

(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) DD (11) 267 399 A3

4(51) G 01 B 11/02

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP G 01 B / 301 817 2

(22) 13.04.87

(45) 03.05.89

(71) VEB Zentrum für Forschung und Technik, Betrieb des Kombines Spezialtechnik Dresden, PSF 40, Dresden, 8080, DD

(72) Lux, Boris, Dr. rer. nat.; Köhler, Matthias, Dr. rer. nat.; Helms, Hartmut, Dipl.-Ing., DD

(54) Anordnung zur Messung geometrischer Größen in mehreren Dimensionen mittels CCD-Zeilensensoren

(55) Analogwertverarbeitungsschaltung, automatische Qualitätskontrolle, CCD-Zeilensensoren, Logikschaltung, Messung, Prüfung

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Messung geometrischer Größen in mehreren Dimensionen mittels CCD-Zeilensensoren (2 und 3). Sie ist im gesamten Bereich der Messung und Prüfung, besonders vorteilhaft jedoch in der automatischen Qualitätskontrolle, einsetzbar. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß in einer Anordnung, bestehend aus mehreren CCD-Zeilensensoren (2 und 3), einem komperierenden Meßstellenumschalter und einem Antrieb, eine Logikschaltung (10) und eine Analogwertverarbeitungsschaltung (7) vorgesehen sind, die gewährleisten, daß alle Informationen, die für die Auswahl der Meßstellen und für die Messung selbst notwendig sind, mit hoher Variabilität aus den Signalen der CCD-Zeilensensoren (2 und 3) gewonnen werden können.

Fig. 1

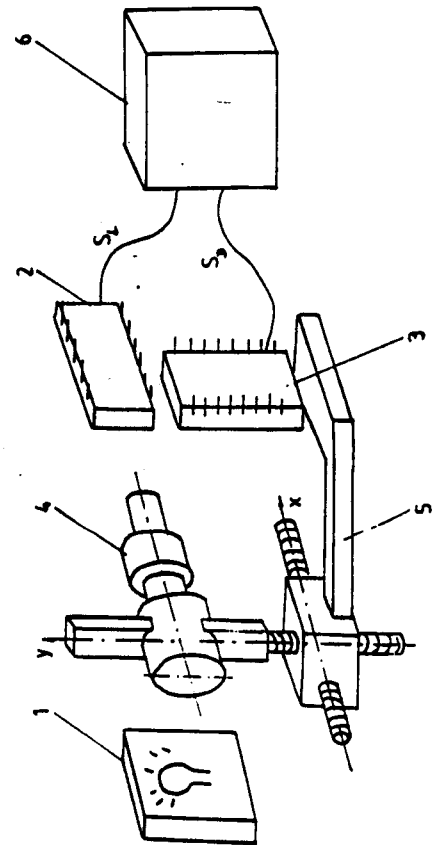


Fig.1

## Patentansprüche:

1. Anordnung zur Messung geometrischer Größen in mehreren Dimensionen, bestehend aus mehreren CCD-Zeilensensoren, einem komperierenden Meßstellenumschalter und einem Antrieb, **dadurch gekennzeichnet**, daß nur ein CCD-Zeilensensor (2, 3) je Meßrichtung ausgangsseitig über eine Analogwertverarbeitungsschaltung (7) mit einer Logikschaltung (10), realisiert durch eine Zählschaltung (18) für das Digitalsignal eines CCD-Zeilensensors (2, 3), die an den Setzeingang eines D-Flipflops (20; 21) und eine weitere Zählschaltung (19) für das Digitalsignal des selben oder eines anderen CCD-Zeilensensors (2, 3), die an dem Rücksetzeingang des D-Flipflops (20; 21) angeschlossen ist, verbunden ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Analogwertverarbeitungsschaltung (7) aus einer Anlogschaltung (12) sowie einer nachgeordneten Digitalschaltung (17) besteht, und daß die Anlogschaltung (12) durch einen aktiven Filter (13), einen aktiven Differenzierer (14), einen symmetrierenden Quadrierer (15) und einen die Anlogschaltung (12) an die Digitalschaltung (17) ankoppelnden Spitzenwertdetektor (16) realisiert ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei nichtleuchtenden Meßobjekten (4) eine Lichtquelle (1) vorgesehen ist.
4. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtquelle (1) flächenförmig ausgebildet und das Meßobjekt (4) zwischen der Lichtquelle (1) und den CCD-Zeilensensoren (2, 3) angeordnet ist.
5. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als komperierender Meßstellenumschalter ein Mikrorechner (11) eingesetzt ist.

Hierzu 6 Seiten Zeichnungen

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Messung geometrischer Größen in mehreren Dimensionen mittels CCD-Zeilensensoren, durch die in unterschiedlich großen und räumlich orientierten Bereichen eines Meßobjektes mit gering definierter Bewegung Masse oder Informationen gewonnen werden können. Sie ist im gesamten Bereich der Messung und Prüfung, besonders vorteilhaft jedoch bei der automatischen Qualitätskontrolle, einsetzbar.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Zur Lösung metrologischer und qualitätsbewertender Aufgaben in der diskontinuierlichen Produktion sind Messungen in mehreren Dimensionen bei gleichzeitiger Abstimmung mit der momentanen Meßobjektlage notwendig. Es sind Verfahren und Einrichtungen bekannt, bei denen dazu eine entsprechende Anzahl von CCD-Zeilensensoren in definierter Position verwendet werden, wie es im Patent DD 237 593 A 3 beschrieben ist. Nachteilig ist die sehr rasch anwachsende Anzahl von CCD-Bildsensoren mit der Erhöhung der Meßstellenzahl, bzw. für eine Mittelwertbildung über einen Bereich sowie eine stark eingeschränkte Flexibilität für ähnliche Meßaufgaben.

Durch Realisierung einer Relativbewegung zwischen Meßobjekt und Meßeinrichtung und deren automatische Kontrolle wird eine größere Flexibilität erreicht. Ein entsprechendes Verfahren und die zugehörige Anordnung sind im Patent DE 3 521 260 A 1 vorgestellt. Die Darstellung verdeutlicht einen hohen Aufwand zur Realisierung einer definierten Bewegung und zur elektronischen Ankopplung der Lageinformation. Eine Änderung der Bewegungsorientierung ist nicht möglich.

## Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, eine Anordnung zu schaffen, die die Messung geometrischer Größen an kompliziert geformten Meßobjekten mit geringem Aufwand und hoher Flexibilität und Zuverlässigkeit ermöglicht.

## Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine einfache Anordnung zu schaffen, die beim Einsatz nur weniger an sich bekannter CCD-Zeilensensoren eine selektive Messung in mehreren Dimensionen ermöglicht, ohne an die Geschwindigkeit der Bewegung des Meßobjekts und an die Lage der Meßstellen besondere Anforderungen zu stellen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß in einer Anordnung, bestehend aus nur einem CCD-Zeilensensor je Meßrichtung, einem komperierenden Meßstellenumschalter und einem Antrieb, eine Analogwertverarbeitungsschaltung und eine Logikschaltung, die aus mehreren Torschaltungen besteht und deren Aufbau eine rechnergestützte oder leicht konfigurierbare Anpassung an das spezielle Meßproblem ermöglicht, vorgesehen sind. Der Einsatz eines Rechners als

komplexer Meßstellenumschalter bietet gute Möglichkeiten für die Speicherung und Verarbeitung der Meßergebnisse. Die Logikschaltung kann in einfacher, zuverlässiger und leicht steuerbarer Weise ausgeführt werden, indem der Setzeingang eines D-Flipflops an eine Zählung für das Digitalsignal eines CCD-Zeilensensors und der Rücksetzeingang des D-Flipflops an eine weitere Zählung für das Digitalsignal des selben oder eines anderen CCD-Zeilensensors angeschlossen wird. Eine besonders hohe Genauigkeit der Messung kann erzielt werden, wenn die Analogwertverarbeitungsschaltung im wesentlichen aus einer Analogschaltung zur exakten Ortszuweisung des Objekts im reproduzierten Signal und einer nachgeordneten Digitalschaltung zur logikschaltungskompatiblen Aufbereitung des Bildsignals gebildet wird, wobei die Analogschaltung aus einem für Betrag und Phase entsprechend der konkreten optischen, geometrischen und elektronischen Verwaschung des Bildsignals abgestimmten Filter, einem nachgeordneten aktiven Differenzverstärker mit der Bildpunktfrequenz der CCD-Zeilensensoren als Grenzfrequenz, einem das Signal-Rausch-Verhältnis verbessernden, symmetrierenden Quadrierer und einem den Analogteil der Analogwertverarbeitungsschaltung an deren Digitalteil ankoppelnden Spitzenwertdetektor und das Digitalteil, bestehend aus einer konkret abstimmbaren, Störungen beseitigenden, die Information herauskristallisierenden und das Signal stabilisierenden Signalreinigung besteht. Die Erhöhung der Genauigkeit resultiert aus der Tatsache, daß die beschriebene Bauform der Analogwertverarbeitungsschaltung eine hardwaremäßige Interpolation des Bildsignals zwischen den einzelnen Pixelsignalen realisiert.

Leuchtet das Meßobjekt selbst nicht, muß die Anordnung mit einer Lichtquelle versehen werden. Im Interesse einer hohen Zuverlässigkeit der Anordnung bei geringem beleuchtungstechnischem Aufwand, sollte die Lichtquelle flächenförmig ausgebildet und so angeordnet sein, daß der Lichtstrom, der von der Lichtquelle die CCD-Zeilensensoren erreicht, während der Prüfung teilweise durch den Prüfling abgeschattet wird, da so ein starker Kontrast an den äußeren Begrenzungen des Prüflings erzielt wird. Die Anordnung wirkt wie folgt. Gelangt ein Prüfling in den Strahlengang der Lichtquelle und den Meßbereich der CCD-Zeilensensoren werden mittels der Analogwertverarbeitungsschaltung Pegelunterschiede im Ausgangssignal der CCD-Zeilensensoren registriert, als Werkstückkanten erkannt und die Lage der Kanten im Sensorbild registriert. Je nach Aufbau der Logikschaltung werden ein Teil oder auch alle Informationen über die Lage der Kanten in den Bildern der einzelnen CCD-Zeilensensoren für die Messung selbst, die Steuerung der Messung, die Auswahl der Meßstellen und für eine Ableitung von Summen-, Differenz- und anderen Maßen genutzt, wobei aus den Lagen der Kanten hardwaremäßig Differenz- oder Summenmasse gebildet werden. Die Logikschaltung stellt insbesondere alle notwendigen aus den Objektkanten gewonnenen Signale als Tore bereit, welche durch entsprechende Codewörter zu Ausgängen geschaltet werden können. In der beschriebenen vorteilhaften Ausführungsform der Logikschaltung und bei Einsatz eines Rechners geschieht das, indem die registrierten Kanten gezählt werden und nach Erreichen einer gewünschten Anzahl von Kanten von der Zählung ein Signal auf den Setzeingang des D-Flipflops gegeben wird.

Das Ausgangssignal des D-Flipflops ist für den Rechner das Signal zur Übernahme der Meßwerte der entsprechenden CCD-Zeilensensoren. Ergibt die Zählung der anderen Zählung, daß die Messungen eingestellt werden sollen, gibt diese Zählung das Rücksetzsignal an das D-Flipflop, dessen Ausgangssignal hebt nun die Gültigkeit der Meßwerte auf und der Rechner unterbricht die Registrierung der Meßwerte, bis wieder neue Meßwerte übernommen werden müssen. Der Einsatz der Logikschaltung ermöglicht durch die im Vergleich zu Software-Lösungen wesentlich kürzere Signalverarbeitungszeit erst die gleichzeitige Nutzung der Signale der CCD-Zeilensensoren für Meß- und Steuerzwecke und somit die Einsparung kostspieliger zusätzlicher Längenmeßtechnik, womit gleichzeitig Probleme bei der Zuordnung und Ausrichtung auf verschiedenen Wirkprinzipien beruhender Meßtechnik vermieden werden. Da die Lage direkt und nicht nur über Rückrechnungen über Zeiten und Geschwindigkeiten bestimmbar ist, ermöglicht der Einsatz der Logikeinheit die Nutzung herkömmlicher Antriebe, wie sie in Werkzeugmaschinen vorhanden sind und somit die Verwendung derselben Antriebe für die Verarbeitung und die Prüfung von Teilen auf Werkzeugmaschinen für eine 100%ige Qualitätskontrolle. Er ermöglicht weiterhin einen schnellen Wechsel der Prüfaufgaben durch einfache Umschaltungen in der Logikschaltung. Wird die Logikschaltung steuerbar ausgeführt, können verschiedene Prüfaufgaben nacheinander abgearbeitet werden, wodurch eine hohe Flexibilität der Anordnung gewährleistet ist. Durch die Verwendung mehrerer CCD-Zeilensensoren ist die Messung in mehreren Dimensionen möglich, wobei die Beweglichkeit der Anordnung um die Veränderbarkeit der Meßbedingungen durch die Variabilität der Logikschaltung zu einer starken Reduzierung der Anzahl der notwendigen CCD-Zeilensensoren im Vergleich zu ruhenden Meßplätzen führt und gleichzeitig die Messung und Prüfung auch kompliziert geformter Teile möglich macht.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1: den Meßaufbau mit CCD-Zeilensensoren,
- Fig. 2: das Blockschaltbild der Verarbeitungs- und Anzeigeeinheit,
- Fig. 3: typische Signale der Schaltung,
- Fig. 4: die Meßgrößen des Meßobjekts,
- Fig. 5: die Meßbereiche der Meßgrößen des Meßobjektes,
- Fig. 6: die Lage der CCD-Zeilensensoren zum Meßobjekt und
- Fig. 7: die Blockschaltung eines Analog-Digital-Umsetzers.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, werden die Lichtstrahlen einer Lichtquelle 1 auf einen CCD-Zeilensensor 2 zur Längenmessung und einen weiteren CCD-Zeilensensor 3 zur Durchmessermessung geleitet. Zwischen der Lichtquelle 1 und den CCD-Zeilensensoren 2 und 3 befindet sich ein Meßobjekt 4 in einer Halterung 5, welche mittels eines nichtgezeigten Antriebes eine Bewegung in x-y-Richtung gestattet. Die CCD-Zeilensensoren 2 und 3 verarbeiten den durch das Meßobjekt 4 erzeugten Schatten zu einem Längenbildsignal  $S_L$  und zu einem Durchmesserbildsignal  $S_D$ , wie auch aus Fig. 3 ersichtlich, welche beide einer Verarbeitungs- und Anzeigeeinheit 6 zugeführt werden.

Das Blockschaltbild der Verarbeitungs- und Anzeigeeinheit 6 ist in Fig. 7 und 2 näher dargestellt. Sie besteht aus einer Analogwertverarbeitungsschaltung 7, bestehend aus zwei Analog-Digital-Umsetzern 8 und 9, einer Logikschaltung 10 und einem Mikrorechner 11. Der Analog-Digital-Umsetzer 8, der aus einer Analogschaltung 12, bestehend aus einer Reihenschaltung eines aktiven Filters 13, eines aktiven Differenzierers 14, eines Quadrierers 15 und eines Spitzenwertdetektors 16, und einer Digitalschaltung 17, die eine stabilisierende Signalreinigung darstellt, gebildet wird, wandelt das Längenbildsignal  $S_L$  in ein binäres Längensignal  $L$ , in welchem jeder Objektkante ein L-H-Übergang entspricht, um. Dies geschieht, indem das Längenbildsignal  $S_L$  mittels des aktiven Filters 13 für Betrag und Phase entfaltet wird, wodurch der optischen und elektronischen Verwaschung des Längenbildsignals  $S_L$  entgegengewirkt wird. Das entfaltete Signal wird mittels des aktiven Differenzierers 14 invertierend differenziert und anschließend mittels des Quadrierers 15 quadriert. Dadurch wird das Signal symmetriert und das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert. In dem Spitzenwertdetektor 16 wird die Lage der Spitzenwerte des quadrierten Signals ermittelt und durch L-H-Übergänge gekennzeichnet. In der Digitalschaltung 17 werden alle L-H-Übergänge die durch die Differentiation von Sprüngen der Grundperiode des Längenbildsignals  $S_L$  und durch Kanten der Halterung 5 mittels des Längengültigkeitssignals  $GL$ , welches von der Logikschaltung 10 in Abhängigkeit von der Bildfolge generiert wird, unterdrückt. Mit einem dekadischen Zähler 18 werden angefangen vom L-H-Übergang des Längengültigkeitssignals  $GL$  die L-H-Übergänge im Längensignal  $L$  und somit die Kanten im Längenbildsignal  $S_L$  gezählt. Dem entsprechend wird mittels eines weiteren Analog-Digital-Umsetzers 9 das Durchmesserbildsignal  $S_D$  binarisiert und ein Durchmessersignal  $D$ , sowie ein Durchmesserergültigkeitssignal  $GD$  erzeugt, wobei der Analog-Digital-Umsetzer 9 in seinem Aufbau und seiner Funktion dem Analog-Digital-Umsetzer 8 entspricht. Ein weiterer dekadischer Zähler 19 zählt angefangen vom Durchmesserergültigkeitssignal  $GD$  die Kanten im Durchmesserbildsignal  $S_D$ . Ein Codestecker 20 verbindet die jeweiligen Zählerausgänge direkt bzw. über ein AND-Glied 21 zur Erzeugung von Summentoren mit den entsprechenden in einem Rechenprogramm festgelegten Eingängen eines Multiplexers 22. Der Multiplexer 22 schaltet entsprechend der Adreßanforderung durch den Mikrorechner 11 das zugehörige Tor  $TOR$  durch. Dieses wird im Mikrorechner 11 ausgezählt. Das Ergebnis gibt der Mikrorechner 11 als Zählergebnis  $ZE$  weiter, bzw. verarbeitet es selbst und bringt es zur Anzeige. Zur Durchführung der Messung ist eine Justierung der CCD-Zeilensensoren 2 und 3 bezüglich der Meßobjektbewegungsachsen notwendig. Dazu wird das Meßobjekt 4 in die Ausgangsposition zur Messung gebracht. Bezüglich des Meßobjektes 4 werden die CCD-Zeilensensoren 2 und 3 so positioniert, daß der CCD-Zeilensensor 2 parallel und der CCD-Zeilensensor 3 senkrecht zur Bewegungsachse des Meßobjektes 4 liegt.

In einem Teach-in-Verfahren werden Positionen der CCD-Zeilensensoren 2 und 3 untereinander und bezüglich der Meßobjektform bestimmt. Dazu wird das Meßobjekt 4 so in die Meßausgangslage gebracht, daß der CCD-Zeilensensor 2 an einer in Fig. 5 dargestellten unteren Grenze  $UG 2$  eines Meßbereichs  $L2$  und der CCD-Zeilensensor 3 an einer oberen Grenze  $OG 1$  des Meßbereichs  $D 1$  liegen. Die Länge eines Tores  $T 8$  entspricht einer Startwertlänge  $SWL$  und die Länge eines Tores  $T 0$  einem Startwertdurchmesser  $SWD$ . Zur Messung wird das Meßobjekt 4 solange in x-Richtung bewegt, bis das Tor  $T 8$  die Länge  $SWL$  erreicht. Zur Kontrolle wird überprüft, ob das Tor  $T 0$  die Länge  $SWD$  besitzt. Dann beginnt die Messung, wobei die CCD-Zeilensensoren 2 und 3 in y-Richtung bewegt werden.  $T 9$ ,  $T 10$  und  $T 11$  verkörpern solange die Maße  $LN$ ,  $LB$  und  $L 2$ , die in Fig. 4 dargestellt sind, wie das Tor  $T 0$  länger als  $SWD - L 2L$  ist. In dieser Zeit erfolgt durch den Mikrorechner 11 die Mittelwertbildung und Abspeicherung der Meßwerte. Bei weiterer Bewegung der CCD-Zeilensensoren 2 und 3 in y-Richtung erfolgt, solange das Tor  $T 0$  länger als  $SWD - L 2L - L 12$  ist, nur eine Positionsbestimmung. Ist das Tor  $T 0$  länger als  $SWD - L 2L - L 12 - L 1L$ , verkörpert das Tor  $T 8$  das Maß  $L 1 + SWL$ , für welches mittels des Mikrorechners 11 eine Mittelwertbildung durchgeführt wird. Anschließend werden die CCD-Zeilensensoren 2 und 3 in die Ausgangsposition gefahren und die Tore  $T 0$  und  $T 8$  geprüft. Das Meßobjekt 4 wird mittels eines nicht dargestellten Antriebs der Halterung 5 in x-Richtung bewegt. Ein Tor  $T 1$  verkörpert das Maß  $D 1$  und es wird solange ein entsprechender Mittelwert gebildet, wie das Tor  $T 8$  kürzer als  $SWL + D 1L$  ist. Solange das Tor  $T 8$  kürzer als  $SWL + D 1L + D 12$  ist, erfolgt nur eine Positionsbestimmung. Das Tor  $T 1$  verkörpert jetzt das Maß  $D 2$  und es wird solange ein entsprechender Mittelwert gebildet, wie das Tor  $T 8$  kürzer als  $SWL + D 1L + D 12 + D 2L$  ist. Während das Tor  $T 8$  kürzer als  $SWL + D 1L + D 12 + D 23$  ist, erfolgt nur eine Positionsbestimmung. Während das Tor  $T 8$  die Länge  $SWL + D 1L + D 12 + D 2L + D 23 + D 3L$  nicht überschreitet, kann das Maß  $D 3$  aus dem Tor  $T 1$  gewonnen werden. Damit ist die Messung beendet und das Meßobjekt 4 kann aus der optischen Meßeinrichtung herausgefahren werden.

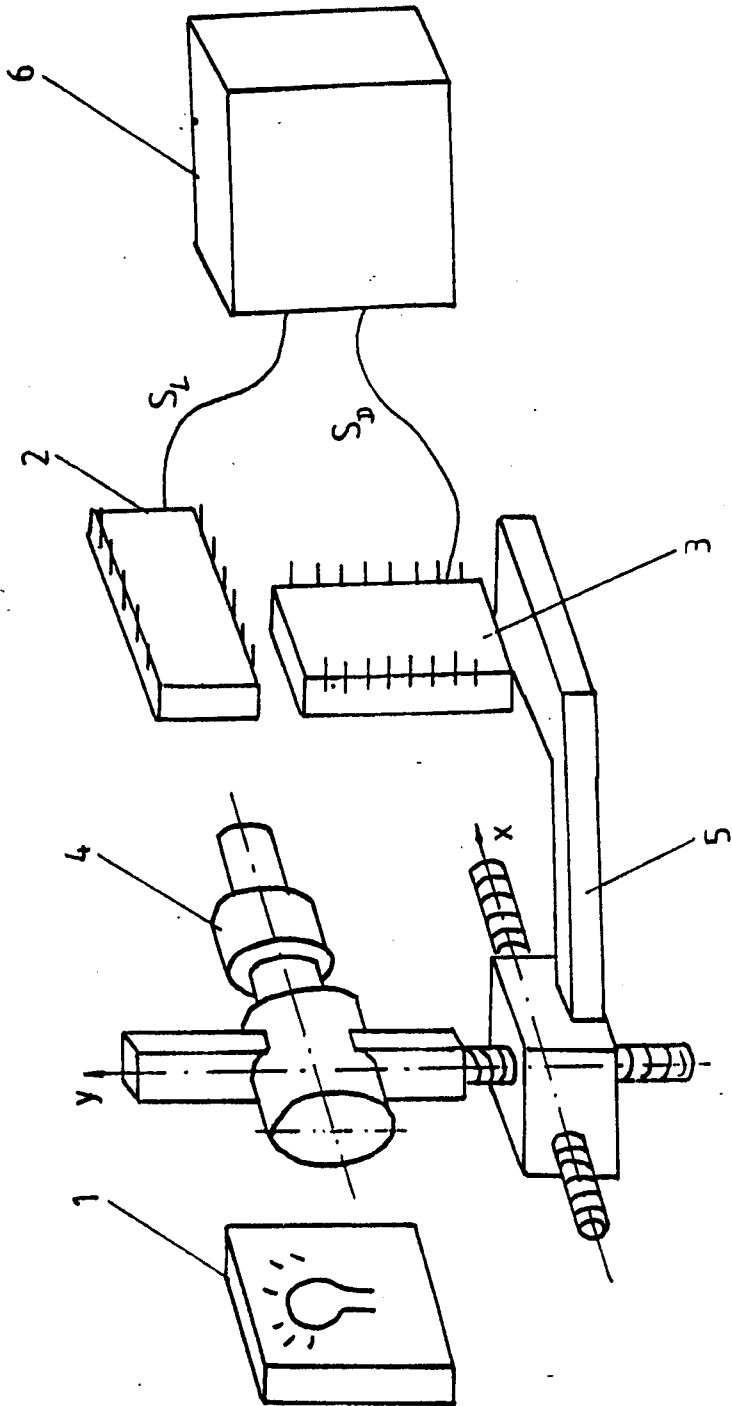


Fig.1

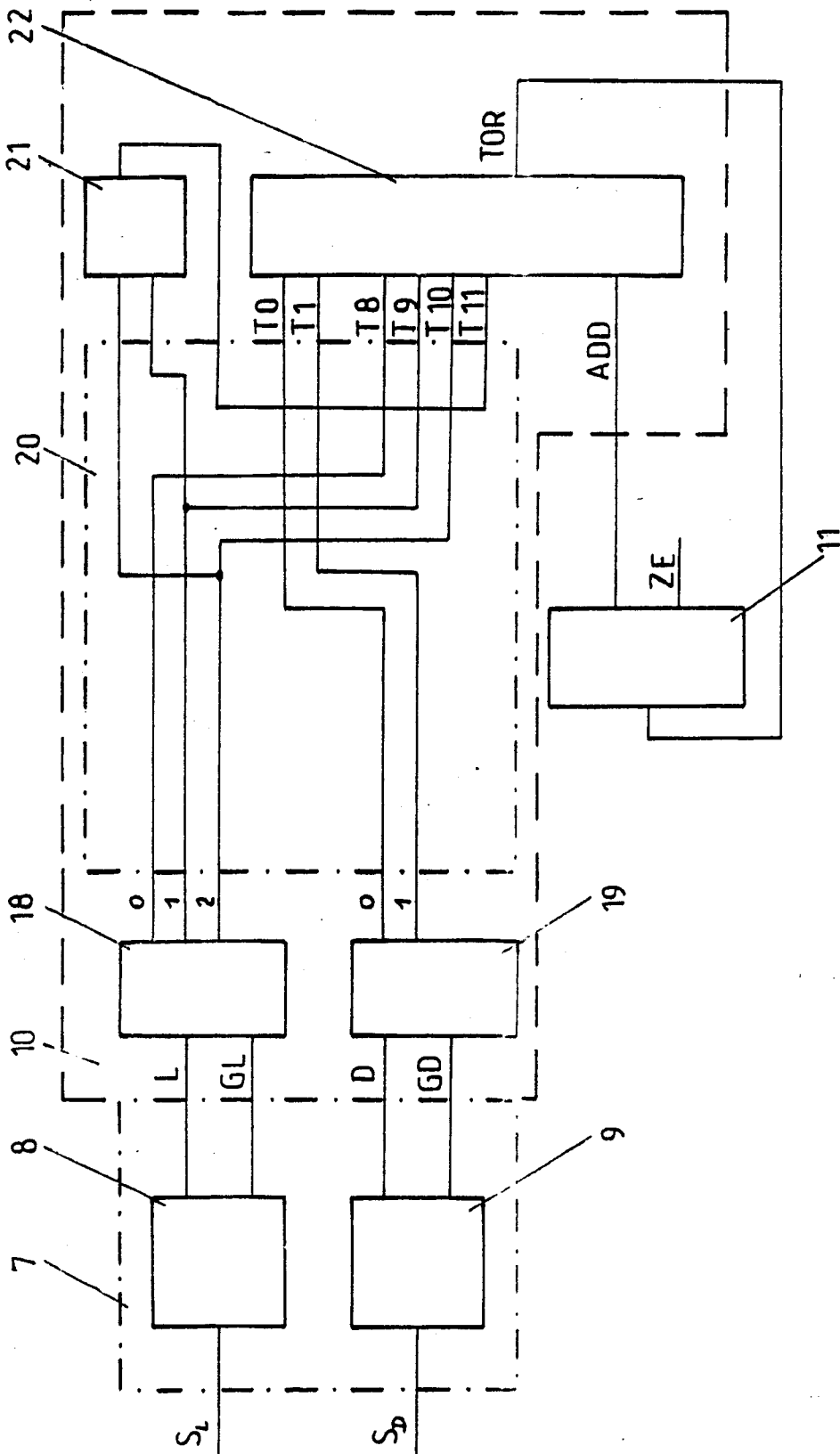


Fig.2

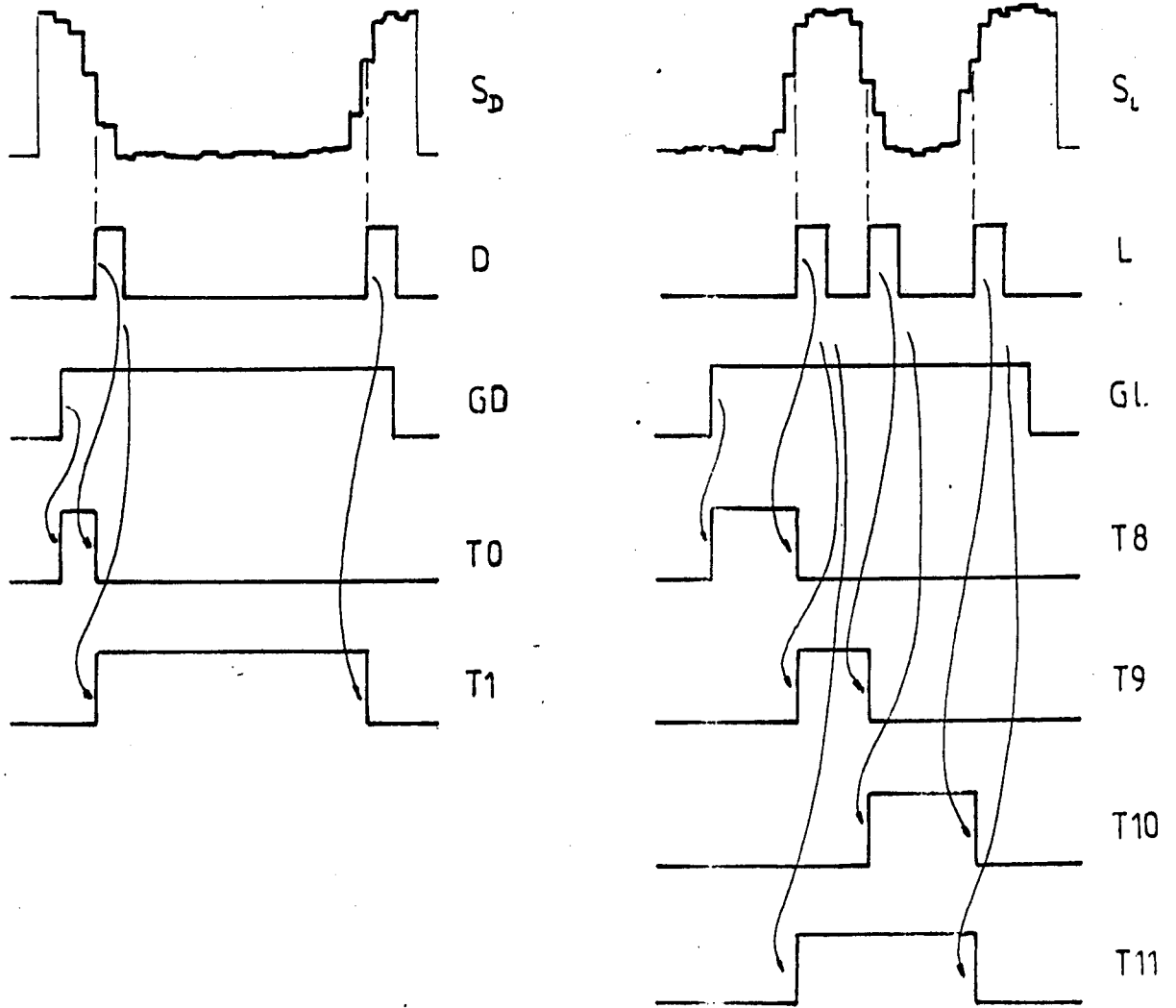


Fig.3

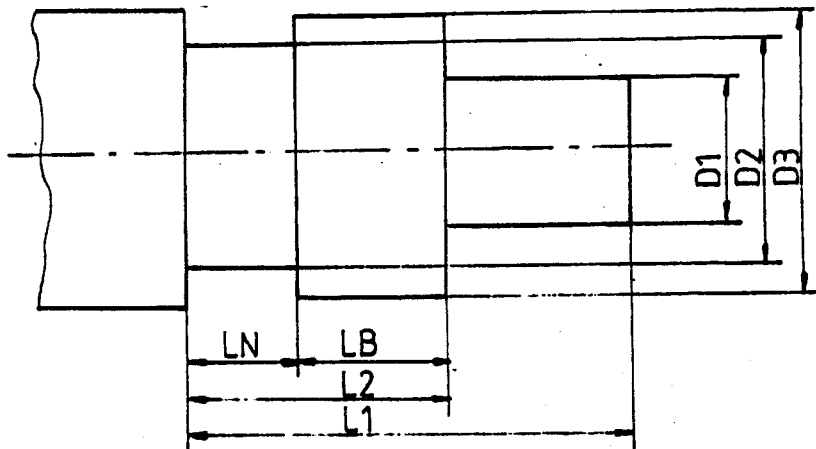


Fig.4

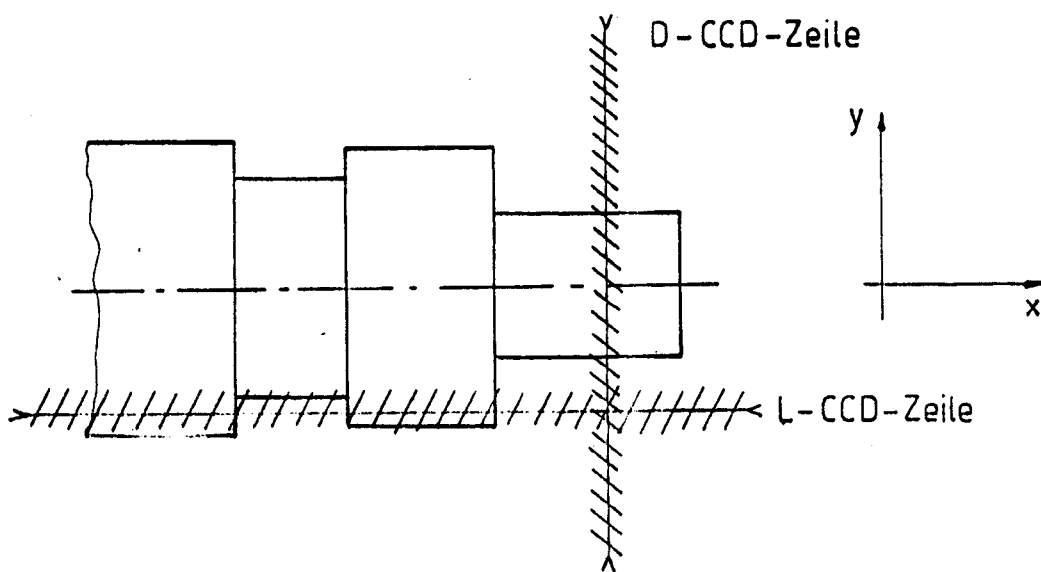


Fig.6

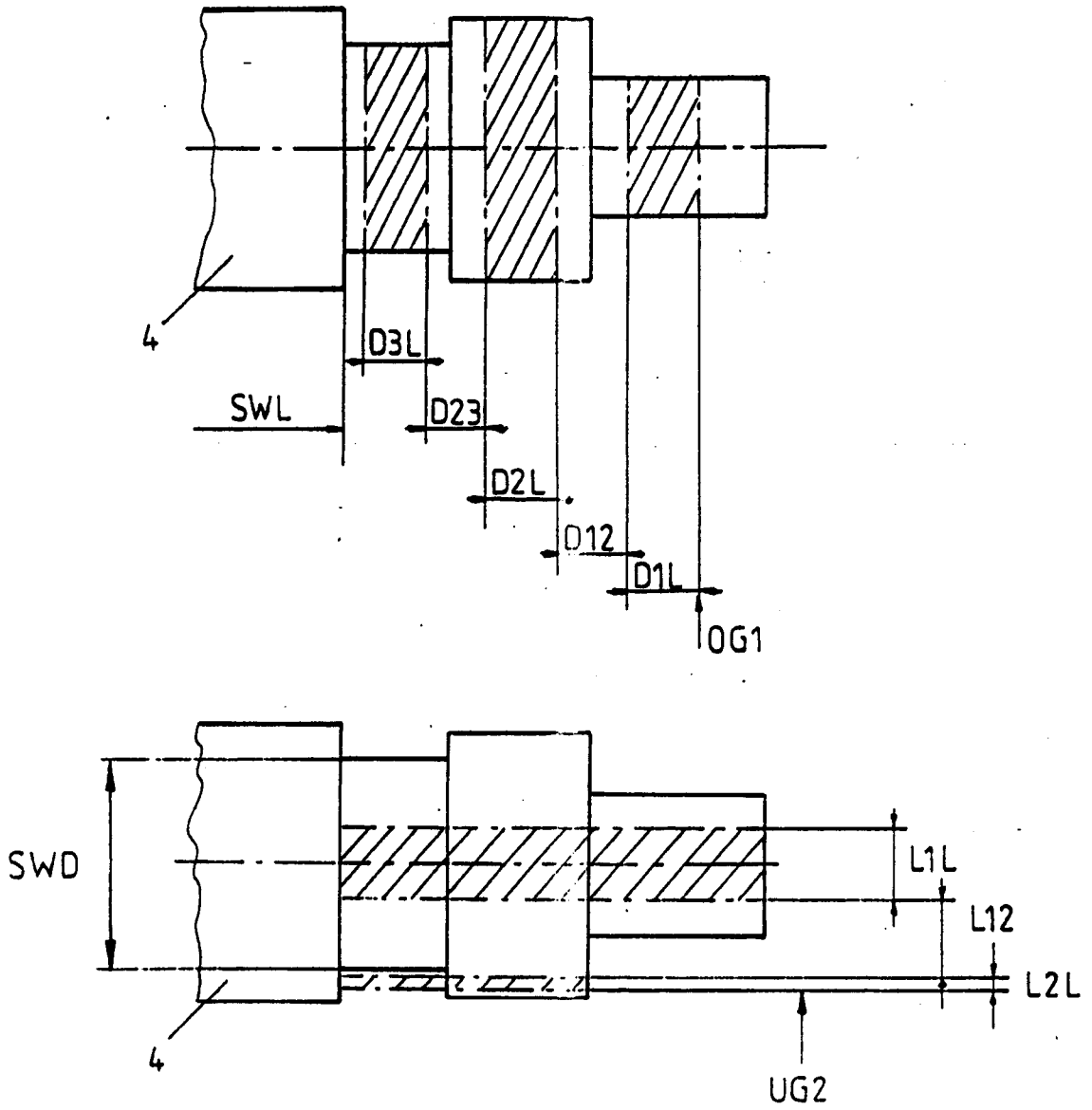


Fig. 5

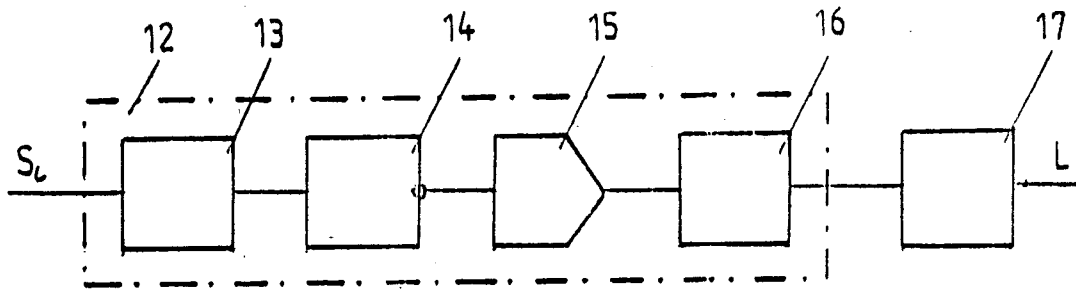


Fig.7