



Ausschliessungspatent

Erteilt gemäss § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11) **210 121**

Int.Cl.<sup>3</sup> 3(51) G 01 N 21/59

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP G 01 N/ 2535 385  
(31) P3228664.3-52

(22) 29.07.83  
(32) 31.07.82

(44) 30.05.84  
(33) DE

(71) siehe (73)  
(72) NEUBAUER, RUDOLF, DIPL.-PHYS.; ANDERS, KLAUS-PETER; SPIEGEL, KARL-HEINZ; DE;  
(73) DEUTSCHE FORSCHUNGS- UND VERSUCHSANSTALT FUER LUFT- UND RAUMFAHRT E. V.; KÖLN, DE

(54) VERFAHREN ZUR QUANTITATIVEN MESSUNG VON INHOMOGENITAETEN DER DICHTEN IN GLAESERN,  
INSBESONDERE OPTISCHEN GLAESERN

(57) Verfahren zur quantitativen Messung von Inhomogenitäten der Dichte in Gläsern, insbesondere optischen Gläsern. Die zu prüfenden Glasproben werden jeweils mit divergentem Wechsellicht durchstrahlt. Das austretende Wechsellicht wird in einer Abbildungsebene mit einem optisch-elektrischen Wandler punktförmig abgetastet. Aus dem Ausgangssignal des opto-elektrischen Wandlers wird durch ein Schmalbandfilter die Wechsellichtfrequenz ausgefiltert. Die Signalamplitude wird aufgezeichnet und/oder zur Anzeige gebracht. Vorzugsweise ist der opto-elektrische Wandler durch eine Gleichlichtquelle auf einem vorbestimmten Arbeitspunkt einstellbar. Fig. 1

Verfahren zur quantitativen Messung von Inhomogenitäten der Dichte in Gläsern, insbesondere optischen Gläsern

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur quantitativen Messung von Inhomogenitäten der Dichte in Gläsern, insbesondere optischen Gläsern.

#### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Prüfung optischer Gläser auf Inhomogenitäten der Dichte erfolgt üblicherweise durch die Beurteilung des Schattens oder Schlierenbildes einer Probe durch das menschliche Auge. Die Prüfung ist damit von der subjektiven Erfahrung des Prüfers abhängig und eine klare Trennung von Gläsern in verschiedene Güteklassen ist relativ schwierig.

Bekannt ist ein Verfahren zur quantitativen Messung von Inhomogenitäten des Brechungsindex bei optisch durchlässigen, planparallelen Körpern (DE 30 03 333 A1). Bei diesem Verfahren wird ein paralleles Strahlenbündel geringen Durchmessers durch mehrere Bereiche der Probe geleitet und die den einzelnen Bereichen zugeordneten Ablenkungen des Strahlenbündels werden gemessen. Inhomogenitäten des Brechungsindex bei optisch durchlässigen Körpern sind optisch korrigierbar.

Inhomogenitäten der Dichte in Gläsern, insbesondere optischen Gläsern, sind demgegenüber optisch nicht korrigierbar.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, mit dem eine automatische Prüfung von Inhomogenitäten der Dichte von Gläsern, insbesondere optischen Gläsern, möglich und eine reproduzierbare quantitative Qualitätsbestimmung erreichbar ist, die es ermöglicht, die Gläser bestimmten Qualitätskategorien zuzuordnen und dabei auch optisch ungeeignete Gläser von der weiteren Bearbeitung auszuschließen.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß die Probe jeweils mit divergentem Wechsellicht durchstrahlt, das austretende Wechsellicht in einer Abbildungsebene mit einem opto-elektrischen Wandler punktförmig abgetastet und aus dem Ausgangssignal des opto-elektrischen Wandlers durch ein Schmalbandfilter die Wechsellichtfrequenz ausgefiltert und die Signalamplitude aufgezeichnet und/oder zur Anzeige gebracht wird.

Um den opto-elektrischen Wandler möglichst optimal in einem steilen Kennlinienfeld betreiben zu können, ist der opto-elektrische Wandler vorzugsweise durch eine Gleichlichtquelle auf einen vorbestimmten Arbeitspunkt einstellbar.

Inhomogenitäten der Dichte des Glases, das sind Änderungen des Dichtegradienten, manifestieren sich als Helligkeitsänderungen und damit als Änderungen der Signalamplitude des Ausgangssignals des opto-elektrischen Wandlers. Die Signalamplitude kann bei der Prüfung fortlaufend aufgezeichnet werden. Als Entscheidungskriterien bei der Prüfung kann dabei beispielsweise das ein- oder mehrfache Überschreiten vorgegebener Signalamplituden im positiven und/oder negativen Sinne herangezogen werden. Es ist weiter

möglich, die mittlere Dichte aus den gemessenen Signalamplituden zu bestimmen und diese der Qualitätsbestimmung zugrunde zu legen. Zusätzlich zu dieser mittleren Dichte kann gegebenenfalls ein eventuelles Überschreiten vorgegebener Signalamplituden für die Qualitätsbestimmung herangezogen werden.

Da insbesondere bei optischen Gläsern Messungen von Inhomogenitäten der Dichte eine Standardmessung sind, müssen große Stückzahlen bearbeitet werden. Dies erfordert Vorrichtungen, die die Prüfung in kurzer Zeit durchführen.

Zweckmäßig sind solche Vorrichtungen derart aufgebaut, daß einer Bewegung der Probe in einer Richtung eine Hubbewegung überlagert wird. Dabei werden die Lichtquelle und der opto-elektrische Wandler vorzugsweise stationär angeordnet.

#### Ausführungsbeispiel

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Wechsellichtmeßanordnung für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform einer Abtastvorrichtung für eine Meßanordnung.

Fig. 3 und 4 zeigen zwei Ausführungsformen von Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens.

Die in Fig. 1 dargestellte Meßanordnung weist eine Wechsellichtquelle 2 sowie einen Meßaufnehmer 4 auf. Zwischen der Wechsellichtquelle 2 und dem Meßaufnehmer 4 ist die Probe 6 angeordnet.

Die Wechsellichtquelle 2 kann als Lichtquelle 8 eine Glühbirne aufweisen, die grundsätzlich mit Netzfrequenz betrieben werden könnte. Aus weiter unten dargelegten Gründen wird jedoch eine Wechselfrequenz bevorzugt, die von der Netzfrequenz oder deren Vielfachem abweicht. In der Zeichnung ist eine Glühbirne 8 dargestellt, die aus einem Leistungsverstärker 12 gespeist wird, der von einem Frequenzgenerator 10 angesteuert ist.

Statt einer Glühbirne kann auch eine Laserlichtquelle mit heller Wechsellichtfrequenz ( $f > 1000$  Hz) verwendet werden. Auch eine Laserlichtquelle im Impulsbereich kann angewendet werden.

Mit dem Licht der Lichtquelle wird eine Abbildungslinse 14 beaufschlagt, hinter der im Strahlengang eine Lochblende 16 angeordnet ist. Im divergenten Strahlengang hinter der Lochblende 16 ist die Probe 6 angeordnet, beispielsweise in einer hierfür vorgesehenen Halterung, die in der Zeichnung nicht dargestellt ist. Im Strahlengang hinter der Probe ist ein Meßaufnehmer 4 angeordnet. Der Meßaufnehmer 4 weist einen in einer die Meßebeine 30 bildenden Abbildungsebene im Strahlengang liegenden opto-elektrischen Wandler 18 (Fotodiode) auf, dessen elektrischer Ausgang über einen Verstärker 20 auf ein Schmalbandfilter 22 gegeben wird, durch den die Wechsellichtfrequenz ausgefiltert wird, so daß an seinem Ausgang ein Gleichstromsignal ansteht, dessen Amplitude der Helligkeit des durch die Probe gelangenden Lichtes proportional ist, mit dem der opto-elektrische Wandler beaufschlagt wird. Der Ausgang des Schmalbandfilters 22 ist mit einer Meßwertanzeige und/oder einem Meßwertspeicher 24 verbunden.

Der opto-elektrische Wandler 18 wird zweckmäßig zusätzlich mit Gleichlicht aus einer Gleichlichtquelle 26 beaufschlagt. Durch diese zusätzliche Gleichlichtbeaufschlagung kann der Arbeitsbereich des Wandlers in einem steilen Kennlinienfeld eingestellt werden, in dem der opto-elektrische Wandler optimal für das von der Lichtquelle 8 ausgehenden Wechsellicht arbeitet.

Durch die Wahl der Frequenz des Wechsellichtes außerhalb der Netzfrequenz oder ganzzahligen Vielfachen der Netzfrequenz ist das Verfahren störunempfindlich gegen Fremdlicht aus netz-betriebenen Leuchten.

Der opto-elektrische Wandler 18 und die Meßebeue 30 sind relativ zueinander verschiebbar, so daß das gesamte in der Meßebeue abgebildete Bild der Probe 6 abgetastet werden kann. Hierbei kann der Wandler in der Meßebeue verstellbar sein. Andererseits kann bei feststehendem Wandler die Probe zweidimensional verschoben werden oder das Bild relativ zum Wandler.

Durch punktförmige Abtastung der Abbildung der Probe in der Meßebeue wird für jeden Meßpunkt ein Signal abgegeben. Durch die Verwendung des Schmalbandfilters wird aus dem gemessenen Signal die Wechsellichtfrequenz ausgefiltert und lediglich die Signalamplitude der Weiterverarbeitung zugeführt. Die weitere Signalverarbeitung kann in der Weise erfolgen, daß einmal Signalschwankungen aufgezeichnet werden. Dies kann für jeden Einzel-punkt erfolgen. Es kann aber in vielen Fällen genügen, Überschreitungen von Toleranzgrenzen zur Anzeige zu bringen oder aufzuzeichnen. Weitere Signalauswertungen sind möglich. So kann beispielsweise die mittlere Signalamplitude, d.h. die mittlere optische Dichte der Probe ermittelt und ausgewertet werden.

Für die Anzeige kommt beispielsweise unter anderem eine Bildschirmdarstellung in Frage. Unter Verwendung eines Kleinrechners ist auch eine Klassifizierung möglich, die die Grundlage für eine automatische Sortierung bilden kann.

Fig. 2 zeigt eine Möglichkeit, mit einem feststehenden opto-elektrischen Wandler eine Probe vollflächig abzutasten. Die Wechsellichtquelle 2 ist hier lediglich schematisch dargestellt. Das durch die Probe durchtretende Licht trifft auf einen Dreh-Kippspiegel 28 auf. Es wird dabei umgelenkt in die Meße ebene 30, in der feststehend der opto-elektrische Wandler 18 angeordnet ist. Durch Kippen des Spiegels um die senkrecht zur Zeichnungsebene liegende Achse 32 läßt sich die Abbildung in der Zeichnungsebene am Wandler 18 vorbeibewegen. Durch Drehen um die in der Zeichnungsebene liegende Achse 34 läßt sich das Bild in der Meße ebene 30 senkrecht zur Zeichnungsebene bewegen. Auf diese Weise ist es möglich, eine zeilen- und/oder spaltenweise Abtastung der Probe vorzunehmen. Der Umlenkspiegel kann dabei um seine Dreh- und seine Kippachse über Schrittmotoren bewegt werden. Es wäre aber auch möglich, eine kontinuierliche Bewegung in der einen Richtung durchzuführen, wobei dann beispielsweise am Ausgang des Verstärkers 20 Schaltmittel vorgesehen werden könnten, um für einzelne Punkte individuelle Meßwerte zu erzielen.

Fig. 3 zeigt eine Anordnung, wie sie für schnelle Messungen von größeren Mengen optischer Gläser verwendbar ist. Auf einer Grundplatte 36 ist hier ein Gehäuse 38 befestigt, in dem über eine Lagerung 40 ein Innengehäuse 42 drehbar ist. Das Innengehäuse wird dabei über einen Motor 44 angetrieben, wobei der Antrieb beispielsweise ein Reibrad 46 aufweisen kann, das mit dem drehbaren Innengehäuse in Eingriff steht. Auch ein Riemenantrieb ist möglich. Das Innengehäuse 42 ist mittig mit einem Fenster versehen, um das herum eine Halterung 48 angeordnet ist, mit der eine Probe 50 über dem Fenster definiert befestigbar ist.

Die Grundplatte 36 ist mit einem senkrecht zur Drehachse des Innengehäuses wirkenden Linearantrieb versehen. Bei dem schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Grundplatte 36 auf einer senkrecht verstellbaren Säule 52 befestigt, für die ein Hubantrieb vorgesehen ist, der beispielsweise aus einem Elektromotor 54 und einer Kurvenscheibe 56 bestehen kann, an der die Säule 52 in Anlage liegt. Die Bewegung des Linearantriebes ist durch den Doppelpfeil angedeutet.

Stationär ist die Meßanordnung mit der Wechsellichtquelle und dem opto-elektrischen Wandler angeordnet, und zwar derart, daß deren optische Achse durch die Drehachse des Innengehäuses 2 verläuft. Zur Durchführung einer Prüfung wird die Probe über den Motor 44 in Drehung versetzt, während gleichzeitig über den Motor 54 eine Hubbewegung eingeleitet wird. Auf diese Weise erfolgt eine spiralförmige Abtastung der Probe, die mit hoher Geschwindigkeit durchführbar ist.

Bei viereckigen Proben, wie sie in der Zeichnung dargestellt sind, können im Aufzeichnungs- bzw. Anzeigegerät Mittel vorgesehen sein, die Signalamplituden, die unter einem bestimmten unteren Grenzwert liegen, wie sie bei Ausblendung des Strahls durch Teile der Halterung 48, auftreten, von der Anzeige bzw. Aufzeichnung ausgeschaltet werden.

Die Anordnung nach Fig. 3 kann auch so ausgebildet werden, daß das innere Gehäuse 42 in einem coaxial zur Achse liegenden ringförmigen Bereich mit Fenstern versehen wird, über denen jeweils Probenhalterungen angeordnet sind. Auf diese Weise läßt sich eine Vielzahl von Proben in einem Prüfgang prüfen. Hierbei sind dann zusätzlich Schaltungen vorzusehen, die die Signale der einzelnen Proben gesondert oder identifiziert messen bzw. aufzeichnen. In

diesem Fall würde dann die Ausgangsstellung eine solche sein, bei der die optische Achse der Meßanordnung in der Ausgangsstellung mit einem der Ränder der Ringfläche fluchtet, in der die Fenster für die Proben angeordnet sind.

Eine weitere Ausführungsform zeigt Fig. 4. Hier ist an einem Träger 60 in einem Gelenk 62 ein Pendel 64 schwenkbar aufgehängt, das an seinem unteren Ende eine Halterung 66 mit einem Fenster für eine Probe 68 trägt und zweckmäßig mit einem Antrieb versehen ist. Der Rahmen 60 ist hier auf einer Hubsäule 70 befestigt, die, wie bei der Ausführungsform nach Fig. 3, über einen Antrieb 72 kontinuierlich oder stufenweise in der Höhe verstellbar ist. Die Hubsäule 70 und der Antrieb 72 bilden hier den Linearantrieb, der senkrecht zur Pendelachse in Richtung des Pendels in seiner Ruhelage wirkt. Die Bewegung des Linearantriebes ist durch den Doppelpfeil angedeutet. Die optische Achse der Meßanordnung liegt in diesem Fall auf der Senkrechten durch das Pendelgelenk 62 im Bereich der Aufnahme 66, wobei die Ausgangsposition die untere oder die obere Kante dieser Aufnahme sein kann. Abhängig von der Geschwindigkeit der Hubbewegung kann bei dieser Anordnung eine zeilen- oder spaltenweise Abtastung durchgeführt werden. Eine zeilenweise, d.h. in Richtung der Pendelbewegung liegende Abtastung wird erzielt, wenn die Hubzeit lang ist gegenüber der Pendelzeit. Eine spaltenweise Abtastung, d.h. in Richtung der Pendelachse wird erzielt, wenn die Hubzeit kurz ist gegenüber der Pendelzeit.

Bei den Ausführungsformen nach den Fig. 3 und 4 kann am drehbaren Gehäuse bzw. am Pendel auch eine lösbare Platte oder sonstige Struktur vorgesehen werden, auf der die Proben montierbar sind. An der Platte sind hierbei die Fenster und die Halterungen für die Proben angeordnet. Es wird dann jeweils die Platte mit den

darauf montierten Proben in das Gehäuse bzw. das Pendel eingesetzt. Hierdurch wird eine verbesserte Ausnutzung der Vorrichtungen erreichbar.

Obwohl eine Hubbewegung der Probe bei der Messung mit den Vorrichtungen nach den Fig. 3 und 4 bevorzugt ist, kann selbstverständlich auch eine Hubbewegung der Meßanordnung vorgesehen werden. Die Entscheidung, welche Anordnung gewählt wird, kann beispielsweise von der bei der Hubbewegung zu bewegenden Masse abhängen.

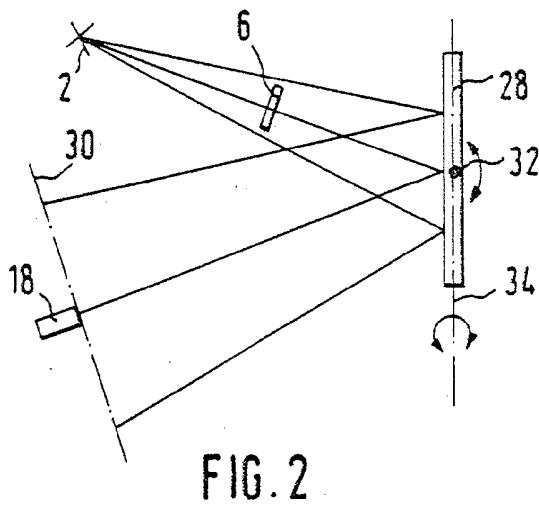
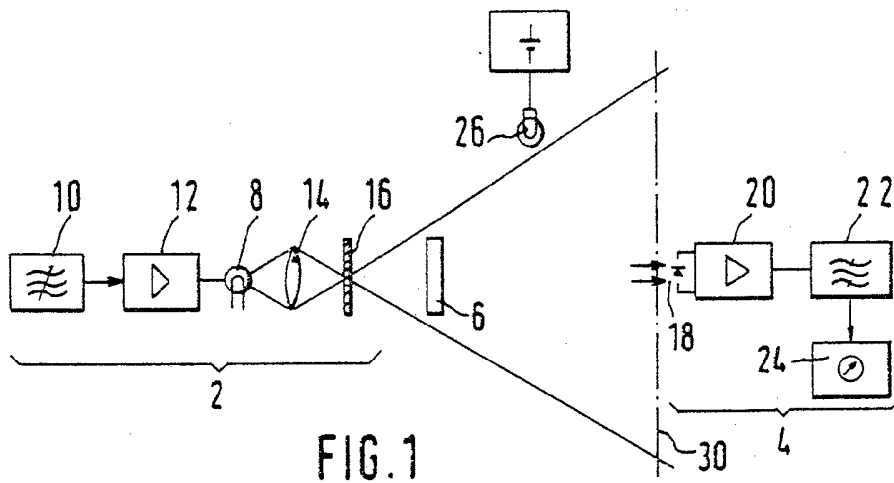
Im vorstehenden ist das Wechsellichtmeßverfahren gemäß der Erfindung mit einer Darstellung des Schattenbildes beschrieben. Das Wechsellichtmeßverfahren ist auch beim Schlieren- oder Interferenzverfahren einsetzbar.

### Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur quantitativen Messung von Inhomogenitäten von Gläsern, insbesondere optischen Gläsern, gekennzeichnet dadurch, daß die Probe (6) jeweils mit divergentem Wechsellicht durchstrahlt, das austretende Wechsellicht in einer Abbildungsebene (30) mit einem opto-elektrischen Wandler (18) punktförmig abgetastet und aus dem Ausgangssignal des Wändlers durch ein Schmalbandfilter (22) die Wechsellichtfrequenz ausgefiltert und die Signalamplitude zur Anzeige und/oder Aufzeichnung gebracht wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der Wandler (18) durch eine Gleichlichtquelle (26) auf einen vorbestimmten Arbeitspunkt eingestellt wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der Strahlengang über einen Spiegel (28) in die Abbildungsebene (30) projiziert wird, der um zwei im wesentlichen senkrecht zueinander in der Spiegelebene liegende Achsen (32,34) schwenkbar und mit Schrittantrieben um die beiden Achsen beweglich ist.
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet durch ein drehbares Gehäuse (42) mit einem Drehantrieb (44,46), in dem achssymmetrisch wenigstens ein Fenster ausgebildet ist, über dem eine Probe (50) befestigbar ist, und durch einen senkrecht zur Drehachse wirkenden linearen Antrieb (52,54,56).
5. Vorrichtung nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß als Linearantrieb eine Geradföhrung (52) und eine angetriebene Kurvenscheibe (56) vorgesehen sind.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, gekennzeichnet durch ein Pendel (64), an dem eine Halterung (66) für wenigstens eine Probe (68) vorgesehen ist, und durch einen senkrecht zur Pendelachse (62) in Richtung der Ruhestellung des Pendels wirksamen Linearantrieb (70,72) zur Verschiebung der Pendelachse.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen



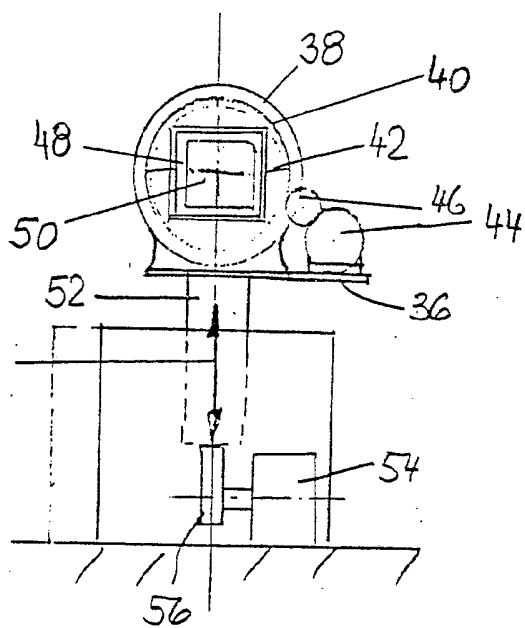


Fig. 3

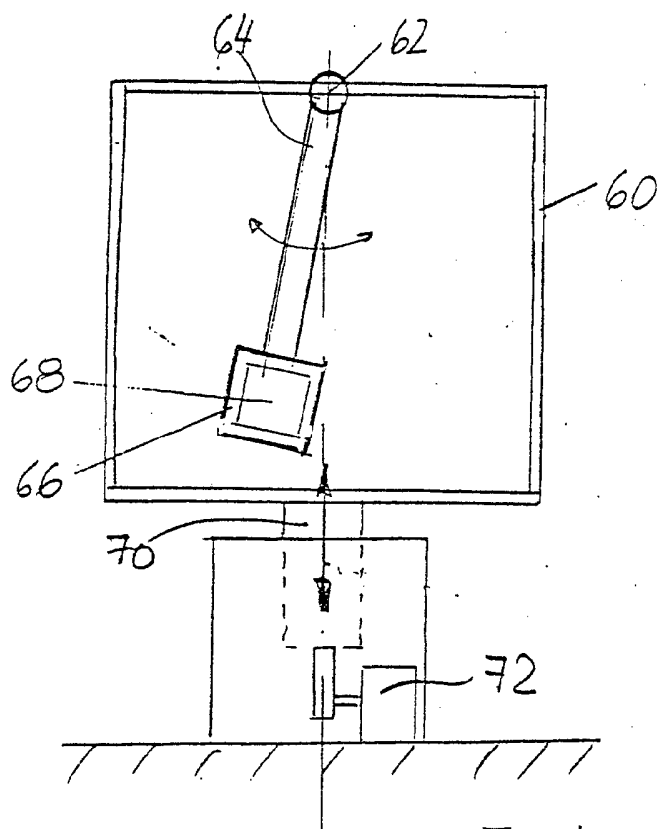


Fig. 4