



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: G 01 D 5/36

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪

633 105

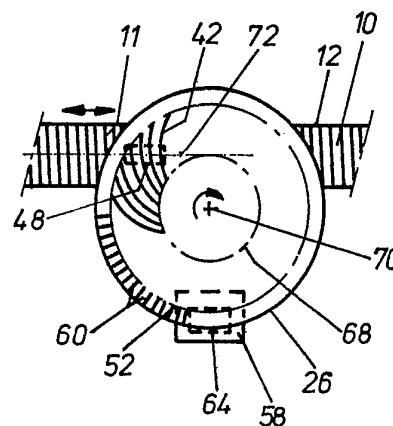
⑮① Gesuchsnummer:	13012/78	⑮③ Inhaber:	Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Traunreut (DE)
⑮② Anmeldungsdatum:	21.12.1978		
⑮③ Priorität(en):	30.12.1977 DE 2758854	⑮④ Erfinder:	Alfons Ernst, Traunreut (DE)
⑮④ Patent erteilt:	15.11.1982		
⑮⑤ Patentschrift veröffentlicht:	15.11.1982	⑮⑦ Vertreter:	Scheidegger, Zwicky & Co., Zürich

⑮⑤ Vorrichtung zum Messen der Verschiebung und/oder der Geschwindigkeit eines bewegten Körpers.

⑮⑦ Der parallel zum Verschiebungsweg eines Körpers ausgerichtete Stab (12) trägt ein optisches Streifenmuster (10) mit vorzugsweise senkrecht zur Stab längsachse verlaufenden Streifen (11). Dem Stab (12) ist eine rotierende Scheibe (26) zugeordnet, die ein optisches Streifenmuster (42) aus gekrümmten Streifen aufweist. In einem verhältnismässig kleinen Bildfeld (48) wird das Streifenmuster auf dem anderen abgebildet. Dem Bildfeld ist ein Detektor zugeordnet, der bei rotierender Scheibe ein Messsignal mit einer von der Scheibenstreifenzahl und der Scheibendrehzahl abhängigen Frequenz liefert.

Die Streifen des Scheiben-Streifenmusters (42) sind in Form von Evolventen angeordnet, die von einem Grundkreis (68) ausgehen. Der Grundkreis (68) ist auf den Scheibendrehpunkt (70) zentriert. Das Bildfeld (48) ist auf der Scheibe so angeordnet, dass eine Tangente (72) des Grundkreises die Stabstreifen (11) im Bildfeld (48) unter einem rechten Winkel schneidet.

Diese Streifenausbildung gestattet eine nahezu vollständige überlappende Abdeckung, die ein Messsignal mit niedrigem Störsignalanteil und hohem Signalpegel ergibt. Zudem kann das Messsignal eine hohe Frequenz haben, die für eine hohe Messgenauigkeit benötigt wird.



PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zum Messen der Verschiebung und/oder der Geschwindigkeit eines relativ zu einer Bezugsfläche bewegten Körpers mit einer ein optisches, spiralenförmiges Streifenmuster aufweisenden, auf der Bezugsfläche unverrückbar oder der Bewegung des Körpers folgend gelagerten, rotierenden Scheibe, einem der Bewegung des Körpers folgenden bzw. an der Bezugsfläche angebrachten Stab mit einem optischen Streifenmuster aus quer zur Bewegungsrichtung angeordneten Streifen, mit einer optischen Anordnung zur Erzeugung einer Abbildung eines der Streifenmuster auf das andere Streifenmuster, einem Detektor zur Messung des vom anderen Streifenmuster abgegebenen Lichtes, einer Einrichtung zur Erzeugung eines Referenzsignals und einer Schaltung zur Auswertung des Referenzsignals und des vom Detektor abgegebenen Messsignals, dadurch gekennzeichnet, dass die Streifen (44) des Streifenmusters (42) der Scheibe (26, 27) in Form von Evolventen angeordnet sind, die von einem im Drehpunkt (70) der Scheibe (26, 27) zentrierten Grundkreis (68) ausgehen, und dass in der Abbildung (40) des einen Streifenmusters (10) auf dem anderen Streifenmuster (42) die Streifen (11') des Streifenmusters (10) des Stabes (12) im wesentlichen senkrecht zu einer durch die Strecke dieser Streifen (11') gehenden Tangente (72) an den Grundkreis (68) der Streifen (44) des Streifenmusters (42) der Scheibe (26, 27) angeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge (γ) der Tangente (72) zwischen Grundkreis (68) und den Streifen (11', 44) der Streifenmuster (10, 42) in der Abbildung (40) grösser ist, als die Länge (b) der Streifen (11', 44) der Streifenmuster (10, 42) in der Abbildung (40).

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Streifenmuster (10, 42) aus abwechselnd lichtdurchlässigen und -undurchlässigen oder abwechselnd reflektierenden und absorbierenden Streifen (11, 44) gebildet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Streifen (11', 44) beider Streifenmuster (10, 42) in der Abbildung (40) gleich breit sind.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Erzeugung eines Referenzsignals eine Abtasteinrichtung (50, 54, 56, 58, 62) zur Abtastung eines insbesondere optischen Referenzmusters (42, 52) der Scheibe (26) mittels eines Detektors (50) umfasst.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Streifenmuster (42) der Scheibe (26) als das Referenzmuster ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzmuster als Streifenmuster (52) mit radial verlaufenden Streifen (60) ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Funktionsgenerator, insbesondere ein quarzstabilisierter Multivibrator (93) vorgesehen ist, von dem bei mit konstanter Geschwindigkeit angetriebener Scheibe (26, 27) das Referenzsignal (f_2) abgegeben ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltung (74; 76, 78) einen Vorwärts-Rückwärtszähler (80) zur Bildung eines die Verschiebung des Körpers (14) darstellenden Bezugssignals (g) umfasst, der die aus dem Messsignal (f_1) und dem Referenzsignal (f_2) abgeleiteten Signale ($1000 f_1$, $1000 f_{10}$; $100 f_1$, $20 f_2$) addiert bzw. subtrahiert

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltung (74; 76, 78) mindestens einen Unterteiler (86, 88, 90, 92; 86', 88', 90', 89; 112) umfasst, der ein Ausgangssignal mit einer um einen vorgegebenen Faktor grösseren Frequenz als ein Eingangssignal abgibt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 7, 9, 10,

dadurch gekennzeichnet, dass zum Antrieb der Scheibe (26, 27) eine Antriebseinrichtung (22, 94, 100, 108) vorhanden ist, durch die die Scheibe (26, 27) mit einer derart geregelten Geschwindigkeit angetrieben ist, dass das Messsignal (f_1) konstant ist.

Die Erfindung liegt auf dem Gebiete von Vorrichtungen zum Messen der Verschiebung und/oder der Geschwindigkeit eines relativ zu einer Bezugsfläche bewegten Körpers mit einer ein optisches, spiralenförmiges Streifenmuster aufweisenden, auf der Bezugsfläche unverrückbar oder der Bewegung des Körpers folgend gelagerten, rotierenden Scheibe, einem der Bewegung des Körpers folgenden bzw. an der Bezugsfläche angebrachten Stab mit einem optischen Streifenmuster aus quer zur Bewegungsrichtung angeordneten Streifen, mit einer optischen Anordnung zur Erzeugung einer Abbildung eines der Streifenmuster auf das andere Streifenmuster, einem Detektor zur Messung des vom anderen Streifenmuster abgegebenen Lichtes, einer Einrichtung zur Erzeugung eines Referenzsignals und einer Schaltung zur Auswertung des Referenzsignals und des vom Detektor abgegebenen Messsignals.

Bei einer bekannten Vorrichtung dieser Art besteht das optische Streifenmuster aus einer langen, vielfach gewundenen, lichtdurchlässigen Spirale in der sonst lichtundurchlässigen Scheibe (DE-PS 1 177 353, Fig. 4). Die Ganghöhe der Spirale ist konstant und entspricht dem Streifenabstand der geraden, parallelen Streifen des Streifenmusters des nahe der Scheibe angeordneten Stabs. Um die beiden Streifenmuster zumindest in einem kleinen Sektorbereich der Scheibe in möglichst gute Deckung zu bringen, werden die Streifen des Streifenmusters des Stabs tangential zu den Streifen des Streifenmusters der Scheibe im Sektorbereich und somit im wesentlichen senkrecht zu einer Radialen der Scheibe durch den Sektorbereich angeordnet. Von einer Überdeckung der beiden Streifenmuster ausgehend erreicht man bei ruhendem Stab die nächste Überdeckung nach einer Scheibenumdrehung. Die Frequenz des vom Detektor abgegebenen Messsignals ist somit gleich der Rotationsfrequenz der Scheibe.

Dies ist von grossem Nachteil für Schaltungen zur Auswertung des Messsignals, bei denen die Genauigkeit des Ergebnisses zur Frequenz des Messsignals im wesentlichen proportional ist, wie zum Beispiel bei digital arbeitenden Schaltungen, die die Anzahl der Wellenzüge des Messsignals und eines Referenzsignals vergleichen. Um eine gewünschte hohe Genauigkeit zu erreichen, müsste die Scheibe mit einer sehr hohen, technisch nur unter grossem Aufwand realisierbaren Geschwindigkeit angetrieben werden.

Bei einer weiteren bekannten Vorrichtung sind die Streifen des Streifenmusters der Scheibe radial angeordnet (DE-PS 1 177 353, Fig. 2). Die geraden, parallelen Streifen des Streifenmusters des nahe der Scheibe angeordneten Stabs verlaufen hier in dem, dem Detektor zugeordneten Abbildungsbereich parallel zu einer Radialen der Scheibe durch den Mittelpunkt dieses Abbildungsbereiches. Hierbei ist die Frequenz des Messsignals ein Vielfaches der Frequenz der Scheibe, entsprechend der Anzahl der radialen Streifen und damit ausreichend hoch für die im Vorangehenden angesprochenen Schaltungen zur Auswertung des Messsignals. Nachteilig ist hier jedoch, dass die Überdeckung der Streifen der beiden Streifenmuster nur unvollständig gelingt, da die vom Mittelpunkt des Abbildungsbereiches entfernten radialen Streifen einen mit der Entfernung zunehmenden Winkel mit den parallelen Streifen des Streifenmusters des Stabs bilden. Man erhält daher bei einem für ein ausreichend grosses Messsignal ausreichend gross bemessenen Abbildungsbereich ein Messsignal mit hohem Störsignalanteil.

Demgegenüber ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrich-

tung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei der das die Helligkeitsschwankungen des Abbildungsbereichs wiedergebende Messsignal eine zur weiteren Verarbeitung des Signals ausreichende Grösse und Frequenz bei niedrigem Störsignalanteil aufweist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Streifen des Streifenmusters der Scheibe in Form von Evolventen angeordnet sind, die von einem im Drehpunkt der Scheibe zentrierten Grundkreis ausgehen und dass in der Abbildung des einen Streifenmusters auf dem anderen Streifenmuster die Streifen des Streifenmusters des Stabes im wesentlichen senkrecht zu einer durch die Strecke dieser Streifen gehenden Tangente an den Grundkreis der Streifen des Streifenmusters der Scheibe angeordnet sind.

Die gestellte Aufgabe wird dadurch gelöst, weil die evolventenförmigen Streifen des Streifenmusters der Scheibe im Abbildungsbereich gleichen Krümmungsmittelpunkt besitzen (Berührungspunkt der Tangente am Grundkreis) und daher von parallel zueinander angeordneten Streifen des Streifenmusters des Stabes in eine fast vollständig überlappende Abdeckung gebracht werden können. Auf der Scheibe kann ein Streifenmuster mit einer Vielzahl von evolventenförmigen Streifen angebracht werden. Dieser Anzahl entsprechend ist die Frequenz des Messsignals höher als die Frequenz der Scheibe.

Günstig ist es, den Abbildungsbereich so zu legen, dass die Länge der Tangente zwischen Grundkreis und den Streifen der Streifenmuster in der Abbildung grösser ist, als die Länge der Streifen der Streifenmuster in der Abbildung. Dadurch erreicht man, dass aufgrund der geringen relativen Krümmungsradiusänderung zwischen den evolventenförmigen Streifen im Abbildungsbereich die Form dieser Streifen nahezu gleich ist und diese Streifen mit den Streifen des Stabes in sehr gute Überdeckung gebracht werden können. Die Streifen des Stabes können hierbei entweder als nebeneinander gleich orientiert angeordnete, leicht gekrümmte Streifen ausgebildet sein mit einem Krümmungsradius, der einem mittleren Krümmungsradius der evolventenförmigen Streifen der Scheibe entspricht oder als gerade, parallele Streifen. Letztere Ausführungsform ist besonders einfach herzustellen.

Die Streifenmuster können aus abwechselnd lichtdurchlässigen und -undurchlässigen oder abwechselnd reflektierenden und absorbierenden Streifen gebildet sein. Durch geeignete Kombination von lichtdurchlässigen bzw. lichtreflektierenden Streifenmustern lässt sich eine an die jeweilige Versuchsbedingung optimal angepasste Messvorrichtung aufbauen. Für einen am Körper angebrachten Stab beispielsweise ist ein lichtreflektierendes Streifenmuster vorzuziehen. Die restlichen Bauteile der Vorrichtung können in ein vom Körper entferntes Gehäuse eingebaut sein. Dies ist von Bedeutung in Räumen, in denen ungünstige Bedingungen für Messgeräte herrschen (Schmutz, Kühl- und Schmiermittel bei Werkzeugmaschinen, bei denen Verschiebungen gemessen werden sollen).

Das vom Abbildungsbereich abgegebene Licht erhält dann gleich lange Hell- und Dunkelphasen, wenn die Streifen beider Streifenmuster in der Abbildung gleich breit sind. Das vom Detektor abgegebene Messsignal eignet sich besonders gut für die Auswertung durch die Schaltung.

Wird der Körper in Bewegung gesetzt, und damit eines der beiden Streifenmuster beispielsweise das des Stabes, so ändert sich das Messsignal in Phase und Frequenz gegenüber dem Messsignal bei ruhendem Körper. Die Frequenzänderung ist dabei der Geschwindigkeit des Körpers, die Phasenverschiebung der vom Körper zurückgelegten Strecke proportional. Zur Ermittlung der von der Bewegung des Körpers herrührenden Änderungen des Messsignals wird dieses mit einem Referenzsignal verglichen. Man kann dadurch ein Referenzsignal erhalten, dass die Einrichtung zur Erzeugung eines Referenzsignals eine Abtasteinrichtung zur Abtastung eines insbesondere optischen

Referenzmusters der Scheibe mittels eines Detektors umfasst. Dies hat den Vorteil, dass sich eventuelle Drehzahlschwankungen der Scheibe in gleicher Weise auf das Messsignal wie das Referenzsignal auswirken und, bei geeigneter Auswertung durch die Schaltung, das Messergebnis nicht beeinflussen. Diese Lösung bietet den zusätzlichen Vorteil, dass Rundlauffehler der Lagerung der Scheibe keine Messfehler verursachen, da der das Messsignal abgebende Detektor und die das Referenzsignal abgebende Abtasteinrichtung in Messrichtung genau fluchtend angeordnet werden können.

Es erübrigt sich ein eigenes Referenzmuster, wenn das Streifenmuster der Scheibe als das Referenzmuster ausgebildet ist.

Ist es jedoch erwünscht, ein Referenzsignal möglichst hoher Frequenz zu erhalten, so ist es günstiger, das Referenzmuster als Streifenmuster mit radial verlaufenden Streifen auszubilden, da ein eigens hergestelltes Referenzmuster dichter als das für die Abbildung eines Streifenmusters bestimmte evolventenförmige Streifenmuster der Scheibe belegt werden kann und radial verlaufende Streifen besonders einfach herzustellen sind.

Auf die Abtasteinrichtung kann verzichtet werden, wenn ein Funktionsgenerator, insbesondere ein quarzstablisierter Multivibrator vorgesehen wird, von dem bei mit konstanter Geschwindigkeit angetriebener Scheibe das Referenzsignal abgegeben ist.

Die Schaltung zur Auswertung des Referenzsignals und des Messsignals kann so ausgeführt sein, dass die Schaltung einen Vorwärts-Rückwärtszähler zur Bildung eines die Verschiebung des Körpers darstellenden Bezugssignals umfasst, der aus dem Messsignal und dem Referenzsignal abgeleitete Signale addiert bzw. subtrahiert. Diese Schaltung lässt sich einfach aufbauen und liefert ein die Verschiebung des Körpers darstellendes, digitales Bezugssignal, welches sich gut zur Weiterverarbeitung in Datenverarbeitungsanlagen, beispielsweise Werkzeugmaschinensteuerungen, eignet.

Die Genauigkeit der Messung wird erhöht, wenn man dem Vorwärts-Rückwärtszähler aus dem Messsignal und dem Referenzsignal abgeleitete Signale mit sehr hoher Frequenz zuführt. Hierzu kann die Schaltung mindestens einen Unterteiler umfassen, der ein Ausgangssignal mit einer um einen vorgegebenen Faktor grösseren Frequenz als ein Eingangssignal abgibt.

Zum Antrieb der Scheibe kann auch eine Antriebseinrichtung vorhanden sein, durch die die Scheibe anstatt mit konstanter Geschwindigkeit mit einer derart geregelten Geschwindigkeit angetrieben ist, dass das Messsignal konstant ist.

Das Signal, dessen Änderung von der Schaltung zur Bildung des Bezugssignals ausgewertet wird, ist dann das Referenzsignal, welches bei einem mit besonders vielen Streifen ausgebildeten Referenzmuster eine für die Auswertung in der Schaltung günstige hohe Frequenz besitzt.

Die Erfindung soll im folgenden anhand der Zeichnung in einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung im Schnitt des mechanisch-optischen Aufbaus der erfindungsgemässen Vorrichtung;

Fig. 2 eine Ansicht entlang der Linie II-II der Fig. 1 unter Weglassung von Gehäuse und Beleuchtungseinrichtungsteilen mit einer ersten Ausführungsform der Scheibe;

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform der Scheibe;

Fig. 4 einen Teilausschnitt aus den Scheiben nach Fig. 2 oder Fig. 3;

Fig. 5 eine erste Ausführungsform einer Schaltung zur Auswertung eines Referenzsignals und eines Messsignals und

Fig. 6 eine zweite Ausführungsform einer solchen Schaltung.

In Fig. 1 ist ein mit einem Streifenmuster 10 aus abwechselnd reflektierenden und lichtabsorbierenden Streifen 11 Fig. 2 versehener Stab 12 gezeigt, der mit einem Körper 14 verbunden ist, dessen Bewegung relativ zu einer Bezugsfläche 16 gemessen werden soll. Hierzu ist im Abstand zu diesem Stab 12 ein Ge-

häuse 18 auf der Bezugsfläche 16 aufgestellt, welches für die Messung notwendige Baukomponenten staubdicht und bis auf eine Messöffnung 20 lichtdicht abschliesst und diese Baukomponenten vor einer mechanischen Beschädigung schützt. Innerhalb des Gehäuses 18 rotiert eine von einem Motor 22 über eine Kupplung 24 angetriebene Scheibe 26, die in einem Kugel- oder Wälzlager 28 spielfrei gelagert ist. Innerhalb des Gehäuses 18 ist eine erste Lichtquelle 30, insbesondere eine Halbleiterlichtquelle angeordnet, die mittels eines halbdurchlässigen Spiegels 32 und einer Anordnung von Linsen ein Bild 40 des Streifenmusters 10 des Stabs 12 auf der Scheibe 26 erzeugt. Hierzu wird die Lichtquelle 30 über eine Kondensorlinse 34 und den halbdurchlässigen Spiegel 32 in eine Linse 36 abgebildet. Die Linse 36 befindet sich im Brennpunkt einer Feldlinse 38 in der Messöffnung 20, die die Lichtquelle 30 ins Unendliche abbildet und daher das Streifenmuster 10 gleichmässig ausleuchtet. Die Anordnung der Linse 36 und der Feldlinse 38 ist so getroffen, dass die Streifen 11 scharf auf die Scheibe 26 abgebildet sind. Sie bilden hier die Streifen 11 der Abbildung 40 Fig. 4. Da die Scheibe 26 ein im folgenden noch zu behandelndes Streifenmuster 42 aus abwechselnd lichtdurchlässigen und lichtundurchlässigen Streifen 44 besitzt, kann durch die mit dem Bild 40 des Streifenmusters 10 des Stabs 12 beleuchtete Scheibe 26 Licht hindurchtreten und von einem lichtempfindlichen Detektor 46 gemessen werden. Da die Scheibe 26 rotiert, erhält man auch bei ruhendem Körper 14 ein Messsignal f_1 mit wechselnder Amplitude entsprechend der wechselnden gegenseitigen Abdeckung der beiden Streifenmuster 40 und 42. In Fig. 2 sieht man die Scheibe 26 von der Seite des Detektors 46 aus. Die auf die andere Seite der Scheibe 26 projizierte Abbildung 40 des Streifenmusters 10 des Stabs 12 ist mit einer gestrichelten Umfangsline 48 angedeutet. Das aus dem von dieser Umfangsline 48 umschlossenen Bereich kommende Licht wird vom Detektor 46 aufgefangen. Zur Bildung eines von der Bewegung der Körpers 14 unabhängigen Referenzsignals f_2 ist hinter der Scheibe 26 ein zweiter Detektor 50 angebracht, der ein gleichmässig beleuchtetes Referenzmuster 52 der Scheibe 26 abtastet. Hierzu wird das Referenzmuster 52 von einer zweiten Lichtquelle 54 Fig. 1 über eine Kondensorlinse 56 beleuchtet. Zwischen Lichtquelle 54 und Detektor 50 ist eine Blende 58 angeordnet, die entweder eine einzige Blendenöffnung in der Breite von Streifen 60 des Referenzmusters 52 besitzt, oder die ein dem Referenzmuster 52 entsprechendes Streifenmuster 56 aufweist. In Fig. 2 ist die Blende 58 sowie der durch das Streifenmuster 62 der Blende hindurch beleuchtete Bereich des Referenzmusters 52 gezeigt. Dieser Bereich ist durch die strichlierte Umfangsline 64 angedeutet.

Das Streifenmuster 10 des Stabes 12 ist aus hochreflektierenden und lichtabsorbierenden Streifen 11 gleicher Breite von beispielsweise 0,5 mm, d.h. einer Periode von 1 mm zusammengesetzt. Ein rechteckiges, beispielsweise 11×25 mm grosses Feld des Streifenmusters 10 wird als Abbildung 40 auf die Scheibe 26 abgebildet in den von der Umfangsline 48 begrenzten Bereich. Entsprechend dem im beschriebenen Beispiel gewählten Abbildungsmaßstab der Linsenanordnung aus Linse 36 und Feldlinse 38 von $1 : 5,5$ hat die Abbildung 40 eine Länge l von 4,5 mm und eine Breite b von 2 mm. In Fig. 4 sind einige der abgebildeten Streifen 11' des Streifenmusters 10 in der Abbildung 40 punktiert angedeutet. Deren Periode t ist 0,18 mm. Die Streifen 11' sind auf die evolventenförmigen Streifen 44 des Streifenmusters 42 der Scheibe 26 projiziert. Dies ist in Fig. 4 dargestellt, jedoch mit übertrieben grosser Krümmung der Streifen 44 zur Verdeutlichung der Zeichnung. Der Krümmungsradius γ der Streifen 44 ergibt sich aus der Lage der Abbildung 40 auf der Scheibe 26. Fig. 3 zeigt eine Scheibe 27, bei der das Streifenmuster 42 auch als Referenzmuster dient, was durch die Umfangsline 64 innerhalb des evolventenförmigen Streifenmusters 42 angedeutet ist. Entsprechend Fig. 1 und

2 tastet der Detektor 50 den durch diese Umfangsline 64 begrenzten Bereich der Scheibe 66 ab.

Die Streifen 42 folgen Evolventen, siehe Fig. 3, die die Bahnkurven der Enden unterschiedlich langer Fäden bei Abwicklung von einem Grundkreis 68 beschreiben. Der Krümmungsradius γ eines Evolventenpunktes, beispielsweise innerhalb der Umfangsline 48 ist daher die Länge der Tangente 72 an den Grundkreis 68, zwischen Evolventenpunkt und Grundkreis 68. Der Grundkreis 68 ist im Drehpunkt 70 der Scheibe 27 zentriert. Die Streifen 44 sind geringfügig mit einer Wölbungshöhe h (Fig. 4) gewölbt, welche klein sein muss gegenüber der Periode t .

Dies wird dadurch erreicht, dass der Krümmungsradius γ gross gegenüber der Breite b gewählt wird. Entsprechend der Beziehung $h = \frac{b^2}{8\gamma}$ erhält man bei einem Krümmungsradius γ von beispielsweise 25 mm und einer Breite b von 2 mm eine Wölbungshöhe h von 0,02 mm.

Da die Tangente 72 gleichzeitig Radiale für die Streifen 44 ist, werden die Streifen 11 des Streifenmusters 10 so in die Abbildung 40 projiziert, dass sie senkrecht auf der Tangente 72 stehen. Sie sind dann gleich orientiert wie die Streifen 44 und geben eine scharfe Abdeckung der beiden Muster 40 und 42.

Die von den Detektoren 46 und 50 erzeugten Signale f_1 und f_2 werden einer Schaltung 74 zugeführt (Fig. 1), die ein die Verschiebung des Körpers 14 darstellendes Bezugssignal g erzeugt. Dieses Signal kann einer Anzeigevorrichtung oder einer Steuerung, beispielsweise einer Werkzeugmaschinensteuerung, zugeführt werden (in Fig. 1 nicht dargestellt). In den Fig. 5 und 6 sind zwei bevorzugte Ausführungsformen 76 und 78 der Schaltung 74 gezeigt. Beiden Ausführungsformen 76 und 78 gemeinsam ist ein Vorwärts-Rückwärtszähler 80, der aus dem Signal f_1 abgeleitete Rechteckimpulse addiert und davon aus dem Signal f_2 gewonnene Rechteckimpulse subtrahiert. Um die Genauigkeit dieses Ergebnisses zu verbessern, haben diese Rechteckimpulse jeweils eine um einen vorgegebenen Faktor grössere Frequenz als die Signale f_1 und f_2 .

Diese Rechteckimpulse hoher Frequenz erhält man in der ersten Ausführungsform 76 in folgender Weise. Das Signal f_1 wird einem Wechselspannungsverstärker 82 und daran anschliessend einer Schmitt-Triggerstufe 84 zugeführt, die die in Fig. 5 dargestellten sinusförmigen bzw. rechteckimpulsförmigen Signale der gleichen Frequenz wie f_1 erzeugen.

Gleichzeitig erzeugt ein spannungsgesteuerter Multivibrator 86 (VCO) ein Rechtecksignal mit einer Frequenz $1000 \times f_1'$. Dieses Signal wird durch einen Teiler 88 in ein Rechtecksignal der Frequenz f_1' umgewandelt. Ein Multiplikator 90 bildet das Produkt aus f_1 und f_1' und führt dies einem Tiefpassfilter 92 zu, der daraus ein Gleichstromsignal erzeugt. Dieses Gleichstromsignal ist von null verschieden, falls f_1 und f_2 nicht identisch mit gleicher Phasenlage sind und regelt den spannungsgesteuerten Multivibrator 86 in der Weise, dass jegliche Phasenabweichung zwischen den Signalen f_1 und f_1' verschwindet. Es steht dann am Ausgang des Multivibrators 86 ein Signal mit einer Frequenz $1000 \times f_1$ zur Verfügung.

In gleicher Weise kann aus dem Signal f_2 ein Signal mit der Frequenz $1000 \times f_2$ gewonnen werden. Wird ein Referenzmuster mit einer Streifenanzahl verwendet, die sich von der des evolventenförmigen Streifenmusters 42 unterscheidet, so muss aus der Frequenz f_2 eine zweite Frequenz f_{10} gewonnen werden, die bei ruhendem Körper 14 mit der Frequenz f_1 identisch ist. In diesem Falle wird ein Teiler 89 verwendet, der den Ausdruck

$\frac{1}{1000} \cdot \frac{f_2}{f_{10}}$ bildet. Die restlichen zur Bildung des Signals $1000 \times f_{10}$ aus dem Signal f_2 notwendigen Komponenten sind die gleichen wie die bereits besprochenen für die Auswertung des Signals f_1 und daher mit denselben Bezugswerten, jedoch gestrichen gekennzeichnet.

Durch die beschriebene Ausführungsform 76 der Schaltung 74 wird eine Unterteilung um den Faktor Tausend erreicht, d.h. eine Unterteilung des Streifenmusters 10 mit einer Periode von 1 mm auf eine Periode von 0,001 mm. Andere Unterteilungsfaktoren sind bei sinngemässer Anwendung des beschriebenen Prinzips möglich.

Ist die Rotationsfrequenz der Scheibe 26, 27 für die angestrebte Genauigkeit einer Messung ausreichend konstant, so kann man das Referenzsignal statt vom Detektor 50 als Signal f_2 von einem Multivibrator 93 mit der Frequenz $1000 f_{10}$ abnehmen, und dem Vorwärts-Rückwärtszähler 80 zuführen, wie in Fig. 5 mit unterbrochenen Linien gezeigt.

Die Frequenz des nicht konstant gehaltenen Signals f_1 , f_2 sollte möglichst hoch sein, damit die Anforderungen an den Tiefpassfilter 92 bzw. 92' der jeweiligen Unterteilerschaltung 86, 88, 90, 92 bzw. 86', 88', 90', 92' gering gehalten werden können. Da das Referenzmuster als am Aussenrand der Scheibe liegendes radiales Streifenmuster 52 mit sehr hoher Streifenanzahl gefertigt werden kann, ist es von Vorteil, die Frequenz der Scheibe 26, 27 derart zu regeln, dass das Messsignal f_1 konstant ist und das Referenzsignal f_2 entsprechend der Bewegung des Körpers 14 variiert. Die Unterteilerschaltung 86, 88, 90, 92 für die niedrige Frequenz f_1 kann daher entfallen und das konstante Signal f_1 von einem Multivibrator abgeleitet werden. Der Tiefpassfilter 92' für die hohe Frequenz f_2 kann einfach aufgebaut sein.

Die Schaltungsanordnung zur Realisierung dieses Messprinzips ist in Fig. 6 als zweite Ausführungsform 78 gezeigt. Der Motor 22 wird hierbei so geregelt, dass das vom Detektor 46 abgegebene Messsignal f_1 gleich einem vorgegebenen konstanten Signal f_1' wird. Dieses konstante Signal f_1' wird aus einem Multivibrator 94 abgeleitet, der ein Signal $1000 f_1'$ abgibt. Aus dem Signal $1000 f_1'$ wird mit Hilfe zweier Unterteiler 96 und 98 das Signal f_1' gebildet und einem Multiplikator 100 zugeführt. Gleichzeitig wird dem Multiplikator 100 das von einem Verstärker 102 und einer nachgeschalteten Schmitt-Triggerstufe 104 umgeformte Signal f_1 zugeführt. Das durch einen Tiefpassfilter

106 geführte Ausgangssignal des Multiplikators 100 regelt einen spannungsgesteuerten Multivibrator 108, der über einen Verstärker 110 den Motor 22 der Scheibe 26, 27 antreibt. Der Motor 22 ist dabei so geregelt, dass die Abweichungen zwischen Signal f_1 und f_1' verschwinden.

Das Signal $100 f_1'$ (oder gegebenenfalls $1000 f_1'$ entsprechend Fig. 5) wird dem Vorwärts-Rückwärtszähler 80 zugeführt.

Das Signal f_2 kann durch eine der Fig. 5 entsprechende, stark unterteilende Schaltungsanordnung geführt werden. Falls geringere Genauigkeit ausreichend ist, kann das Signal f_2 geringer unterteilt werden. In Fig. 6 ist ein als einfaches Netzwerk ausgebildeter, zwanzigfach unterteilender Teiler 112 gezeigt. Ihm wird das von einem Verstärker 114 verstärkte Signal f_2 zugeführt. Hierbei ist ein drittes, zum Signal f_2 um 90° phasenverschobenes Signal f_3 erforderlich, das von einem ebenfalls das Referenzmuster 52 abtastenden Detektor 51 abgegeben ist und das von einem Verstärker 116 verstärkt wird (unterbrochene Linie in Fig. 6). Das Ausgangssignal $20 f_2$ des Teilers 112 wird dem Vorwärts-Rückwärtszähler 80 zugeführt.

Zur Messung grosser Verschiebungen des Körpers 14 wird ein aus mehreren Teilstücken von beispielsweise je 250 mm Länge zusammengesetzter Stab 12 verwendet. Die Herstellung einzelner Teilstücke ist billiger als die Herstellung eines ganzen Stabes 12. Für die Herstellung ist es auch günstig, dass die Periode des Streifenmusters 10 mit 1 mm relativ gross ist. Sind grössere Genauigkeiten erforderlich, so verwendet man einen durchgehenden, präzise gefertigten Stab 12. Während im Vorangegangenen durch Auswertung der von den Detektoren 46, 50 abgegebene Signale f_1 und f_2 die Verschiebung des Körpers 14 ermittelt wurde, kann durch Vergleich der Frequenzen von f_1 und f_2 auch die momentane Geschwindigkeit des Körpers 14 ermittelt werden. Die im Vorangegangenen beschriebene Vorrichtung ist kostengünstig herzustellen, ist einfach im Aufbau und ermöglicht eine zuverlässige, genaue Messung der Bewegung des Körpers 14.

Fig. 1

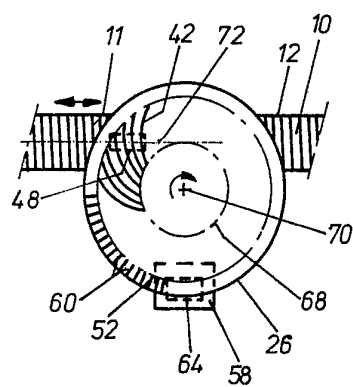
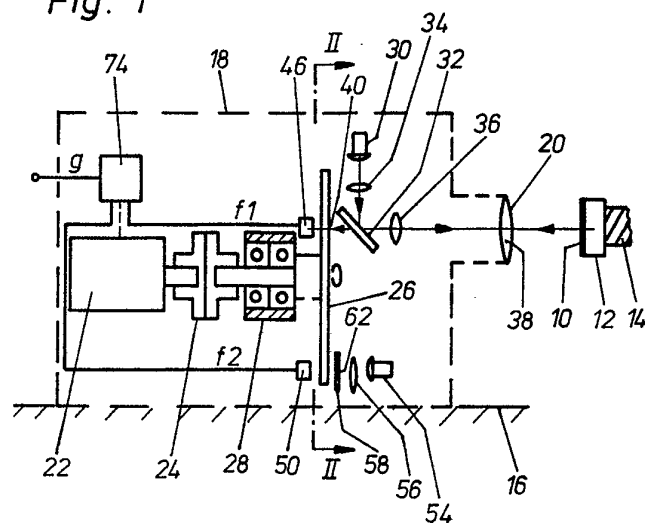


Fig. 2

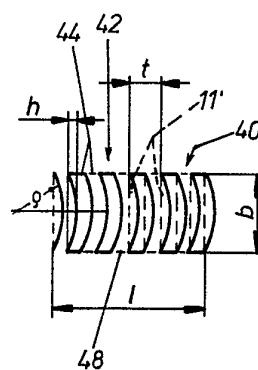
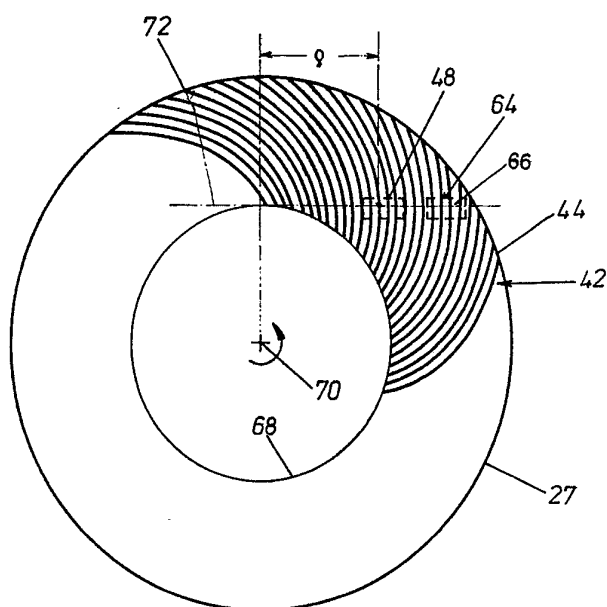


Fig. 4

Fig. 3



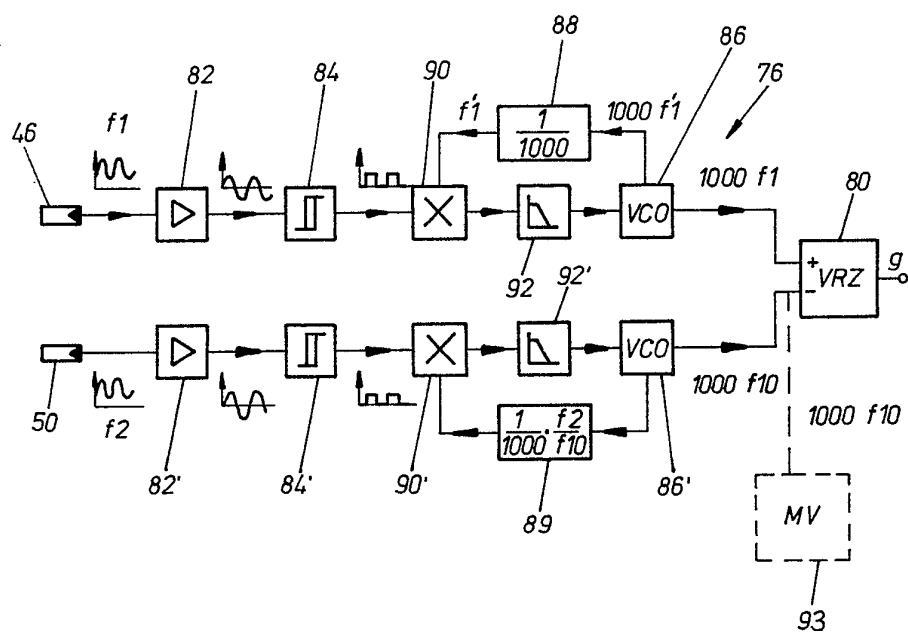


Fig. 5

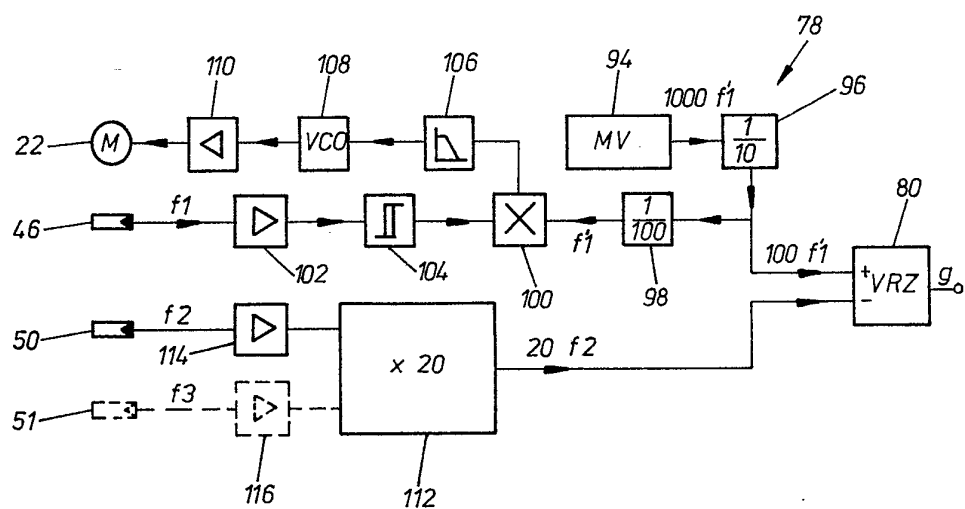


Fig. 6