(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 055 157 B3** 2008.04.30

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 055 157.5**
(22) Anmeldetag: **22.11.2006**
(43) Offenlegungstag: **–**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **30.04.2008**

(51) Int Cl.[8]: ***G01N 21/31*** (2006.01)
G01N 21/01 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

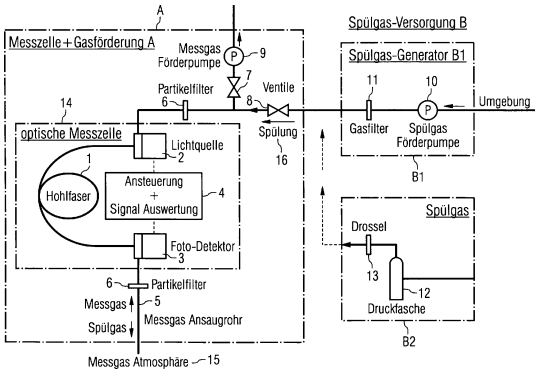
(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Fleischer, Maximilian, Dr., 85635 Höhenkirchen-Siegertsbrunn, DE; Lampe, Uwe, Dr., 21614 Buxtehude, DE; Strzoda, Rainer, 81825 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
WO 2006/0 33 635 A1
WO 2005/0 31 354 A2
WO 00/64 492 A1

(54) Bezeichnung: **Optische Messzelle und Gasmonitor**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine optische Messzelle für Gasabsorptionsmessungen beschrieben, mit mindestens einer Lichtquelle (2), zur Einbringung von Licht in ein Messvolumen, mit mindestens einem in Bezug auf das Messvolumen und in Richtung der Lichtausbreitung der Lichtquelle ungefähr gegenüberliegenden Fotoempfänger (3) zur Aufnahme von durch das Messvolumen geführtem Licht, wobei mittels einer Auswerteeinheit (4) die Konzentration von einem oder mehreren Zielgasen im Messgasvolumen ermittelbar ist und wobei das Messvolumen durch das innere Volumen einer Hohlfaser (1) dargestellt ist, deren Innendurchmesser im Wesentlichen weniger als 1 mm beträgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine optische Messzelle für Gasabsorptionsverfahren und einen Gasmonitor.

[0002] Bei der Photometrie und optischen Spektroskopie zur Bestimmung der Konzentration einer Gaskomponente in einem Messgas mittels Absorptionsmessung besteht bei der Messküvette das Problem, dass die Transmission der leeren Küvette ohne vorhandenes Zielgas, also ohne Absorption durch das zu messende Zielgas, bekannt sein muss, um das Zielgas durch Auswertung der gasabhängigen Absorption bestimmen zu können.

[0003] Eine bekannte Lösung besteht darin die Küvette mit einem Gas aus einem Reservoir, beispielsweise einer Druckgasflasche, zu spülen, das die zu messende Gaskomponente nicht enthält und auch nicht im verwendeten Wellenlängebereich absorbiert. Hier ist beispielsweise Stickstoff einsetzbar, wenn als Messgas Umgebungsluft verwendet wird. Da herkömmliche Messzellen je nach Anwendung allgemein große Volumina aufweisen, wie typisch > 100 cm^3 bis mehrere Liter, benötigt man für jede Spülung ein Vielfaches des Messzellenvolumens an Spülgas, was bei kontinuierlich laufenden bzw. einer großen Anzahl von Messvorgängen zu einem erheblichen Gasverbrauch führt.

[0004] Aus der WO 06/033635 A1 ist eine Vorgehensweise zur optischen Gasmessung mittels Absorption bekannt. Hierzu wird Licht einer breitbandig emittierenden Lichtquelle über Lichtwellenleiter zu einer Gasmesszelle geleitet. Nach Durchtritt durch die Gasmesszelle tritt das Licht wieder in einen Lichtwellenleiter und erreicht schließlich einen Detektor. Dabei wird das Licht auf der Strecke mittels Faser-Bragg-Gittern in Anteile verschiedener Wellenlängen zerlegt und verzögert. Referenzlicht kann erzeugt werden, indem Teile des Lichts über eine Verzögerungsschleife an der Gasmesszelle vorbeigeleitet wird.

[0005] Aus der WO 05/031354 A2 ist ein Messaufbau für bioanalytische Messungen an Gasen und Flüssigkeiten bekannt. Der Aufbau sieht eine oder mehrere Messröhren vor, die in einfacher Weise dem Aufbau entnehmbar und einbaubar sind. Die Messröhren können dabei auch Hohlfasern mit einem Durchmesser von zwischen 5 µm und 1000 µm sein. Die Messröhren sind dabei auf ihrer Innenwand in jedem Fall mit „capture agents" belegt. Diese sorgen über eine Anbindung der Analyte für das eigentliche Messsignal.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde zur Erzeugung eines stabilen Null eines optischen Gassensorsystems, bei beispielsweise festliegenden Wellenlängen und nicht scannendem System, eine Messstrecke zu beschreiben, die unabhängig von Veränderungen/Verschmutzungen des optischen Messaufbaus, oder der Messküvette ist und durch ein möglichst kleines Messgasvolumen ausgezeichnet ist.

[0007] Die Lösung geschieht mittels der jeweiligen Merkmalskombination der Ansprüche 1 bzw. 9.

[0008] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den jeweiligen Unteransprüchen zu entnehmen.

[0009] Zur Messung der gasabhängigen Absorption werden mindestens eine Hohlfaser eingesetzt mit typischen Durchmessern im Sub-Millimeter Bereich. Dabei werden sowohl das zu messende Gas wie auch das für die Absorptionsmessung verwendete Licht in den stirnseitig offenen Kern der Hohlfaser geführt. Die Einkopplung des Lichtes erfolgt dabei in der Längsrichtung der Hohlfaser: durch die auftretenden flachen Reflexionswinkel werden derart gute Reflexionseigenschaften erzeugt, dass das Licht selbst bei stark gekrümmter Hohlfaser, insbesondere Glasfaser, mehrere Meter weit ohne signifikante Verluste geführt werden kann.

[0010] Mit Hohlfasern erreicht man den besonderen Vorteil einer großen Absorptionsstrecke und damit einen sensitiven Gasnachweis bei einem geringen Messzellenvolumen. Ein Meter einer Hohlfaser mit 0,5 mm Durchmesser weist z.B. ein Volumen von ca. 0,2 cm^3 auf. Zur Spülung einer solchen Faser sind also nur wenige cm^3 Spülgas erforderlich. Eine 3-Liter-Flasche Spülgas mit einem Druck von 200 bar reicht bei einer wiederkehrenden Messung im 10 Minuten-Takt und einem Gasverbrauch von ca. 1 cm^3 Gas pro Spülung für mehr als zehn Jahre, um die Messapparatur mit Spülgas zu versorgen. Damit kann ein autarker Messaufbau realisiert werden, der ohne Nachführung von Hilfsmedien, z.B. zum Spülen, während seiner Lebensdauer auskommt.

[0011] Es ist vorteilhaft die Spülgas-Versorgung B, bestehend aus einem Reservoir B2, wie Gasdruckflasche, durch einen Spülgasgenerator B1, bei dem das Spülgas in einem Reinigungsvorgang direkt erzeugt wird, zu ersetzen. Theoretisch besteht der Aufbau dann aus der optischen Messzelle **14** und dem Spülgas-Generator B1, der wiederum im Wesentlichen aus einer Gasförderpumpe **10** und einem Gasfilter **11** besteht.

[0012] Die Erfindung beruht im Wesentlichen auf der Kombination der Verwendung einer Hohlfaser als optische Messzelle mit ihrem typischen Volumen. Dies ist abhängig von der Faserlänge und liegt im Bereich von in der Regel weniger als oder gleich 1 cm^3 pro Meter Faserlänge, womit reduzierte Anforderungen an die über viele Spülzyklen aufsummierte nach-

zufüllende Menge des benötigten Spülgases gestellt werden. Die Anforderungen an die Spülgasversorgung lassen sich mit kleinvolumigen Gasflaschen bzw. Spülgas-Generatoren, wie oben beschrieben erfüllen.

[0013] Bei Gasmessungen über einen längeren Zeitraum ergibt sich der Vorteil, dass über einen beträchtlichen Zeitraum keine Nachfüllung im Vorrat von Hilfsgas/Spülgas für den Messaufbau erforderlich ist, falls eine Gasdruckflasche zur Lieferung von Spülgas eingesetzt wird. Damit ergibt sich die Möglichkeit autarke Gasmonitore bereit zu stellen, die geringsten Wartungsaufwand bzgl. des Hilfsgases aufweisen. Auf Grund der kompakten Komponenten wie Hohlfaser, Spülgasgenerator, können auch tragbare hoch sensitive Gasmonitore nach diesem Messprinzip realisiert werden.

[0014] Im Folgenden werden mit Bezug auf die begleitende Figur die Erfindung nicht einschränkende Ausführungsbeispiele beschrieben:

[0015] Die Figur zeigt eine Messzelle mit Gasförderung A, die eine optische Messzelle **14** mit einer Hohlfaser **1** aufweist.

[0016] Die Figur stellt im Detail ein Ausführungsbeispiel der Erfindung vor. Die Anordnung besteht aus der optischen Messzelle **14**, der Messgasförderung und der Spülgasförderung, sowie einer Spülgas-Versorgung. Die optische Messzelle umfasst die Hohlfaser **1** als Absorptionsmesszelle mit der Lichtquelle **2**, dem Foto-Detektor **3** und der Ansteuerung- und Auswerteschaltung **4**.

[0017] Die Messgasförderung umfasst das Messgas-Ansaugrohr **5**, je ein optionales kleinporiges Partikelfilter **6** und nach der Hohlfaser **1**, ein Ventil **7** vor der Messgasförderpumpe **9**, sowie einen Gasauslass. Ein Ventil **8** schließt die Messzelle mit Gasförderung A in Richtung auf die Spülgas-Versorgung B ab. Die Spülgas-Versorgung kann aus einer Spülgas-Druckflasche B2 bestehen. Vorteilhaft ist jedoch der Einsatz einer Spülgas-Versorgung mittel eines Spülgas-Generators B1, der ein Spülgas erzeugt, welches kein bei einer Messung zu detektierendes Gas enthält. Der Spülgas-Generator B1 umfasst die Gasförderpumpe **10** und den eigentlichen Gaserzeuger. Alternativ besteht der Spülgasgenerator aus einem Spülgas Reservoir, beispielsweise einer Druckgasflasche **12** mit der Drossel **13** zur Einstellung des Gasflusses.

Ablauf eines Messzyklus:

– Spülzyklus: Die Spülgaspumpe **10** ist in Betrieb und das Ventil **8** ist geöffnet, während das Ventil **7** geschlossen ist. Die Messgas Förderpumpe **9** ist ausgeschaltet. Das Spülgas durchströmt die Hohlfaser **1** und spült die Messgasreste zurück in die Messgas-Atmosphäre **15**. Nach ausreichender Spülzeit erfolgt eine optische Absorptionsmessung, zunächst die Nullmessung. Die an einem mit Spülgas gefüllten Gasvolumen in der Hohlfaser durchgeführt wird.
– Messzyklus: Das Ventil **8** wird geschlossen, das Ventil **7** wird geöffnet, die Spülgaspumpe **10** wird ausgeschaltet und die Messgaspumpe **9** in Betrieb gesetzt. Jetzt strömt das Messgas durch die Hohlfaser **1** und es wird eine optische Transmissionsmessung durchgeführt. Das Verhältnis der Transmission einmal mit Messgas und einmal mit Spülgas (Nullmessung) ergibt die gasabhängige Transmission, unabhängig von der Grundtransmission der Absorptionsstrecke, der Hohlfaser. Der Vorgang erfolgt analog, wenn das Spülgas aus einer Druckgasflasche **12** bereitgestellt wird.

[0018] Im Ausführungsbeispiel durchströmen Messgas und Spülgas die Hohlfaser in entgegen gesetzter Richtung. Durch Umkehr der Förderrichtung der Messgas-Förderpumpe lässt sich auch eine Durchströmung der Hohlfaser für beide Gase in gleicher Richtung realisieren.

Beispiele für Spülgas-Generatoren:

1. Erfolgt die Gaskonzentrationsmessung z.B. in einer Wasserstoff-Atmosphäre, dann besteht das Gasfilter aus einer geheizten Palladium-Membran, die vergleichbar mit einer Pd-Diffusionszelle ist. Die benötigte Druckdifferenz wird von einer Gasförderpumpe bereitgestellt. Dem Filter wird der kontaminierte Wasserstoff zugeführt. Da durch Pd nur Protonen diffundieren können, ergibt sich auf der Sekundärseite reiner Wasserstoff, der als Spülgas genutzt werden kann.
2. Erfolgt die Messung in Luft oder einer Sauerstoffatmosphäre bietet sich eine Sauerstoffionen leitende Pumpzelle, beispielsweise aus ca. 600°C heißem Zirkonoxid, als Sauerstofflieferant an. Zwischen der Primärseite und der Sekundärseite der geheizten Zirkonoxid-Keramik wird eine Spannung angelegt, die zu einem Sauerstoff Transport durch die Keramik führt. Auf der Sekundärseite liegt reiner Sauerstoff vor, der als Spülgas genutzt werden kann. Eine zusätzliche Pumpe entfällt bei dieser Ausführung, weil die Pumpwirkung schon im Prinzip der Zelle enthalten ist. Das Referenzgas Sauerstoff kann gemäß diesem Prinzip auch durch die elektrochemische Zersetzung weiterer Sauerstoff haltiger Gase erzeugt werden, wie H2O, CO2, CO, NO, NO2.
3. Wasserstoff bzw. Sauerstoff lassen sich in der Flüssigphase durch Elektrolyse von angesäuertem Wasser darstellen. Je nach gewünschtem Gas kann das an der Kathode oder das an der Anode erzeugte Gas separat zum Spülen benutzt werden. Die Elektrolyse wird immer erst dann in

Gang gesetzt, wenn Bedarf an Spülgas ist. Benötigt wird eine Elektrolysezelle und ggf. eine Gasförderpumpe. Eine Solche Einheit kann über mehrere Jahre betrieben werden, wenn nur die oben genannten geringen Spülgasmengen benötigt werden.

4. Die für die Spülung erforderlichen geringen Mengen von Spülgas können durch bekannte chemische Reaktionen in der erforderlichen Menge und Reinheit hergestellt werden. Beispiele für solche Methoden der Herstellung von Spülgasen sind:

4a. Darstellung von Wasserstoff:

Auflösung von Aluminium oder Silizium in konz. Alkalilauge Al + NaOH + 3 H2O → Na[Al(OH)4] + 3/2 H2 Die Reaktion wird durch das Hinzufügen des Al zur Natronlauge gestartet. Wenn eine ausreichende Gasmenge erzeugt ist, wird die Zufuhr des Al gestoppt. Die Apparatur besteht aus je einem Vorratsbehälter für die NaOH und dem Al, beispielsweise in Form von Spänen, eine Dosiereinrichtung für die Aluminiumspäne und eine Gasförderpumpe. Der Aufbau kann abhängig von den Chemikalienvorräten, und der Zahl der Spülzyklen über mehrere Jahre Spülgas liefern.

4b. Darstellung von Stickstoff:

Luft wird über glühendes Kupfer geleitet, durch dass der Sauerstoff vollständig entzogen werden kann. Übrig bleibt ein Gemisch von Stickstoff mit 1% Argon, der jedoch nicht stört. Hier wird neben dem Cu und der Heizung für das Cu noch eine Gasförderpumpe benötigt. Der Vorgang wird nur in Gang gesetzt, wenn die Messzelle gespült werden soll. Es ist eine Wartung im Wesentlichen nur für den Ersatz des Kupfers nötig. Abhängig von der Zahl der Spülzyklen und der benötigten Gasmenge kann die Vorrichtung mehrere Jahre ohne Wartung benutzt werden.

4c. Darstellung von Sauerstoff:

Sauerstoff kann in genau berechenbaren Mengen dargestellt werden, indem einer mit Schwefelsäure angesäuerten Lösung von Wasserstoffperoxid Kaliumpermanganatlösung zugetropft wird. Hier werden zwei Vorratsbehälter für die Chemikalien benötigt, die dosiert in ein Reaktionsgefäß geleitet werden, sowie eine Gasförderpumpe. Der Vorgang kann wie folgt ablaufen:

Wenn eine Spülung gestartet werden soll wird ein der gewünschten Sauerstoffmenge entsprechendes Volumen an Wasserstoffperoxid in dem Reaktionsgefäß vorgelegt und das Kaliumpermangant zugetropft.

[0019] Eine Alternative Methode der Darstellung von Sauerstoff ist die Zersetzung von Kaliumchlorat oder Kaliumpermanganat durch Erhitzen. Bei Beginn des Spülvorganges wird die Chemikalie solange erhitzt, bis eine ausreichende Menge Gas erzeugt ist. Dann stoppt man den Vorgang durch Abkühlen. Hier wird nur das Vorratsgefäß, evtl. ein Reaktionsgefäß, eine Dosiervorrichtung für die Chemikalie und eine Gasförderpumpe benötigt. Es muss nur der Vorrat an Chemikalien ergänzt werden, die Menge bestimmt den zeitlichen Abstand der Wartung.

5. Reinigung von Luft mit Adsorptionsfallen für Wasser und Kohlendioxid: Wasserdampf lässt sich bei der Durchleitung durch Trocknungsmittel (Silicagel oder $CaCl_2$) aus dem Luftstrom entfernen. CO_2 kann durch Reaktion mit CaO aus der Luft entfernt werden. Es werden nur die Chemikalienbehälter sowie eine Gasförderpumpe benötigt. Die Vorrichtung für das Gastrocknen kann durch einfaches Erhitzen regeneriert werden, das CaO wird verbraucht und muss nachgefüllt werden. Das Wartungsintervall richtet sich nach der Größe der Chemikalienvorräte und dem Bedarf an Spülgas.

[0020] Auf Grund des geringen Volumens der Messzelle und der geringen benötigten Spülgasmengen aufgrund des Einsatzes einer Hohlfaser als optische Messzelle lassen sich Spülgas-Generatoren auch kompakt ausführen. Dies ermöglicht die Realisierung von so genannten Gasmonitoren in kompakter Form, da nicht nur die Gasabsorptions-Messzelle, sondern auch die Spülgas-Versorgung klein ausgelegt sind bzw. ausgelegt werden können.

Patentansprüche

1. Optische Messzelle für Gasabsorptionsmessungen,
– mit mindestens einer Lichtquelle (**2**), zur Einbringung von Licht in ein Messvolumen,
– mit mindestens einem in Bezug auf das Messvolumen und in Richtung der Lichtausbreitung der Lichtquelle ungefähr gegenüberliegenden Fotoempfänger (**3**) zur Aufnahme von durch das Messvolumen geführten Lichts,
wobei mittels einer Auswerteeinheit (**4**) die Konzentration von einem oder mehreren Zielgasen im Messgasvolumen ermittelbar ist, wobei
– das Messvolumen durch das innere Volumen einer Hohlfaser (**1**) dargestellt ist, deren Innendurchmesser im Wesentlichen weniger als 1 mm beträgt und
– eine Gasfördereinrichtung zur Beschickung des Messvolumens mit entweder Messgas oder Spülgas vorhanden ist.

2. Optische Messzelle nach Anspruch 1, bei der Innenflächen der Hohlfaser im Wesentlichen Licht reflektierend ausgebildet sind.

3. Optische Messzelle nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Gasfördereinrichtung zur Beschickung des Messvolumens mit Spülgas durch eine Spülgas-Druckflasche (B2) dargestellt ist.

4. Optische Messzelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der die Gasfördereinrichtung

zur Beschickung des Messvolumens mit Spülgas von einem Spülgas-Generator (B1) dargestellt ist.

5. Optische Messzelle nach Anspruch 4, bei der der Spülgas-Generator (B1) durch eine Pumpe (**10**) und einen Gasfilter (**11**) dargestellt ist.

6. Optische Messzelle nach Anspruch 4, bei der der Spülgas-Generator (B1) das Spülgas mittels einer oder mehrerer chemischer Reaktionen generiert.

7. Optische Messzelle nach Anspruch 5 oder 6, bei der der Spülgas-Generator (B1) mittels einer Pumpe (**10**) und einem Gasgenerator dargestellt ist, zur Zufuhr von Spülgas zu der Messzelle, welches aus einem Gas oder Gasgemisch besteht, das ein in einer Zielgasmessung zu detektierendes Gas nicht enthält.

8. Optische Messzelle nach Anspruch 5, bei der zwischen Lichtquelle und Hohlfaser und/oder zwischen Fotoempfänger und Hohlfaser eine Optik zur Optimierung der Koppeleffizienz angeordnet ist.

9. Gasmonitor mit einer optischen Messzelle und einer Gasförderung (A) und einer Spülgas-Versorgung (B) entsprechend einem der vorangehenden Ansprüche, zur Detektion und Anzeige eines bestimmten Zielgases, wobei eine positive Zielgasmessung ein Signal generiert.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

