



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 673 530 A5

⑤ Int. Cl.⁵: G 01 J 3/42

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer: 2450/87

②② Anmeldungsdatum: 29.06.1987

③③ Priorität(en): 01.07.1986 DD 292001

②④ Patent erteilt: 15.03.1990

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.03.1990

⑦③ Inhaber:
VEB Carl Zeiss Jena, Jena (DD)

⑦② Erfinder:
Ersel, Wolf-Dieter, Jena (DD)

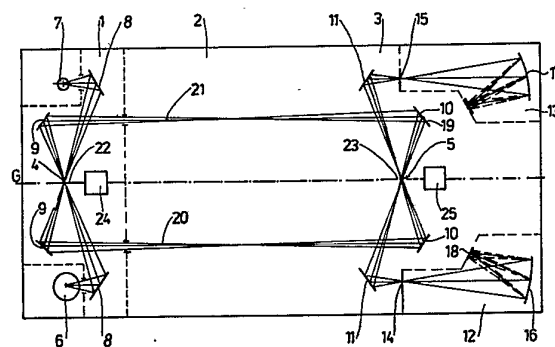
⑦④ Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

⑤④ Optische Anordnung für Simultanspektrometer.

⑤⑦ Bei einer optischen Anordnung für Simultanspektrometer auf der Basis von Zeilenempfängern mit dem Ziel der Aufwandsverringerung, der Verbesserung der Streulichbedingungen und der Gewährleistung eines hohen Lichtleitwertes besteht die Aufgabe, bei funktioneller Trennung der spektralen Teilbereiche und alternierender Nutzung der Lichtquellen (6, 7), die Strahlungsleitung jeder Lichtquelle (6, 7), über die gesamte Messzeit und die zur Verfügung stehende Apertur für beide Teilbereiche wirksam werden zu lassen und eine Überlagerung von Spektren zu verhindern.

Zwei in je einem spektralen Teilbereich Strahlung emittierenden Lichtquellen (6, 7) ist je ein Polychromator (12, 13) zugeordnet. Lichtquellen (6, 7) und Polychromatoren (12, 13) sind symmetrisch zur Verbindungsgeraden zwischen zwei gemeinsamen Schnittpunkten, in denen Umlenkelemente (22, 23) vorgesehen sind, angeordnet.

Die Umlenkeinheiten (22, 23) besitzen neben Lichtdurchlassbereichen beidseitig reflektierende Bereiche und arbeiten phasensynchron zueinander.



PATENTANSPRÜCHE

1. Optische Anordnung für Simultanspektrometer, bei der die von Lichtquellen in spektralen Teilbereichen emittierte Strahlung an einem ersten gemeinsamen Schnittpunkt durch optische Umlenkeinheiten, die lichtdurchlässige und reflektierende Bereiche aufweisen, in einen Mess- und einen Referenzstrahl aufgespalten, an einem zweiten gemeinsamen Schnittpunkt wieder vereint und nach Wellenlängen zerlegt einem Empfänger zugeführt wird, gekennzeichnet dadurch, dass zwei in je einem spektralen Teilbereich Strahlung emittierenden Lichtquellen je ein Polychromator zugeordnet ist, dass die Lichtquellen und die Polychromatoren symmetrisch zur Verbindungsgeraden der Schnittpunkte angeordnet und die lichtreflektierenden Bereiche der Umlenkeinheiten als beidseitig reflektierende Bereiche ausgebildet sind und dass die Umlenkeinheiten phasensynchron zueinander arbeiten.

2. Optische Anordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass einer Reflexionsstellung der einen Umlenkeinheit immer eine Durchlassstellung der anderen Umlenkeinheit zugeordnet ist.

3. Optische Anordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass bei vernachlässigbaren Dickeneinflüssen der Umlenkeinheiten jeder Reflexions- und jeder Durchlassstellung der einen Umlenkeinheit eine Reflexions- und eine Durchlassstellung der anderen Umlenkeinheit zugeordnet ist.

4. Optische Anordnung nach Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, dass die optischen Umlenkeinheiten als rotierende Sektorspiegel oder Schwenkspiegel ausgebildet sind, deren Phasensynchronität über Schrittantriebe realisiert ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft eine optische Anordnung für Simultanspektrometer, bei der die von Lichtquellen in spektralen Teilbereichen emittierte Strahlung an einem ersten gemeinsamen Schnittpunkt durch optische Umlenkeinheiten, die lichtdurchlässige und reflektierende Bereiche aufweisen, in einen Mess- und einen Referenzstrahl aufgespalten, an einem zweiten gemeinsamen Schnittpunkt wieder vereint und nach Wellenlängen zerlegt einem Empfänger zugeführt wird.

Als Empfänger dienen Zeilenempfänger, wie Photodiodenarrays oder CCD-Zeilen, die Simultanuntersuchungen im gesamten vorgesehenen Spektralbereich ermöglichen.

Für simultan arbeitende UV/VIS-Spektrometer auf der Basis von Zeilenempfängern ergeben sich im Vergleich zu UV/VIS-Abtastspektrometern folgende technischen Probleme:

1. Die einzelnen Empfängerelemente der Zeilenempfänger sind um Größenordnungen kleiner als die üblicherweise verwendeten Photomultiplier der Abtastspektrometer, was zwei Konsequenzen zur Folge hat.

Die Systemkomponenten eines Simultanspektrometers müssen eine grosse geometrische Justiergenauigkeit und zeitliche Konstanz garantieren.

Der um etwa eine Größenordnung kleinere geometrische Lichtleitwert der Simultanspektrometer zwingt zu erhöhtem Aufwand, um ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis zu realisieren.

2. Der UV/VIS-Spektralbereich stellt eine übliche anwendungsorientierte Einheit dar. Es gibt aber weder Lichtquellen noch Gitter, die hinreichend gute Eigenschaften für den gesamten Spektralbereich besitzen. Bei den Abtastspektrometern werden der apparative UV-Teilbereich und der apparative VIS-Teilbereich nacheinander benutzt. Diese Möglichkeit scheidet bei einem Simultanspektrometer aus. Es besteht hier die Aufgabe, vor der Probe die beiden Teilbereiche zu vereinigen und hinter der Probe, d.h. gitter- bzw. empfängerseitig, wieder zu trennen.

3. Das dritte technische Problem betrifft die Reduzierung

von Streulicht bzw. die Unterdrückung von Strahlung höherer Ordnung. Bei Abtastspektrometern kann das hinreichend gut gelöst werden durch die Verwendung von Streulicht- und Ordnungsfiltren, die in den einzelnen spektralen Teilbereichen nacheinander in den Strahlengang eingebracht werden. Diese Lösung kann für Simultanspektrometer nicht übernommen werden.

Das Problem ist besonders relevant, wenn die UV- und die VIS-Strahlung gleichzeitig in einen gemeinsamen Polychromator gelangen.

Von den bekanntgewordenen technischen Lösungen arbeiten einige nach dem Einstrahlprinzip. Der Verzicht auf bewegliche Spiegelemente und der ohnehin kompaktere optisch-geometrische Aufbau eines Einstrahlspektrometers garantiert eine grosse geometrische Justiergenauigkeit und zeitliche Konstanz. Der Verzicht auf ein Referenzsignal (bessere Messzeitausnutzung) und die relativ geringe Anzahl reflektierender Flächen sichern ausserdem ein günstiges Signal-Rausch-Verhältnis.

Die Nachteile gegenüber einem Zweistrahlenspektrometer bestehen in der grösseren Drift und in der Unmöglichkeit einer simultanen Messung einer Probe gegen eine Referenzprobe.

Bei einer anderen technischen Lösung, US-PS 4 227 079 wird ein Spektrometer mit Referenzstrahlengang realisiert. Bei Bedarf können sogar mehrere Proben gleichzeitig gegen eine Referenzprobe gemessen werden. Diese Möglichkeit bietet ein computergesteuerter «Beam Director» mit einem Rückkopplungssystem zur optischen Strahlpositionierung. Eine derartige «Simultanmessung» mehrerer Proben gegen eine Referenzprobe erfordert aber entweder eine grössere Messzeit bei konstantem Signal-Rausch-Verhältnis, oder es ergibt sich bei konstanter Messzeit ein schlechteres Signal-Rausch-Verhältnis.

Für die Mehrzahl der Anwendungsfälle, bei denen nur eine Probe gegen eine Referenzprobe gemessen wird, stellt diese technische Lösung eine aufwendige und überdies langsame Anordnung dar.

Lampenseitig wird die Vereinigung des UV- und des VIS-Teilbereiches dadurch gelöst, dass in eine Deuteriumlampe von der einen Seite die VIS-Strahlung einer Halogenlampe einstrahlt wird, so dass nach der entgegengesetzten Seite die Strahlungsanteile beider Lampen abgestrahlt werden.

Die gitter- bzw. empfängerseitige Trennung der beiden spektralen Teilbereiche erfolgt durch Verwendung eines Spezialgitters und zweier separater Zeilenempfänger im hinter der Probe angeordneten Polychromator. Das Spezialgitter besteht aus je einem Teilgitter für den UV- und den VIS-Teilbereich, die beide auf dem gleichen Gitterträger mit einer Schrägstellung der Gitterfurchen der beiden Teilgitter zueinander angeordnet sind. Auf diese Weise werden in der Fokalebene des Polychromators zwei gegeneinander geneigte Teilspektren erzeugt, die auf die Empfänger gelangen.

Nachteilig ist es, dass mit diesem Gitter für jeden spektralen Teilbereich nur die halbe Apertur und der halbe Lichtleitwert genutzt werden können. Die Herstellung eines Spezialgitters erfordert eine spezielle Technologie und damit verbundenen Aufwand.

Es ist das Ziel der Erfindung, den für simultane Messungen im gesamten UV/VIS-Bereich bei den bekannten technischen Lösungen auftretenden Aufwand zu mindern, einen hohen Lichtleitwert zu gewährleisten und die Streulichtbedingungen zu verbessern.

Aufgabe der Erfindung ist es, bei einer nach dem Zweistrahlprinzip arbeitenden Anordnung zur Simultanmessung im UV/VIS-Bereich bei funktioneller Trennung der spektralen Teilbereiche und alternierender Nutzung der Lichtquellen, die Strahlungsleistung jeder Lichtquelle über die gesamte Messzeit und die zur Verfügung stehende Apertur für beide Teilbereiche wirksam werden zu lassen und eine Überlagerung der UV-Spektren höherer Ordnung mit den VIS-Spektren zu verhindern.

Erfindungsgemäss wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass zwei in je einem spektralen Teilbereich Strahlung emittierende Lichtquellen je ein Polychromator zugeordnet ist, dass die Lichtquellen und die Polychromatoren symmetrisch zur Verbindungsgeraden der Schnittpunkte angeordnet und die lichtreflektierenden Bereiche der Umlenkeinheiten als beidseitig reflektierende Bereiche umgebildet sind, und dass die Umlenkeinheiten phasensynchron zueinander arbeiten.

Vorteilhafterweise ist zur Reduzierung der Dickeneinflüsse der Umlenkelemente einer Reflexionsstellung der einen Umlenkeinheit immer eine Durchlassstellung der anderen Umlenkeinheit zugeordnet (beide Umlenkeinheiten arbeiten mit 180° Phasenverschiebung zueinander).

Sind die Dickeneinflüsse vernachlässigbar, d.h. werden die Eintrittsspalte der Polychromatoren trotz Strahlenversatzes vollständig ausgeleuchtet, ist auch eine Arbeitsweise der Umlenkeinheiten möglich, bei der die Reflexionsstellungen bzw. die Durchlassstellungen einander zugeordnet sind (beide Umlenkeinheiten arbeiten ohne Phasenverschiebung parallel zueinander).

Vorteilhafterweise sind die optischen Umlenkeinheiten als rotierende Sektorspiegel oder Schwenkspiegel ausgebildet, deren Phasensynchronität über Schrittantriebe realisiert ist.

Die als Empfänger vorgesehenen Zeilenempfänger sind in Reihe geschaltet, so dass die gesamte nachfolgende Elektrik (Steuerschaltung, Verstärker, AD-Wandler) nur einmal benötigt wird.

Mit der erfindungsgemässen Lösung erfolgt eine Vereinigung zweier Teilspektrometer zu einem Spektrometer für den gesamten Spektralbereich durch Einhaltung einer optisch-geometrischen Symmetrie und Verwendung gemeinsamer Funktionselemente, wobei die funktionelle Trennung der Spektralbereiche UV und VIS im gesamten Gerät gewahrt bleibt.

Die sich aus einer konsequenten apparativen Trennung der beiden Spektralbereiche ergebenden Nachteile (wie grösserer apparativer Aufwand, zwei getrennte Messpositionen für die Probe usw.) werden durch die vorgeschlagene Lösung vermieden.

Durch die bilaterale und phasensynchrone antiparallele bzw. parallele Arbeitsweise der Umlenkeinheiten wird die von den Lichtquellen ausgehende Strahlung ineinander verschachtelt, abwechselnd durch die Mess- und die Referenzprobe und immer jeweils auf den zur Lichtquelle zugeordneten Polychromator, bestehend aus Eintrittsspalt, abbildendem Gitter und Zeilenempfänger, gelenkt. Dabei gelangt im UV-Teilspektrometer die Strahlung zur gleichen Zeit über den Messstrahlengang zum Polychromator wie im VIS-Teilspektrometer über den Referenzstrahlengang und umgekehrt.

Die Verwendung zweier Polychromatoren für die beiden Teilbereiche UV und VIS gewährleistet die Ausnutzung der vollen Apertur für jeden der Polychromatoren.

Die UV-Spektren höherer Ordnung können nicht auf den Zeilenempfänger für die VIS-Strahlung gelangen, und es ergeben sich günstige Voraussetzungen bezüglich des Streulichtes.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung soll nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 die Strahlenführung gemäss der Erfindung,

Fig. 2 Drehspiegel als Umlenkeinheiten,

Fig. 3 Schwenkspiegel als Umlenkeinheiten.

Bei der in Figur 1 dargestellten optischen Anordnung, die aus einer Lampensektion 1, einer Probensektion 2 und einer

Polychromatorsektion 3 besteht, sind symmetrisch zu einer Verbindungsgeraden G durch Schnittpunkte 4, 5 eine UV- und eine VIS-Lichtquelle 6, 7, sowie elliptische Abbildungsspiegel 8, 9 angeordnet. Als UV-Lichtquelle 6 dient eine Deuteriumlampe, als VIS-Lichtquelle 7 eine Halogenlampe.

In gleicher Symmetrie sind elliptische Abbildungsspiegel 10, 11 und Polychromatoren 12, 13, bestehend aus Eintrittsspalten 14, 15, abbildenden Gittern 16, 17 und Zeilenempfängern 18, 19 bezüglich der Verbindungsgeraden G vorgesehen. Die Gitter 16, 17 sind für den jeweiligen spektralen Teilbereich (UV oder VIS) optimiert.

Durch die Probensektion 2 verlaufen ein Messstrahlengang 20 und ein Referenzstrahlengang 21.

In den Schnittpunkten 4, 5 sind Umlenkeinheiten 22, 23 angeordnet, die als Dreh- oder Schwenkspiegel ausgebildet sind (Fig. 2 und Fig. 3) und mittels Schrittmotoren 24, 25 phasensynchron angetrieben werden.

Die Umlenkeinheiten 22, 23 besitzen beidseitig reflektierende Bereiche 26 und lichtdurchlässige Bereiche 27 und arbeiten antiparallel, d.h., wenn die Umlenkeinheit 22 sich in Reflexionsstellung befindet, ist die andere Umlenkeinheit 23 in Durchlassstellung.

Die Lichtquellen 6, 7 werden im Verhältnis 1:1 auf die Eintrittsspalte 14, 15 der Polychromatoren 12, 13 abgebildet. Dabei finden Zwischenabbildungen, das sind Orte engster Bündel-einschnürung, an den beiden Schnittpunkten 4, 5 sowie in den beiden Strahlengängen 20, 21 statt. An den Orten engster Bündel-einschnürung in den Strahlengängen 20, 21 werden die Proben angeordnet (nicht dargestellt).

Die in den Schnittpunkten 4, 5 vorgesehenen Umlenkeinheiten 22, 23 erzeugen durch ihre wechselseitige Reflexions- und Durchlassstellung eine Verschachtelung der Strahlungsanteile, die die Lichtquellen 6, 7 abstrahlen. Befindet sich die Umlenkeinheit 22 in Reflexionsstellung, wird sowohl die UV- als auch die VIS-Strahlung reflektiert. Die UV-Strahlung gelangt in den Mess- und die VIS-Strahlung in den Referenzstrahlengang 20 bzw. 21.

Über die dann zugeordnete Durchlassstellung des anderen Umlenkelementes 23 erreicht die UV-Strahlung den dafür optimierten Polychromator 12 und die VIS-Strahlung den optimierten Polychromator 13.

Sind die Umlenkeinheiten 22, 23 umgekehrt einander zugeordnet, d.h. befindet sich die Umlenkeinheit 22 in Durchlassstellung und die Umlenkeinheit 23 in Reflexionsstellung, so durchläuft die UV-Strahlung den Referenz- 21 und die VIS-Strahlung den Messstrahlengang 22 bevor beide Strahlungen wieder in die ihnen zugeordneten, optimierten Polychromatoren 12, 13 gelangen.

Die optische Modulation des Strahlenganges kann wahlweise durch einen separaten oder einen mit den optischen Umlenkeinheiten 22, 23 kombinierten Unterbrecher erfolgen.

Die Zeilenempfänger 18, 19 sind vorteilhafterweise, was nicht dargestellt ist, elektrisch in Reihe geschaltet, so dass die gesamte nachfolgende Elektrik nur einmal benötigt wird.

Es ist auch möglich die Umlenkeinheiten 22, 23 parallel arbeiten zu lassen, d.h., dass beide sich in Reflexions- bzw. in Durchlassstellung befinden.

Das erfordert eine hinreichend geringe Dicke der Umlenkelemente 22, 23, so dass trotz Strahlenversatzes eine vollständige Ausleuchtung der Eintrittsspalte 14, 15 gewährleistet bleibt.

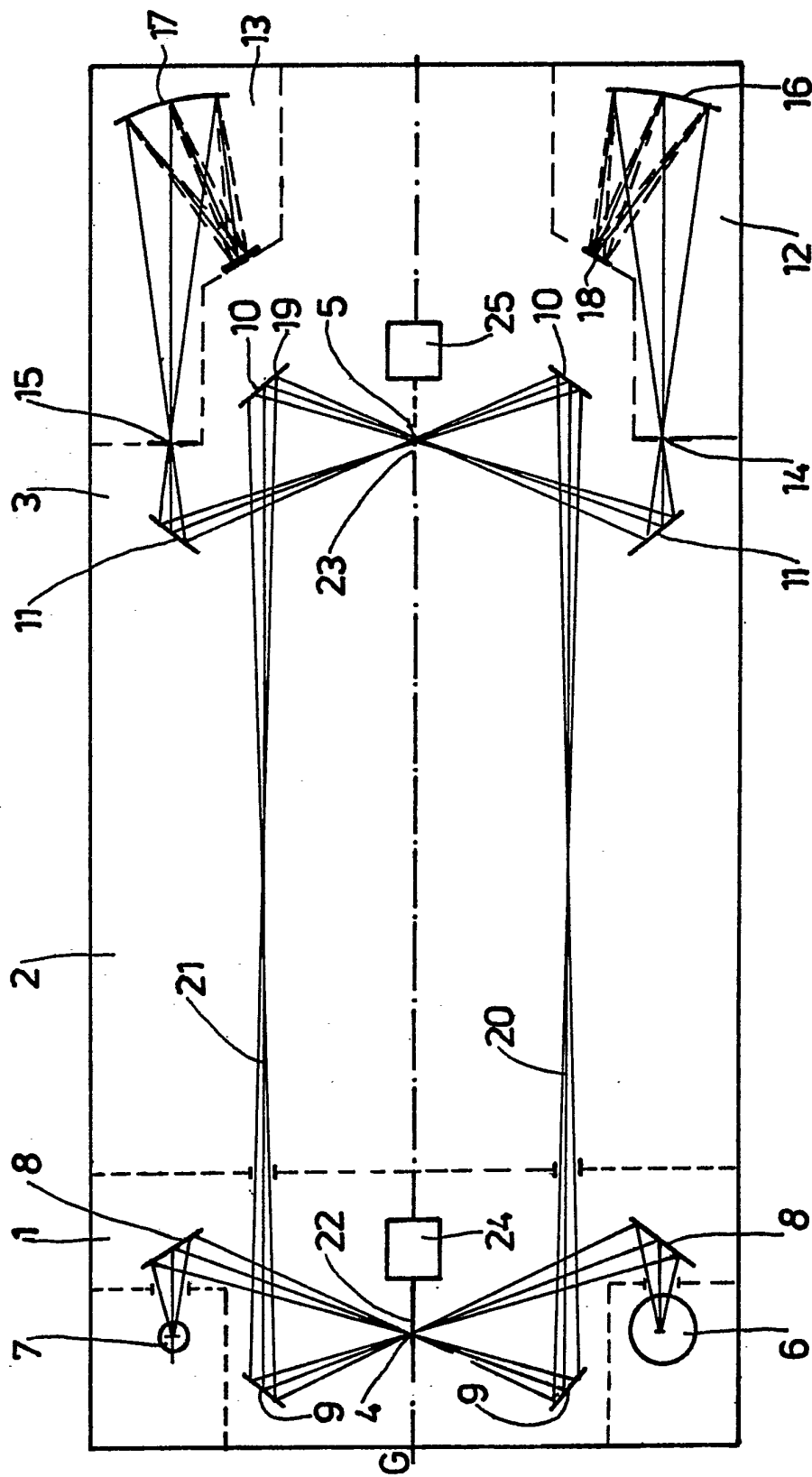


Fig.1

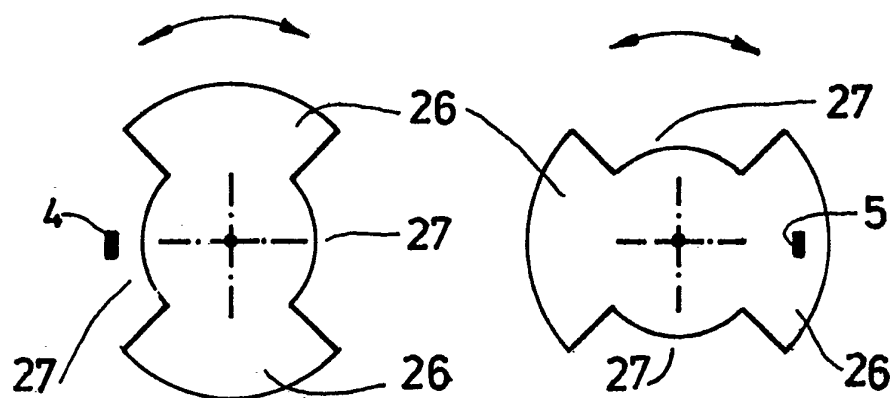


Fig. 2

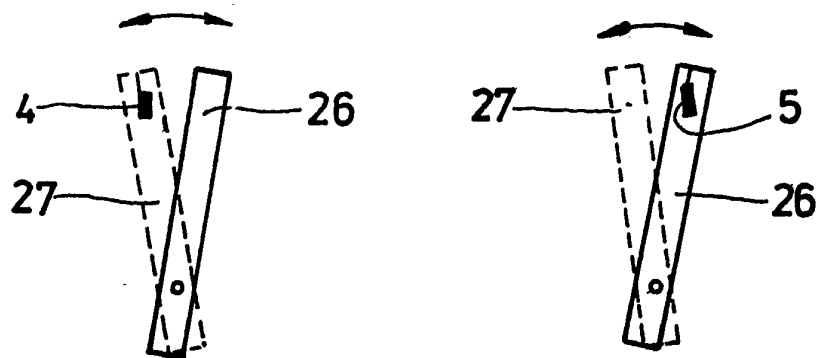


Fig. 3