

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. März 2003 (13.03.2003)

PCT

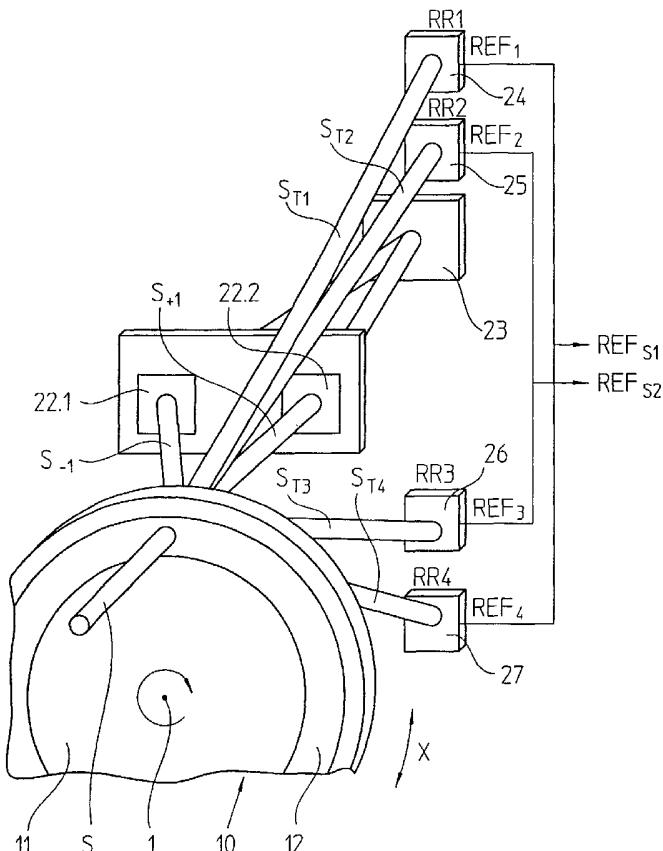
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/021185 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01B 11/02**, G01D 5/36, 5/38
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/09767
- (22) Internationales Anmeldedatum: 2. September 2002 (02.09.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 43 185.6 4. September 2001 (04.09.2001) DE
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH** [DE/DE]; Postfach 12 60, 83292 Traunreut (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **HOLZAPFEL, Wolfgang** [DE/DE]; Grottenweg 2, 83119 Obing (DE). **SÄNDIG, Karsten** [DE/DE]; Nordring 16, 83349 Palling (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, SG, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: POSITION MEASURING SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING SUCH A POSITION MEASURING SYSTEM

(54) Bezeichnung: POSITIONSMESSEINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER POSITIONSMESSEINRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a position measuring system and to a method for operating such a position measuring system, especially for the purpose of producing at least one reference pulse signal. The inventive position measuring system comprises a gauge with a track in which a periodic incremental scale is disposed and extends in one direction of measurement. The track displays a discontinuity with respect to an optical property in at least one defined reference position. The position measuring system further comprises a scanner unit that can be displaced across a predetermined measuring length relative to the gauge in the direction of measurement and that is provided, in addition to a light source, with a plurality of detector elements for the photoelectric scanning of the incremental scale. In adjacent sections of the measuring length, the incremental scale has different transverse substructures that deflect incident ray beams in first and second directions in space. Reference pulse detectors are disposed in the various directions in space on the scanning unit end and are supplied with partial reference pulse signals or area signals which are processed to give the reference pulse signal.

WO 03/021185 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Positionsmesseinrichtung sowie ein Verfahren zum Betrieb einer Positionsmesseinrichtung angegeben, insbesondere zur Erzeugung von mindestens einem Referenzimpulssignal. Die Positionsmesseinrichtung umfasst einen Massstab mit einer Spur in der eine periodische Inkrementalteilung angeordnet ist, die sich in einer Messrichtung erstreckt. Die Spur besitzt an mindestens einer definierten Referenzposition eine Unstetigkeit bzgl. einer optischen Eigenschaft. Ferner umfasst die Positionsmesseinrichtung eine Abtasteinheit, die relativ zum Massstab in Messrichtung über eine bestimmte Messstrecke beweglich ist und neben einer Lichtquelle mehrere Detektorelemente zur photoelektrischen Abtastung der Inkrementalteilung besitzt. In benachbarten Abschnitten der Messstrecke weist die Inkrementalteilung unterschiedliche Transversal-Substrukturen auf die auftreffende Strahlenbündel in erste und zweite Raumrichtungen ablenkt. Auf Seiten der Abtasteinheit sind Referenzimpuls-Detektorelemente in den verschiedenen Raumrichtungen angeordnet, an denen Referenzimpuls-Teilsignale bzw. Bereichssignale anliegen, aus deren Verarbeitung das Referenzimpulssignal resultiert.

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Positionsmesseinrichtung und Verfahren zum Betrieb einer

=====

Positionsmesseinrichtung

=====

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Positionsmesseinrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 1. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer Positionsmesseinrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 19.

Bekannte Positionsmesseinrichtungen liefern neben Inkrementalsignalen bezüglich des Relativversatzes zweier zueinander beweglicher Objekte oftmals auch sogenannte Referenzimpulssignale. Über diese Signale kann bei einer definierten Relativposition der zueinander beweglichen Objekte ein 5 exakter Absolutbezug der Positionsmessung hergestellt werden. Zur Erzeugung der Referenzimpulssignale sind auf Seiten des Maßstabes der Positionsmesseinrichtung an ein oder mehreren Stellen Felder mit Referenzmarkierungen angeordnet. Bezuglich der Anordnung der Referenzmarkierungen auf dem Maßstab existieren eine Reihe von bekannten Möglichkeiten.

So ist beispielsweise aus der US 4,263,506 bekannt, die Referenzmarkierungen auf dem Maßstab seitlich benachbart zur Teilungsspur mit der Inkrementalteilung anzugeordnen. Problematisch hierbei ist jedoch, dass im Fall einer eventuellen Verdrehung von Maßstab und Abtasteinheit um eine Achse senkrecht zur Maßstab- oder Abtastebene die exakte Zuordnung des Referenzimpulssignales zu einer bestimmten Periode der Inkrementalsignale in der Regel nicht mehr gewährleistet ist.

Daneben ist es auch möglich, die Referenzmarkierungen unmittelbar in die Spur mit der Inkrementalteilung zu integrieren, wie dies etwa in der US 3,985,448 vorgeschlagen wird und das Referenzimpulssignal dann unmittelbar aus der Inkrementalteilung abzuleiten. Eine derartige Anordnung bietet insbesondere Vorteile hinsichtlich der Zuordnung des Referenzimpulssignales zu den Inkrementalsignalen, da auch im Fall der oben erwähnten Verdrehung von Maßstab und Abtasteinheit stets die korrekte Zuordnung gewährleistet bleibt. Als Referenzmarkierung können an der gewünschten Referenzposition auf dem Maßstabes in der Inkrementalteilung z.B. ein oder mehrere weggelassene Stege oder Striche der Inkrementalteilung dienen, d.h. die Spur mit der Inkrementalteilung weist an ein oder mehreren definierten Stellen eine Unstetigkeit bzgl. einer optischen Eigenschaft auf, um das Referenzimpulssignal zu erzeugen.

Weitere Varianten bezüglich der Integration von Referenzmarkierungen in die Spur mit der Inkrementalteilung sind ferner aus der DE 35 36 466 A1 oder aus der US 4,866,269 bekannt. In diesen Druckschriften wird vorgeschlagen, in der Inkrementalteilung die Referenzmarkierungen als aperiodische Strich- oder Stegfolgen auszubilden oder aber Bereiche mit veränderten optischen Eigenschaften als Referenzmarkierungen zu nutzen, die sich von der restlichen Inkrementalteilung unterscheiden.

Als problematisch bei der Integration von Referenzmarkierungen in die Inkrementalteilung erweist sich jedoch grundsätzlich, dass dadurch auch das periodische Inkrementalsignal an dieser Stelle gestört wird, da man gezwungen ist eine hinreichende Detektionssicherheit für das Referenzimpuls-

signal sicherzustellen. Insbesondere im Fall einer gewünschten hohen Interpolation des Inkrementalsignales, die wiederum ein möglichst gute Signalqualität desselben voraussetzt, ergeben sich Schwierigkeiten, wenn das Inkrementalsignal an der Referenzposition deutlich von einer idealen Signalform abweicht.

Desweiteren ist aus der DE 41 11 873 C2 bekannt, aus einer Spur ein Referenzimpulsignal zu erzeugen, welche lediglich zur Erzeugung einer Bereichsinformation auf dem Maßstab angeordnet ist, d.h. zur Identifikation, 10 auf welcher Seite einer Maßstab-Referenzposition sich eine Abtasteinheit gerade befindet. Am Übergang zwischen zwei unterschiedlichen Bereichen kann aus den entsprechenden Bereichssignalen auch ein Referenzimpuls signal erzeugt werden. Problematisch hieran ist jedoch die korrekte Detektion eines Referenzimpulssignales an dieser Stelle.

15 Eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Positionsmesseinrichtung zu schaffen, die eine Erzeugung eines Referenzimpuls signales aus einer Spur mit einer Inkrementalteilung ermöglicht. Hierbei soll die Inkrementalsignal-Erzeugung möglichst wenig gestört werden.

20 Desweiteren ist eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betrieb einer Positionsmesseinrichtung anzugeben, das insbesondere zur korrekten Erzeugung eines Referenzimpulssignales aus einer Spur mit Bereichssignalen geeignet ist.

25 Die erste Aufgabe wird gelöst durch eine Positionsmesseinrichtung mit den Merkmalen im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1.

30 Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Positionsmessein richtung ergeben sich aus den Maßnahmen, die in den von Anspruch 1 ab hängigen Ansprüchen aufgeführt sind.

Die zweite Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen im kennzeichnenden Teil des Anspruches 19.

Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betrieb einer Positionsmesseinrichtung ergeben sich aus den Maßnahmen, die in den von Anspruch 19 abhängigen Ansprüchen aufgeführt sind.

- 5 Erfindungsgemäß weisen in der Positionsmesseinrichtung nunmehr unterschiedliche Abschnitte der Inkrementalteilung entlang der Messstrecke unterschiedliche periodische Transversal-Substrukturen auf, die eine Ablenkung der auftreffenden Strahlenbündel in verschiedene Raumrichtungen bewirken. Hierbei sind jedem Abschnitt unterschiedliche Transversal-Substrukturen mit unterschiedlichen Ablenkwickungen zugeordnet. Im Übergangsbereich zwischen benachbarten Abschnitten liegt eine Unstetigkeit bzgl. der optischen Ablenkwickung der Transversal-Substrukturen vor, die zur Erzeugung des Referenzimpulssignales an dieser Stelle, d.h. der Referenzposition, genutzt wird. Hierzu sind auf Seiten der Abtasteinheit mindestens zwei Referenzimpuls-Detektorelemente in den verschiedenen Raumrichtungen angeordnet. An den Referenzimpuls-Detektorelementen liegen Referenzimpuls-Teilsignale an, aus deren Verarbeitung das gewünschte Referenzimpulssignal resultiert.
- 10
- 15
- 20 Durch diese Art der Referenzimpulssignal-Erzeugung ist gewährleistet, dass die periodische Inkrementalteilung auch an der Referenzposition nicht in ihrer Periodizität gestört wird und demzufolge auch das resultierende Inkrementalsignal von der Erzeugung des Referenzimpulssignales nicht gestört wird. Insbesondere erleidet auch das Inkrementalsignal aufgrund der erfindungsgemäßen Erzeugung des Referenzimpulssignales keine unerwünschten Intensitätseinbußen.
- 25

Neben den Vorteilen eines aus der Inkrementalteilung abgeleiteten Referenzimpulssignales hinsichtlich geringer Baugröße der Positionsmesseinrichtung und unkritischer Montage ergeben sich aufgrund der erfindungsgemäßen Maßnahmen weitere Vorteile.

So kann nunmehr ohne weitere Zusatzmaßnahmen aus den Referenzimpuls-Teilsignalen auch eine Information diesbezüglich erzeugt werden, auf

welcher Seite der Referenzmarkierung bzw. in welchem Bereich sich die Abtasteinheit gerade befindet. Die Referenzimpuls-Teilsignale können demzufolge auch als sog. Bereichssignale ausgewertet werden. Ferner kann durch die Art und Weise der Verarbeitung der Referenzimpuls-Teilsignale eine gewünschte Breite des resultierenden rechteckförmigen Referenzimpulssignales definiert eingestellt und auf die Signalperiode des Inkrementalsignales abgestimmt werden.

Im Fall der Erzeugung mindestens eines ersten und eines zweiten Bereichssignales und aus dem erfolgenden Vergleich zwischen dem ersten Bereichssignal oder davon abgeleiteten weiteren Bereichssignalen mit dem zweiten Bereichssignal oder hiervon abgeleiteten weiteren Bereichssignalen ist hierbei ein Referenzimpulssignal erzeugbar.

Selbstverständlich lassen sich die erfindungsgemäßen Maßnahmen sowohl in rotatorischen als auch in linearen Positionsmesseinrichtungen einsetzen.

Des Weiteren lassen sich sowohl Auflicht-Positionsmesseinrichtungen als auch Durchlicht-Positionsmesseinrichtungen erfindungsgemäß ausgestalten.

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der beiliegenden Figuren.

Dabei zeigt

Figur 1 eine seitliche Ansicht eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung;

Figur 2 eine schematische räumliche Darstellung des Abtaststrahlenganges im Ausführungsbeispiel der Figur 1;

- 6 -

- Figur 3a und 3b jeweils eine Draufsicht auf den Maßstab aus Figur 1;
- 5 Figur 4a - 4c verschiedene Signaldiagramme, anhand der eine erste Variante der erfindungsgemäßen Erzeugung des Referenzimpulssignales erläutert wird;
- 10 Figur 5 eine Blockschaltbild-Darstellung zur Erläuterung der ersten Variante zur Erzeugung des Referenzimpulssignales;
- 15 Figur 6 eine schematische räumliche Darstellung des Abtaststrahlenganges eines weiteren Ausführungsbeispiels zur Erläuterung einer zweiten Variante zur Erzeugung des Referenzimpulssignales;
- 20 Figur 7 eine Blockschaltbild-Darstellung zur Erläuterung der zweiten Variante zur Erzeugung des Referenzimpulssignales;
- 25 Figur 8a - 8c verschiedene Signaldiagramme, anhand der eine zweite Variante der erfindungsgemäßen Erzeugung des Referenzimpulssignales erläutert wird.

In Figur 1 ist in schematisierter Form ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung in einer Schnittansicht dargestellt.
30 Die gezeigte Variante der Positionsmesseinrichtung dient hierbei zur Erfassung rotatorischer Bewegungen zweier zueinander beweglicher Objekte um die Drehachse 1 und umfasst einen Maßstab 10 sowie eine Abtasteinheit 20, die jeweils mit einem der beiden Objekte verbunden sind. Die Messrich-

tung x, in der die beiden Objekte relativ zueinander beweglich sind, ist im vorliegenden Fall rotationssymmetrisch zur Drehachse 1 orientiert.

- Der Maßstab 10 ist als Teilscheibe ausgebildet, die aus einem scheibenförmigen Trägerelement 11 besteht, auf der eine Spur 12 mit einer Inkrementalteilung kreisförmig in Umfangsrichtung angeordnet ist. Die Inkrementalteilung, die in Fig. 1 nicht im Detail erkennbar ist, besteht aus einer in Messrichtung x, periodisch mit der Inkrementalteilungsperiode TP_{INC} angeordneten Abfolge von Teilbereichen mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften. Die Teilbereiche haben hierbei eine Längsausdehnung in einer Richtung y, die senkrecht zur Messrichtung x orientiert ist. In Bezug auf die konkrete Ausbildung der Inkrementalteilung sei auf die nachfolgende Beschreibung der Figuren 3a und 3b verwiesen.
- Im vorliegenden Beispiel ist die Inkrementalteilung als Durchlicht-Phasenteilung ausgebildet, d.h. die aufeinanderfolgenden Teilbereiche weisen jeweils eine unterschiedlich phasenschiebende optische Wirkung auf die durchtretenden Strahlenbündel auf; das Trägerelement 11 besteht aus Glas. Auf Seiten der Abtasteinheit 20 ist eine Lichtquelle 21 angeordnet; des Weiteren umfasst die Abtasteinheit 20 Abtastteilungen 22.1, 22.2 sowie mehrere Detektorelemente 23 - 27, die zur Erzeugung unterschiedlicher Abtastsignale dienen. Mit dem Bezugszeichen 23 wird hierbei ein lediglich schematisiert angedeutetes Inkrementalsignal-Detektorelement bezeichnet, das zur Erfassung der periodischen Inkrementalsignale INC dient. Das Inkrementalsignal-Detektorelement 23 kann in bekannter Art und Weise als sog. strukturierte Detektoranordnung ausgebildet sein oder aber als Anordnung mit mehreren einzelnen Photoelementen. Mit Hilfe des Inkrementalsignal-Detektorelementes 23 werden in bekannter Art und Weise vier um jeweils 90° bzw. drei um je 120° phasenverschobene Inkrementalsignale erzeugt, die wiederum zu zwei um 90° phasenverschobenen Inkremental-Ausgangssignalen verschaltet werden. Nachfolgend sei der Einfachheit halber jedoch lediglich von periodischen Inkrementalsignalen INC die Rede.

Mit den Bezugszeichen 24, 25, 26, 27 seien die Referenzimpuls-Detektorelemente bezeichnet, an denen mehrere Referenzimpuls-Teilsignale REF₁ - REF₄ anliegen und aus deren Verarbeitung letztlich das Referenzimpulssignal REF erzeugt wird, was nachfolgend noch im Detail erläutert wird. Als
5 Referenzimpuls-Detektorelemente 24 - 27 kommen bekannte Photoelemente in Betracht.

Die von der Positionsmesseinrichtung erzeugten Inkrementalsignale INC und Referenzimpulssignale REF werden schließlich einer - nicht dargestellten - nachgeordneten Auswerteeinheit, z.B. einer numerischen Werkzeugmaschinensteuerung, zur Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt.
10

Zur detaillierten Erläuterung der erfindungsgemäßen Erzeugung des Referenzimpulssignales sei nunmehr auf die Beschreibung der folgenden Figuren verwiesen. Figur 2 zeigt hierbei eine perspektivische Schemadarstellung der verschiedenen Abtaststrahlengänge in der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung.
15

Das von der - in Figur 2 nicht dargestellten - Lichtquelle kommende Strahlenbündel S trifft auf dem als Teilscheibe ausgebildeten Maßstab 10 auf die Spur 12 mit der Inkrementalteilung. Zu erwähnen ist an dieser Stelle, dass die Beleuchtung der Inkrementalteilung vorzugsweise mit einem kollimierten Strahlenbündel S erfolgt, welches lediglich einen kleinen Durchmesser besitzt. Die Inkrementalteilung ist in Figur 2 nicht im Detail dargestellt; diesbezüglich sei auf die nachfolgenden Figuren 3a und 3b verwiesen.
20
25

Zur Erzeugung der Inkrementalsignale INC wird das auftreffende Strahlenbündel S durch Beugung an der Inkrementalteilung in zwei Teilstrahlenbündel S₊1 und S₋₁ aufgespalten, die sich in zwei unterschiedlichen Raumrichtungen ausbreiten. Auf Seiten der Abtasteinheit treffen die beiden Teilstrahlenbündel S₊1 und S₋₁ auf jeweils eine Abtastteilung 22.1, 22.2. Von den Abtastteilungen 22.1, 22.2 werden die Teilstrahlenbündel S₊1 und S₋₁ ebenfalls wieder durch Beugung abgelenkt und in einer Detektionsebene, in der der das Inkrementalsignal-Detektorelement 23 angeordnet ist, zur Interfe-
30

renz gebracht. Am Inkrementalsignal-Detektorelement 23 liegt im Fall der Relativbewegung von Maßstab und Abtasteinheit, d.h. im Fall der Rotation um die Drehachse 1, ein periodisch moduliertes Inkrementalsignal INC an, welches in bekannter Art und Weise weiterverarbeitet werden kann.

5

Neben periodischen Inkrementalsignalen INC lässt sich durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen des Weiteren auch an mindestens einer Stelle bzw. Referenzposition x_{REF} entlang der Messstrecke d ein Referenzimpuls signal REF erzeugen. Mit Hilfe des Referenzimpulssignales REF kann der 10 Absolutbezug während der Messung hergestellt werden, auf den dann die nachfolgende Inkrementalmessung bezogen wird.

Zu diesem Zweck ist eine bestimmte Ausbildung der Inkrementalteilung vorgesehen, um durch eine Unstetigkeit bzgl. einer optischen Eigenschaft an 15 mindestens einer Stelle bzw. Referenzposition ein Referenzimpulssignal REF zu erzeugen. Zur weiteren Erläuterung der vorliegenden Erfindung sei an dieser Stelle auch auf die Figuren 3a und 3b verwiesen, die eine Draufsicht auf den Maßstab 10 bzw. eine Ausschnittsvergrößerung desselben an der Referenzposition x_{REF} zeigen.

20

Grundsätzlich besteht die Inkrementalteilung in der erfindungsgemäßen Positionsmesseinrichtung aus periodisch mit der Inkremental-Teilungsperiode TP_{INC} in Messrichtung x angeordneten Teilbereichen TB1, TB2 mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften. Die Teilbereiche TB1, TB2 besitzen 25 hierbei eine Längsausdehnung in einer Richtung y, die senkrecht zur Messrichtung x orientiert ist.

Im vorliegenden Beispiel weist die Inkrementalteilung in einem ersten Abschnitt D_1 der Messtrecke des Weiteren eine erste Transversal-Substruktur auf, die darauf auftreffende Strahlenbündel in mindestens eine erste Raumrichtung ablenkt. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel in den Figuren 2, 30 3a und 3b erstreckt sich der erste Abschnitt D_1 über das linke 180°-Kreissegment der Teilscheibe bzw. Inkrementalteilung. In einem zweiten Abschnitt D_2 , der an den ersten Abschnitt D_1 angrenzt, weist die Inkrementalteilung eine zweite Transversal-Substruktur auf, die auftreffende Strahlen-

- bündel in mindestens eine zweite Raumrichtung ablenkt. Die zweite Raumrichtung ist von der ersten Raumrichtung verschieden. Im dargestellten Beispiel stellt demzufolge das rechte 180°-Kreissegment der Inkrementalteilung den zweiten Abschnitt D₂ der Messstrecke dar. Zwischen dem ersten und dem zweiten Abschnitt D₁ und D₂ liegt im Übergangsbereich somit eine Unstetigkeit bzgl. der optischen Ablenkwirkung der jeweiligen Transversal-Substrukturen der Inkrementalteilung vor, die letztlich zur Erzeugung eines Referenzimpulssignales REF an dieser Stelle ausgenutzt wird.
- 10 Die Transversal-Substrukturen in der Inkrementalteilung sind jeweils als periodische Strukturen mit einer definierten Ablenk-Teilungsperiode TP_{TRANS,1}, TP_{TRANS,2} entlang der Richtung y der Längsausdehnung der Teilbereiche TB1, TB2 ausgebildet, wie insbesondere in Figur 3b erkennbar ist. Die erste Transversal-Substruktur im ersten Abschnitt D₁ besitzt hierbei eine erste Ablenk-Teilungsperiode TP_{TRANS,1}; die zweite Transversal-Substruktur im zweiten Abschnitt besitzt eine zweite Ablenk-Teilungsperiode TP_{TRANS,2}, die sich von der ersten Ablenk-Teilungsperiode TP_{TRANS,1} unterscheidet.

Wie aus der Darstellung in Figur 2 ersichtlich ist, bewirkt die Transversal-Substruktur im ersten Abschnitt D₁ der Messstrecke eine Ablenkung der auftreffenden Strahlenbündel S in eine erste Raumrichtung RR1. Die in die erste Raumrichtung RR1 abgelenkten Strahlenbündel seien mit dem Bezugszeichen ST₁ bezeichnet. Die Transversal-Substruktur im zweiten Abschnitt D₂ der Messstrecke bewirkt eine Ablenkung der auftreffenden Strahlenbündel S in eine zweite Raumrichtung RR2. Die in die zweite Raumrichtung RR2 abgelenkten Strahlenbündel seien mit dem Bezugszeichen ST₂ bezeichnet. In Figur 2 sind zur Veranschaulichung die in die beiden Raumrichtungen RR1, RR2 abgelenkten Strahlenbündel ST₁, ST₂ dargestellt, was in der Praxis lediglich im Übergangsbereich zwischen den beiden Abschnitten D₁ und D₂ auftritt.

In den beiden Raumrichtungen RR1 und RR2 sind jeweils Referenzimpuls-Detektorelemente 24, 25 angeordnet, die die in diese Raumrichtungen RR1, RR2 abgelenkten Strahlenbündel detektieren und an denen Referenzimpuls-

Teilsignale REF_1 , REF_2 anliegen, aus deren Verarbeitung sich das Referenzimpulssignal REF grundsätzlich erzeugen lässt.

Nachfolgend sei das zugrundeliegende Prinzip der Erzeugung des Referenzimpulssignales REF an der Referenzposition x_{REF} im vorliegenden Beispiel erläutert.

Solange das von der Lichtquelle kommende Strahlenbündel S ausschließlich den ersten Abschnitt D_1 der Inkrementalteilung abtastet bzw. durchläuft, erfolgt durch die Transversal-Substruktur in diesem Abschnitt lediglich eine Ablenkung in die erste Raumrichtung RR1, d.h. es resultiert das Strahlenbündel ST_1 , welches das erste Referenzimpuls-Detektorelement 24 beaufschlagt. Nur das erste Referenzimpuls-Detektorelement 24 registriert in dieser Mess-Phase eine einfallende Strahlungsintensität und damit ein am Ausgang anliegendes erstes Referenzimpuls-Teilsignal REF_1 . Im Fall der Abtastung des zweiten Abschnittes D_2 der Inkrementalteilung liegen genau umgekehrte Verhältnisse vor, d.h. lediglich das zweite Referenzimpuls-Detektorelement 25 in der zweiten Raumrichtung RR2 registriert die einfallende Strahlungsintensität des Strahlenbündels ST_2 bzw. an dessen Ausgang liegt dann das zweite Referenzimpuls-Teilsignal REF_2 an. Im Übergangsbereich zwischen den beiden Abschnitten D_1 und D_2 , respektive an der Referenzposition x_{REF} , liegt somit ein charakteristischer Signalverlauf bzgl. der beiden Referenzimpuls-Teilsignale REF_1 , REF_2 vor, der zur erfindungsgemäßen Erzeugung eines Referenzimpulssignales REF ausgenutzt werden kann.

Im Beispiel der Figuren 3a und 3b mit den beiden Abschnitten D_1 , D_2 der Messtrecke, die sich jeweils über die 180° -Kreissegmente erstrecken, lässt sich selbstverständlich im zweiten Übergangsbereich, der dann gegenüberliegend zum ersten Übergangsbereich angeordnet ist, auf die gleiche Art und Weise ein Referenzimpulssignal REF erzeugen.

Darüberhinaus kann selbstverständlich auch vorgesehen werden, die jeweilige Messtrecke in noch mehr Abschnitte zu zerlegen und an den Übergangsbereichen zwischen den verschiedenen Abschnitten jeweils Referenzimpulssignale zu erzeugen.

- Die im vorliegenden Beispiel verwendeten, ablenkenden Transversal-Substrukturen der Inkrementalteilung sind als beugende Strukturen ausgebildet und bewirken jeweils nicht nur eine Ablenkung in die erste oder zweite Raumrichtung RR1, RR2. Es erfolgt im ersten Abschnitt D₁ neben der Ablenkung des Strahlenbündels S_{T1} in die erste Raumrichtung des weiteren noch eine Ablenkung des Strahlenbündels S_{T4} in eine vierte Raumrichtung RR4, in der ebenfalls ein Referenzimpulssignal-Detektorelement 27 angeordnet ist. Analog hierzu resultiert im zweiten Abschnitt D₂ neben der Ablenkung des Strahlenbündels S_{T2} in die zweite Raumrichtung RR2 noch eine Ablenkung eines Strahlenbündels S_{T3} in eine dritte Raumrichtung RR3, in der ebenfalls ein Referenzimpulssignal-Detektorelement 26 angeordnet ist. Die erste und vierte Raumrichtung RR1, RR4 sowie die zweite und dritte Raumrichtung RR2, RR3 entsprechen somit jeweils den +1. und -1. Beugungsordnungen, in die durch die jeweiligen Transversal-Substrukturen der beiden Abschnitte D₁, D₂ eine entsprechende Ablenkung erfolgt. Zur weiteren Signalverarbeitung werden die ersten und vierten Referenzimpuls-Detektorelemente 24, 27 sowie die zweiten und dritten Referenzimpuls-Detektorelemente 25, 26 zusammengeschaltet.
- Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, wird durch die verschiedenen Raumrichtungen RR1 - RR4, in die eine Ablenkung der Strahlenbündel erfolgt, eine Ebene aufgespannt, die senkrecht zur Messrichtung x und parallel zur Richtung der Längsausdehnung y der verschiedenen Teilbereiche TB1, TB2 der Inkrementalteilung orientiert ist.
- Die Inkrementalteilung ist im beschriebenen Beispiel als Durchlichtteilung bzw. Phasengitter ausgebildet. Die in Figur 3b erkennbaren, periodisch mit der Inkrementalteilungsperiode TP_{INC} angeordneten Teilbereiche TB1 und TB2 üben demzufolge jeweils eine unterschiedliche Wirkung auf die transmittierten Strahlenbündel auf.
- An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen der vorliegenden Erfindung selbstverständlich alternativ auch Amplitudengitter bzw. -struktu-

ren verwendet werden können. Ebenso ist es selbstverständlich möglich, alternativ ein Auflichtsystem erfindungsgemäß zu realisieren.

Die Transversal-Substruktur der Inkremental-Teilung wird durch eine entsprechende Ausgestaltung der Teilbereiche TB1, TB2 gebildet. Vorzugsweise weisen diese - wie in Figur 3b erkennbar - periodische, sinusförmige Konturbegrenzungen in Richtung ihrer Längsausdehnung auf, d.h. in y-Richtung. Die Periodizität der idealerweise sinusförmigen Konturbegrenzungen entspricht den jeweiligen transversalen Ablenk-Teilungsperioden

5 TP_{TRANS,1}, TP_{TRANS,2}. Aufgrund dieser Transversal-Substruktur resultiert neben der Ablenkung bzw. Aufspaltung der zur Inkrementalsignalerzeugung verwendeten Strahlenbündel in Messrichtung x auch die gewünschte Transversalablenkung von Strahlenbündeln zur Erzeugung des Referenzimpuls signales REF. Als besonderer Vorteil einer sinusförmigen Konturbegrenzung

10 ist anzuführen, dass darüber sichergestellt wird, dass die Intensität des Inkrementalsignales durch die Erzeugung des Referenzimpulssignales nur geringfügig beeinträchtigt wird. Der Grund hierfür ist die geringe Feldstärke der +/- 1. longitudinalen Beugungsordnungen an den Orten der transversalen Gitterstrukturen. Die Ausdehnung der sinusförmigen Konturbegrenzungen in Messrichtung x, d.h. die Modulationsamplitude der Sinusfunktion bestimmt das Aufteilungsverhältnis der Lichtintensitäten für die herangezogenen Teilstrahlenbündel der Referenzmarken- und der Inkrementalsignalabtastung. Dieses Aufteilungsverhältnis wird durch die Wahl der Modulationsperiode der Sinusfunktion wie gewünscht eingestellt. Zu beachten ist hierbei

15 ferner, dass sich das derart eingestellte Aufteilungsverhältnis in den verschiedenen Teilbereichen TB1 und TB2 möglichst nicht unterscheidet.

20 Neben der im Beispiel der Figur 3b dargestellten Ausgestaltung einer geeigneten Transversal-Substruktur in der Inkrementalteilung sind desweiteren auch noch alternative Varianten im Rahmen der vorliegenden Erfindung einsetzbar.

25 So könnte z.B. auch eine periodische Transversal-Substruktur eingesetzt werden, bei der die Teilbereiche der Inkrementalteilung dreieckförmige Konturbegrenzungen entlang der y-Richtung aufweisen.

Ferner könnte die Modulationsamplitude der Konturbegrenzung so groß gewählt werden, dass sich in Messrichtung benachbarte Transversal-Substrukturen berühren und derart ein Kreuzgitter mit rautenförmigen Strukturen resultiert.

- 5 Des Weiteren könnten in den jeweiligen Teilbereichen der Inkrementalteilung auch Zylinderlinsen als transversal zur Messrichtung x ablenkende Substrukturen eingesetzt werden. Derartige Zylinderlinsen können auch zur Fokussierung der transversal abgelenkten Beugungsordnungen auf kleine Detektorelemente eingesetzt werden. Die für die Inkrementalsignalerzeugung 10 genutzten nullten Beugungsordnungen werden hierbei nicht fokussiert bzw. defokussiert.

- In einem möglichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Inkrementalteilungsperiode $TP_{INC} = 4\mu m$ und die beiden transversalen 15 Ablenk-Teilungsperioden $TP_{TRANS,1} = 3.5\mu m$, $TP_{TRANS,2} = 4.5\mu m$ gewählt. Selbstverständlich können diese Parameter auch anderweitig gewählt und an die jeweilige Abtastkonfiguration angepasst werden.

- In weiteren alternativen Ausführungsformen zum erläuterten Beispiel kann 20 des Weiteren vorgesehen werden, entlang der jeweiligen Messstrecke noch an mehr als zwei Referenzpositionen Referenzimpulssignale zu erzeugen. Auch die Erzeugung sog. abstandscodierter Referenzmarken ist möglich usw..

- 25 Ferner kann auch vorgesehen werden, mehr als lediglich zwei unterschiedlich ablenkende Transversal-Substrukturen einzusetzen. So könnte etwa insbesondere im Fall mehrerer erzeugter Referenzimpulssignale entlang der Messstrecke derart auch eine eindeutige Codierung bzw. Identifikation der jeweiligen Referenzimpulssignale erfolgen. Jeder Referenzposition wäre in 30 diesem Fall ein bestimmter Übergang zwischen unterschiedlich ablenkenden Transversal-Substrukturen eindeutig zugeordnet etc..

Schließlich sei an dieser Stelle erwähnt, dass es im vorliegenden Ausführungsbeispiel auch möglich ist, stets eine Information diesbezüglich zu er-

zeugen, die angibt, auf welcher Seite einer Referenzposition sich die Abtasteinheit gerade befindet bzw. in welchem Bereich der Messstrecke sich die Abtasteinheit gerade befindet. Dies kann durch das Auslesen der jeweiligen Referenzimpulssignal-Detektorelemente 24, 25, 26, 27 erfolgen. So ist
5 etwa offensichtlich, dass im oben erläuterten Beispiel im Fall eines ausschließlich detektierten ersten Referenzimpuls-Teilsignales REF₁ sich die Abtasteinheit im ersten Abschnitt D₁ befindet, analog hierzu befindet sich die Abtasteinheit im Fall eines ausschließlich detektierten zweiten Referenzimpuls-Teilsignales REF im zweiten Abschnitt D₂ usw.. Die Referenzimpuls-Teilsignale REF₁, REF₂ können demzufolge auch als sog. Bereichssignale ausgewertet werden.
10

Anhand der Figuren 4a - 4c und 5 sei an einer ersten Variante anschließend erläutert, wie aus den erfindungsgemäß erzeugten Referenzimpuls-Teilsignalen REF₁ - REF₄ im vorliegenden Beispiel letztlich das gewünschte Referenzimpulssignal REF erzeugt wird.
15

Wie aus Figur 5 ersichtlich, werden in dieser Ausführungsform die in der ersten und vierten Raumrichtung angeordneten ersten und vierten Referenzimpuls-Detektorelemente 24, 27 so zusammengeschaltet, dass am Ausgang eines ersten nachgeordneten Strom-Spannungs-Wandlers 28.1 ein erstes Referenzimpuls-Summensignal REF_{S1} resultiert; analog hierzu werden die in der zweiten und dritten Raumrichtung angeordneten zweiten und dritten Referenzimpuls-Detektorelemente 25, 26 so zusammengeschaltet, dass am Ausgang des nachgeordneten, zweiten Strom-Spannungs-Wandlers 28.2 ein zweites Referenzimpuls-Summensignal REF_{S2} resultiert. In Figur 4a ist der Verlauf der beiden Referenzimpuls-Summensignale REF_{S1}, REF_{S2} im Bereich der Referenzposition x_{REF} dargestellt.
20
25

30 Wie ebenfalls aus Figur 4a erkennbar, kann aus den ersten und zweiten Referenzimpuls-Summensignalen REF_{S1}, REF_{S2} ohne weitere Zusatzmaßnahmen bereits eine Information diesbezüglich gewonnen werden, auf welcher Seite der Referenzposition x_{REF} sich die Abtasteinheit gerade befindet.

- Die beiden ersten und zweiten Referenzimpuls-Summensignalen REF_{S1} , REF_{S2} können demzufolge auch als Bereichssignale ausgewertet werden. Solange das erste Referenzimpuls-Summensignal REF_{S1} größer als das zweite Referenzimpuls-Summensignal REF_{S2} ist, befindet sich im vorliegenden Beispiel die Abtasteinheit demzufolge links von der Referenzposition x_{REF} ; wenn hingegen erste Referenzimpuls-Summensignal REF_{S1} kleiner als das zweite Referenzimpuls-Summensignal REF_{S2} ist, befindet sich die Abtasteinheit rechts von der Referenzposition x_{REF} etc..
- Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass grundsätzlich jeweils nur eines der beiden Referenzimpuls-Detektorelemente 24 oder 27 bzw. der Referenzimpuls-Detektorelemente 25, 26 erforderlich wäre, um auf erfindungsgemäße Art und Weise ein Referenzimpulssignal REF zu erzeugen. Die Verwendung von jeweils zwei Referenzimpuls-Detektorelementen und die entsprechende Verschaltung derselben gemäß Figur 5 gewährleistet in diesem Beispiel lediglich eine erhöhte Signalintensität bzw. eine verbesserte Unempfindlichkeit gegen Störeinflüsse.
- Die beiden ersten und zweiten Referenzimpuls-Summensignale REF_{S1} , REF_{S2} werden anschließend mithilfe von jeweils zwei Verstärkereinheiten 29.1, 29.2 mit einem vorgegebenem Verstärkungsfaktor $V = (1 + \varepsilon)$ verstärkt, so dass am Ausgang der beiden Verstärkereinheiten 29.1, 29.2 dritte und sechste Referenzimpuls-Summensignale REF_{S3} , REF_{S6} anliegen. Des Weiteren werden die beiden Referenzimpuls-Summensignale REF_{S1} , REF_{S2} über zwei Abschwächereinheiten 29.3, 29.4 mit einem vorgegebenem Abschwächungsfaktor $A = (1 - \varepsilon)$ abgeschwächt, so dass am Ausgang der beiden Abschwächereinheiten 29.3, 29.4 vierte und fünfte Referenzimpuls-Summensignale REF_{S4} , REF_{S5} anliegen. In Figur 4a ist der resultierende Verlauf der dritten bis sechsten Referenzimpuls-Summensignale $REF_{S3} - REF_{S6}$ im Bereich der Referenzposition x_{REF} dargestellt.
- Aus den verschiedenen Referenzimpuls-Summensignalen $REF_{S3} - REF_{S6}$ werden daraufhin durch nachfolgende logische Verknüpfungen zwei Referenzimpuls-Hilfssignale REF_{H1} , REF_{H2} gebildet. Zu diesem Zweck werden

das dritte und fünfte Referenzimpuls-Summensignal REF_{S3} , REF_{S5} den beiden Eingängen einer ersten Komparatoreinheit 29.1 zugeführt und das vierte und sechste Referenzimpuls-Summensignal REF_{S4} , REF_{S6} den Eingängen einer zweiten Komparatoreinheit 29.2 zugeführt. Am Ausgang der beiden 5 Komparatoreinheiten 29.1, 29.2 liegen die beiden Referenzimpuls-Hilfssignale REF_{H1} , REF_{H2} an, deren Verlauf im Bereich der Referenzposition x_{REF} in Figur 4b dargestellt ist.

Mit Hilfe der Komparatoreinheiten 29.1, 29.2 erfolgt die Erzeugung der beiden 10 Referenzimpuls-Hilfssignale REF_{H1} , REF_{H2} aus den vier eingangsseitig anliegenden verstärkten bzw. abgeschwächten Referenzimpuls-Summen-signalen REF_{S3} - REF_{S6} auf Basis der folgenden Vergleichsoperationen:

$REF_{H1} = 1$, wenn $REF_{S3} > REF_{S5}$ bzw. $REF_{H1} = 0$, wenn $REF_{S3} < REF_{S5}$
15 und

$REF_{H2} = 1$, wenn $REF_{S6} > REF_{S4}$ bzw. $REF_{H2} = 0$, wenn $REF_{S6} < REF_{S4}$
20 Aus den beiden derart gebildeten Referenzimpuls-Hilfssignalen REF_{H1} , REF_{H2} wird abschließend durch eine logische UND-Verknüpfung mit Hilfe des Verknüpfungsgliedes 31 das Referenzimpulssignal REF erzeugt, das sich dann als Rechtecksignal mit einer bestimmten Breite b_{REF} ergibt. In Figur 4c ist das derart resultierende Rechtecksignal dargestellt.

25 Wie aus den Figuren 4a - 4c ersichtlich lässt sich bei der Erzeugung eines Referenzimpulssignales REF durch die geeignete Wahl der Verstärkungs-faktoren V bzw. Abschwächungsfaktoren A in definierter Art und Weise die resultierende Breite b_{REF} des Referenzimpulssignales REF einstellen und 30 derart an die Periodizität der parallel erzeugten Inkrementalsignale anpas-sen.

Im erläuterten Beispiel können wie oben erläutert die erzeugten ersten - sechsten Referenzimpuls-Summensignale auch als sog. Bereichssignale

fungieren, die jeweils eindeutig die Relativlage der Abtasteinheit in Bezug auf die Referenzposition x_{REF} kennzeichnen. Wie bereits eingangs erwähnt und aus der DE 41 11 873 C2 bekannt, können grundsätzlich derartige Bereichssignale auch zur Erzeugung eines Referenzimpulssignales genutzt werden. Durch den Übergangsbereich zwischen ersten und zweiten Bereichssignalen ist in diesem Fall die Referenzposition x_{REF} definiert. Erfindungsgemäß wurde daher erkannt, dass zur Erzeugung eines Referenzimpulssignales, wie es anhand der Figuren 4a - 4c und 5 erläutert wurde, grundsätzlich auch Bereichssignale herangezogen werden können, die alternativ zur oben erläuterten Art und Weise erzeugt wurden. Erforderlich sind für das erfindungsgemäße Verfahren zum Betrieb einer Positionsmesseinrichtung, insbesondere zur Erzeugung eines Referenzimpulssignales REF, demzufolge lediglich erste und zweite Bereichssignale, die im Bereich der Referenzposition x_{REF} einen Signalverlauf analog zu den ersten und zweiten Referenzimpulssignal-Summensignalen REF_{S1} , REF_{S2} gemäß Figur 4a aufweisen. Durch die Verstärkung und Abschwächung mindestens eines Bereichssignales können wiederum dritte und vierte Bereichssignale erzeugt werden. Durch den nachfolgenden Vergleich zwischen dem ersten, dritten oder vierten Bereichssignal mit dem zweiten Bereichssignal oder ggf. hier von abgeleiteten Bereichssignalen lässt sich wiederum ein Referenzimpuls signal erzeugen.

Vorzugsweise erfolgt auch im erfindungsgemäßen Verfahren eine Verarbeitung der eingangsseitigen Bereichssignale analog zu der Verarbeitung der Referenzimpuls-Teilsignale bzw. -Summensignale. Dies bedeutet, dass auch aus dem zweiten Bereichssignal im vorliegenden Beispiel durch Abschwächung und Verstärkung fünfte und sechste Bereichssignale resultieren, die dann wiederum mit dem ersten, dritten oder vierten Bereichssignal verglichen werden, um ein Referenzimpulssignal zu erzeugen.

Die Verstärkung und Abschwächung der Bereichssignale erfolgt ebenfalls wiederum mit definierten Verstärkungs- und Abschwächungsfaktoren. Über

deren Wahl lässt sich letztlich - wie oben erläutert - die Breite des resultierenden Referenzimpulssignales einstellen.

Als Anforderung hinsichtlich der zu erzeugenden Bereichssignale ist lediglich aufzuführen, dass das erste und zweite Bereichsignal jeweils einen eindeutigen Signalpegel in jedem der beiden Bereiche aufweist, d.h. dass sich die Signalpegel geeignet unterscheiden lassen, wie dies etwa für die ersten und zweiten Referenzimpuls-Summensignale REF_{S1} , REF_{S2} im obigen Beispiel der Fall ist.

Die Erzeugung der ersten und zweiten Bereichssignale kann jedoch auch alternativ zum oben erläuterten Beispiel erfolgen. So können etwa die Bereichssignale auch aus einer separaten Bereichsspur auf dem Maßstab abgeleitet werden. Die Bereichsspur umfasst z.B. wiederum zwei Teilspuren, die jeweils komplementär zueinander ausgebildet sind und z.B. auf einer Seite der Referenzposition x_{REF} voll durchlässig ist, während diese im Bereich rechts von der Referenzposition x_{REF} opak ausgebildet ist. Jede der beiden Teilspuren wird von einem Detektorelement zur Erzeugung der Bereichssignale abgetastet, so dass sich auch bei einer derartigen Ausgestaltung von Maßstab und Abtasteinheit Bereichssignale mit dem erforderlichen Verlauf im Bereich der Referenzposition x_{REF} erzeugen lassen.

Eine zweite Variante zur Erzeugung eines Referenzimpulssignales sei nachfolgend anhand der Figuren 6, 7 sowie 8a - 8c erläutert.

Figur 6 zeigt hierbei wiederum die Vorrichtung, wie sie in Figur 2 grundsätzlich bereits erläutert wurde. Im folgenden sei deshalb lediglich auf die Unterschiede zur oben erläuterten Ausführungsform eingegangen. Hierzu sei auch auf die Figur 7 verwiesen, die ein Blockschaltbild bzgl. der Verschaltung zeigt. Im Unterschied zum obigen Beispiel erfolgt ein Zusammenschalten der ersten und zweiten Referenzimpuls-Detektorelemente 24, 25 bzw. der jeweiligen Referenzimpuls-Teilsignale REF_1 , REF_2 - respektive Bereichssignale -, so dass am Ausgang eines ersten nachgeordneten Strom-Spannungs-Wandlers 128.1 ein erstes

Referenzimpuls-Summensignal REF_{S1} anliegt. Analog hierzu werden die dritten und vierten Referenzimpulssignal-Detektorelemente 26, 27 bzw. die jeweiligen Referenzimpuls-Teilsignale REF_3 , REF_4 - respektive Bereichssignale - so zusammengeschaltet, dass am Ausgang des 5 nachgeordneten zweiten Strom-Spannungs-Wandlers 128.2 ein Signal resultiert, das nachfolgend als zweites Referenzimpuls-Summensignal REF_{S2} bezeichnet sei. Beim Signal REF_{S2} handelt es sich um ein Signal, das im wesentlichen proportional zur Summe der Signale REF_3 und REF_4 ist und auch als Referenzimpuls-Gleichlichtsignal bezeichnet werden kann. Mit Hilfe 10 von Verstärkereinheiten 129.1, 129.2, die den Strom-Spannungs-Wandlern 128.1, 128.2 jeweils nachgeordnet sind, erfolgt eine Verstärkung der beiden Signale REF_{S1} , REF_{S2} . Am Ausgang der beiden Verstärkereinheiten 129.1, 129.2 liegen die verstärkten ersten und zweiten Signale REF_S bzw. REF_G an, deren Verlauf im Bereich der Referenzposition x_{REF} in den Figur 8a und 15 8b dargestellt ist.

Wie aus Figur 8b erkennbar weist das Signal REF_S im wesentlichen einen gleichbleibenden Signalpegel auf, während sich der Signalpegel des Signales REF_G im Bereich der Referenzposition x_{REF} stark verändert. Zur 20 Erzeugung des gewünschten Referenzimpulssignales REF werden daher vom Signal REF_G zwei Trigger- bzw. Referenzsignale TS1, TS2 mit jeweils konstanten Signalpegeln abgeleitet, die in Figur 8a ebenfalls dargestellt sind und die zum Erzeugen des eigentlichen Referenzimpulssignales REF an den Schnittpunkten mit dem Signal REF_S dienen. Das daraus resultierende 25 Signal REF ist schließlich in Figur 8c dargestellt.

Die schaltungstechnische Realisierung dieser Variante zur Erzeugung des Referenzimpulssignales REF ist aus Figur 7 ersichtlich; so resultiert das Referenzimpulssignal REF am Ausgang der Vergleichereinheit 130, an 30 deren Eingängen die Signale REF_G und REF_S anliegen. Die Vergleichereinheit 130 ist in bekannter Art und Weise beispielsweise als Fensterkomparator ausgebildet, wobei aus dem jeweiligen Pegel des anliegenden Signales REF_G die Fensterbreite und damit die Lage der beiden Triggersignale TS1, TS2 bestimmt ist.

Neben den erläuterten Ausführungsbeispielen existieren selbstverständlich noch weitere alternative Ausgestaltungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung.

5

So wäre es etwa möglich, im ersten erläuterten Beispiel lediglich das erste erzeugte Referenzimpuls-Summensignal REF_{S1} zu verstärken und abzuschwächen und anschließend durch logische Vergleichsoperationen mit dem zweiten, unveränderten Referenzimpuls-Summensignal ein
10 Referenzimpulssignal definierter Breite zu erzeugen.

Des Weiteren könnten die beiden Referenzimpuls-Hilfssignale auch durch den logischen Vergleich anderer Signalkombinationen erzeugt werden usw..

15

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

28. August 2002

Ansprüche

三三三三三三

1. Positionsmesseinrichtung zur Erzeugung von periodischen Inkremental-signalen und mindestens einem Referenzimpulssignal, bestehend aus
 - einem Maßstab (10) mit einer Spur (12), in der eine periodische Inkrementalteilung mit einer bestimmten Inkremental-Teilungsperiode (TP_{INC}) angeordnet ist, die sich in einer Messrichtung (x) erstreckt und wobei die Spur (12) an mindestens einer definierten Referenzposition (x_{REF}) eine Unstetigkeit bzgl. einer optischen Eigenschaft zur Erzeugung eines Referenzimpulssignales (REF) aufweist und
 - einer Abtasteinheit (20), die relativ zum Maßstab (10) in Messrich-tung (x) über eine bestimmte Messstrecke (D) beweglich ist und neben einer Lichtquelle (21) mehrere Detektorelemente (23, 24, 25, 26, 27) zur photoelektrischen Abtastung der Inkrementalteilung umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass
 - in einem ersten Abschnitt (D_1) der Messstrecke die Inkrementalteilung eine erste Transversal-Substruktur besitzt, die auftreffende Strahlen-bündel (S) in mindestens eine erste Raumrichtung (RR1) ablenkt und in einem zweiten Abschnitt (D_2) der Messstrecke die Inkrementalteilung eine zweite Transversal-Substruktur besitzt, die auftreffende Strahlen-bündel (S) in mindestens eine zweite Raumrichtung (RR2) ablenkt, die von der ersten Raumrichtung (RR1) verschieden ist, so dass im Über-gangsbereich zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt (D_1, D_2) eine Unstetigkeit bzgl. der optischen Ablenkung der Transversal-Sub-strukturen der Inkrementalteilung vorliegt und

- auf Seiten der Abtasteinheit (20) jeweils ein oder mehrere Referenzimpuls-Detektorelemente (24, 25, 26, 27) in den verschiedenen Raumrichtungen (RR1, RR2) angeordnet sind, an denen Referenzimpuls-Teilsignale (REF_1 - REF_4) anliegen, aus deren Verarbeitung das Referenzimpulssignal (REF) resultiert.
- 5
2. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Inkrementalteilung aus periodisch mit der Inkremental-Teilungsperiode (TP_{INC}) in Messrichtung (x) angeordneten Teilbereichen (TB1, TB2) mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften besteht, wobei die Teilbereiche (TB1, TB2) eine Längsausdehnung in einer Richtung (y) besitzen, die senkrecht zur Messrichtung (x) orientiert ist und die Transversal-Substrukturen jeweils als periodische Strukturen mit einer definierten Ablenk-Teilungsperiode ($TP_{TRANS,1}$, $TP_{TRANS,2}$) entlang der Richtung (y) der Längsausdehnung der Teilbereiche (TB1, TB2) ausgebildet sind.
- 10
3. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Transversal-Substruktur eine erste Ablenk-Teilungsperiode ($TP_{TRANS,1}$) aufweist und die zweite Transversal-Substruktur eine zweite Ablenk-Teilungsperiode ($TP_{TRANS,2}$) aufweist, die von der ersten Ablenk-Teilungsperiode ($TP_{TRANS,1}$) verschieden ist.
- 15
4. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- 20
- die erste Transversal-Substruktur eine Ablenkung in die erste Raumrichtung (RR1) und in eine weitere vierte Raumrichtung (RR4) bewirkt, die verschieden von der ersten Raumrichtung (RR1) ist und
- die zweite Transversal-Substruktur eine Ablenkung in die zweite Raumrichtung (RR2) und in eine weitere dritte Raumrichtung (RR3) bewirkt, die verschieden von der zweiten Raumrichtung (RR2) ist.
- 25
- 30
5. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Raumrichtungen (RR1 - RR4), in die eine Ablenkung der

Strahlenbündel (S_{T1} - S_{T4}) resultiert, eine Ebene aufspannen, die senkrecht zur Messrichtung (x) und parallel zur Richtung (y) der Längsausdehnung der Teilbereiche (TB1, TB2) der Inkrementalteilung orientiert ist.

5

6. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten und vierten oder die zweiten und dritten Raumrichtungen (RR1 - RR4) den Richtungen entsprechen, in die durch die Transversal-Substruktur mit der jeweiligen Ablenk-Teilungsperiode ($TP_{TRANS,1}$, $TP_{TRANS,2}$) eine Beugung in die +/- 1. Beugungsordnungen resultiert.

10

7. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilbereiche der Inkrementalteilung in Richtung (y) ihrer Längsausdehnung sinusförmige Konturbegrenzungen aufweisen.

15

8. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilbereiche der Inkrementalteilung in Richtung (y) ihrer Längsausdehnung dreieckförmige Konturbegrenzungen aufweisen.

20

9. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Inkrementalteilung auf einem scheibenförmigen Trägerelement (11) kreisförmig in Umfangsrichtung angeordnet ist und die ersten und zweiten Abschnitte (D_1 , D_2) der Inkrementalteilung zwei benachbarte Kreissegmente darstellen.

25

10. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die sich die beiden Kreissegmente jeweils über 180° erstrecken, so dass an zwei gegenüberliegenden Referenzpositionen (x_{REF}) entlang der Umfangsrichtung Referenzimpulssignale (REF) erzeugbar sind.

30

11. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Inkrementalteilung als Phasengitter ausgebildet ist.

12. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die Inkrementalteilung als Durchlichtteilung ausgebildet ist.
13. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass eine Beleuchtung der Inkrementalteilung mit einem kollimierten
Strahlenbündel (S) mit kleinem Durchmesser erfolgt.
5
14. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
dass
10
 - in der ersten und vierten Raumrichtung (RR1, RR4) erste und vierte Referenzimpuls-Detektorelemente (24, 27) angeordnet sind, die derart verschaltet sind, dass aus den anliegenden ersten und vierten Referenzimpuls-Teilsignalen (REF_1 , REF_4) ein erstes Referenzimpuls-Summensignal (REF_{S1}) resultiert und
 - in den zweiten und dritten Raumrichtungen (RR2, RR3) zweite und dritte Referenzimpuls-Detektorelemente (25, 26) angeordnet sind, die derart verschaltet sind, dass aus den anliegenden zweiten und dritten Referenzimpuls-Teilsignalen (REF_2 , REF_3) ein zweites Referenzimpuls-Summensignal (REF_{S2}) resultiert,
 - wobei aus der Verarbeitung des ersten und zweiten Referenzimpuls-Summensignales (REF_{S1} , REF_{S2}) das Referenzimpulssignal (REF) resultiert.
15
15. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,
dass
25
 - aus dem ersten Referenzimpuls-Summensignal (REF_{S1}) durch Verstärkung und Abschwächung weitere dritte und vierte Referenzimpuls-Summensignale (REF_{S3} , REF_{S4}) resultieren und
 - aus dem zweiten Referenzimpuls-Summensignal (REF_{S2}) durch Abschwächung und Verstärkung weitere fünfte und sechste Referenzimpuls-Summensignale (REF_{S5} , REF_{S6}) resultieren und
 - aus der logischen Verknüpfung der dritten, vierten, fünften und sechsten Referenzimpuls-Summensignale (REF_{S3} , REF_{S4} , REF_{S5} , REF_{S6}) das Referenzimpulssignal (REF) resultiert.
30

16. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,
dass aus der logischen Verknüpfung der dritten, vierten, fünften und
sechsten Referenzimpuls-Summensignale (REF_{S3} , REF_{S4} , REF_{S5} ,
 REF_{S6}) zwei Referenzimpuls-Hilfssignale (REF_{H1} , REF_{H2}) resultieren,
aus deren logischer UND-Verknüpfung ein Referenzimpulssignal (REF)
in Form eines Rechtecksignals mit einer bestimmten Breite (b_{REF}) re-
sultiert.
5
17. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
dass
10
 - in der ersten und zweiten Raumrichtung (RR1, RR2) erste und zweite
Referenzimpuls-Detektorelemente (24, 25) angeordnet sind, die derart
verschaltet sind, dass aus den anliegenden ersten und zweiten
Referenzimpuls-Teilsignalen (REF_1 , REF_2) ein erstes Referenzimpuls-
Summensignal (REF_{S1}) resultiert und
 - in den dritten und vierten Raumrichtungen (RR3, RR4) dritte und
vierte Referenzimpuls-Detektorelemente (26, 27) angeordnet sind, die
derart verschaltet sind, dass aus den anliegenden dritten und vierten
Referenzimpuls-Teilsignalen (REF_3 , REF_4) ein zweites Referenzimpuls-
Summensignal (REF_{S2}) resultiert,
 - wobei aus der Verarbeitung des ersten und zweiten Referenzimpuls-
Summensignales (REF_{S1} , REF_{S2}) das Referenzimpulssignal (REF) re-
sultiert.
15
18. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet,
dass die ersten und zweiten Referenzimpuls-Summensignale (REF_{S1} ,
 REF_{S2}) nach einer Verstärkung an den Eingängen einer
Vergleichereinheit (130) anliegen und an deren Ausgang das
Referenzimpulssignal (REF) resultiert.
25
19. Verfahren zum Betrieb einer Positionsmesseinrichtung, insbesondere
zur Erzeugung eines Referenzimpulssignals an mindestens einer Re-
ferenzposition entlang einer Messstrecke, wobei aus einer Spur auf ei-
nem Maßstab erste und zweite Bereichssignale ableitbar sind, die je-
30

weils eindeutig die Relativlage der gegenüber dem Maßstab beweglichen Abtasteinheit in Bezug auf die Referenzposition kennzeichnen und durch den Übergangsbereich in mindestens einem Bereichssignal die Referenzposition definiert ist,

5 dadurch gekennzeichnet,
dass aus dem erfolgenden Vergleich zwischen dem ersten Bereichssignal oder davon abgeleiteten weiteren Signalen mit dem zweiten Bereichssignal oder davon abgeleiteten weiteren Signalen ein Referenzimpulssignal (REF) erzeugbar ist.

- 10 20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass
- mindestens das erste Bereichssignal verstärkt und abgeschwächt wird, so dass daraus dritte und vierte Bereichssignale resultieren und
- aus dem Vergleich zwischen dem ersten, dritten oder vierten Bereichssignal mit dem zweiten Bereichssignal oder hiervon abgeleiteten weiteren Bereichssignalen ein Referenzimpulssignal (REF) erzeugt wird.
- 15 21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Bereichssignal verstärkt und abgeschwächt wird, so dass daraus fünfte und sechste Bereichssignale resultieren und aus dem Vergleich zwischen dem ersten, dritten oder vierten Bereichssignal mit dem zweiten, fünften oder sechsten Bereichssignal ein Referenzimpulssignal (REF) erzeugt wird.
- 20 22. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und zweite Bereichssignal jeweils einen eindeutigen Signalpegel für jeden der beiden Bereiche aufweist.
- 25 23. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verstärkung und Abschwächung der Bereichssignale definierte Verstärkungs- und Abschwächungsfaktoren (A, V) gewählt werden.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Wahl der Verstärkungs- und Abschwächungsfaktoren (A, V) die Breite (b) des resultierenden Referenzimpulssignales (REF) eingestellt wird.
- 5 25. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des Referenzimpulssignales (REF) einer Vergleichereinheit (130) ein erstes Signal (REF_S) zugeführt wird, das aus zwei Bereichssignalen (REF₁, REF₂) abgeleitet wird und wobei sich das erste Signal (REF_S) im Bereich der Referenzposition (x_{REF}) stark verändert und der Vergleichereinheit (130) ferner ein zweites Signal (REF_G) zugeführt wird, welches ebenfalls aus zwei Bereichssignalen (REF₃, REF₄) abgeleitet wird und wobei das zweite Signal (REF_G) im Bereich der Referenzposition (x_{REF}) im wesentlichen einen gleichbleibenden Signalpegel aufweist.

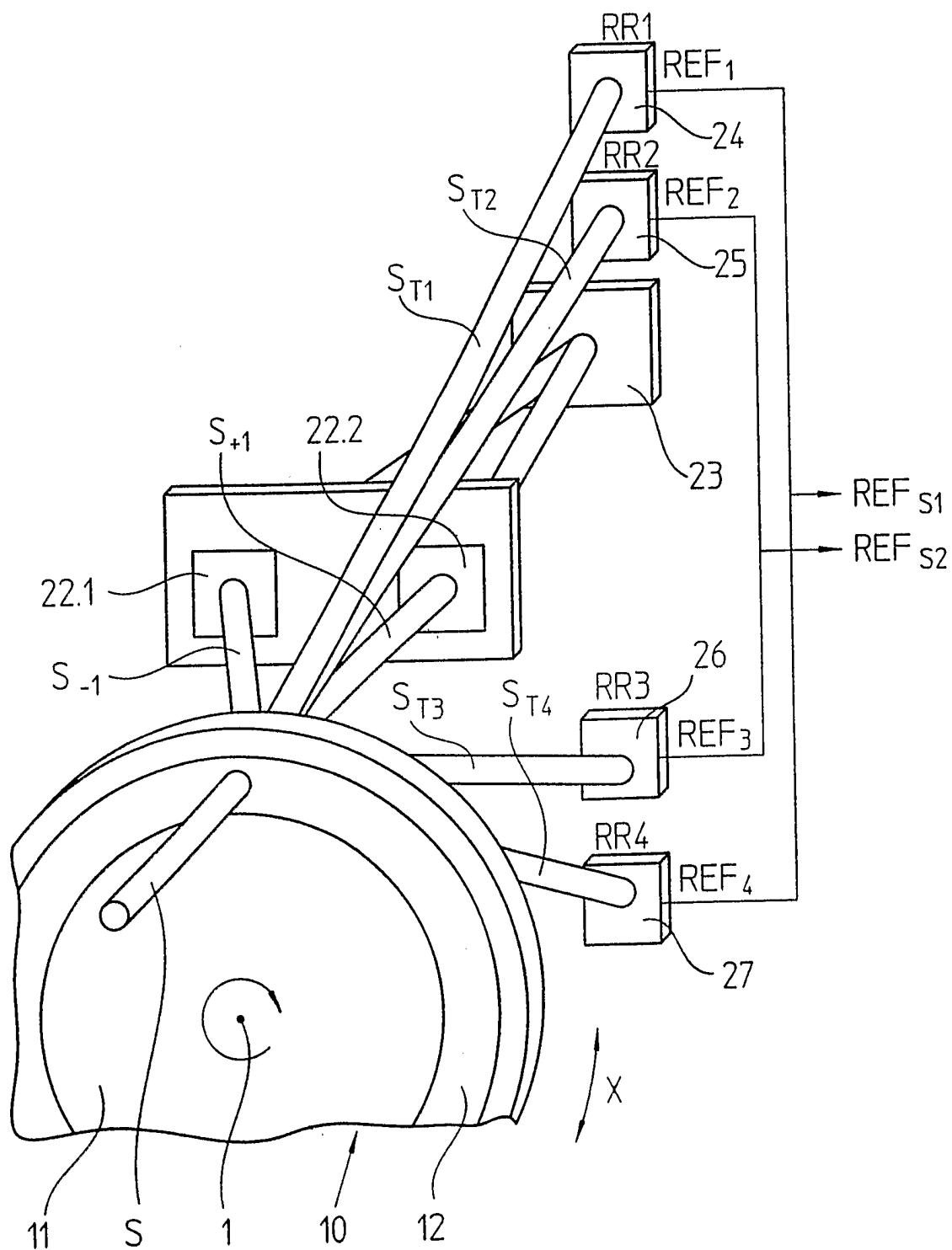


FIG. 1

1/8

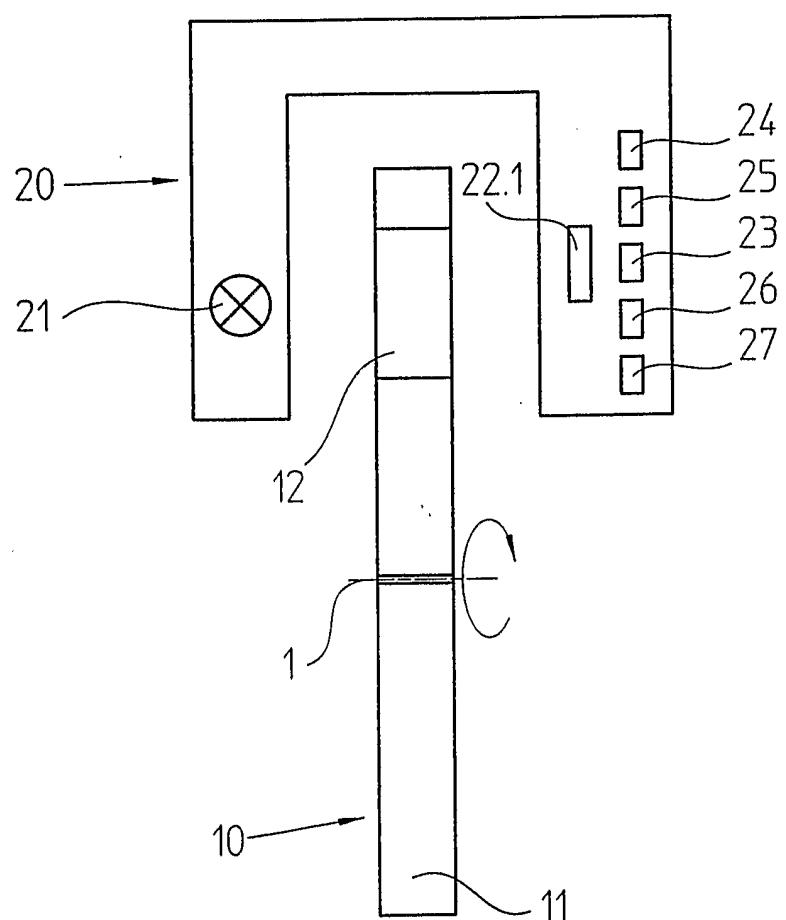


FIG. 2

2/8

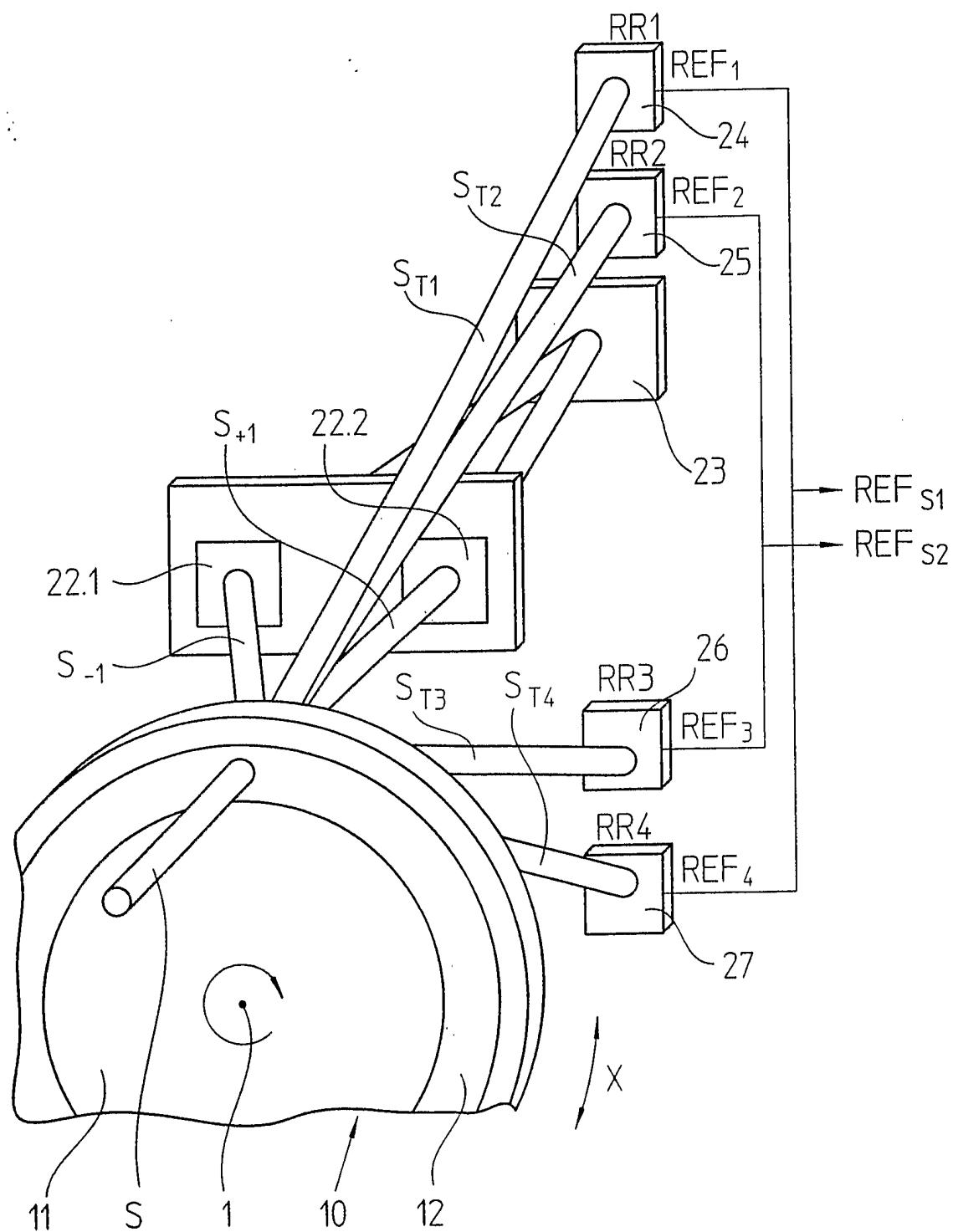


FIG. 3b

3/8

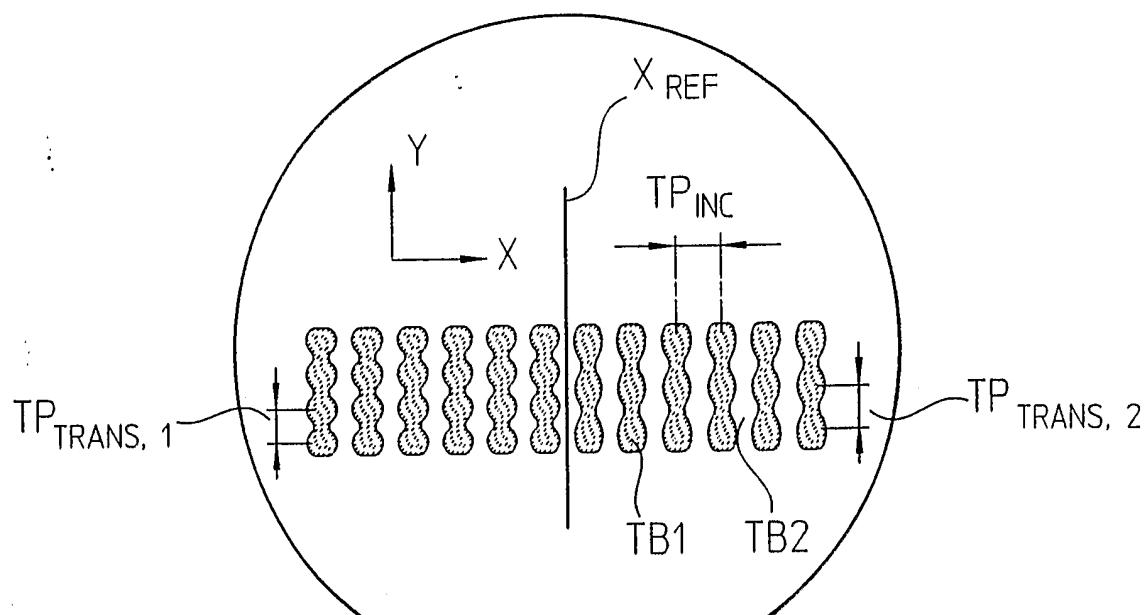


FIG. 3a

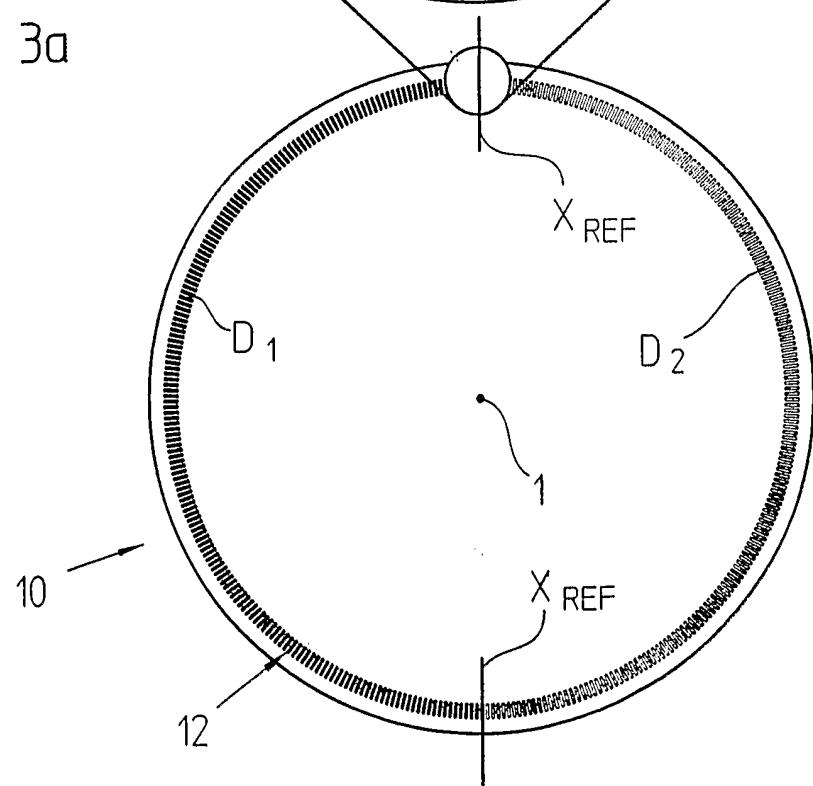


FIG. 4a

4/8

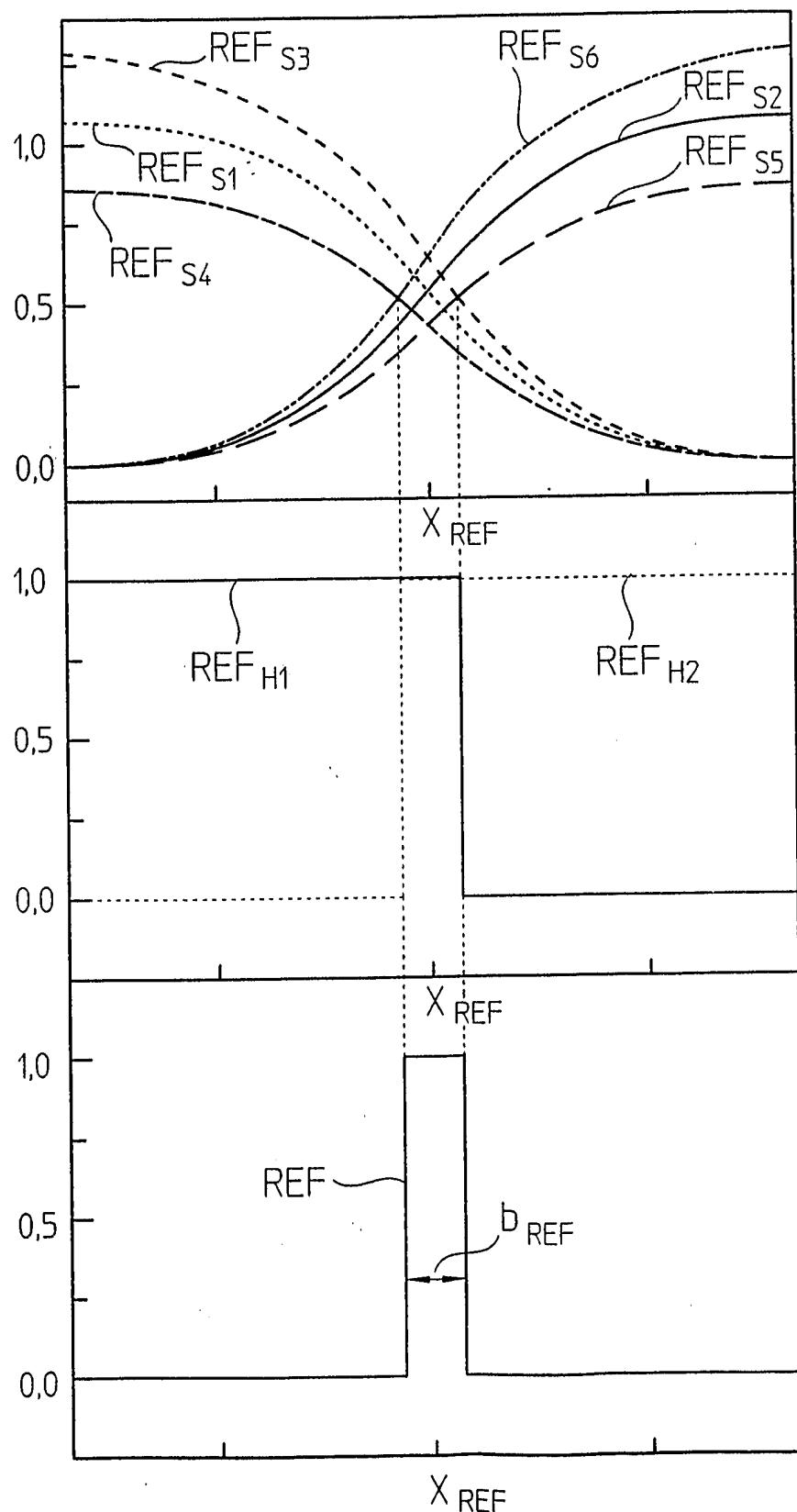


FIG. 5

5/8

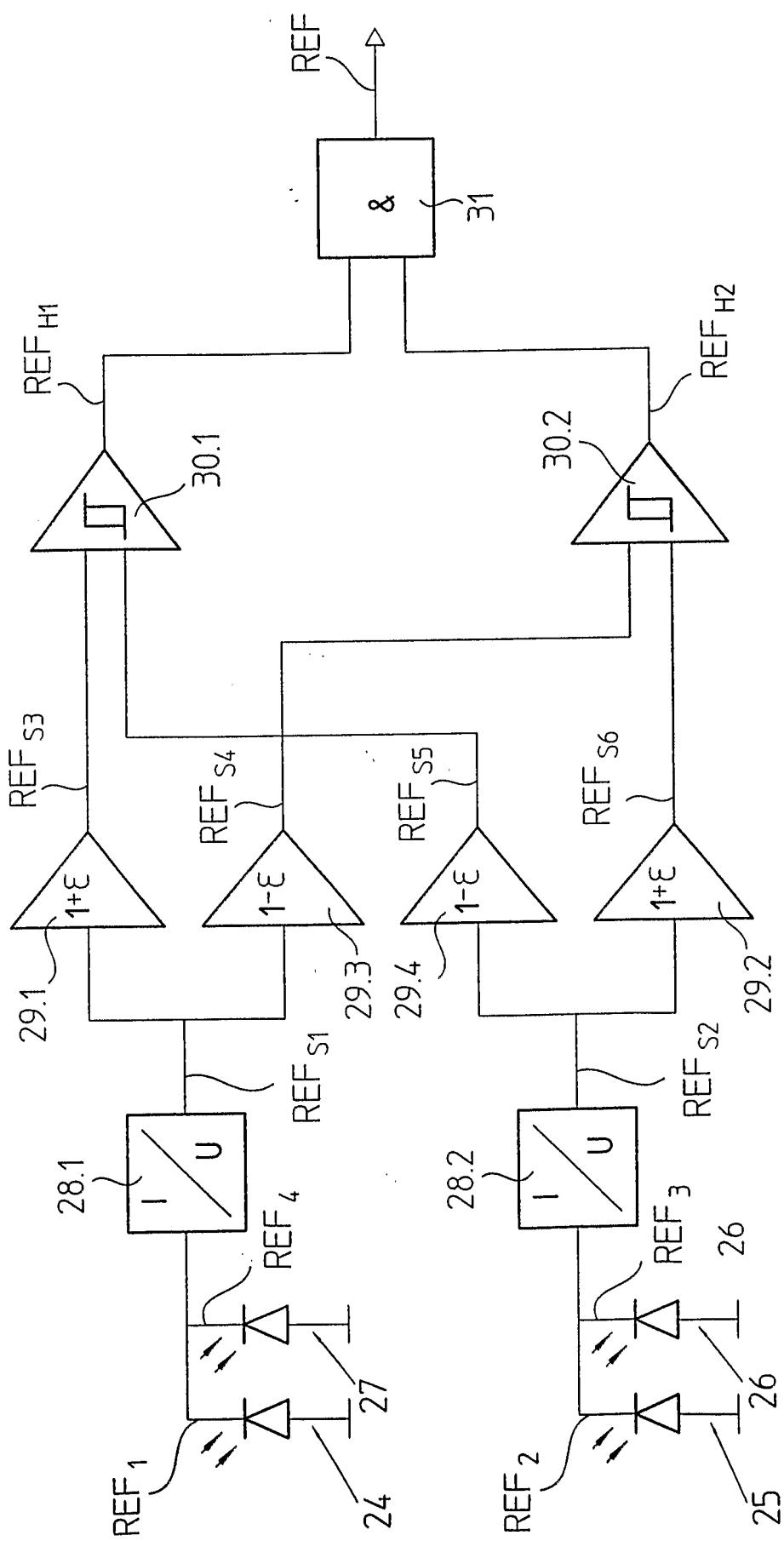


FIG. 6

6/8

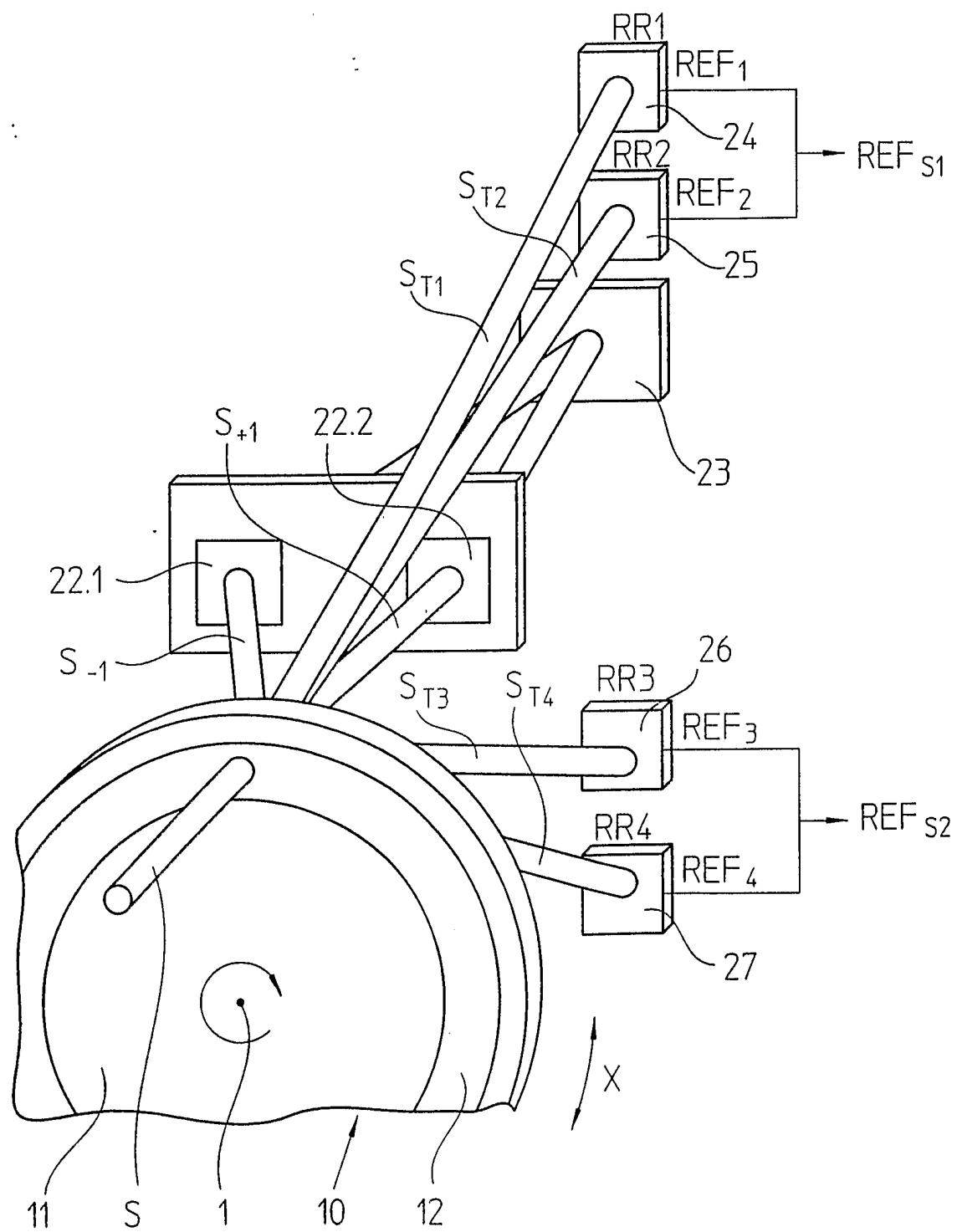


FIG. 7

7/8

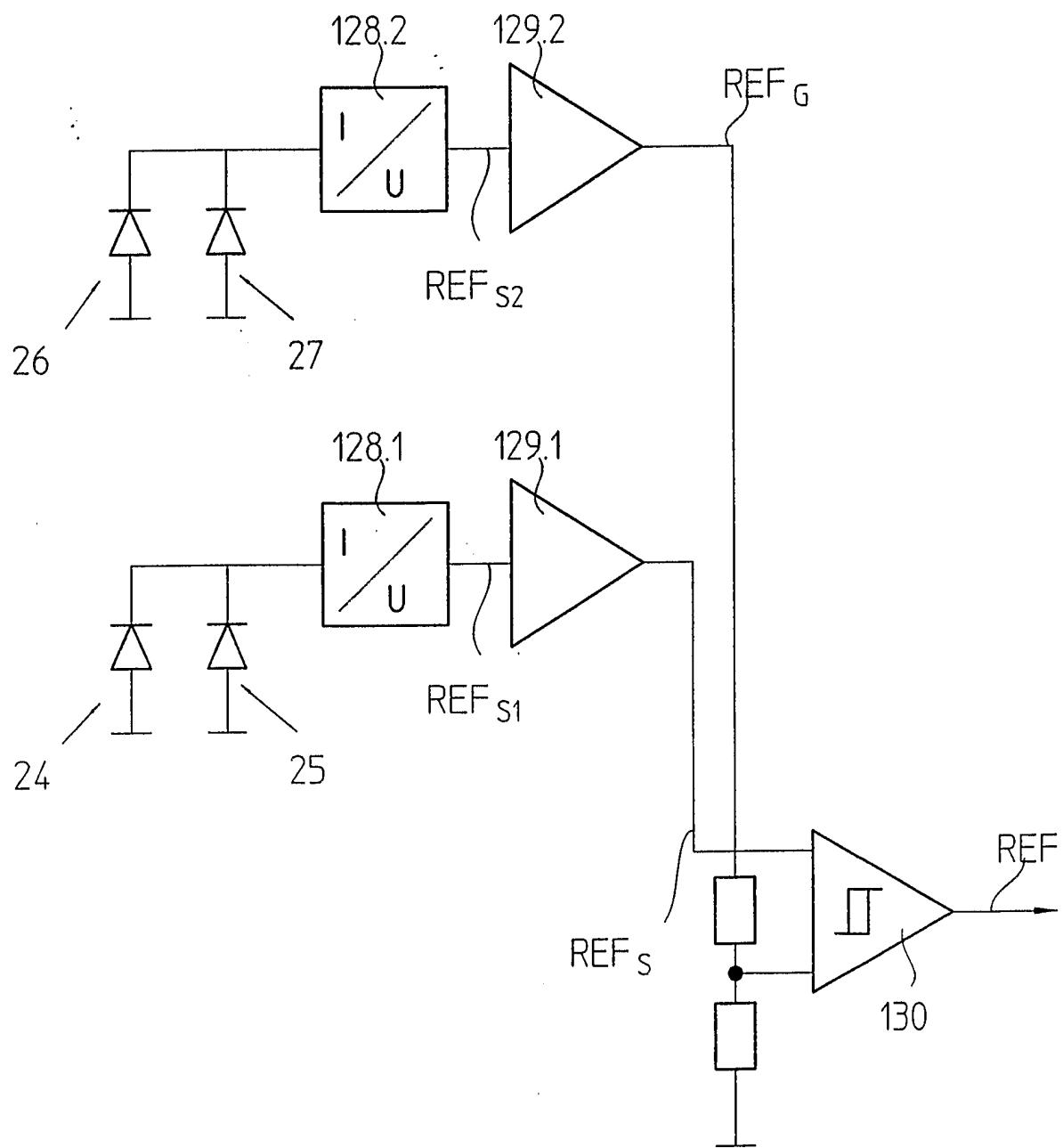


FIG. 8a

8/8

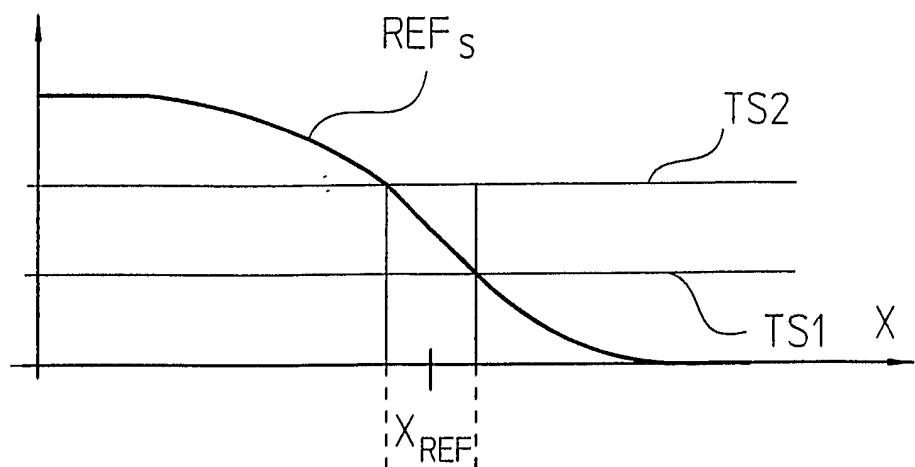


FIG. 8b

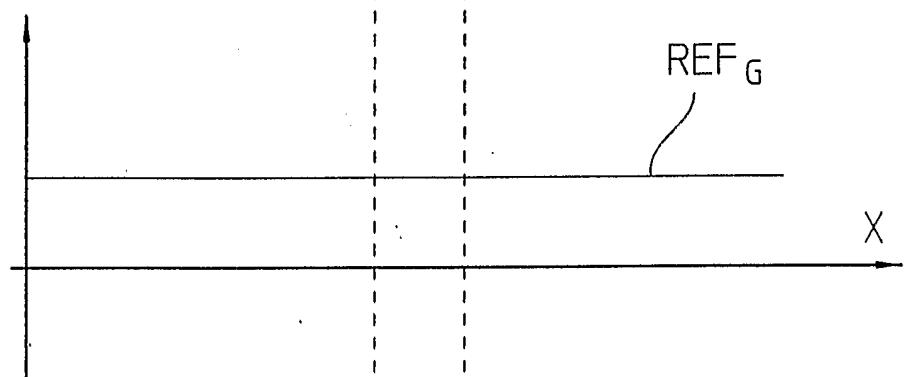
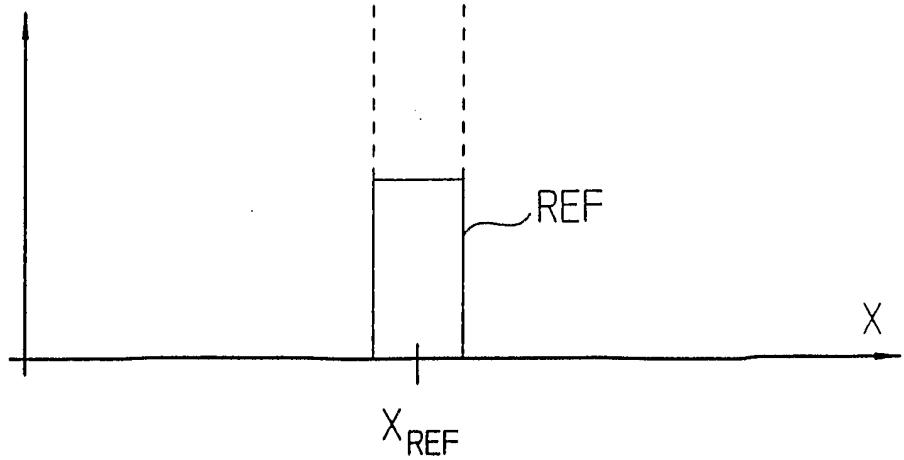


FIG. 8c



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/09767

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01B11/02 G01D5/36 G01D5/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01B G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 89 05440 A (RENISHAW PLC) 15 June 1989 (1989-06-15) abstract; figure 1 -----	1,19
A	US 5 648 658 A (HOLZAPFEL WOLFGANG ET AL) 15 July 1997 (1997-07-15) abstract; figure 1 -----	1,19

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

2 December 2002

06/12/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vorropoulos, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int	nal Application No
PCT/EP 02/09767	

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 8905440	A	15-06-1989	DE	3870229 D1		21-05-1992
			EP	0344281 A1		06-12-1989
			WO	8905440 A1		15-06-1989
			JP	2502673 T		23-08-1990
			US	5064290 A		12-11-1991
US 5648658	A	15-07-1997	DE	4431899 A1		24-08-1995
			AT	189057 T		15-02-2000
			AT	192566 T		15-05-2000
			DE	59507626 D1		24-02-2000
			DE	59508237 D1		08-06-2000
			EP	0669518 A2		30-08-1995
			EP	0669519 A2		30-08-1995
			JP	2818800 B2		30-10-1998
			JP	8005318 A		12-01-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 02/09767

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01B11/02 G01D5/36 G01D5/38

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01B G01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 89 05440 A (RENISHAW PLC) 15. Juni 1989 (1989-06-15) Zusammenfassung; Abbildung 1 ----	1,19
A	US 5 648 658 A (HOLZAPFEL WOLFGANG ET AL) 15. Juli 1997 (1997-07-15) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1,19

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

*& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

2. Dezember 2002

06/12/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Vorropoulos, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT
 Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 02/09767

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
WO 8905440	A 15-06-1989	DE 3870229 D1	EP 0344281 A1	WO 8905440 A1	21-05-1992 06-12-1989 15-06-1989
		JP 2502673 T	US 5064290 A		23-08-1990 12-11-1991
US 5648658	A 15-07-1997	DE 4431899 A1	AT 189057 T	AT 192566 T	24-08-1995 15-02-2000 15-05-2000
		DE 59507626 D1	DE 59508237 D1	JP 2818800 B2	24-02-2000 08-06-2000 30-10-1998
		EP 0669518 A2	EP 0669519 A2	JP 8005318 A	30-08-1995 30-08-1995 12-01-1996