

(12)

Patentschrift

(21)	Anmeldenummer:	A 50017/2024	(51)	Int. Cl.:	G01B 11/27	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	16.01.2024			G03F 7/00	(2006.01)
(45)	Veröffentlicht am:	15.02.2025			G03F 9/00	(2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

US 6151120 A
US 2003128361 A1
US 2005259257 A1
US 2007242272 A1
US 2009108483 A1
DE 102020116790 B4

(73) Patentinhaber:
Universität Linz
4040 Linz (AT)

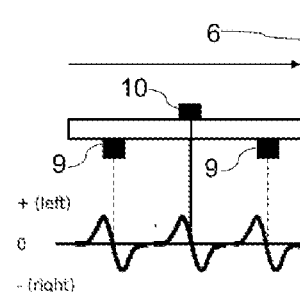
(72) Erfinder:
Schell Andreas
4040 Linz (AT)

(74) Vertreter:
Burgstaller Peter Dr.
4020 Linz (AT)

(54) Verfahren zur Detektion von Positionsabweichungen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion von Positionsabweichungen unter Verwendung eines Laserstrahls (6), wobei an einem Objekt (8) zumindest zwei Markierungen (9, 10) vorliegen, welche jeweils zumindest in einer Messrichtung eine Ausdehnung aufweisen, welche geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls (6), wobei eine erste Markierung (9) mit Abstand in Messrichtung zu einer zweiten Markierung (10) am Objekt (8) vorliegt, wobei als Messsignal das von den Markierungen (9, 10) gestreute Laserlicht an zumindest zwei räumlich getrennten Detektionspunkten erfasst wird, während eine Relativbewegung des Laserstrahls (6) über die zumindest zwei Markierungen (9, 10) erfolgt, wobei aus dem Messsignal an den Detektionspunkten hervorgeht, zu welchem Zeitpunkt sich eine der Markierungen (9, 10) im Zentrum des Laserstrahls (6) befindet, sodass aus der Distanz zwischen diesen Zeitpunkten im Messsignal der Abstand der Markierungen (9, 10) und somit eine Positionsabweichung von einem Sollabstand bestimmbar ist.

Fig. 4



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Detektionsverfahren zur Bestimmung der Positionierung von Markierungen zueinander.

[0002] Die DE102020116790B4 betrifft ein Verfahren zum Ausrichten von zwei flachen Objekten zueinander, welche flachen Objekte parallel zueinander vorliegen und wobei jedes Objekt eine Markierung aufweist und beide flachen Objekte so positioniert werden, dass beide Markierungen genau im Zentrum eines Laserstrahls liegen. Nachteilig ist, dass beide flachen Objekte positionierbar sein müssen, sodass dieses Verfahren in der Halbleiterindustrie nur schwer umsetzbar scheint.

[0003] In der Halbleiterindustrie ist es äußerst wichtig, die Überlagerungsgenauigkeit in mehrstufigen Fertigungsprozessen nachträglich während der Fertigung zu messen. Methoden wie die Rasterelektronenmikroskopie sind aufwendig und können nur an der Oberfläche messen. Optische Messungen sind viel schneller und können vor Ort durchgeführt werden, erfordern jedoch bisher Markierungen mit einem großen Platzbedarf und verfügen nicht über die erforderliche Genauigkeit.

[0004] Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe besteht darin, eine verbesserte Methode zur Detektion von Positionsabweichungen bereit zu stellen.

[0005] Für das Lösen der Aufgabe wird ein Verfahren zur Detektion von Positionsabweichungen unter Verwendung eines Laserstrahls vorgeschlagen, wobei an einem Objekt zumindest zwei Markierungen vorliegen, welche jeweils zumindest in einer Messrichtung eine Ausdehnung aufweisen, welche geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls, wobei eine erste Markierung mit Abstand in Messrichtung zu einer zweiten Markierung am Objekt vorliegt, wobei als Messsignal der zeitliche Verlauf eines reflektierten oder transmittierten Anteils des von den Markierungen gestreuten Laserlichts an zumindest zwei räumlich getrennten Detektionspunkten erfasst wird, während eine Relativbewegung des Laserstrahls in Messrichtung nacheinander über die zumindest zwei Markierungen erfolgt, wobei aus dem Messsignal an den Detektionspunkten hervorgeht, zu welchem Zeitpunkt der Relativbewegung sich eine der Markierungen im Zentrum des Laserstrahls befindet, sodass aus der Distanz zwischen diesen Zeitpunkten im Messsignal der Abstand der Markierungen und somit eine Positionsabweichung von einem Sollabstand bestimmbar ist.

[0006] Die Anordnung des Lasers, von zwei Detektoren und von Spiegeln kann dabei so wie in DE102020116790B4 erläutert ausgeführt sein.

[0007] Anstelle der zwei Detektoren kann auch ein Detektor mit mehreren Detektionspunkten vorgesehen sein, beispielsweise in Form einer Zeilenkamera oder eines Bildsensors. Das von den Markierungen gestreute Licht wird mit Hilfe einer Optik, insbesondere durch Spiegel, auf zwei unterschiedliche Detektionspunkte des eindimensionalen oder zweidimensionalen Sensors gerichtet. Durch Vergleich der Intensität des auftreffenden Lichts an den beiden Detektionspunkten kann bestimmt werden, wann sich eine Markierung im Zentrum des Laserstrahls befindet. Jeder Detektionspunkt kann dabei ein oder mehrere Pixel umfassen.

[0008] Die Messvorrichtung umfasst daher zumindest einen Detektor, an welchem Streulichtanteile des Laserstrahls örtlich getrennt detektiert werden.

[0009] Anstelle der Positionierung von zwei Objekten, die jeweils eine Markierung aufweisen, durch Übereinanderlegen der Markierungen im Zentrum des Laserstrahls, aktiv vorzunehmen, wie bei der DE102020116790B4, erfolgt bei der gegenständlichen Erfindung eine Detektion von Markierungen die in einem festen Abstand zueinander vorliegen, sodass die Positionierung der Markierung zueinander nur kontrolliert wird.

[0010] Vorteilhaft an der gegenständlichen Methode gegenüber dem Stand der Technik ist, dass die Markierungen mit einer Ausdehnung in Messrichtung vorliegen, die geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls, sodass der für die Markierungen und deren Detektion benötigte Platz

am Objekt gering ist.

[0011] Bei der gegenständlichen Erfindung wird auf den Schichten eines Objekts ein Muster aus kleinen Markierungen mit einer Größe unterhalb der Wellenlänge des Laserstrahls hergestellt, um eine balancierte homodyne Detektion (Mischung des ungestreuten und des gestreuten Laserlichts) zu ermöglichen. Ein Laser tastet die kleinen Markierungen ab und mittels balancierter homodyner Detektion können die jeweiligen Positionen mit hoher Genauigkeit ermittelt werden. Zusammen mit der Vorabkenntnis des hergestellten Musters wird ein hochauflösendes Messsignal erhalten, das die Überlagerungsgenauigkeit der Schichten mit hoher Genauigkeit detektierbar macht, was durch Eingriff in den Herstellungsprozess nachfolgender Objekte zu einer hohen Überlagerungsgenauigkeit führt bzw. das Beibehalten einer hohen Überlagerungsgenauigkeit ermöglicht. Die Haupteinschränkungen für die Messgenauigkeit hängen auch mit dem Herstellungsprozess der Schichten zusammen und skalieren daher mit Verbesserungen des Herstellungsprozesses, wodurch die Technik zukunftssicher wird. Mit anderen Worten erfolgt mit steigender Genauigkeit des Herstellungsprozesses auch eine Steigerung der Genauigkeit des gegenständlichen Verfahrens.

[0012] Besonders bevorzugt liegen am Objekt zumindest drei Markierungen vor, wobei die Relativbewegung des Laserstrahls über die zumindest drei Markierungen erfolgt. Dabei wird bevorzugt die Relativposition einer dieser Markierung bezüglich der anderen beiden Markierungen bestimmt. Dies kann insbesondere dadurch erfolgen, dass die Sollposition einer der Markierungen exakt in der Mitte zwischen den beiden anderen Markierungen liegt.

[0013] Eine Anwendung der Methode kann bei Herstellungsverfahren eines Objekts sinnvoll sein, bei welchem Strukturen oder Lagen des Objekts in zeitlicher Abfolge und/oder durch mehrere Vorrichtungen hergestellt werden. Das Aufbringen von zumindest zwei Markierungen erfolgt dabei zu verschiedenen zeitlichen Verfahrensabschnitten und/oder mit verschiedenen Aufbringvorrichtungen, sodass die Positioniergenauigkeit zwischen den Verfahrensabschnitten und/oder den unterschiedlichen Aufbringvorrichtungen kontrollierbar ist.

[0014] Zweck dieser Kontrolle kann es insbesondere sein, eine festgestellte Positionsabweichung bei der Herstellung eines später folgenden Objekts zu korrigieren.

[0015] Das Anbringen der Markierungen erfolgt bevorzugt mit jenen Vorrichtungen die auch Strukturen oder Lagen am Objekt fertigen.

[0016] Besonders bevorzugt erfolgt die Methode zur Erfassung von Markierungen auf Halbleiterelementen, wobei die Markierungen bei der Aufbringung oder Strukturierung zumindest einer Schicht auf einem Wafer gebildet werden. Bevorzugt werden die Markierungen in unterschiedlichen Verfahrensschritten und daher in unterschiedlichen Schichten des Halbleiterelements hergestellt, um die Lagen der unterschiedlichen Schichten zueinander bestimmen zu können.

[0017] Bei der Ausführungsvariante mit drei Markierungen werden zwei Markierungen in einer ersten Schicht hergestellt und die dritte Markierung in einer zweiten Schicht. Die dritte Markierung kann dabei in Messrichtung zwischen den ersten beiden Markierungen liegen.

[0018] Beim Wafer kann es sich um einen Siliziumwafer handeln, wobei Silizium für Licht in einem Wellenlängenbereich von 1,1 - 7 μm durchsichtig ist. Der Laserstrahl weist in einer Ausführungsvariante eine Wellenlänge in diesem Bereich auf, insbesondere im Bereich von 1,1 - 2 μm , beispielsweise 1550 nm.

[0019] Der Laserstrahl kann aber auch eine geringere Wellenlänge aufweisen, wobei in diesem Fall das reflektierte Streulicht gemessen werden muss.

[0020] Das Material der Markierung kann ident zum Material des Objekts sein, also ident zum Substrat des Objekts oder ident zu zumindest einem am Substrat aufgetragenen Material des Objekts.

[0021] Das Material der Markierungen kann unterschiedlich zum Material des Objekts, insbesondere Wafers, sein, beispielsweise kann dieses bei der Wellenlänge des verwendeten Lasers unterschiedliche optische Eigenschaften aufweisen als der Wafer.

[0022] Die Markierungen können aber auch aus demselben Material wie der Wafer sein und sich durch zumindest ein Merkmal von den die Markierungen umgebenden Bereichen des Wafers unterscheiden. Insbesondere kann das Material an der Markierung dünner oder dicker vorliegen als das Material des umgebenden Bereichs. Die Markierungen können beispielsweise durch Ätzen des Wafers oder einer am Wafer aufgetragenen Schicht hergestellt werden.

[0023] Allgemeiner formuliert weisen die am Objekt vorliegenden Markierungen und die die Markierung umgebenden Bereiche des Objekts zumindest ein unterschiedliches Merkmal auf, welches zu einer unterscheidbaren Streuung des Laserstrahls führt.

[0024] Mit der Anordnung und Überfahren mit dem Laserstrahl von zumindest zwei Markierungen kann die Positioniergenauigkeit in einer ersten Richtung des Objekts ermittelt werden.

[0025] Um die Positioniergenauigkeit in einer zweiten Richtung des Objekts zu kontrollieren, können auch in dieser zweiten Richtung zumindest zwei Markierungen am Objekt vorliegen, welche dann vom Laserstrahl in dieser zweiten Richtung überfahren werden.

[0026] Dies ist ausreichend um die Positioniergenauigkeit von Strukturen oder Bauteilen an einer zweidimensionalen Konfiguration erfassen zu können.

[0027] Bevorzugt liegen die Markierungen punktförmig vor. Als punktförmig gilt eine Markierung, deren Ausdehnung geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls. Entlang jeder Messlinie des Laserstrahls liegen zumindest zwei, bevorzugt zumindest drei, punktförmige Markierungen vor.

[0028] Die Markierungen der ersten und der zweiten Richtung können weniger bevorzugt durch gemeinsame Markierungsobjekte gebildet sein, beispielsweise durch - in Sollposition - konzentrische Kreise, welche in zwei unterschiedlichen Raumrichtungen überfahren werden. Eine weitere Option sind Markierungsobjekte in Form von in Solllage parallelen Linien, welche quer zur Längsrichtung der Linien vom Laserstrahl überfahren werden. Durch Überfahren der Linien an zwei zueinander beabstandeten Stellen deren Längsverlauf, kann die Parallelität der Linien kontrolliert werden. Als Markierung ist somit auch ein in Messrichtung vorliegender Bereich eines Markierungsobjekts zu verstehen, welcher in Messrichtung eine Erstreckung aufweist, die geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls.

[0029] Bevorzugt sind die Markierung aber punktförmig, sodass diese in jeder möglichen Messrichtung eine Erstreckung aufweisen, die geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls.

[0030] Der Abstand zwischen zwei Markierungen ist größer als die Wellenlängen des Laserstrahls.

[0031] Der Mindestabstand der Markierungen und die Maximalausdehnung der Markierungen ist somit von der Wellenlänge des verwendeten Lasers abhängig.

[0032] Der Abstand zwischen zwei Markierungen kann beispielsweise ca. 3µm betragen.

[0033] Die Erfindung wird an Hand von Zeichnungen veranschaulicht:

[0034] Fig. 1: Zeigt schematisch eine erste Variante eines Messaufbaus, welcher geeignet ist um das gegenständliche Verfahren auszuführen.

[0035] Fig. 2: Zeigt schematisch eine zweite Variante eines Messaufbaus, welcher geeignet ist um das gegenständliche Verfahren auszuführen.

[0036] Fig. 3: Zeigt schematisch die Verwendung eines ein- oder zweidimensionalen Detektors.

[0037] Fig. 4: zeigt schematisch das resultierende Signal des Messaufbaus bei Überfahren der Markierungsanordnung mit einem Laserstrahl bei symmetrischer Anordnung der Markierungen.

[0038] Fig. 5: zeigt schematisch das resultierende Signal des Messaufbaus bei Überfahren der Markierungsanordnung mit einem Laserstrahl bei asymmetrischer Anordnung der Markierungen.

[0039] Fig. 6-14: veranschaulichen beispielhaft mögliche Ausführungsvarianten von Markierungen am Objekt.

[0040] Die in den Fig. 1 und 2 dargestellte Anordnung des Lasers 1, der Auswerteelektronik 2, der zumindest zwei Detektoren 3, 4 und der Spiegelanordnung 5 ist aus der DE102020116790B4 bekannt.

[0041] Die Detektoren 3, 4 bilden dabei örtlich getrennte Detektionspunkte der Vorrichtung.

[0042] Fig. 3 veranschaulicht, dass anstelle von zwei Detektoren 3, 4 auch ein einzelner ein- oder zweidimensionaler Detektor 12 vorhanden sein kann, der zumindest zwei örtlich getrennte Detektionspunkte umfasst.

[0043] Das Objekt 8, welches im Messbereich des Messaufbaus vorliegt, unterscheidet sich von den beiden Objekten der DE102020116790B4.

[0044] Das physikalische Messprinzip besteht darin, dass eine das Laserlicht 6 streuende Markierung 9, 10, deren Ausdehnung normal zur Richtung des Laserstrahls 6 geringer ist, als die Wellenlänge des Laserlichts, eine symmetrische Streuung des Laserstrahls 6 bewirkt, wenn sie sich im Zentrum des Laserstrahls 6 befindet. Das Streulicht kann entweder anhand des transmittierten gestreuten Laserlichts 7 (Fig. 1) oder anhand des reflektierten gestreuten Laserlichts 7 (Fig. 2) erfasst werden, indem zumindest zwei Detektionspunkte (als Detektoren 3, 4 oder an einem Detektor 12) vorhanden sind, an welchen mittels eines Strahlteilers 15 räumlich unterschiedliche Streulichtanteile des gestreuten Laserlichts 7 auftreffen. Beispielsweise kann dies ein linker Streulichtanteil am ersten Detektionspunkt (Detektor 3 in Fig. 1 und 2) und ein rechter Streulichtanteil am zweiten Detektionspunkt (Detektor 4 in Fig. 1 und 2) sein. Beim Aufbau der Fig. 2 wird zusätzlich zum reflektierten Laserlicht 7 auch ein Teil des Laserstrahls 6 als Referenzstrahl mittels der vier linken Spiegel direkt zu den Detektoren 3, 4 geleitet.

[0045] Werden die gemessenen Intensitäten der beiden Detektoren 3, 4 subtrahiert, ergibt sich im Symmetriefall, also wenn sich eine Markierung 9, 10 im Zentrum des Laserstrahls 6 befindet, ein Nulldurchlauf. Im Fall eines ein- oder zweidimensionalen Detektors 12 wird die Intensität des an den räumlich getrennten Detektionspunkten auftreffenden Lichts verglichen. Auch hier kann die am ersten Detektionspunkt gemessene Intensität von der am zweiten Detektionspunkt gemessene Intensität subtrahiert werden.

[0046] Wird die Markierung 9, 10 aus dem Zentrum des Laserstrahls 6 bewegt, empfängt einer der beiden Detektoren 3, 4 (oder einer der beiden Detektionspunkte des Detektors 12) ein stärkeres Signal als der andere. Dies gilt bei Bewegung in beiden Richtungen, sodass der Nulldurchlauf beim Überfahren der Markierung 9, 10 mit dem Laserstrahl 6 zwischen einem positiven Maximum und einem negativen Maximum des Messsignals liegt, wie in Fig. 4 und 5 veranschaulicht.

[0047] Da aus dieser Information nur die Lage einer Markierung 9, 10 in Bezug auf den Laserstrahl 6 feststellbar ist, ist beim erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, dass zumindest eine erste Markierung 9 vorhanden ist, deren Ausdehnung normal zur Richtung des Laserstrahls geringer ist, als die Wellenlänge des Laserlichts, welche erste Markierung 9 mit Abstand zu einer zweiten Markierung 10 an einem gemeinsamen Objekt 8 vorliegt.

[0048] Durch Überfahren beider Markierung 9, 10 mit dem Laserstrahl 6, kann die Distanz der beiden Markierung 9, 10 zueinander erfasst werden, wobei die Genauigkeit durch die optischen, elektronischen und mechanischen Komponenten der Messanordnung limitiert ist.

[0049] Um Fehlerquellen weitgehend auszuschließen, ist in einer bevorzugten Variante vorgesehen, dass die Position einer zweiten Markierung 10 relativ zu zwei ersten Markierungen 9 bestimmt wird. Vorteilhaft ist dabei, wenn die zweite Markierung 10 in deren Sollposition exakt in der Mitte zwischen den beiden ersten Markierungen 9 liegt, da in diesem Fall auch eine Beeinflussung des Messsignals durch die Markierungen 9, 10 selbst keine Auswirkung auf das Messsignal hat (Beispielsweise könnte eine benachbarte erste Markierung 9 Streulichtanteile reflektieren, wenn sich der Laserstrahl 6 an der zweiten Markierung 10 befindet.)

[0050] In Fig. 4 und 5 ist das Messsignal als die Differenz des Signals des ersten Detektors 3

oder Detektionspunkts (left) und des zweiten Detektors 4 oder Detektionspunkts (right) dargestellt, welches sich bei Überfahren der drei Markierungen 9, 10 mit dem Laserstrahl 6 ergibt. Immer wenn sich der Laserstrahl 6 zentral über einer Markierung 9, 10 befindet, ergibt sich ein Nulldurchlauf des Messsignals. Wenn die Nulldurchläufe regelmäßig, also mit demselben Abstand zueinander auftreten, dann bedeutet dies, dass die zweite Markierung 10 exakt in der Mitte zwischen den beiden ersten Markierungen 9 ist, so wie in Fig. 4 veranschaulicht.

[0051] Befindet sich die zweite Markierung 10 nicht in ihrer Sollposition 11, kommt es zu einer Verschiebung des zugehörigen Nulldurchlaufs hin zum Nulldurchlauf einer der beiden äußeren ersten Markierungen 9.

[0052] Die Abweichung (offset dx) zwischen der Istposition der Markierung 10 und ihrer Sollposition 11 kann daraus ermittelt werden.

[0053] In den Fig. 6-14 sind mögliche nicht einschränkend zu verstehende Anordnungen von Markierungen 9 und 10 veranschaulicht, mit deren Hilfe eine Abweichung der Position der zweiten Markierung 10 relativ zu zumindest einer ersten Markierung 9 erfasst werden kann.

[0054] Wie in den Fig. 6-11 dargestellt, können die ersten Markierungen 9 und zweiten Markierungen 10 in Form von Punkten vorhanden sein, welche senkrecht zum Laserstrahl 6 in allen Richtungen eine Ausdehnung aufweisen, welche geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls 6.

[0055] Wie in Fig. 6 veranschaulicht, können nur eine einzige erste Markierung 9 und eine einzige zweite Markierung 10 vorhanden sein, welche mit dem Laserstrahl 6 entlang einer einzigen ersten Messlinie 13 überfahren werden.

[0056] Wie in Fig. 7 veranschaulicht, können zwei äußere erste Markierungen 9 und eine einzelne mittlere zweite Markierung 10 vorhanden sein, welche mit dem Laserstrahl 6 entlang einer einzigen ersten Messlinie 13 überfahren werden.

[0057] Wie in Fig. 8 veranschaulicht, können in einer ersten Richtung nur eine einzige erste Markierung 9 und eine einzige zweite Markierung 10 vorhanden sein und in einer zweiten Richtung eine einzige erste Markierung 9 und eine einzige zweite Markierung 10 vorhanden sein, welche mit dem Laserstrahl 6 entlang einer einzigen ersten Messlinie 13 und einer einzigen zweiten Messlinie 14 überfahren werden, welche Messlinien 13, 14 entlang der ersten und zweiten Richtung verlaufen.

[0058] Wie in Fig. 9 veranschaulicht, können in einer ersten Richtung zwei äußere erste Markierungen 9 und eine einzige mittlere zweite Markierung 10 vorhanden sein und in einer zweiten Richtung zwei äußere erste Markierungen 9 und eine einzige zweite Markierung 10 vorhanden sein, welche mit dem Laserstrahl 6 entlang einer einzigen ersten Messlinie 13 und einer einzigen zweiten Messlinie 14 überfahren werden, welche Messlinien 13, 14 entlang der ersten und zweiten Richtung verlaufen.

[0059] Wie in Fig. 8 und 9 veranschaulicht ist, kann eine der Markierungen 9, 10 für beide Messlinien 13, 14 verwendet werden. Die beiden Messlinien 13, 14 können aber auch unabhängig voneinander vorliegen, sodass jede Markierung 9, 10 nur einer Messlinie 13, 14 angehört.

[0060] Wie in Fig. 10 veranschaulicht ist, können in einer ersten Richtung zwei parallele Messlinien 13 vorhanden sein, welche jeweils nur eine einzige erste Markierung 9 und eine einzige zweite Markierung 10 aufweisen.

[0061] Wie in Fig. 11 veranschaulicht ist, können in einer ersten Richtung zwei parallele Messlinien 13 vorhanden sein, welche jeweils zwei äußere erste Markierungen 9 und eine einzige mittlere zweite Markierung 10 aufweisen.

[0062] Wie in Fig. 12 dargestellt, können erste Markierungen 9 und zweite Markierungen 10 weniger bevorzugt in Form von zumindest zwei Markierungsobjekten vorhanden sein, deren Linien und/oder Punkte senkrecht zum Laserstrahl 6 beim Überfahren in zumindest zwei Richtungen eine Ausdehnung aufweisen, welche geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls 6, sodass

sich beim Überfahren der Markierungsobjekte entlang der zumindest zwei Richtungen jeweils zumindest zwei punktförmige Streuer ergeben, um in jeder der Richtungen ein Messsignal zu erhalten, wie es in Fig. 4 und 5 dargestellt ist. Bei den Markierungen 9 und 10 kann es sich beispielsweise um in Sollposition konzentrische Kreise handeln, oder wie dargestellt um einen Punkt als Markierung 10 innerhalb eines Kreises, welcher in allen senkrecht zum Laserstrahl vorliegenden Richtungen jeweils zwei Markierungen 9 um die Markierung 10 bildet.

[0063] Wie in Fig. 13 dargestellt, können zusammengehörige Markierungen 9 und 10 durch in Sollposition parallele Striche gebildet sein. An einer weiteren Stelle des Objekts 8 können dabei weitere Striche vorliegen, welche entlang einer anderen Richtung verlaufen, insbesondere senkrecht zu den ersten Strichen.

[0064] In Fig. 14 ist dargestellt, dass Positionsabweichungen erfasst werden können, indem Striche, welche die Markierungen 9, 10 bilden, an zumindest zwei Punkten ihrer Längserstreckung quer zur Längserstreckung mit dem Laserstrahl 6 oder mit zwei Laserstrahlen 6 überfahren werden. Daraus lässt sich eine Parallelverschiebung und eine Winkelabweichung zwischen einer ersten Struktur oder Lage, welcher zumindest eine Markierung 9 zugeordnet ist und einer zweiten Struktur oder Lage, welcher zumindest eine Markierung 10 zugeordnet ist, feststellen.

[0065] Selbiges ist auch mit den Anordnungen der Fig. 10 und 11 erreichbar.

[0066] Zur Veranschaulichung der Vorteile des gegenständlichen Verfahrens wurde beispielhaft für Siliziumstrukturen eine minimal erkennbare Positionsdivergenz von 0,2 Ångström berechnet, wenn ein Laser mit einer Wellenlänge von $\lambda = 1550$ nm und einer Laserleistung von 100nW verwendet wird, welcher mit einer numerischen Apertur von 0,5 fokussiert wird bei einer Integrationszeit von 1 ms.

[0067] 0,2 Ångström ist etwa drei Größenordnungen kleiner als die aktuelle Strukturgröße in der Halbleiterindustrie.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion von Positionsabweichungen unter Verwendung eines Laserstrahls (6), **dadurch gekennzeichnet**, dass an einem Objekt (8) zumindest zwei Markierungen (9, 10) vorliegen, welche jeweils zumindest in einer Messrichtung eine Ausdehnung aufweisen, welche geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls (6), wobei eine erste Markierung (9) mit Abstand in Messrichtung zu einer zweiten Markierung (10) am Objekt (8) vorliegt, wobei als Messsignal der zeitliche Verlauf eines reflektierten oder transmittierten Anteils des von den Markierungen gestreuten Laserlichts an zumindest zwei räumlich getrennten Detektionspunkten erfasst wird, während eine Relativbewegung des Laserstrahls (6) in Messrichtung nacheinander über die zumindest zwei Markierungen (9, 10) erfolgt, wobei aus dem Messsignal an den beiden Detektionspunkten hervorgeht, zu welchem Zeitpunkt der Relativbewegung sich eine der Markierungen (9, 10) im Zentrum des Laserstrahls (6) befindet, sodass aus der Distanz zwischen diesen Zeitpunkten im Messsignal der Abstand der Markierungen (9, 10) und somit eine Positionsabweichung von einem Sollabstand bestimmbar ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Objekt zumindest drei Markierungen (9, 10) vorliegen, wobei die Relativbewegung des Laserstrahls in Messrichtung über die zumindest drei Markierungen (9, 10) erfolgt, wobei die Relativposition einer zweiten Markierung (10) gegenüber zwei ersten Markierungen (9) bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sollposition (11) der zweiten Markierung (10) exakt in der Mitte zwischen den beiden ersten Markierungen (9) liegt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Objekt (8) Strukturen oder Lagen aufweist, wobei die Strukturen oder Lagen des Objekts (8) in zeitlich aufeinanderfolgenden Verfahrensabschnitten und/oder durch mehrere Vorrichtungen hergestellt werden, wobei das Aufbringen von zumindest einer ersten Markierung (9) und zumindest einer zweiten Markierung (10) zu verschiedenen zeitlichen Verfahrensabschnitten und/oder mit unterschiedlichen Vorrichtungen erfolgt, sodass die Positionsgenauigkeit zwischen den zeitlich aufeinanderfolgenden Verfahrensabschnitten und/oder den unterschiedlichen Vorrichtungen mit welchen das Objekt (8) hergestellt wurde, über den Abstand der Markierungen (9, 10) zueinander kontrollierbar ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Fall einer Positionsabweichung eine Anpassung des Herstellungsprozesses für nachfolgende Objekte (8) erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fertigung der Markierungen (9, 10) mit Vorrichtungen erfolgt, welche auch die Strukturen oder Lagen am Objekt (8) bilden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses zur Erfassung von Markierungen (9, 10) auf einem Objekt (8) in Form eines Halbleiterelements ausgeführt wird, wobei die zumindest eine erste Markierung (9) und die zumindest eine zweite Markierung (10) in unterschiedlichen Verfahrensschritten und daher in unterschiedlichen Schichten des Halbleiterelements hergestellt werden, um die Positionierung der unterschiedlichen Schichten zueinander kontrollieren zu können.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Objekt zumindest zwei Messlinien (13, 14) vorliegen, welche jeweils zumindest eine erste Markierung (9) und zumindest eine zweite Markierung (10) aufweisen.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest zwei Messlinien (13, 14) jeweils zwei äußere erste Markierungen (9) und eine mittlere zweite Markierung (10) aufweisen.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Objekt (8) senkrecht zur Richtung des Laserstrahls zumindest eine erste Markierung (9) und eine zweite Markierung (10) aufweist, welche in einer ersten Messrichtung mit einem Abstand

zueinander vorliegen, wobei auch in einer zweiten Messrichtung zumindest eine erste Markierung (9) und zumindest eine zweite Markierung (10) vorliegen, wobei zur Bestimmung der Positionsabweichung in zwei Dimensionen zumindest je zwei Markierungen (9, 10) entlang jeder der beiden Messrichtungen von einem Laserstrahl (6) oder mehreren Laserstrahlen (6) überfahren werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Objekt (8) zumindest ein Messmuster vorliegt, welches ein Überfahren von zumindest zwei Markierungen (9, 10) in unterschiedlichen Messrichtungen ermöglicht, wobei die Markierungen (9, 10) in der jeweiligen Messrichtung eine Ausdehnung aufweisen, welche geringer ist als die Wellenlänge des Laserstrahls (6).
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Objekt (8) relativ zu einem ortsfesten Laserstrahl (6) bewegt wird, oder der Laserstrahl (6) relativ zu einem ortsfesten Objekt (8) bewegt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest zwei räumlich getrennten Detektionspunkte als getrennte Detektoren (3, 4) vorliegen.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest zwei räumlich getrennten Detektionspunkte als getrennte Bereiche eines ein- oder zweidimensionalen Detektors (12) vorliegen.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Markierungen (9, 10) punktförmig vorliegen.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand zwischen den Markierungen (9, 10) größer ist, als die Wellenlänge des Laserstrahls (6).

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

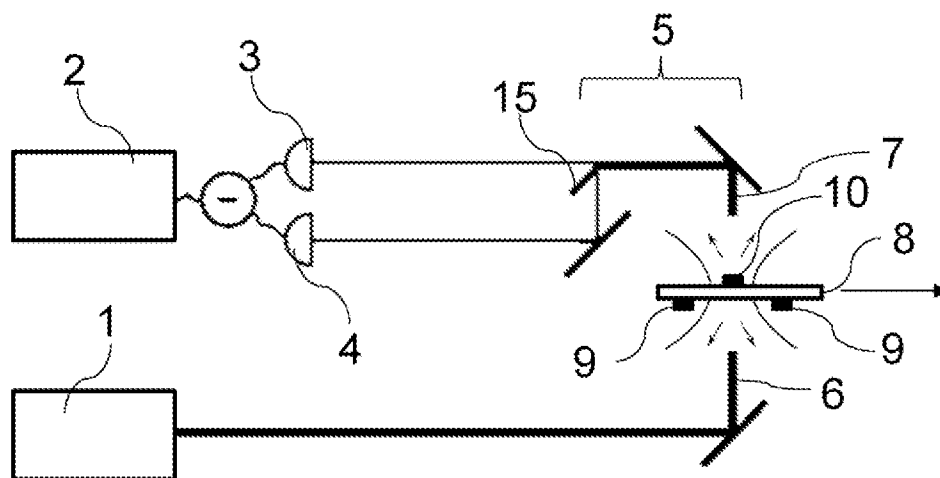


Fig. 2

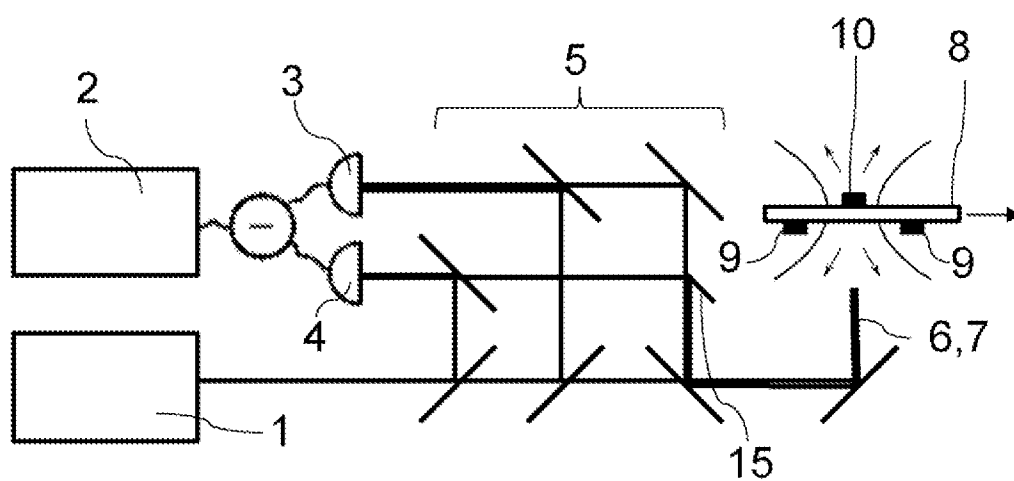


Fig. 3

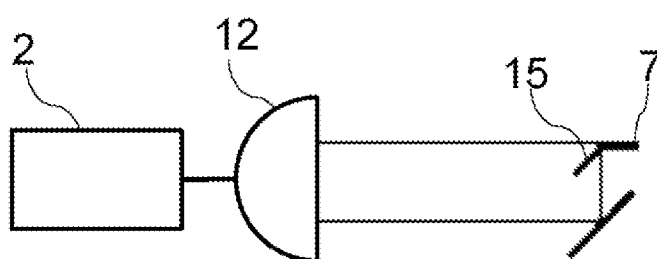


Fig. 4

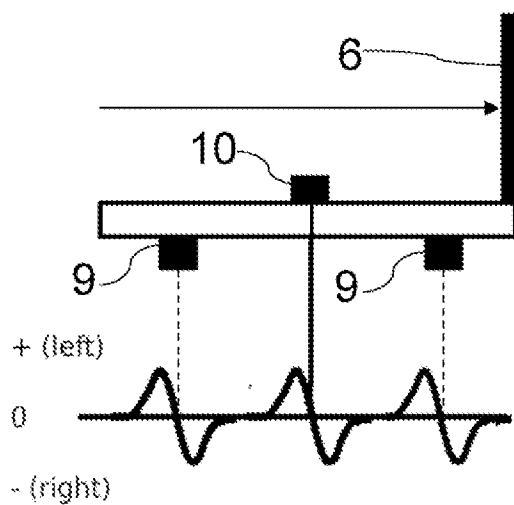


Fig 5

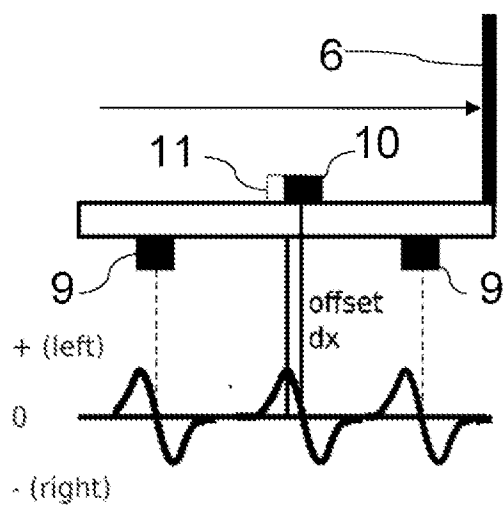


Fig. 6

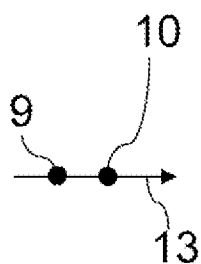


Fig 7

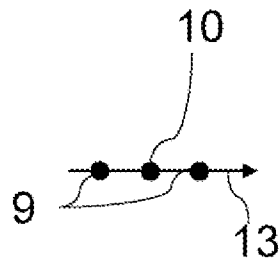


Fig. 8

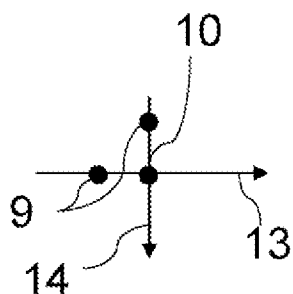


Fig. 9

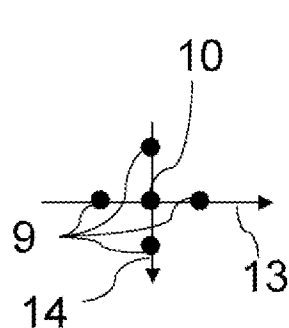


Fig. 10

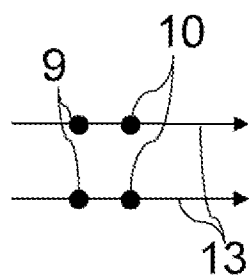


Fig. 11

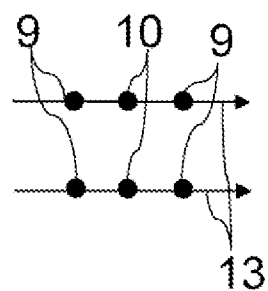


Fig. 12

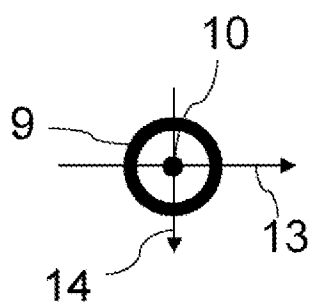


Fig. 13

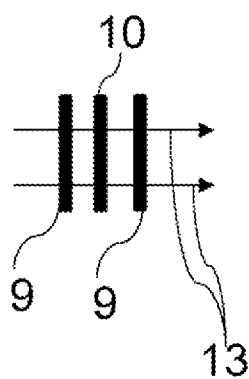


Fig. 14

