



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



PATENTSCHRIFT A5

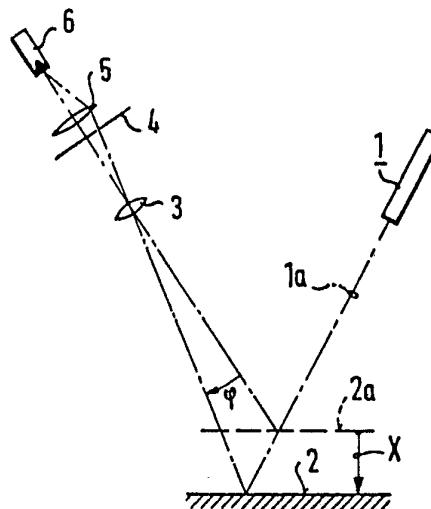
626 720

<p>(21) Gesuchsnummer: 12573/77</p> <p>(22) Anmeldungsdatum: 17.10.1977</p> <p>(30) Priorität(en): 03.11.1976 DE 2650422</p> <p>(24) Patent erteilt: 30.11.1981</p> <p>(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.11.1981</p>	<p>(73) Inhaber: Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Traunreut (DE)</p> <p>(72) Erfinder: Dipl.-Ing. Alfons Ernst, Traunreut (DE)</p> <p>(74) Vertreter: Scheidegger, Zwicky & Co., Zürich</p>
--	--

(54) Messgerät zum Bestimmen des Abstandes einer Messfläche von einer zu ihr parallelen Bezugsfläche.

(57) Bei diesem Messgerät wird ein Laserstrahl (1a) mit konstantem Einfallswinkel auf die Messfläche (2) gerichtet. Von der Messfläche (2) diffus reflektierte Lichtstrahlen werden vom Objektiv (3) über einen ortsveränderlichen Messspalt (4) und einen Kondensator (5) auf einen Lichtsensor (6) geleitet, der durch einen elektrischen Impuls die Messspaltstellung signalisiert, in der Strahlen durch den Messspalt hindurchtreten. Mit dem ortsveränderlichen Messspalt (4) wird für die vom Objektiv (3) aufgenommenen reflektierten Strahlen der auf die Achse des optischen Empfangssystems (3, 4, 5, 6) bezogene Reflexionswinkel (φ) bestimmt und aus diesem der Abstand (x) der Messfläche (2) von einer Bezugsfläche (2a) ermittelt. Für Streckenmessung wird durch Eichen oder Justieren des Messgerätes eine virtuelle Bezugsfläche (2a) festgelegt. Zur Bestimmung der Dicke einer transparenten Schicht dient als reelle Bezugsfläche (2a) die eine Schichtoberfläche. Der Messspalt wird vorzugsweise von einer evolventenförmigen Schlitzblende in einer rotierenden Scheibe gebildet, die an einer fest angeordneten Spaltblende vorbeiläuft. Zweckmässig sind mehrere Schlitzblenden vorgesehen.

Das Messgerät arbeitet berührungsfrei und mit hoher Wiederholungsfrequenz, beispielsweise mit 50 Messwerten pro Sekunde.



PATENTANSPRÜCHE

1. Messgerät zum Bestimmen des Abstandes einer Messfläche von einer zu ihr parallelen Bezugsfläche, insbesondere der Dicke einer transparenten Schicht, unter Verwendung eines Strahles kohärenten Lichts, welcher auf die Messfläche und die Bezugsfläche gerichtet ist, wobei die von der Messfläche reflektierten Strahlen einem einen Lichtsensor enthaltenden Empfänger zugeführt werden, welcher den Reflexionswinkel zur Bestimmung des Abstandes auswertet, dadurch gekennzeichnet, dass der von einem Laser (1) ausgesandte kohärente Lichtstrahl (1a) in einem vorgegebenen konstanten Winkel auf die Messfläche (2) und die Bezugsfläche (2a) gerichtet ist und dass dem im Empfänger enthaltenen Sensor (6) ein ortsveränderlicher Messspalt (4) vorgeschaltet ist, wobei der Winkel (φ) der von der Messfläche (2) durch ein Objektiv (3) erfassten reflektierten Strahlen zur Achse des optischen Systems (3, 4, 5, 6) bestimmt und zur Ermittlung des Abstandes (x) herangezogen wird.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als ortsveränderlicher Messspalt (4) eine auf einer rotierenden Scheibe (7) angeordnete, bezüglich eines Grundkreises (13) evolventenförmige Schlitzblende (11) vorgesehen ist, welche an einer fest angeordneten Spaltblende (12) vorbeiläuft.

3. Gerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die ortsfeste Blende (12) tangential zum Grundkreis der die Form der rotierenden Schlitzblende (11) bestimmenden Evolvente angeordnet ist.

4. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die rotierende Scheibe (7) parallel zur Richtung des auf die Messfläche (2) auftreffenden Lichtstrahles (1a) angeordnet ist.

5. Gerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass auf der rotierenden Scheibe (7) mehrere bezüglich des Grundkreises (13) evolventenförmige Schlitzblenden (11) und ebenso viele, den Schlitzblenden (11) jeweils zugeordnete Referenzmarken (15, 15a) angeordnet sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Messgerät zum Bestimmen des Abstandes einer Messfläche von einer zu ihr parallelen Bezugsfläche, insbesondere der Dicke einer transparenten Schicht, unter Verwendung eines Strahles kohärenten Lichts, welcher auf die Messfläche und die Bezugsfläche gerichtet ist, wobei die von der Messfläche reflektierten Strahlen einem einen Lichtsensor enthaltenden Empfänger zugeführt werden, welcher den Reflexionswinkel zur Bestimmung des Abstandes auswertet.

Es ist bekannt, (DE-OS 2 157 813, DE-OS 2 448 219), eine Länge berührungsfrei unter Verwendung eines Strahles kohärenten Lichtes (Laserstrahl) dadurch zu messen, dass die bei konstantem Reflexionswinkel unterschiedlichen Auftreffwinkel am Messobjekt (Messfläche) ausgewertet werden. Hierbei wird bei einer bekannten Ausführung der Messstrahl auf die Messfläche unter sinusförmig variierendem Winkel gerichtet, wobei aus dem zeitlichen Abstand zwischen der von einem fest angeordneten Sensor empfangenen Reflexion von der Messfläche und der von einem zweiten feststehenden Sensor empfangenen Reflexion von einer fest eingebauten Referenzfläche die Grösse des Winkels, unter welchem der Messstrahl einfallen muss, um von dem Sensor jeweils empfangen zu werden, ermittelt und zur Bestimmung der gewünschten Länge ausgewertet wird.

Eine derartige Anordnung ist verhältnismässig aufwendig, da sie zur Ablenkung des Lichtstrahls ein aufwendiges Spiegelschwingsystem sowie zur Stabilisierung des Schwingsystems zwei zusätzliche Referenzsignale benötigt. Ausserdem ist hier der Zusammenhang zwischen der Messgrösse und der Zeit wegen der Sinusform der Schwingungen nicht linear. Ein exaktes Ergebnis ist nur über einen Korrekturrechner zu erhalten.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Gerät zum Messen des

Abstandes einer Messfläche von einer Bezugsfläche anzugeben, insbesondere der Dicke einer transparenten Schicht, welche mit einfachen Mitteln eine einfache bezugsgrössenfreie Auswertung der unterschiedlichen Reflexionswinkel gestattet.

Diese Aufgabe wird mit einem Gerät gelöst, das sich gemäss Patentanspruch 1 dadurch auszeichnet, dass der von einem Laser ausgesandte kohärente Lichtstrahl in einem vorgegebenen konstanten Winkel auf die Messfläche und die Bezugsfläche gerichtet ist und dass dem im Empfänger enthaltenen Sensor ein ortsveränderlicher Messspalt vorgeschaltet ist, wobei der Winkel der von der Messfläche durch ein Objektiv erfassten reflektierten Strahlen zur Achse des optischen Systems bestimmt und zur Ermittlung des Abstandes herangezogen wird.

Bei dem erfindungsgemässen Messgerät kann die Bezugsfläche eine durch Eichung oder Justierung festgelegte virtuelle Bezugsfläche sein, so dass z.B. der Abstand eines Messobjektes vom Messgerät gemessen werden kann. Die Bezugsfläche kann aber auch eine reelle, ausreichend reflektierende transparente Fläche sein, so dass mit dem Messgerät z.B. der Abstand zwischen zwei ausreichend reflektierenden Grenzflächen eines transparenten Körpers oder die Dicke einer transparenten Schicht gemessen werden kann und so das Messgerät ein Dickenmessgerät ist. Von besonderem Vorteil ist, dass das Gerät berührungsfrei arbeitet.

Gemäss einer vorteilhaften Weiterbildung des Gerätes nach der Erfindung ist als ortsveränderlicher Messspalt eine auf einer rotierenden Scheibe angeordnete, bezüglich eines Grundkreises (13) evolventenförmige Schlitzblende vorgesehen, welche an einer fest angeordneten Spaltblende vorbeiläuft. Dadurch ist es möglich, den winkelabhängigen Abstand der einfallenden Strahlen unmittelbar in einen Drehwinkel überzuführen, der in an sich bekannter Weise elektronisch, z.B. durch Abzählung einer zweiten, als Radialgitter ausgebildeten Teilung, gemessen werden kann. Der Drehwinkel ist dann unmittelbar ein Mass für die zu messende Länge und kann entsprechend in an sich bekannter Weise unmittelbar angezeigt werden.

Gemäss einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind auf der rotierenden Scheibe mehrere bezüglich des Grundkreises (13) evolventenförmige Schlitzblenden und ebenso viele, den evolventenförmigen Schlitzblenden jeweils exakt zugeordnete Referenzmarken angeordnet.

Einzelheiten eines Gerätes sowie deren Vorteile werden im folgenden anhand eines schematischen Ausführungsbeispiels der Erfindung in Verbindung mit den anliegenden Zeichnungen erläutert. In diesen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 das Prinzip des Gerätes nach der Erfindung zur Messung eines Abstandes und

Fig. 2 schematisch den Aufbau der ortsveränderlichen Blende, wie sie vorteilhaft in dem Gerät nach der Erfindung eingesetzt werden kann.

In der Fig. 1 ist mit 1 der Laser bezeichnet, der einen Lichtstrahl 1a erzeugt. Dieser Lichtstrahl ist auf die Messfläche 2 des Messobjektes gerichtet, dessen Abstand x von einer Bezugsfläche 2a gemessen werden soll. Der Laserstrahl 1a wird auf der Messfläche des Messobjektes diffus reflektiert. Ein Teil des reflektierten Lichtes trifft über das Objektiv 3, den beweglichen Messspalt 4 und den Kondensator 5 auf den Fotosensor 6 und erzeugt dort einen elektronischen Impuls, wenn sich der Messspalt gerade in der gezeigten Lage befindet.

Der bewegliche Messspalt 4 wird, wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, durch eine lichtdurchlässige Kurve 11 auf einer lichtundurchlässigen Scheibe 7 realisiert, welche an einer ortsfesten Blende 12 vorbeigeführt wird. Gemäss einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung, die, wie noch erläutert wird, eine besonders einfache Auswertung des Winkels und damit des Abstandes x ermöglicht, ist die Kurve 11 eine Evolvente bezüglich des Grundkreises 13, welche an der ortsfesten Blende 12 vorbeigeführt wird. Auf dieser Weise wandert der aus dem entsprechen-

den Ausschnitt der Evolvente und der ortsfesten Blende gebildete Messspalt streng proportional zum Drehwinkel entlang der Blende 12. Dabei ist die Krümmung der Evolvente vernachlässigbar, wenn der innere Teil der Evolvente mit der grössten Krümmung für die Bildung des Messspaltes nicht verwendet wird. Die Blende 12 muss tangential zum Grundkreis 13 der Evolvente angeordnet sein.

Es empfiehlt sich, auf einer lichtundurchlässigen Scheibe mehrere, z.B. acht evolventenförmige lichtdurchlässige Kurven, anzuordnen, wie durch eine zweite Kurve 11a angedeutet ist. Dadurch kann bei vertretbaren Umlaufgeschwindigkeiten der lichtundurchlässigen Scheibe eine ausreichend hohe Zahl von Messzyklen pro Zeiteinheit, wie beispielsweise 50 Messwerte pro Sekunde, erreicht werden.

Wie schon anhand der Fig. 1 erläutert, wird die Abstandsmessung auf eine Winkelmessung zurückgeführt, wobei der Winkel zwischen der Lage der Scheibe, in welcher der von der Messfläche reflektierte Strahl durch den Messspalt tritt und der Lage, die durch die Abtastung der Referenzmarke 15 auf der Scheibe bestimmt ist, gemessen wird. Für die Winkelmessung wird ein Radialgitter benötigt, welches gemäss einer vorteilhaften Ausführungsform nach der Erfindung unmittelbar auf der die durchlässigen Evolventenkurven tragenden rotierenden Scheibe aufgebracht ist. Wie aus Fig. 2 zu ersehen, trägt hierzu die Scheibe 7 an ihrem äusseren Rand die Radialgitterteilung 14, die in üblicher Weise fotoelektrisch abgetastet wird. Die dadurch entstehenden Signale werden in an sich bekannter Weise vervielfacht und in Rechteckimpulse umgewandelt, die in einem elektronischen Zähler gezählt werden, wobei die Zahl der Impulse zwischen dem durch das Auftreffen des reflektierten

Laserstrahles auf den Fotosensor gewonnenen Impuls und dem durch fotoelektrische Abtastung der Referenzmarke abgeleiteten Impuls unmittelbar ein Mass für die Drehung der Scheibe 7 und für den gesuchten Abstand x ist.

5 Eine besonders günstige Ausführung der Erfindung besteht darin, die rotierende Scheibe 4 parallel zur Richtung des auf das Messobjekt auftreffenden Lichtstrahles 1a anzuordnen, da in diesem Fall der gemessene Drehwinkel streng proportional zum zu messenden Abstand x ist.

10 Die Erfindung wurde anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels schematisch erläutert. Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass der Grundgedanke der Erfindung in verschiedenen Abwandlungen realisiert werden kann. So kann beispielsweise die Winkelmessung auch auf andere Weise, z.B. mit einem stabilisierten Hochfrequenzgenerator, gewonnen werden, der einen genau definierten Taktimpuls zur Messung des Zeitintervalles zwischen den beiden Impulsen abgibt, von denen der eine Impuls durch das Auftreffen des von der Messfläche 2 reflektierten Strahls auf den Photosensor 6 und der andere Impuls durch photoelektrische Abtastung der Referenzmarken 15, 15a gewonnen wird. Dies setzt voraus, dass die Drehzahl des Motors durch geeignete Einrichtungen genügend genau konstant gehalten werden kann.

Auch kann im Rahmen der Erfindung anstelle einer Evolventenkurve jede andere Kurve, z.B. auch eine korrigierte Evolvente, herangezogen werden, um die durch Nichtparallelität zwischen Lichtstrahl 1a und Scheibe 4 bedingten Nichtlinearitäten in der Abhängigkeit zwischen Messspaltverschiebung und Abstand x auszugleichen. Diese Korrektur kann natürlich auch in einer Recheneinheit durchgeführt werden.

Fig. 1

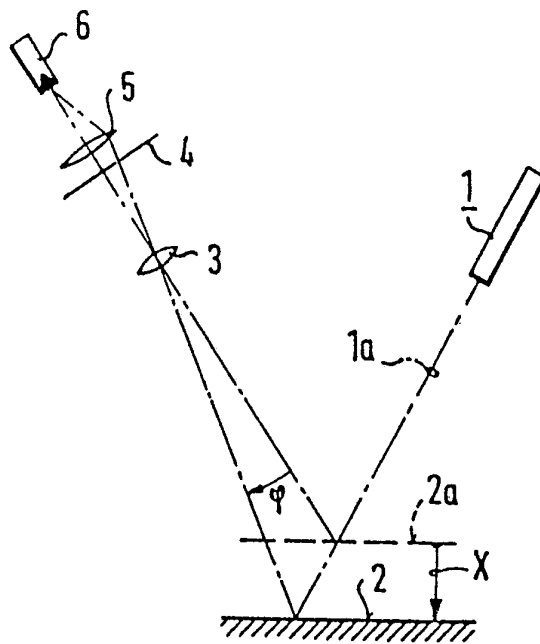


Fig. 2

