



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 019 110.3**(22) Anmeldetag: **28.09.2012**(43) Offenlegungstag: **03.04.2014**(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **11.05.2017**(51) Int Cl.: **G01B 11/24 (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).

(73) Patentinhaber:

Bundesrepublik Deutschland, endvertreten durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 38116 Braunschweig, DE

(74) Vertreter:

Gramm, Lins & Partner Patent- und Rechtsanwälte PartGmbB, 38122 Braunschweig, DE

(72) Erfinder:

**Wiegmann, Axel, Dr., 38176 Wendeburg, DE;
Ehret, Gerd, Dr., 39576 Stendal, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 601 32 551 T2

A. Nutsch et al.: Determination of Flatness on Patterned Wafer Surfaces Using Wavefront Sensing Methods, in: Proc. of SPIE, Vol. 7155 (2008), 71550Z-1 bis 71550Z-12

(54) Bezeichnung: **Topographiemessverfahren und Topographiemessvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Topographiemessverfahren zum Bestimmen einer Topographie (T) eines reflektierenden Prüflings (10), mit den Schritten:

(a) Bestrahlen des Prüflings (10) mit einer ersten sphärischen Welle, die von einer Punktquelle an einem ersten Lichtquellen-Ort ausgeht, so dass die erste sphärische Welle zumindest teilweise vom Prüfling (10) reflektiert wird,

(b) mittels eines Wellenfrontensensors (24) Erfassen einer Erstwellenfront-Normalen (N_1) der reflektierten ersten Welle für zumindest einen Auftreffpunkt (P_1) auf dem Wellenfrontensensor (24),

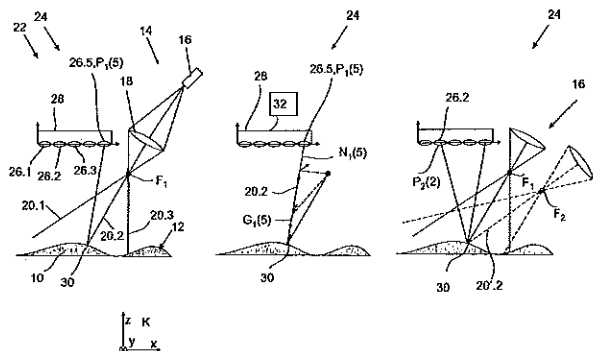
(c) Bestrahlen des Prüflings (10) mit einer zweiten sphärischen Welle, die von einer Punktquelle an einem vom ersten Lichtquellen-Ort verschiedenen, zweiten Lichtquellen-Ort ausgeht, so dass die zweite sphärische Welle zumindest teilweise vom Prüfling (10) reflektiert wird,

(d) mittels des Wellenfrontensensors (24) Erfassen einer Zweitwellenfront-Normalen der reflektierten zweiten Welle für zumindest einen zweiten Auftreffpunkt (P_2) auf dem Wellenfrontensensor (24), und

(e) Ermitteln eines Oberflächenpunkts (30), für den gilt:

– der Punkt liegt zumindest bis auf eine vorgegebene tolerierbare Abweichung auf einer ersten Geraden (G_1), die in Erstwellenfront-Normalenrichtung und durch den ersten Auftreffpunkt (P_1) verläuft und

– der Punkt liegt zumindest bis auf eine vorgegebene tolerierbare Abweichung auf einer zweiten Geraden (G_2), die in Zweitwellenfront-Normalenrichtung und durch den zweiten Auftreffpunkt (P_2) verläuft.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Topographiemessverfahren zum Bestimmen einer Topographie einer Oberfläche eines reflektierenden Prüflings. Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung eine Topographiemessvorrichtung.

[0002] Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf die Vermessung von Freiformflächen. Aus dem Stand der Technik sind interferometrische Verfahren bekannt, bei denen die zu vermessende Oberfläche mit Licht bestrahlt und das reflektierte Licht auf Interferenzerscheinungen untersucht wird. Nachteilig an interferometrischen Verfahren ist die schwierige Auswertung bei großen Abweichungen von planen oder sphärischen Flächen, da aufgrund der hohen Interferenzstreifendichte mit Sprüngen in der Topographie von mehreren Wellenlängen gerechnet werden muss.

[0003] Bekannt sind zudem Streifenprojektionsverfahren, bei denen ein Streifenmuster auf die Oberfläche projiziert wird. Das auf der Oberfläche aufgrund der Topographie entstehende Streifenmuster wird aufgezeichnet. Nachteilig an diesem Verfahren ist die relativ geringe Messgenauigkeit.

[0004] Aus dem Artikel „Determination of Flatness an Patterned Wafer Surfaces Using Wavefront Sensing Methods“ von Nutsch et al. in: Proc. of SPIE, Vol. 7155 (2008), 71550Z-1 bis 71550Z-12 ist bekannt, einen Shack-Hartmann-Sensor zum Vermessen von Oberflächeneigenschaften bei Wafern einzusetzen. Mit dem Verfahren werden Kennwerte für die Oberflächendeformation erhalten. Über einen Polynomansatz kann die Topographie charakterisiert werden. Nachteilig an diesem Verfahren ist, dass die Topographie der Oberfläche prinzipiell nicht erfasst werden kann. Die Charakterisierung der Oberfläche hängt zudem von der gewählten Funktion ab, mit der die Oberfläche parametrisiert beschrieben wird.

[0005] Aus der DE 601 32 551 T2 ist ein Verfahren zum Bestimmen der Abweichung der Topographie zweier Flächen eines transparenten Körpers von einer vorgegebenen Idealform bekannt. Dieses Verfahren ist nur für Messungen in Transmission, nicht aber für Messungen in Reflexionsanordnung geeignet.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Vermessung von Topographien von Prüflingen zu verbessern. Die Erfindung löst das Problem durch ein Topographiemessverfahren gemäß Anspruch 1. Gemäß einem zweiten Aspekt löst die Erfindung das Problem durch eine Topographiemessvorrichtung gemäß dem unabhängigen Sachanspruch.

[0007] Vorteilhaft an der Erfindung ist, dass eine hohe Messgenauigkeit erreichbar ist. Es ist ein wei-

terer Vorteil, dass stark von der Standardform, wie Sphären und/oder Ebenen, abweichende Topographien, die durch interferometrische Verfahren nicht vermessen werden können, einer Messung zugänglich sind.

[0008] Vorteilhaft ist zudem, dass nicht nur die Koordinaten eines Punktes auf der Oberfläche des Prüflings ermittelt werden können, sondern auch dessen Absolutposition in einem vorgebbaren Koordinatensystem.

[0009] Auch ist vorteilhaft, dass eine hohe laterale Auflösung erreichbar ist. Schließlich ist es günstig, dass die Topographiemessvorrichtung kompakt gebaut werden kann.

[0010] Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird unter einer sphärischen Welle insbesondere auch eine ebene Welle verstanden. Bei einer ebenen Welle ist der Krümmungsradius unendlich. Es ist selbstverständlich, dass eine ideale sphärische Welle, also im mathematischen Sinne sphärische Welle, physikalisch nicht realisierbar ist. Unter der sphärischen Welle wird damit jede Welle verstanden, die mit so hoher Genauigkeit als ideal sphärische Welle genähert werden kann, dass ein aus dieser Näherung resultierender Messfehler kleiner ist als der Fehler, der aus der – zu messenden – Position der Lichtquelle resultiert.

[0011] Die sphärische Welle ist insbesondere elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich. Es ist aber auch möglich, elektromagnetische Strahlung anderer Wellenlängen zu verwenden, solange die elektromagnetische Welle von der Oberfläche des Prüflings reflektiert wird.

[0012] Unter dem Merkmal, dass die elektromagnetische Welle von einer Punktquelle ausgeht, wird insbesondere verstanden, dass zumindest an einem Punkt des Strahlverlaufs der Welle ein Punkt existiert, in dem die Welle eine so geringe räumliche Ausdehnung hat, dass die Topographie durch das im Folgenden beschriebene Verfahren mit einer vorgegebenen Genauigkeit bestimmbar ist. Eine Punktquelle ist stets eine mathematische Idealisierung eines realen Objekts, so dass eine Punktquelle im streng mathematischen Sinne nicht existieren kann. Maßgeblich ist jedoch, dass die Lichtquelle so klein ist, dass die Tatsache, dass sie keine im streng mathematischen Sinne ideale Punktlichtquelle ist, zu keinem inakzeptabel großen Messfehler führt. Unter dem Erfassen der Wellenfront-Normalen, wird insbesondere das Erfassen derjenigen Normalen auf der Wellenfront verstanden, die die Wellenfront im Auftreffpunkt hat.

[0013] Unter dem Abstandskennwert wird insbesondere ein Wert verstanden, der einen Rückschluss auf

die Lage eines idealisiert angenommenen Oberflächenpunkts zulässt. Handelt es sich beispielsweise bei dem Prüfling um eine Kugel, so ist der Abstandskennwert das Paar aus dem Mittelpunkt der Kugel relativ zum Wellenfrontsensor und zum Radius des Prüflings. Aus diesen beiden Größen lässt sich mit hinreichender Genauigkeit abschätzen, ob ein Punkt, der durch die optische Messung als möglicherweise auf der auf der Oberfläche liegend identifiziert wurde, tatsächlich auf der Oberfläche liegen kann.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird als Wellenfrontsensor ein Shack-Hartmann-Sensor verwendet. Ein Shack-Hartmann-Sensor umfasst eine Mehrzahl an Mikrolinsen. Das Ermitteln der Wellenfront-Normalen kann mittels dieses Sensors für jede Mikrolinse des Sensors durchgeführt werden. Dabei wird das Erfassen von Normalen insbesondere für eine Vielzahl an Auftreffpunkten durchgeführt, die jeweils durch eine Mikrolinse gebildet sind. Alternativ kann beispielsweise auch ein Shearing-Interferometer als Wellenfrontsensor verwendet werden.

[0015] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass mit einem Wellenfrontsensor bei bekanntem Auftreffpunkt eine Gerade berechnet werden kann, auf der derjenige Punkt liegen muss, von dem die Lichtwelle reflektiert wurde. Um festzustellen, um welchen Punkt auf der Geraden es sich handelt, wird zumindest eine zweite Welle von einem zweiten Lichtquellen-Ort ausgesandt. Die reflektierte Welle trifft mit hoher Wahrscheinlichkeit einen vom ersten Auftreffpunkt verschiedenen zweiten Auftreffpunkt. Aus diesem zweiten Auftreffpunkt und der Zweitwellen-Normalen lässt sich wiederum eine Gerade rekonstruieren, auf der dieser Reflektionspunkt gelegen haben muss. Dort wo beide Geraden sich schneiden, ist dieser Reflektionspunkt. Aufgrund des in diesem Punkt geltenden Reflektionsgesetzes ist die Neigung der Oberfläche in diesem Punkt für beide Strahlen gleich. Das Kriterium, dass der Punkt auf der zweiten Geraden liegt, ist daher äquivalent zu dem Merkmal, dass die mit Hilfe der zweiten Welle ermittelte Neigung der Oberfläche zumindest im Rahmen einer vorgegebenen Sicherheit mit der Neigung der Oberfläche übereinstimmt, die sich aus der Messung mit der ersten Welle ergibt.

[0016] Es ist grundsätzlich denkbar, dass der zweite Auftreffpunkt mit dem ersten Auftreffpunkt identisch ist. In der Regel wird jedoch der zweite Auftreffpunkt ein anderer sein als der erste Auftreffpunkt.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die Oberflächen-Normale insbesondere aus dem ersten Lichtquellen-Ort und dem ersten Auftreffpunkt und/oder dem zweiten Lichtquellen-Ort und dem zweiten Auftreffpunkt berechnet. Es ist auch möglich, die Oberflächen-Normale auf beide Weisen zu berechnen und dann einen Mittelwert zu bilden.

[0018] Vorzugsweise erfolgt das Bestrahlen des Prüflings mit einem Lichtfeld, das einen Fokus hat, so dass der erste Lichtquellen-Ort der Fokus ist. Vorzugsweise erfolgt das Bestrahlen des Prüflings mit der zweiten sphärischen Welle ebenfalls so, dass der Lichtquellen-Ort der Fokus eines Lichtfelds ist. Es ist dabei unbeachtlich, wo genau der Fokus liegt. So ist es möglich, dass der Fokus im Prüfling, auf der Oberfläche des Prüflings oder außerhalb des Prüflings liegt.

[0019] Zum Bestrahlen mit der sphärischen Welle kann Laserlicht verwendet werden, das ist aber nicht notwendig. Es ist insbesondere auch möglich, eine nicht kohärente Lichtquelle zu verwenden. Es kann sich bei der Lichtquelle um eine monochromatische oder um eine mehrfarbige Lichtquelle handeln, insbesondere auch um eine Weißlichtquelle.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Ermitteln des Oberflächenpunkts die folgenden Schritte: (i) Berechnen eines Schnittpunkts von erster und zweiter Geraden, (ii) Ermitteln einer ersten Oberflächen-Normale einer Topographie der Oberfläche aus dem Schnittpunkt und dem ersten Lichtquellen-Ort und/oder dem ersten Auftreffpunkt, (iii) Ermitteln einer zweiten Oberflächen-Normalen aus dem Schnittpunkt und dem zweiten Lichtquellen-Ort und/oder dem zweiten Auftreffpunkt, (iv) Ermitteln einer Abweichung zwischen erster Oberflächennormalen und zweiter Oberflächennormalen und (v) wenn die Abweichung einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet, Ausgeben des Schnittpunkts und der Oberflächennormalen oder eines aus den Oberflächennormalen berechneten Oberflächennormalenwerts als Datenpunkt der Topographie. Sofern die Abweichung den vorgegebenen Schwellenwert überschreitet, wird das Verfahren weitergeführt, ohne dass der Datenpunkt als zur Topographiemessverfahren gehörig gespeichert wird. Das genannte Verfahren wird insbesondere für jeden Auftreffpunkt durchgeführt. Wird ein Shack-Hartmann-Sensor verwendet, so wird das Verfahren beispielsweise zunächst für die erste Mikrolinse dadurch durchgeführt, dass zunächst die Bestrahlung des Prüflings mit der ersten und der zweiten sphärischen Welle erfolgt. Für jede Mikrolinse ergibt sich jeweils eine Erstwellenfront-Normale und eine Zweitwellenfront-Normale, so dass für jede Mikrolinse zwei Geraden berechnet werden können, jeweils eine für jede der sphärischen Wellen. Es werden dann alle ersten Geraden mit allen zweiten Geraden auf Schnittpunkte untereinander mit identischen Oberflächennormalen untersucht. Die jeweiligen Schnittpunkte sind Punkte der Oberflächen-topographie.

[0021] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt

[0022] Fig. 1 mit den Teilbildern 1a, 1b und 1c schematisch den Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0023] Fig. 2 zeigt ein weiteres Bild zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0024] Fig. 1 zeigt im Teilbild 1a schematisch einen Prüfling 10, dessen Oberfläche 12 durch eine Topographie T beschrieben werden kann. Die Topographie T: $(x, y) \mapsto z$ ist diejenige Funktion, die einem Punkt (x, y) in einem vorgegebenen Koordinatensystem K seine Höhe z zuordnet, die zur Oberfläche 12 gehört.

[0025] Teilfigur 1a zeigt schematisch eine Lichtwellenerzeugungsvorrichtung 14, die eine Lichtquelle 16 und eine Sammellinse 18 umfasst. Die Sammellinse 18 fokussiert das Licht der Lichtquelle 16 auf einen Fokus F_1 , von dem aus sphärische Wellen ausgehen. In Teilfigur 1a sind Lichtstrahlen 20.1, 20.2, 20.3 eingezeichnet, die Normale auf den nicht eingezeichneten Wellenfronten darstellen. Der Fokus F_1 stellt einen ersten Lichtwellen-Ort dar.

[0026] Die Lichtwellenerzeugungsvorrichtung 14 ist Teil einer Topographiemessvorrichtung 22, die zusätzlich einen Wellenfrontsensor 24 in Form eines Shack-Hartmann-Sensors umfasst. Der Wellenfrontsensor 24 besitzt eine Mehrzahl an Mikrolinsen 26.1, 26.2, ..., die Licht auf einen Bildsensor 28, im vorliegenden Fall in Form eines CCD-Chips fokussieren.

[0027] Vor der Messung wird mit dem Wellenfrontsensor 24 orts aufgelöst der Normalenvektor der Beleuchtungswellenfront bestimmt. Jedem Punkt im Messvolumen wird damit ein Normalenvektor zugeordnet, mittels dem bei Kenntnis des Auftreffpunktes mit besonders hoher Genauigkeit der Normalenvektor der Oberfläche berechnet werden kann. Für Messungen mit einer geringeren Anforderung an die Genauigkeit ist dieser Schritt entbehrlich.

[0028] Ein Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird dadurch durchgeführt, dass die Oberfläche 12 mit dem von der Punktquelle in Form des Fokus F_1 ausgehenden Licht bestrahlt wird, so dass zumindest ein Lichtstrahl, im vorliegenden Fall der Lichtstrahl 20.2, in einem Oberflächenpunkt 30 reflektiert wird und in einem Auftreffpunkt auf den Wellenfrontsensor 24 auftrifft, im vorliegenden Fall auf die Mikrolinse 26.5. Bei gleichmäßiger Bestrahlung, der Oberfläche 12 und korrekter Anordnung der Lichtquelle 16 relativ zum Frontsensor 24 fällt auf jede der Mikrolinsen 26 (Bezugszeichen ohne Zählsuffix bezeichnen das Objekt als solches) ein reflektierter Lichtstrahl.

[0029] Teilfigur 1b zeigt den Lichtstrahl 20.2, der im Auftreffpunkt $P_1(5)$, der auf der Mikrolinse 26.5 liegt, auftrifft, und dann auf den Bildsensor 28 gelangt. Der

Index bei der Bezeichnung des Auftreffpunkts gibt an, dass er sich auf die erste sphärische Welle bezieht, das Argument gibt die Lage des Auftreffpunkts an, im vorliegenden Fall die fünfte Mikrolinse 26.5.

[0030] Der Wellenfrontsensor 24 errechnet, beispielsweise mittels einer eingezeichneten Auswertereinheit 32, die mit dem CCD-Chip 28 verbunden ist, eine erste Wellenfront-Normale $N_1(5)$. Die Erstwellenfront-Normale $N_1(5)$ ist ein normierter dreidimensionaler Vektor, der senkrecht auf der Wellenfront steht, die im Auftreffpunkt $P_1(5)$ einläuft. Aus der Erstwellenfront-Normalen $N_1(5)$ wird eine erste Gerade $G_1(5)$ berechnet, auf der der Oberflächenpunkt 30 liegen muss. Es existieren unendlich viele Punkte, für die diese Bedingung gilt. Es wird daher beispielsweise der im Folgenden beschriebene Schritt durchgeführt.

[0031] Teilfigur 1c zeigt einen weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem der Prüfling 10 mit einer zweiten sphärischen Welle bestrahlt wird, die von einem zweiten Lichtquellen-Ort in Form eines zweiten Fokus F_2 ausgeht.

[0032] Die vom zweiten Lichtquellen-Ort ausgehenden Lichtstrahlen sind gestrichelt eingezeichnet und mit einem Apostroph in der Bezeichnung versehen. Es ist zu erkennen, dass der Lichtstrahl 20'.2 im Oberflächenpunkt 30 reflektiert wird.

[0033] Der reflektierte Lichtstrahl 20'.2 trifft in einem Auftreffpunkt $P_2(2)$ auf den Wellenfrontsensor 24, im vorliegenden Fall auf die Mikrolinse 26.2. Das Beleuchten vom zweiten Lichtquellen-Ort F_2 aus kann mit der gleichen Lichtquelle 16 erfolgen, die lediglich mittels einer nicht eingezeichneten Positioniervorrichtung an einer anderen Stelle positioniert wurde.

[0034] Fig. 2 zeigt die resultierende Situation, wobei lediglich diejenigen Lichtstrahlen eingezeichnet sind, die im Oberflächenpunkt 30 reflektiert wurden. Es ist zu erkennen, dass sich die Geraden $G_1(5)$ und $G_2(2)$ im Oberflächenpunkt 30 schneiden. Aus den Positionen der Foki F_1 und F_2 einerseits und den Auftreffpunkten $P_1(5)$ und $P_2(2)$ andererseits lässt sich zudem eine Oberflächennormale $N(x_0, y_0)$ für den Oberflächenpunkt 30 mit den Koordinaten x_0, y_0 berechnen.

[0035] Dass für den Auftreffpunkt $P_1(5)$ und damit die Mikrolinse 26.5 beschriebene Verfahren wird für alle Auftreffpunkte $P(n)$ ($n = 1, 2, \dots, N$), im vorliegenden Fall für alle Mikrolinsen 26.n durchgeführt. Dazu werden für alle Mikrolinsen 26.n die zugehörigen Geraden $G_1(n)$ berechnet, die durch Reflektion der jeweiligen Lichtstrahlen vom Fokus F_1 entstehen. Es werden zudem sämtliche Geraden $G_2(n)$ berechnet, die zu Lichtstrahlen gehören, die vom Fokuspunkt F_2

ausgehen und an der Oberfläche **12** reflektiert wurden. Durch Berechnen sämtlicher möglicher Schnittpunkte wird eine große Zahl an Oberflächenpunkten ermittelt, aus denen die Topographie T der Oberfläche **12** rekonstruiert wird. Nicht alle so berechneten Schnittpunkte gehören zur gesuchten Topographie T der Oberfläche **12**. Um eine eindeutige Topographie zu rekonstruieren, werden anschließend die Oberflächennormalenvektoren in den Schnittpunkten verglichen.

[0036] Wenn oben von dem Berechnen eines Schnittpunkts gesprochen wird, ist dies wegen der diskreten Auftreffpunkte und auftretender Messfehler nur im idealisierten Fall streng mathematisch richtig. Wenn von dem Berechnen eines Schnittpunkts gesprochen wird, so ist daher darunter zu verstehen, dass der kleinstmögliche Abstand zweier Geraden bestimmt wird. Ist dieser Abstand kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert s , wobei beispielsweise $s = 1$ Mikrometer gilt, so wird davon ausgegangen, dass die Geraden sich in dem Punkt minimalen Abstands schneiden.

[0037] Äquivalent zum oben beschriebenen Vorgehen ist, für jeden möglichen Punkt auf der Gerade $G_1(5)$ diejenige Normale N zu bestimmen, die die Oberfläche **12** hätte, wenn sich der Oberflächenpunkt **30** an diesem Punkt befinden würde. Zudem wird die gleiche Rechnung für alle Punkte auf allen anderen Geraden G_2 durchgeführt, die zu Lichtstrahlen gehören, die von der zweiten Lichtquelle, im vorliegenden Fall am zweiten Lichtquellen-Ort F_2 ausgehen. Um den Punkte **30** zu berechnen, wird dann der Winkel zwischen jeweils zwei derartigen Normalen berechnet. Ist der Winkel zwischen beiden kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert, beispielsweise $\alpha = 1^\circ$, so wird davon ausgegangen, dass die beiden Geraden sich in dem entsprechenden Punkt schneiden.

Bezugszeichenliste

10	Prüfling
12	Oberfläche
14	Lichtwellenerzeugungsvorrichtung
16	Lichtquelle
18	Sammellinse
20	Lichtstrahl
22	Topographiemessvorrichtung
24	Wellenfrontsensor
26	Mikrolinse
28	Bildsensor
30	Oberflächenpunkt
32	Auswerteeinheit
T	Topographie
K	Koordinatensystem

F	Fokus
P	Auftreffpunkt
N1	Erstwellenfront-Normale
G	Gerade

Patentansprüche

1. Topographiemessverfahren zum Bestimmen einer Topographie (T) eines reflektierenden Prüflings (**10**), mit den Schritten:

(a) Bestrahlen des Prüflings (**10**) mit einer ersten sphärischen Welle, die von einer Punktquelle an einem ersten Lichtquellen-Ort ausgeht, so dass die erste sphärische Welle zumindest teilweise vom Prüfling (**10**) reflektiert wird,

(b) mittels eines Wellenfrontsensors (**24**) Erfassen einer Erstwellenfront-Normalen (N1) der reflektierten ersten Welle für zumindest einen Auftreffpunkt (P_1) auf dem Wellenfrontsensor (**24**),

(c) Bestrahlen des Prüflings (**10**) mit einer zweiten sphärischen Welle, die von einer Punktquelle an einem vom ersten Lichtquellen-Ort verschiedenen, zweiten Lichtquellen-Ort ausgeht, so dass die zweite sphärische Welle zumindest teilweise vom Prüfling (**10**) reflektiert wird,

(d) mittels des Wellenfrontsensors (**24**) Erfassen einer Zweitwellenfront-Normalen der reflektierten zweiten Welle für zumindest einen zweiten Auftreffpunkt (P_2) auf dem Wellenfrontsensor (**24**), und

(e) Ermitteln eines Oberflächenpunkts (**30**), für den gilt:

- der Punkt liegt zumindest bis auf eine vorgegebene tolerierbare Abweichung auf einer ersten Geraden (G_1), die in Erstwellenfront-Normalenrichtung und durch den ersten Auftreffpunkt (P_1) verläuft und
- der Punkt liegt zumindest bis auf eine vorgegebene tolerierbare Abweichung auf einer zweiten Geraden (G_2), die in Zweitwellenfront-Normalenrichtung und durch den zweiten Auftreffpunkt (P_2) verläuft.

2. Topographiemessverfahren nach Anspruch 1 gekennzeichnet durch den Schritt: Ermitteln einer Oberflächennormalen der Oberfläche (**12**) des Prüflings (**10**) im Oberflächenpunkt (**30**), insbesondere aus dem ersten Lichtquellen-Ort und dem ersten Auftreffpunkt (P_1).

3. Topographiemessverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bestrahlen des Prüflings (**10**) mit einem Lichtfeld erfolgt, das einen Fokus (F) hat, so dass der erste Lichtquellen-Ort der Fokus (F) ist.

4. Topographiemessverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenfrontsensor (**24**) ein Shack-Hartmann-Sensor ist, der eine Mehrzahl an Mikrolinsen (**26**) umfasst.

5. Topographiemessverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ermitteln des Oberflächenpunkts (30) die folgenden Schritte umfasst:

- (i) Berechnen eines Schnittpunkts von erster und zweiter Gerader (G_1 , G_2),
- (ii) Ermitteln einer ersten Oberflächennormalen einer Topographie (T) der Oberfläche (12) aus dem Schnittpunkt und dem ersten Lichtquellen-Ort und/oder dem ersten Auftreffpunkt (P_1),
- (iii) Ermitteln einer zweiten Oberflächennormalen der Topographie (T) aus dem Schnittpunkt und dem zweiten Lichtquellen-Ort und/oder dem zweiten Auftreffpunkt (P_2),
- (iv) Ermitteln einer Abweichung zwischen erster Oberflächennormalen und zweiter Oberflächennormalen und
- (v) wenn die Abweichung einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet, Ausgeben des Schnittpunkts und der Oberflächennormalen oder eines aus den Oberflächennormalen berechneten Oberflächennormalenwerts als Datenpunkt der Topographie (T).

6. Topographiemessverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es für eine Vielzahl an Auftreffpunkten (P) auf dem Wellenfrontsensor (24) durchgeführt wird und aus den ermittelten Oberflächenpunkten (30) und/oder den ermittelten Oberflächennormalen eine Topographie (T) der Oberfläche (12) ermittelt wird.

7. Topographiemessvorrichtung zum Bestimmen einer Topographie (T) einer Oberfläche (12) eines reflektierenden Prüflings (10), mit:

- (a) einer Lichtwellenerzeugungsvorrichtung (14), die ausgebildet ist zum Bestrahlen des Prüflings (10) mit
 - einer ersten sphärischen Welle, die von einer Punktquelle an einem ersten Lichtquellen-Ort ausgeht, und
 - mit einer zweiten sphärischen Welle, die von einer Punktquelle an einem vom ersten Lichtquellen-Ort verschiedenen, zweiten Lichtquellen-Ort ausgeht, so dass die zweite sphärische Welle zumindest teilweise vom Prüfling (10) reflektiert wird,
- (b) einem Wellenfrontsensor (24) zum Erfassen einer Erstwellenfront-Normalen (N_1) der reflektierten ersten Welle für zumindest einen Auftreffpunkt (P) auf dem Wellenfrontsensor (24),
- (c) einem Wellenfrontsensor (24) zum Erfassen einer Zweitwellenfront-Normalen der reflektierten zweiten Welle für zumindest einen zweiten, vom ersten Auftreffpunkt (P_1) verschiedenen Auftreffpunkt auf dem Wellenfrontsensor (24),
- (d) einer Auswerteeinheit (32), die eingerichtet ist zum automatischen Ermitteln eines Oberflächenpunkts (30), für den gilt:
 - der Punkt liegt auf einer Geraden (G), die in Erstwellenfront-Normalenrichtung und durch den ersten Auftreffpunkt (P_1) verläuft,

– der Punkt liegt auf einer Geraden (G), die in Zweitwellenfront-Normalenrichtung und durch den zweiten Auftreffpunkt (P_2) verläuft.

8. Topographiemessvorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinheit (32) eingerichtet ist zum automatischen Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

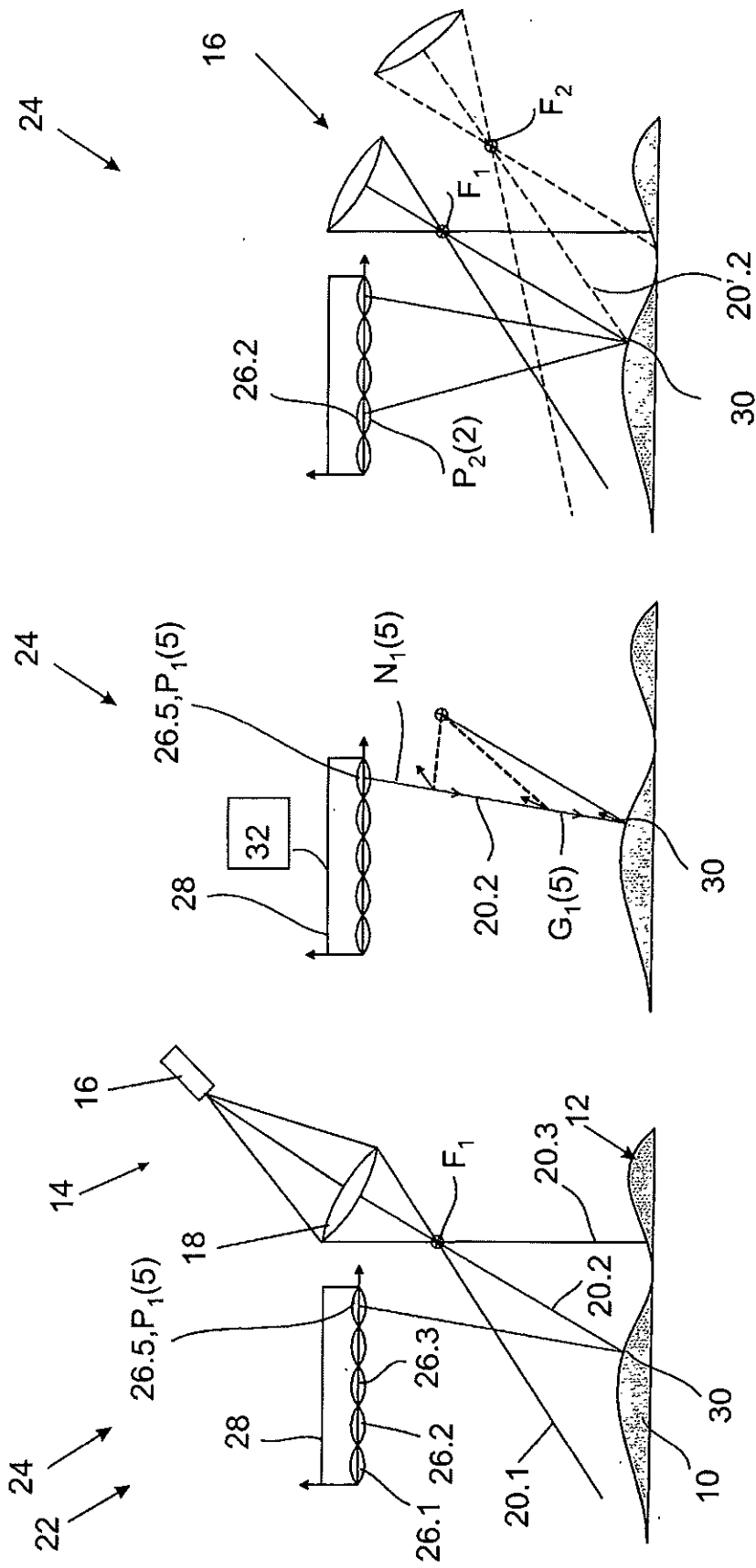


Fig. 1c

Fig. 1b

Fig. 1a

Fig. 1

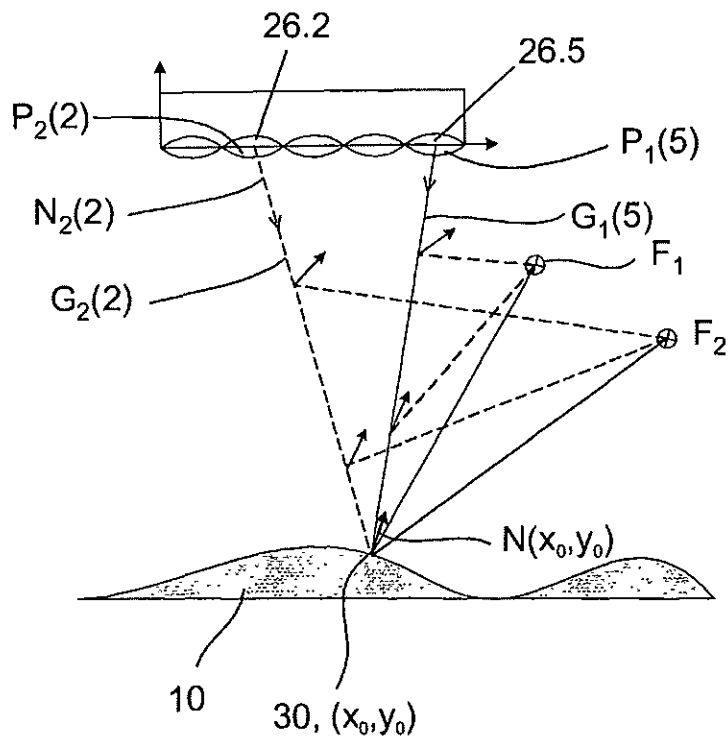


Fig. 2