



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 669 844 A5

⑤① Int. Cl.⁴: G 01 B 11/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 127/86

㉔ Anmeldungsdatum: 15.01.1986

㉓ Priorität(en): 30.01.1985 DE 3503086

㉒ Patent erteilt: 14.04.1989

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 14.04.1989

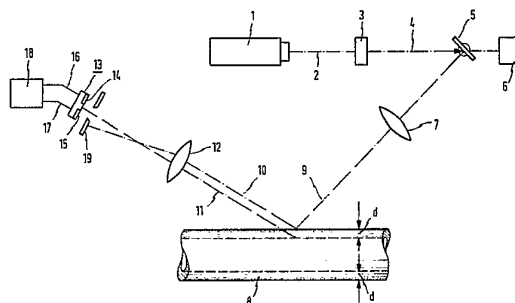
⑦③ Inhaber:
Dipl.-Ing. Bruno Richter GmbH & Co.
Elektronische Betriebskontroll-Geräte KG,
Stegaurach (DE)

⑦② Erfinder:
Brand, Bernhard, Niederwerrn (DE)
Richter, Bruno, Stegaurach (DE)

⑦④ Vertreter:
Hartmut Keller Dr. René Keller, Patentanwälte,
Bern

⑤④ Verfahren zur Messung der Wanddicke eines transparenten Gegenstandes und Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

⑤⑦ Die Wanddicke eines transparenten Gegenstandes (8) wird durch Aufprojizieren eines Strahlenbündels (9) unter einem von 90° abweichenden Winkel auf den transparenten Gegenstand (8) und Bestimmung des Abstandes (d) des von der Oberfläche reflektierten Strahlenbündels (10) von dem Strahlenbündel (11), welches von der im zu messenden Abstand (d) unter der Oberfläche befindlichen weiteren Begrenzungsfläche des transparenten Gegenstandes (8) reflektiert wird, gemessen. Eine Erhöhung der Messgenauigkeit bei Verminderung der Störanfälligkeit gegenüber transienten Vorgängen aufgrund von Unvollkommenheiten der reflektierten Strahlenbündel (10, 11) wird dadurch erreicht, dass während einer Bewegung von Bildern der reflektierten Strahlenbündel (10, 11) über die Bildebene einer Empfangseinrichtung (13) hin eine bestimmte Stellung dieser Bilder, welche der Messung des Abstandes zwischen den reflektierten Strahlenbündeln (10, 11) zugrunde gelegt wird, jeweils dadurch festgelegt wird, dass zwei durch eine schmale Grenzlinie voneinander abgegrenzte, lichtempfindliche Messflächen (14, 15) jeweils von Teilbildern des Bildes aufgrund eines der reflektierten Strahlenbündel (10, 11) in gleich starkem Masse beaufschlagt werden. Dieser Zeitpunkt der gleich starken Beaufschlagung der Messflächen (14, 15) der Empfangseinrichtung (13) kann mittels einer elektronischen Auswertung (18) sehr präzise festgestellt werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Messung der Wanddicke eines transparenten Gegenstandes (8), wobei ein schmales Lichtband unter einem von 90° abweichenden Winkel auf eine Oberfläche des Gegenstandes aufprojiziert wird, die beiden dabei entstehenden, von der Oberfläche bzw. von der im Abstand der zu messenden Wanddicke dahinter befindlichen Begrenzungsfläche des Gegenstandes reflektierten Strahlenbündel (10, 11) auf die Bildebene einer Empfangseinrichtung (13) fokussiert werden, wobei von einem im optischen Weg zwischen einer Lichtquelle (1) und der Bildebene der Empfangseinrichtung (13) angeordneten beweglichen Ablenkmittel (5) die beiden Bilder in Gestalt zweier Lichtbänder entsprechend den beiden reflektierten Strahlenbündel in Richtung einer sie verbindenden Linie über die Bildebene der Empfangseinrichtung (13) bewegt werden und wobei von der Empfangseinrichtung Signale in Abhängigkeit vom Auftreten des einen oder des anderen der genannten Bilder an einer bestimmten Stelle der Bildebene der Empfangseinrichtung abgeleitet werden, und der gegenseitige zeitliche Abstand dieser Signale zur Bestimmung der genannten Wanddicke gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, dass in der Bildebene der Empfangseinrichtung (13) zwei Messflächen (14, 15) vorgesehen werden, die durch eine im wesentlichen quer zur Bewegungsrichtung der genannten Bilder in Gestalt der beiden Lichtbänder über die Bildebene der Empfangseinrichtung hin verlaufende Grenzlinie (G) voneinander abgegrenzt sind, dass die auf die Messflächen (14, 15) jeweils auftreffenden Lichtströme getrennt gemessen werden, dass während der Bewegung der beiden Bilder in Gestalt der beiden Lichtbänder über die Bildebene der Empfangseinrichtung (13) hin in einem ersten Zeitpunkt das erste Lichtband bildende Teilbild beide Messflächen (14, 15) mit jeweils gleichem Lichtstrom beaufschlagt, dass während der Bewegung der beiden Bilder in Gestalt der beiden Lichtbänder über die Bildebene der Empfangseinrichtung (13) hin in einem zweiten Zeitpunkt das zweite Lichtband darstellende Teilbild beide Messflächen (14, 15) mit jeweils gleichem Lichtstrom beaufschlagt, und dass aus dem zeitlichen Abstand der Ausgangssignale der Empfangseinrichtung (13) zum ersten und zum zweiten Zeitpunkt die zu messende Wanddicke des transparenten Gegenstandes ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Krümmung des Querschnittes der beiden reflektierten Strahlenbündel (10, 11) aufgrund einer Krümmung der Wand des zu untersuchenden transparenten Gegenstandes (8) entweder zwischen den Messflächen (14, 15) eine Grenzlinie (G) vorgesehen wird, welche eine im wesentlichen gleiche Krümmung wie die auf die Bildebene der Empfangseinrichtung (13) abgebildeten Lichtbänder hat, oder die reflektierten Strahlenbündel (10, 11) durch bzw. über optische Korrekturmittel geleitet werden, derart, dass im Strahlengang hinter den Korrekturmitteln ein solcher Querschnitt der reflektierten Strahlenbündel erreicht wird, dass die in der Bildebene der Empfangseinrichtung (13) abgebildeten Lichtbänder geradlinig parallel zur Grenzlinie (G) verlaufen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der Bewegungsstrecke der Bilder entsprechend den reflektierten Strahlenbündeln in der Bildebene der Empfangseinrichtung (13) zwischen dem ersten und dem zweiten der genannten Zeitpunkte Impulse gezählt werden, deren Frequenz mittels Regelkreisen proportional zur Bewegungsgeschwindigkeit der beweglichen Ablenkmittel (5, 6) oder proportional zur augenblicklichen Bewegungsgeschwindigkeit der Bilder entsprechend den

reflektierten Strahlenbündeln auf der Bildebene der Empfangseinrichtung (13) gehalten wird.

4. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit einer Lichtquelle (1) zur Erzeugung eines Strahlenbündels, mit Projektionsmitteln (3, 7) zum Aufprojizieren eines schmalen Lichtbandes unter Verwendung des Strahlenbündels der Lichtquelle auf den transparenten Gegenstand (8) unter einem von 90° abweichenden Winkel, mit einer Empfangseinrichtung (13) zum Empfang von Bildern in Gestalt schmaler Lichtbänder entsprechend den von der Oberfläche des transparenten Gegenstandes bzw. von der im Abstand der zu messenden Wanddicke dahinter befindlichen Begrenzungsfläche des transparenten Gegenstandes reflektierten Strahlenbündel (10, 11) und mit einer Auswerterschaltung (18) zur Bestimmung des zeitlichen Abstandes von Ausgangssignalen der Empfangseinrichtung entsprechend dem Auftreten des Bildes aufgrund des einen reflektierten Strahlenbündels und des Bildes aufgrund des anderen reflektierten Strahlenbündels jeweils an einer bestimmten Stelle der Empfangseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinrichtung (13) zwei Messflächen (14, 15) aufweist, die durch eine im wesentlichen quer zur Bewegungsrichtung der Bilder entsprechend den reflektierten Strahlenbündeln (10, 11) über die Bildebene der Empfangseinrichtung (13) hin verlaufende Grenzlinie (G) voneinander abgegrenzt sind, dass die von den Messflächen (14, 15) ableitbaren Ausgangssignale (16, 17) in der Auswerterschaltung (18) in einer Vergleicherschaltung (26, 27) miteinander vergleichbar sind und dass zur Bestimmung der Wanddicke des transparenten Gegenstandes (8) der zeitliche Abstand des Vergleicherschaltungsausgangssignals zum ersten genannten Zeitpunkt und des Vergleicherschaltungsausgangssignals zum zweiten genannten Zeitpunkt bestimmbar ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Messflächen (14, 15) der Empfangseinrichtung (13) von den lichtempfindlichen Flächen einer Doppelphotodiode gebildet sind, in der diese Flächen auf einem Chip entlang der Grenzlinie aneinandergrenzend angeordnet sind.

6. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Messflächen von den Eintrittsöffnungen von Streifenlinsen gebildet sind, die entlang der Grenzlinie (G) aneinandergrenzend angeordnet sind, wobei die Streifenlinsen als Feldlinsen wirken und die durch sie tretenden Lichtströme auf zwei getrennte Photozellen (22, 23) fokussieren (Figur 3).

7. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Messflächen von den Eintrittsflächen von optischen Prismen oder Spiegeln gebildet sind, die entlang der Grenzlinie derart aneinandergrenzen, dass sie die auf sie treffenden Lichtströme auf zwei getrennte Photozellen fokussieren.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzlinie (G) zwischen den Messflächen (14, 15) im wesentlichen gleiche Krümmung hat wie die Bilder entsprechend den reflektierten Strahlenbündeln (10, 11) in der Bildebene der Empfangseinrichtung (13).

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, gekennzeichnet durch eine der Empfangseinrichtung (13) im Strahlengang vorgeschaltete Spaltblende (19), deren Spaltbreite so gewählt ist, dass die Spaltblende in der Bildebene der Empfangseinrichtung (13) einen Bereich ausblendet, dessen Breite geringer als der kleinste zu erwartende Abstand zwischen den Bildern entsprechend den reflektierten Strahlenbündeln ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Messflächen (14, 15) der Empfangs-

einrichtung (13) in Gestalt zweier getrennter Photozellen vorgesehen sind.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der Wanddicke eines transparenten Gegenstandes gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Verfahren dieser Art sind beispielsweise aus der deutschen Offenlegungsschrift 1 803 285 bekannt.

Zwar sind die Lichtstrahlenbündel, welche mit den heute zur Verfügung stehenden Lichtquellen und den zugehörigen Abbildungsmitteln erzeugbar sind, ausserordentlich scharf begrenzt und gestatten das Aufprojizieren von zu reflektierenden Bildern in Gestalt von schmalen Lichtbändern hoher Schärfe und Intensität, doch ergeben sich nach Reflexion an der Oberfläche und an der im zu messenden Abstand dahinter befindlichen Begrenzungsfläche des zu untersuchenden Objektes reflektierte Strahlenbündel verminderter Schärfe und von unregelmässiger Gestalt, da die Oberflächen des zu messenden Gegenstandes entsprechende Ungleichförmigkeiten aufweisen können, welche eine präzise Messung erschweren. Die in der Bildebene der Empfangseinrichtung erzeugten Bilder der schmalen Lichtbänder sind daher praktisch im allgemeinen von verminderter Schärfe, von wechselnder Stärke und von unterschiedlicher Intensität, insbesondere, soweit dies das unmittelbar von der Oberfläche reflektierte Lichtstrahlenbündel und das von der dahinter im zu messenden Abstand befindlichen Begrenzungsfläche reflektierte Lichtstrahlenbündel betrifft.

Um diesen die Messgenauigkeit beeinflussenden Erscheinungen bei der Abbildung des aufprojizierten schmalen Lichtbandes auf die Empfangseinrichtung zu begegnen, ist man bemüht, jeweils die Mitte oder den Scheitelwert eines ersten Ausgangssignales der Empfangseinrichtung aufgrund der Abbildung eines ersten Bildes des schmalen Lichtbandes auf die Empfangseinrichtung und die Mitte bzw. den Scheitelwert eines zweiten Signales der Empfangseinrichtung aufgrund der Abbildung eines zweiten reflektierten Bildes des schmalen Lichtbandes miteinander in zeitliche Beziehung zu setzen.

Bei einem Messverfahren nach der deutschen Offenlegungsschrift 1 803 285 geschieht das in der Weise, dass ein Mittelwert aus zwei Zeitmessungen gebildet wird, von denen die erste den zeitlichen Abstand zwischen dem Überschreiten eines bestimmten Schwellenwertes durch das genannte erste und zweite Ausgangssignal der Empfangseinrichtung und die zweite Zeitmessung das jeweilige Unterschreiten des Schwellenwertes durch das erste und zweite Ausgangssignal der Empfangseinrichtung angibt.

Praktisch zeigt es sich aber, dass bei der Bildung der Zeitmesssignale zur Durchführung des bekannten Verfahrens eine mehrfache Differentiation von Signalen der Empfangseinrichtung erforderlich ist. Dies führt zu einer Störanfälligkeit vornehmlich dann, wenn die auf die Empfangseinrichtung projizierten bzw. abgebildeten Bilder des schmalen Bandes aufgrund von Unregelmässigkeiten der reflektierenden Flächen des zu untersuchenden Gegenstandes unscharf oder streifig sind, so dass die daraus resultierenden Ausgangssignale der Empfangseinrichtung mit Nebenmaxima behaftet sind. Ausserdem bedingt die Reflexion des Strahlenbündels entsprechend dem aufprojizierten Bild von der unter der Oberfläche befindlichen zweiten reflektierenden Fläche einen beträchtlichen Intensitätsverlust des zur

Empfangseinrichtung gelangenden, zweiten reflektierten Bildes des schmalen Lichtbandes mit einer entsprechenden Abschwächung des hieraus resultierenden Ausgangssignales der Empfangseinrichtung.

- 5 Aus der deutschen Patentschrift 2 325 457 ist es weiterhin bekannt, am Orte der Empfangseinrichtung eine Mehrzahl von Detektoren in Gestalt einer linearen Reihe vorzusehen, wobei die gegenseitigen Abstände der Detektoren bekannt sind und ein auf den zu untersuchenden transparenten Gegenstand gerichteter Lichtstrahl aufgrund der Reflexion einmal unmittelbar an der Oberfläche des Gegenstandes und zum anderen an der im zu messenden Abstand unter dieser Oberfläche befindlichen weiteren Begrenzungsfläche zwei verschiedene Detektoren trifft, deren gegenseitiger Abstand 15 in der Detektorgruppe durch Abtastung der Detektoren der Reihe nach bestimmt werden kann.

Bei diesem bekannten Verfahren ist die Messgenauigkeit durch die Feinheit der Einteilung und damit die Auflösung der Detektoranordnung begrenzt und die Verwirklichung einer Mehrzahl stark verschiedener Messbereiche bereitet Schwierigkeiten.

Durch die Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, ein Messverfahren der eingangs beschriebenen Art in solcher Weise auszubilden, dass von Unregelmässigkeiten der reflektierenden Flächen des transparenten Gegenstandes unabhängig mit einer vergleichsweise einfachen und nicht störungsanfälligen Messeinrichtung genaue Messergebnisse erzielt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss für das Messverfahren durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 genannten Merkmale gelöst. Ausserdem wird durch die Erfindung eine Einrichtung zur Durchführung des soeben angegebenen Messverfahrens gemäss Anspruch 4 geschaffen.

Man erkennt, dass in der Bildebene der Empfangseinrichtung bei der hier angegebenen Messeinrichtung zwei Messorgane vorgesehen sind, die jeweils beide zur Ableitung eines Signales entsprechend dem Auftreten eines Bildes in der Empfangseinrichtung aufgrund des unmittelbar von der Oberfläche des zu untersuchenden Gegenstandes reflektierten Strahlenbündels und auch beide für die Ableitung eines Signales entsprechend dem Auftreten eines Bildes aufgrund des von der unter der Oberfläche des Gegenstandes befindlichen Begrenzungsfläche reflektierten Strahlenbündels benötigt werden. Hierbei wird durch Vergleich des auf 45 eine Messfläche treffenden Lichtstromes mit dem auf die andere Messfläche treffenden Lichtstrom aufgrund des jeweils reflektierten Strahlenbündels für die Zeitmessung gleichsam dessen Querschnittsmitte bestimmt.

Nachdem bei Reflexion eines in einer Ebene liegenden Lichtstrahlenbündels oder -fächers an der Oberfläche eines Glasrohres und an der darunter im zu messenden Dickenabstand befindlichen Innenwand des Glasrohres zu einer solchen Formung der reflektierten Strahlenbündel führt, dass ihre Spuren in einer Abbildungsebene bogenförmig 55 gekrümmt sind, ist gemäss einem vorteilhaften Merkmal der hier angegebenen Messeinrichtung die Grenzlinie zwischen den Messflächen in der Bildebene der Empfangseinrichtung ebenfalls gekrümmt und weist im wesentlichen gleiche Krümmung wie die Lichtbänder in der Bildebene auf.

Zur Bestimmung des zeitlichen Abstandes zwischen dem Vorbeilauf der Querschnittsmitte des einen reflektierten Strahlenbündels und dem Vorbeilauf der Querschnittsmitte des anderen reflektierten Strahlenbündels an der Empfangseinrichtung und damit zur Bestimmung des Abstandes zwischen den beiden reflektierenden Begrenzungsflächen des transparenten Gegenstandes erfolgt gemäss einer vorteilhaften Ausgestaltung zweckmässig durch ein entsprechendes Signal der Empfangseinrichtung die Inlaufsetzung und durch

das andere Signal der Empfangseinrichtung die Stillsetzung eines Zählers, welchem, wie etwa aus der deutschen Patentschrift 2 849 252 an sich bekannt, die Impulse eines Impulsgenerators zugeführt werden, dessen Puls wiederholungsfrequenz durch eine Phasenregelschleife an die jeweilige augenblickliche Bewegungsgeschwindigkeit des auf die Empfangseinrichtung projizierten Bildes bzw. auf die Arbeitsgeschwindigkeit der beweglichen Ablenkmittel abgestimmt ist.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es stellen dar:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Einrichtung zur Messung der Wanddicke von Glasrohren,

Fig. 2 eine schematische und stark vergrösserte Vorderansicht einer Empfangseinrichtung der Messeinrichtung nach Figur 1,

Fig. 3 eine schematische, perspektivische Ansicht einer gegenüber Figur 2 abgewandelten Ausführungsform der Empfangseinrichtung für eine Messeinrichtung gemäss Figur 1 und

Fig. 4 ein vereinfachtes Blockschaltbild der an die Empfangseinrichtung der Messeinrichtung nach Figur 1 angeschlossenen Auswertschaltung.

Der in Figur 1 mit 1 bezeichnete Gaslaser erzeugt einen scharf gebündelten Lichtstrahl 2, der mittels einer Zylinderlinse 3 in einen Strahlenfächer 4 umgeformt wird, der in einer zur Zeichenebene senkrechten Ebene gelegen ist. Der Strahlenfächer 4 trifft auf einen Drehspiegel 5, welcher mittels eines Antriebsmotors 6 in Umdrehung versetzt wird. Über eine Kollimatorlinse 7 gelangt das bandförmige Strahlenbündel zu einem zu untersuchenden transparenten Gegenstand 8 in Gestalt eines Glasrohres, dessen Wandstärke d gemessen werden soll.

Das auf die zylindrische Aussenfläche des Glasrohres 8 auftreffende, mit 9 bezeichnete Strahlenbündel wird zunächst unmittelbar als Strahlenbündel 10 reflektiert und erfährt aufgrund der zylindrischen Oberflächengestalt der reflektierenden Oberfläche des Glasrohres eine Querschnittsverformung, derart, dass ein in den Strahlengang gebrachter Schirm nunmehr ein bogenförmiges Lichtband als Spur des Strahlenbündels 10 erkennbar machen würde.

Das Strahlenbündel 9 durchdringt ausserdem die Oberfläche des Glasrohres 8 und trifft auf die zylindrische Innenfläche, um von dieser in die Glaswand hinein und dann wiederum zur Glasrohr aussenseite als Strahlenbündel 11 reflektiert zu werden. Auch das Strahlenbündel 11 ist aufgrund der Reflexion an den Zylinderflächen des Glasrohres 8 so verformt, dass sein Querschnitt bei Abbildung auf einem Schirm eine bogenförmige Spur ergibt, welche zu derjenigen des Strahlenbündels 10 im Bereich des Symmetriezentrums etwa parallel verläuft.

Vermittels einer Abbildungslinse 12 werden die Strahlenbündel 10 und 11 auf die Bildebene einer Empfangseinrichtung 13 fokussiert, welche zwei über eine schmale Grenzlinie voneinander getrennte Messflächen 14 und 15 aufweist, von denen jeweils der jeweiligen Lichtstrombeaufschlagung der Messflächen 14 und 15 entsprechende gesonderte Messsignale über Leitungen 16 bzw. 17 ableitbar und einer Auswertschaltung 18 zuführbar sind.

Der Empfangseinrichtung 13 ist eine Spaltblende 19 im Strahlengang der Strahlenbündel 10 und 11 vorgeschaltet, wobei der Spalt mit Bezug auf die Darstellung von Figur 1 senkrecht zur Zeichenebene verläuft.

Die Blende 19 hat die Aufgabe, dafür Sorge zu tragen, dass zwar die Strahlenbündel 10 und 11 jeweils einzeln die eine, die andere oder beide Messflächen 14 und 15 der Empfangs-

einrichtung 13 erreichen können, dass aber jedenfalls vermieden wird, dass beide Strahlenbündel 10 und 11 gleichzeitig zur Messeinrichtung 13 gelangen können. Zu diesem Zwecke ist die Breite des Spaltes der Spaltblende 19 kleiner als der geringste zu erwartende Abstand der Bilder aufgrund der Strahlenbündel 10 und 11 in der Bildebene der Empfangseinrichtung 13 gewählt. Nachdem der genannte Abstand von der Wandstärke des zu untersuchenden transparenten Gegenstandes abhängig ist, kann es zweckmässig sein, die Breite des Spaltes der Spaltblende 19 einstellbar zu machen.

Figur 2 zeigt die Blende 19 mit einem Blendenspalt, dessen Weite mit s bezeichnet ist. Diese Weite ist geringer als der Abstand D zwischen den durch die Strahlenbündel 10 und 11 erzeugten Lichtbändern 20 und 21 in der Ebene der Empfangseinrichtung 13. Aus Figur 2 ist zu erkennen, dass die Messflächen 14 und 15 über eine schmale Grenzlinie G aneinandergrenzen, welche einen Verlauf etwa parallel zu den Lichtbändern 20 und 21 aufweist. Hierdurch wird erreicht, dass die Empfangseinrichtung 13 dann gleich grosse Signale über die Leitungen 16 und 17 an die Auswertschaltung 18 abgibt, wenn gerade die Mitte des Querschnittes des Strahlenbündels 10 oder des Strahlenbündels 11 die Grenzlinie G aufgrund der Bewegung des Drehspiegels 5 überwandert, wobei hier selbstverständlich die Mitte bezüglich der Abmessung des Bündelquerschnittes in Bewegungsrichtung gemeint ist.

Die Messflächen 14 und 15 können von den lichtempfindlichen Aufnahmeflächen einer Doppel-Photodiode gebildet sein, wobei diese Aufnahmeflächen auf einem Chip entlang einer Grenzlinie aneinandergrenzend angeordnet sein können.

Gemäss einer abgewandelten, in Figur 3 gezeigten Ausführungsform können die hier ebenfalls mit 14 und 15 bezeichneten Messflächen auch von der jeweiligen Eingangsapertur von Streifenlinsen gebildet sein, welche entlang einer Grenze G aneinander angrenzen und Feldlinsen bilden, die auf sie treffende Lichtströme jeweils getrennten Photozellen 22 und 23 zuführen, die wiederum an die Leitungen 16 und 17 angeschlossen sein können. Auch die Grenze G kann in entsprechender Weise wie die in Figur 2 eingezeichnete Grenzlinie solchermassen gekrümmt sein, dass sich eine Anpassung an die Krümmung der Lichtbänder 20 und 21 ergibt.

Andere, nicht in der Zeichnung gezeigte Ausführungsformen sehen vor, anstelle der Feldlinsen gemäss Figur 3 Prismen oder Spiegel einzusetzen, welche die Aufgabe haben, auf der Eingangsseite voneinander getrennte Messflächen als Eingangsöffnungen für die Strahlung darzubieten und ausgangsseitig die Strahlung verteilt auf getrennte photoempfindliche Organe hinzulenken.

In Figur 4 ist die Empfangseinrichtung 13 als zwei Photodioden enthaltend eingezeichnet. Die Photodioden sind über die Leitungen 16 und 17 mit Strom-/Spannungswandlern 24 bzw. 25 verbunden, welche ausgangsseitig an einen Differenzverstärker 26 angeschlossen sind, welcher mit einer Nullpunktstabilisierung ausgestattet ist. Die Ausgangsseite des Differenzverstärkers 26 ist mit einem Komparator und Impulsformer 27 verbunden, wobei der Differenzverstärker 26 und der Komparator 27 in der Weise zusammenwirken, dass auf der Ausgangsleitung 28 des Komparators und Impulsformers 27 ein Schaltsignal auftritt, wenn die Signale an den Leitungen 16 und 17 innerhalb bestimmter Grenzen gleich gross geworden sind, was der Fall ist, wenn eines der Lichtbänder 20 oder 21 genau in der Mitte zwischen den Messflächen 14 und 15 der Empfangseinrichtung 13 steht. Die Schaltsignale der Leitung 28 gelangen zu einer Flip-Flop-Schaltung 29, welche ausserdem über eine Leitung 30 ein Synchronisationsstartsignal empfängt, das von geeigneten Einrichtungen des Antriebs des Drehspiegels 5 oder aber von

einer Photozelle abgenommen werden kann, welche während des Umlaufes des Drehspiegels 5 von dem vom Drehspiegel abgelenkten Lichtstrahlenbündel 4 getroffen und angeregt wird.

Die Flip-Flop-Schaltung 29 gibt schliesslich auf ihrer Ausgangsleitung 31 ein Torschaltssignal ab, welches den einen Signalzustand annimmt, wenn aufgrund der Drehspiegelbewegung das eine der von den Flächen des zu untersuchenden Gegenstandes reflektierten Strahlenbündel auf die Mitte der Empfangseinrichtung 13 trifft, während sich der andere Signalzustand einstellt, wenn das andere der von dem zu untersuchenden Gegenstand reflektierten Strahlenbündel aufgrund der Drehung des Drehspiegels auf die Mitte der Empfangseinrichtung 13 trifft.

Das Torschaltssignal der Leitung 31 wird einem UND-Schaltelement 32 zugeführt, das je nach Signalzustand auf der Leitung 31 über die Leitung 33 das UND-Schaltelement 32 erreichende Zählimpulse an eine Zähl- und Anzeigeeinrichtung 34 weitergibt.

Die Zählimpulse werden von einem Impulsgenerator 35 erzeugt, dessen Impulswiederholungsfrequenz mittels eines Reglers 36 einstellbar ist. Zur Einstellung des Reglers 36 wiederum ist ein Phasenvergleichler 37, der einerseits von einem feinstufigen Drehgeber 38 beaufschlagt ist, welcher mit dem Antriebsmotor 6 des Drehspiegels 5 gekoppelt ist, und andererseits weitere Eingangssignale von einem einstellbaren Frequenzteiler 39 her aufnimmt, der eingangsseitig von dem Zählimpulsgenerator 35 beaufschlagt ist. Auf diese Weise ist eine Phasenregelschleife 40 gebildet, welche bewirkt, dass die Zählgeschwindigkeit des über das UND-Schaltelement 32 die Zähl- und Anzeigeeinrichtung 34 beaufschlagenden Zählimpulsgenerators 35 stets präzise auf die Bewegungsgeschwindigkeit des Drehspiegels 5 abgestimmt ist.

Es sei noch bemerkt, dass der von Drehspiegel 5 reflektierte Lichtstrahl die Kollimationslinse 7 nicht mit konstanter Geschwindigkeit überstreicht, sondern, wie einfache geometrische Überlegungen zeigen, diese Kollimationslinse in den Randbereichen schneller überstreicht als im Zentrumsbereich. Bei streng von der Drehgeschwindigkeit des Drehspiegels 5 abhängiger Impulsfrequenz des Zählimpulsgenerators 35 aufgrund der Wirkung der Frequenzregelschleife 40 ergibt sich somit aufgrund der soeben dargelegten geometrischen Verhältnisse eine Messwertverfälschung je nach Grösse der Wandstärke d der zu untersuchenden Glasröhre 8.

Zur Kompensation dieser Messverfälschung kann, wie ebenfalls aus der deutschen Patentschrift 2 849 252 an sich bekannt, die Einstellung des Frequenzteilers 39 während der Überstreichung der Kollimationslinse 7 durch den vom Drehspiegel 5 reflektierten Lichtstrahl abhängig von einer Serie von Korrektursignalen vorgenommen werden, die von einem Speicher bezogen werden und deren Entnahme aus dem Speicher jeweils durch ein Startsignal ausgelöst wird, das von der Einrichtung einer bestimmten Drehspiegelstellung ableitbar ist. Diesbezügliche Einzelheiten sind jedoch in der vorliegenden Zeichnung nicht wiedergegeben.

Man erkennt, dass eine Messeinrichtung der hier angegebenen Art bezüglich ihres Auflösungsvermögens bzw. ihrer Messgenauigkeit nicht auf die Feinheit der Anordnung einer Vielzahl von Messorganen angewiesen ist und dass eine einmalige oder mehrmalige Differentiation von Impulsanstiegsflanken zur Bestimmung der Mitte des über die Empfangseinrichtung hinwegwandernden aufprojizierten Lichtbandes vermieden wird, so dass transiente Vorgänge aufgrund von Störungen oder aufgrund von Unvollkommenheiten des aufprojizierten Lichtbandes, welche zu Messwertverfälschungen führen, ausgeschlossen sind.

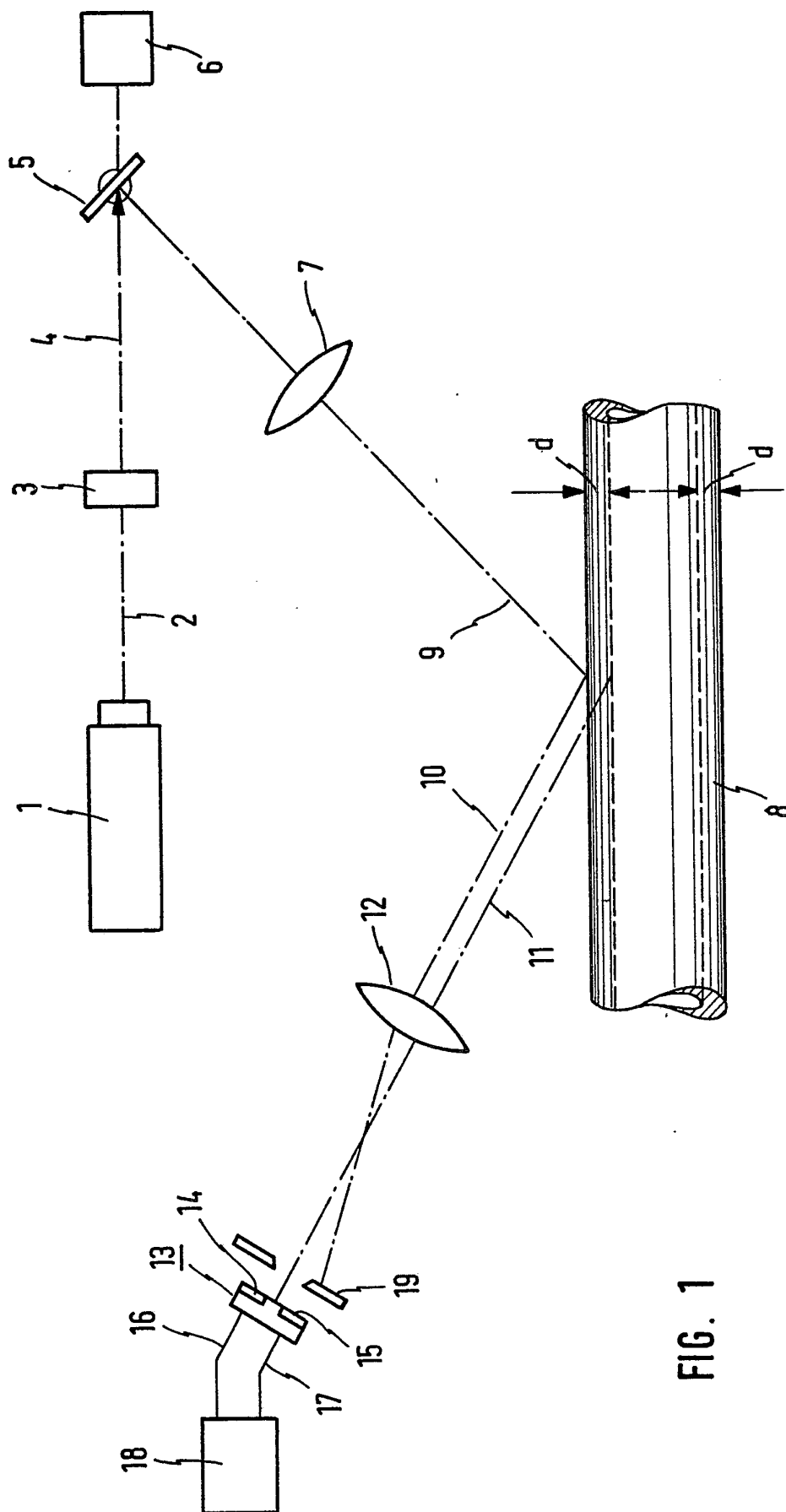


FIG. 1

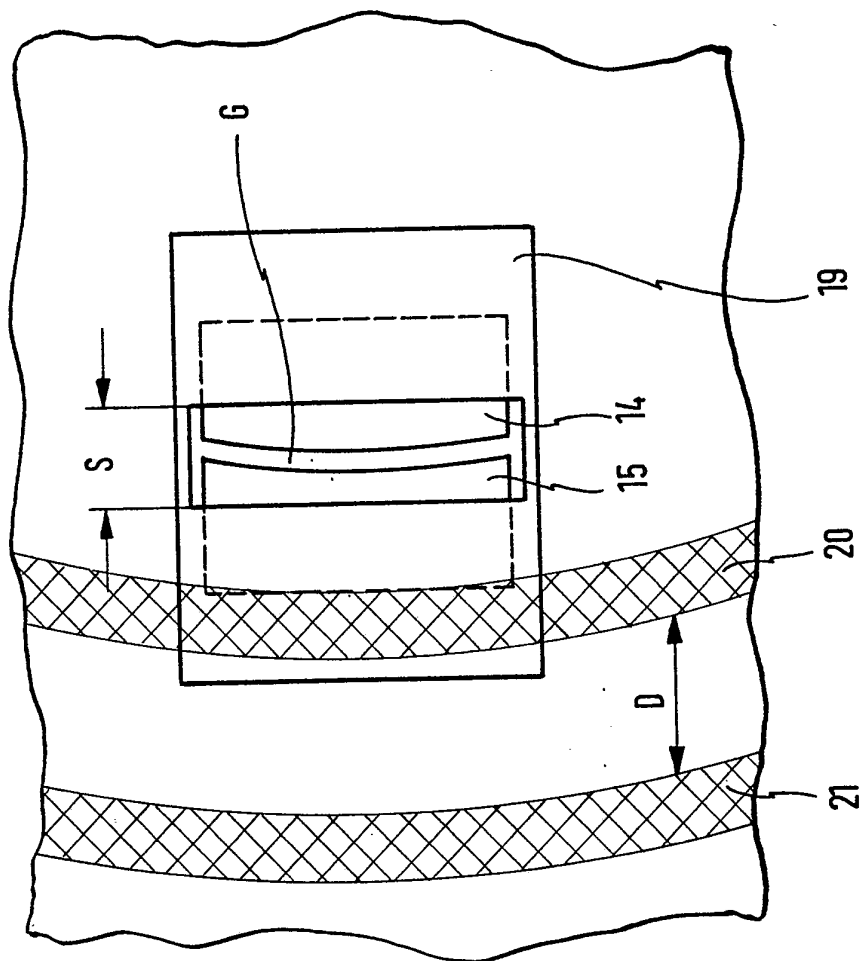


FIG. 2

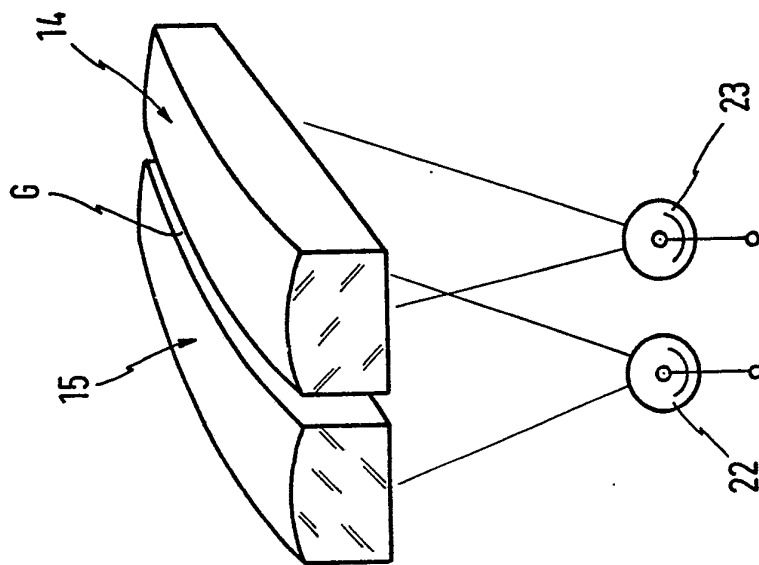


FIG. 3

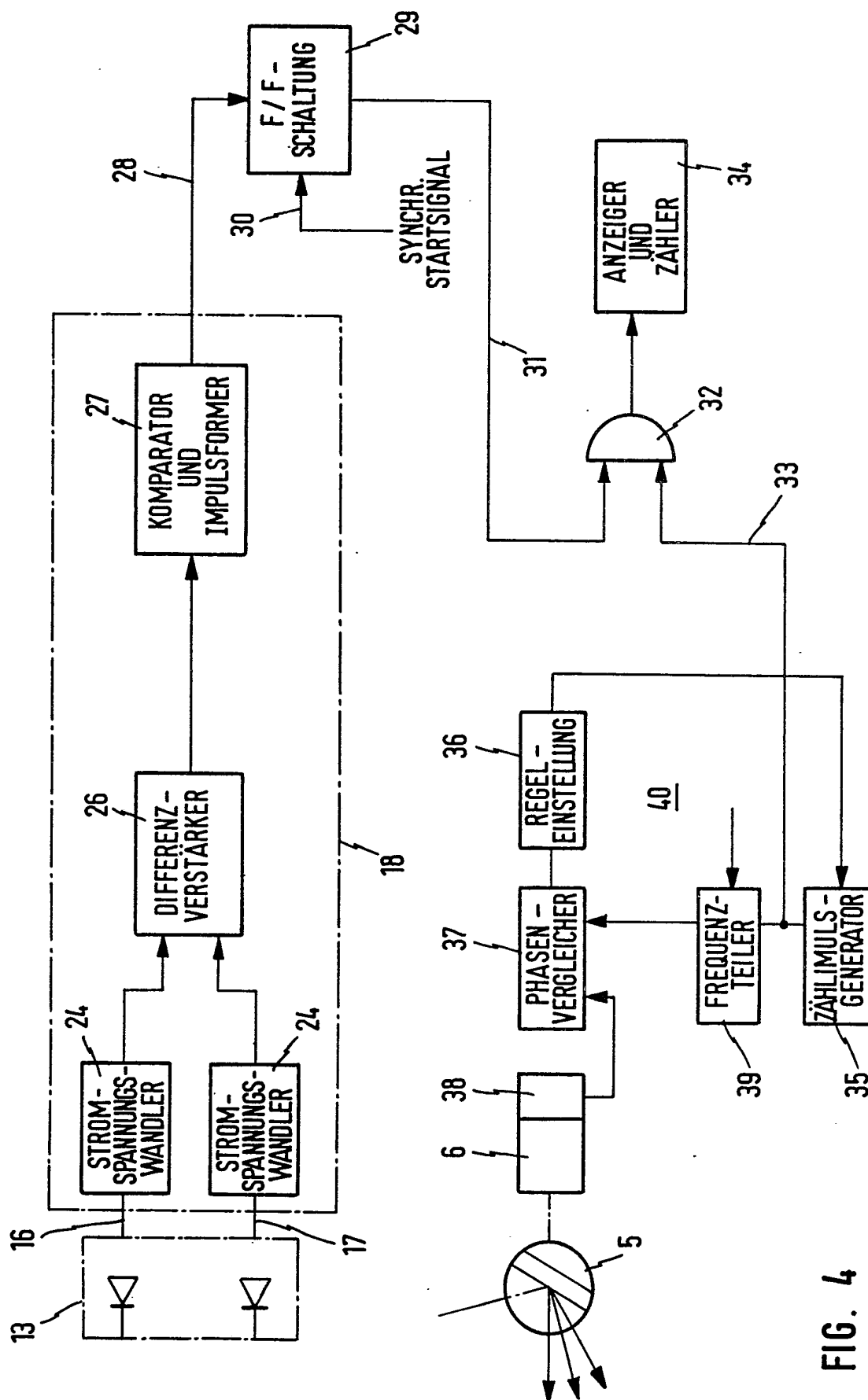


FIG. 4