(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTSCHRIFT

(12) **Ausschließungspatent** (11) **DD 281 650 B3**

Teilweise bestätigt gemäß § 18
Absatz 1 Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) **G 01 B 11/00**

DEUTSCHES PATENTAMT

(21)	DD G 01 B / 316 551 0	(22)	09. 06. 88	(45)	07. 10. 93
				(44)	15. 08. 90
				(44)	14. 03. 91

(72) Sparrer, Gerald, Dipl.-Ing., 13086 Berlin, DE; Gehring, Frank, Dipl.-Ing., 15537 Erkner, DE
(73) gleich Erfinder

(54) **Anordnung und Meßverfahren zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels positionsempfindlicher optoelektronischer Sensoren**

ISSN 0433-6461

16 Seiten

Patentansprüche:

1. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente (z.B. Striche oder Lücken einer Strichteilung) mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors (POS), z.B. zur Bestimmung ihrer Teilungsfehler, wobei die Schrittweiten (S_S, S_L) dieser Strukturelemente und auch ihre Breiten, (B_{Si}, B_{Li}) konstant oder veränderlich sein können, und sowohl helle Strukturelemente (z.B. weiße Striche) auf dunklem Untergrund als auch dunkle Strukturelemente (z.B. schwarze Striche) auf hellem Untergrund bzw. auch deren Lücken lokalisiert werden können, **gekennzeichnet dadurch,** daß ein geeigneter Ausschnitt dieser optischen Struktur auf diesen positionsempfindlichen optoelektronischen Sensor (POS) abgebildet wird, welcher Hauptbestandteil des Sensorkopfes ist, der Sensorkopf vorwiegend aus einem Abbildungsobjektiv, einer Beleuchtungseinrichtung und gegebenenfalls aus einer Doppel- oder Einzelblende besteht und an dem POS eine Meßelektronik angeschlossen ist, mit deren Hilfe die fotometrischen Mitten der Strukturelemente erfaßt werden können.
2. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach dem Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß das jeweils zu detektierende Strukturelement in seiner Längsachse fast vollständig auf die lichtempfindliche Schicht des POS abgebildet wird und zwar so, daß das Bild in dieser Achse beidseitig durch den Rand der lichtempfindlichen Schicht des Empfängers geringfügig beschnitten wird oder auch eine vom Idealfall abweichende Anordnung für die optische Abbildung möglich ist.
3. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch,** daß in Meßrichtung die optische Abbildung der Strukturelemente auf dem POS so erfolgt, daß der Abstand der Bilder benachbarter Strukturelemente (Teilungsschritte) mit der Breite der aktiven Fläche des POS übereinstimmt oder auch eine vom Idealfall abweichende Anordnung für die optische Abbildung möglich ist.
4. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 2 und 3, **gekennzeichnet dadurch,** daß eine zur Erzielung einer maximalen Meßempfindlichkeit optimale Abbildung der Strukturelemente erreicht wird, indem für das häufiger auftretende eindimensionale Meßproblem an Stelle eines eindimensionalen auch ein zweidimensionaler POS benutzt werden kann, und die aktive Fläche des POS solche Maße besitzt, daß die zu prüfenden Strukturelemente sowohl in ihrer Längsrichtung als auch in Meßrichtung optimal auf dieser Fläche abgebildet werden und eine optimale Abbildung auch durch die Anordnung eines an und für sich bekannten optischen Systems erreicht werden kann, welches in den beiden Richtungen unterschiedliche Brechkräfte aufweist.
5. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch,** daß das Meßobjekt je nach Eignung im Auf- oder Durchlicht durch eine oder mehrere parallel oder schräg zur optischen Achse des Sensorkopfes angeordnete Lichtquellen symmetrisch und homogen beleuchtet wird und die Beleuchtungsebene entweder parallel zur Achse der Strukturelemente, senkrecht zu dieser Achse oder beliebig angeordnet ist.
6. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach Anspruch 5, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Beleuchtungseinrichtung so beschaffen ist, daß das Licht direkt oder über ein, zwei oder mehrere Lichtleiter übertragen wird.
7. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 1 bis 6, **gekennzeichnet dadurch,** daß bei auftretenden inhomogenen Beleuchtungs-, Reflexions- (Auflicht) oder Transmissionsverhältnissen (Durchlicht) am Meßobjekt, sich unmittelbar vor dem POS ein Spaltblendenpaar oder dessen Bild befinden kann, welches bei Symmetriestellung der zu untersuchenden Strukturelemente bezüglich der elektrischen Null des POS nur Lichtströme in unmittelbarer Nähe der Kanten der Strukturelemente auf die lichtempfindliche Schicht des POS gelangen läßt und auf diese Weise diese Inhomogenitäten keine Meßfehler bewirken können.
8. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 1 bis 6, **gekennzeichnet dadurch,** daß bei auftretenden inhomogenen Beleuchtungs-, Reflexions- (Auflicht) oder Transmissionsverhältnissen (Durchlicht) am Meßobjekt sich unmittelbar vor dem POS analog zu Anspruch 7 an Stelle eines

Blendenpaares oder dessen Bild nur eine Spaltblende oder deren Bild befinden kann und die Breite dieser Blende bzw. deren Bild geringfügig größer als die Bildbreite eines Strukturelementes ist.

9. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach Anspruch 7, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Einzelspalte des Doppelspaltes nichtparallel zueinander sind und Formen aufweisen, die mit den Kantenformen der Strukturelemente bzw. deren Bildern übereinstimmen.
10. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach Anspruch 8, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Kanten des Einzelspaltes nichtparallel zueinander sind und Formen haben, die mit den Kantenformen der Strukturelemente bzw. deren Bildern übereinstimmen.
11. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 1 bis 10, **gekennzeichnet dadurch,** daß zur Unterdrückung störender Informationen auf dem Maßstabträger, wie z.B. Ziffern, Beschriftungen und Marken, an Stelle der Blenden gemäß der Ansprüche 7 und 8 auch andere Blenden vor dem POS angeordnet sind.
12. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 1 bis 11, **gekennzeichnet dadurch,** daß die an den POS angeschlossene Meßelektronik aus einer Verknüpfung der Baugruppen Vorverstärker, Differenzverstärker, Spannungskomparator, Umschalter, invertierender Verstärker und Impulsformerstufen besteht.
13. Anordnung zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 1 bis 12, **gekennzeichnet dadurch,** daß bei Benutzung eines zweidimensionalen POS die beschriebenen Anordnungen mit Ausnahme des POS in doppelter Ausführung benutzt werden, wobei jeder Dimension eine solche zugeordnet ist und somit die Ansteuerung eines zweiten Längenmeßsystems für eine zweidimensionale Messung möglich ist.
14. Meßverfahren zur Lokalisierung optischer Strukturelemente (z.B. Striche oder Lücken einer Strichteilung) mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors (POS), z.B. zur Bestimmung ihrer Teilungsfehler, wobei die Schrittweiten (S_S, L_L) dieser Strukturelemente und auch ihre Breiten, (B_{Si}, B_{Li}) konstant oder veränderlich sein können, und sowohl helle Strukturelemente (z.B. weiße Striche) auf dunklem Untergrund als auch dunkle Strukturelemente (z.B. schwarze Striche) auf hellem Untergrund bzw. auch deren Lücken lokalisiert werden können, **gekennzeichnet dadurch,** daß bei einer Relativbewegung in Meßrichtung (vorwärts oder rückwärts) zwischen Sensorkopf an dem der Meßrichtung zugeordneten Elektrodenpaar des POS ein alternierendes elektrisches Differenzsignal abgegriffen wird, welches immer dann gleich Null ist, wenn der Schwerpunkt der Intensitätsverteilung des auf dem POS abgebildeten Strukturelementes mit der elektrischen Null des Empfängers koinzidiert und auf diese Weise die Mitte des Strukturelements (z.B. Strich- oder Lückenmitte) lokalisiert werden kann und mit Hilfe der Meßelektronik Steuerimpulse zur Meßwertregistrierung für das an die Meßeinrichtung gekoppelte Längenmeßgerät (z.B. Laserinterferometer) erzeugt werden.
15. Meßverfahren zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach dem Anspruch 14, **gekennzeichnet dadurch,** daß mit Hilfe des zur Meßelektronik gehörenden Umschalters und invertierenden Verstärkers der jeweils interessierende Nulldurchgang, z.B. eines Striches auf der aufsteigenden Flanke, auch bei Umkehr der Bewegungsrichtung, dann aber bei absteigender Flanke, lokalisiert wird oder die Positionen der Lücken oder beide bestimmt werden.
16. Meßverfahren zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 14 und 15, **gekennzeichnet dadurch,** daß beim Einsatz zweidimensionaler POS für das häufiger vorkommende eindimensionale Meßproblem das der zweiten Dimension zugeordnete elektrische Ausgangssignal des POS (y-Signal) zu Kontroll- und Justierzwecken verwendet werden kann und auf diese Weise z.B. die Längsachse einer Maßverkörperung in Übereinstimmung mit der Bewegungsrichtung des Sensorkopfes bzw. dieser Maßverkörperung gebracht werden kann, wozu wechselseitig eine Meßbewegung eingeleitet wird und diese im Wechsel mit der Justierung der o.g. Längsachse so lange vorgenommen wird, bis sich während der Meßbewegung das y-Signal des POS nicht mehr ändert.

17. Meßverfahren zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 14 bis 16, **gekennzeichnet dadurch,** daß zur Unterdrückung der Meßwertausgabe von Störsignalen, z.B. Ziffern, Beschriftungen, Marken auf Teilungsträgern, beim Einsatz zweidimensionaler POS hierzu der zur Meßrichtung senkrecht stehende Kanal (y-Kanal) dieses POS verwendet werden kann, indem der normalerweise konstante Signalverlauf in diesem Kanal, wie er z.B. bei einer Relativbewegung in Meßrichtung zwischen gut justierten Strichen bzw. Lücken und dem POS auftritt, sich ändert, wenn ein Bild solch einer störenden Markierung auf dem POS erscheint und durch eine Torschaltung die Meßwertausgabe dieser Markierung verhindert wird, so lange das elektrische Signal im y-Kanal außerhalb eines vorher festzulegenden Schwellwertfensters (obere bzw. untere Schwelle) liegt, was immer dann der Fall ist, wenn eine Störung der Symmetrie der Intensitätsverteilung in y-Richtung auftritt.
18. Meßverfahren zur Lokalisierung optischer Strukturelemente mittels eines positionsempfindlichen optoelektronischen Sensors nach den Ansprüchen 14 bis 16, **gekennzeichnet dadurch,** daß bei Anwendung eines zweidimensionalen POS und der übrigen Baugruppen in doppelter Ausführung in zwei Koordinaten je ein Längenmeßsystem angesteuert wird und somit eine zweidimensionale Lokalisierung von Strukturelementen erfolgt.

Hierzu 9 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung kann vorwiegend zur Längenmessung an periodisch oder nichtperiodisch sich wiederholenden optischen Strukturelementen, wie z.B. Strichmaßverkörperungen (Strichmaßstäbe, Nivellierlatten, Bandmaße, Rasterteilungen, Sonderteilungen u.a.), angewendet werden. Dabei können die Teilungsfehler der Maßverkörperungen mit z.B. oft sehr vielen Teilstrichen objektiv, vorwiegend dynamisch und automatisch mit hoher Präzision bestimmt werden, indem der jeweilige Strich oder allgemein ein optisches Strukturelement mit Hilfe positionsempfindlicher optoelektronischer Sensoren (POS) lokalisiert und gleichzeitig seine Position mit einem an und für sich bekannten Längenmeßgerät gemessen wird.
Sowohl für meßtechnische Prüfstellen, Hersteller und Anwender o.g. Maßverkörperungen bzw. optischer Strukturen ist es günstig, die erfindungsgemäße Anordnung bzw. das beschriebene Meßverfahren zu nutzen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Stand der Technik sind visuelle, aber vorwiegend fotoelektrische Mikroskope, die eine Stricherfassung mit höchster Präzision bis in den Submikrometerbereich ermöglichen, aber einen relativ komplizierten mechanisch-optischen Aufbau besitzen/1, 2, 3, 4/. In allgemeinen besteht solch ein fotoelektrisches Mikroskop neben abbildenden optischen Systemen aus einem Teilerprisma mit Spaltblende, auf welches der zu untersuchende Maßstabsstrich meistens vergrößert abgebildet wird. Auch schwingende Spalte sind gebräuchlich. Die nach dieser geometrischen Strahlenteilung des Strichbildes entstehenden Teillichtströme werden durch jeweils einen fotoelektrischen Empfänger (z.B. Fotodiode, SEV, PIN-Diode u.a.) in elektrische Signale umgewandelt und ihre Differenz gebildet. Besitzt diese den Wert Null, dann ist der zu untersuchende Teilungsstrich symmetrisch bezüglich des Spaltes positioniert (Strichmittenverfahren).
Benutzt man nur einen Empfänger, kann man mit Hilfe festgelegter Signalpegel die linken und rechten Kanten der Teilungsstriche lokalisieren (Strichkantenverfahren).
Durch Mittelwertbildung einander zugeordneter Kantenpositionen kann ebenfalls die Strichmittenposition ermittelt werden. Das Strichmittenverfahren besitzt den Nachteil, daß ein Empfängerpaar benutzt werden muß, dessen Einzelempfänger im allgemeinen ein unterschiedliches Driftverhalten zueinander aufweisen. Dieses kann Verschiebungen der Striche vortäuschen und somit Meßfehler verursachen.
Das Strichkantenverfahren besitzt einen anderen Nachteil: es müssen doppelt so viele Meßwerte erfaßt und registriert werden.
Ein weiterer Nachteil fotoelektrischer Mikroskope gegenüber der weiter unten beschriebenen Erfindung ist ihr relativ komplizierter mechanisch-optischer Aufbau. Die in/5/ und/6/ beschriebenen Anordnungen zur Prüfung von Meßbändern benutzen als Prüfling und Normal zwei nebeneinander liegende Meßbänder, deren Teilungsfehler mittels eines Zeitverfahrens bestimmt werden. Die Anordnung besitzt den Nachteil, daß für hochgenaue Messungen durch die Verletzung des Komparatorprinzips Meßfehler hervorgerufen werden.
Das in/7/ beschriebene Verfahren benutzt zur Darstellung der Hell-Dunkel-Übergänge eine Vidikonröhre. Die Abstände der Teilungsfehler werden ebenfalls nach einem Zeitverfahren bestimmt. Nachteil dieser Anordnung sind der komplizierte Aufbau der hierzu benötigten Kamera und eine erforderliche hohe Beleuchtungsstärke, um Meßfehler infolge Nachlaufeffekte hinreichend klein zu halten.
In/8/ ist ein automatisierter Längenkomparator zur Prüfung von Nivellierlatten und Meßbändern beschrieben. Dieser Längenkomparator bestimmt mit Hilfe zweier CCD-Kameras die Teilungsfehler der o.g. Prüflinge.
Weitere Anordnungen zur Lagebestimmung optisch wirksamer Strukturen mit CCD-Zeilen oder Fotoempfängerarrays werden in/9, 10, 11, 12/ angeführt. Die Anordnungen mit CCD-Zeilen verfügen über hohe Genauigkeiten, vor allem, wenn eine Grauwertverarbeitung der Meßsignale erfolgt. Sie besitzen die Nachteile, daß die CCD-Technik einen sehr hohen Hardware- und Softwareaufwand erfordert.

Die erfindungsgemäße Anordnung und Meßverfahren besitzt o.g. Nachteile nicht. Sie ist einfach in ihrem optischen und mechanischen Aufbau, erfordert einen geringeren elektronischen Aufwand und ist deshalb bei zahlreichen Anwendungen ökonomisch günstiger.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine einfachere Anordnung von mechanischen, optischen und elektronischen Baugruppen sowie ein einfacheres Meßverfahren zur Lokalisierung von Teilungsstrichen und anderer sich wiederholender optischer Strukturelemente für genaue Längenmessungen, als dies mit den bekannten aber kompliziert aufgebauten fotoelektrischen Mikroskopen möglich ist. Die neue Anordnung bzw. das Meßverfahren soll aber dabei die guten Eigenschaften der fotoelektrischen Mikroskope im wesentlichen beibehalten. Das heißt, es muß möglich sein, die Teilungsfehler einer Strichteilung oder allgemein sich periodisch oder nichtperiodisch wiederholender optischer Strukturelemente objektiv, schnell, automatisch, optoelektronisch und vorwiegend in einem dynamischen Meßvorgang mit Hilfe der Erfindung im Zusammenhang mit bekannten Längenmeßverfahren zu bestimmen. Dies soll je nach Meßobjekt im Auf- oder Durchlicht möglich sein.
Ziel der Erfindung ist es auch, daß sowohl helle Strukturen auf dunklem Untergrund als auch umgekehrt dunkle Strukturen auf hellem Untergrund erfaßt werden können.
Gegenüber den fotoelektrischen Mikroskopen soll bei der erfindungsgemäßen Anordnung auf einen optischen Strahlenteiler verzichtet werden und an Stelle einer oder zweier Fotodioden (SEV, PIN-Fotodiode u.a.) ein POS benutzt werden.
Ein Ziel der Erfindung ist auch, daß man bei der Lokalisierung von Strukturelementen weitgehend unabhängig von einer ungleichmäßigen Ausleuchtung oder Störung der Umgebung eines Strukturelementes (z.B. Kratzer) ist.
Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, mit optisch-mechanischen oder elektronischen Mitteln nur von den interessierenden zu vermessenden Strukturelementen (z.B. Striche) eine Meßwertauslösung zuzulassen, während eine Meßwertausgabe von meßtechnisch uninteressanten Strukturelementen (z.B. Ziffern, Beschriftungen, Marken auf Teilungsträgern) unterdrückt werden soll.
Schließlich ist es ein Ziel der Erfindung, Strukturelemente bei Bedarf auch zweidimensional lokalisieren zu können, um z.B. eine zweidimensionale Bestimmung von Teilungsfehlern zu ermöglichen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Fotoelektrische Mikroskope gestatten, hintereinander angeordnete optische Strukturenelemente, insbesondere Teilungsstriche objektiv, schnell, automatisch und dynamisch mit höchster Präzision zu lokalisieren. Im Gegensatz zu den genannten Vorteilen besitzen diese Mikroskope einige Nachteile:
1. komplizierter mechanisch-optischer Aufbau
2. Driftverhalten der beiden Fotoempfänger zueinander beim Strichmittenverfahren
3. doppelter Datenanfall und Rechenaufwand beim Strichkantenverfahren.

Die im folgenden beschriebene erfindungsgemäße Anordnung besitzt diese Nachteile nicht, während die Vorteile der fotoelektrischen Mikroskope im wesentlichen beibehalten werden.
Die erfindungsgemäße Anordnung ist sehr einfach: sie besteht aus einem Abbildungsobjektiv, einem unterteilten (z.B. Differenzfotodiode, Quadrantenempfänger u.a.) oder vorwiegend einem nicht unterteilten positionsempfindlichen optoelektronischen Sensor (z.B. Streifenfotodiode, Vollflächendiode) und einer Beleuchtungseinrichtung. Mittels Objektivs wird der zu vermessende Strukturausschnitt in geeigneter Weise auf den positionsempfindlichen optoelektronischen Sensor (POS) abgebildet. Bei einer Relativbewegung zwischen der optischen Struktur, z.B. von Strichen, und dem POS senkrecht zur Längsachse der Striche ergibt sich an dem der Meßrichtung entsprechenden Elektrodenpaar ein alternierendes elektrisches Signal, welches genau dann gleich Null ist, wenn entweder die Strichmitte oder die Mitte der Strichlücke mit der elektrischen Null des POS koinzidiert. Dabei ist es gleichgültig, welches Verhältnis zwischen Strukturbreite und Breite der Lücke besteht und ob die Strukturelemente mit konstanten oder sich ändernden Teilungsschritten angeordnet sind.
Zur Erzielung einer hohen Genauigkeit ist es z.B. bei Strichteilungen erforderlich, möglichst den größten Teil der Strichlänge auf den POS abzubilden. Ist der Teilungsschritt S zwischen den Strukturelementen etwa gleich der Länge der Strukturelemente selbst (Quotient ungefähr gleich Eins), wird es vorteilhaft sein, bei der meist eindimensionalen Meßaufgabe einen zweidimensionalen POS (Vollflächendiode, Quadrantenempfänger) einzusetzen, wenn das Verhältnis zwischen Breite B_E und Länge L_E der aktiven Fläche des POS mit dem Verhältnis zwischen Teilungsschritt und Länge des Strukturelements in einem günstigen Verhältnis (z.B. Strichlänge) übereinstimmt und somit eine optimale Abbildung möglich ist.
Die maximale Empfindlichkeit erhält man, wenn die Breite der Frontfläche des POS etwa der Schrittweite der Bilder der Teilungsschritte entspricht. Dies ist wie bereits oben beschrieben mit zweidimensionalen POS möglich. Stehen diese nicht mit geeigneten Abmessungen der Frontflächen zur Verfügung, können die gewünschten Abbildungsverhältnisse durch den Einsatz einer Linse erreicht werden, welche in Meßrichtung und in Richtung der Längsachse der Strukturelemente unterschiedliche Brechkräfte aufweist.
Nimmt der Quotient aus Teilungsschritt und Länge des Strukturelementes einen großen Wert an, ist es meistens vorteilhaft, die Messungen mit eindimensionalen POS durchzuführen.
Aufgabe der Meßelektronik ist es, ein verstärktes Differenzsignal der vom POS erzeugten Teilströme, die der Meßrichtung zugeordnet sind, zu bilden. Dieses Differenzsignal alterniert bei einer Meßbewegung. Jeweils beim Erreichen des dem Strich oder der Lücke entsprechenden Nulldurchganges wird ein Steuerimpuls für das angeschlossene Längenmeßgerät (z.B. Laserinterferometer) mittels eines Komparators bereitgestellt. Mittels eines Umschalters, dessen Schaltzustände der jeweiligen Meßbewegung (vorwärts oder rückwärts) angepaßt sind, kann entschieden werden (im Zusammenhang mit der Meßrichtung), ob die Strichmitten oder die Mitten der Strichlücken oder beide gleichzeitig gemessen werden sollen. In dem einen Zweig (z.B. Rückwärtszweig) befindet sich ein invertierender Verstärker, damit unabhängig von der Meßbewegung immer der gewünschte Nulldurchgang detektiert wird.

Wesentlich bei der Erfindung ist es, daß mit dem POS nicht nur helle Strukturen auf dunklem Untergrund, sondern auch dunkle Strukturen auf hellem Untergrund lokalisiert werden können, d.h., daß der Empfänger immer die fotometrische Mitte der Struktur im Zusammenwirken mit der Meßelektronik detektieren kann und ein Auslöseimpuls für das nachgeschaltete Längenmeßgerät erzeugt wird.
Ein Merkmal der Erfindung ist es auch, daß je nach Meßobjekt im Durch- oder Auflicht gearbeitet werden kann.
Ein weiteres Merkmal der Erfindung ist es, daß unmittelbar in die Bildebene der Struktur bzw. der Frontfläche des POS ein Spaltblendenpaar eingefügt werden kann. Der Abstand der beiden Einzelspalte zueinander sowie ihre Breiten sind so dimensioniert, daß bei Koinzidenz des Striches in ihren Mitten die Kanten der Struktur erscheinen. Da also nur die Kanten der Striche und deren unmittelbare Umgebung erfaßt werden, ist es möglich, Meßfehler zu minimieren, die durch inhomogene Reflexions- (Auflicht) bzw. Transmissionsverhältnisse (Durchlicht) sowie unterschiedliche Ausleuchtung am Meßobjekt hervorgerufen werden können. Die beiden durch die Spalte gelangenden Intensitätsverteilungen, welche die zwei Kantenorte verkörpern, gelangen auf den POS. Letzterer detektiert den optischen Schwerpunkt der durch optische Addition gewonnenen resultierenden Intensitätsverteilung und somit den Ort des jeweiligen Strukturelementes (z.B. Strich- oder Lückenmitte).
Bei der Messung an Strukturelementen mit homogenen Reflexions- oder Transmissionsverhalten, z.B. schwarze Striche, und inhomogener Intensitätsverteilung ihrer Umgebung kann als weiteres Merkmal der Erfindung an Stelle eines Blendenpaares auch nur eine Blende eingesetzt werden, die etwas breiter als der Strich ist bzw. deren Breite etwa dem Abstand der beiden äußeren Kanten des o.g. Blendenpaares entspricht.
Ein Merkmal der Erfindung ist es auch, durch geeignete Blenden zu verhindern, daß z.B. für die Teilungsmessung uninteressante Informationen (z.B. Ziffern auf einem Teilungsträger) nicht auf die Frontfläche des POS gelangen können.
Bei einer eindimensionalen Messung kann es bei Benutzung eines zweidimensionalen POS auch ein Merkmal der Erfindung sein, daß mit Hilfe des zweiten Elektrodenpaares und geeigneter Meßelektronik gemäß der Figuren 10 und 11 ebenfalls mit elektronischen Mitteln eine Unterdrückung der o.g. nicht interessierenden Informationen möglich wird.
Ein weiteres Merkmal der Erfindung kann sein, daß das zweite Elektrodenpaar des POS bzw. das an ihm anliegende elektrische Signal als objektives Justierkriterium dienen kann. Auf diese Weise ist es möglich, die Längsachse, z.B. eines Strichmaßstabes, parallel zur Bewegungsachse des Meßschlittens auszurichten.
Schließlich ist es ein Merkmal der Erfindung, daß mit Hilfe eines zweidimensionalen POS und Benutzung der übrigen Baugruppen in doppelter Ausführung zwei Längenmeßsysteme angesteuert werden können und auf diese Weise eine zweidimensionale Lokalisierung von Strukturelementen möglich ist.

Ausführungsbeispiel

Im folgenden wird zunächst als Ausführungsbeispiel eine Meßanordnung zur Prüfung von Präzisionsnivellierlatten (schwarze Striche auf weißem Untergrund) erläutert:
Figur 1 zeigt den schematischen Aufbau des Sensorkopfes. Die Striche 1 des Maßstabträgers 2 werden hier einzeln mit Hilfe des Objektives 3 auf den POS 4 abgebildet (1'). Die Beleuchtung erfolgt mit Hilfe eines oder zweier Lichtleiter 5, die so angeordnet sind, daß die Maßstabstriche vollständig, gleichmäßig und möglichst symmetrisch ausgeleuchtet werden. Objektiv, Beleuchtungseinrichtung und POS sind miteinander starr verbunden und bilden die wesentlichen Teile des Sensorkopfes.
Wird bei der Messung eine Relativbewegung zwischen Maßstabträger und Sensorkopf gemäß Pfeilrichtung in Figur 1 herbeigeführt, so kann man an dem der Bewegungsachse zugeordneten Elektrodenpaar 6 des POS ein alternierendes Differenzsignal abgreifen. Dieses ist immer dann gleich Null, wenn entweder die Strichmitte oder die Strichlücke mit der elektrischen Null des POS koinzidiert.
Das hier nicht interessierende Strichlückensignal bzw. das entsprechende Null-Signal wird mit elektronischen Mitteln unterdrückt.
In Figur 2 ist die Relativlage der Strichbilder 1' bezüglich der Frontfläche 7 des POS und die Intensitätsverteilung I auf dieser Frontfläche für die Stellung Strichmitte und Strichlücke schematisch dargestellt. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Vollflächendiode mit quadratischer Frontfläche. Aus der Figur gehen auch die Abbildungsverhältnisse hervor.
Zu ersehen ist:

1. Auf der Frontfläche wird ein möglichst großer Teil der Strichlänge abgebildet. Das Strichbild überdeckt hier in seiner Längsrichtung die Frontfläche des POS.
2. Zur Erreichung einer maximalen Signalempfindlichkeit ist es günstig, wenn der Abstand zweier Strichbilder bzw. Bilder der Lücken (Teilungsschritt S_S bzw. S_L) etwa so groß ist wie die Breite B_E der lichtempfindlichen Schicht des POS.

In Figur 3 ist der alternierende Signalverlauf dargestellt, welcher bei einer Meßbewegung an dem Elektrodenpaar 6 (Figur 1) des POS abgegriffen werden kann. Die Null-Durchgänge für die interessierenden Striche bzw. Lücken sind in Figur 3 gekennzeichnet.
Aufgabe der Meßelektronik im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 ist es, die z.B. den Strichmitten zugeordneten Null-Durchgänge (hier der aufsteigenden Flanken nach Figur 3) zu finden und daraus geeignete Steuersignale für die Erfassung der jeweiligen Strichposition zu erzeugen. Bei Richtungsumkehr der Meßbewegung müssen wieder die gleichen Null-Durchgänge wirksam werden, allerdings dann bei absteigender Flanke. Dies geschieht gemäß Figur 4 mit Hilfe des Umschalters und invertierenden Verstärkers.
In Figur 5 ist die Ausführung eines Spaltblendenpaares 8 dargestellt, welches nur Lichtströme in der Nähe der Kanten des Strichbildes 1' auf die Frontfläche 7 der Vollflächendiode hindurchläßt. Zusätzlich ist in der genannten Figur die Intensitätsverteilung auf dem POS schematisch dargestellt. Die Spaltblende wurde im Ausführungsbeispiel unmittelbar vor die Vollflächendiode gesetzt.
In Figur 6 ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt, in welchem an Stelle des Doppelspaltes nach Figur 5 nur eine Blende 9 benutzt wird, die etwas breiter als das Strukturelement selbst, z.B. wie das Strichbild 1' ist.
Ein weiteres Beispiel für die Ausführung eines Spaltblendenpaares, z.B. für trapezförmige Striche von Präzisionsnivellierlatten, ist in Figur 7 dargestellt.

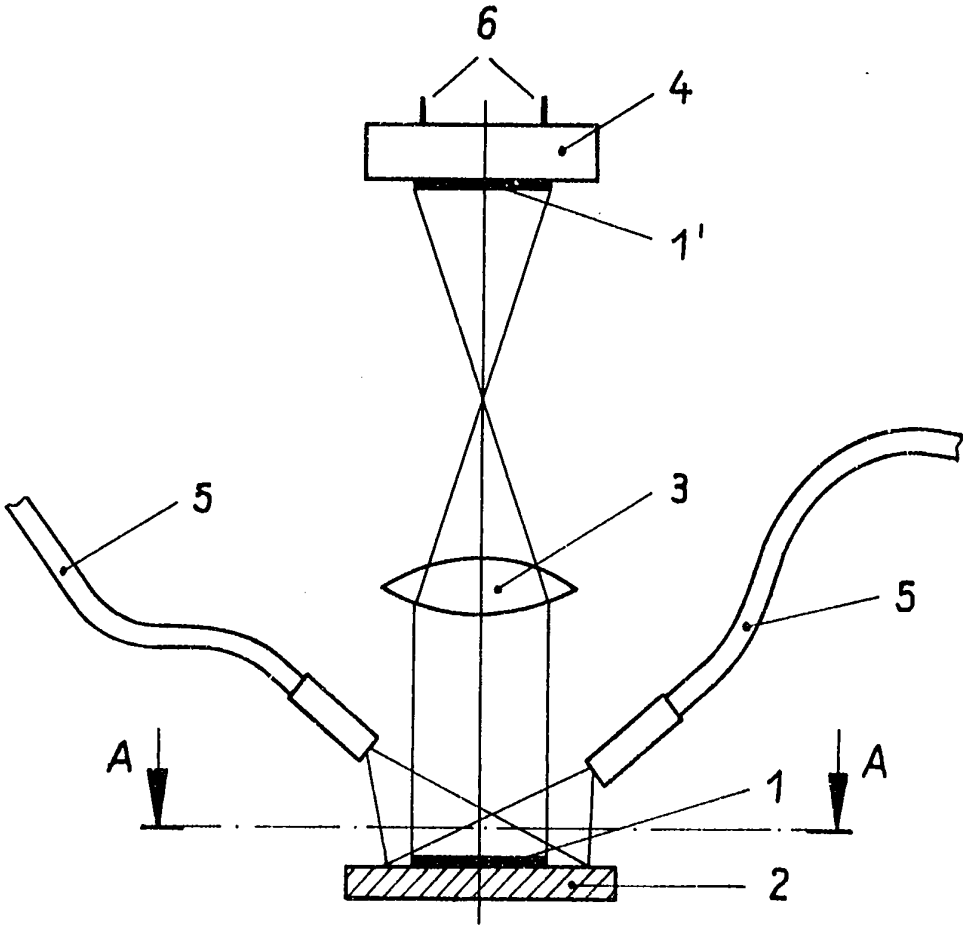
Auch der in Figur 6 genannte Einzelspalt kann der Geometrie und Form des Strukturelementes angepaßt werden, z. B. für die o. g. trapezförmigen Striche in **Figur 8.**
Figur 9 zeigt eine Teilung mit unterschiedlichen Teilungsschritten S_{Si}, die ebenfalls mit der Meßeinrichtung erfaßt werden können. Gleiches gilt auch für die Teilungsschritte der Lücken S_{Li}. Nur bei gleichen Breiten der Strukturelemente B_{Si} bzw. B_{Li} kann ein Doppel- oder Einzelspalt gemäß der Figuren 5 oder 6 eingesetzt werden. Ansonsten muß ohne Doppel- bzw. Einzelspalt gemessen werden.
Die **Figuren 10 und 11** illustrieren eine Möglichkeit zur Unterdrückung der Meßwertausgabe von Störsignalen auf Teilungsträgern (z. B. Ziffern, Beschriftungen, Marken), wenn zweidimensionale POS eingesetzt werden.
In Figur 10a ist das Meßsignal $U_x(t)$ dargestellt.
Der Umschalter in Figur 11 ist so eingestellt, daß jeweils die Strichmitten bei absteigender Flanke erfaßt werden. Die Unregelmäßigkeiten im hinteren Abschnitt der Kurve in Figur 10a werden durch eine zweistellige Ziffer auf den Teilungsträger verursacht, und es käme zu vier nicht interessierenden Meßwertausgaben, wenn man letztere nicht unterdrückt. Zur Unterdrückung dieser Störsignale dient das in Figur 10b dargestellte Signal $(U_y(t)$, welches an dem zur Meßrichtung senkrecht liegenden Elektrodenpaar des zweidimensionalen POS abgegriffen wird. Ist die Symmetrie der Intensitätsverteilung in y-Richtung auf dem POS durch die beiden Ziffern im vorliegenden Beispiel gestört, d. h., $U_y(t)$ liegt außerhalb des vorher festzulegenden Schwellwertfensters, ist das Tor in Figur 10c für die Meßwertausgabe so lange geschlossen und somit die Meßwertausgabe verriegelt, bis das Signal wieder innerhalb des Fensters liegt.
Figur 11 entspricht dem Blockschaltbild in Figur 4, welches zusätzlich die beschriebene Störsignalunterdrückung enthält.
Weitere Ausführungen (bildlich nicht dargestellt) ermöglichen eine zweidimensionale Lokalisierung von Strukturelementen, indem ein zweidimensionaler POS zur Anwendung kommt. An jedes der beiden Elektrodenpaare des Empfängers wird ein Exemplar der bereits beschriebenen Meßelektronik angeschlossen. Somit können zwei Längenmeßsysteme angesteuert werden. Zusätzlich ist es bei Bedarf möglich, die oben genannten Blenden für den zweidimensionalen Einsatz entsprechend zu modifizieren.

Literaturverzeichnis

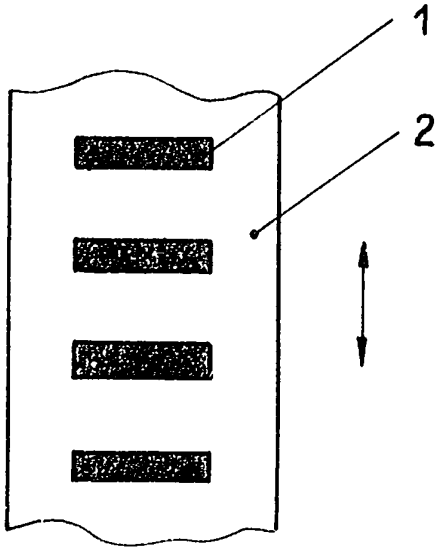
1 Pieles, H.: Verfahren zur Erzeugung elektrischer Signale für eine interferentielle Längenmeßmaschine. Symposium INSYMET, Bratislava 1972.
2 Hartmann, O.; Meixner, M.; Pieles, H.; Sparrer, G.: Messung von Strichmaßen mit Teilstrichabständen unter 0,1 mm mit dem 2-m-Komparator. Feingerätetechnik, 27. Jg. Heft 3/1978 S. 102 ff.
3 Woschni, H.-G.: Zum Stricheinfang mit fotoelektrischen Mikroskopen. Feingerätetechnik, 27. Jg. Heft 3/1978 S. 112 ff.
4 DD-WP 134383
Prüfeinrichtung für Meßbänder aus Stahl und Stahlmaßstäbe.
5 DD-WP 157827
Anordnung zur geschwindigkeitsabhängigen Steuerung des Zählerfrequenzgenerators eines Meßbandkomparators.
6 DD-WP 140569
Automatisierter und transportabler Meßbandkomparator.
7 DE-OF 2059106
Verfahren und Hilfsvorrichtung zum selbständigen Messen von Strichbreiten oder Kantenabständen kleiner Objekte.
8 DD-WP 253294 A 1
Automatisierter und transportabler Längenkomparator.
9 DD-WP 201500 B 1
Verfahren zur Bestimmung der fotometrischen Mitte einer optisch wirksamen Struktur.
10 DD-WP 201500
Woschni, H.-G.; Christoph, R.; Reinsch, A.: Verfahren zur Lagebestimmung einer optisch wirksamen Struktur mit einer CCD-Zeile. Feingerätetechnik, J. 33 Heft 5/1984 S. 219 ff.
11 DD-WP 208858
Verfahren zur Messung des Ortes bewegter optischer wirksamer Strukturen mit Hilfe von Fotoempfängerarrays.
12 DD-WP 253215
Einrichtung zur fotometrischen Strukturorterkennung mit einem Fotoempfängerarray.

Ermittelte Druckschriften

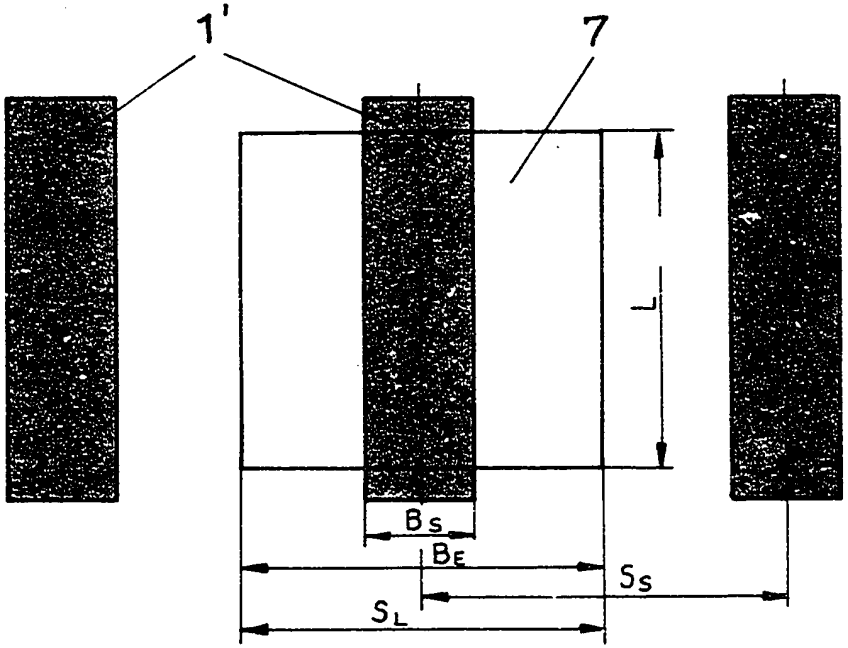
HARTMANN, O., MEIXNER, M., PIELES, H., SPARRER, G., Messung von Strichmaßen mit Teilstrichabständen unter 0,1 mm mit dem 2-m-Komparator, in: Feingerätetechnik 27/1978, H. 3, S. 102 ff.
WOSCHNI, H.-G., zum Stricheinfang mit fotoelektrischen Mikroskopen, in: Feingerätetechnik 27/1978, H. 3, S. 112 ff.
DE-OS 2059106
DD 253294 A 1
DD 201500 B 1
DD 208858
DD 253215 A 1

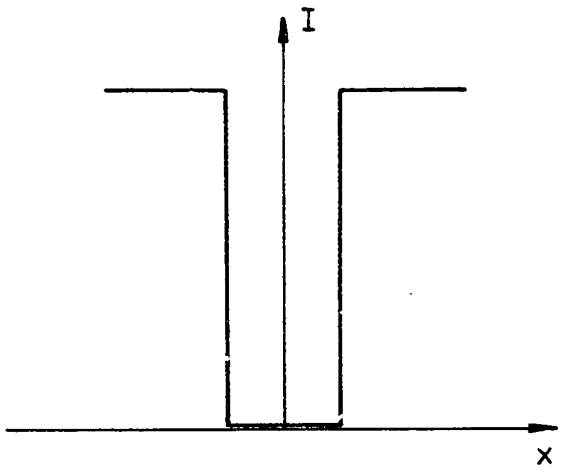


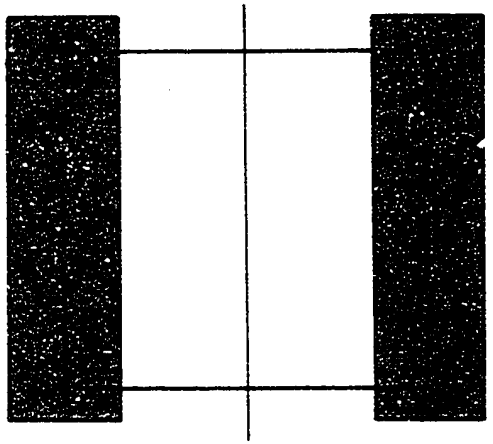
Schitt A-A

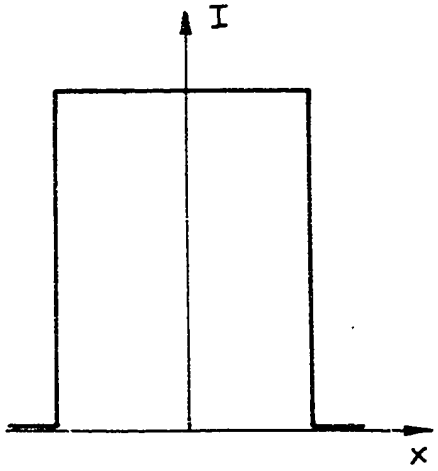


FIGUR 1

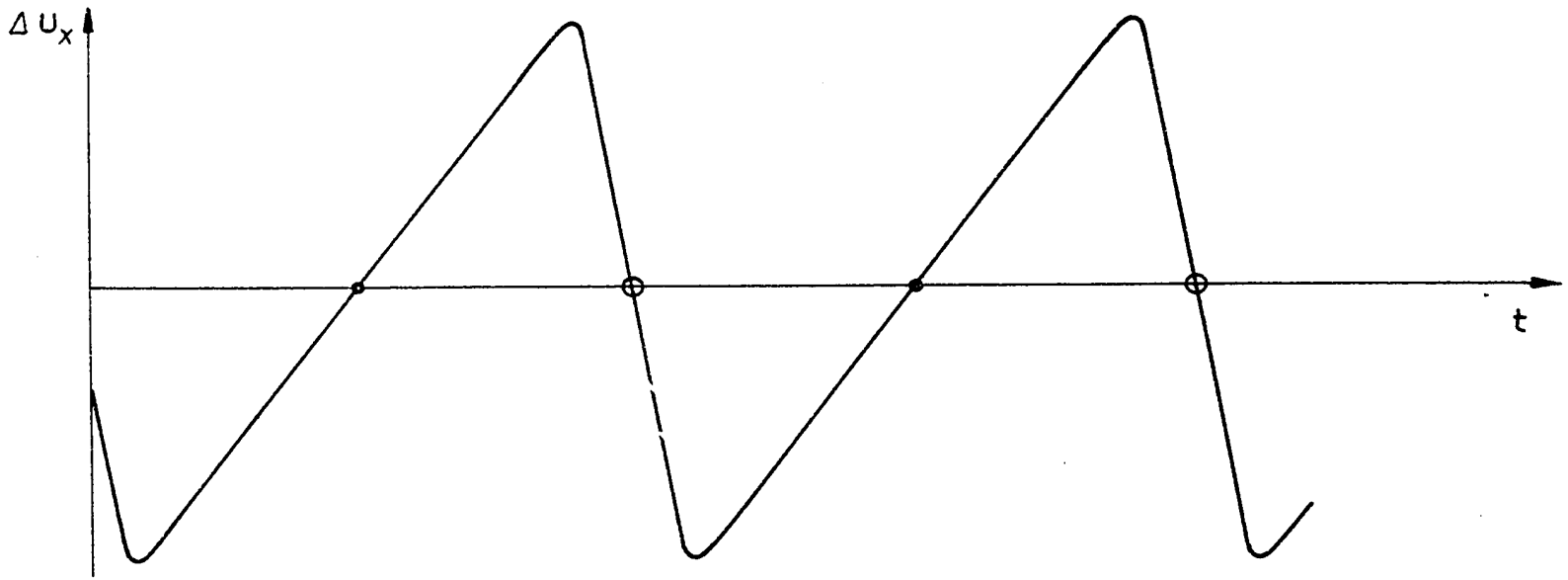








FIGUR 2

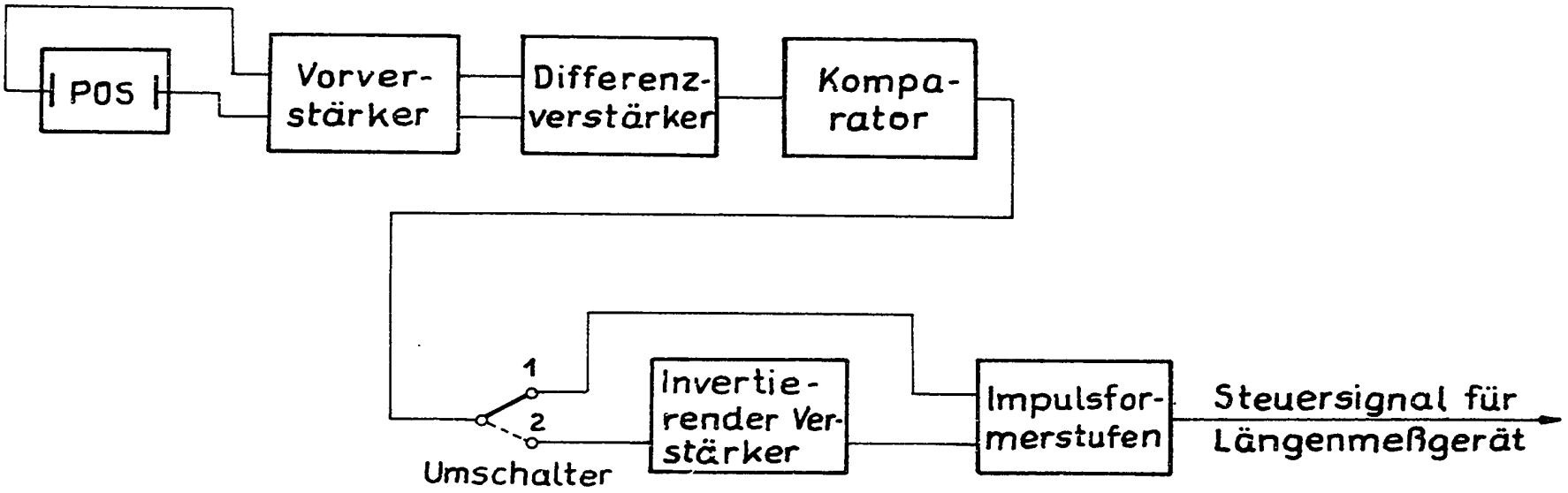


rückwärts ← Meßrichtung → vorwärts

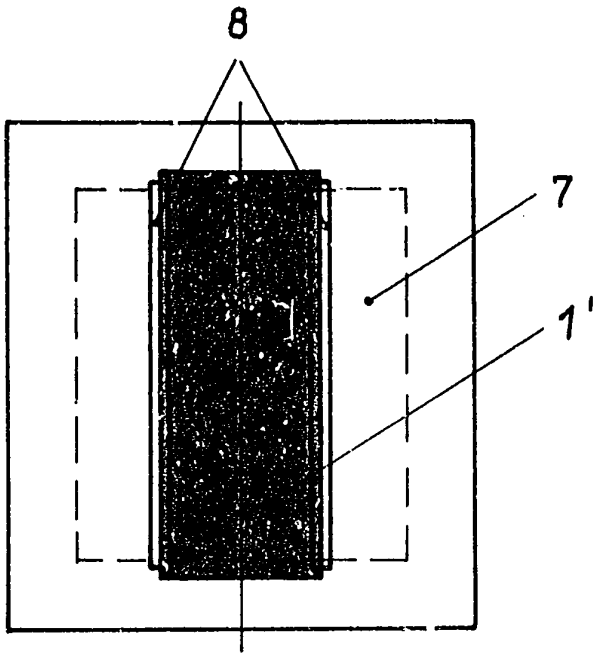
- • Steuersignal — Strichmitte vorwärts oder Lückenmitte rückwärts (Umschalter in Stellung 1 Figur 4)
- o Steuersignal — Strichmitte rückwärts oder Lückenmitte vorwärts (Umschalter in Stellung 2 Figur 4)

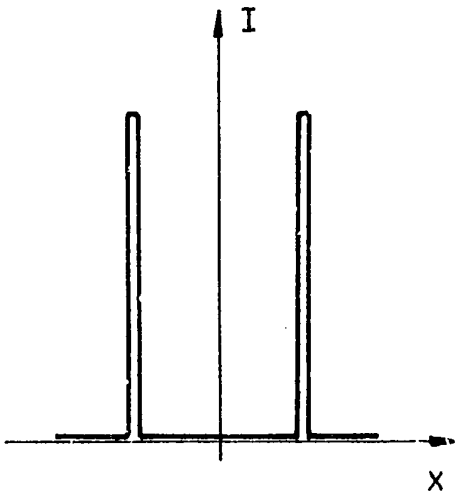
FIGUR 3

2824 150

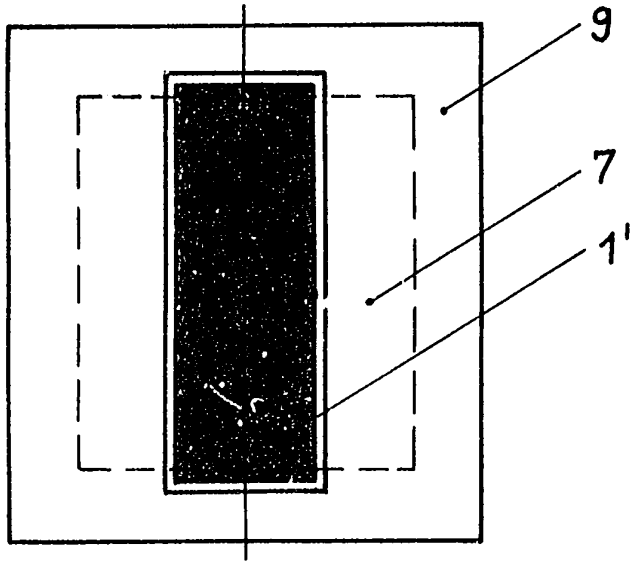

POS
Vorver-
stärker
Differenz-
verstärker
Kompa-
rator
1
2
Umschalter
Invertie-
render Ver-
stärker
Impulsfor-
merstufen
Steuersignal für
Längenmeßgerät

FIGUR 4

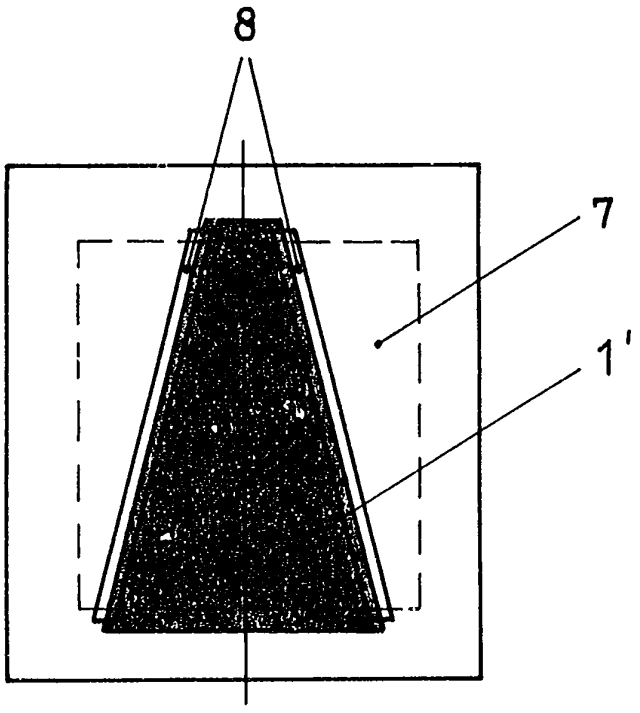




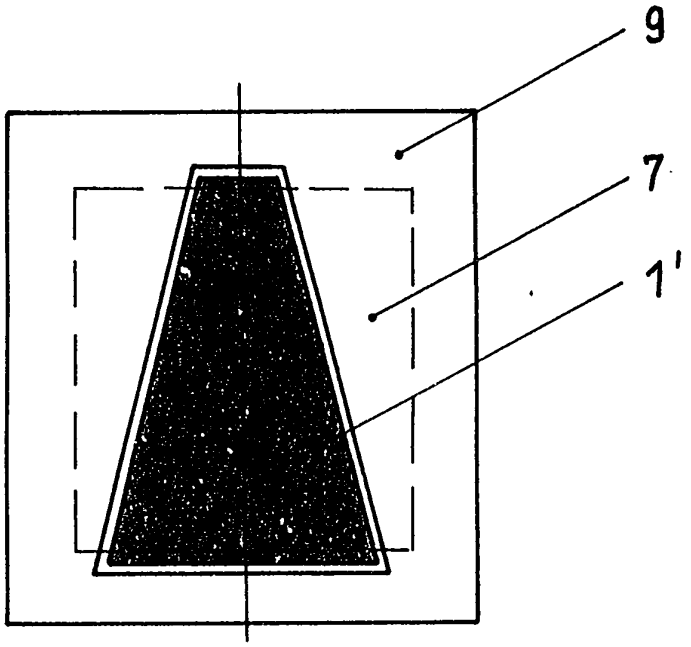
FIGUR 5



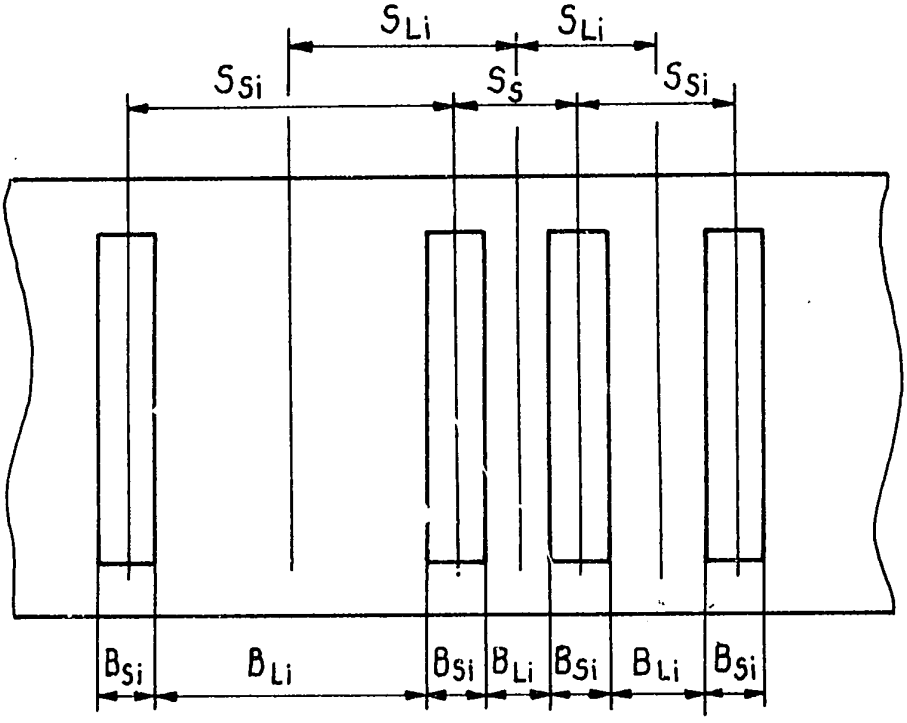
FIGUR 6



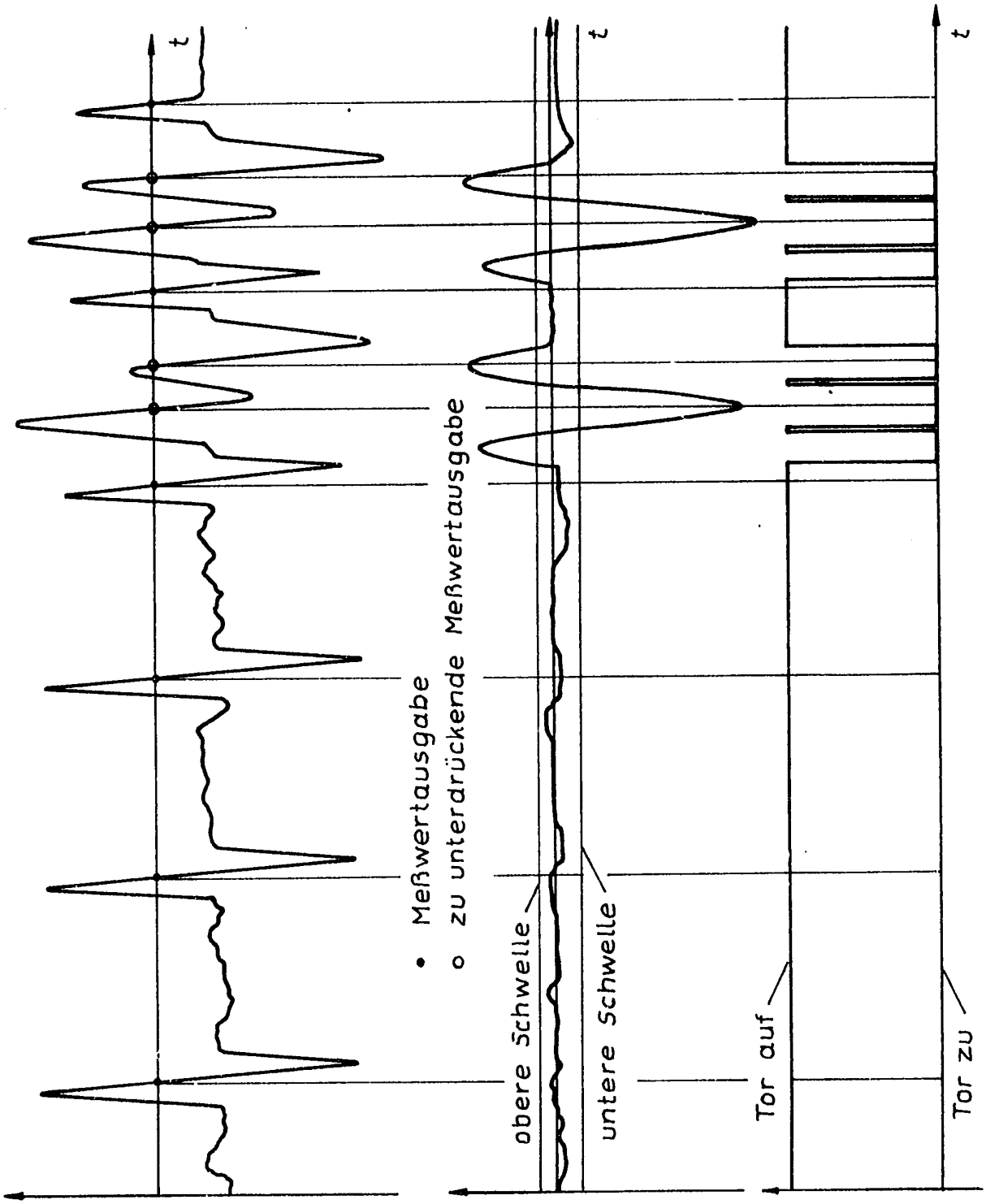
FIGUR 7



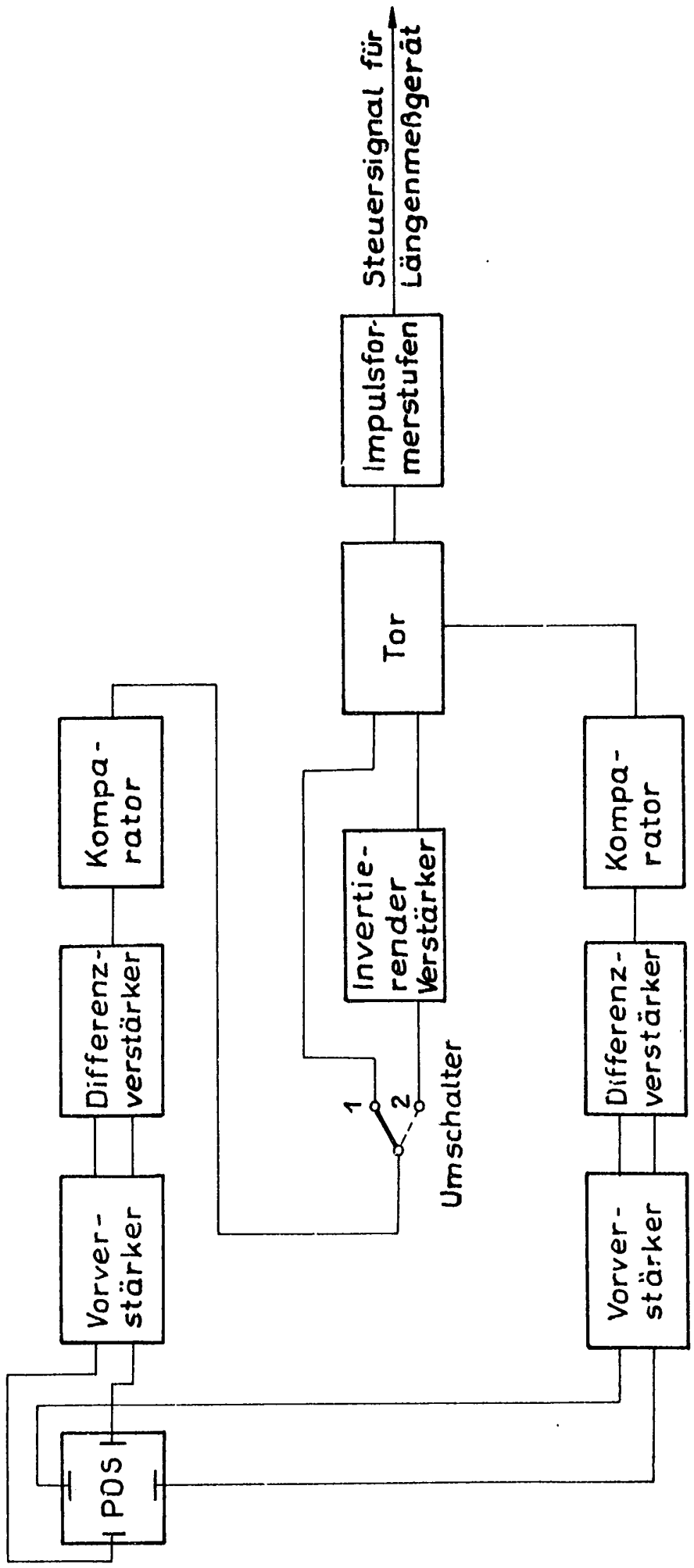
FIGUR 8



FIGUR 9


a) ΔUx
t
b) ΔUy
t
• Meßwertausgabe
o zu unterdrückende Meßwertausgabe
obere Schwelle
untere Schwelle
c)
t
Tor auf
Tor zu

FIGUR 10


Steuersignal für Längenmeßgerät
Impulsformerstufen
Tor
Komparator
Differenzverstärker
Vorverstärker
Invertierender Verstärker
Umschalter
1
2
PDS

FIGUR 11