



Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer: **AT 001 156 U2**

(12) **GEBRAUCHSMUSTERSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 292/96

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **G01N 11/14**

(22) Anmeldetag: 15. 5.1996

(42) Beginn der Schutzdauer: 15.10.1996

(45) Ausgabetag: 25.11.1996

(73) Gebrauchsmusterinhaber:

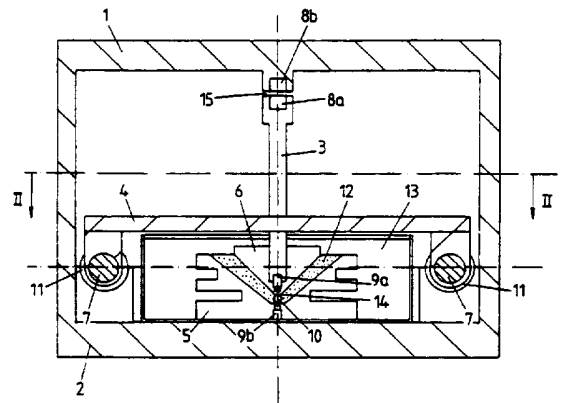
ÖSTERREICHISCHE VIALIT-GESELLSCHAFT M.B.H.  
A-5280 BRAUNAU AM INN, OBERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:

BLEIER JOHANN DIPL.ING. DR.  
MINING, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) **ROTATIONSVISKOSIMETER**

(57) Bei einem Rotationsviskosimeter mit vorzugsweise oszillierendem Meßprinzip enthaltend eine über einen Antrieb um ihre Längsachse drehbare Meßwelle (3), die an einem ihrer Enden einen Rotor (6) aufweist, und einen dem Rotor gegenüberliegenden Stator (5), wobei ein zwischen dem Rotor (6) und dem Stator (5) gebildeter Raum zur Aufnahme einer Meßprobe (12) bestimmt ist, wird vorgeschlagen, daß die Meßwelle (3) auf einer zwischen den einander zugewandten Oberflächen des Rotors (6) und des Stators (5) angeordneten und beide Oberflächen berührenden Kugel (10) aufliegt.



AT 001 156 U2

Die Erfindung betrifft ein Rotationsviskosimeter, vorzugsweise mit oszillierendem Meßprinzip, enthaltend eine über einen Antrieb um ihre Längsachse drehbare Meßwelle, die an einem ihrer Enden einen Rotor aufweist, und einen dem Rotor gegenüberliegenden Stator, wobei ein zwischen dem Rotor und dem Stator gebildeter Raum zur Aufnahme einer Meßprobe bestimmt ist.

Viskosimeter mit oszillierendem Meßprinzip (d.h. die Meßspindel dreht sich nicht kontinuierlich sondern schwingt nur um wenige Winkelgrade um den Rotationsmittelpunkt) sind bekannt. Sie werden hauptsächlich für hochviskose Meßmedien eingesetzt und ermöglichen das Erfassen von plastischen und elastischen Eigenschaften (Verlust- und Speichermodul) der Meßprobe.

In der Praxis sind diese Viskosimetertypen mit sehr aufwendiger Mechanik und Elektronik ausgestattet, weil sie möglichst reibungsfrei und hochauflösend arbeiten müssen, da sehr kleine Kräfte und kleine Wegamplituden zu erfassen sind. Für die Lagerung der Meßwelle werden beispielsweise sogenannte "Luftlager", das sind teure, hochpräzise feinmechanische Anfertigungen und für den Antrieb Spezial-Elektromotoren mit aufwendiger digital-elektronischer Steuerung eingesetzt. Derartige Meßgeräte sind unter der Bezeichnung "Rheometer" im Handel und sehr teuer.

Rheometer sind aber unentbehrliche Meßgeräte für die gesamten Bereiche der chemischen Industrie (Petrochemie, Lebensmitteltechnologie, Kunststoffverarbeitung u.a.), Medizin, Biologie usw. Durch die häufig sehr aufwendige Bauart der handelsüblichen Rheometer werden sie wohl in Forschung und Entwicklung in gut ausgestatteten Laboratorien eingesetzt, finden aber wegen des hohen Preises kaum Eingang in die Bereiche der Produktionsüberwachung in kleineren Laboratorien, obwohl sie auch hier gebraucht würden und wertvolle Erkenntnisse für die Qualitätskontrolle und Entwicklungsarbeiten liefern könnten.

In der Asphalt/Bitumenbranche spielen Viskositätsmessungen z.B. eine

große Rolle. Bitumen erweist sich aufgrund der starken Temperaturabhängigkeit seiner Viskosität und des sehr geringen Wärmeleitvermögens als sehr schwierig zu messender Stoff. Die modernen Rheometer würden sich sehr gut für feinauflösende Messungen eignen, der hohe Preis dieser Geräte ist aber für die breitere Anwendung in der Bitumenbranche ein absolutes Hindernis. Daher wird Bitumen noch immer mit sehr einfachen, etwa hundert Jahre alten Methoden vermessen, die nur sehr eingeschränkte Aussagen über die qualitativen Praxiseigenschaften zulassen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, den Einsatz derartiger Meßgeräte auch jenen Bereichen der Industrie zugänglich zu machen, in denen bisher die Investitionen aus Kostengründen gescheut wurden. Dabei soll die erzielbare Meßgenauigkeit trotz des einfachen Aufbaues ausreichend hoch sein.

Die hohen Kosten für die Rheometer des Standes der Technik werden vor allem durch die aufwendige Lagerung der Meßwelle sowie durch den aufwendigen Antrieb verursacht, wodurch versucht wird, die Reibungsverluste so gering wie möglich zu halten. Deshalb soll das eingangs genannte Rotationsviskosimeter diesbezüglich verbessert werden; d.h., die Reibungsverluste sollen sowohl bei der Lagerung der Meßwelle als auch beim Antrieb gering gehalten werden, gleichzeitig soll dies mit möglichst kostengünstigen Mitteln erreicht werden.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Meßwelle auf einer zwischen den einander zugewandten Oberflächen des Rotors und des Stators angeordneten und beide Oberflächen berührenden Kugel aufliegt. Dadurch ergibt sich nur ein einziger reibungsbehafteter Auflagepunkt der Meßwelle und die Reibung wird gering gehalten.

Vorzugsweise ist die Kugel aus magnetisierbarem Material und wird von im Rotor und im Stator vorgesehenen und zur Längsachse der Meßwelle rotationssymmetrischen Magneten zentriert. Dadurch befindet sich der einzige reibungsbehaftete Auflagepunkt auf der Längsachse der Meßwelle, d.h. der Mittelpunkt der Kugel liegt im Drehnullpunkt

und die Reibungskraft hat daher praktisch keinen Hebelarm und kann somit vernachlässigt werden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Meßwelle an ihrem dem Rotor abgewandten Ende einen weiteren, zu ihrer Längsachse rotationssymmetrischen und axial gepolten Magneten auf, der einem in einem ortsfesten Träger angeordneten, ebenfalls zur Längsachse der Meßwelle rotationssymmetrischen und axial gepolten Gegenmagneten gegenüberliegt, wobei die beiden Magnete einander anziehend gepolt sind und zwischen dem Ende der Meßwelle und dem Träger ein Spalt vorhanden ist. Dadurch wird die Meßwelle berührungslos und damit reibungslos zentriert.

Erfindungsgemäß ist die Meßwelle mit einem normal zu ihrer Längsachse ausgerichteten Dreharm verbunden, der an seinen beiden Armen rotationssymmetrisch Antriebsmagnete trägt, die in Rotationsrichtung gepolt sind und sich im Wirkungsbereich eines ortsfesten Magnetsystems befinden. Durch die Wirkung des Magnetsystems auf die Antriebsmagnete kann die Rotationsbewegung gesteuert werden.

Dabei besteht das Magnetsystem vorzugsweise aus zwei Helmholtzspulen- oder Tauchspulenpaaren, die, wenn eine oszillierende Bewegung der Meßwelle gewünscht wird, mit Wechselspannung versorgt werden.

Nach einer anderen Ausführung der Erfindung ist das Magnetsystem ein Permanentmagnetsystem, das händisch in die Wirkposition bringbar ist. Diese einfache Ausführungsform der Erfindung kann für Einzellozillationsmessungen herangezogen werden.

Im Gegensatz zum bisherigen Stand der Technik läßt sich ein Gerät mit den oben beschriebenen Eigenschaften mit sehr einfachen Mitteln fertigen, so daß die Herstellung sehr kostengünstig möglich ist. Es baut auf sehr einfachen grundsätzlichen Prinzipien der Mechanik, Physik und Elektronik auf, gewährleistet aber dennoch geringste Reibung und damit hohe Genauigkeit sowie sehr einfache leichtverständ-

liche Handhabung.

Die Erfindung soll nun anhand von den beiliegenden Zeichnungen detaillierter beschrieben werden. Die Zeichnungen zeigen eine von vielen verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten der Erfindung, und zwar zeigt Fig. 1 einen Vertikalschnitt durch ein erfindungsgemäßes Viskosimeter und Fig. 2 einen Horizontalschnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1. In Fig. 3 ist eine mögliche Meßschaltung schematisch dargestellt.

Ein Gehäuse weist einen oberen Träger 1 auf, der einen Magnet 8b trägt, und einen unteren Träger 2, der einen Stator 5 sowie zwei Helmholtzspulenpaare 11 trägt. Der Stator 5 weist eine umgekehrt kegelförmige Schale zur Aufnahme der Meßprobe 12 auf, auf deren Grundfläche die Kugel 10 liegt, die von dem Rotor 6 im Auflagepunkt 14 berührt wird. Der Rotor 6 befindet sich am unteren Ende der Meßwelle 3 und enthält einen Magneten 9a, der gemeinsam mit einem gleichartigen Magneten 9b im Stator 5 die Kugel 10 zentriert. Am oberen Ende der Welle 3 befindet sich ein Magnet 8a, der im Zusammenwirken mit dem ortsfesten Magneten 8b die Meßwelle 3 zentriert.

Die Meßwelle 3 ist auf diese Weise labil geführt und nicht starr gelagert. Die Zentrierung erfolgt berührungslos mit Hilfe von kleinen Hochleistungs-Dauermagneten 8a, 8b auf einfachste Weise. Der einzige (reibungsbefahrene) mechanische Auflagepunkt 14 liegt im Dreh-Nullpunkt, die Reibungskraft hat daher praktisch keinen Hebelarm und ist damit vernachlässigbar klein. Durch diesen besonderen Aufbau kann der Rotor 6 gemeinsam mit der Meßwelle 3 zum Zwecke des Auswechselns der Meßprobe 12 mit einem Handgriff ausgebaut werden.

Die Meßwelle 3 ist relativ kurz (einige cm bis maximal 20 cm) und liegt mit ihrem unteren Ende direkt in der Probe 12. Sie ruht (als mechanischer Auflagepunkt) zentrisch symmetrisch auf der kleinen Kugel 10 (Durchmesser etwa 0,5 bis 2 mm), die sich in der Meßprobe 12 befindet. Diese Kugel 10 bestimmt dadurch die Weite des Meßspaltes in eindeutiger Weise. Diese Kugel 10 wird durch die kleinen Magnete

9a, 9b, die der Kugelgröße entsprechen, exakt zentriert. An ihrem oberen Ende ist die Meßwelle 3 freischwebend, sie trägt jedoch an diesem Ende den starken Permanentmagneten 8a (NeFeB oder SmCo o.ä. als Magnetwerkstoff) der zentrisch-symmetrisch angeordnet und axial gepolt ist. Über einen entsprechenden (wenige mm großen) Luftspalt 15 entfernt liegt gegenüber diesem Rotor-Magnet 8a der gleichartige Gegenmagnet 8b, der auf Anziehung gepolt ist. Dieser Stator-Magnet 8b zieht die Meßwelle 3 exakt und reibungslos in die gewünschte Richtung, so daß die Meßwelle 3 exakt senkrecht ausgerichtet wird. Die Meßwelle 3 wird durch die Zugkraft des oberen Führungsmagnet-Paares 8a, 8b gleichzeitig auch gewichtsmäßig entlastet, so daß sie praktisch reibungsfrei auf dem 1-Punkt-Kugelaufleger in der Probe 12 ruht. Die Viskosität der Meßprobe 12 bewirkt eine weitere rotations-symmetrische Stabilisierung der Meßwelle 3 während der oszillierenden (rotierenden) Bewegung in der Meßphase.

Diese Anordnung ist sehr einfach herstellbar (eine Drehbank reicht aus) aber sehr wirkungsvoll. Die Magnete in der Größe von wenigen Millimetern bis maximal 20 mm kosten wenig. Das System ist durch die einfache Zerlegbarkeit (ein Handgriff) sehr bedienungsfreundlich, ein Verbiegen der Meßwelle 3 ist mit Sicherheit auszuschließen.

Da der Meßbetrieb nicht rotierend sondern nur oszillierend erfolgt, kann auch der Antrieb auf einfache Weise hergestellt werden. Die Oszillation beträgt nur wenige Winkelgrade, was bei einem Radius des Antriebssystems von z.B. 50 mm einer Wegamplitude von nur wenigen Millimetern entspricht.

Der Aufbau des Antriebssystems besteht aus einem Dreharm 4, der durch die Meßwelle 3 exakt horizontal hindurchgeführt ist. An den beiden Enden des Dreharmes 4 sind rotationssymmetrisch zwei Permanentmagnete 7 befestigt, die mechanisch derart angeordnet sind, daß sie sich exakt in der Ebene der Meßprobe 12 befinden. Dadurch ist gewährleistet, daß die Meßwelle 3 infolge des viskosen Widerstandes der Meßprobe 12 beim Meßbetrieb nicht auspendelt. Die beiden Permanentmagnete 7 weisen mit ihren Polen in die Bewegungsrichtung, also

in Richtung des Umfanges der Rotationsbewegung.

Die Magnete 7 befinden sich innerhalb des Wirkraumes zweier Helmholtz-Spulenpaare 11. Eine Helmholtz-Spule hat zwischen den beiden Einzelspulen eine sehr homogene magnetische Flußdichte, unabhängig von der genauen Position im Wirkraum. Je nach Polung des Spulenstromes und seiner Stromstärke wird der Magnet 7 daher mehr oder minder kräftig in die entsprechende Richtung gezogen. Legt man eine Wechselspannung an die Spule 11, so entsteht die gewünschte Oszillation der Meßwelle 3 in rotationssymmetrischer Richtung. Über die Auslegung des Hebelarmes (=Abstand der Antriebsmagnete 7 von der Drehachse 3) kann die Kraftamplitude sehr gut an den Viskositätsmeßbereich bzw. die Probengeometrie angepaßt werden.

Alternativ zur Helmholtz-Spule können auch Tauchspulensysteme (Prinzip des dynamischen Lautsprechers) oder bei einfacheren Meßaufgaben für Einzel-Oszillationen auch Permanentmagnetsysteme, die einfach händisch in den Wirkbereich der beiden Antriebsmagnete eingeschwenkt werden, Verwendung finden.

Die Antriebswechselspannung kann mit handelsüblichen durchstimmbaren Frequenzgeneratoren in gängigen Kurvenformen (Rechteck, Dreieck, Sinus, Impuls u.a.) oder mit einem PC oder mit Rückkopplungsschwingungserzeugern erzeugt werden.

Die Kraftamplituden können relativ einfach ermittelt werden, da sie streng mit der Stromstärke der Antriebswechselspannung korrelieren. Man kann sie rechnerisch erfassen oder über Kalibrierverfahren anhand bekannter Eichmeßproben bzw. indirekt über eine Kraftmessung (z.B. mittels Waagen) experimentell bestimmen.

Die Wegamplituden lassen sich ebenfalls mit geringem Aufwand über optoelektronische Sensoren oder Magnetfeldsensoren (z.B. Hallsonde) erfassen. Bei letzterer Methode kann der Magnetfeldeinfluß des Antriebsmagneten direkt das Meßsignal der Hallsonde verursachen, ein besonders geringer baulicher Aufwand wird damit ermöglicht.

Eine solche Erfassung der Wegamplitude ist der Schaltung gemäß Fig.3 zugrundegelegt. Die Bewegung des Antriebsmagneten 7 verändert das Magnetfeld zwischen den Spulen 11 und diese Magnetfeldänderung wird von der Hallsonde 20 erfaßt. Das durch einen entsprechenden Instrumentenverstärker 21 verstärkte Spannungssignal wird als Wegsignal der Datenverarbeitungsanlage einerseits und einem Gleichspannungsverstärker 22 mit variabler Verstärkung andererseits zugeleitet. Über diese Gleichspannungsverstärker 22 läßt sich die maximale Wegamplitude einstellen. Das so verstärkte Signal wird einem Schmitt-Trigger 23 zugeführt und verursacht sofern die Triggerschwelle überschritten wird ein Ausgangssignal, das über einen Integrator 24 mit Dreiecksausgangsspannung und gegebenenfalls einen Dreieck-Sinuswandler 25 sowie eine Ausgangsstufe 26 ( $\pm 10$  V, 1-100 mA) ein Steuersignal, das einerseits als Kraftsignal der Datenverarbeitung und andererseits der Steuerung 27 der Spulen 11 zugeleitet wird. Diese Schaltung bewirkt, daß bei Erreichen der maximalen Wegamplitude durch den Antriebsmagneten 7 das Magnetfeld zwischen den Spulen 11 umgepolt wird, so daß der Antriebsmagnet 7 zwischen den beiden Spulen 11 hin und her schwingt. Über die Datenverarbeitungsanlage können aus den Wegsignalen und den Kraftsignalen die plastischen und elastischen Eigenschaften der Meßprobe bestimmt werden.

Die Verarbeitung der Meßsignale wird in Abstimmung auf das gewünschte Meßziel entweder analog, digital oder kombiniert vorgenommen. Für höhere Anforderungen empfiehlt sich jedenfalls die heutzutage schon sehr preisgünstig mögliche PC-unterstützte Meßdatenerfassung. Die Meßserien können kraft-, weg-, phasen-, frequenz- oder temperaturgesteuert geführt werden.

Ein sehr einfacher Meßbetrieb läßt sich weggesteuert durchführen. Eine gewünschte Wegamplitude wird vorher eingestellt. Über eine Triggerschaltung wird bei Erreichen der Soll-Wegamplitude der Speisestrom der Antriebsspulen umgepolt, so daß eine (rückgekoppelte) Oszillation entsteht. Je höher die Viskosität der Probe ist, desto länger wird die Periodendauer der einzelnen Schwingung, desto lang-

## AT 001 156 U2

samer also die Schwingfrequenz. Die Periodendauer kann auf sehr einfache und ebenfalls preisgünstige Weise ermittelt und angezeigt werden. In diesem Betriebsmodus können sehr einfach Temperaturviskositätskurven ermittelt werden.

Etwas aufwendiger ist die Ermittlung von Speicher- und Verlustmodulen. Hierzu wird am besten über eine fest vorgegebene Sinusfrequenz die Oszillation erregt. Aus der Phasenverschiebung und den Amplituden von Kraft- und Wegsignal lassen sich mittels PC-Auswertung die rheologischen Kerndaten errechnen. Besonders interessant sind diese Messungen bei den modernen polymermodifizierten Straßenbau-Bindemitteln.

### ANSPRÜCHE

1. Rotationsviskosimeter mit vorzugsweise oszillierendem Meßprinzip enthaltend eine über einen Antrieb um ihre Längsachse drehbare Meßwelle, die an einem ihrer Enden einen Rotor aufweist, und einen dem Rotor gegenüberliegenden Stator, wobei ein zwischen dem Rotor und dem Stator gebildeter Raum zur Aufnahme einer Meßprobe bestimmt ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwelle (3) auf einer zwischen den einander zugewandten Oberflächen des Rotors (6) und des Stators (5) angeordneten und beide Oberflächen berührenden Kugel (10) aufliegt.

2. Rotationsviskosimeter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugel (10) aus magnetisierbarem Material ist und von im Rotor (6) und im Stator (5) vorgesehenen und zur Längsachse der Meßwelle (3) rotationssymmetrischen Magneten (9a, 9b) zentriert wird.

3. Rotationsviskosimeter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwelle (3) an ihrem dem Rotor (6) abgewandten Ende einen weiteren zu ihrer Längsachse rotationssymmetrischen und axial gepolten Magneten (8a) aufweist, der einen in einem ortsfesten Träger (1) angeordneten, ebenfalls zur Längsachse der Meßwelle (3) rotationssymmetrischen und axial gepolten Gegenmagneten (8b) gegenüberliegt, wobei die beiden Magneten (8a, 8b) einander anziehend gepolt sind und zwischen dem Ende der Meßwelle (3) und dem Träger (1) ein Spalt (15) vorhanden ist.

4. Rotationsviskosimeter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwelle (3) mit einem normal zu ihrer Längsachse ausgerichteten Dreharm (4) verbunden ist, der an seinen beiden Armen rotationssymmetrisch Antriebsmagnete (7) trägt, die in Rotationsrichtung gepolt sind und sich im Wirkungsbereich eines ortsfesten Magnetsystems (11) befinden.

AT 001 156 U2

5. Rotationsviskosimeter nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Antriebsmagnete (7) auf der Höhe der Meßprobe (12) befinden.

6. Rotationsviskosimeter nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetsystem (11) aus zwei Helmholtzspulen- oder Tauchspulenpaaren besteht.

7. Rotationsviskosimeter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (11) mit Wechselspannung versorgt werden.

8. Rotationsviskosimeter nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetsystem (11) ein Permanentmagnetsystem ist, das händisch in die Wirkposition bringbar ist.

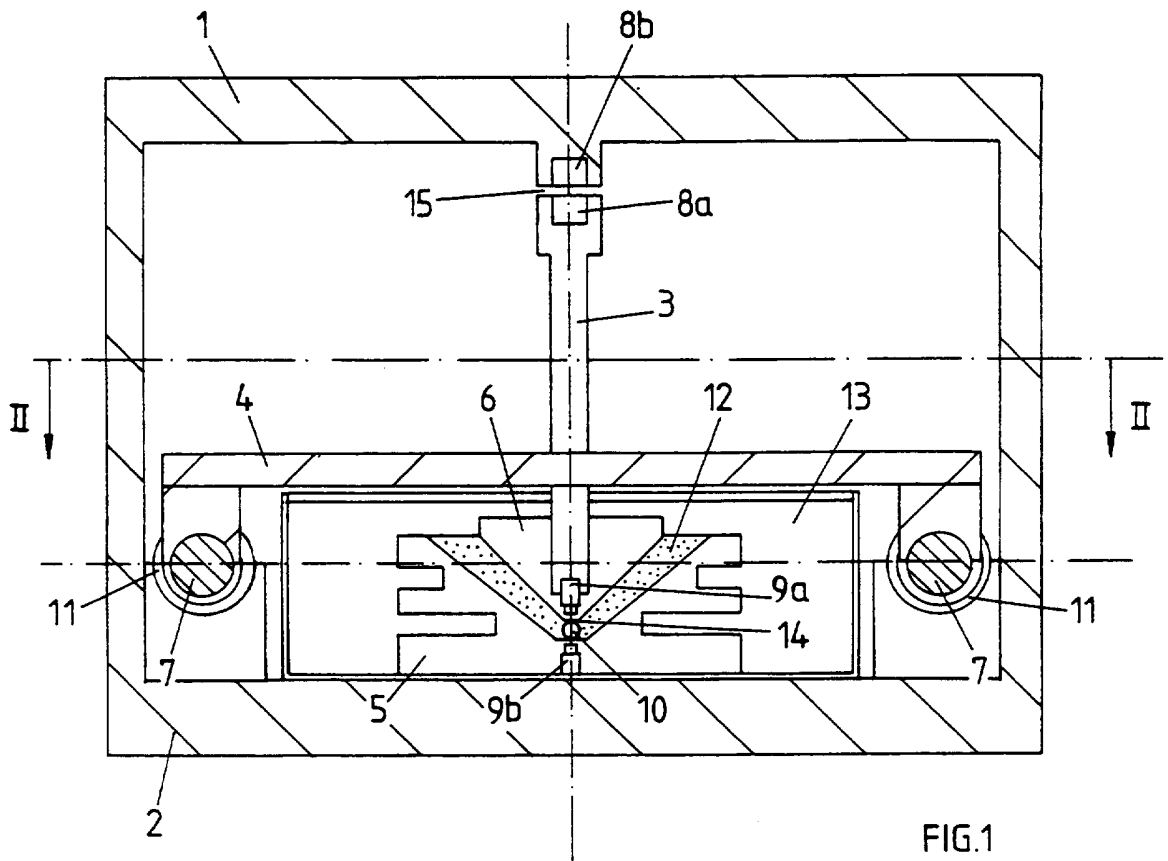
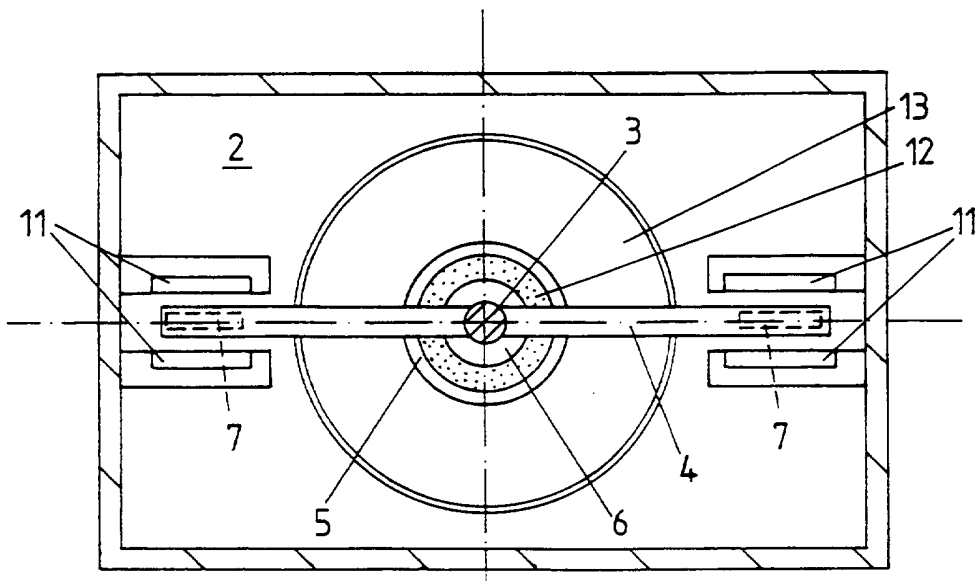


FIG. 2



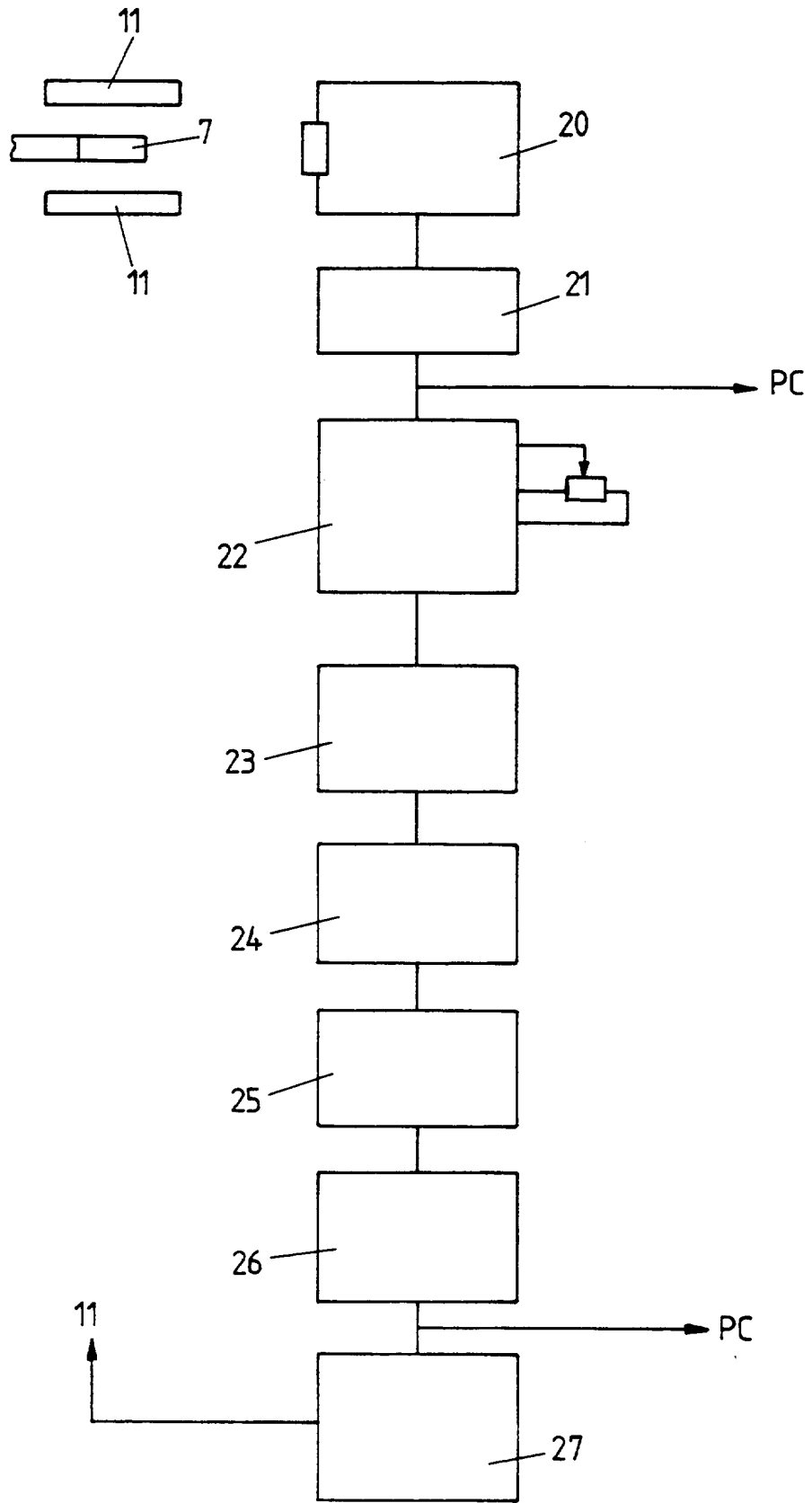


FIG. 3