunkelfeld beitragen kann. Aus diesem Grund kann es günstig sein, den erhöhten Wulst **46** beim Reinigen des Wafers von sonstigen Unebenheiten und Verunreinigungen am Rand des Defektkraters zu belassen.

[0039] Die Erfindung wurde in Bezug auf besondere Ausführungsformen beschrieben. Es ist dennoch für einen Fachmann selbstverständlich, dass Abwandlungen und Änderungen der Erfindung gemacht werden können ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von künstlichen Defektstellen in Oberflächen von Halbleiterwafern, bei dem die künstlichen Defekte in Gestalt von Vertiefungen (40) mittels gepulster elektromagnetischer Strahlung hoher Pulsenergie eingebracht werden, wobei die eingebrachten Vertiefungen (40) einen unebenen Grund (42) und abgerundete Übergangskanten (44) zu der übrigen Bauteiloberfläche aufweisen und wobei die Übergangskanten (44) zumindest abschnittsweise einen erhöhten Wulst (46) aufweisen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (40) mittels Laserstrahlung eingebracht werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erhöhte Wulst (46) aus abgetragenen Halbleiterpartikeln gebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die den Wulst (46) bildenden abgetragenen Halbleiterpartikel zumindest teilweise miteinander verschmolzen werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wulst (46) mittels einer Nachbehandlung mit der Laserstrahlung gebildet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (40) runde und/oder quadratische und/oder rechteckige Strukturen aufweisen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Fokusedurchmesser der elektromagnetischen Strahlung zur Herstellung der Vertiefungen (40) einen Durchmesser zwischen ca. 0,1 bis ca. 100 Mikrometer aufweist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fokusedurchmesser der elektromagnetischen Strahlung zur Herstellung der Vertiefungen (40) einen Durchmesser zwischen ca. 1 bis ca. 20 Mikrometer aufweist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass abgetragene Partikel um die Vertiefungen (40) als Verunreinigungen von der Waferoberfläche entfernt werden.

10. Verfahren zur Herstellung eines Defektstandardwafers nach den Verfahrensschritten gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9.

11. Defektstandardwafer, insbesondere zur Geräteabstimmung bzw. Geräteeinmessung bei der Halbleiterfertigung, der gemäß einem Verfahren entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 9 hergestellt ist.

12. Verwendung eines Defektstandardwafers nach Anspruch 11 zur Geräteabstimmung bzw. Geräteeinmessung bei der Halbleiterfertigung, insbesondere gemäß einem Verfahren entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 9.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

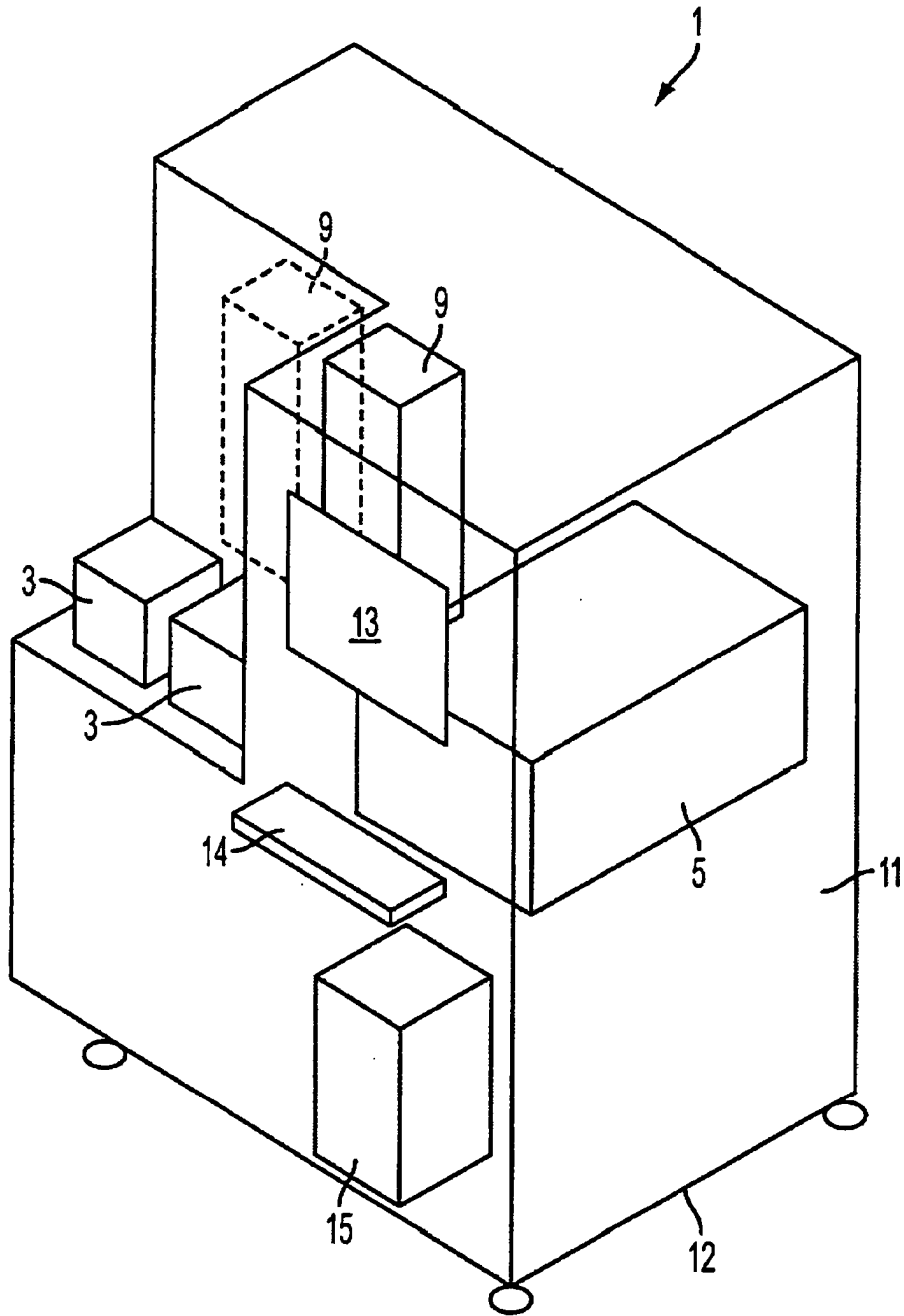


Fig. 1

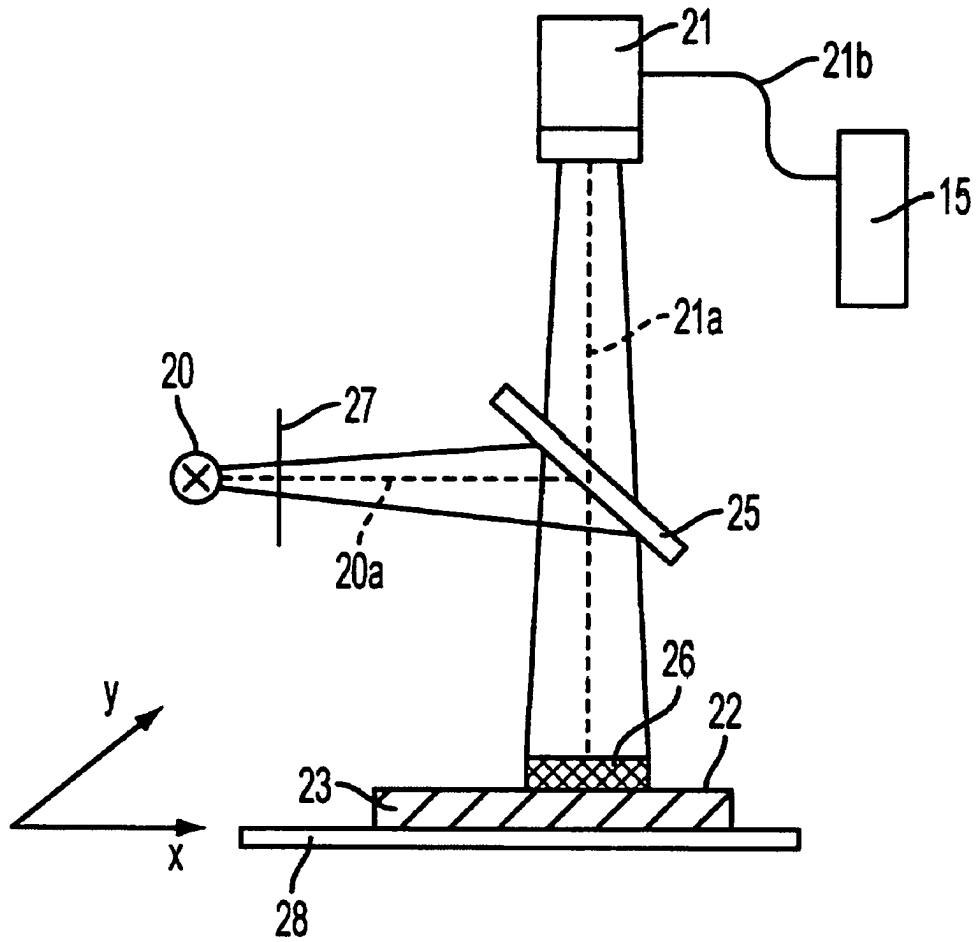
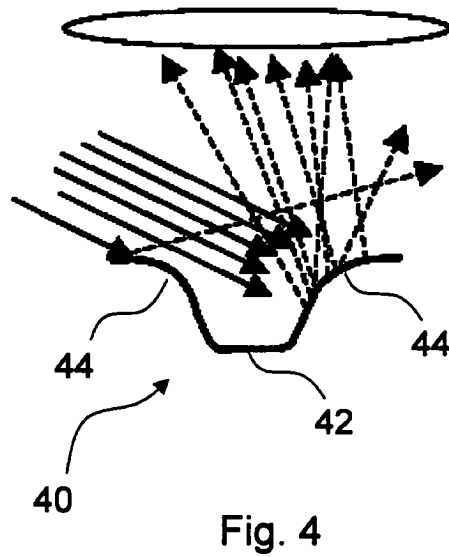
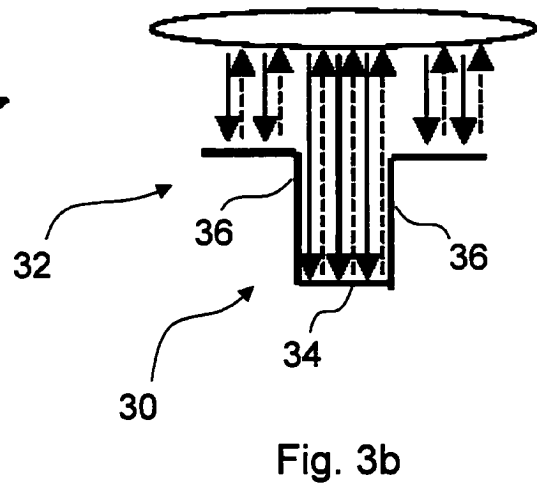
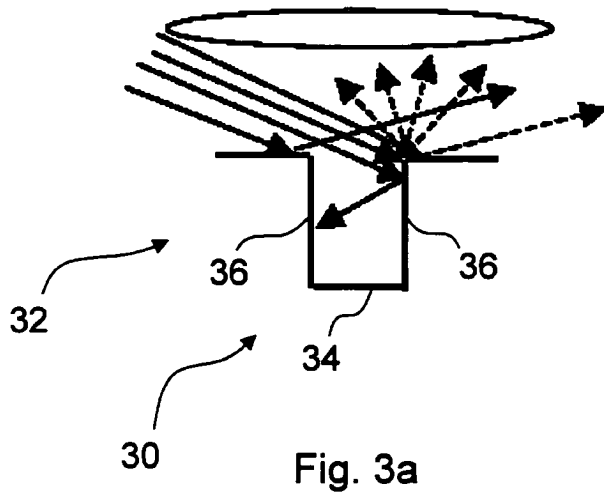


Fig. 2



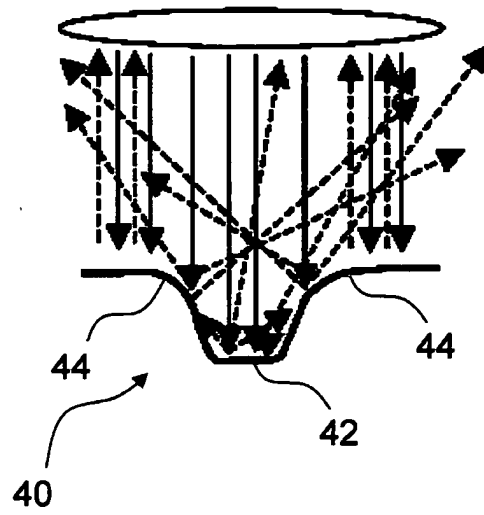


Fig. 5

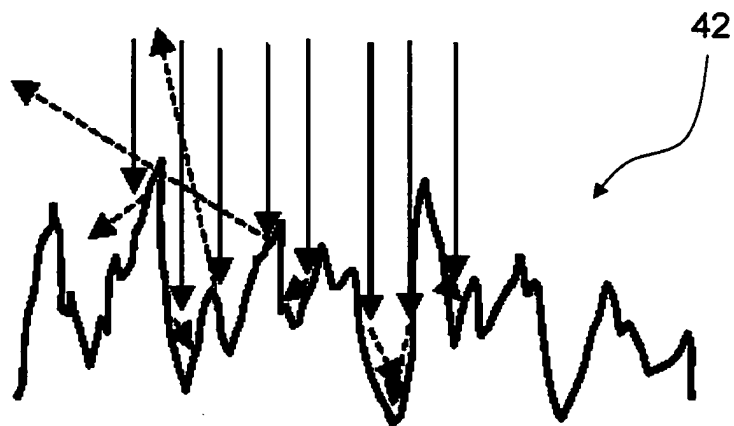


Fig. 6

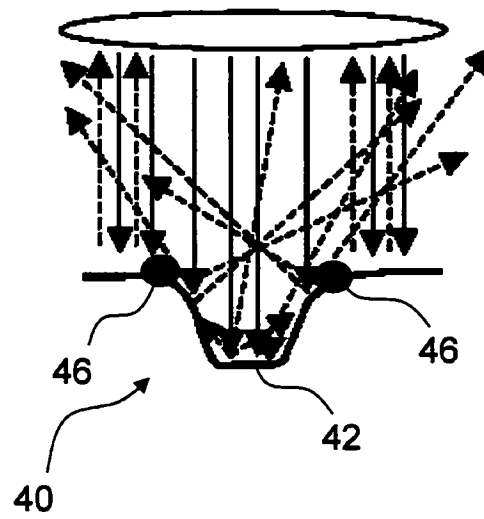


Fig. 7