



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 009 503 A1 2009.08.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 009 503.6

(22) Anmeldetag: 15.02.2008

(43) Offenlegungstag: 20.08.2009

(51) Int Cl.⁸: G01L 21/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

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

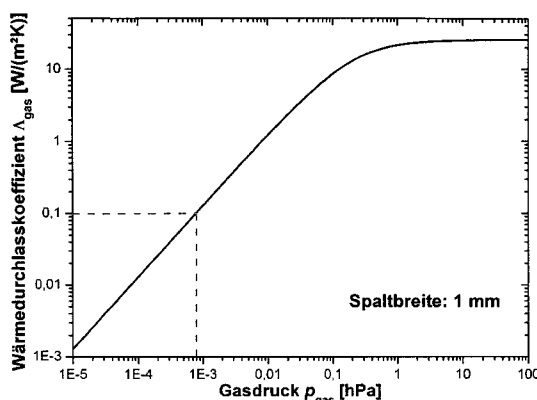
(72) Erfinder:

Güttler, Katrin, 97273 Kürnach, DE; Weinläder,
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 Prinzip des Membran-Vakuummeters

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Gasdruckmessung in evakuierten Scheibenzwischenräumen, durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine zerstörungsfreie Qualitätskontrolle von Vakuumverglasungen im Herstellungsprozess und in der jeweiligen Einbausituation sichergestellt. Ein mit einer metallischen oder keramischen Membran gasdicht versiegeltes Gehäuse mit definiertem Referenzgasinnen-druck wird während der Produktion von evakuierten Fenstern in den Scheibenzwischenraum integriert. Als Messsignal dient die Verformung der Membran auf Grund von veränderten Druckunterschieden zwischen Rezipient und Referenzgefäß. Die Detektion erfolgt berührungslos einerseits optisch oder andererseits durch Interferenz eines Laserstrahls. 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 (VIG) sowie einen Sensor zur Bestimmung desselbigen.

[0002] Hierzu wird bereits während des Produktionsvorganges der Vakuumverglasung ein mit einer Membran gasdicht versiegeltes Behältnis mit einem definierten Referenzgasinnendruck in den Scheibenzwischenraum integriert. Veränderte Druckverhältnisse im Gasspalt des Fensters führen auf Grund der Gasdruckdifferenz zwischen dem Gasdruck im Scheibenzwischenraum und dem Referenzgasinnendruck im versiegelten Behältnis zu einer Verformung der Membran. Die Stärke der Verformung ist proportional zum Gasdruckanstieg im Scheibenzwischenraum und kann beispielsweise optisch, kapazitiv, piezo-resistiv oder piezoelektrisch detektiert werden.

[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 Vakuumisolierverglasung 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 Scheibenzwischenräu-

me mit einem typischen Scheibenabstand von ca. 1 mm deutlich die Isolationseigenschaften.

[0005] Die Aufnahme des äußeren Atmosphärendrucks von 10^3 hPa erfolgt über kleine Stützen, die zwischen die Glasscheiben gesetzt werden. Der Randverbund 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. 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] Membran-Vakuummeter werden seit 1929 für die Messung von Gasdrücken in evakuierten Systemen benutzt. Es gibt verschiedene Gerätetypen, die auf unterschiedlichen Methoden der Signalaufnahme beruhen. Der eigentliche Sensor besteht aber bei allen Geräten aus einem Metallgehäuse, das durch Einschweißen, Kleben oder Löten einer metallischen oder keramischen Membran gasdicht verschlossen wurde. Das Gehäuseinnere wurde auf einen bestimmten Referenzdruck p_0 evakuiert. Je nach dem wie groß die Druckdifferenz zwischen Referenzkammer und Rezipient ist, beult sich die Membran entsprechend aus.

[0008] Diese Verformung der Membran kann beispielsweise mittels Hebelsystem auf einen Zeiger übertragen werden (Kapselfeder-Vakuummeter) und somit mechanisch detektiert werden. Eine elektronische Möglichkeit der Signalaufnahme bieten der piezo-resistive und piezo-elektrische Effekt, wobei durch Kräfteinwirkung eine entsprechende Widerstandsänderung hervorgerufen wird bzw. eine Ladungverschiebung stattfindet, die als Spannungssignal aufgenommen werden kann. Von besonderer Bedeutung ist heute der kapazitive Wegaufnehmer. Hierfür bildet eine Metallmembran zusammen mit zwei Elektroden, die auf eine gegenüberliegende Keramik aufgedampft sind, einen Kondensator. Durch Verbiegen der Membran ändert sich der Abstand der Kondensatorplatten und somit die Kapazität. Diese druckbe-

dingte Kapazitätsänderung wird in ein lineares Gleichspannungssignal umgewandelt und an den Elektroden abgegriffen. Mit den vorhandenen Kapazitäts-Vakuummeteren können jeweils 3 Zehnerpotenzen des Druckes gut erfasst werden.

[0009] Bei konstanten Abmessungen ist der Messbereich eines Membran-Vakuummeters abhängig von der Dicke der Membran. Je niedriger der Messbereich sein soll, umso dünner muss die Membran sein. Mit entsprechend niedrigem Referenzdruck ist das Messverfahren mittels Membran-Vakuummeter gut geeignet für VIG.

[0010] Bei den handelsüblichen Membran-Vakuummeteren unterteilt die Membran das Sensorgehäuse in zwei Kammern. Die eine stellt die Referenzseite dar, die andere ist per Vakuumflansch mit dem Rezipienten verbunden. Vakuumisoliertes Glas stellt jedoch ein für sich abgeschlossenes System dar, dessen äußeres Erscheinungsbild und die Gasdichtigkeit durch zusätzliche Schweißnähte und Kabeldurchführungen nicht beeinträchtigt werden dürfen.

[Aufgabe der Erfindung]

[0011] Aufgabe der Erfindung ist, die Gasdruckmessung in Vakuumverglasungen mittels eines Membran-Vakuummeters zu ermöglichen. Dabei genügt es oft, wenn die Membran lediglich anzeigt, ob der Gasdruck des Systems oberhalb eines gewissen Grenzwertes liegt oder nicht.

[0012] Um eine zerstörungsfreie Messung zu gewährleisten, wird der Sensor, bestehend aus einem mit einer Membran versiegelten Gehäuse, erfindungsgemäß bei der Produktion der Verglasung direkt in den Scheibenzwischenraum integriert (siehe [Abb. 2](#)). Dabei wird er vorzugsweise an mindestens einer Stelle fest mit der eigentlichen Verglasung verbunden, um einerseits die ständige Sichtbarkeit und Qualitätskontrolle sicherzustellen und um andererseits Beschädigungen an der Membran durch Erschütterungen zu vermeiden. Die Orientierung und Form des Sensorgehäuses ist beliebig, es ist nur wichtig, dass die äußere Seite der Membran in Kontakt mit dem gesamten Spaltvolumen steht. Den Boden der Referenzkammer kann zum Beispiel auch eine Glasscheibe des Fensters bilden, wenn die Gefäßwände vakuumdicht damit verschweißt sind ([Abb. 2](#), rechts). Falls das Gehäuse beide Glasscheiben berührt ([Abb. 2](#), links), sollte unbedingt ein Material mit geringer Wärmeleitfähigkeit gewählt werden, um einen zusätzlichen Wärmeeintrag möglichst gering zu halten. Des Weiteren empfiehlt es sich, dass sowohl das Gefäß als auch die Membran niedrige und zudem ähnliche Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzen, damit Messfehler aufgrund von äußeren Temperaturschwankungen minimiert werden. Denkbar sind metallische und keramische Membranmaterialien.

[0013] Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Methoden zur Signalaufnahme muss hier ein berührungsloses Verfahren angewendet werden. Beispielsweise kann die Durchbiegung einer metallischen Membran durch Interferenz eines an ihr reflektierten Laserstrahls bestimmt werden. Die Ausbeulung der Membran kann auch optisch ermittelt werden. Empfehlenswert ist, das Sensorsystem so einzustellen, dass die Membran bei einem gewissen Druckunterschied zwischen Rezipient und Referenzkammer zerstört wird, nämlich dann, wenn der zulässige Höchstdruck von 10^{-3} hPa im VIG überschritten wird. Dies stellt eine einfache und zuverlässige Kontrolle der Dämmeigenschaften des Fensters für den Endverbraucher dar. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die beiden Glasscheiben das Platzen der Membran nicht verhindern können, dass das Bersten also noch vor dem Berühren einsetzt.

[Ausführungsbeispiel 1]

[0014] Ein Edelstahlöpfchen mit einem äußeren Durchmesser von 1 mm und einer Höhe von 1 mm wird entsprechend des linken Beispiels in [Abb. 2](#) in eine untere Ecke einer Vakuumverglasung zwischen die Scheiben gesetzt. Eine tellerförmige keramische Membran mit einer Dicke von 25 μm ist auf einem Edelstahlgefäß gasdicht befestigt und schließt einen Referenzdruck von $p_0 = 10^{-5}$ hPa ein und somit vom evakuierten Fensterspalt ab. Das durch den Druckanstieg im Spalt verursachte Verbiegen der Membran wird optisch detektiert. Beim Überschreiten von 10^{-3} hPa zerplatzt die Membran.

[Ausführungsbeispiel 2]

[0015] Ein hohles Glasfaserkabel mit dem Außendurchmesser 2 mm und der Höhe 0,5 mm wird analog zu [Abb. 2](#) (rechts) auf die unbeschichtete Scheibe einer Vakuumverglasung geschweißt, so dass die Glasscheibe den Boden der Referenzkammer mit $p_0 = 10^{-4}$ hPa bildet. Eine 50 μm dicke Membran aus Invar (Eisen-Nickel-Legierung) ist auf das andere Ende des Glasröhrchens gelötet. Mittels eines an der Membran reflektierten und interferierenden Laserstrahls wird der durch die Membranverbiegung veränderte Gangunterschied ermittelt.

Bezugszeichenliste

- | | |
|---|--|
| 1 | gasdichter Randverbund |
| 2 | Glasscheiben |
| 3 | evakuierter Scheibenzwischenraum |
| 4 | Stützen der Vakuumverglasung |
| 5 | biegsame Membran |
| 6 | gasdichtes Gefäß mit Referenzdruck p_0 |

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]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung des Gasdrucks in einem Scheibenzwischenraum insbesondere einer Vakuumverglasung **dadurch gekennzeichnet**, dass ein gasdichtes Behältnis mit einem definierten Gasinnendruck zwischen 0,001 Pa und 1 Pa in den Scheibenzwischenraum integriert ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das Behältnis mit einer Membran gasdicht verschlossen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass die Druckdifferenz zwischen Behältnis und Scheibenzwischenraum piezo-resistiv oder piezo-elektrisch gemessen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass die Druckdifferenz zwischen Behältnis und Scheibenzwischenraum kapazitiv gemessen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass die Druckdifferenz zwischen Behältnis und Scheibenzwischenraum mechanisch gemessen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass die Druckdifferenz zwischen Behältnis und Scheibenzwischenraum optisch gemessen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass sich das Behältnis bei Druckänderungen im Scheibenzwischenraum optisch verändert beispielsweise zerfällt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

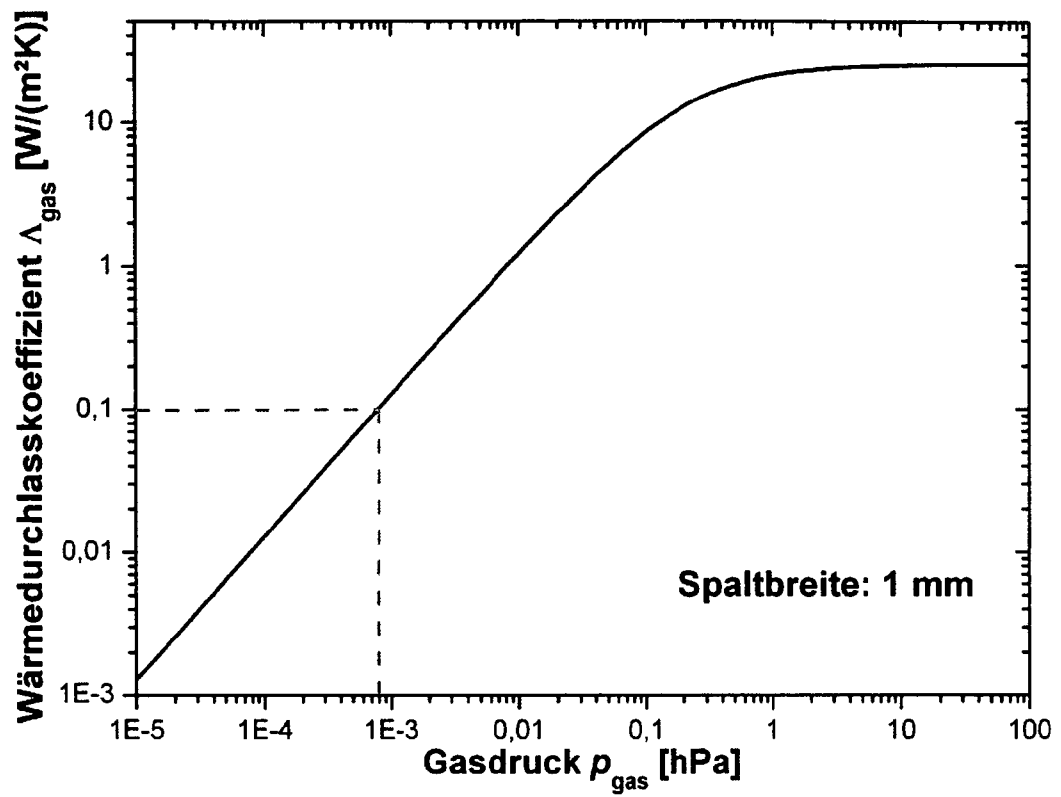


Abbildung 1

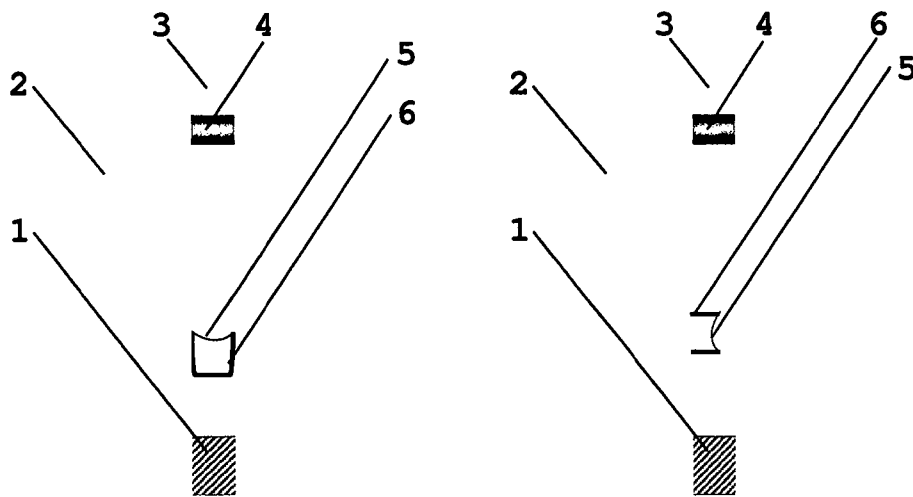


Abbildung 2