

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTCHRIFT

(19) DD (11) 226 641 A1

4(51) G 01 B 9/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht.

(21) WP G 01 B / 266 922 8

(22) 03.09.84

(44) 28.08.85

(71) VEB Carl Zeiss JENA, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1, DD
(72) Priplata, Heinz, Dipl.-Ing., DD

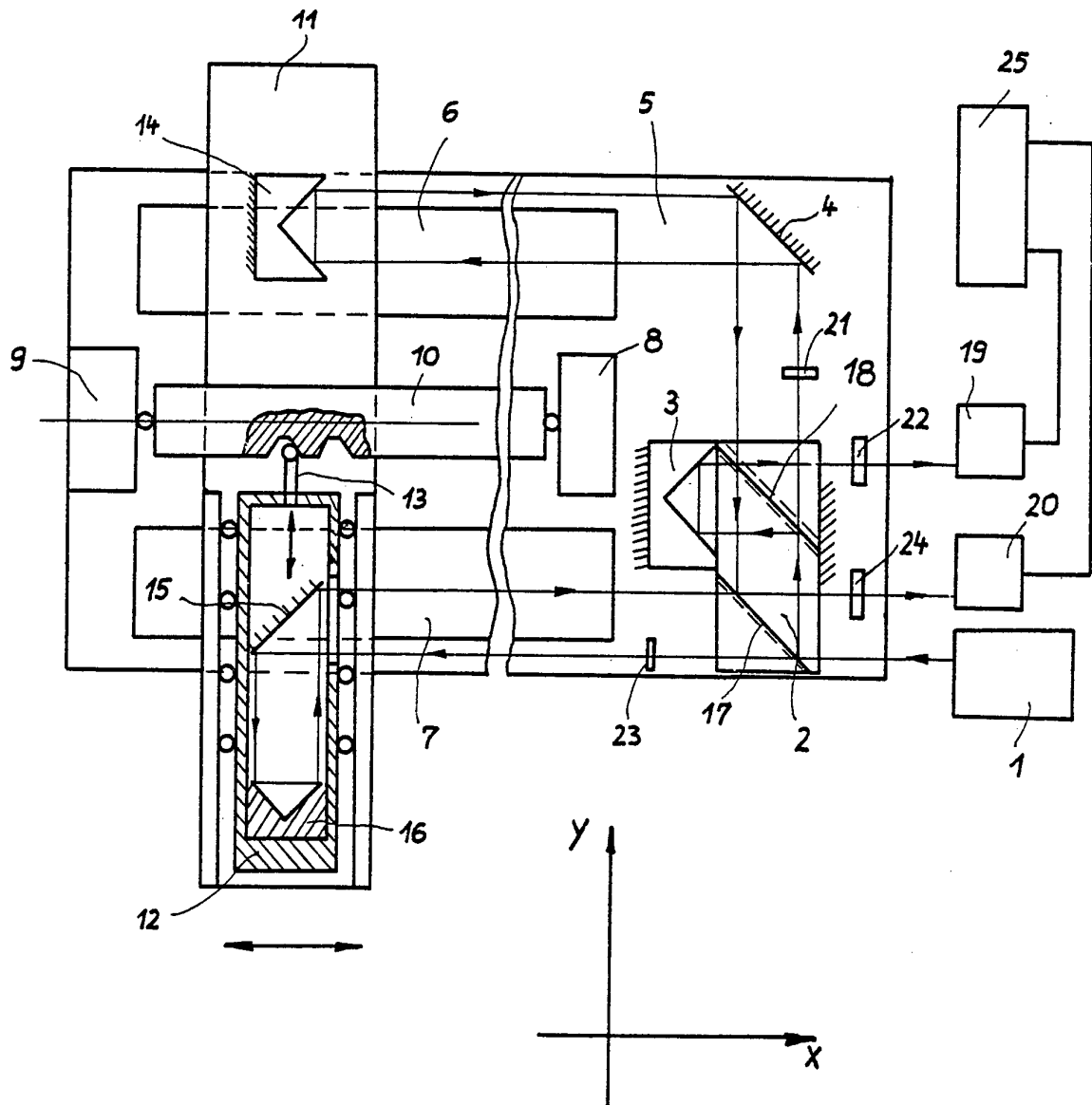
(54) Verfahren und Einrichtung zur interferentiellen Zweikoordinatenmessung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur interferentiellen Zweikoordinatenmessung, insbesondere bei Längenmeßmaschinen mit dem Ziel und der Aufgabe, den gerätetechnischen Aufwand zu reduzieren und die Meßgenauigkeit zu erhöhen. Bei der Messung der Verschiebung eines ersten Schlittens entlang einer X-Koordinate wird zunächst ein zweiter, orthogonal zum ersten Schlitten gelagerter Schlitten, der einen Meßreflektor trägt, arretiert. Die von den, den zwei vorhandenen Meßstrahlengängen zugeordneten Fotoempfängern erzeugten Signale werden einer Auswerteeinrichtung zugeführt. Bei der Messung der Verschiebung des zweiten Schlittens entlang einer Y-Koordinate wird der erste Schlitten arretiert. Die von dem, dem zweiten Schlitten zugeordneten Meßstrahlengang zugeordneten Fotoempfänger erzeugten Signale werden der Auswerteeinrichtung zugeführt. In der Auswerteeinrichtung werden aus den Signalen den Verschiebungen der Schlitten proportionale Meßwerte ermittelt. Figur

ISSN 0433-6461

5 Seiten

1



Erfindungsansprüche:

1. Verfahren zur interferentiellen Zweikoordinatenmessung mittels zweier, von einem feststehenden Strahlenteiler mit Referenzreflektor ausgehender, an je einem Meßreflektor reflektierter und auf je einen Fotoempfänger geleiteter Meßstrahlengänge, wobei die in den Fotoempfängern erzeugten elektrischen Signale einer Auswerteeinrichtung zur Ermittlung der Verschiebungen eines ersten und eines orthogonal dazu verschiebbar gelagerten, zweiten Schlittens zugeführt werden, **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte:
 - bei der Messung der Verschiebung des ersten Schlittens in einer X-Koordinate zunächst der zweite, orthogonal zum ersten Schlitten gelagerte zweite Schlitten, der einen Meßreflektor trägt, in seiner Stellung arretiert wird, die von den, den beiden Meßstrahlengängen zugeordneten Fotoempfängern erzeugten, elektrischen Signale werden in einer Auswerteeinrichtung zugeleitet und durch Mittelwertbildung aus den Signalen wird ein, der Verschiebung in der X-Koordinate proportionaler Meßwert bestimmt;
 - bei der Messung der Verschiebung des zweiten Schlittens in einer orthogonal zur X-Koordinate verlaufenden Y-Koordinate wird der erste Schlitten in seiner Stellung arretiert; die von dem, dem zweiten Schlitten zugeordneten Meßstrahlengang zugeordneten Fotoempfänger erzeugten, elektrischen Signale werden der Auswerteeinrichtung zugeleitet und daraus ein der Verschiebung in der Y-Koordinate proportionaler Meßwert bestimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Messung der Verschiebung des ersten Schlittens in der X-Koordinate bei arretiertem zweiten Schlitten nur mit einem der beiden Meßstrahlengänge erfolgt.
3. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, umfassend eine kohärente Lichtquelle, und einen feststehenden Strahlenteiler mit Referenzreflektor, welche zusammen mit einem Umlenkelement auf dem Grundbett einer Meßmaschine angeordnet sind, und zwei Meßreflektoren sowie zwei, parallel zur Verschieberichtung eines ersten Schlittens geführte Meßstrahlengänge, denen jeweils ein Fotoempfänger zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Meßreflektor des einen Meßstrahlenganges und ein sich im zweiten Meßstrahlengang befindliches Umlenkelement auf dem ersten Schlitten und ein, dem zweiten Meßstrahlengang zugeordneter, zweiter Meßreflektor, auf einem auf dem ersten Schlitten orthogonal zu dessen Verschieberichtung verschiebbar gelagerten zweiten Schlitten angeordnet sind, daß beide Schlitten in beliebiger Stellung arretierbar sind, und daß jedem Meßstrahlengang ein Fotoempfänger zugeordnet ist, der mit einer Auswerteeinrichtung verbunden ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zu interferentiellen Zweikoordinatenmessung mittels Laserinterferometer, insbesondere bei Längenmeßmaschinen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Längenmeßmaschinen dienen vorwiegend der Erfassung von Längenmaßen zwischen zwei Punkten längs einer Koordinatenachse. Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten erreicht man dabei durch die Schaffung einer Meßmöglichkeit in einer zur genannten Koordinatenachse senkrecht verlaufenden zweiten Koordinatenachse. Bei bekannten Längenmeßmaschinen werden dazu zwei optische Meßsysteme oder ein optisches und ein mechanisches, oder zwei optoelektrische Meßsysteme miteinander gekoppelt. Die erstgenannten Einrichtungen bedürfen doppelter manueller Ablesung und sind nicht automatisierbar, so daß rationelle Messungen nicht durchführbar sind. Die letztgenannte Einrichtung ist automatisierbar, verursacht jedoch einen erheblichen technischen Aufwand.

Aus der US-PS 3820902 ist ein Verfahren und eine Einrichtung zum Messen linearer Verschiebungen von Teilen an Meßgeräten und Maschinen mittels eines Laserinterferometers bekannt, bei welchem das den Laser verlassende Lichtbündel in einem Strahlenteiler in drei Teilbündel aufgespalten wird, die je einem am verschiebbaren Teil angeordneten Reflektor zugeleitet werden. Der beim Messen außerhalb der Meßachse auftretende Komparatorfehler wird dadurch kompensiert, daß zwei Interferometerstrahlengänge symmetrisch zur Meßachse und mit ihr in einer Ebene liegend vorgesehen sind. Aus den hieraus erhaltenen Informationen wird der Komparatorfehler ermittelt und bei den Meßergebnissen berücksichtigt. Mit einem dritten Strahlengang und einem dritten Reflektor wird interferentiell die zu bestimmende Meßgröße ermittelt.

Nachteilig ist, daß nur in einer Koordinatenachse gemessen werden kann.

Eine ähnliche Einrichtung ist in der DE-OS 3124357 beschrieben, bei welcher die Verschiebung eines, einen Taster tragenden Schlittens mittels zweier symmetrisch zur Verschiebeachse vorgesehener Interferometerstrahlengänge gemessen wird.

Die US-PS 3815996 beschreibt eine interferentielle Einrichtung zur Messung einer Schlittenbewegung in zwei senkrechten Koordinatenachsen (X; Y). Sie umfaßt einen Laser als Lichtquelle und mehrere, den Koordinatenachsen zugeordnete Strahlenteiler, Reflektoren, fotoelektrische Sensoren und Auswerter für die Meßwerte zur Ermittlung der Verschiebungen entlang der Achsen X und Y.

Nachteilig ist hierbei der große technische Aufwand an hochgenauen optischen Bauelementen, weil zwei vollständige Interferometerstrahlengänge (für jede Achse einer) mit den notwendigen Sensoren zu realisieren sind. Auftretende Schlittenkippen entlang den Führungen können nicht ermittelt und bei den Messungen der Schlittenbewegung berücksichtigt werden.

Eine ähnliche Einrichtung ist in dem DE-GM 6608924 beschrieben, die eine Lichtquelle, Teilerwürfel, Umlenkprismen und Tripelprismen als Reflektoren umfaßt und mit welcher Längen und Verschiebungen gemessen werden können. Auch hier ist der technische Aufwand, wie bei der Einrichtung nach der US-PS 3815998 sehr groß. Eine Eliminierung des Komparatorfehlers ist nicht möglich.

Ein Interferometer für zweidimensionale Längenmessungen ist in der DE-OS 2164898 beschrieben, das gekennzeichnet ist durch einen ersten Lichtreflektor, welcher an einem ersten, in Richtung einer ersten Achse (Y) zweier Koordinaten beweglichen Support montiert ist und durch ein erstes Interferometersystem zur Längenmessung in dieser ersten Achse. Zur Längenmessung in einer zweiten Achse (X) ist ein zweites Interferometersystem vorgesehen, welches einen zweiten Lichtreflektor umfaßt, der an einem zweiten, entlang dem ersten Support in Richtung der X-Achse verschiebbaren, zweiten Support montiert ist. Für beide Interferometersysteme, deren optische Achsen sich in einem Meßpunkt schneiden, ist eine einzige, kohärente Lichtquelle vorgesehen. Zur Kompensation der Verdrehung des Supports während der Verschiebung sind gesonderte Interferometerstrahlengänge mit Reflektor und Strahlenteiler vorhanden.

Diese Anordnung erlaubt zwar die Messung der Verschiebung des Tisches in der Mittelachse, in welcher Reflektoren angeordnet sind und schaltet damit weitgehend den Komparatorfehler aus, ist aber in ihrem optischen Aufbau sehr aufwendig und kompliziert.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und insbesondere den gerätetechnischen Aufwand bei der Zweikoordinatenmessung bei Meßmaschinen zu verringern und die Meßgenauigkeit und den Automatisierungsgrad zu erhöhen.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung zur interferentiellen Zweikoordinatenmessung zu schaffen, bei welchen unter Einhaltung des Komparatorprinzips für beide Koordinatenachsen mit zwei zu einer Achse symmetrisch verlaufenden Interferometerstrahlengängen hochgenaue Messungen bei geringem gerätetechnischem Aufwand durchführbar sind.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zur interferentiellen Zweikoordinatenmessung mittels zweier, von einem feststehenden Strahlenteiler mit Referenzreflektor ausgehender, an je einem Meßreflektor reflektierter und auf je einen Fotoempfänger geleiteter Meßstrahlengänge, wobei die von den Fotoempfängern erzeugten elektrischen Signale einer Auswerteeinrichtung zur Ermittlung der Verschiebungen eines ersten und eines orthogonal dazu verschiebbar gelagerten, zweiten Schlittens zugeführt werden, dadurch gelöst, daß bei der Messung der Verschiebung des ersten Schlittens in einer X-Koordinate zunächst der zweite, orthogonal zum ersten Schlitten gelagerte zweite Schlitten, der einen Meßreflektor trägt, in seiner Stellung arretiert wird, und die von den, den beiden Meßstrahlengängen zugeordneten Fotoempfängern erzeugten, elektrischen Signale werden einer Auswerteeinrichtung zugeleitet und durch Mittelwertbildung aus den Signalen wird ein, der Verschiebung in der X-Koordinate proportionaler Meßwert bestimmt;

— daß bei der Messung der Verschiebung des zweiten Schlittens in einer orthogonal zur X-Koordinate verlaufenden Y-Koordinate der erste Schlitten in seiner Stellung arretiert wird; die von dem, dem zweiten Schlitten zugeordneten Meßstrahlengang zugeordneten Fotoempfänger erzeugten, elektrischen Signale werden der Auswerteeinrichtung zugeleitet und daraus ein der Verschiebung in der Y-Koordinate proportionaler Meßwert bestimmt.

Dabei kann auch die Messung der Verschiebung des ersten Schlittens in der Y-Koordinate bei arretiertem zweiten Schlitten nur mit einem der beiden Meßstrahlengänge erfolgen.

Eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, umfassend eine kohärente Lichtquelle, und einen feststehenden Strahlenteiler mit Referenzreflektor, welche zusammen mit einem Umlenkelement auf dem Grundbett einer Meßmaschine angeordnet sind, und zwei Meßreflektoren, sowie zwei, parallel zur Verschieberichtung eines ersten Schlittens geführte Meßstrahlengänge, denen jeweils ein Fotoempfänger zugeordnet ist, ist vorteilhaft dadurch gekennzeichnet, daß der Meßreflektor des einen Meßstrahlenganges und ein sich im zweiten Meßstrahlengang zugeordneter, zweiter Meßreflektor auf einem, auf dem ersten Schlitten orthogonal zu dessen Verschieberichtung verschiebbar gelagerten zweiten Schlitten angeordnet sind, daß beide Schlitten in beliebiger Stellung arretierbar sind, und daß jedem Meßstrahlengang ein Fotoempfänger zugeordnet ist, der mit einer Auswerteeinrichtung verbunden ist.

Nach dem Verfahren und mit der Einrichtung lassen sich durch alternierende Messungen in der X- und Y-Koordinate die y-Signale beliebigen x-Signalen zuordnen, wobei gleichzeitig die Kippfehler des ersten Schlittens entlang der X-Koordinate im Meßergebnis berücksichtigt werden können. Die x- oder/und y-Signale werden wechselweise (alternierend) von einem Rechner oder einer Auswerteeinrichtung übernommen. Durch dieses Verfahren und die Einrichtung läßt sich mit Hilfe nur eines Laserwegmeßsystems die Messung in zwei Koordinaten bei einer Längenmeßmaschine bei gleichzeitiger Ausschaltung des in der x-y-Ebene auftretenden Komparatorfehlers mit geringem technischem Aufwand und weitestgehend automatisiert realisieren.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der Zeichnung ist schematisch eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens dargestellt.

Die Einrichtung umfaßt eine kohärente Lichtquelle 1 und einen Strahlenteiler 2 mit einem Referenzreflektor 3 zur Erzeugung des Referenzstrahlenganges, welche zusammen mit einem Umlenkelement 4, einem Spiegel oder Umlenkprisma, auf dem Grundbett 5 einer Meßmaschine angeordnet sind. Auf dem Grundbett 5 sind ferner Führungen 6; 7 und Halterungen 8; 9 für ein Meßobjekt 10 vorgesehen, wobei auf den Führungen 7; 8 ein in einer X-Koordinate verschiebbarer erster Schlitten 11 gelagert ist. Senkrecht zu den Führungen 6; 7 ist auf dem Schlitten 11 ein in einer Y-Koordinate verschiebbarer zweiter Schlitten 12 oder eine Pinole verschiebbar gelagert, welcher vorzugsweise einen Taster 13 zur Antastung des Meßobjektes 10 besitzt. Der Schlitten 11 trägt ferner einen Meßreflektor 14 und ein Umlenkelement 15. Auf dem zweiten Schlitten 12 ist ein weiterer Meßreflektor 16 angeordnet.

Das von der Lichtquelle 1, z. B. einem Laser, ausgehende Lichtbündel wird an der Teilerfläche 17 des Strahlenteilers 2 in zwei Meßstrahlengänge aufgespalten. Ein erster, der Messung in der X-Koordinate dienender Meßstrahlengang wird über das Umlenkelement 4 dem Meßreflektor zugeleitet und von dort reflektiert über das Umlenkelement 4 zur Teilerfläche 18 des

Strahlenteilers 2 gelenkt. An dieser Teilerfläche 18 wird auch aus dem ersten Meßstrahlengang ein erster Referenzstrahlengang abzweigt, der über den Referenzreflektor 3 zur Teilerfläche 18 geführt wird, an welcher dieser mit dem reflektierten ersten Meßstrahlengang zur Interferenz gebracht wird. Das Licht wird einem Fotoempfänger 19 zur Umsetzung in elektrische Signale zugeführt, welche der Verschiebung des Schlittens 11 in der X-Koordinate proportional sind.

Die Messung der Verschiebung des Schlittens 12 orthogonal zum Schlitten 11 in der Y-Koordinate erfolgt mit Hilfe eines zweiten, über das Umlenkelement 15 und den Meßreflektor 16 geführten Meßstrahlenganges. Das an der Teilerfläche 17 mit dem Referenzstrahlengang zur Interferenz gebrachte Licht des zweiten Strahlenganges wird einem Fotoempfänger 20 zugeführt, der der Verschiebung des Schlittens 12 in der Y-Koordinate proportionale elektrische Signale erzeugt. In jedem der Meßstrahlengänge sind an sich bekannte polarisationsoptisch wirksame Bauelemente 21; 22 und 23; 24 angeordnet, die durch ihre unterschiedliche Drehung der Polarisationssebene der Strahlenbündel die beiden Meßstrahlengänge trennen.

Die Fotoempfänger 19; 20 sind mit einem Rechner oder einer Auswerteinrichtung 25 verbunden, in der die entsprechenden x- und y-Meßwerte der Verschiebung der Schlitten 11 und 12 ermittelt werden.

Die Messung der Verschiebung der Schlitten 11 und 12 entlang den Koordinaten X und Y kann wie folgt durchgeführt werden:

Bei der Messung der Verschiebung des ersten Schlittens 11 in der X-Koordinate wird der auf diesem Schlitten 11 gelagerte zweite Schlitten 12, der den Meßreflektor 16 trägt, in seiner Stellung arretiert. Die von den, dem ersten und dem zweiten Meßstrahlengang zugeordneten Fotoempfängern erzeugten elektrischen Signale werden dem Rechner oder der Auswerteinrichtung 25 zugeführt. Hier wird durch Mittelwertbildung aus diesen Signalen ein komparatorfehlerfreier x-Meßwert, der der Verschiebung entlang der X-Koordinate proportional ist, bestimmt.

Bei der Messung der Verschiebung des zweiten Schlittens 12 in einer orthogonal zur X-Koordinate verlaufenden Y-Koordinate wird der erste Schlitten 11 in seiner jeweiligen Stellung auf den Führungen 6; 7 arretiert und es wird die Stellung bzw.

Verschiebung des Schlittens 12 mit dem zweiten Meßstrahlengang und dem Meßreflektor 16 gemessen. Die von dem, dem zweiten Meßstrahlengang zugeordneten Fotoempfänger 20 erzeugten elektrischen Signale werden der Auswerteinrichtung 25 zugeleitet und daraus ein der Verschiebung des zweiten Schlittens 12 proportionaler y-Meßwert bestimmt.

Die Messung der Verschiebung des ersten Schlittens 11 entlang der X-Koordinate kann auch mit nur einem der beiden Meßstrahlengänge bei arretiertem Schlitten 12 erfolgen. In diesem Falle erfolgt jedoch keine Kompensation eventuell auftretender Komparatorfehler.

Dieses Verfahren läßt sich zur Messung von diskontinuierlich durchzuführenden Messungen an Meßobjekten 10, z. B. für Steigungs- und Teilungsmessungen, zur Messung von radialen Abweichungen in definierten Abständen x_i oder auch zur Messung von Steuernocken und Kurvenscheiben in festgelegten x-Abständen rationell einsetzen. Eine Steuerung der entsprechenden Meß- und Verschiebungsschritte der Schlitten kann ein Rechner übernehmen.