



CH 683 566 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 683 566 A5

⑤ Int. Cl.⁵: G 01 N 21/90

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

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 1784/91

㉒ Anmeldungsdatum: 14.06.1991

㉔ Patent erteilt: 31.03.1994

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 31.03.1994

⑦③ Inhaber:
Strausak AG, Lohn SO

⑦② Erfinder:
Pirani, Peter, Zürich
Schmied, Beat, Gerlafingen

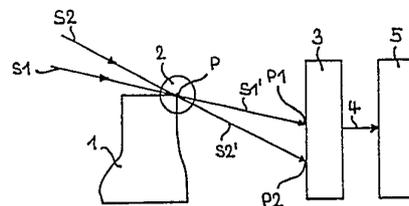
⑦④ Vertreter:
GFF, Zürich

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur Vermessung von Körpern, insbesondere Behältern mittels einer optischen, nicht-fokussierenden Mehrstrahlenordnung.**

⑤⑦ Zur Vermessung von annähernd rotations-symmetrischen Teilbereichen eines Körpers, insbesondere des Mündungsbereiches von transparenten und nicht-transparenten Behältern wird ein optisches Verfahren beschrieben, welches kollimierte Lichtstrahlenbündel mit den Strahlen S1 und S2 unter verschiedenen flachen Einfallswinkeln auf das Messobjekt (1) führt und die durch den Schattenwurf auf einen orts-abhängigen Detektor (3) hervorgerufenen Hell-Dunkel-Übergänge an den Stellen P1 und P2 analysiert, um die horizontale und vertikale Lage der Messpunkte (P) gleichzeitig zu ermitteln.

Das Verfahren findet eine bevorzugte Anwendung in der Behälterinspektion zur Qualitätssicherung und Prozesskontrolle, insbesondere zur raschen Einzelstückprüfung mit komplexen Selektionskriterien, auch in Kombination mit Signalen benachbarter Prüfstationen. Die Vergleichsbasis zu Kenngrößen der einschlägigen DIN/ISO-Normen, bzw. Normentwürfe, wie z.B. Parallelität, Planizität und Achsabweichung ist gegeben und stellt ein wertvolles Hilfsmittel zur Bewertung beliebiger Losgrößen dar.

Zur raschen Durchführung des Verfahrens wird eine Spektralanalyse der gemessenen Signale mittels einer Fourier-Transformation vorgeschlagen.



CH 683 566 A5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vermessung eines Körpers, insbesondere eines Behälters im Mündungsbereich gemäss den Merkmalen aus dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Eine Vermessung dieser Art wird in Prüfstationen von Produktionslinien zur Stückgutprüfung als Einzelstückprüfung vielfach verwendet. Inspektionssysteme werden herangezogen, um den laufenden Prozess unter Kontrolle zu halten, was mittels einer Stichprobenprüfung oder einer Einzelstückprüfung erfolgt.

So sind beispielsweise Glasinspektionssysteme bekannt, wobei zur allgemeinen Thematik der Glasinspektion auf das Standardwerk «Glasmische Fabrikationsfehler, «Pathologische» Ausnahmestände des Werkstoffes Glas und ihre Behebung / eine Brücke zwischen Wissenschaft, Technologie und Praxis», Springer-Verlag, Berlin (1980) verwiesen wird. Im speziellen verweisen wir auf Kap. 3: «Verfahren zur Erkennung und Untersuchung von Glasfehlern – Überwachung der Produktion».

Nach PS-US 4 691 231 und PS-EP 0 200 478 sind zur Prüfung der ganzen Flasche Glasinspektionssysteme bekannt, bei welchen das mit Hilfe einer oder mehrerer Lichtquellen erzeugte und durch die Flasche gehende und teilweise abgelenkte Licht gemessen wird, indem ein oder mehrere Detektoren das transmittierte oder das reflektierte bzw. gestreute Licht aufnehmen. Dabei kommen sowohl einer oder mehrere integrale Intensitätsdetektoren oder auch 1-dimensionale Arrays (Liniendetektor, z.B. CCD-Array (charged-coupled-device)) oder 2-dimensionale Arrays (Flächendetektoren, z.B. CCD-Kameras) als Detektoren zum Einsatz. Die Messverfahren beinhalten oft Vorrichtungen zum Transport und zur Rotation der Flasche während des Messvorgangs.

Ferner ist nach PS-DE 3 623 076 ein optisches Verfahren zur Messung des Mündungsbereichs bekannt, bei welchem das im Mündungsbereich innerhalb des Glaskörpers reflektierte oder gestreute Licht gemessen wird. Der mit einer diffusen Lichtquelle beleuchtete Mündungsbereich wird optisch auf einen oder mehrere Detektoren oder ein Detektorarray abgebildet. Eine besondere Variante dieses Messverfahrens ist die Inspektion der Mündung mit einer senkrecht über der vertikalen Flaschenachse angebrachten 2-dimensionalen (CCD-)Kamera. So wurde in «QZ 30 (1985) Heft 5, Qualitätstechnik: «Optoelektronischer Rotorkopf prüft Flaschenmündungen» ein derartiges Glasinspektionssystem für den Mündungsbereich beschrieben.

Neben der Beleuchtung der Mündung mit diffusem Licht ist nach PSEP-A2 0 304 164 auch ein Verfahren bekannt, bei welchem die Mündung mit kollimiertem Licht beleuchtet wird. Ein horizontales Lichtbündel wird über die Mündung auf ein eindimensionales Detektorarray projiziert, wobei der Schattenwurf der Mündung beobachtet wird. Das horizontale Lichtbündel wird durch Umlenkung eines vertikalen Lichtstrahles mit Hilfe eines innerhalb der

Mündung liegenden Spiegels erzeugt. Detektiert wird das Intensitätsminimum auf dem Detektorarray. Eine spezielle Variante dieses Messsystems besteht im zusätzlichen Abdecken der Mündung durch einen auf der Mündung aufliegenden, planen Schattenerzeuger.

Die bisher beschriebenen Methoden erlauben die Detektion von Fehlern im Mündungsbereich (z.B. Risse oder Ausbrüche), sowie die Messung der Höhe des Glasgefässes. Zur Messung der seitlichen Abweichung (Versetzung der Mündung, Mündungsschlag) wird in der PS-WO 8 706 001 ein bekanntes Verfahren beschrieben: Ein kollimierter Lichtstrahl wird mehrfach derart gespiegelt, dass der Strahl auf gleicher Höhe mit der Mündung liegt und mehrmals auf verschiedenen Seiten der Mündung sehr nahe an diese herankommt, ohne sie zu berühren. Falls die Mündung eine seitliche Versetzung aufweist, so wird die Intensität des Strahls abgeschwächt.

Die bisher beschriebenen Verfahren der Mündungsprüfung erlauben nur die Messung entweder der Höhe oder der seitlichen Versetzung. Zudem erlauben die meisten der beschriebenen Verfahren nur eine Gut/Schlecht-Angabe, welche als Ausschusskriterium verwendet wird, oder eine qualitative Angabe über das Mass der Störung.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, erstens gleichzeitig Seiten- und Höhenversetzung zu ermitteln, zweitens numerische Werte dafür anzugeben und drittens aus einer Gesamtheit von so ermittelten Messwerten Kenngrössen und Eigenschaften abzuleiten.

Verfahren und Vorrichtung, welche diese Aufgabe lösen, sind in den Patentansprüchen 1 und 12 definiert. Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnungen von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Prinzip der Messanordnung in schematischer Darstellung

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel zur Vermessung eines Behälters mit einer Lichtquelle und einem Strahlteiler

Fig. 3 Zusammenhang der Lage des Messpunktes mit der gemessenen Position auf dem Detektor

Fig. 4a ein Beispiel für den gemessenen Signalverlauf der Seitenversetzung als Funktion des Azimutalwinkels des rotierenden Körpers

Fig. 4b ein Beispiel für den gemessenen Signalverlauf der Höhenversetzung als Funktion des Azimutalwinkels des rotierenden Körpers

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel der Signalverarbeitungseinheit bei Verwendung eines FFT-Prozessors

Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel eines Strahlteilers

Die in der Glasinspektion verwendeten Begriffe sind in den Normentwürfen ISO 7349, ISO 9058, ISO 9009, ISO 9885, ISO 9008, sowie in der Norm DIN 6129 / Teil 1 festgelegt:

ISO 7349: Glass Containers – Manufacture – Vocabulary

ISO 9058: Glass Containers – Tolerances – Dimensions

ISO 9009: Glass Containers – Height and non-parallelism of finish with reference to container base – Test methods

ISO 9885: Wide-mouth glass containers – Deviation from flatness of top sealing surface – Test methods

ISO 9008: Glass Bottles – Vertical axis deviation – Test method

DIN 6129/Teil 1: Flaschen und Hohlkörper aus Glas
Die Verknüpfung der im erfindungsgemässen Verfahren gemessenen Grössen mit den in diesen Normen, bzw. Normentwürfen verwendeten Begriffen wird weiter unten dargelegt.

Fig. 1 zeigt schematisch die prinzipielle Messanordnung. Das zu vermessende Messobjekt 1 stellt einen mindestens teilweise annähernd rotations-symmetrischen Körper mit Kanten dar, welcher undurchsichtig (z.B. Kunststoff) oder transparent (z.B. Glas) sein kann. Das Messobjekt 1 befindet sich mindestens teilweise im Messbereich 2, in welchem der zu vermessende Messpunkt P liegt. Auf diesen Messbereich 2 werden zwei Lichtstrahlenbündel gelenkt, die aus kollimierten Lichtstrahlen uniformer Lichtintensität und genügender Breite bestehen. Auf die Natur, die Herkunft und die Erzeugung dieser Lichtstrahlenbündel wird hier vorerst nicht näher eingegangen. Der Übersichtlichkeit halber sind in der Fig. 1 nur je ein einzelner Strahl S1, bzw. S2 für die beiden Lichtstrahlenbündel dargestellt. Durch das Messobjekt 1 werden nun die Lichtstrahlenbündel teilweise abgedeckt, d.h. es wird eine Abschattung der Lichtstrahlenbündel durch das Messobjekt 1 erzeugt. Die Projektionen des Messpunktes P mittels der Strahlen S1 und S2 auf den Detektor 3 werden mit S1' und S2' bezeichnet. Der Detektor 3 ist ortsempfindlich und ist beispielsweise ein Linear-Array hoher Auflösung, der das auftretende Lichtsignal ortsabhängig in ein elektrisches Signal wandelt. An den Stellen P1 und P2 wird je ein Hell-Dunkel-Übergang erzeugt. Der Detektorausgang 4 wird einer Signalverarbeitungseinheit 5 zugeführt, in welcher die gesamte Information in einer weiter unten genauer beschriebenen Weise aufbereitet wird.

Fig. 2 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel, bei welchem das Messobjekt 1 als Behälter ausgebildet ist. Der Messbereich 2, der Messpunkt P, die Projektionen P1 und P2 des Messpunktes P und der Detektor 3 entsprechen den Elementen der Fig. 1. Eine Lichtquelle Q mit Kollimator K erzeugt ein Bündel parallelen Lichtes S, welches auf einen Strahlteiler ST, bestehend aus den beiden Spiegeln M1 und M2, geführt wird. Diese Spiegel stehen leicht abgewinkelt zueinander, so dass die reflektierten Lichtbündelstrahlen LS1 und LS2 unter flachen Einfallswinkeln, z.B. 5 und 10 Grad, die Spiegel verlassen. Der Behälter 1 wird durch die Halter H1 und H2 fixiert und mittels eines Auflageelementes U, welches sich vertikal unter dem Messpunkt P befindet, unterstützt.

Wird diese Messanordnung durch Hinzufügen weiterer Lichtstrahlenbündel LS3, ... ergänzt, so wird in der Messwertverarbeitung eine Redundanz geschaffen werden, welche für die Fehlererkennung und insbesondere deren Diskriminierung erwünscht sein kann.

Durch Rotation des Körpers um seine vertikale Zentralachse 6 können zeitlich hintereinander mehrere Messwerte aufgenommen werden, welche den entsprechenden Messpunkten auf dem Messobjekt zugeordnet werden können. Auf diese Weise wird eine Gesamtheit von Messwerten in Abhängigkeit des Azimutalwinkels δ erfasst. Eine Variante dieses Verfahrens besteht darin, die ganze Messanordnung um den stationären Körper rotieren zu lassen, wobei am Detektor die gleiche Information wie bei stationärer Messanordnung und rotierendem Körper verfügbar ist.

Fig. 3 erläutert den Zusammenhang zwischen der gemessenen Position auf dem Detektor und der Lage des Messpunktes. Die Lage des Messpunktes P, der im Ursprung (0, 0) des Koordinatensystem (x, z) liege, erzeugt bei der Projektion mit den unter den Einfallswinkeln α_1 und α_2 einfallenden Strahlen S1 und S2 der Lichtstrahlenbündel LS1 und LS2 (nicht dargestellt in Fig. 3) die beiden Positionen P1 und P2 auf dem Detektor 3. Befindet sich nun der Messpunkt nicht im Ursprung (0, 0), sondern in der Lage (Δx , Δz), was mit dem Messpunkt P' und den entsprechenden Strahlen S1' und S2' angedeutet ist, so werden die Hell-Dunkel-Übergänge bei den Positionen P1' und P2' gemessen. Aus den bekannten Sollwerten der Positionen P1 und P2 und den ebenfalls bekannten Einfallswinkeln α_1 und α_2 folgen für die Seitenversetzung und die Höhenversetzung rechnerisch die Werte Δx und Δz gemäss Gleichungen (1) und (2):

$$\Delta x = [(P2' - P1') - (P2 - P1)] / (\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1) \quad (1)$$

$$\Delta z = (P1' - P1) - \Delta x \cdot \tan \alpha_1 \quad (2)$$

wobei 1 der Abstand zwischen dem Messpunkt P und dessen Projektionspunkt P0 auf die Ebene des Detektors 3 ist.

Fig. 4a und 4b zeigen eine Darstellung der Seitenversetzung Δx und der Höhenversetzung Δz in Abhängigkeit des Azimutalwinkels δ . Dieser Signalverlauf weist eine Periodizität von 360 Grad auf, welche – falls die Messwerte über mehrere Perioden aufgenommen werden – im Sinne einer Redundanz in bekannter Weise zur Signaloptimierung herangezogen werden kann.

Fig. 5 zeigt eine besondere Ausführungsvariante der Signalverarbeitungseinheit 5. Der Detektorausgang 4 führt hier die beiden Signale P1(δ) und P2(δ) in eine erste Recheneinheit 10, in welcher die Seitenversetzung $\Delta x(\delta)$ und die Höhenversetzung $\Delta z(\delta)$ in Abhängigkeit des Azimutalwinkels δ bei rotierendem Körper berechnet wird. In einer zweiten Recheneinheit 20, welche einen FFT-Prozessor (Fast-Fourier-Transform) enthält, werden die Signale $\Delta x(\delta)$ und $\Delta z(\delta)$ einer raschen Fourier-Transformation unterworfen (vgl. J.W. Cooley and J.W. Tukey, Math. comput. 19, 297 (1965)). Am Ausgang der Recheneinheit 20 sind nun die beiden Fourier-spektren $\tilde{x}(\omega)$ und $\tilde{z}(\omega)$ für die Seiten-, bzw. die Höhenversetzung verfügbar, welche in einer dritten Recheneinheit 30 weiterverarbeitet werden. Die verschiedenen Komponenten der Fourier-spektren $\tilde{x}(\omega)$ und $\tilde{z}(\omega)$ oder Linearkombinationen bestimmter

spektraler Anteile können nun bestimmten Fehlern des Körpers zugewiesen werden. Ein dominanter Koeffizient der Sinuskomponente des Signals Δx entspricht beispielsweise der Achsabweichung (vgl. DIN 6129 / Teil 1) und ein dominanter Koeffizient der Sinuskomponente des Signals Δz der Parallelität (vgl. Entwurf ISO 9009). Falls diese Sinuskomponente vom Signal $\Delta z(\delta)$ subtrahiert wird, so beschreibt das Resultat die Abweichungen der Planizität (vgl. Entwurf ISO 9885). Alternativ können die höheren Komponenten des Fourierspektrums $\tilde{z}(\omega)$ zur Bewertung der Abweichungen der Planizität (z.B. Ausbrüche) herangezogen werden, falls eine rasche Bewertungszahl erforderlich ist. Im weiteren entspricht der Koeffizient der Spektralkomponente im Fourierspektrum $\tilde{x}(\omega)$ mit der doppelten Grundfrequenz der Ovalität.

Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Strahlteilers. Auf einem leicht abgewinkelten Träger 7 sind die beiden Spiegel M1 und M2 so angebracht, dass mit einer einzigen Lichtquelle Q die Lichtstrahlenbündel LS1 und LS2 erzeugt werden können. Durch die Abwinkelung des Trägers 7 wird die Differenz der Einfallswinkel $\alpha_1 - \alpha_2$ bestimmt. Vorteilhaft an dieser Anordnung ist das Wegfallen einer weiteren Lichtquelle und der damit möglichen Einsparung komplizierter und aufwendiger Justierarbeit.

Es ist mit dem beschriebenen Verfahren möglich für eine bestimmte Losgrösse eine Einzelstückprüfung durchzuführen und diese für die Prozesskontrolle statistisch auszuwerten. Das Verfahren eignet sich aber auch für die Stichprobenprüfung. Wird durch eine entsprechende Halterung sichergestellt, dass der Behälterboden während des gesamten Messvorganges auf einer ebenen Unterlage aufliegt, so liefert es die Grundlage für eine Einzelstück-, bzw. Stichprobenprüfung nach den zuständigen Normen.

Die Signalverarbeitungseinheit 5 kann nun so ausgelegt werden, dass neben dem Detektorsignal 4 noch weitere Eingänge vorgesehen sind, über welche ihr die Signale weiterer Prüfstationen zur Verarbeitung zugeführt werden. Dies kann beispielsweise eine Prüfstation betreffen, in welcher eine Riss- und/oder eine Qualitätsprüfung des Körpers vorgenommen wird. Durch ein Zusammenführen der Signale in der Signalverarbeitungseinheit 5 können diese Signale gleichzeitig verarbeitet werden, was im Hinblick auf eine Verknüpfung von Selektions-, bzw. Ausschusskriterien bei einer entsprechenden Gewichtung derselben vorteilhaft ist.

Es ist klar, dass sich das vorliegende Verfahren nicht nur für transparente Körper, sondern auch für undurchsichtige besonders eignet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vermessung eines annähernd rotations-symmetrischen Teilbereiches eines Körpers mit Kanten, insbesondere des Mündungsbereiches von transparenten oder nicht-transparenten Behältern, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Bündel mit kollimierten Lichtstrahlen (LS1, LS2) uniformer Intensität unter verschiedenen Einfallswinkeln (α_1 , α_2) auf den Messbereich (2)

des Körpers geführt werden, dass die Lichtstrahlenbündel durch das im Messbereich liegende Messobjekt (1) teilweise abgeschattet werden, dass die Lichtstrahlenbündel auf einen Detektor (3) geführt werden, dass jedes Messobjekt auf dem Detektor mindestens zwei Hell-Dunkel-Übergänge erzeugt, dass die im Detektor erzeugten Signale (4) einer Signalverarbeitungseinheit (5) zugeführt und verarbeitet werden, und dass aus den den Hell-Dunkel-Übergängen entsprechenden Signalen die horizontale und die vertikale Lage des Messpunktes (P) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung am stationären oder am rotierenden Körper durchgeführt wird.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung am stationären Körper durchgeführt wird, wobei eine Messanordnung, welche eine Lichtquelle (Q), einen Kollimator (K), einen Strahlteiler (ST) und einen Detektor (3) aufweist, um den Körper rotiert.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der horizontalen und vertikalen Lage der Messpunkte des Messobjektes gleichzeitig erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass alle sich aus der Gesamtheit der horizontalen und vertikalen Lagen der Messpunkte des Messobjektes ergebenden Eigenschaften des Körpers ermittelt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Eigenschaften des Körpers Höhe, Höhenversetzung, Seitenversetzung und Ausbrüche sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Körper als Behälter mit einer Mündungsfläche ausgebildet ist, und alle sich aus der Gesamtheit der horizontalen und vertikalen Lagen der Messpunkte des Messobjektes ergebenden Eigenschaften der Mündungsfläche des Behälters ermittelt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Eigenschaften der Mündungsfläche des Behälters Höhe, Achsabweichung, Parallelität, Planizität, Ovalität der Mündung und Ausbrüche sind.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass in der Signalverarbeitungseinheit (5) die Fourierspektren $\tilde{x}(\omega)$, bzw. $\tilde{z}(\omega)$ aus den Seitenversetzungen $\Delta x(\delta)$, bzw. den Höhenversetzungen $\Delta z(\delta)$ berechnet werden und dass aus den Seitenversetzungen $\Delta x(\delta)$ und Höhenversetzungen $\Delta z(\delta)$ mit Hilfe der Fourierspektren $\tilde{x}(\omega)$ und $\tilde{z}(\omega)$ und/oder Linearkombinationen bestimmter spektraler Anteile derselben die Kenngrößen Parallelität, Planizität und Achsabweichung ermittelt werden.

10. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 zur Vermessung von Behältern bei deren Inspektion in einer Behälterinspektionsmaschine und in dieser in Kombination mit weiteren Prüfverfahren.

11. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 zur Vermessung von Behältern bei deren Inspektion in einer Behälterinspektions-

maschine und in Kombination mit verschiedenen oder gleichen Prüfstationen.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Erzeugung von mindestens einem Lichtstrahlenbündel und eine Signalverarbeitungseinheit vorgesehen sind. 5

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalverarbeitungseinheit mit Mitteln zur raschen Fourier-Transformation (20) versehen ist. 10

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass in der Signalverarbeitungseinheit Eingänge für Signale anderer Prüfstationen und Ausgänge für Signale zur Steuerung der Selektion vorgesehen sind. 15

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Strahlteilung vorgesehen sind. 20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

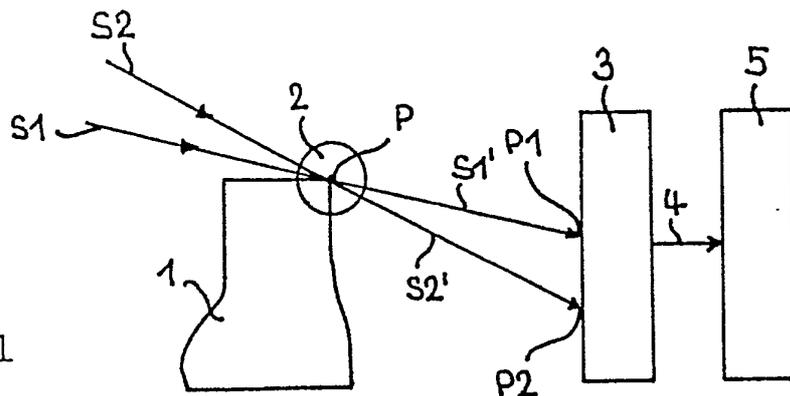


Fig. 1

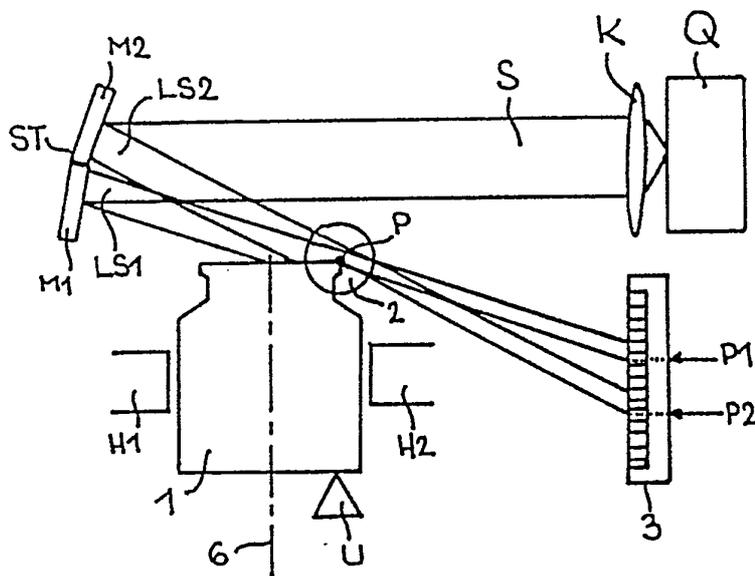


Fig. 2

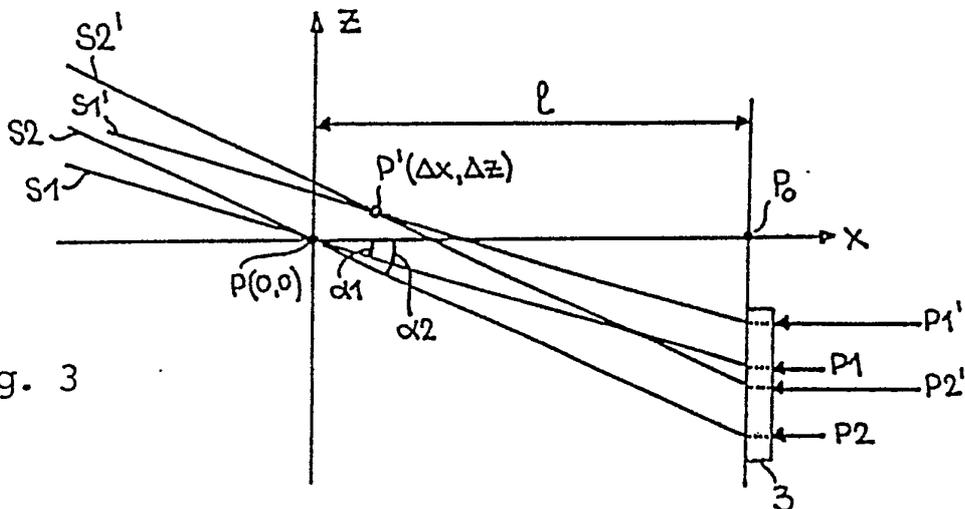


Fig. 3

Fig. 4a

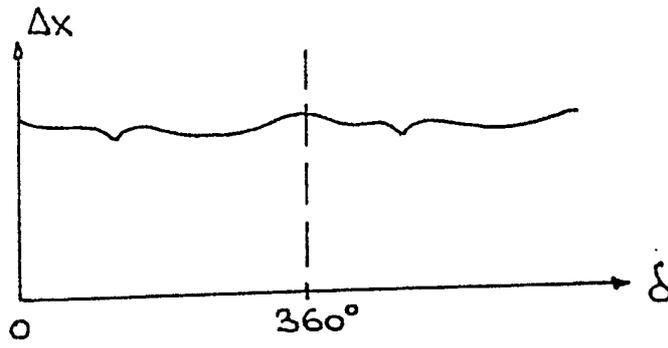


Fig. 4b

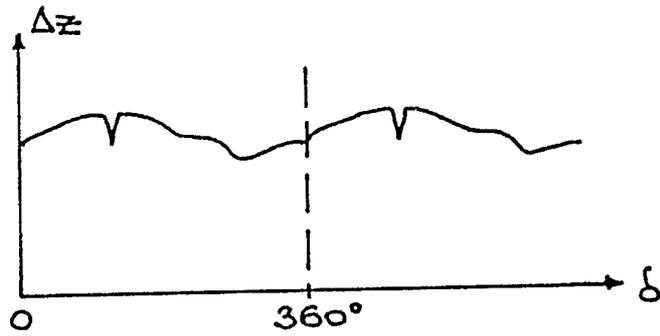


Fig. 5

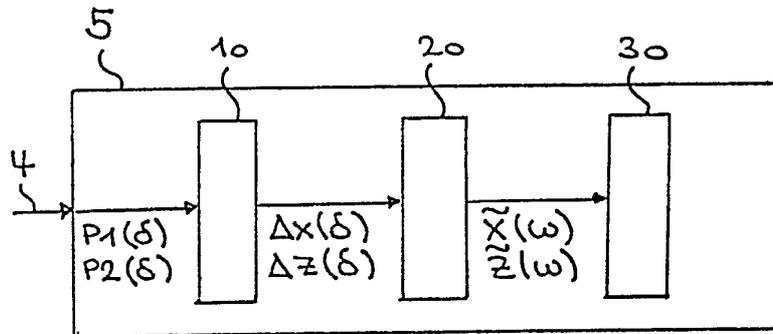


Fig. 6

