

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
31. Mai 2007 (31.05.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/059948 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 7/10 (2006.01) *G01N 30/06* (2006.01)
G01N 33/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/011204
- (22) Internationales Anmeldedatum:
22. November 2006 (22.11.2006)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2005 055 675.2
23. November 2005 (23.11.2005) DE
- (71) Anmelder und
(72) Erfinder: VARESI, Andreas [DE/DE]; Klenzestrasse 87,
80469 München (DE).
- (74) Anwälte: BECK, Josef usw.; Nymphenburger Str. 139,
80636 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL,

AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

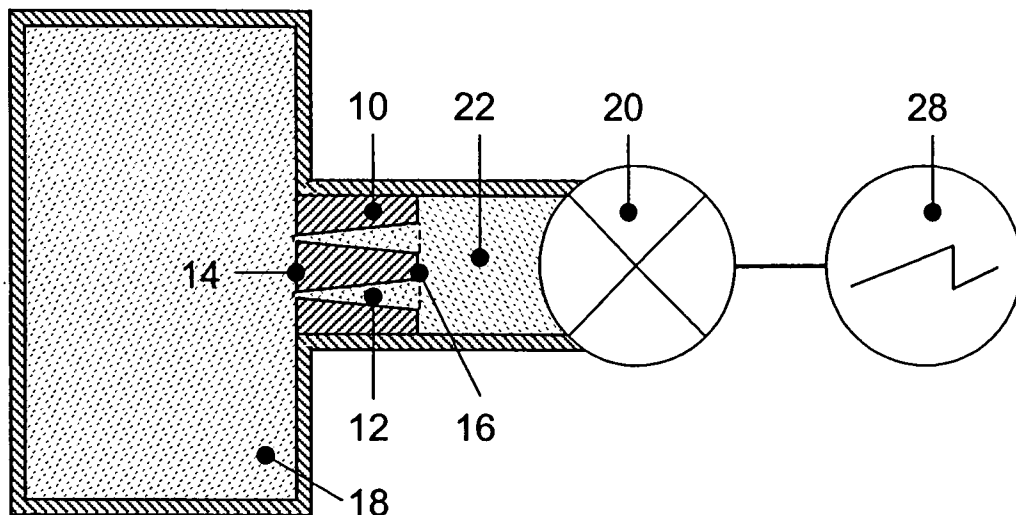
Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DETECTOR DEVICE FOR DETECTING THE PRESENCE OF A GAS

(54) Bezeichnung: DETEKTORVORRICHTUNG ZUM ERFASSEN DES VORLIEGENS EINES GASES



(57) Abstract: A detector device for qualitatively or quantitatively detecting the presence of a predetermined gas in a gas mixture comprises a capillary device (10) with one or more capillaries (12), which connects a first side (14) of the capillary device (10) to a second side (16) of the capillary device (10), and comprises a pressure detector (20) connected to the second side, the capillary (12) tapering at least in sections from one side to the other side of the capillary device (10).

(57) Zusammenfassung: Eine Detektorvorrichtung zum qualitativen oder quantitativen Erfassen des Vorliegens eines vorbestimmten Gases in einem Gasgemisch umfasst eine Kapillareinrichtung (10) mit einer oder mehreren Kapillaren (12), die eine erste Seite (14) der Kapillareinrichtung (10) mit einer zweiten Seite (16) der Kapillareinrichtung (10) verbindet, und einen mit der zweiten Seite verbundenen Druckdetektor (20), wobei die Kapillare (12) sich von einer Seite zur anderen Seite der Kapillareinrichtung (10) zumindest abschnittsweise verjüngt.

WO 2007/059948 A2



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Detektorvorrichtung zum Erfassen des Vorliegens eines Gases

5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf neue Anwendungen von Kapillareinrichtungen mit sich zumindest abschnittsweise verjüngenden Kapillaren. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf eine Detektorvorrichtung zum qualitativen oder quantitativen Erfassen des Vorliegens eines vorbestimmten Gases
10 in einem Gasgemisch. Die qualitative Erfassung umfasst lediglich die Feststellung, dass das vorbestimmte Gas mit einer Konzentration über einer vorbestimmten Nachweisgrenze in dem Gasgemisch vorliegt, während die quantitative Erfassung die Bestimmung eines Partialdrucks bzw. Volumenanteils bzw. eines
15 Stoffmengenanteils einschließt.

Ferner bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Gasanreicherungs-
vorrichtung zum Gewinnen eines vorbestimmten Gases aus einem Gasgemisch oder zum Anreichern des vorbestimmten
20 Gases, wobei die Gasanreicherungs-
vorrichtung die Kapillareinrichtung umfasst.

Ferner bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Vorrichtung zur zumindest temporären Erzeugung mechanischer
25 Leistung und eine Vorrichtung zur zumindest temporären Erzeugung einer Drehbewegung, die jeweils eine oder mehrere der Kapillareinrichtungen umfassen.

Die qualitative und quantitative Analyse der Zusammensetzung
30 von Gasgemischen spielt in vielen Bereichen der Technik eine wichtige Rolle. Dazu kommen im einfachsten Fall Detektoren zum Einsatz, die jeweils das Vorliegen oder den Partialdruck eines einzelnen vorbestimmten Gases oder eines Gases aus einer vorbestimmten Gruppe von Gasen in dem Gasgemisch erfassen.
35 Es gibt Gase, die aufgrund ihrer chemischen und/oder physikalischen Eigenschaften mit relativ einfachen und kostengünstigen Detektoren nachgewiesen werden können, bei-

spielsweise Sauerstoff. Andere Gase können hingegen nur mit verhältnismäßig aufwändigen und teuren Detektoren nachgewiesen werden. Zu letzteren zählen beispielsweise aufgrund ihres chemisch inerten Verhaltens die Edelgase. Beispielsweise enthalten Detektoren bzw. Nachweisgeräte für Helium Massenspektrometer und kosten mindestens ca. 1.000,00 EUR.

Mit der Gewinnung bzw. Anreicherung von Gasen, beispielsweise von Edelgasen wie Argon oder Helium, werden weltweit große Umsätze gemacht. Die Anreicherung bzw. Trennung der erwünschten Gase aus Gasgemischen basiert auf unterschiedlichen chemischen oder physikalischen Eigenschaften und ist in der Regel mit hohem technischem Aufwand und Einsatz von großen Energiemengen verbunden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine einfache Detektorvorrichtung zum qualitativen oder quantitativen Erfassen des Vorliegens eines vorbestimmten Gases in einem Gasgemisch zu schaffen. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Gasgewinnungsvorrichtung zur Gewinnung bzw. Anreicherung eines vorbestimmten Gases aus einem Gasgemisch zu schaffen. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zur zumindest temporären Abgabe mechanischer Leistung zu schaffen und eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Drehbewegung zu schaffen.

Diese Aufgaben werden durch eine Detektorvorrichtung gemäß Anspruch 1, eine Gasanreicherungs Vorrichtung gemäß Anspruch 5, eine Vorrichtung zur Erzeugung mechanischer Leistung gemäß Anspruch 6 und eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Drehbewegung gemäß Anspruch 7 gelöst.

Die vorliegende Erfindung beruht auf der Idee, eine Kapillareinrichtung mit einer oder vorzugsweise mehreren Kapillaren, die sich von einer Seite der Kapillareinrichtung zur anderen Seite der Kapillareinrichtung zumindest abschnittsweise ver-

jüngen, zu verwenden. Eine sich in einer Richtung verjüngende Kapillare wird von verschiedenen Gasen in unterschiedlicher Weise durchströmt. Insbesondere verhalten sich einatomare Gase bzw. Gase, die aus einzelnen Atomen bestehen (insbesondere Edelgase), anders als molekulare Gase, die aus Molekülen aus jeweils zwei oder mehr Atomen bestehen (beispielsweise Stickstoff, Sauerstoff, Wasserdampf etc.). Einatomare Gase durchlaufen die Kapillare schneller als molekulare Gase, wobei hier allerdings auch die Atommasse des einatomaren Gases und die Molekülmasse des molekularen Gases einen Einfluss haben.

Gemäß einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiels werden die sich verjüngenden Kapillaren insbesondere von einatomaren Gasen und alternativ auch von molekularen Gasen in einer Richtung schneller bzw. mit einer höheren Rate durchquert als in der Gegenrichtung.

Eine Seite der Kapillareinrichtung wird dem zu untersuchenden Gasgemisch ausgesetzt, indem beispielsweise eine Gasleitung diese Seite der Kapillareinrichtung mit einem Behälter verbindet, in dem das Gasgemisch vorliegt. Die andere Seite der Kapillareinrichtung wird mit einem Druckdetektor verbunden, der im einfachsten Fall durch einen Glycerintropfen oder einen anderen Flüssigkeitstropfen in einem Steigrohr gebildet wird. Da sich verschiedene Gase an der Kapillareinrichtung unterschiedlich verhalten und insbesondere die Kapillare mit unterschiedlichen Raten durchlaufen, lässt der am Druckdetektor erfasste Druck Rückschlüsse auf die Gaszusammensetzung zu.

30

Gemäß weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird die Kapillareinrichtung zur Gewinnung oder Anreicherung eines vorbestimmten Gases aus einem Gasgemisch, zur Erzeugung mechanischer Leistung und zur Erzeugung einer Drehbewegung verwendet. Die Drehbewegung kann beispielsweise zur Detektion und/oder Anzeige der Gaszusammensetzung oder des Partial-

35

drucks des vorbestimmten Gases in dem Gasgemisch verwendet werden.

5 Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

10 Figur 1 eine schematische Darstellung einer Detektorvorrichtung;

Figur 2 eine schematische Darstellung einer weiteren Detektorvorrichtung;

15 Figur 3 eine schematische Darstellung eines Querschnitts einer Kapillareinrichtung;

Figur 4 eine schematische Darstellung eines Querschnitts einer Kapillareinrichtung mit Teilchenbahnen;

20 Figur 5 eine schematische Darstellung eines Querschnitts einer weiteren Kapillareinrichtung mit Teilchenbahnen;

Figur 6 eine schematische Darstellung einer Gasanreicherungs-
25 vorrichtung;

Figur 7 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung; und

Figur 8 eine schematische Darstellung einer weiteren Vorrichtung.
30

Figur 1 ist eine schematische Darstellung einer Detektorvorrichtung mit einer Kapillareinrichtung 10 und einem Druckdetektor 20. Die Kapillareinrichtung 10 weist eine oder eine Mehrzahl von Kapillaren 12 auf, die jeweils eine erste Seite 14 der Kapillareinrichtung mit einer zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 verbinden. Die erste Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 ist mit einem Gasbehälter 18 oder einem an-

deren Volumen, in dem das zu untersuchende Gasgemisch vorliegt, verbunden. Der Druckdetektor 20 ist über eine Leitung 22 mit der zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 verbunden.

5

Die Kapillaren 12 verzüngen sich von der zweiten 16 zur ersten Seite 14 der Kapillareinrichtung 10, d. h. die Querschnittsfläche jeder Kapillare 12 nimmt von der ersten Seite 14 zur zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 zu. Die
10 Figur 1 zeigt ebenso wie die nachfolgend beschriebenen Figuren 2 bis 4 schematische und nicht-maßstäbliche Darstellungen. Insbesondere sind die Kapillaren 12 und deren laterale Abmessungen unmaßstäblich dargestellt. Die bei dem Beispiel aus Figur 1 an oder nahe der ersten Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 liegende minimale Querschnittsfläche weist mindestens in einer Richtung eine Abmessung auf, die vorzugsweise kleiner ist als die mittlere freie Weglänge des vorbestimmten Gases, dessen Vorliegen durch die Detektorvorrichtung erfasst werden soll, bei den vorgesehenen Messbedingungen (insbesondere Gesamtdruck und Temperatur). Alternativ weist die minimale Querschnittsfläche in mindestens einer Richtung eine Abmessung auf, die in der gleichen Größenordnung liegt, wie die mittlere freie Weglänge, insbesondere höchstens doppelt so groß wie die mittlere freie Weglänge
15 ist. Abweichend von der Darstellung in Figur 1 verzüngen sich die Kapillaren 12 alternativ von der ersten Seite 14 zur zweiten 16 der Kapillareinrichtung 10. Weitere alternative Ausgestaltungen der Kapillaren 12 werden unten mit Bezug auf die Figur 3 näher erläutert.

30

Der Druckdetektor 20 ist wirksam mit einer Auswerteeinrichtung 28 verbunden, die ein Messsignal des Druckdetektors 20 empfängt. Die Auswerteeinrichtung 28 ist ausgebildet, um auf der Grundlage des vom Druckdetektor 20 empfangenen Messsignals ein Ausgangssignal zu erzeugen, das anzeigt, ob das vorbestimmte Gas in dem Gasgemisch mit einer Mindestkonzentration vorliegt. Alternativ zeigt das Ausgangssignal darüber hin-
35

aus den Partialdruck oder den Volumen- oder Stoffmengenanteil des vorbestimmten Gases in dem Gasgemisch oder eine entsprechende Größe, welche den Anteil des vorbestimmten Gases an dem Gasgemisch quantifiziert, an.

5

Figur 2 ist eine schematische Darstellung einer Detektorvorrichtung, bei der der Druckdetektor 20 abweichend von dem in Figur 1 dargestellten Beispiel ein Differenzdruckdetektor zum Erfassen einer Druckdifferenz ist. Der Druckdetektor 20 ist hier über eine erste Leitung 24 mit der ersten Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 und über eine zweite Leitung 22 mit der zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 verbunden, um eine Druckdifferenz zwischen der ersten Seite 14 und der zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 zu erfassen. Die erste Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 ist ferner über eine weitere Leitung 26 mit einem hier nicht dargestellten Gasvolumen oder Gasbehälter verbunden, in dem das zu untersuchende Gasgemisch vorliegt. Ähnlich wie bei der anhand der Figur 1 dargestellten Detektorvorrichtung ist der Druckdetektor 20 auch bei der in Figur 2 dargestellten Detektorvorrichtung mit einer Auswerteeinrichtung verbunden, die die oben beschriebene Funktion hat.

Abweichend von der Darstellung in Figur 2 kann ähnlich wie in Figur 1 auf die weitere Leitung 26 verzichtet werden, indem die erste Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 direkt mit dem Volumen verbunden ist oder direkt an das Volumen angrenzt, in dem das zu untersuchende Gas chemisch vorliegt. In diesem Fall ist der Druckdetektor 20 abweichend von der Darstellung in Figur 2 über die erste Leitung 24 oder direkt mit dem Volumen verbunden, in dem das zu untersuchende Gasgemisch vorliegt.

Abweichend von der Darstellung in Figur 2, verzüngen sich die Kapillaren 12 alternativ von der ersten Seite 14 zur zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10, oder die Kapillaren 12

weisen andere Formen auf, wie sei beispielsweise nachfolgend anhand der Figur 3 dargestellt werden.

Figur 3 ist eine schematische Darstellung eines Schnitts durch eine Kapillareinrichtung, wie sie in den in den Figuren 1 und 2 dargestellten Detektorvorrichtungen verwendbar ist. Die dargestellte Schnittebene ist im wesentlichen senkrecht zu der ersten Seite 14 und der zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 und parallel zu den Kapillaren 120, 122, 124, 126, 128 bzw. zu deren Längsachsen. Es ist jedoch offensichtlich, dass die Kapillaren 120 bis 128 nicht exakt senkrecht zu den Oberflächen 14, 16 der Kapillareinrichtung 10 angeordnet und ausgerichtet sein müssen.

Während eine Kapillareinrichtung 10 vorzugsweise eine Vielzahl im Wesentlichen gleicher Kapillaren aufweist, sind in Figur 3 beispielhaft fünf verschiedene Kapillaren 120, 122, 124, 126, 128 dargestellt. Abweichend von Figur 3 können dabei die beiden Seiten 14, 16 auch (wie bereits oben in Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 erwähnt) vertauscht sein bzw. die Kapillaren 120 bis 128 sich von der ersten Seite 14 zur zweiten Seite 16 zumindest abschnittsweise verzüngen.

Die in Figur 3 dargestellten Schnitte durch die Kapillaren 120 bis 128 stellen zwangsläufig lediglich die Entwicklung der parallel zur dargestellten Schnittebene gemessenen Abmessungen der Querschnittsfläche entlang der Kapillare dar. Vorzugsweise weisen die Kapillaren 120 bis 128 der Kapillareinrichtung 10 jedoch entlang ihrer gesamten Länge oder zumindest abschnittsweise einen kreisförmigen oder elliptischen Querschnitt auf. Dabei variiert vorzugsweise die senkrecht zur in Figur 3 dargestellten Schnittebene gemessene Abmessung der Querschnittsfläche im Wesentlichen in der gleichen Weise wie die in Figur 3 dargestellte in der Schnittebene gemessene Abmessung der Querschnittsfläche. Alternativ variiert lediglich die Querschnittsfläche entsprechend den nachfolgend beschriebenen Beispielen ohne dass die parallel zur dargestell-

ten Schnittebene gemessene Abmessung oder die zur Schnittebene senkrechte Abmessung genau den Beispielen entspricht.

5 Während der Querschnitt bei den ersten drei dargestellten Kapillaren 120, 122, 124 stetig variiert, weisen die letzten Beispiele 126, 128 Stufen auf, an denen der Querschnitt sich sprunghaft verändert.

10 Die erste in Figur 3 dargestellte Kapillare 120 weist ihre minimale Querschnittsfläche unmittelbar an der ersten Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 auf. Der Querschnitt oder die Querschnittsfläche nimmt von der ersten Seite 14 zur zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 kontinuierlich zu. Bei einem kreisförmigen oder elliptischen Querschnitt ist die Kapillare 120 somit trichter- oder kegelförmig.

Der minimale Querschnitt oder die minimale Querschnittsfläche der zweiten in Figur 3 dargestellten Kapillare 122 ist von der ersten Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 beabstandet, 20 liegt jedoch näher bei der ersten Seite 14 als bei der zweiten Seite 16. Ausgehend von der ersten Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 nimmt der Querschnitt oder die Querschnittsfläche der Kapillare 122 zunächst in einem ersten Abschnitt 42 ab, um dann in einem zweiten Abschnitt 44 zur zweiten Seite 25 16 hin wieder zuzunehmen. Im Falle eines kreisförmigen oder elliptischen Querschnitts hat die Kapillare 122 somit die Form eines Doppeltrichters mit zwei trichter- oder kegelförmigen Abschnitten 42, 44, die sich zu den beiden Seiten 14, 16 der Kapillareinrichtung 10 hin öffnen.

30

Die dritte in Figur 3 dargestellte Kapillare 124 weist an der ersten Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 einen ersten Abschnitt 46 mit einem im Wesentlichen konstanten Querschnitt oder einer im Wesentlichen konstanten Querschnittsfläche auf. 35 An diesen ersten Abschnitt 46 schließt sich ein zweiter Abschnitt 48 an, in dem der Querschnitt oder die Querschnittsfläche der Kapillare 124 kontinuierlich und im Falle eines

kreisförmigen oder elliptischen Querschnitts vorzugsweise im Wesentlichen trichter- oder kegelförmig wächst.

Die vierte in Figur 3 dargestellt Kapillare 126 weist ähnlich wie die dritte Kapillare 124 einen an die erste Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 angrenzenden ersten Abschnitt 50 mit einem im Wesentlichen konstanten Querschnitt oder einer im Wesentlichen konstanten Querschnittsfläche auf. An diesen ersten Abschnitt 50 schließt sich wieder ein zweiter Abschnitt 52 an, in dem der Querschnitt oder die Querschnittsfläche kontinuierlich zunimmt. Im Unterschied zur dritten Kapillare 124 weist die vierte Kapillare 126 im ersten Abschnitt 50 jedoch nicht den minimalen Querschnitt oder die minimale Querschnittsfläche auf. Stattdessen ist der Querschnitt oder die Querschnittsfläche größer oder wesentlich größer und reduziert sich am Übergang zum zweiten Abschnitt 52 stufenförmig.

Die fünfte in Figur 3 dargestellte Kapillare 128 weist mehrere Abschnitte 54, 56, 58 auf, zwischen denen sich der Querschnitt oder die Querschnittsfläche der Kapillare 128 jeweils stufenförmig ändert. Innerhalb eines Abschnitts 54, 56, 58 nimmt der Querschnitt oder die Querschnittsfläche der Kapillare 128 jeweils in Richtung von der ersten Seite 14 zur zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 zu, um sich anschließend am Übergang zum nächsten Abschnitt 56, 58 wieder stufenförmig zu verringern. Im Falle eines kreisförmigen oder elliptischen Querschnitts hat die Kapillare 128 somit die Form mehrerer Trichter, die in der gleichen Richtung aneinander gereiht sind.

Wie bereits erwähnt verhalten sich verschiedene Gase und insbesondere einatomare Gase und molekulare Gase in der Kapillareinrichtung 10 unterschiedlich. Insbesondere treten sie mit einer unterschiedlichen Rate bzw. Geschwindigkeit durch die Kapillareinrichtung 10 bzw. deren Kapillaren hindurch. Im Fall der oben anhand der Figur 1 dargestellten Detektorvor-

richtung ist deshalb die zeitliche Entwicklung des durch den Druckdetektor 20 gemessenen Drucks von der Zusammensetzung des Gasgemisch abhängig. Aus der zeitlichen Entwicklung des Drucks (beispielsweise ausgehend von einem ursprünglich stark reduzierten Druck oder Vakuum in der Leitung 22) kann somit auf die Zusammensetzung des Gasgemisches im Volumen 18 geschlossen werden. Entsprechend kann bei der oben anhand der Figur 2 dargestellten Detektorvorrichtung aus der durch den Druckdetektor 20 gemessenen zeitlichen Entwicklung der Druckdifferenz zwischen den beiden Seiten 14, 16 der Kapillareinrichtung 10 auf die Zusammensetzung des Gasgemisches geschlossen werden. Eine derartige Auswertung des Messsignals des Druckdetektors 20 erfolgt vorzugsweise durch die Auswerteeinrichtung 28.

15

Die unterschiedlichen Durchtrittsraten verschiedener Gase an der Kapillareinrichtung 10 können zum Filtern bzw. Anreichern vorbestimmter Gasbestandteile genutzt werden. Insbesondere können Helium oder andere Edelgase aus beliebigen Gasgemischen gewonnen werden.

20

Gemäß einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel sind für einatomare Gase, beispielsweise Helium oder Argon, die Durchgangsraten durch die Kapillareinrichtung 10 von der ersten Seite 14 zur zweiten Seite 16 und von der zweiten Seite 16 zur ersten Seite 14 unterschiedlich. Dies bedeutet, dass die Atome des einatomaren Gases mit einer anderen Wahrscheinlichkeit von der ersten Seite 14 zur zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 gelangen als umgekehrt. Dadurch entsteht ein Netto-Gasstrom, dessen Richtung von der Form der Kapillaren und dessen Größe von den Eigenschaften des Gases abhängt, wobei bei einatomaren Gasen ein zumindest deutlich größerer Netto-Gasstrom auftritt als bei molekularen Gasen.

35

Der Netto-Gasstrom hat zur Folge, dass zwischen der ersten Seite 14 und der zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 eine Druckdifferenz entsteht, die beispielsweise von dem

Druckdetektor 20, der oben anhand der Figur 2 dargestellten Detektorvorrichtung erfasst werden kann. Da der Netto-Gasstrom sich von Gas zu Gas unterscheidet, kann aus der Druckdifferenz auf die Zusammensetzung des Gasgemisches geschlossen werden. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel enthält also
5 nicht nur der zeitliche Verlauf der durch den Druckdetektor 20 erfassten Druckdifferenz Informationen über die Zusammensetzung des Gasgemisches sondern auch der sich nach einiger Zeit einstellende stationäre Wert der Druckdifferenz.

10

Die Entstehung des Netto-Gasstroms wird nachfolgend beispielhaft mit Bezug auf die erste in Figur 3 dargestellte Kapillare 120 beschrieben, welche unter den dargestellten Kapillaren 120 bis 128 die einfachste Struktur aufweist. Diese Kapillare
15 ist nochmals in Figur 4 dargestellt, die einen Ausschnitt einer Kapillareinrichtung 10 mit zwei Kapillaren 120 mit einfacher trichterförmiger Gestalt zeigt. In den in Figur 4 dargestellten Kapillaren sind die Bahnen 62, 64 von Gasteilchen dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass die mittlere
20 freie Weglänge der Gasteilchen größer oder wesentlich größer ist als die Abmessungen der Kapillaren 120 senkrecht zu deren Achsen, insbesondere größer als der minimale Durchmesser der Kapillaren 120. Unter dieser Bedingung sind die Bahnen im Wesentlichen ballistisch bzw. durch Newton'sche Mechanik be-
25 schreibbar. Die Kinematik der Reflexion an den Wänden der Kapillaren 120 wird im Wesentlichen durch die Gleichung „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“ beschrieben. Dies gilt in der Näherung glatter Wände.

30

In die in Figur 4 oben dargestellte Kapillare 120 tritt ein Gasteilchen von der zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 aus ein. Es ist erkennbar, dass aufgrund des Winkels zwischen den gegenüberliegenden Wänden der Kapillare 120 der Winkel zwischen der Bahn 62 und der Achse der Kapillare 120
35 bei jeder Reflexion zunimmt, bis er näherungsweise 90° erreicht und wieder abnimmt. Dadurch verlässt das Gasteilchen

die Kapillare 120 wieder auf der zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10.

In der in Figur 4 unten dargestellten Kapillare 120 ist die
5 Bahn 64 eines Gasteilchens dargestellt, das von der ersten
Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 aus in die Kapillare 120
eintritt. Es ist erkennbar, dass der Winkel zwischen der Bahn
64 und der Achse der Kapillare 120 bei jeder Reflexion gerin-
10 ger wird und das Gasteilchen ohne weiteres an der zweiten
Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 aus der Kapillare 120
austritt.

In der Zusammenschau der Bahnen 62, 64 der von der zweiten
Seite 16 bzw. der ersten Seite 14 aus in die Kapillare 120
15 eintretenden Gasteilchen wird deutlich, dass zumindest unter
der oben genannten Bedingung, dass der Querschnitt der Kapil-
lare 120 kleiner als die mittlere freie Weglänge der Gasteil-
chen oder mit dieser vergleichbar ist, ein von der zweiten
Seite 16 aus in die Kapillare 120 eintretendes Teilchen mit
20 hoher Wahrscheinlichkeit die Kapillareinrichtung 10 auch wie-
der auf der gleichen zweiten Seite 16 verlässt, wohingegen
ein von der ersten Seite 14 aus in die Kapillare 120 eintre-
tendes Teilchen diese mit hoher Wahrscheinlichkeit an der
zweiten Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 verlässt. Diese
25 Beobachtung liefert ein anschauliches Bild für die Entstehung
eines Netto-Gasstromes von der ersten Seite 14 zur zweiten
Seite 16 der Kapillareinrichtung 10. Es ist offensichtlich,
dass dieses Bild auch auf die anderen in Figur 3 dargestell-
ten Kapillaren 122, 124, 126, 128 übertragbar ist.

30

Ferner ist es offensichtlich, dass eine umgekehrte Anordnung,
d. h. eine sich von der ersten Seite 14 zur zweiten Seite 16
verjüngende Kapillare, die umgekehrt Wirkung hat. Ein Teil-
chen, das von der ersten Seite 14 her in die Kapillare ein-
35 tritt verlässt dann mit hoher Wahrscheinlichkeit die Kapil-
lareinrichtung 10 auch wieder auf der ersten Seite. Ein Teil-
chen, das von der zweiten Seite 16 aus in die Kapillare ein-

tritt verlässt diese ebenfalls mit hoher Wahrscheinlichkeit auf der ersten Seite 14.

In Figur 5 ist ferner eine Kapillareinrichtung 10 mit einer symmetrischen Kapillare 130 gezeigt. Die Kapillare 130 weist an beiden Seiten 14, 16 der Kapillareinrichtung 10 den gleichen Durchmesser oder die gleiche Querschnittsfläche auf und verjüngt sich von beiden Seiten in der gleichen Weise bis zu einem minimalen Durchmesser oder einer minimalen Querschnittsfläche. Der Ort der Kapillare 130 mit dem minimalen Durchmesser oder der minimalen Querschnittsfläche ist von beiden Seiten 14, 16 der Kapillareinrichtung gleich weit beabstandet.

In Figur 5 sind ferner die Bahnen 66, 68 zweier Teilchen dargestellt. An den beispielhaft dargestellten Bahnen 66, 68 ist erkennbar, dass offensichtlich in dem in Figur 5 dargestellten Fall die Wahrscheinlichkeit dass ein Teilchen, das an der ersten Seite 14 in die Kapillareinrichtung 10 eintritt, die Kapillareinrichtung 10 an der ersten Seite 14 wieder verlässt, und die Wahrscheinlichkeit, dass ein Teilchen, das an der zweiten Seite 16 in die Kapillareinrichtung 10 eintritt, die Kapillareinrichtung 10 an der zweiten Seite 16 wieder verlässt, gleich groß sind.

Die in Figur 5 dargestellte Kapillareinrichtung entfaltet somit eine Sperrwirkung, die allerdings von der Gassorte abhängig sein kann. Somit ist es mit Blick auf die Darstellungen der Figuren 4 und 5 möglich, durch die mikroskopische Gestaltung der Kapillaren der Kapillareinrichtung einen Netto-Gasstrom in der einen oder der anderen Richtung oder auch eine - unter Umständen von der Gassorte abhängige - Sperrwirkung zu erzielen.

In den Figuren 3 bis 5 dargestellte Kapillareinrichtungen 10 sind ferner vorteilhaft zur Gewinnung eines vorbestimmten Gases, insbesondere eines Edelgases, aus einem Gasgemisch oder

zumindest zur Anreicherung des vorbestimmten Gases geeignet. Figur 6 zeigt eine Gasanreicherungs-
vorrichtung mit einer Kapillareinrichtung 10, wie sie oben anhand der Figuren 3 bis 5
beschrieben wurde. Die Gasanreicherungs-
einrichtung umfasst
5 einen ersten Gasbehälter 72, der mit der ersten Seite 14 der
Kapillareinrichtung 10 verbunden ist, und einen zweiten Gas-
behälter 74, der mit der zweiten Seite 16 der Kapillarein-
richtung 10 verbunden ist. Sowohl der erste als auch der
zweite Gasbehälter 72, 74 können jeweils wie in Figur 6 ge-
10 zeigt direkt oder aber über Leitungen mit der entsprechenden
Seite 14, 16 der Kapillareinrichtung 10 verbunden sein.

Der erste Gasbehälter 72 wird mit dem Gasgemisch gefüllt, das
das vorbestimmte Gas in einer ersten Konzentration enthält.
15 Aufgrund der oben beschriebenen Eigenschaften der Kapillar-
einrichtung 10 weist das vorbestimmte Gas eine höhere Durch-
gangsrate bezüglich der Kapillareinrichtung auf als andere
Bestandteile des Gasgemisches. Im zweiten Gasbehälter 74 sam-
melt sich deshalb ein Gasgemisch mit einer zweiten Konzentra-
20 tion des vorbestimmten Gases an, wobei die zweite Konzentra-
tion höher oder wesentlich höher ist als die erste Konzentra-
tion.

Zu der anhand der Figur 6 dargestellten Vorrichtung äquiva-
25 lent ist eine kontinuierlich arbeitende Vorrichtung, bei der
dem ersten Gasbehälter oder direkt der ersten Seite 14 der
Kapillareinrichtung 10 das Gasgemisch kontinuierlich oder
diskontinuierlich durch eine Gaszuführung zugeführt wird,
während aus dem zweiten Behälter oder an der zweiten Seite 16
30 der Kapillareinrichtung 10 das vorbestimmte Gas oder ein Gas-
gemisch mit dem angereicherte vorbestimmten Gas kontinuier-
lich oder diskontinuierlich durch eine Gasabführung entnommen
wird.

35 Je nach Art und Geometrie der Kapillaren 12 und in Abhängig-
keit von dem vorbestimmten Gas und dem Gasgemisch, aus dem
das vorbestimmte Gas gewonnen werden soll, kann die Kapillar-

einrichtung 10 auch umgekehrt eingebaut sein. In diesem Fall sind abweichend von Figur 6 die erste Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 mit dem zweiten Gasbehälter 74 und die zweite Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 mit dem ersten Gasbehälter 72 verbunden.

Besonders geeignet ist die Kapillareinrichtung zur Anreicherung oder Abreicherung von Edelgasen wie Helium oder Argon. Diese sind einatomare Gase, die sich wie oben beschrieben in den Kapillaren 12 anders verhalten als molekulare Gase wie beispielsweise Stickstoff oder Sauerstoff.

Ein an der Kapillareinrichtung 10 auftretender Nett-Gasstrom ist ferner nutzbar, um - zumindest zeitweise - mechanische Arbeit zu verrichten. Figur 7 zeigt eine Vorrichtung mit einer Kapillareinrichtung 10, wie sie oben beschrieben ist, und einem Rotor 82, dessen Welle mit einem Wandler 84 verbunden ist. Die zweite Seite 16 der Kapillareinrichtung 10 ist mit der Vorderseite des Rotors 82 verbunden, die erste Seite 14 der Kapillareinrichtung 10 ist mit der Rückseite des Rotors 82 verbunden. Der an der Kapillareinrichtung 10 auftretende Netto-Gasstrom wird so zur Verrichtung mechanischer Arbeit genutzt, die wiederum durch den Wandler 84 z. B. in den Ausschlag eines Zeigermessinstruments umgewandelt wird. Alternativ wird die mechanische Leistung des Rotors 82 zum Antrieb anderer Einrichtungen genutzt. Anstelle eines Rotors ist auch jede andere Maschine verwendbar, die bei Entspannung eines Gases mechanische Leistung abgibt, beispielsweise eine Kolbenmaschine.

Figur 8 zeigt eine weitere Anwendung von Kapillareinrichtungen 10, wie sie oben beschrieben wurden. Eine oder mehrere möglichst großflächige Kapillareinrichtungen 10 sind an einer Welle 92 angebracht. Diese Welle 92 ist mit einem nicht dargestellten Zeiger verbunden. Durch den an jeder Kapillareinrichtung 10 auftretenden Netto-Gasstrom entsteht eine von der Gaszusammensetzung abhängige Druckdifferenz zwischen der ers-

ten Seite 14 und der zweiten Seite 16. Diese Druckdifferenz erzeugt ein Drehmoment, das ebenfalls von der Gaszusammensetzung abhängt. Eine ebenfalls nicht dargestellte Feder erzeugt ein Gegendrehmoment, das vom Drehwinkel abhängt. Der Drehwinkel, bei dem das durch die Kapillareinrichtungen erzeugte Drehmoment und das durch die Feder erzeugte Gegendrehmoment gleich groß sind, und somit die Stellung des Zeigers sind deshalb - in erster Näherung lineare - Funktionen der Gaszusammensetzung bzw. eines Partialdrucks eines vorbestimmten Gases in einem Gasgemisch.

Alternativ wird über die Welle 92 mechanische Leistung abgenommen, die beispielsweise zum Antrieb eines Generators oder einer anderen Vorrichtung verwendet werden kann.

Bei allen Ausführungsbeispielen werden die Längen der Kapillaren 12, 120, 122, 124, 126, 128, 130 bzw. die Längen von deren Abschnitten 44, 48, 52, 54, 56, 58, ferner der Verjüngungswinkel und das Verhältnis zwischen dem minimalen Durchmesser einer Kapillare und der mittleren freien Weglänge eines Gasteilchens vorzugsweise an die Temperatur, den Druck und das vorbestimmte Gas, dessen Vorliegen durch die Detektorvorrichtung erfasst werden soll bzw. das angereichert werden soll, angepasst.

Bei allen Ausführungsbeispielen kann eine verbesserte bzw. verstärkte Wirkung, beispielsweise ein erhöhter Druck oder Partialdruck oder eine erhöhte Druck- oder Partialdruckdifferenz, erzielt werden, indem die Vorrichtung einer Druckoszillation ausgesetzt wird. Eine solche Druckoszillation kann beispielsweise auf die Vorrichtung einwirkender Schall sein. Die Erfindung kann damit insbesondere auch zur Wandlung von Schallenergie in mechanische Energie verwendet werden.

Ansprüche

1. Detektorvorrichtung zum qualitativen oder quantitativen Erfassen des Vorliegens eines vorbestimmten Gases in einem Gasgemisch, mit:
- 5
- einer Kapillareinrichtung (10) mit einer oder mehreren Kapillaren (12; 120, 122, 124, 126, 128), die eine erste Seite (14) der Kapillareinrichtung (10) mit einer zweiten Seite (16) der Kapillareinrichtung (10) verbindet, wobei die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) sich von einer Seite zur anderen Seite der Kapillareinrichtung (10) zumindest abschnittsweise verzweigt; und
- 10
- einem mit der zweiten Seite verbundenen Druckdetektor (20).
- 15
2. Detektorvorrichtung nach Anspruch 1, ferner mit einer Gasleitung, die mit der ersten Seite (14) der Kapillareinrichtung (10) verbunden ist, zum Zuführen des Gasgemisches zu der ersten Seite (14) der Kapillareinrichtung (10).
- 20
3. Detektorvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, ferner mit:
- einer Auswerteeinrichtung (28), die mit dem Druckdetektor (20) verbunden ist, um ein Messsignal des Druckdetektors (20) zu empfangen, wobei die Auswerteeinrichtung (28) ausgebildet ist, um auf der Grundlage des Messsignals ein Ausgangssignal zu erzeugen, das anzeigt, ob das vorbestimmte Gas in dem Gasgemisch mit einer Mindestkonzentration vorliegt, oder das den Partialdruck oder den Volumen- oder Stoffmengenanteil des vorbestimmten Gases an dem Gasgemisch anzeigt.
- 25
- 30
4. Detektorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der
- 35
- der Druckdetektor (20) ein Differenzdruckdetektor zum Erfassen einer Druckdifferenz ist, und

der Druckdetektor (20) ferner mit der ersten Seite der Kapillareinrichtung (10) verbunden ist, um eine Druckdifferenz zwischen der ersten und der zweiten Seite (16) der Kapillareinrichtung (10) zu erfassen.

5
5. Gasanreicherungs Vorrichtung zum Gewinnen eines vorbestimmten Gases aus einem Gasgemisch oder zum Anreichern des vorbestimmten Gases, mit:

10

einer Kapillareinrichtung (10) mit einer oder mehreren Kapillaren (12; 120, 122, 124, 126, 128), die eine erste Seite (14) der Kapillareinrichtung (10) mit einer zweiten Seite (16) der Kapillareinrichtung (10) verbindet, wobei die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) sich von einer Seite zur anderen Seite der Kapillareinrichtung (10) zumindest abschnittsweise verzweigt;

20
einer Gaszuführung zum Zuführen des Gasgemischs, wobei die Gaszuführung mit einer der Seiten (14, 16) der Kapillareinrichtung (10) verbunden ist; und

einer Gasabführung zum Abführen des vorbestimmten Gases oder eines Gasgemischs, in dem das vorbestimmte Gas angereichert ist, wobei die Gasabführung mit der anderen Seite (14, 16) der Kapillareinrichtung (10) verbunden ist.

6. Vorrichtung zur Erzeugung mechanischer Leistung, mit:

30
einer Kapillareinrichtung (10) mit einer oder mehreren Kapillaren (12; 120, 122, 124, 126, 128), die eine erste Seite (14) der Kapillareinrichtung (10) mit einer zweiten Seite (16) der Kapillareinrichtung (10) verbindet, wobei die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) sich von einer Seite zur anderen Seite der Kapillareinrichtung (10) zumindest abschnittsweise verzweigt;

35

einer Vorrichtung (82) zur Entspannung von Gas und zur Erzeugung mechanischer Leistung, wobei die Eingangsseite der Vorrichtung (82) mit einer der Seiten (14, 16) der Kapillareinrichtung (10) verbunden ist, und die Ausgangsseite der Vorrichtung (82) mit der anderen Seite (14, 16) der Kapillareinrichtung (10) verbunden ist.

7. Vorrichtung zur Erzeugung einer Drehbewegung, mit:

10 einer Welle (92); und

einer Kapillareinrichtung (10) mit einer oder mehreren Kapillaren (12; 120, 122, 124, 126, 128), die eine erste Seite (14) der Kapillareinrichtung (10) mit einer zweiten Seite (16) der Kapillareinrichtung (10) verbindet,

wobei die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) sich von einer Seite zur anderen Seite der Kapillareinrichtung (10) zumindest abschnittsweise verjüngt, und

20 wobei die Kapillareinrichtung (10) mit der Welle (92) so verbunden ist, dass die Achse der Welle (92) näherungsweise parallel zu der ersten Seite (14) und/oder der zweiten Seite (16) ist.

25

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, ferner mit:

einem Zeiger, der mit der Welle (92) verbunden ist und deren Drehwinkel anzeigt; und

30

einer Feder, die mit der Welle verbunden ist und auf diese ein vom Drehwinkel abhängiges Drehmoment erzeugt,

wobei die Vorrichtung zur Anzeige einer Gaszusammensetzung oder eines Partialdrucks eines vorbestimmten Gases in einem Gasgemisch durch die Stellung des Zeigers vorgesehen ist.

35

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der der Querschnitt der Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) von einer Seite zur anderen Seite der Kapillareinrichtung (10) stetig variiert.

5

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der die Querschnittsfläche der Kapillare (12; 120, 124) von einer Seite zur anderen Seite der Kapillareinrichtung (10) zunimmt.

10 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der die Querschnittsfläche der Kapillare (120, 122, 124, 126) über eine Länge, die größer als die Hälfte der Länge der Kapillare (120, 122, 124, 126) ist, stetig zunimmt.

15 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) einen im Wesentlichen kreisförmigen oder elliptischen Querschnitt aufweist.

20 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei der die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) einen im Wesentlichen trichterförmigen oder kegelförmigen Abschnitt aufweist.

25 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei der der minimale Querschnitt der Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) mindestens in einer Richtung kleiner ist als die mittlere freie Weglänge des vorbestimmten Gases bei den vorgesehenen Bedingungen.

30 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei der der minimale Querschnitt der Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) mindestens in einer Richtung höchstens doppelt so groß wie die mittlere freie Weglänge des vorbestimmten Gases bei den vorgesehenen Bedingungen ist.

35

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei der die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) so ausgebildet

ist, dass atomare Gase mit einer anderen Rate durch die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) hindurchtreten als molekulare Gase.

5 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei der die Kapillare (12, 120, 122, 124, 126, 128) so ausgebildet ist, dass das vorbestimmte Gas mit einer anderen Rate durch die Kapillare (12, 120, 122, 124, 126, 128) hindurchtritt als andere Komponenten des Gasgemischs.

10

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei der die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) so ausgebildet ist, dass atomare Gase mit einer anderen Rate von der ersten Seite (14) zur zweiten Seite (16) der Kapillareinrichtung
15 (10) durch die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) hindurchtreten als in der anderen Richtung.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei der die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) so ausgebildet
20 ist, dass das vorbestimmte Gas mit einer anderen Rate von der ersten Seite (14) zur zweiten Seite (16) der Kapillareinrichtung (10) durch die Kapillare (12; 120, 122, 124, 126, 128) hindurchtritt als in der anderen Richtung.

25 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei die Kapillareinrichtung (10) eine Mehrzahl von Kapillaren (12; 120, 122, 124, 126, 128) aufweist, die gleiche Eigenschaften aufweisen und die erste Seite (14) der Kapillareinrichtung (10) mit der zweiten Seite (16) der Kapillareinrichtung (10)
30 verbinden.

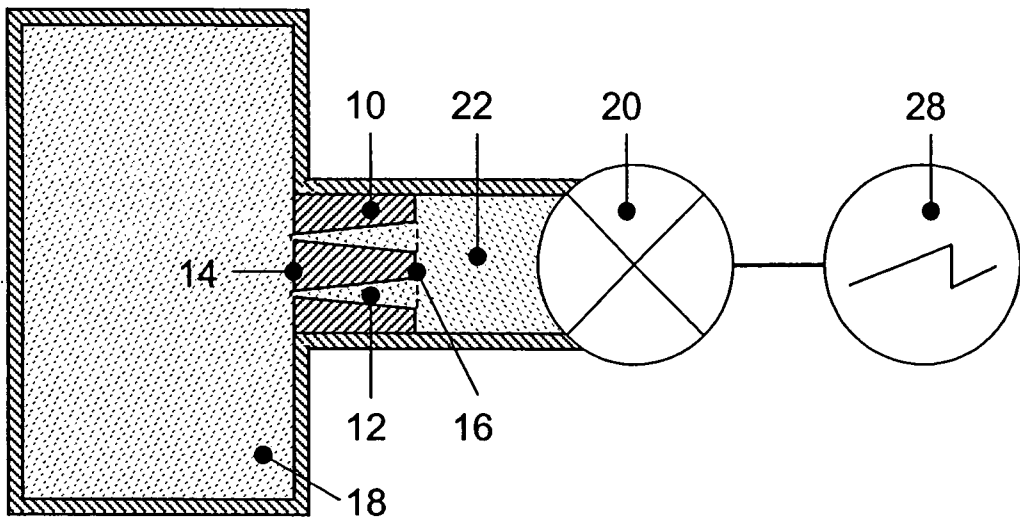


Fig. 1

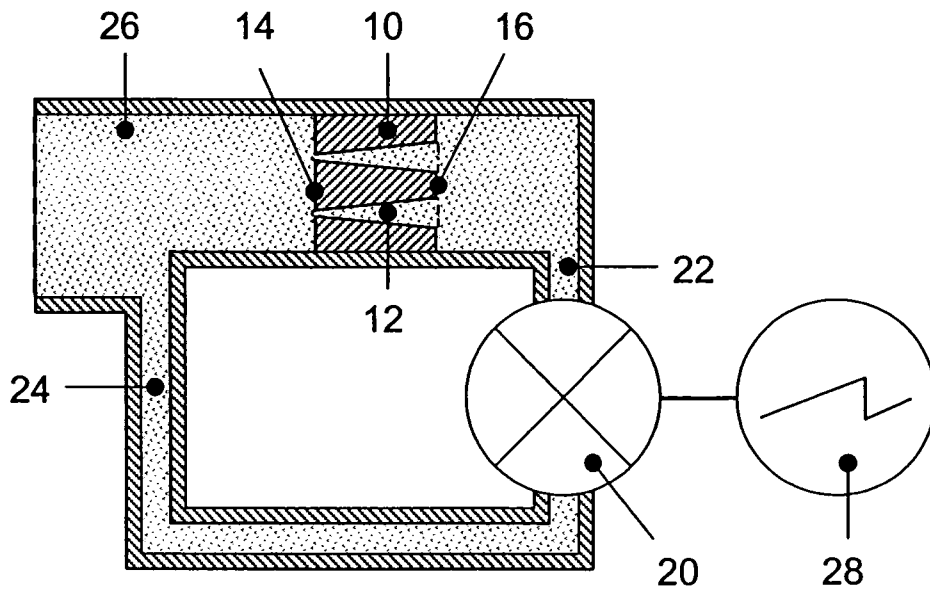


Fig. 2

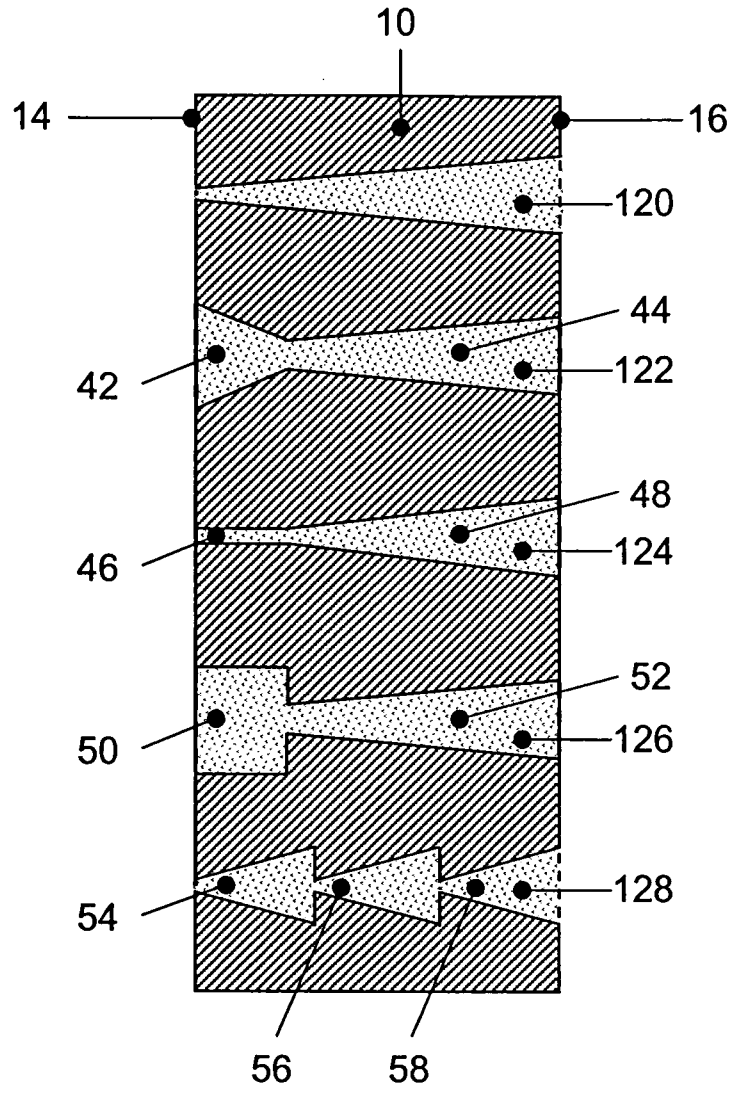


Fig. 3

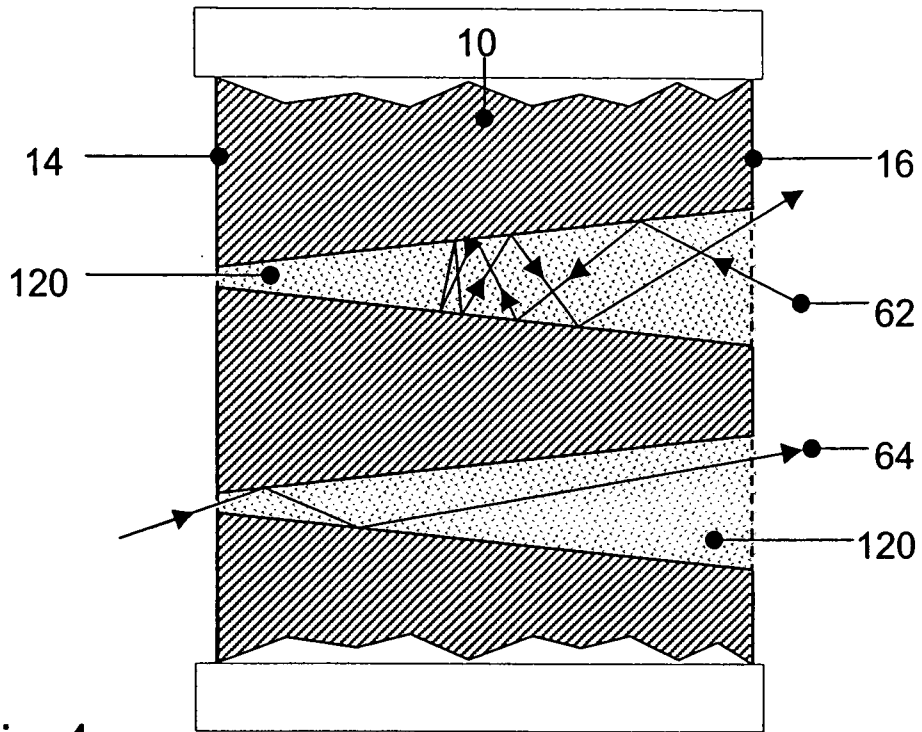


Fig. 4

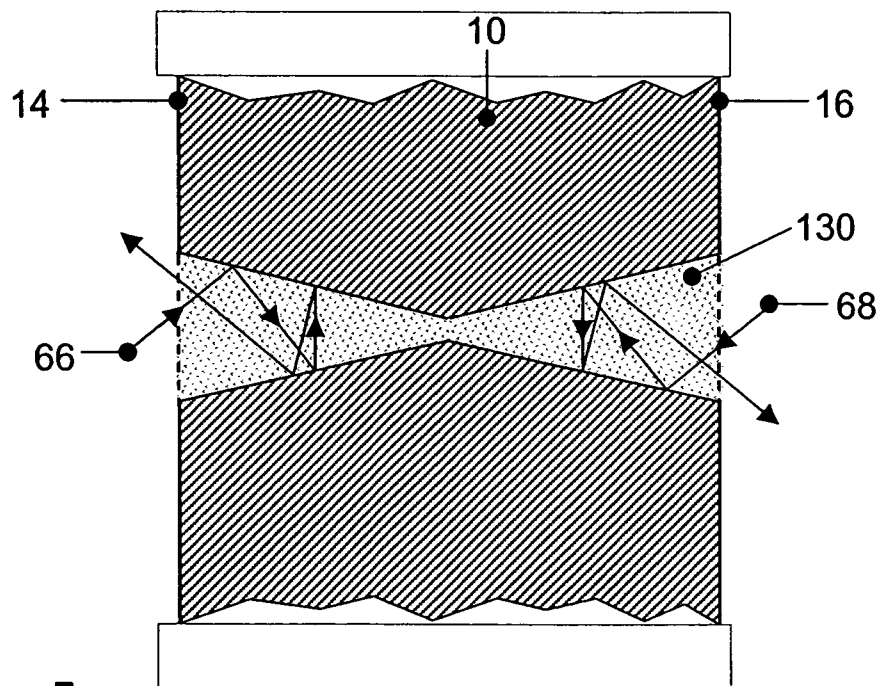


Fig. 5

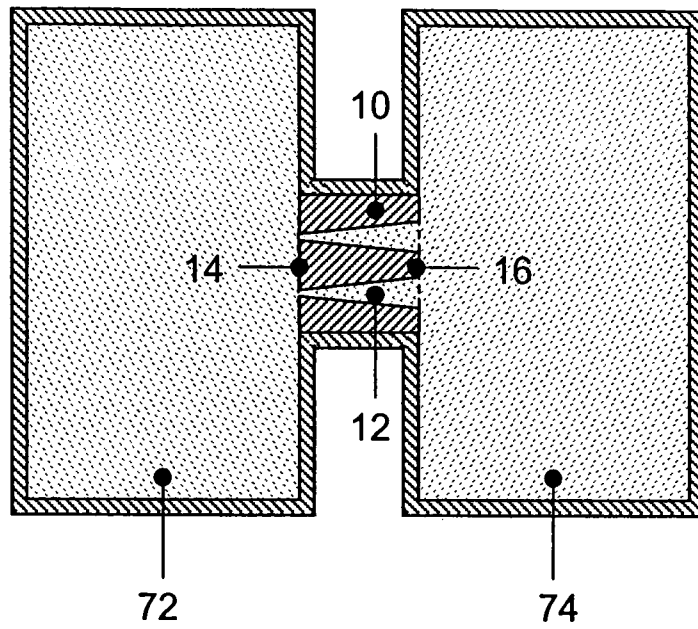


Fig. 6

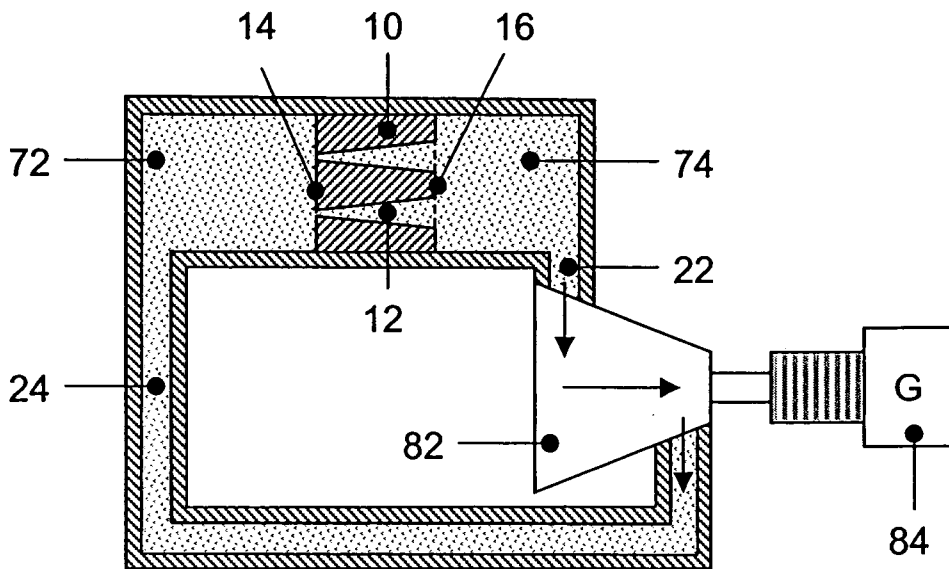


Fig. 7

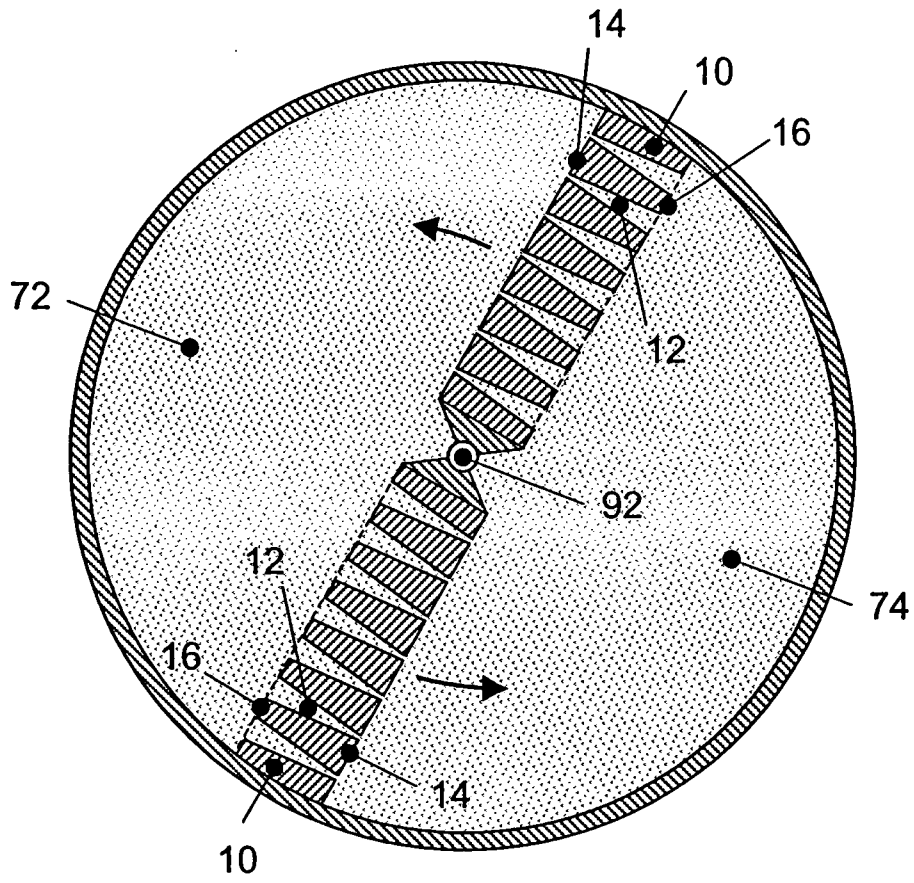


Fig. 8