



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 062 481 A1** 2009.06.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 062 481.8**

(22) Anmeldetag: **20.12.2007**

(43) Offenlegungstag: **25.06.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G01L 21/24** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Bayerisches Zentrum für Angewandte
Energieforschung e.V., 97074 Würzburg, DE**

(72) Erfinder:

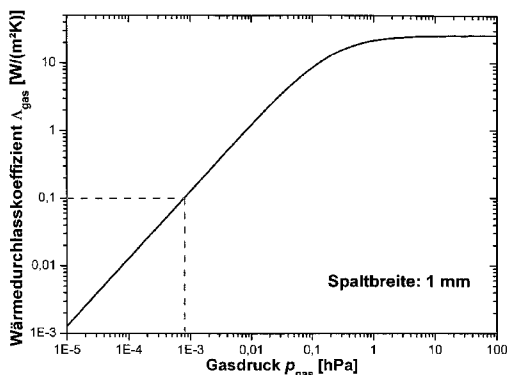
**Güttler, Katrin, 97070 Würzburg, DE; Weinländer,
Helmut, Dr., 97072 Würzburg, DE; Ebert,
Hans-Peter, Dr., 97337 Dettelbach, DE; Hippeli,
Sven, 97076 Würzburg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Gasdruckmessung in evakuierten Verglasungen nach dem Gasreibungsprinzip**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Gasdruckmessung in evakuierten Scheibenzwischenräumen, durch dieses kann eine zerstörungsfreie Qualitätskontrolle von Vakuumverglasungen im Herstellungsprozess und in der jeweiligen Einbausituation sichergestellt werden.

Hierzu wird erfindungsgemäß ein ferromagnetischer Körper während der Produktion von evakuierten Fenstern im Scheibenzwischenraum fixiert, so dass dieser um mindestens eine Achse frei drehbar ist. Dieser ferromagnetische Rotor wird mit Hilfe eines Spulensystems in Rotation versetzt. Die Spulen befinden sich entweder in einem einteiligen, beispielsweise u-förmigen oder in einem zweiteiligen Messkopf. Die Abbremsung des Rotors durch Gasmolekülstöße ist bei geringen Gasdrücken proportional zum Gasdruck. Als Messsignal dient einerseits die optisch bzw. induktiv ermittelte Drehfrequenz des Rotors nach Abschalten des Drehfeldes oder andererseits die für eine konstante Rotation erforderliche elektrische Leistung. Anwendung findet die hier beschriebene Erfindung insbesondere in der fensterproduzierenden Industrie zur Qualitätssicherung.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung des Gasdrucks in evakuierten Scheibenzwischenräumen insbesondere Vakuumverglasungen sowie ein Gerät zur Bestimmung des selbstigen.

[0002] Hierzu wird ein ferromagnetisches Plättchen im Zwischenraum zweier evakuierter Scheiben fixiert und zur Messung des Gasdrucks durch ein Spulensystem in Rotation versetzt, gemessen wird die Reibung zwischen Rotor und Gas. Das Plättchen, der so genannte Rotor dieses Gasreibungsvakuummeters, wird bereits während des Produktionsvorganges der Vakuumverglasung in den Scheibenzwischenraum integriert. Ein spezielles Spulensystem wird von Außen auf die Scheiben gesetzt, so dass eine Bestimmung des Gasdruckes in Situ möglich ist.

[Problemstellung]

[0003] Evakuierte Systeme finden immer mehr Anwendung unter anderem im Gebäudebereich. Ein großes Problem stellt die Überprüfbarkeit des Gasdruckes mit entsprechend hoher Auflösung in den evakuierten Systemen nach Jahren in der jeweiligen Einbausituation dar. Bei opaken Systemen (z. B. Vakuumisoliationspaneelen) ist die Optik des Drucksensors nicht entscheidend. Durch das Abheben der flexiblen Folienoberfläche per Saugglocke kann der Innendruck leicht bestimmt werden. Dies ist bei der Vakuumverglasung wegen der starren Glasscheiben nicht möglich. Außerdem wird in [DE10164004B4] ein Verfahren zur Messung des Gasdrucks in Vakuumisoliationspaneelen beschrieben, bei dem die Abhängigkeit der Gaswärmeleitfähigkeit von der Porengröße des Füllmaterials ausgenutzt wird. Dabei wird ein Prüfkörper mit größeren Poren in den mikroporösen Füllkern eingebettet. Bei steigendem Gasdruck ist der Anstieg der Gaswärmeleitfähigkeit innerhalb des Probekörpers zu kleineren Gasdrücken verschoben. Die Gaswärmeleitfähigkeit im Probekörper wird von außen durch Anlegen eines thermischen Signals detektiert. Dieses Verfahren ist für Vakuumisoliertglas nicht anwendbar, da dort kein Füllmaterial vorhanden ist, das durch einen Probekörper mit größeren Poren ersetzt werden kann (jedes eingebrachte Material würde die „Porengröße“ im Vergleich zum vorliegenden Scheibenzwischenraum verkleinern).

[0004] In [Abb. 1](#) ist der durch Gaswärmeleitung in einem 1 mm dicken, mit Luft gefüllten Spalt verursachte Wärmedurchlasskoeffizient gegen den Gasdruck aufgetragen. Es ist zu sehen, dass bei einem Gasdruck kleiner als 10^{-3} hPa die Gaswärmeleitung weitgehend unterdrückt ist. In Doppelverglasungen verbessern somit evakuierte Scheibenzwischenräume mit einem typischen Scheibenabstand von ca. 1 mm deutlich die Isolationseigenschaften.

[0005] Die Aufnahme des äußeren Atmosphärendrucks von 10^4 hPa erfolgt über kleine Stützen, die zwischen die Glasscheiben gesetzt werden. Der Randverbund beispielsweise aus Glaslot oder verschweißten Metallfolien soll das Vakuum über Jahrzehnte hinweg aufrechterhalten. Ausgasungen und Lecks können jedoch die Güte des Vakuums und folglich die Dämmeigenschaften des Fensters beeinträchtigen. Daher ist eine ständige Qualitätskontrolle, sowohl während der Produktion als auch nach dem Einbau, erforderlich und gewünscht. Das erfindungsgemäße Druckmessverfahren bewerkstelligt dies mit nur geringem Arbeits- und Zeitaufwand.

[0006] Derzeit verfügbare Drucksensoren für abgeschlossene Systeme mit starren Oberflächen müssen per Vakuumflansch direkt mit dem Gefäß verbunden werden, in dem der Druck gemessen werden soll. Ein evakuiertes Fenster stellt ein abgeschlossenes System dar, dessen innewohnender Gasdruck von Außen ohne direkte Verbindung gemessen werden soll. Zudem darf die Optik des Fensters durch das Messverfahren nicht wesentlich beeinträchtigt werden.

[Stand der Technik]

[0007] Gasreibungsvakuummeter gehören seit Ende der 70er Jahre zum Stand der Technik für die Messung von Gasdrucken in evakuierten Systemen. Berührungsfrei wird ein ferromagnetischer Körper durch eine Kombination verschiedener Magnetfelder in Rotation versetzt. Aus der Oberflächenbeschaffenheit des Rotationskörpers, d. h. aus seiner makro- und mikroskopischen Oberflächenrauigkeit und der ihn umgebenden Atmosphäre resultiert sein Gasreibungskoeffizient. Nach Abschalten des Drehfeldes nimmt die Rotationsgeschwindigkeit des Körpers abhängig von der Anzahl der vorhandenen Gasmoleküle und somit vom Gasdruck ab. Bei geringen Gasdrucken ist die relative Frequenzabnahme proportional zum Gasdruck. Dieses Verfahren ermöglicht die Messung von Gasdrucken vor allem im Hochvakuumbereich und ist somit für den in Vakuumverglasungen typischerweise herrschenden Gasdruckbereich von 10^{-2} bis 10^{-5} hPa sehr gut geeignet.

[0008] Die verschiedensten Anordnungen von Spulensystemen (z. B. DE3334750C2) und unterschiedlichsten Geometrien der Rotationskörper (z. B. DE3019315C2) sind hinreichend bekannt und in Anwendung. Allen Gasreibungsvakuummetern gemein ist die Ausführung des Messkopfes. Die Spulen zur Stabilisierung und zum Antrieb des Rotors, sowie die Signalaufnehmerspulen befinden sich in einem kompakten Messkopf, der in der Mitte ein Loch besitzt. Durch dieses wird ein Messröhrchen geschoben, das den rotierenden Körper enthält. Auf der einen Seite ist das Röhrchen geschlossen, auf der anderen steht es in Kontakt mit der Kammer, in der der Druck zu

messen ist. Das Anschweißen eines solchen Röhrchens an eine Glasscheibe würde das äußere Erscheinungsbild eines Fensters stark beeinträchtigen. Zudem stellt die Schweißnaht eine zusätzliche potentielle Undichtigkeit für den Gasdruck dar, eine Beschädigung des empfindlichen Röhrchens, das deutlich aus der Scheibenebene herausragt, würde das gesamte Verglasungssystem zerstören.

[Aufgabe der Erfindung]

[0009] Aufgabe der Erfindung ist die Gasdruckmessung in Vakuumverglasungen mittels eines Gasreibungsvakuometers zu ermöglichen. Um dies störungsfrei zu gewähren, wird der Rotor erfindungsgemäß bei der Produktion der Verglasung direkt in den Scheibenzwischenraum integriert. Um sowohl ein Wiederfinden des Rotors als auch die Zugänglichkeit für die Messung sicherzustellen und eine unkontrollierte Bewegung des Rotors im Scheibenzwischenraum zu verhindern, muss der Rotor im Scheibenzwischenraum fixiert werden. Vorzugsweise erfolgt dies durch einen speziellen Abstandshalter der Vakuumverglasung um die Rotationsachse des Körpers, wie [Abb. 2](#) und die Draufsicht auf das System in [Abb. 3](#) zeigen. Alternativ kann der Rotationskörper auch in einem kleinen „Gehäuse“ jeglicher Geometrie eingeschlossen sein (siehe [Abb. 2](#), Bild 4). Bestenfalls besitzt das Material des Kästchens eine sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit, um einen zusätzlichen Wärmeeintrag möglichst gering zu halten.

[0010] Um Festkörperreibung während der Messung auszuschließen, muss ein berührungsfreies Schweben des ferromagnetischen Rotors im Magnetfeld sichergestellt sein. Hierzu muss der Rotor dünner sein als der Scheibenzwischenraum. Des Weiteren sollte während der Messung der Fixierpunkt deckungsgleich mit der Rotationsachse sein, um Zusammenstöße zwischen den beiden Körpern zu vermeiden. Dies wird beispielsweise durch eine magnetisierte Stütze erreicht, welche den Rotor abstößt.

[0011] Bisher sind nur Messköpfe bekannt, die den Rotor völlig umschließen, beispielsweise von der Firma MKS Instruments Deutschland GmbH, München. Für die hier vorliegende Geometrie ist ein zweiteiliger Messkopf mit entsprechend umorientierten und neu angeordneten Spulen vorteilhaft. Die Spulenordnung zur Aufhängung und Rotation des Ringes um seine Lochachse wurde der Geometrie entsprechend angepasst. Zur Durchführung der Messung werden die zwei Messkopfhälften beispielsweise mittels Saugnäpfen an den beiden Fensteroberflächen direkt über dem Rotor stabil und erschütterungsfrei befestigt.

[0012] Alternativ können die beiden Teile des Messkopfes U-förmig verbunden werden. Eine weitere Möglichkeit ist das Aufbringen eines magnetischen

oder ferromagnetischen Bauteils auf eine der Scheiben so, dass das gewünschte Magnetfeld durch eine einseitig angeordnete Spulenkombination erreicht wird. Dies ist besonders zur Qualitätskontrolle von fest eingebauten Verglasungen vorteilhaft, bei denen die Außenseite nicht leicht zugänglich ist. [Abb. 2](#) zeigt vier mögliche Messanordnungen im Querschnitt, [Abb. 3](#) zeigt die Draufsicht auf die Verglasung ohne Messköpfe.

[0013] Die Rotationsfrequenz kann entweder optisch oder induktiv erfasst werden. Alternativ kann als Messsignal auch die für eine konstante Rotation aufzuwendende elektrische Leistung herangezogen werden.

[Ausführungsbeispiel 1]

[0014] Ein Eisenring mit einer Dicke von 0,1 mm, einem Innendurchmesser von 2 mm, einem Außendurchmesser von 4 mm und einem relativen Gasreibungskoeffizienten zwischen 1,1 und 1,2 wird bei der Produktion einer Vakuumverglasung als Rotor um einen der Abstandshalter der Verglasung gelegt.

[0015] Ein zweiteiliger, rotationsachsen- und scheibensymmetrischer Messkopf wird auf beiden Seiten zentriert über dem Rotor mittels Saugnäpfen befestigt. Um kontinuierliche Magnetfelder auch über den Scheibenzwischenraum hinaus zu gewährleisten, wird für diesen 4 mm großen Rotor ein Messkopf mit einer Höhe und Breite von 4 cm verwendet. Jede Messkopfhälfte enthält zwei Permanentmagnete zur Kompensation der Schwerkraft des Ringes. Des Weiteren wird er durch jeweils zwei Spulen zu beiden Seiten horizontal stabilisiert. Darüber und darunter befindliche Spulen sorgen für die vertikale Stabilisierung. Vier Antriebsspulen pro Messkopfhälfte erzeugen ein Drehfeld von etwa 415 Hz, das den Ring um die horizontale Lochachse in Rotation versetzt.

[0016] Die Leistung des zum Antrieb auf eine bestimmte Geschwindigkeit benötigten Magnetfeldes ist direkt proportional zum Gasdruck und wird anhand eines Shunt-Widerstandes gemessen.

[Ausführungsbeispiel 2]

[0017] Analog Ausführungsbeispiel 1 Absatz 1.

[0018] Nachdem der Ring die vorgegebene Rotationsfrequenz erreicht hat, wird das Drehfeld abgeschaltet. Die Drehfrequenz des Ringes nimmt unter anderem aufgrund von auftreffenden Gasmolekülen ab. Diese zeitliche Abnahme der Rotationsfrequenz ist also ein Maß für den Gasdruck und wird entweder optisch oder induktiv detektiert.

[0019] Zur optischen Bestimmung der Rotationsfrequenz per Laser wird die Oberfläche des Eisenrings

so präpariert, dass sie in regelmäßiger Anordnung reflektierende und nichtreflektierende Flächenanteile enthält. Der rotierende Ring wird mit Laserlicht beschossen und aus der zwischen zwei Reflexionen vergangenen Zeit lässt sich die Drehfrequenz berechnen.

[0020] Für die induktive Detektion wird in jede Messkopfhälfte mindestens eine weitere Spule eingebaut. Das magnetische Moment des Ringes induziert in den Signalaufnehmerspulen eine Wechselspannung mit der Drehfrequenz des Ringes.

Bezugszeichenliste

- 1 Spulensystem
- 2 Glasscheiben
- 3 Rotor
- 4 Abstandshalter der Vakuumverglasung
- 5 evakuierter Scheibenzwischenraum
- 6 Rotationsachse
- 7 gasdichter Randverbund
- 8 Permanentmagnet, Eisenscheibe oder Spule

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10164004 B4 [0003]
- DE 3334750 C2 [0008]
- DE 3019315 C2 [0008]

Patentansprüche

Mitte der Rotor zentriert ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

1. Verfahren zur Messung des Gasdrucks in einem Scheibenzwischenraum insbesondere einer Vakuumverglasung **dadurch gekennzeichnet**, dass ein wenigstens teilweise ferromagnetischer Körper (Rotor) im Scheibenzwischenraum durch ein induziertes Magnetfeld in Rotation versetzt und der Gasreibungskoeffizient gemessen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor während der Messung berührungsfrei im Scheibenzwischenraum schwebt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass der Messbereich für den Gasdruck zwischen 10^{-2} und 10^{-5} hPa liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3 dadurch gekennzeichnet, dass der Gasreibungskoeffizient über die aufzuwendende Magnetfeldleistung für eine konstante Rotationsgeschwindigkeit bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3 dadurch gekennzeichnet, dass der Gasreibungskoeffizient nach Abschalten des antreibenden Magnetfeldes über die Abnahme der Drehzahl des Rotors bestimmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahlmessung induktiv erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 4 dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahlmessung optisch erfolgt.

8. Gasreibungsvakuummeter nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass das Spulensystem aus zwei getrennten, parallel auf den Scheiben anzuordnenden Teilen besteht.

9. Gasreibungsvakuummeter nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass das Spulensystem aus einem U-förmigen Messkopf besteht.

10. Gasreibungsvakuummeter nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass das Spulensystem aus einem einseitig aufzubringenden Messkopf und einem ferromagnetischen oder permanentmagnetischen Gegenstück besteht, welches in den Scheibenzwischenraum oder in die Scheibe oder auf die Scheibenaußenseite integriert ist.

11. Gasreibungsvakuummeter nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass das Spulensystem aus einem einseitig aufzubringenden Messkopf und einem ferromagnetischen oder permanentmagnetischen Ring besteht, welcher in den Scheibenzwischenraum integriert ist und in dessen

Anhängende Zeichnungen

[Anhängende Zeichnungen]

Anzahl anhängende Zeichnungen: 3

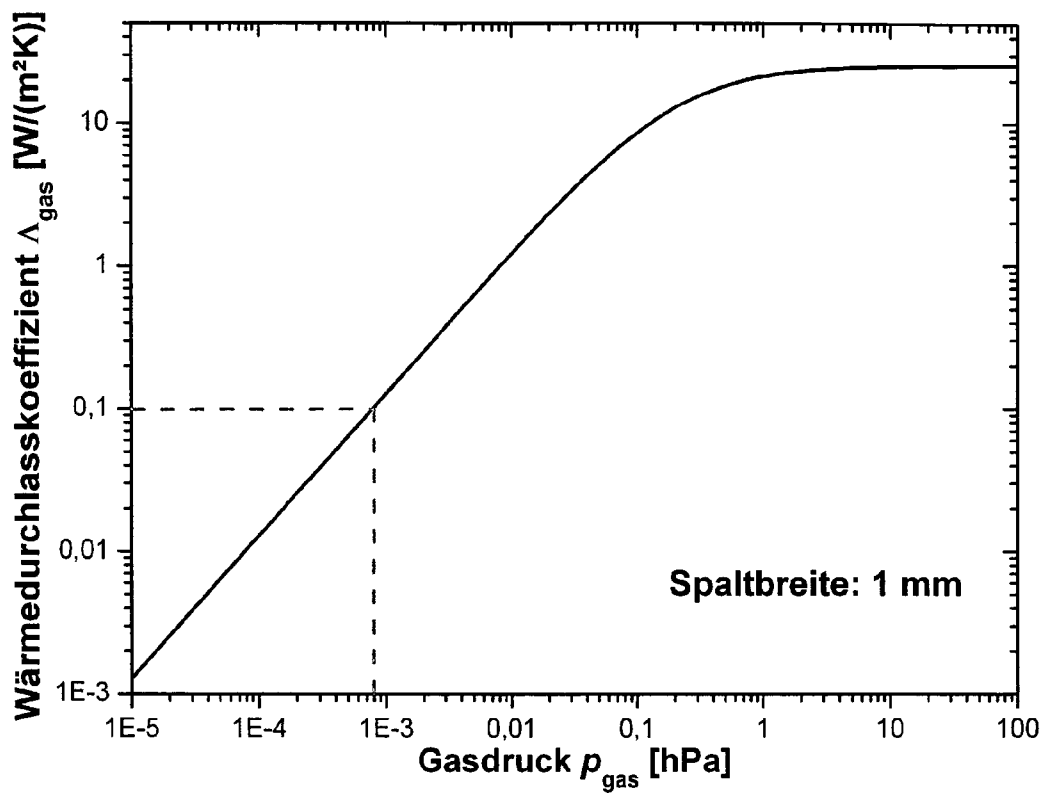


Abbildung 1

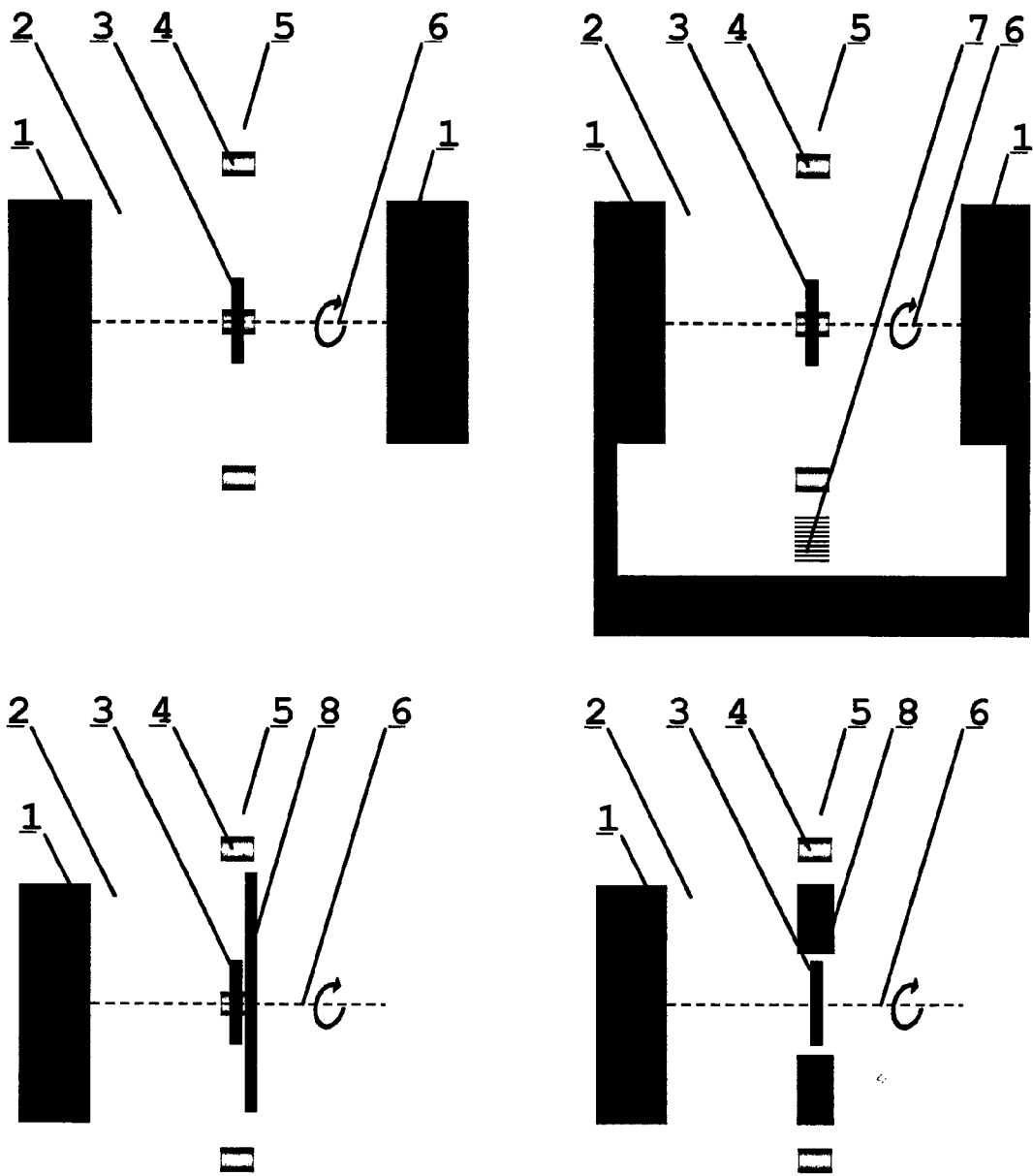


Abbildung 2

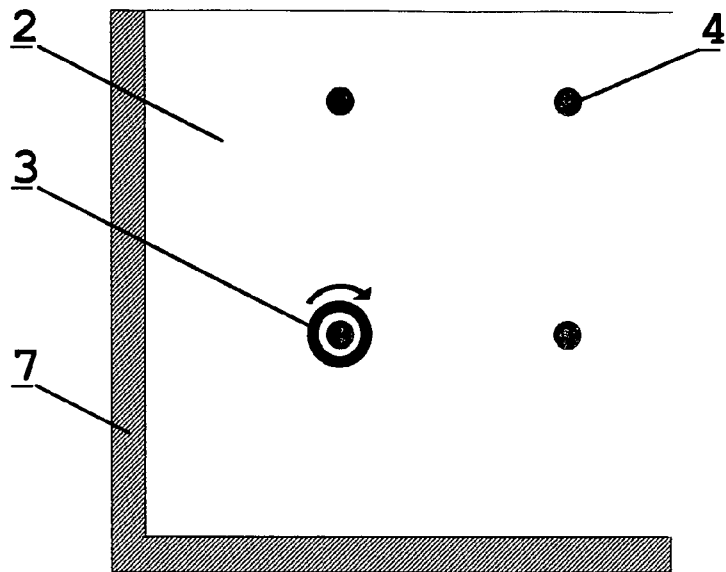


Abbildung 3