



(10) **DE 100 28 136 B4** 2011.01.27

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 28 136.2**
(22) Anmeldetag: **02.06.2000**
(43) Offenlegungstag: **07.12.2000**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.01.2011**

(51) Int Cl.⁸: **G01D 5/347** (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01)
G01D 5/249 (2006.01)
G01B 7/30 (2006.01)

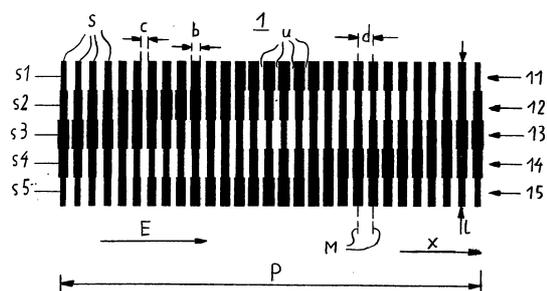
Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

<p>(66) Innere Priorität: 199 27 034.1 04.06.1999</p> <p>(73) Patentinhaber: Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301 Traunreut, DE</p> <p>(74) Vertreter: Maikowski & Ninnemann Patentanwälte, 10707 Berlin</p>	<p>(72) Erfinder: Burgschat, Reiner, 07745 Jena, DE; Wilhelm, Jörg, Prof. Dr.-Ing., 35580 Wetzlar, DE</p> <p>(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:</p> <table><tr><td>DE</td><td>195 27 287</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>44 36 784</td><td>A1</td></tr><tr><td>JP</td><td>59-2 26 822</td><td>A</td></tr></table>	DE	195 27 287	A1	DE	44 36 784	A1	JP	59-2 26 822	A
DE	195 27 287	A1								
DE	44 36 784	A1								
JP	59-2 26 822	A								

(54) Bezeichnung: **Positionsmeßsystem**

(57) Hauptanspruch: Positionsmeßsystem zur Bestimmung der relativen Lage zweier zueinander beweglicher Objekte mit

- einer dem ersten Objekt zugeordneten Inkrementalspur mit einer periodischen Strichstruktur, deren Striche quer zur Erstreckungsrichtung der Inkrementalspur ausgerichtet sind,
- einer dem zweiten Objekt zugeordneten Abtasteinheit zur Abtastung der Strichstruktur und zur Erzeugung eines entsprechenden Inkrementalsignales sowie
- Mitteln zur Erzeugung einer Absolutpositionsinformation bezüglich der Lage der zueinander beweglichen Objekte, wobei die Ausdehnung (b) der Striche (s) entlang der Erstreckungsrichtung (E) der Inkrementalspur (1) zumindest auf einem Teil der Breite (l) der Inkrementalspur (1) derart variiert, daß der periodischen Strichstruktur eine Struktur mit einer Absolutpositionsinformation überlagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Striche (s) der Inkrementalspur (1) jeweils Abschnitte (s1–s5) unterschiedlicher Ausdehnung (b) in Erstreckungsrichtung (E) der Inkrementalspur (s) aufweisen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Positionsmesssystem zur Bestimmung der relativen Lage zweier zueinander beweglicher Objekte nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bei einem derartigen inkrementalen Positionsmesssystem ist dem ersten der zueinander beweglichen Objekte ein Codeträger in Form eines Maßstabes (im Fall eines Linearmaßsystems) oder in Form einer Teilscheibe (im Fall eines rotatorischen Maßsystems) zugeordnet, der eine längserstreckte Inkrementalspur mit einer periodischen Strichstruktur aufweist. Die Strichstruktur der Inkrementalspur wird mit einer dem zweiten Objekt zugeordneten Abtasteinheit in Form eines geeigneten Sensorsystems abgetastet. Aus den Ausgangssignalen der Sensoren kann mit einer Auswerteeinheit der Betrag der Verschiebung der beiden Objekte zueinander relativ zu der Lage bestimmt werden, in der sich die beiden Objekte beim Einschalten des Positionsmesssystems befanden. Dies gestattet (bei Kenntnis der relativen Lage der Objekte beim Einschalten des Positionsmesssystems) eine kontinuierliche Bestimmung der Lage der beiden Objekte zueinander.

[0003] In vielen Anwendungsfällen ist es erforderlich, zusätzlich zu der hochgenauen inkrementalen Positionsmessung eine Absolutpositionsinformation zur Verfügung zu stellen, um die Lage der beiden Objekte zueinander direkt bestimmen zu können. Hierzu ist es üblich, auf dem Codeträger neben der Inkrementalspur eine zusätzliche Referenz- oder Synchronspur anzuordnen, aus der sich unmittelbar die Lage der Objekte zueinander bestimmen läßt. Die zusätzliche Spur führt jedoch zu einem erhöhten Platzbedarf auf dem Codeträger.

[0004] Eine andere Möglichkeit zur Erzeugung einer Absolutpositionsinformation bei einem inkrementalen Positionsmesssystem ist aus der JP-A 59-22 6822 für ein Winkelmeßsystem bekannt, das als Codeträger eine Teilscheibe aufweist, auf der sich entlang ihres Umfangs eine Inkrementalspur erstreckt. Dabei variiert die Breite der Inkrementalspur quer zu ihrer Erstreckungsrichtung auf der Teilscheibe. Diese Variation führt zu einer Modulation der Amplitude des Inkrementalsignals, die somit die Absolutpositionsinformation enthält. Hierbei besteht jedoch das Problem, daß die elektronische Trennung des Inkrementalsignalsanteils von dem Absolutpositionsteil sehr aufwendig ist.

[0005] Aus der DE 44 36 784 A1 ist ein absolutes Positionsmesssystem bekannt, das als Längenmesssystem mit Maßstab oder als Winkelmesssystem mit Teilkreis ausgeführt sein kann und das eine inkrementale Strichteilung aufweist, die gleichzeitig mit einem die Absolutposition des Teilungsträgers be-

schreibenden Code versehen ist. Dieser Code wird dadurch gebildet, daß die Striche der (entlang eines Maßstabes erstreckten oder entlang eines Kreises verlaufenden) Teilung jeweils eine unterschiedliche, aber entlang ihrer gesamten Länge (also entlang ihrer Ausdehnung quer zur Erstreckungsrichtung der Teilung) konstante, Breite und dabei einen gleichbleibenden gegenseitigen Abstand aufweisen. Der Strichcode wird von einem CCD-Array ausgelesen.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein inkrementales Positionsmesssystem der eingangs genannten Art zu verbessern, bei dem mit möglichst einfachen Mitteln eine Absolutpositionsinformation über die Lage der beiden zueinander bewegbaren Objekte gewonnen werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Schaffung eines Positionsmesssystems mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0008] Danach variiert die Ausdehnung der einzelnen Striche der Inkrementalspur entlang der Erstreckungsrichtung der Inkrementalspur derart, daß der periodischen Strichstruktur eine Struktur mit einer Absolutpositionsinformation überlagert ist. Die Periodizität der zugrundeliegenden Strichstruktur kann dabei dadurch gewahrt werden, daß die Abstände der Längsachsen der einzelnen Striche entlang der Erstreckungsrichtung der Inkrementalspur konstant gehalten werden.

[0009] Weiterhin weisen die einzelnen Striche der Inkrementalspur jeweils mehrere Abschnitte mit unterschiedlicher Strichbreite auf, wobei die Breiten der einzelnen Abschnitte eines Striches gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung jeweils derart gewählt sind, daß alle Striche der Inkrementalspur im wesentlichen die gleiche Fläche auf dem Codeträger überdecken. Dementsprechend überdecken (bei konstantem Abstand der Längsachsen der Striche) die Zwischenräume (Lücken) zwischen den benachbarten Strichen jeweils im wesentlichen die gleiche Fläche. Somit besteht entlang der Inkrementalspur ein konstantes Strichbreite-Lücke-Verhältnis, das die Erzeugung eines Inkrementalsignals mit einer konstanten Amplitude gestattet.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung beruht auf der Erkenntnis, daß die gewünschte Absolutpositionsinformation unmittelbar aus der Strichstruktur der Inkrementalspur selbst gewonnen werden kann, wenn die Ausdehnung der Striche unter Beibehaltung von deren periodischer Anordnung variiert wird. Mit anderen Worten ausgedrückt, sind die Striche wie bei einer konventionellen Inkrementalspur in einem konstanten Abstand bezüglich ihrer Längsachsen angeordnet; es variiert lediglich die Ausdehnung der Striche quer zu den Längsachsen (im folgenden Variation der Strichbreite genannt). Die Integration der

Absolutpositionsinformation in die Strichstruktur der Inkrementalspur ermöglicht einen besonders kompakten Aufbau des Positionsmeßsystems, da lediglich eine einzige Spur abgetastet werden muß.

[0011] Die erfindungsgemäße Lösung scheint auf den ersten Blick wegen der Variation der Ausdehnung der Striche in Erstreckungsrichtung der Inkrementalspur die Erzeugung eines periodischen Inkrementalsignals nicht zuzulassen. Es wurde jedoch gefunden, daß es eine Vielzahl von Möglichkeiten gibt, die Strichbreite derart zu variieren, daß mit einem geeigneten Abtastsystem sowohl die Erzeugung des periodischen Inkrementalsignals als auch die Erzeugung eines die Absolutpositionsinformation enthaltenden Signals ohne weiteres möglich sind.

[0012] Die Variation der Strichbreite muß dabei nicht zwingend über die gesamte Breite der Inkrementalspur (Ausdehnung der Inkrementalspur quer zu ihrer Erstreckungsrichtung) erfolgen. Vielmehr kann die Variation der Strichbreite auch nur auf einem Teil der Breite der Inkrementalspur vorgesehen sein. (Die Ausdehnung der Inkrementalspur quer zu ihrer Erstreckungsrichtung wird in den Ansprüchen aus Gründen der Knappheit und besseren Übersichtlichkeit der Ansprüche kurz als Breite der Inkrementalspur bezeichnet.)

[0013] Die Variation der Strichbreite erfolgt vorzugsweise nach einer oszillierenden Funktion, insbesondere einer periodisch oszillierenden Funktion. Im Fall eines rotatorischen Meßsystems ermöglicht dies ohne weiteres die Erzeugung einer Absolutpositionsinformation, wenn die Periode der oszillierenden Funktion mindestens so groß ist wie die Länge der Inkrementalspur. Im Fall von Linearmeßsystemen kann es demgegenüber zweckmäßig sein, der Inkrementalspur mindestens zwei, vorzugsweise drei periodisch oszillierende Funktionen zu überlagern, deren Perioden sich jeweils geringfügig voneinander unterscheiden, so daß die Erzeugung der Absolutpositionsinformation nach dem Noniusprinzip erfolgt.

[0014] Zur Schaffung der oben erwähnten Abschnitte unterschiedlicher Breite der einzelnen Striche der Inkrementalspur kann diese quer zu ihrer Längserstreckung in zwei oder mehr Teilspuren unterteilt werden, die jeweils eine charakteristische Variation der Strichbreite aufweisen.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt dabei die Variation der Strichbreite in den einzelnen Teilspuren jeweils nach derselben mathematischen Funktion, wobei jedoch zwischen den einzelnen Teilspuren eine Phasendifferenz besteht. Als mathematische Funktionen eignen sich insbesondere periodisch oszillierende Funktionen, vor allem die trigonometrischen Funktionen.

[0016] Wenn jeder Teilspur mit einer bestimmten trigonometrischen Funktion eine andere Teilspur mit der entsprechenden, um eine halbe Periode phasenverschobenen trigonometrischen Funktion zugeordnet ist, dann kann durch die gemeinsame Auswertung der von diesen beiden Teilspuren stammenden Signale ein Offset-freies Sensorsignal zur Ermittlung der Absolutposition erzeugt werden.

[0017] Wenn zu jeder Teilspur mit einer bestimmten oszillierenden Funktion eine weitere Teilspur mit der um weniger als eine halbe Periode, insbesondere eine viertel Periode, phasenverschobenen Funktion vorgesehen ist, dann kann neben der Lage der beiden zueinander beweglichen Bauteile auch deren Bewegungsrichtung ermittelt werden.

[0018] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind mindestens vier, vorzugsweise fünf nebeneinander angeordnete Teilspuren vorgesehen, wobei die trigonometrischen Funktionen benachbarter Teilspuren jeweils um eine viertel Periode gegeneinander phasenverschoben sind. Hierdurch wird das Übersprechen zwischen den einzelnen Kanälen des Sensorsystems kompensiert, die nebeneinanderliegenden Teilspuren zugeordnet sind.

[0019] Zur Erzeugung der Absolutposition wird jeder Teilspur mindestens ein eigener Sensor an dem anderen der beiden zueinander beweglichen Objekte zugeordnet, wobei vorzugsweise zwei in Erstreckungsrichtung der Inkrementalspur voneinander beabstandete Sensoren vorgesehen sind, die beidseits der Abtasteinheit zur Erzeugung der Inkrementalsignale angeordnet sind.

[0020] Mit Vorteil werden sowohl die Abtasteinheit zur Erzeugung der Inkrementalsignale als auch die zusätzlichen Sensoren zur Erzeugung von Signalen mit einer Absolutpositionsinformation jeweils durch Fotoelemente gebildet, denen eine gemeinsame Lichtquelle zugeordnet ist. Denn weil gemäß der vorliegenden Erfindung die Inkrementalspur zugleich auch die Absolutpositionsinformation hinsichtlich der Lage der beiden zueinander beweglichen Objekte enthält, können die Abtasteinheit zur Erzeugung der Inkrementalsignale sowie die zusätzlichen Sensoren zur Erzeugung der Absolutpositionsinformation räumlich eng beieinander angeordnet werden und durch Licht aus einer gemeinsamen Lichtquelle versorgt werden. Diese Lichtquelle beleuchtet die Inkrementalspur, von der aus das Licht (im Auflicht- oder im Durchlichtverfahren) zu den Fotoempfängern gelangt.

[0021] Als Abtasteinheit zur Erzeugung der Inkrementalsignale kann insbesondere eine Sensor-Matrix verwendet werden, wie sie aus der WO 97/05457 bekannt ist. Auf die Offenbarung dieser Druckschrift wird hinsichtlich des Aufbaus der Abtasteinheit zur

Erzeugung der Inkrementalsignale ausdrücklich Bezug genommen.

[0022] Bei der aus der WO-97/054457 bekannten Abtasteinheit kann jedoch nicht sicher gestellt werden, dass die erzeugten Abtastsignale keine sogenannte Doppelperiode aufweisen. Eine derartige Doppelperiode zeichnet sich insbesondere durch verschiedene Signalamplituden innerhalb einer Signalperiode auf. Im Hinblick auf den störenden Einfluss der Doppelperiode im Abtastsignal sei auf die Dissertation von J. Willhelm mit dem Titel "Dreigitterschrittgeber", 1978, Seite 60 verwiesen. Wie dort ausgeführt wird, resultiert die Doppelperiode aus dem Einfluss nicht eliminiertes Beugungsordnungen, insbesondere nullter Beugungsordnungen, die an einem der beteiligten Gitter im Abtaststrahlengang auftreten. Als Folge des Auftretens der Doppelperiode ergeben sich bei der Interpolation eines derart gestörten Abtastsignals Fehler in der Positionsbestimmung.

[0023] Zur Behebung dieses Problems kann eine Abtasteinheit zur Erzeugung phasenversetzter Abtastsignale bei Abtastung eines Streifenmusters ein rautenförmiges Array (eine Matrix) aus rautenförmigen Sensorelementen umfassen, die zur Bildung des Arrays mit ihren Kanten aneinander grenzen, wobei eine Diagonale des Arrays quer zur Erstreckungsrichtung der parallel zueinander verlaufenden Streifen des Streifenmusters ausgerichtet ist. Die Kanten des rautenförmigen Arrays werden jeweils durch Kanten einer geraden Anzahl nebeneinander angeordneter, rautenförmiger Sensorelemente gebildet und das Array ist in Abhängigkeit von seiner Kantenlänge entweder vollständig mit Sensorelementen belegt oder ein zentraler, rautenförmiger Bereich des Arrays bleibt frei von Sensorelementen.

[0024] Die rautenförmige Gestaltung der Sensorelemente, bei denen es sich z. B. um Fotoempfänger handeln kann, bezieht sich dabei insbesondere auf die empfindlichen Flächen der Sensorelemente

[0025] Diese Abtasteinheit eignet sich nicht nur zur Abtastung der speziellen Inkrementalspur, die durch die Merkmale des Anspruchs 1 charakterisiert ist, sondern allgemein zur Abtastung von Codespuren, insbesondere Inkrementalspuren. So lassen sich hiermit auch Inkrementalspuren abtasten, die eine Strichstruktur aufweisen, bei der keine Variation der Strichbreite vorgesehen ist.

[0026] Weitere Vorteile der Erfindung werden bei der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren deutlich werden.

[0027] Es zeigen:

[0028] [Fig. 1](#) – eine schematische Darstellung einer

Strichstruktur, die eine Inkrementalspur bildet und bei der die Strichbreite zur Erzeugung einer Absolutpositionsinformation variiert;

[0029] [Fig. 2](#) – ein Sensorsystem zur Abtastung der Inkrementalspur aus [Fig. 1](#);

[0030] [Fig. 2a](#) – eine Abwandlung des Sensorsystems aus [Fig. 2](#);

[0031] [Fig. 3](#) – eine Schaltungsanordnung für die Sensorelemente, die zur Erzeugung eines Signales mit Absolutpositionsinformation dienen;

[0032] [Fig. 4](#) – eine Darstellung der Signale, die bei Abtastung der in [Fig. 1](#) gezeigten Strichstruktur erzeugt werden.

[0033] In [Fig. 1](#) ist schematisch eine Strichstruktur dargestellt, die als Messteilung eines Positionsmeßsystems in Form einer Inkrementalspur **1** zur Bestimmung der relativen Lage zweier zueinander beweglicher Objekte dienen kann. Hierzu ist die Strichstruktur dem ersten dieser beiden Objekte zugeordnet und wird durch eine am zweiten Objekt vorgesehene Abtasteinheit abgetastet.

[0034] Die Strichstruktur besteht aus einer Vielzahl einzelner Striche s , die quer zur Erstreckungsrichtung E der Inkrementalspur **1** ausgerichtet und in Erstreckungsrichtung E der Inkrementalspur **1** (also entlang der durch die Inkrementalspur **1** definierten Messrichtung) nebeneinanderliegend angeordnet sind und deren Länge l der Breite der Inkrementalspur **1** entspricht. Die Striche s sind jeweils symmetrisch bezüglich einer quer zur Erstreckungsrichtung E der Inkrementalspur **1** verlaufenden Längsachse (Mittelachse M) ausgebildet und mit einem konstanten Abstand d ihrer Mittelachsen M nebeneinander angeordnet.

[0035] Die in [Fig. 1](#) gezeigte Inkrementalspur **1** ist in fünf Teilspuren **11**, **12**, **13**, **14**, **15** unterteilt, die quer zur Erstreckungsrichtung E der Inkrementalspur **1** nebeneinander liegen und die jeweils die gleiche Breite (Ausdehnung quer zur Erstreckungsrichtung E der Inkrementalspur **1**) aufweisen. Innerhalb jeder der Teilspuren **11–15** variiert die Strichbreite b (d. h. die Ausdehnung der Striche s in Erstreckungsrichtung E der Inkrementalspur **1**) gemäß einer definierten trigonometrischen Funktion.

[0036] Durch die Aufteilung der Inkrementalspur **1** in insgesamt fünf nebeneinander angeordnete Teilspuren **11–15** sind auch die Striche s in fünf Abschnitte s_1 , s_2 , s_3 , s_4 und s_5 unterteilt. In jeder der Teilspuren **11**, **12**, **13**, **14** und **15** erfolgt demnach eine charakteristische, periodische Änderung der Breite b des zugehörigen Abschnittes s_1 , s_2 , s_3 , s_4 bzw. s_5 der einzelnen Striche s .

[0037] Im folgenden sei jedem Punkt auf der Inkrementalspur **1** in Erstreckungsrichtung *E* ein Winkel *x* zwischen 0° und 360° zugeordnet. Dann variiert in den beiden äußeren Teilspuren **11** und **15** der Inkrementalspur **1** die Strichbreite *b* entsprechend der Funktion $\sin x$. In der neben der ersten Teilspur **11** gelegenen zweiten Teilspur **12** variiert die Strichbreite *b* entsprechend der um 90° verschobenen trigonometrischen Funktion $\cos x$, in der dritten Teilspur **13** erfolgt eine Variation der Strichbreite *b* entsprechend $-\sin x$ und in der vierten Teilspur **14** entsprechend $-\cos x$.

[0038] Demnach erfolgt die Variation der Strichbreite *b* in allen fünf nebeneinanderliegenden Teilspuren **11–15** der Inkrementalspur **1** jeweils auf der Grundlage der trigonometrischen Funktion $\sin x$, wobei zwischen nebeneinanderliegenden Teilspuren jeweils eine Phasenverschiebung von 90° besteht.

[0039] Bei der oben beschriebenen Wahl der den einzelnen Teilspuren zugeordneten trigonometrischen Funktionen ist die Fläche, die von den ersten vier Abschnitten *s1–s4* der einzelnen Striche *s* überdeckt wird, für sämtliche Striche *s* identisch, da $\sin x + \cos x - \sin x - \cos x = 0$. Das Gleiche gilt für die Fläche der Zwischenräume zwischen benachbarten Abschnitten *s1–s4* zweier Striche *s*. Bei einer Addition über die ersten 4 Teilspuren **11–14** ergibt sich somit ein konstantes Strich-Lücke-Verhältnis, das vorzugsweise gleich Eins gewählt wird.

[0040] Bei einer Addition über alle fünf Teilspuren **11–15** ist dagegen die Breite der einzelnen Striche *s* sowie der zugehörigen Lücken nicht konstant, da die Funktion $\sin x$ zweimal, nämlich in der ersten Teilspur **11** und der fünften Teilspur **15** vertreten ist.

[0041] Dieses Problem läßt sich aber bei der Erzeugung der Sensorsignale ohne weiteres dadurch beheben, daß die aus den Teilspuren **11** und **15** stammenden Signale nur halb so stark gewichtet werden wie die aus den anderen Teilspuren **12–14** stammenden Signale. Wichtig ist allein, daß sich eine konstante Strichbreite ergibt, wenn man die Abschnitte *s1–s4* der Striche *s* in den Teilspuren **11–14** addiert, in denen die Strichbreite nach unterschiedlichen trigonometrischen Funktionen variiert.

[0042] Die anhand der [Fig. 1](#) beschriebene Ausführungsform einer Inkrementalspur mit einer periodischen Strichstruktur, der eine zusätzliche Struktur überlagert ist, läßt sich besonders vorteilhaft im Fall eines rotatorischen Meßsystems anwenden. In diesem Fall erstreckt sich die Inkrementalspur **1** entlang des Umfangs einer Teilscheibe des Meßsystems und die einzelnen Striche der Inkrementalspur sind jeweils unterschiedlichen Winkeln *x* auf der Teilscheibe zugeordnet.

[0043] Aufgrund des konstanten Abstandes *d* zwischen den Mittelachsen *M* der nebeneinander angeordneten Striche *s* weist diese Strichstruktur eine erste, kleine Periode *d* auf, die zur Erzeugung des Inkrementalsignales dient.

[0044] Aufgrund der Modulation der Breite *b* der einzelnen Abschnitte *s1* bis *s5* der Striche *s* mit einer Periode *P*, die dem Umfang des Teilkreises der Teilscheibe entspricht, auf dem sich die Inkrementalspur **1** erstreckt, enthält die Strichstruktur der Inkrementalspur **1** neben der vorstehend erwähnten inkrementalen Information noch eine Absolutpositionsinformation hinsichtlich der Lage der beiden zueinander beweglichen Objekte.

[0045] Bei einer Anordnung der Inkrementalspur **1** aus [Fig. 1](#) auf einer Kreisteilscheibe gilt für die mittleren Strichbreiten *b1*, *b2*, *b3*, *b4* und *b5* der einzelnen Abschnitte *s1–s5* der Striche *s*:

$$b_1 = \pi \cdot t_1 \cdot (1 + m \cdot \sin x) / (2 \cdot z)$$

$$b_2 = \pi \cdot t_2 \cdot (1 + m \cdot \cos x) / (2 \cdot z)$$

$$b_3 = \pi \cdot t_3 \cdot (1 - m \cdot \sin x) / (2 \cdot z)$$

$$b_4 = \pi \cdot t_4 \cdot (1 - m \cdot \cos x) / (2 \cdot z)$$

$$b_5 = \pi \cdot t_5 \cdot (1 + m \cdot \sin x) / (2 \cdot z)$$

[0046] Hierbei bezeichnen die Variablen *t1–t5* den Durchmesser des Teilkreises, auf dem die entsprechende Teilspur **11**, **12**, **13**, **14** bzw. **15** angeordnet ist. Die Variable *z* steht für die Anzahl der nebeneinander angeordneten Striche (im Beispiel gemäß [Fig. 1](#) ist *z* = 28), und die Variable *m* bezeichnet den Modulationsgrad der Strichbreite in den einzelnen Teilspuren. Vorliegend wurde für alle Teilspuren derselbe Modulationsgrad *m* gewählt. Zur Einstellung eines konstanten Strich-Lücke-Verhältnisses über sämtliche 5 Teilspuren kann jedoch auch in den einzelnen Teilspuren ein unterschiedlicher Modulationsgrad gewählt werden.

[0047] Alternativ kann auch eine derartige Variation der Strichbreite *b* vorgesehen sein, daß in den Teilspuren **11–15** jeweils das Strich-Lücke-Verhältnis (d. h. das Verhältnis zwischen der Strichbreite *b* eines Striches *s* und der Ausdehnung *c* des neben diesem Strich *s* gelegenen Zwischenraumes *u* zum nächsten Strich) entsprechend einer trigonometrischen Funktion variiert. Dann variiert in den beiden äußeren Teilspuren **11** und **15** der Inkrementalspur **1** das Strich-Lücke-Verhältnis entsprechend der Funktion $\sin x$. In der neben der ersten Teilspur **11** gelegenen zweiten Teilspur **12** variiert das Strich-Lücke-Verhältnis entsprechend der um 90° verschobenen trigonometrischen Funktion $\cos x$, in der dritten Teilspur **13** erfolgt eine Variation des Strich-Lücke-Verhältnisses

entsprechend $-\sin x$ und in der vierten Teilspur **14** entsprechend $-\cos x$.

[0048] Es erfolgt also in allen fünf nebeneinanderliegenden Teilspuren **11–15** eine Variation des Strich-Lücke-Verhältnisses auf der Grundlage der trigonometrischen Funktion $\sin x$, wobei zwischen nebeneinanderliegenden Teilspuren jeweils eine Phasenverschiebung von 90° besteht.

[0049] Zusammenfassend wird die Erzeugung der inkrementalen und der absoluten Positionsinformation aus einer einzelnen Inkrementalspur dadurch erreicht, daß die Grundstruktur der Inkrementalspur erhalten bleibt, die durch die Anordnung der einzelnen Striche in einem definierten Abstand (bezüglich ihrer Längsachsen) gegeben ist. Dieser Grundstruktur der Inkrementalspur ist die zusätzliche Absolutpositionsinformation durch eine geeignete Variation der Ausdehnung der Striche entlang der Erstreckungsrichtung der Inkrementalspur (Variation der Strichbreite) überlagert. Dadurch läßt sich die Absolutpositionsinformation unabhängig von der Grundstruktur der Inkrementalspur auswerten. Mit anderen Worten ausgedrückt bleibt die Teilungsperiode der Strichstruktur der Inkrementalspur erhalten; lediglich die Breite der einzelnen Striche ändert sich.

[0050] In [Fig. 2](#) ist ein Sensorsystem dargestellt, mit dem die Inkrementalspur aus [Fig. 1](#) (deren Teilspuren in [Fig. 2](#) durch gestrichelte Linien angedeutet sind) sowohl zur Erzeugung der inkrementalen Informationen über die Lage der beiden zueinander beweglichen Objekte als auch zur Erzeugung der absoluten Positionsinformation abtastbar ist, wobei die einzelnen Teilspuren **11** bis **15** der von der Abtasteinheit **2** abgetasteten Inkrementalspur **1** in [Fig. 2](#) durch gestrichelte Linien angedeutet sind. Zur Erzeugung der inkrementalen Information ist dabei eine aus einer Mehrzahl von Sensoren bestehende Abtasteinheit **2** vorgesehen, und zur Erzeugung der absoluten Positionsinformationen sind zwei weitere Sensorgruppen **3**, **3'** vorgesehen.

[0051] Bei den Sensoren sowohl der Abtasteinheit **2** als auch der zusätzlichen Sensorgruppen **3**, **3'** handelt es sich um Fotoempfänger, denen eine gemeinsame Lichtquelle **4** im Zentrum des Sensorsystems zugeordnet ist. Das Sensorsystem ist derart oberhalb der Inkrementalspur aus [Fig. 1](#) angeordnet, daß das von der Lichtquelle **4** ausgesandte Licht von der Inkrementalspur reflektiert wird und dann auf die Fotoempfänger des Sensorsystems trifft. Anstelle des vorstehend beschriebenen Auflichtverfahrens kann das erfindungsgemäße Meßsystem allerdings auch im Durchlichtverfahren betrieben werden.

[0052] Bei der Abtasteinheit **2** handelt es sich um eine Fotoempfängermatrix, wie sie prinzipiell aus der WO 97/05457 bekannt ist, auf die insoweit voll inhalt-

lich Bezug genommen wird. Im folgenden sollen daher zunächst nur zusammenfassend die wesentlichen Merkmale einer derartigen Abtasteinheit erläutert werden.

[0053] Die Fotoempfängermatrix besteht aus insgesamt 32 Fotoempfängern, wobei für die Anzahl der Fotoempfänger grundsätzlich jedes geradzahlige Vielfache der Zahl "4" geeignet ist. Die einzelnen Fotoempfänger der Matrix sind schachbrettartig in einem Quadrat angeordnet, wobei sich in der mittleren Position kein Fotoempfänger, sondern vielmehr eine Lichtquelle **4** befindet. Auch die Fotoempfänger selbst sind quadratisch ausgebildet und derart angeordnet, daß ihre Diagonalen e parallel zu einer Diagonalen f der Fotoempfängermatrix und quer zur Erstreckungsrichtung E der Inkrementalspur **1** (d. h. parallel zur Erstreckungsrichtung der einzelnen Striche s der Inkrementalspur **1**) verlaufen.

[0054] Es werden vier verschiedene Typen von Fotoempfängern der Abtasteinheit **1** unterschieden, und zwar nach ihrer Phasenlage bezüglich der Inkrementalspur **1**. Es gibt Fotoempfänger **21** mit der Phasenlage 0° , Fotoempfänger **22** mit der Phasenlage 90° , Fotoempfänger **23** mit der Phasenlage 180° sowie Fotoempfänger **24** mit der Phasenlage 360° ; diese Phasenlagen sind in [Fig. 2](#) bei einem Teil der Fotoempfänger **21–24** ausdrücklich angegeben.

[0055] Von besonderer Bedeutung ist hierbei, daß jeweils alle Fotoempfänger, die eine Teilspur mit einer bestimmten trigonometrischen Funktion (unabhängig von deren Vorzeichen) überdecken, dieselbe Phasenlage aufweisen. So überdecken die Fotoempfänger **21** mit der Phasenlage 0° die Teilspuren **11**, **13** und **15** mit den trigonometrischen Funktionen $\sin x$ bzw. $-\sin x$; die Fotoempfänger **23** mit der Phasenlage 180° überdecken die Teilspuren **12** und **14** mit den trigonometrischen Funktionen $\cos x$ bzw. $-\cos x$; die Fotoempfänger **22** mit der Phasenlage 90° überdecken jeweils zur Hälfte Teilspuren mit den trigonometrischen Funktionen $\sin x$ bzw. $\cos x$, wobei die beiden trigonometrischen Funktionen unterschiedliche Vorzeichen aufweisen; die Fotoempfänger **24** mit der Phasenlage 270° schließlich überdecken jeweils zur Hälfte Teilspuren mit den trigonometrischen Funktionen $\sin x$ und $\cos x$, wobei die beiden trigonometrischen Funktionen dasselbe Vorzeichen aufweisen.

[0056] Alle Fotoempfänger mit derselben Phasenlage werden jeweils zur Auswertung der von ihnen erzeugten Signale zusammengeschaltet. Dies bedeutet, daß jeweils die Fotoempfänger zusammengeschaltet werden, die die Teilspuren **11**, **13**, **15** mit einer Variation der Strichbreite entsprechend der Funktion $\sin x$ bzw. $-\sin x$ abtasten, sowie andererseits die Fotoempfänger, die die Teilspuren **12**, **14** mit einer Variation der Strichbreite entsprechend den Funktionen $\cos x$ und $-\cos x$ abtasten. Dabei sind die Foto-

empfänger **21**, **23** mit einer Phasenlage von 0° bzw. 180° jeweils genau einer der Teilspuren **11–15** mit einer Variation der Strichbreite entsprechend der Funktionen $\sin x$ oder $-\sin x$ bzw. entsprechend der Funktionen $\cos x$ oder $-\cos x$ zugeordnet. Die übrigen Fotoempfänger **22**, **24** überdecken demgegenüber jeweils zwei benachbarte Teilspuren, also eine vom Typ $\sin x$ oder $-\sin x$ und eine vom Typ $\cos x$ oder $-\cos x$.

[0057] Durch die beschriebene Ausbildung der Abtasteinheit **2** wird erreicht, daß jeder Fotoempfänger der Abtasteinheit **2** mit einem anderen Fotoempfänger derselben Phasenlage zusammengeschaltet wird, der eine Teilspur überdeckt, in der die Strichbreite nach der derselben trigonometrischen Funktion aber mit dem entgegengesetzten Vorzeichen variiert wie die von dem erstgenannten Fotoempfänger überdeckte Teilspur.

[0058] Zusammenfassend überdeckt die Abtasteinheit **2** die Inkrementalspur **1** entlang ihrer gesamten Breite l (quer zur Erstreckungsrichtung E), wobei die Strichstruktur der Inkrementalspur **1** und die Anordnung der Fotoempfänger in der Abtasteinheit **2** derart gewählt sind, daß durch eine Mittelung über die Variation der Strichbreite ein Inkrementalsignal erzeugt wird, welches auf der Teilungsperiode d der Strichstruktur beruht.

[0059] Gemäß [Fig. 2](#) sind beidseitig der Abtasteinheit **2** ferner zusätzliche Sensorgruppen **3**, **3'** angeordnet, die zur Erzeugung der Absolutpositionsinformation durch Abtastung der Inkrementalspur **1** vorgesehen sind. Bei diesen Sensoren handelt es sich ebenfalls um quadratische Fotoempfänger **31** bis **35** bzw. **31'** bis **35'**, die allerdings im Vergleich zu den Fotoempfängern der Abtasteinheit **2** um 45° gedreht angeordnet sind. Somit verlaufen die Seiten der Fotoempfänger **31** bis **35**, **31'** bis **35'** jeweils parallel bzw. senkrecht zu der Erstreckungsrichtung E der Inkrementalspur **1**.

[0060] Die Fotoempfänger **31** bis **35**, **31'** bis **35'** sind jeweils paarweise einer bestimmten Inkrementalspur zugeordnet, und zwar beidseitig der Abtasteinheit **2**. Die beiden einander in Erstreckungsrichtung E der Inkrementalspur **1** gegenüberliegenden Fotoempfänger **31**, **31'**; **32**, **32'**; **33**, **33'**; **34**, **34'** sowie **35**, **35'** sind jeweils zusammengeschaltet und bilden somit ein Signal bezogen auf die Mitte des gesamten Sensorsystems. Die Fotoempfänger sind dabei derart dimensioniert, daß die gewonnenen Signale jeweils eine Mittelung über mehrere Striche der Strichstruktur der Inkrementalspur **1** entsprechen.

[0061] Die in [Fig. 2](#) dargestellte Abtasteinheit **2** ist jedoch nicht nur zur Abtastung der speziellen Inkrementalspur aus [Fig. 1](#) geeignet. Vielmehr lassen sich hiermit z. B. auch herkömmliche Inkrementalspuren

abtasten, bei denen keine oder eine andersartige Variation der Strichbreite vorgesehen ist.

[0062] Von Bedeutung ist, daß sich bei Verwendung der in [Fig. 2](#) dargestellten Abtasteinheit **2** zur Abtastung einer Inkrementalspur das Auftreten einer Doppelperiode verhindern läßt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß aufgrund der gewählten Geometrie und Verschaltung der verschiedenen Fotoempfänger **21** bis **24** in der Abtasteinheit **2** bei der Abtastung eine Mittelung über verschiedene Signalanteile resultiert. Es ergibt sich somit eine gleichmäßige Modulation des Abtastsignals innerhalb einer Signalperiode. Dies stellt einen wesentlichen Vorteil gegenüber der aus der WO 97/05457 bekannten Abtasteinheit dar, bei der immer genau ein Platz im Zentrum der Fotoempfänger-Matrix freigehalten, also nicht von einem Fotoempfänger belegt ist. Nähere Einzelheiten hierzu werden weiter unten anhand der [Fig. 2a](#) erläutert werden.

[0063] Darüber hinaus ist bei Verwendung der in [Fig. 2](#) dargestellten Abtasteinheit **2** sichergestellt, daß eventuelle Änderungen in den Abständen des abgetasteten Musters sich ebensowenig störend auf das Abtastsignal auswirken wie eine Verkippung des Musters bezüglich der Abtasteinheit.

[0064] In [Fig. 2a](#) ist eine gegenüber der Abtasteinheit aus [Fig. 2](#) modifizierte Abtasteinheit **200** zusammen mit einem Teil des abzutastenden Streifenmusters S dargestellt. Das Streifenmuster S resultiert aus der Wechselwirkung eines von einer Strahlungsquelle emittierten Strahlenbündels mit mindestens einer (entlang der Messrichtung verlaufenden) Messteilung und weist eine Mehrzahl parallel zueinander verlaufender, längserstreckter Streifen auf. Mit Hilfe der Abtasteinheit **200** ist die Erzeugung von vier inkrementalen Abtastsignalen möglich, die jeweils einen Phasenversatz von 90° zueinander aufweisen.

[0065] Im Ausführungsbeispiel der [Fig. 2a](#) besteht die Abtasteinheit **200** aus 32 separaten Fotoempfängern gleicher Größe mit jeweils quadratischer Grundfläche (als einem Spezialfall einer Raute) und der Kantenlänge KL_F . Die 32 Fotoempfänger sind in Form eines quadratischen Arrays (als Spezialfall einer Raute) angeordnet, das einen Winkel von 45° zu den parallel zueinander verlaufenden Streifen des abgetasteten Streifenmusters S aufweist. Hierbei sind Fotoempfänger mit verschiedenen Phasenlagen bezüglich der Abtastsignale vorgesehen: Einige Fotoempfänger **210** weisen die Phasenlage 0° auf; andere Fotoempfänger **220** weisen die Phasenlage 90° auf; wieder andere Fotoempfänger **230** weisen die Phasenlage 180° auf; und schließlich weisen Fotoempfänger **240** die Phasenlage 270° auf. Die entsprechenden Phasenlagen sind in [Fig. 2a](#) bei den jeweiligen Fotoempfängern explizit angegeben.

[0066] Wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 2](#) verlaufen auch hier die Diagonalen e , e' der Fotoempfänger parallel zu jeweils einer Diagonalen f bzw. f' der Abtasteinheit **200**. Dabei ist eine Diagonale f der rautenförmigen Abtasteinheit **200** senkrecht zu den Streifen des Streifenmusters S orientiert und die andere Diagonale f' der Abtasteinheit **200** parallel zu den Streifen des Streifenmusters S . Die senkrecht zu den Streifen des Streifenmusters S verlaufende Diagonale f ist entlang der Messrichtung ausgerichtet. Die Messrichtung verläuft somit im vorliegenden Ausführungsbeispiel vertikal, während sie bei den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) jeweils horizontal (senkrecht zur Diagonalen f) orientiert ist.

[0067] Nicht dargestellt ist in [Fig. 2a](#) wiederum, daß die phasengleichen Fotoempfänger jeweils miteinander verschaltet werden, um in bekannter Art und Weise die inkrementalen Abtastsignale zur Weiterverarbeitung bereit zu stellen.

[0068] Das durch die Fotoempfänger **210**, **220**, **230** und **240** gebildete Array (Fotoempfängermatrix) weist im Ausführungsbeispiel der [Fig. 2a](#) eine Kantenlänge $KL_A = 6 \cdot KL_F$ auf, d. h. eine Kante K_A des Arrays wird durch die Kanten K_F von sechs nebeneinander angeordneten Fotoempfängern gebildet. In den vier zentralen Feldern ZF1 bis ZF4 in der Mitte des Arrays sind in diesem Beispiel keine Fotoempfänger angeordnet; es sind also vier zur Aufnahme eines Fotoempfängers geeignete Plätze im Array nicht belegt. In dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 2](#) ist dort eine Lichtquelle **4** vorgesehen. Je nach dem verwendeten (optischen) Abtastprinzip kann dieser Bereich aber auch freigelassen bzw. in anderer Weise belegt werden.

[0069] Das in [Fig. 2a](#) dargestellte Ausführungsbeispiel einer Abtasteinheit **200** läßt sich hinsichtlich der Zahl der verwendeten Fotoempfänger modifizieren, um das System an bestimmte, vorgegebene Anforderungen anpassen zu können. Bei allen nachfolgend erläuterten Modifikationen bleiben jedoch die oben angegebenen Vorteile erhalten.

[0070] So kann in einer weiteren Ausführungsform der Abtasteinheit die Kantenlänge KL_A des rautenförmigen Arrays bei gleicher Größe der einzelnen Fotoempfänger als $KL_A = 8 \cdot KL_F$ gewählt werden. In diesem Fall wären im Gegensatz zu dem Beispiel aus [Fig. 2a](#) auch im zentralen Bereich in der Mitte des Arrays Fotoempfänger vorgesehen. Es gibt dann im Array keine Plätze, die nicht von einem Fotoempfänger belegt sind. Die Zahl der erforderlichen Fotoempfänger beträgt in diesem Beispiel demnach 64.

[0071] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Abtasteinheit wird die Kantenlänge KL_A des rautenförmigen Arrays bei gleicher Größe der einzelnen Fotoempfänger als $KL_A = 10 \cdot KL_F$ gewählt. Entsprechend

dem Beispiel gemäß der [Fig. 2a](#) wären dabei die vier zentralen Plätze des Arrays nicht mit Fotoempfängern belegt, d. h. es wären 96 Fotoempfänger zur Bildung des Arrays erforderlich.

[0072] Die nächstgrößere Variante einer derartigen Abtasteinheit sieht eine Kantenlänge KL_A des rautenförmigen Arrays gem. $KL_A = 12 \cdot KL_F$ vor. Im zentralen Bereich des Arrays wären bei diesem Ausführungsbeispiel 16 Plätze nicht mit einem Fotoempfänger belegt, so daß das Array insgesamt 128 Fotoempfänger umfaßt.

[0073] Bei allen beschriebenen Ausführungsbeispielen, die jeweils Abwandlungen der Abtasteinheit **200** aus [Fig. 2a](#) darstellen, sind die nicht belegten Plätze im zentralen Bereich des Arrays jeweils derart angeordnet, daß die vier bzw. sechzehn nicht belegten Plätze einen (von Fotoempfängern freigehaltenen) Bereich mit einer rautenförmigen, d. h. vorliegend mit einer quadratischen Kontur bilden.

[0074] In entsprechender Weise lassen sich auch noch größere Abtasteinheiten mit einer größeren Anzahl an Fotoempfängern auf der Grundlage des vorstehenden erläuterten Prinzips bilden. Dabei gelten folgende Konstruktionsprinzipien, um die oben erläuterten Vorteile der Abtasteinheit zu gewährleisten:

1. Die rautenförmigen (insbesondere quadratischen) Fotoempfänger mit der Kantenlänge KL_F sind jeweils mit aneinander anliegenden Kanten in Form eines rautenförmigen (insbesondere quadratischen) Arrays angeordnet, dessen eine Diagonale senkrecht zu dem abgetasteten Streifenmuster orientiert ist.
2. Die Länge KL_A der Kanten des Arrays, die durch die Kanten nebeneinander angeordneter Fotoempfänger gebildet werden, ist jeweils eine geradzahliges Vielfaches der Kantenlänge KL_F der Fotoempfänger.
3. Je nach Kantenlänge des Arrays sind entweder sämtliche Plätze des Arrays mit Fotoempfängern belegt oder es sind in einem zentralen, rautenförmigen Bereich des Arrays keine Fotoempfänger vorgesehen. Dabei erfolgt die Belegung des Arrays in Abhängigkeit von seiner Kantenlänge nach folgenden Grundsätzen:
 - a) Kantenlänge des Arrays $KL_A = 8 \cdot n \cdot KL_F$, $n = 1, 2, 3 \dots$: Das Array ist vollständig mit Fotoempfängern belegt.
 - b) Kantenlänge des Arrays $KL_A = 2 \cdot (2 \cdot n + 1) \cdot KL_F$, $n = 1, 2, 3 \dots$: Im Array sind vier zentrale Plätze nicht mit einem Fotoempfänger belegt.
 - c) Kantenlänge des Arrays $KL_A = 4 \cdot (2 \cdot n + 1) \cdot KL_F$, $n = 1, 2, 3 \dots$: Im Array sind 16 zentrale Plätze nicht mit einem Fotoempfänger belegt.

[0075] Anhand der in [Fig. 3](#) gezeigten Schaltungsanordnung für die Fotoempfänger **31–35**, **31'–35'** aus [Fig. 2](#) zur Erzeugung der Signale für die absolute Po-

sitionsinformation wird deutlich, daß (ausgehend von der Fotoempfängermatrix aus [Fig. 2](#)) jeweils die Fotoempfänger über einen Subtrahierer **6** bzw. **7** in Differenz zusammengeschaltet sind, die Teilspuren abtasten, in denen die die Variation der Strichbreite bestimmenden trigonometrischen Funktionen um eine halbe Periode gegeneinander versetzt sind (also ein entgegengesetztes Vorzeichen aufweisen). Durch diese Art der Zusammenschaltung der einzelnen Fotoempfänger **31** bis **35**, **31'** bis **35'** entstehen an den Ausgängen **8**, **9** der beiden Subtrahierer **6**, **7** Signale, bei denen der Offset sowie die Gleichpegelunterschiede der einzelnen Spuren eliminiert sind. Ferner werden auch die Effekte des Übersprechens zwischen benachbarten Teilspuren kompensiert, da die beiden Nachbarspuren einer gegebenen Teilspur jeweils durch trigonometrische Funktionen mit entgegengesetztem Vorzeichen charakterisiert sind.

[0076] Entsprechende Effekte können auch bei der Erzeugung der Inkrementalsignale erzielt werden, indem jeweils die Fotoempfänger **21** und **23** einerseits sowie **23** und **25** andererseits, deren Phasenlage sich um eine halbe Periode unterscheidet, in Differenz zusammengeschaltet werden.

[0077] Zur Kompensation der Gleichpegelunterschiede sind entweder die Fotoempfänger **31**, **35**; **31'**, **35'**, die den beiden Inkrementalspuren **11**, **15** mit der trigonometrischen Funktion $\sin x$ zugeordnet sind, nur halb so groß wie die übrigen Fotoempfänger **32** bis **34**; **32'** bis **34'**, oder die Signale dieser Fotoempfänger werden in den Verstärkern nur mit einem geringeren Gewicht bewertet. Hierdurch wird der Tatsache Rechnung getragen, daß zwei Teilspuren **11**, **15** vorhanden sind, in denen die Strichbreite nach der trigonometrischen Funktion $\sin x$ variiert, während alle übrigen trigonometrischen Funktionen nur in jeweils einer Teilspur **12** bis **14** auftreten.

[0078] In [Fig. 4](#) sind in Abhängigkeit von dem Winkel x die Signale **80**, **90** dargestellt, die an den Ausgängen **8**, **9** der Schaltungsanordnung aus [Fig. 3](#) im Betrieb des Positionsmeßsystems anliegen, wobei hier aus Gründen einer übersichtlichen Darstellung eine Inkrementalspur eines Drehgebers mit zwanzig Strichen zugrundegelegt wurde. Die Signale in [Fig. 4](#) repräsentieren somit 1,5 Umdrehungen der entsprechenden Teilscheibe bzw. einer Drehung um einen Winkel von 540° . Bei den Signalen **80**, **90** handelt es sich (bis auf Faktoren und additive Konstanten) um die trigonometrischen Funktionen $\sin x$ (am ersten Ausgang **8** der Schaltungsanordnung) sowie $\cos x$ (am zweiten Ausgang **9** der Schaltungsanordnung). Aus diesen beiden Signalen **80**, **90**, deren Periode $P = 360^\circ$ dem Umfang der Inkrementalspur **1** auf der Teilscheibe des Positionsmeßsystems entspricht, läßt sich die Lage zweier Objekte zueinander unmittelbar bestimmen (absolute Positionsinformation). Ferner erlaubt die Auswertung der um 90° zueinander

der versetzten Signale auch die Bestimmung der Drehrichtung.

[0079] In [Fig. 4](#) sind ferner die beiden um 90° zueinander versetzten Inkrementalsignale **71**, **72** erkennbar, die von der in [Fig. 2](#) gezeigten Abtasteinheit **2** erzeugt werden. Anhand dieser Signale mit einer kurzen Periode q lassen sich bei jeder Bewegung der mit dem Positionsmeßsystem ausgestatteten Objekte zueinander die Strecke bzw. der Drehwinkel dieser Bewegung hochgenau bestimmen, sowie die Drehrichtung ermitteln.

[0080] Die Erfindung wurde bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel durchgängig anhand eines Positionsmeßsystems erläutert, bei dem die Inkrementalspur mittels einer Lichtquelle beleuchtet und durch Fotoempfänger abgetastet wird. Die erfindungsgemäße Ausbildung der Strichstruktur der Inkrementalspur läßt sich aber auch bei Positionsmeßsystemen mit anderen Sensortypen verwenden.

[0081] Ferner kann die Erfindung nicht nur, wie vorstehend beschrieben, bei rotatorischen Meßsystemen, sondern ebenso bei Linearmeßsystemen angewandt werden. Im letztgenannten Fall ist die Inkrementalspur beispielsweise in sechs Teilspuren unterteilt, denen drei periodisch oszillierende Funktionen mit geringfügig unterschiedlicher Periode zugeordnet sind, so daß die Erzeugung der Absolutpositionsinformation nach dem Noniusprinzip erfolgen kann. Dabei werden für die insgesamt drei unterschiedlichen trigonometrischen Funktionen sechs Teilspuren benötigt, da zu jeder Teilspur mit einer definierten trigonometrischen Funktion eine weitere Teilspur mit der um eine halbe Periode phasenverschobenen Funktion vorgesehen sein soll.

Patentansprüche

1. Positionsmeßsystem zur Bestimmung der relativen Lage zweier zueinander beweglicher Objekte mit
 - einer dem ersten Objekt zugeordneten Inkrementalspur mit einer periodischen Strichstruktur, deren Striche quer zur Erstreckungsrichtung der Inkrementalspur ausgerichtet sind,
 - einer dem zweiten Objekt zugeordneten Abtasteinheit zur Abtastung der Strichstruktur und zur Erzeugung eines entsprechenden Inkrementalsignales sowie
 - Mitteln zur Erzeugung einer Absolutpositionsinformation bezüglich der Lage der zueinander beweglichen Objekte, wobei die Ausdehnung (b) der Striche (s) entlang der Erstreckungsrichtung (E) der Inkrementalspur (**1**) zumindest auf einem Teil der Breite (l) der Inkrementalspur (**1**) derart variiert, daß der periodischen Strichstruktur eine Struktur mit einer Absolutpositionsinformation überlagert ist,

dadurch gekennzeichnet,

daß die einzelnen Striche (s) der Inkrementalspur (1) jeweils Abschnitte (s1–s5) unterschiedlicher Ausdehnung (b) in Erstreckungsrichtung (E) der Inkrementalspur (s) aufweisen.

2. Positionsmesssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Striche (s) der Inkrementalspur (1) zumindest über einen Teil der Breite (l) der Inkrementalspur (1) jeweils im wesentlichen die gleiche Fläche überdecken.

3. Positionsmesssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der von den einzelnen Strichen (s) der Inkrementalspur (1) jeweils überdeckten Fläche zu der von einer jeweils benachbarten Lücke (u) der Inkrementalspur (1) überdeckten Fläche zumindest über einen Teil der Breite (l) der Inkrementalspur (1) im wesentlichen konstant und dabei vorzugsweise gleich Eins ist.

4. Positionsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation der Ausdehnung (b) der Striche (s) nach einer oszillierenden Funktion, insbesondere einer periodisch oszillierenden Funktion erfolgt.

5. Positionsmesssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Periode (P) der oszillierenden Funktion mindestens so groß ist wie die Länge der Inkrementalspur (1).

6. Positionsmesssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Inkrementalspur mindestens zwei periodisch oszillierende Funktionen überlagert sind, deren Perioden sich derart unterscheiden, daß die Erzeugung der Absolutpositionsinformation nach dem Noniusprinzip erfolgt.

7. Positionsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Inkrementalspur (1) quer zu ihrer Erstreckungsrichtung (E) in mindestens zwei Teilspuren (11–15) unterteilt ist, die jeweils eine charakteristische Variation der Ausdehnung (b) der Striche (1) aufweisen.

8. Positionsmesssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation der Ausdehnung (b) der Striche (s) in den einzelnen Teilspuren (11–15) jeweils nach derselben mathematischen Funktion erfolgt und daß zwischen unterschiedlichen Teilspuren (11–15) eine Phasendifferenz besteht.

9. Positionsmesssystem nach Anspruch 5 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation der Ausdehnung (b) der Striche (s) in den einzelnen Teilspuren (11–15) nach einer einheitlichen oszillierenden Funktion, insbesondere einer periodisch oszillierenden Funktion erfolgt.

10. Positionsmesssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in den einzelnen Teilspuren (11–15) die Variation der Ausdehnung (b) der Striche (s) nach einer trigonometrischen Funktion erfolgt.

11. Positionsmesssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in den einzelnen Teilspuren (11–15) die Ausdehnung (b) der Striche (s) derart variiert, daß die Variation des Verhältnisses der Ausdehnung (b) der Striche (s) zu der Ausdehnung (c) einer jeweils benachbarten Lücke (u) derselben Teilspur (11–15) nach einer trigonometrischen Funktion erfolgt.

12. Positionsmesssystem nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Teilspur (11, 12) mit einer bestimmten periodisch oszillierenden Funktion eine andere Teilspur (13, 14) mit der um eine halbe Periode phasenverschobenen Funktion zugeordnet ist.

13. Positionsmesssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Teilspur (11, 13) mit einer bestimmten periodisch oszillierenden Funktion eine Teilspur (12, 14) mit der um eine weniger als eine halbe Periode, insbesondere eine viertel Periode phasenverschobenen trigonometrischen Funktion vorgesehen ist.

14. Positionsmesssystem nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens vier Teilspuren (11–15) vorgesehen sind, wobei die periodisch oszillierenden Funktionen benachbarter Teilspuren (11, 12; 13, 14, 15) jeweils um einen konstanten Wert gegeneinander phasenverschoben sind.

15. Positionsmesssystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß fünf Teilspuren (11–15) vorgesehen sind, wobei die periodisch oszillierenden Funktionen benachbarter Teilspuren (11, 12; 13, 14; 15) jeweils um eine viertel Periode gegeneinander phasenverschoben sind.

16. Positionsmesssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung der Absolutpositionsinformation jeder Teilspur (11–15) der Inkrementalspur (11) ein eigener Sensor (31–35, 31'–35') an dem zweiten Objekt zugeordnet ist.

17. Positionsmesssystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Teilspur (11–15) zwei in Erstreckungsrichtung (E) der Inkrementalspur (1) voneinander beabstandete Sensoren (31–35, 31'–35') zugeordnet sind.

18. Positionsmesssystem nach Anspruch 12 und Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß

die Ausgangssignale der Sensoren (**31, 33, 35, 31', 33', 35'; 32, 34, 32', 34'**), die den um eine halbe Periode gegeneinander phasenverschobenen Teilspuren (**11, 13, 15; 12, 14**) zugeordnet sind, addiert werden.

19. Positionsmesssystem nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Erzeugung der Absolutpositionsinformation vorgesehenen Sensoren (**31–35, 31'–35'**) unabhängig von der Abtasteinheit (**2**) zur Erzeugung der Inkrementalsignale sind.

20. Positionsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtasteinheit (**2**) und ein zur Erzeugung der Absolutpositionsinformation vorgesehenes Sensorsystem (**3, 3'**) jeweils durch Fotoempfänger (**21–24, 31–35, 13'–35'**) gebildet werden, denen eine gemeinsame Lichtquelle (**4**) zur Bestrahlung der Inkrementalspur zugeordnet ist.

21. Positionsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtasteinheit (**2**) zur Erzeugung der Inkrementalsignale solche Teile der Inkrementalspur (**1**) abtastet, die die Absolutpositionsinformation enthalten.

22. Positionsmesssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtasteinheit (**2**) zur Erzeugung der Inkrementalsignale durch eine Sensor-Matrix gebildet wird und daß jeweils die Sensoren (**21, 23; 22, 24**) zusammenschaltet werden, die Teilspuren (**11, 13, 15; 12, 14**) mit einer um eine halbe Periode phasenverschobenen trigonometrischen Funktion abtasten.

23. Positionsmesssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtasteinheit (**2**) zur Erzeugung der Inkrementalsignale durch eine Sensor-Matrix aus $4 \cdot n$ Sensoren (**21–24**) gebildet wird, wobei n größer oder gleich 2 ist, daß sowohl die Kontur der Abtasteinheit (**2**) als auch die empfindlichen Flächen der Sensoren (**21–24**) jeweils durch Rauten gebildet werden und daß jeweils eine Diagonale (e) der empfindlichen Fläche jedes Sensors (**21–24**) parallel zu einer Diagonalen (f) der Abtasteinheit (**2**) verläuft.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

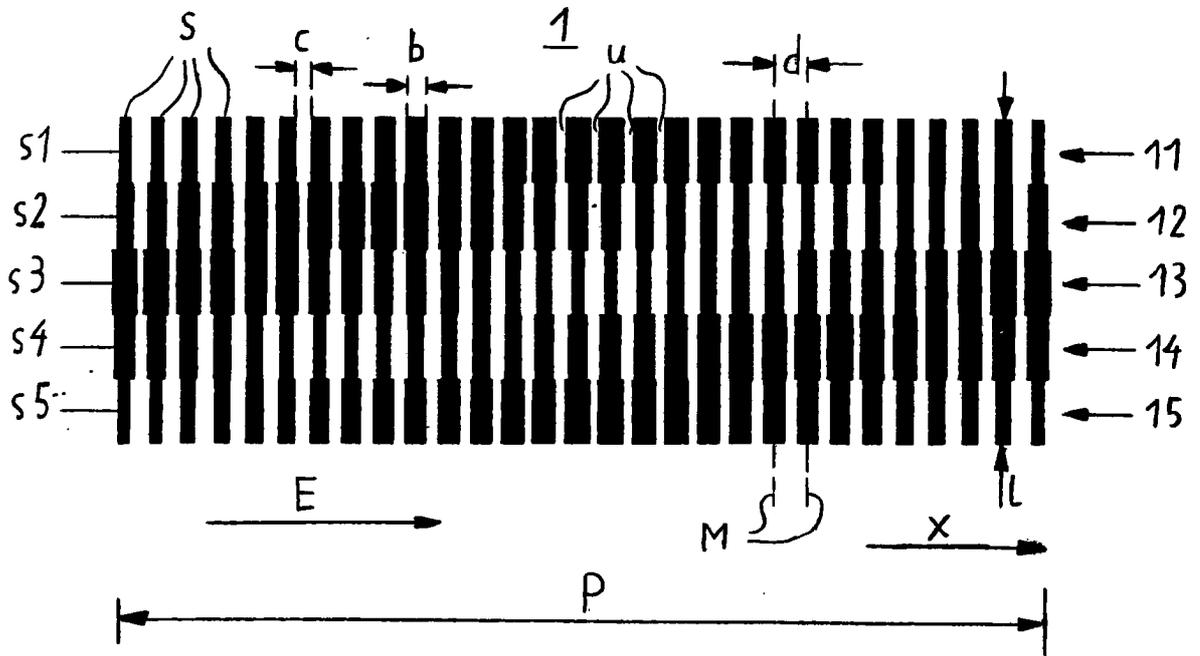


Fig. 2

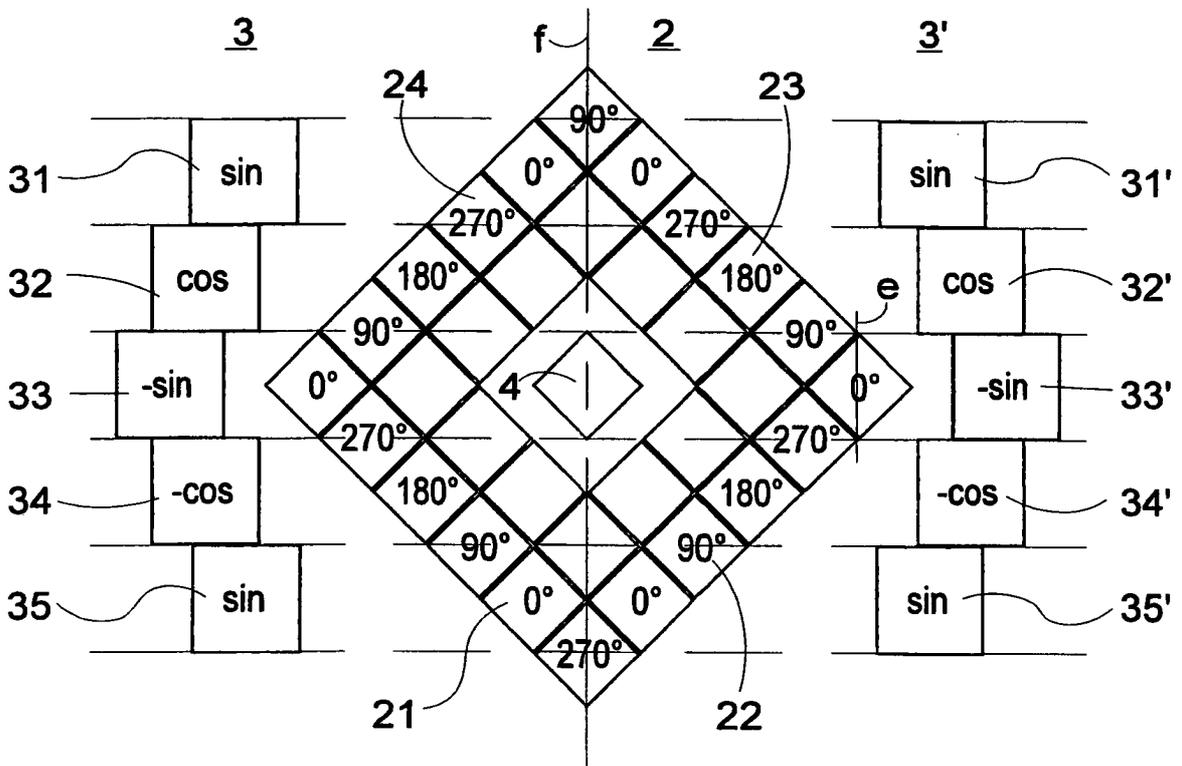


Fig. 2a

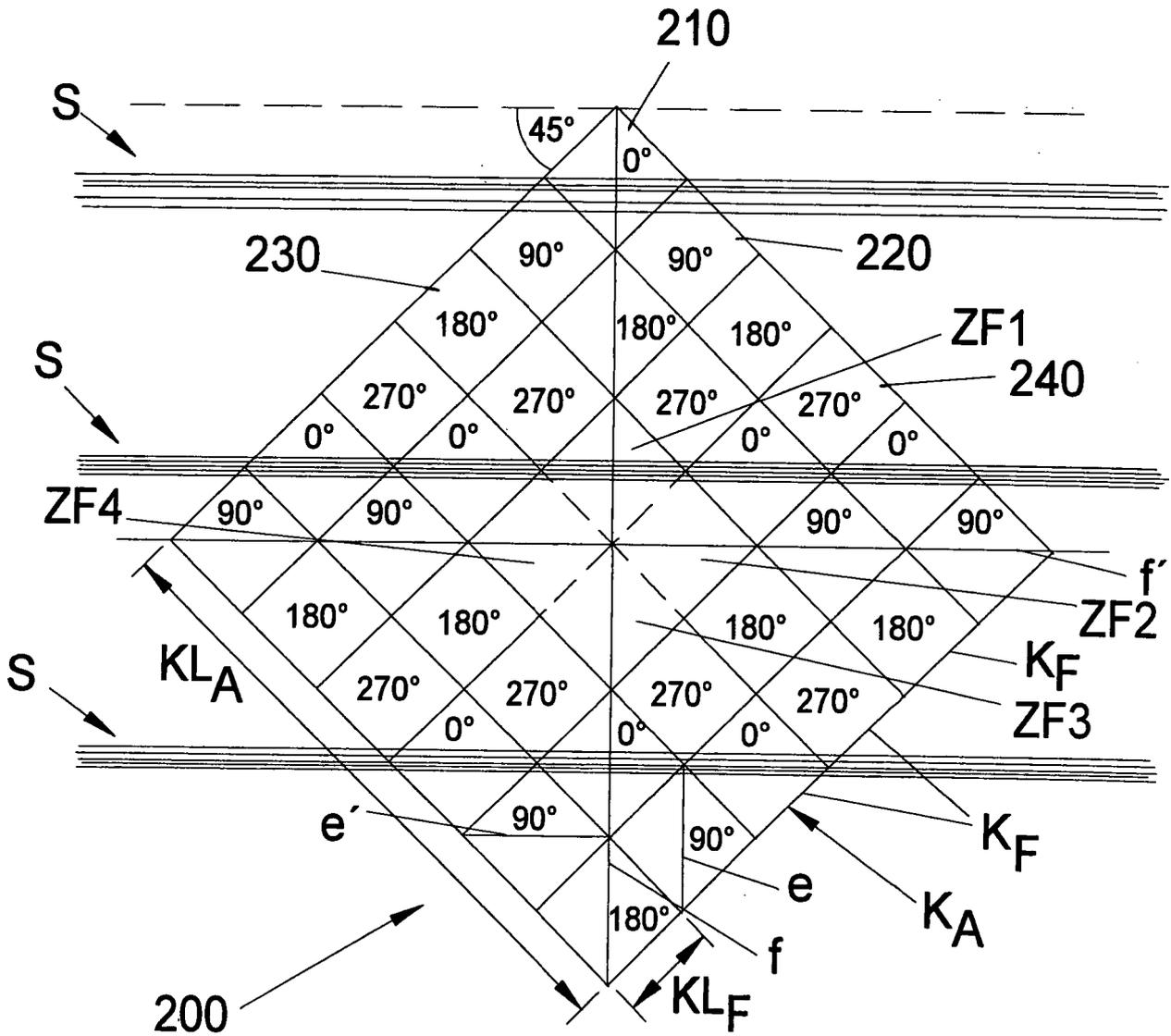


Fig. 3

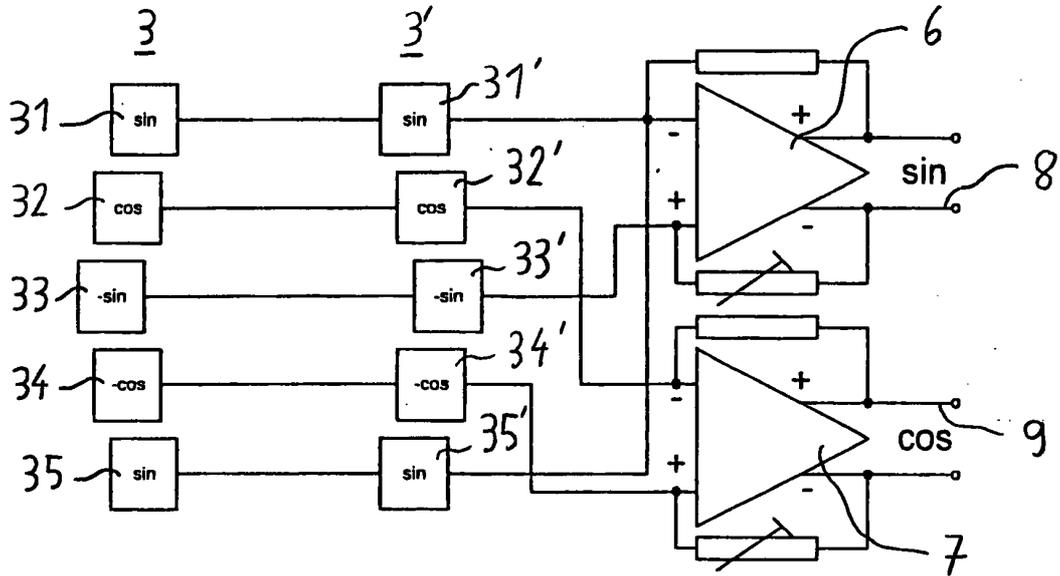


Fig. 4

