



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 51 332 B4 2007.12.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 51 332.1**
 (22) Anmeldetag: **22.10.2001**
 (43) Offenlegungstag: **05.06.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 11/30 (2006.01)**
G01N 21/55 (2006.01)
G01M 11/08 (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
JENOPTIK Surface Inspection GmbH, 81379 München, DE

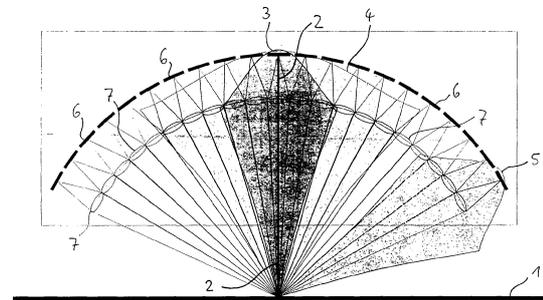
(74) Vertreter:
Szynka, D., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 81479 München

(72) Erfinder:
Schmalfuß, Harald, Dr., 82538 Geretsried, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 30 37 622 C2
DE 43 24 800 A1
DE 38 05 785 A1
DD 2 51 611 A1
US 52 43 406 A
US 45 83 861 A
Patent Abstracts of Japan (1986) JPO & Jaipo: JP 61-029 744 A;

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur optischen Messung von Oberflächeneigenschaften**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur optischen Messung von Oberflächeneigenschaften eines Messobjekts (1) mit einer Beleuchtungseinrichtung zur Beleuchtung des Messobjekts (1) mit einem Lichtfleck, einer Vielzahl optischer Sensoren (6), die so angeordnet sind, dass sie von der Beleuchtungseinrichtung eingestrahktes (2) und von der Oberfläche des Messobjektes reflektiertes Licht (3, 4, 5) erfassen können und einer Auswerteeinrichtung (8–13) zum Auswerten von Signalen der Sensoren (6) zur Bestimmung der Oberflächeneigenschaften des Messobjekts (1), wobei zwischen dem durch die Beleuchtungseinrichtung auf der Oberfläche des Messobjekts (1) erzeugten Lichtfleck und der Oberfläche eine Relativbewegung erzeugt werden kann, so dass sich der Lichtfleck auf der Oberfläche entlang einer Bahn bewegt, und wobei die Auswerteeinrichtung (8–13) dazu ausgelegt ist, aus den entlang der Bahn auftretenden Reflexionswinkeln per Integration einen Profilverlauf der Oberfläche entlang der Bahn zu berechnen, und einen Reflexionswinkelschwerpunkt zu berechnen, wenn infolge einer Aufweitung bei der Reflexion eine Mehrzahl Sensoren (6) reflektiertes...



Beschreibung

Kurzschlüssen durch fehlerhafte Form.

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur optischen Messung von Oberflächeneigenschaften.

[0002] Darunter wird eine Vorrichtung verstanden, die eine Beleuchtungseinrichtung aufweist, mit der auf der Oberfläche eines Messobjekts ein Lichtfleck erzeugt werden kann. Das von der Oberfläche reflektierte Licht wird erfasst und ausgewertet. Dazu ist eine große Zahl optischer Sensoren vorgesehen, die in geeigneter Weise angeordnet sind. Sie sollten dabei einen bestimmten nicht zu kleinen Bereich von Reflexionswinkeln abdecken, also unter diesen Reflexionswinkeln reflektiertes Licht erfassen können. Ferner ist eine Auswerteeinrichtung vorgesehen, die Signale auswerten kann, die von den Sensoren erzeugt werden, um die gewünschten Oberflächeneigenschaften des Messobjekts zu bestimmen.

[0003] Eine bekannte Vorrichtung dieser Art ist beschrieben in der DE 38 05 785 A1, die eine Messvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zeigt. Dieses Dokument schlägt vor, zur Ermittlung von Oberflächenprofilen von Materialoberflächen durch eine auf der Oberfläche zentrierte kreisbogenförmige Anordnung von Lichtsensoren und Einstrahlung eines Lichtflecks auf den Kreisbogenmittelpunkt auf der Oberfläche mittels eines Lasers die Reflexionswinkel bei der Reflexion des Laserlichts auf der Oberfläche auszuwerten. Aus den Reflexionswinkeln sollen die Oberflächenprofile per Integration ermittelt werden. Dabei werden die Reflexionswinkel durch eine Reihenschaltung der Sensoren und Auswertung der aus den Enden der Reihenschaltung abgeleiteten Signale bestimmt, wodurch sich eine Schwerpunktbildung bei der Reflexionswinkelbestimmung ergibt.

[0004] Die US 4,583,861 A zeigt die Charakterisierung der Haftungseigenschaften von Aluminiumfilmen auf Halbleiter-Wafern durch Vergleich von Reflexionsintensitäts-Verteilungsdiagrammen. Die erfasste Oberflächenrauigkeit soll mit einer interessierenden Verschlechterung von Haftungseigenschaften korrelieren (Spalte 1, Zeilen 24, 25).

[0005] Die DD 251 611 A1 richtet sich ebenfalls auf Oberflächenrauigkeitsmessungen, und zwar mit Hilfe von statistischen Momenten sehr fein behandelte Oberflächen unter Verwendung eines mathematisch-statistischen Ansatzes.

[0006] Die DE 30 37 622 C2 bezieht sich auf die Messung einer Oberflächenrauigkeit mit Streukennzahlen als Maß für die Oberflächenqualität.

[0007] Die US 5,243,406 A bezieht sich auf die 3D-Geometrierekonstruktion von Bond-Drähtchen auf Halbleiterbauelementen zur Vermeidung von

[0008] Die DE 43 24 800 A1 behandelt die optische Messung hochwertiger Oberflächen, insbesondere optischer Linsen, unter Verwendung der Fouriertheorie und Bestimmung zugehöriger Formfaktoren.

[0009] Die JP 61-029744 A behandelt laut Patent Abstract of Japan eine optische Oberflächenanalyse zur Defekterkennung durch Erfassung nicht-vertikal reflektierten Lichts.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem zu Grunde, eine gegenüber dem gattungsbildenden Stand der Technik verbesserte Vorrichtung zur Messung von Oberflächeneigenschaften anzugeben.

[0011] Erfindungsgemäß ist hierzu eine Vorrichtung vorgesehen zur optischen Messung von Oberflächeneigenschaften eines Messobjekts mit einer Beleuchtungseinrichtung zur Beleuchtung des Messobjekts mit einem Lichtfleck, einer Vielzahl optischer Sensoren, die so angeordnet sind, dass sie von der Beleuchtungseinrichtung eingestrahlt und von der Oberfläche des Messobjektes reflektiertes Licht erfassen können und einer Auswerteeinrichtung zum Auswerten von Signalen der Sensoren zur Bestimmung der Oberflächeneigenschaften des Messobjekts, wobei zwischen dem durch die Beleuchtungseinrichtung auf der Oberfläche des Messobjekts erzeugten Lichtfleck und der Oberfläche eine Relativbewegung erzeugt werden kann, so dass sich der Lichtfleck auf der Oberfläche entlang einer Bahn bewegt, und wobei die Auswerteeinrichtung dazu ausgelegt ist, aus den entlang der Bahn auftretenden Reflexionswinkeln per Integration einen Profilverlauf der Oberfläche entlang der Bahn zu berechnen, und einen Reflexionswinkelschwerpunkt zu berechnen, wenn infolge einer Aufweitung bei der Reflexion eine Mehrzahl Sensoren reflektiertes Licht erfassen, dadurch gekennzeichnet, dass der Auswerteeinrichtung die Signale einer Vielzahl von Gruppen jeweils benachbarter Sensoren gruppenweise getrennt zugeführt werden.

[0012] Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0013] Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, dass sich bei der in dem zitierten Stand der Technik vorgeschlagenen Reihenverschaltung der Sensoren eine nachteilig geringe Flexibilität bei der Auswertung der Signale ergibt. Zwar hat die in dem Stand der Technik vorgeschlagene Lösung den großen Vorteil, dass nur die an den Enden der Reihenverschaltung auftretenden beiden Signale berücksichtigt werden müssen, aus denen sich zudem durch Quotientenbildung aus Differenz und Summe in einfacher Weise direkt ein für den gesuchten Schwerpunkt

stehendes einzelnes Signal ermitteln lässt. Jedoch ist diese Lösung auf eine lineare Schwerpunktbildung beschränkt. Die Kopplung zwischen den Sensoren lässt sich nämlich nicht frei wählen, so dass sich verschiedene vorteilhafte Anwendungsmöglichkeiten mit der konventionellen Vorrichtung nicht durchführen lassen.

[0014] Im Gegensatz dazu ist erfindungsgemäß vorgesehen, mit einer Vielzahl von Signalen aus der Sensoranordnung zu arbeiten, wobei die jeweils zu einem gemeinsamen Signal zusammengefassten Sensoren hier als Gruppe bezeichnet werden. Vorzugsweise besteht bei der Erfindung jede Gruppe aus genau einem Sensor, wird also jedes einzelne Sensorsignal berücksichtigt. Die Erfindung kann jedoch auch ausgeführt werden, wenn aus einer nicht zu großen Gruppe benachbarter Sensoren gemeinsam ein Signal gebildet wird, so dass letztlich dennoch eine die räumliche Auflösung der Gesamtanordnung widerspiegelnde Vielzahl von Sensorsignalen zur Verfügung steht.

[0015] Damit ist eine erheblich erhöhte Flexibilität gegeben, weil die Kopplung zwischen den Sensoren bzw. zwischen den Gruppen frei wählbar ist. Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig, wobei die Erfindung nicht auf einzelne dieser vorteilhaften Anwendungen eingeschränkt ist. Beispielsweise können die Signale aus den jeweiligen Sensoren bzw. Gruppen vor der weiteren Verarbeitung einzeln logarithmiert werden, wodurch sich eine erheblich vergrößerte Dynamik ergibt. Ferner können die Beiträge verschiedener Sensoren unterschiedlich gewichtet werden und damit geometrische Eigenschaften der Anordnung oder Empfindlichkeitsunterschiede und Ähnliches kompensiert werden. Auch lässt sich eine Hintergrundkorrektur durchführen, indem die Signale der Gruppen ohne Betrieb der Beleuchtungseinrichtung gemessen und als Hintergrundmuster festgelegt werden. Bei der eigentlichen Messung kann dann dieses Signalmuster von den tatsächlichen Signalen subtrahiert werden. Schließlich kann die Schwerpunktermittlung auch anders als linear durchgeführt werden, beispielsweise mit quadratischer Gewichtung. Diese und im weiteren Verlauf der Beschreibung beschriebene Möglichkeiten müssen nicht zwangsläufig parallel gegeben sein, um die Erfindung zu erfüllen. Der Vorteil der Erfindung liegt vielmehr in der grundsätzlichen Flexibilität der gruppenweise vorzunehmenden Signalauswertung.

[0016] Die zu messenden Oberflächeneigenschaften beinhalten zumindest das Oberflächenprofil und optional Kenngrößen für eine Oberflächenrauheit. Bei der erfindungsgemäßen Vermessung der Oberfläche erfolgt zwischen dem Lichtfleck und der Oberfläche während der Messung eine Relativbewegung, werden also die Eigenschaften der Oberfläche entlang einer Bahn vermessen. Dabei wird aus den ent-

lang der Bahn auftretenden Reflexionswinkeln über eine Integration bzw. Summation auf den Profilverlauf der Oberfläche entlang der Bahn zurückgeschlossen, wie dies bereits in dem zuerst zitierten Stand der Technik dargestellt ist. Neben der bereits in dem Stand der Technik geschilderten Möglichkeit, das Messobjekt während der Messung zu bewegen und die Vorrichtung stationär zu halten, kann natürlich auch die Vorrichtung bewegt werden. Bevorzugt ist jedoch vor allem eine Messung mit einer stationären Vorrichtung an einem sich bewegenden Messobjekt.

[0017] Alternativ oder zusätzlich ergibt sich auch die Möglichkeit, die Beleuchtungseinrichtung so auszulegen, dass der Lichtfleck mit Hilfe der Beleuchtungseinrichtung über die Oberfläche bewegt werden kann. Hierzu kommt beispielsweise ein Polygonspiegelscanner in Betracht. Diese Lichtfleckbewegung lässt sich anstelle einer Bewegung der Vorrichtung oder der Messobjektoberfläche einsetzen, dieser jedoch auch überlagern. Insbesondere können damit zeilenweise quasi zweidimensionale Oberflächenbereiche abgerastert werden.

[0018] Bei dem Messobjekt handelt es sich vorzugsweise, jedoch nicht notwendigerweise, um eine im Wesentlichen flache Materialbahn. Die Beleuchtungseinrichtung weist zweckmäßigerweise, jedoch nicht notwendigerweise, eine Halbleiterlaserdioden auf. Die Sensoren sind vorzugsweise in einer Ebene angeordnet, die die zu vermessende Oberfläche im Bereich des Lichtflecks schneidet. Es können auch weitere Sensoren in gegebenenfalls weiteren Ebenen vorgesehen sein. Innerhalb der Ebene sollten die Sensoren vorzugsweise relativ dicht angeordnet sein, um eine lückenlose Erfassung des reflektierten Lichts über den gewünschten Erfassungswinkelbereich sicherzustellen. Dabei kann die Auflösung und Dichtheit der Anordnung abgestimmt sein auf die zu erwartende Streuwinkelbreite des reflektierten Lichts.

[0019] Dabei richtet sich die Erfindung besonders auf Produktionsüberwachungen in Fertigungsstraßen und Produktionslinien, in denen das Messobjekt, im Allgemeinen im Wesentlichen flache Materialbahnen, ohnehin transportiert wird. Diese Bewegung kann dann für die Profilverlaufsmessung ausgenutzt werden. Dabei werden Verarbeitungsschritte hier natürlich mit dem Begriff „Produktion“ miterfasst. Eine Walzstrasse oder eine Beschichtungsstrasse ist also ebenfalls eine Produktionslinie.

[0020] Insgesamt sollten vorzugsweise zumindest einundzwanzig Sensoren vorgesehen sein, die in zumindest sieben Gruppen aufgeteilt sind.

[0021] Die Beleuchtungseinrichtung, also beispielsweise die Laserdioden, kann so ausgerichtet sein, dass die Oberfläche des Messobjekts schräg be-

leuchtet wird. Dadurch liegt das reflektierte Licht bei Spiegelreflexion auf einer planen Oberfläche ebenfalls gegenüber der Oberflächennormalen und auch gegenüber der Beleuchtungsrichtung verkippt. Die Anordnung der Sensoren, die in der Regel um die Richtung eines solchen Spiegelreflexes herum vorgesehen ist, kollidiert dann weniger mit der Beleuchtungseinrichtung, muss also nicht durch diese unterbrochen sein.

[0022] Zwischen den Sensoren und der zu vermessenden Oberfläche können Linsensysteme vorgesehen sein, um das reflektierte Licht auf die Sensoren zu bündeln bzw. seine Divergenz zu verringern. Dabei sind sowohl große Einzellinsen als auch Anordnungen mit einer Vielzahl Linsen denkbar. Einzelne Linsen können insbesondere torisch sein und sich, gegenüber der Oberfläche des Messobjekts konkav, über die Oberfläche wölben.

[0023] Ein besonderer Vorteil der Erfindung liegt darin, dass nunmehr eine Aussage über die Streuwinkelbreite des reflektierten Lichts möglich ist. Aus dieser Streuwinkelbreite kann beispielsweise auch auf durch die bereits erwähnte Profilberechnung nicht mehr zu erfassende Mikrorauigkeiten zurückgeschlossen werden. Dabei kann die Streuwinkelbreite des reflektierten Lichts ortsabhängig oder im Rahmen von örtlichen Mittelwertbildungen verwendet werden.

[0024] Eine Mittelwertbildung der Werte zur Streuwinkelbreite des reflektierten Lichts kann insbesondere auch eingesetzt werden, um am Rande des durch die Anordnung der Sensoren vorgegebenen Erfassungswinkelbereichs eine Extrapolation durchführen zu können. Wenn nämlich ein Teil einer etwas verbreiterten „Reflexionslichtkeule“ über den Rand des durch die Sensoren vorgegebenen Erfassungswinkelbereichs hinausgerät, so würde die im Stand der Technik verwendete Schwerpunktbildung falsche Aussagen zum Schwerpunkt dieser Reflexionslichtkeule nach sich ziehen. Dies liegt einfach daran, dass ein Teil der Reflexionslichtkeule nicht in die Berechnung einbezogen werden würde. Wenn nun erfindungsgemäß eine Aussage über eine im zeitlichen Mittel auftretende Aufweitung dieser Reflexionslichtkeule vorliegt, so kann in solchen Fällen weiterhin auf den Schwerpunkt (oder einen anderweitig definierten Mittelpunkt) der Reflexionslichtkeule rückgeschlossen werden. Dies geht sogar u.U. so weit, dass eine selbst außerhalb des Erfassungswinkelbereichs liegende Schwerpunktlage durch Extrapolation noch berechenbar bleibt, wenn nur ein Teil der Reflexionslichtkeule erfasst wird. Die vorgeschlagene zeitliche Mittelwertbildung kann dabei in unterschiedlicher Weise erfolgen. Beispielsweise kann sie im einfachsten Fall unabhängig von den Reflexionswinkeln vorgenommen werden, wobei man unterstellt, dass die zugrundeliegenden Materialeigenschaften nicht mit

den Reflexionswinkeln korrelieren. Es kann aber auch eine Mittelwertbildung über die auftretenden Breiten in der Umgebung der Ränder des Erfassungswinkelbereichs vorgenommen werden, so dass diese den Verhältnissen bei der Extrapolation möglicherweise besser angepasst ist.

[0025] Eine weitere durch die Erfindung zur Verfügung gestellte Möglichkeit besteht in einer Maximalwertbestimmung. Auch diese ist mit der konventionellen Vorrichtung, die eingangs erwähnt wurde, nicht möglich. Sie kann zum einen insbesondere bei asymmetrischen Reflexionslichtkeulen realistischere Aussagen liefern als eine Schwerpunktbildung. Zum zweiten kann mit ihrer Hilfe ebenfalls der effektive Erfassungswinkelbereich vergrößert werden, weil die Erfassung des Maximalwerts noch möglich ist, wenn bereits ein Teil der Reflexionslichtkeule außerhalb des erfassbaren Winkelbereichs liegt.

[0026] Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert, wobei dabei enthaltene Einzelmerkmale auch in anderen Kombinationen erfindungswesentlich sein können. Im Übrigen wird vorsorglich darauf hingewiesen, dass die Erfindung auch Verfahrenscharakter hat, so dass die vorstehende und die folgende Beschreibung sowohl im Hinblick auf die Offenbarung von Vorrichtungsmerkmalen als auch von Verfahrensmerkmalen auszulegen ist.

[0027] Im Einzelnen zeigt:

[0028] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung der optischen Anordnung in einer erfindungsgemäßen Messvorrichtung und [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung des Aufbaus einer Auswerteinrichtung in der Messvorrichtung.

[0029] In [Fig. 1](#) ist mit **1** eine Blechbahn als Messobjekt eingezeichnet. Die Blechbahn **1** ist im Querschnitt eingezeichnet, wobei die Längsrichtung senkrecht zur Zeichenebene verläuft. Bei der Blechbahn **1** handelt es sich um in einer Walzstrasse transportiertes Material, das in einem vorhergehenden und hier nicht dargestellten Arbeitsschritt mit Dressierwalzen behandelt wurde. Dressierwalzen werden für den letzten Vorgang bei der Blechherstellung verwendet und erzeugen auf der Blechoberfläche die notwendige Rauheit für spätere Tiefziehschritte oder Lackierprozesse. Dabei kann die Dressierwalze beispielsweise durch Metallkugelbestrahlung (shot blast) oder funkenerosive Aufrauung (EBT, EDT) oder durch ein Laseraufrauverfahren (Laser Tex) behandelt sein und überträgt ihre Oberflächeneigenschaften auf das Blech **1**. Abhängig von der Oberfläche des Blechs **1** selbst (kaltgewalzt, verzinkt.....) ändert sich durch die Behandlung mit der Dressierwalze das Reflexions- und Streuverhalten der Oberfläche. Der Aufweitungswinkel und die winkelmäßige Lichtintensi-

tätsverteilung sind aufschlussreiche Parameter zur Qualitätskontrolle.

[0030] Die Oberfläche des Blechs **1** wird mit fokussiertem Licht **2** aus einer nicht dargestellten Laserdiode beleuchtet, wobei die mittlere Einstrahlrichtung des Laserlichts **2** in der in [Fig. 1](#) skizzierten Schnittdarstellung senkrecht auf dem Blech **1** steht und stellvertretend für das fokussierte Lichtbündel des Lasers gezeichnet und mit **2** beziffert ist. Die Bezugszeichen **3**, **4** und **5** zeigen verschiedene Varianten einer Reflexionslichtkeule. Bei **3** handelt es sich um einen etwas aufgeweiteten Spiegelreflex, bei **4** um einen stark aufgeweiteten Spiegelreflex und bei **5** um einen stark zur Seite verkippten Reflex, dessen Aufweitung im Wesentlichen der des Spiegelreflexes **3** entspricht. Diese Beispiele sollen verdeutlichen, dass sich das reflektierte Licht hinsichtlich des Reflexionswinkels (vergleiche den Unterschied zwischen **3** und **5**) und der Aufweitung (vergleiche den Unterschied zwischen **3** und **4**) verändern kann. Der Reflexionswinkel steht für eine Neigung des reflektierenden Oberflächenbereichs des Blechs **1**, und zwar im Bereich des durch das Laserlicht **2** erzeugten Lichtflecks. Die Aufweitung steht für eine Mikrorauhigkeit, die durch die Breite der Reflexionskeulen lediglich summarisch charakterisiert werden kann.

[0031] Die eingezeichneten Reflexionskeulen **3**, **4** und **5** sind im äußeren Bereich so gezeichnet, dass ihr äußerer Verlauf symbolisch für einen typischen Intensitätsverlauf des reflektierten Lichts innerhalb der jeweiligen Keule steht. Die von dem beleuchteten Fleck auf dem Blech **1** ausgehende Form der Keulen **3**, **4** und **5** soll lediglich die unterschiedlich großen Streuwinkelbreiten symbolisieren. Die Form der seitlichen Linien ist ohne weitere Bedeutung (nur aus zeichnerischen Gründen etwas konkav).

[0032] Das reflektierte Licht wird durch eine kreisbogenförmig um den Lichtfleck des Laserlichts **2** auf dem Blech **1** zentrierte Anordnung aus einer Vielzahl Sensoren **6** gemessen, die bei einer praktischen Ausführung in einer wesentlich größeren Zahl vorgesehen wären. Aus Kostengründen sind hier nur einundzwanzig Sensoren **6** vorgesehen. Natürlich sind auch andere Zahlenwerte realisierbar.

[0033] [Fig. 1](#) gibt nicht wieder, dass das einstrahlte Laserlicht **2** der Beleuchtungseinrichtung mit seiner optischen Achse gegenüber einer Oberflächennormalen auf dem Blech **1** verkippt ist, und zwar in einer auf der Zeichenebene senkrecht stehenden und sowohl die Oberflächennormale als auch die Strahlrichtung des Laserlichts **2** enthaltenden Ebene. Die kreisbogenförmige Anordnung der Sensoren **6** definiert eine außerdem den Lichtfleck auf dem Blech **1** enthaltende Ebene, die ebenfalls gegenüber der Oberflächennormalen verkippt ist, und zwar um den gleichen Betrag in entgegengesetzter Richtung. Man

könnte sich also vorstellen, dass das Laserlicht **2** in der Perspektive der [Fig. 1](#) von schräg hinten den in der Zeichenebene liegenden Lichtfleck auf dem Blech **1** erzeugt, wobei das reflektierte Licht (Reflexionskeule **3**) nach schräg vorne reflektiert wird und auf die kreisbogenförmige Anordnung von Sensoren **2** trifft. Man vergleiche die [Fig. 3](#) und [5](#) des zitierten Standes der Technik DE 38 05 785 A1.

[0034] Der kreisbogenförmigen Anordnung von Sensoren **6** ist ein in 1:1-Entsprechung zu den Sensoren vorgesehenes Linsenfeld aus Einzellinsen **7** vorgeschaltet, mit dem das reflektierte Licht **3**, **4** und **5** auf die Sensoren **6** fokussiert wird. In Strichen ist jeweils eine etwa der Breite einer einzelnen Linse **7** entsprechende Keulenbreite, die zu einer punktförmigen Fokussierung auf einen Sensor führt, eingezeichnet. Diese Keulenbreite entspricht einem idealen Spiegelreflex auf dem Blech **1**. Sobald bei der Reflexion eine Aufweitung auftritt, kommt es also zu einer Lichterfassung in zumindest zwei Sensoren (unabhängig vom Reflexionswinkel).

[0035] [Fig. 2](#) zeigt schematisch den Aufbau einer zu der bisher beschriebenen Vorrichtung gehörenden Auswerteeinrichtung. Links sind mit den dunklen Quadraten **6** die in [Fig. 1](#) bereits eingezeichneten Sensoren **6** angedeutet, von denen wiederum nur ein Teil dargestellt ist. Jedem einzelnen Sensor **6** ist ein AD-Wandler **8** zugeordnet, der die ursprünglich analogen Ausgangssignale der Sensoren in Digitalsignale umwandelt. Die Digitalsignale aus den AD-Wandlern **8** werden jeweils für jeden Sensor einzeln in einen schnellen Zwischenspeicher **9** (FiFo, first in first out) eingespeichert, aus dem sie in der eingespeicherten Reihenfolge ausgelesen werden können, wie mit den Pfeilen angedeutet.

[0036] Aus den digitalisierten und zwischengespeicherten Einzelsignalen kann zum einen in einem Bereich **10** der Auswerteeinrichtung ein Schwerpunkt ermittelt werden. Dabei kann sowohl eine lineare Schwerpunktbildung als auch eine gewichtete Schwerpunktbildung oder eine quadratische Schwerpunktbildung erfolgen.

[0037] Außerdem werden die einzelnen Signale in einem Bereich **11** der Auswerteeinrichtung so verarbeitet, dass sich eine typische Größe für die in [Fig. 1](#) dargestellten Breiten der verschiedenen Reflexionskeulen **3**, **4** und **5** ergibt. Diese Reflexionskeulenbreite wird in einem Bereich **12** zeitlich gemittelt.

[0038] Mit Hilfe dieses zeitlichen Mittelwertes aus dem Bereich **12** kann dann ein weiterer Bereich **13** der Auswerteeinrichtung den im Bereich **10** ermittelten Schwerpunkt dann korrigieren, wenn er unter Berücksichtigung der Reflexionskeulenbreite zu nah an den in [Fig. 1](#) links und rechts außen dargestellten Rändern des durch die Anordnung der Sensoren **6**

erfassten Winkelbereichs liegt. Beispielsweise ist die Reflexionslichtkeule **5** bereits soweit außen angeordnet, dass ein größerer Teil des reflektierten Lichts nicht mehr von den Sensoren **6** erfasst wird. Die Schwerpunktbildung in dem Bereich **10** ist also fehlerbehaftet. Dies kann im Bereich **13** korrigiert werden.

[0039] Soweit die zugrunde liegende Annahme, dass die Reflexionskeulenbreiten mit den Reflexionswinkeln nicht zu stark korrelieren, also die Mikrorauhigkeit mit den Profilverläufen auf der Oberfläche nicht korrelieren, zutrifft, lässt sich damit der Erfassungswinkelbereich der Anordnung der Sensoren **6** erheblich ausdehnen. Während nämlich mit der bereits diskutierten konventionellen Anordnung mit dem zitierten Stand der Technik eine genaue Erfassung nur solange möglich war, wie die gesamte Reflexionslichtkeule im Erfassungswinkelbereich lag, so kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine zumindest genäherte Berechnung auch noch dann durchgeführt werden, wenn nur ein Teil der Reflexionslichtkeule, möglicherweise nicht einmal der Schwerpunkt selbst, noch im Erfassungswinkelbereich liegt.

[0040] Im Übrigen wird auch bei dieser Vorrichtung, wie bereits in dem zitierten Stand der Technik, aus den Reflexionswinkeln (hier allerdings gemäß den korrigierten Schwerpunkten) integrierend auf einen Profilverlauf der Oberfläche des Blechs **1** zurückgerechnet. Dies ist nicht mehr im Einzelnen zeichnerisch dargestellt und im Übrigen in dem zitierten Stand der Technik ausführlicher dargelegt, auf dessen Offenbarungsinhalt diesbezüglich und bezüglich aller weiteren technischen Gemeinsamkeiten ausdrücklich Bezug genommen wird. Die Profilverläufe ergeben sich dabei durch eine Bewegung des Blechs **1** in der Längsrichtung senkrecht zu der Zeichenebene der [Fig. 1](#), so dass der Lichtfleck relativ zu dem Blech **1** über die Oberfläche wandert. Zusätzlich kann die in [Fig. 1](#) skizzierte Vorrichtung dabei so erweitert werden, dass der Lichtfleck auf der Oberfläche des Blechs **1** in der Horizontalen in [Fig. 1](#) zeilenweise bewegt wird, wozu beispielsweise ein Polygonspiegelscanner in Betracht kommt, wie ihn auch der zitierte Stand der Technik in [Fig. 4](#) und der zugehörigen Beschreibung darstellt. Hierbei handelt es sich um Varianten, die dem Fachmann auf Grund des Standes der Technik geläufig sind, so dass hier keine detaillierte Beschreibung notwendig ist.

[0041] Das Ausführungsbeispiel könnte zusätzlich noch dadurch verbessert werden, dass die einzelnen Signale der Lichtsensoren **6** nach der Zwischenspeicherung in dem schnellen Speicher **9** und vor der bereits erläuterten Verarbeitung in den Bereichen **10** und **11** im Hinblick auf einen mit der eigentlichen Messung nicht zusammenhängenden Fremdlichthintergrund korrigiert werden. Dazu kann vor der Mes-

sung bei ausgeschalteter Laserdiode ein typisches, eventuell zeitlich gemitteltes Signalmuster aus den Sensoren **6** entnommen werden. Dieses Signalmuster kann durch einfache Subtraktion von den Signalmustern bei eingeschalteter Laserdiode korrigierend in Abzug gebracht werden, so dass die Gesamtvorrichtung bei im Wesentlichen unveränderten Störlichtbedingungen ohne besondere Abdunklungsmaßnahmen verwendet werden kann.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur optischen Messung von Oberflächeneigenschaften eines Messobjekts (**1**) mit einer Beleuchtungseinrichtung zur Beleuchtung des Messobjekts (**1**) mit einem Lichtfleck, einer Vielzahl optischer Sensoren (**6**), die so angeordnet sind, dass sie von der Beleuchtungseinrichtung eingestrahlichtes (**2**) und von der Oberfläche des Messobjektes reflektiertes Licht (**3, 4, 5**) erfassen können

und einer Auswerteeinrichtung (**8-13**) zum Auswerten von Signalen der Sensoren (**6**) zur Bestimmung der Oberflächeneigenschaften des Messobjekts (**1**), wobei zwischen dem durch die Beleuchtungseinrichtung auf der Oberfläche des Messobjekts (**1**) erzeugten Lichtfleck und der Oberfläche eine Relativbewegung erzeugt werden kann, so dass sich der Lichtfleck auf der Oberfläche entlang einer Bahn bewegt, und

wobei die Auswerteeinrichtung (**8-13**) dazu ausgelegt ist, aus den entlang der Bahn auftretenden Reflexionswinkeln per Integration einen Profilverlauf der Oberfläche entlang der Bahn zu berechnen, und einen Reflexionswinkelschwerpunkt zu berechnen, wenn infolge einer Aufweitung bei der Reflexion eine Mehrzahl Sensoren (**6**) reflektiertes Licht erfassen, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Auswerteeinrichtung (**8-13**) die Signale einer Vielzahl von Gruppen jeweils benachbarter Sensoren (**6**) gruppenweise getrennt zugeführt werden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der pro Gruppe genau ein Sensor (**6**) vorgesehen ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Sensoren (**6**) im Wesentlichen entlang einem Kreisbogen mit einem Mittelpunkt auf der Oberfläche des Messobjekts (**1**) angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die Beleuchtungseinrichtung so ausgelegt ist, dass sie die Oberfläche des Messobjekts (**1**) gegenüber einer Normalen auf der Oberfläche verkippt beleuchten (**2**) kann.

5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit zumindest einer Linse (**7**) zur Bündelung des von der Oberfläche des Messobjekts (**1**) reflektierten Lichts (**3, 4, 5**) auf die Sensoren (**6**).

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die Sensoren **(6)** stationär sind, das Messobjekt **(1)** eine in einer Produktionslinie zu transportierende Materialbahn ist und sich die Relativbewegung aus dem Transport der Materialbahn **(1)** ergibt.

7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der der von der Beleuchtungseinrichtung erzeugte Lichtfleck durch die Beleuchtungseinrichtung relativ zu der Oberfläche des Messobjekts **(1)** bewegt werden kann.

8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die Auswerteeinrichtung **(8-13)** dazu ausgelegt ist, einen zeitlichen Mittelwert der Streuwinkelbreite des von der Oberfläche des Messobjekts **(1)** reflektierten Lichts zu ermitteln, um an einem Rand des Erfassungswinkelbereichs der Erfassungsvorrichtung zu extrapolieren, wenn nur ein Teil des Lichts aus der Streuwinkelbreite erfassbar ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die Auswerteeinrichtung dazu ausgelegt ist, einen Maximalwert innerhalb der Streuwinkelbreite des von der Oberfläche des Messobjekts **(1)** reflektierten Lichts **(3, 4, 5)** zu ermitteln und mit Hilfe dieses Maximalwerts eine Extrapolation an Rändern des Erfassungswinkelbereichs der Erfassungsvorrichtung vorzunehmen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

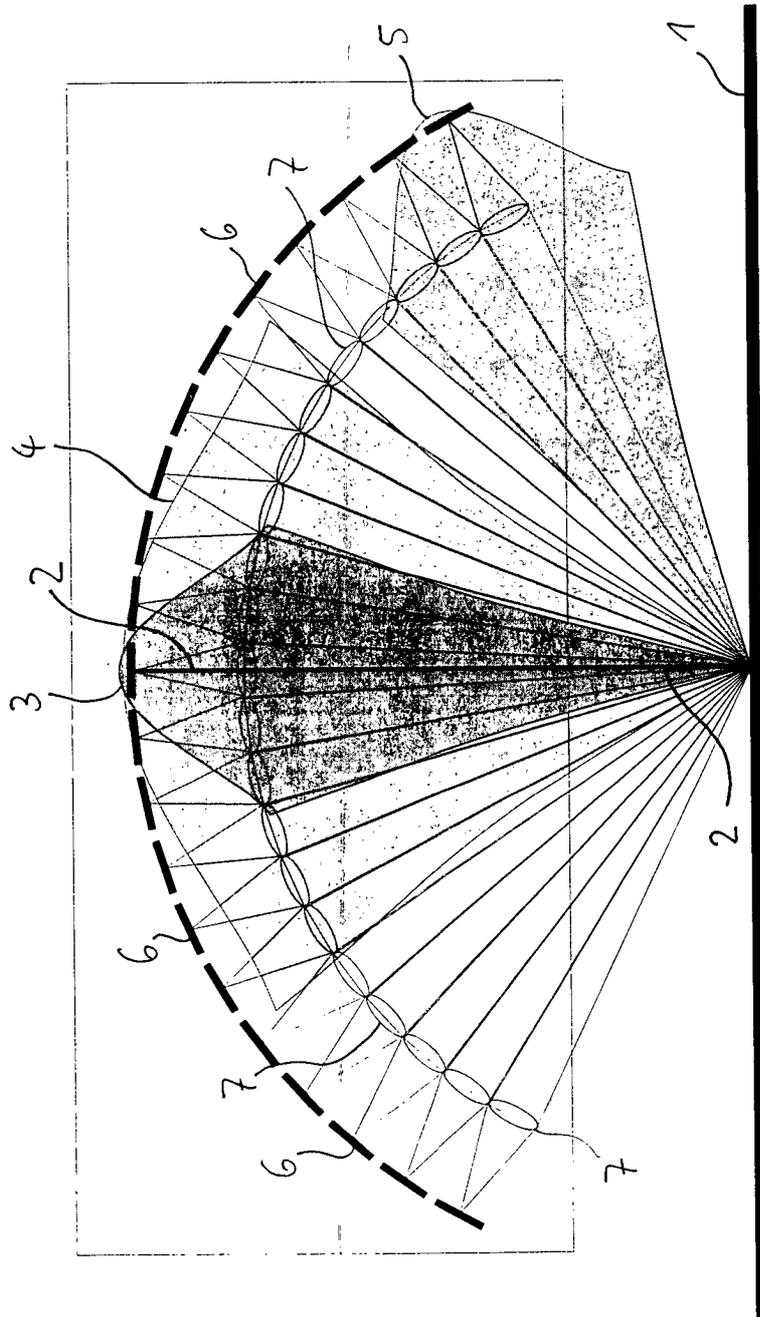


Fig.1

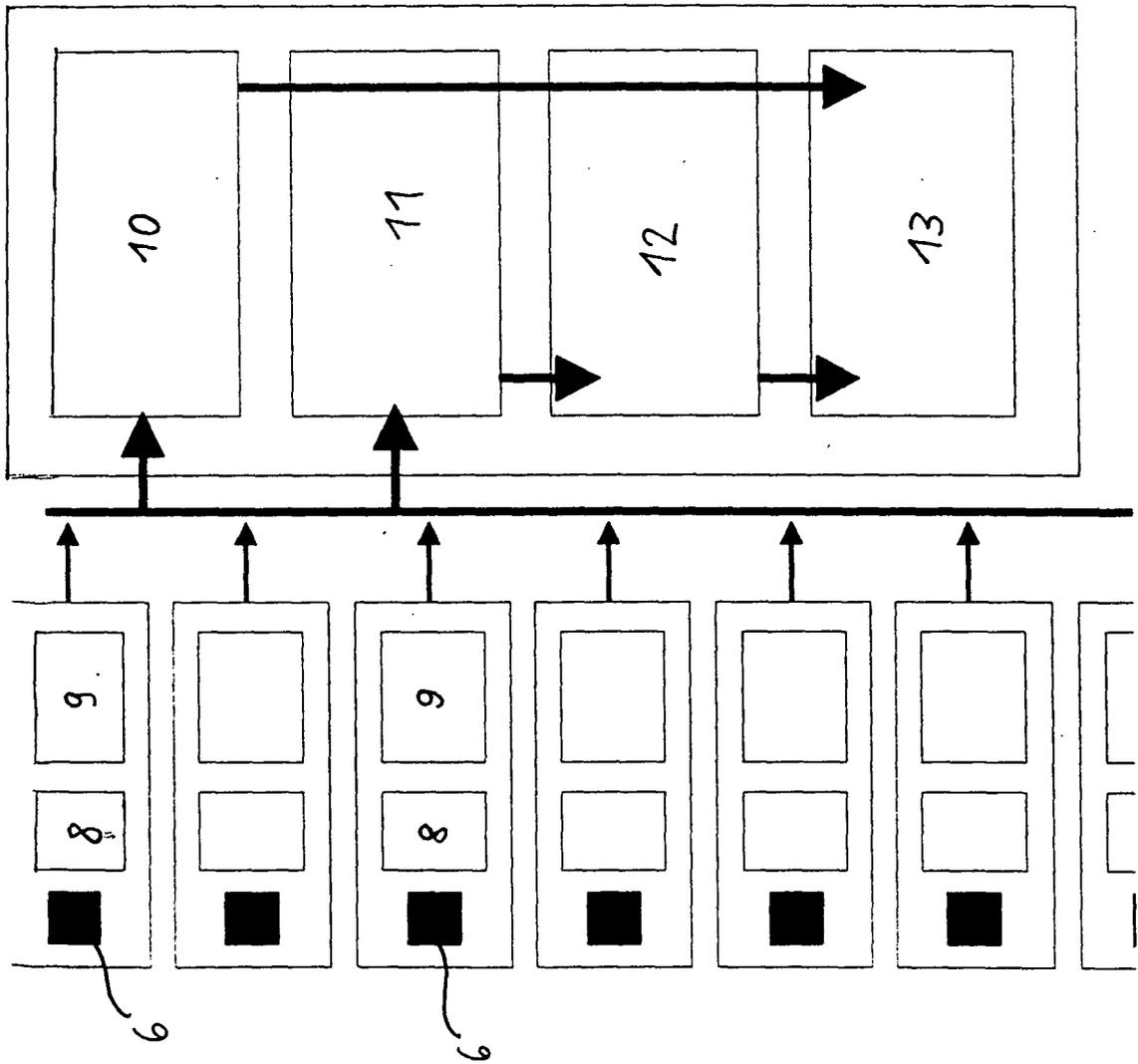


Fig. 2