



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 221 839 A1

4(51) G 01 N 21/61

## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) , WP G 01 N / 260 647 2

(22) 07.03.84

(44) 02.05.85

(71) VEB Kombinat Medizin- und Labortechnik Leipzig, 7035 Leipzig, Franz-Flemming-Straße 43-45, DD

(72) Wünschmann, Wolfgang, Dr.-Ing.; Mildner, Johannes, Dr.-Ing.; Gampe, Horst, Dipl.-Ing., DD

(54) Infrarot-Gasanalysator

(57) Die Erfindung betrifft einen Infrarot-Gasanalysator für die Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atemluft eines Patienten bei der Narkose- und Intensivtherapiebeatmung nach dem Zweistrahlverfahren mit monochromatischer Modulation. Aufgabe der Erfindung ist es, einen Infrarot-Gasanalysator zu entwickeln, der die in der Inspirationsphase der Atmung auftretenden CO<sub>2</sub>-Anteile erfaßt und der direkt im Atemstrom des Patienten angeordnet ist. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß das Schmalbandinterferenzfilter einerseits über die mit Fenstern versehene Meßküvette und über eine mittels elektromechanischem Antrieb bewegte Blende mit einer thermischen Strahlungsquelle, deren Strahlengang von einem Reflektor gebündelt ist, und andererseits über eine Bündelungseinrichtung mit einem Detektor verbunden ist.

## Infrarot-Gasanalysator

### Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft einen Infrarot-Gasanalysator für die Messung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atemluft eines Patienten nach dem Zweistrahlverfahren mit monochromatischer Modulation, mit einer Strahlungsquelle, einer Meßküvette, einem Interferenzfilter, einem Detektor, einer Sammellinse und Elektromagneten.

Der Infrarot-Gasanalysator wird vorzugsweise in der Beatmungsüberwachung während der Narkose- oder Intensivtherapiebeatmung eingesetzt.

### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Es sind Einstrahlanalysatoren nach dem Wechsellichtverfahren bekannt, die speziell für die Messung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der respiratorischen Diagnostik eingesetzt werden.

Eine Gasmeßvorrichtung ist so aufgebaut, daß in der Meßküvette ein austauschbares Meßküvettenrohr in einer als stabile Aufwärmanordnung ausgebildeten Halterung, die eine Lichtquelle, ein Linsensystem, ein Interferenzfilter und einen Fotodetektor enthält, angeordnet ist. Die Konstruktion und die Wirkungsweise beruht auf der Tatsache, daß sich der Anteil des  $\text{CO}_2$  in der

Atemluft periodisch ändert, wobei in der Expirationsphase ein Maximum erreicht wird, während der Anteil des  $\text{CO}_2$  in der Inspirationsphase vernachlässigbar klein ist. Die Inspirationsphase jedes Atemzuges wird genutzt, um das für die Absolutmessung notwendige Vergleichssignal der Strahlungsintensität bei einer  $\text{CO}_2$ -Konzentration gleich Null aus dem gleichen Strahl zu gewinnen (DE-OS 2 442 589). Nachteilig bei den Einstrahlanalysatoren nach dem Wechsellichtverfahren ist, daß es zu einer unbemerkten Fehlanzeige der  $\text{CO}_2$ -Konzentration kommt, sobald die Bedingung  $\text{CO}_2$ -freier Inspirationsluft nicht mehr erfüllt ist.

Weiterhin sind Zweistrahlanalysatoren mit Selektivmodulation bekannt, die prinzipiell dadurch charakterisiert sind, daß die Meßküvette, in welcher sich das zu analysierende Gasgemisch befindet, alternierend von Strahlen passiert wird, die mittels mehrerer Interferenzfilter auf unterschiedliche Wellenlängenbereiche selektiert werden, wobei die Strahlen den gleichen Weg durch die Küvette nehmen. Es erfolgt lediglich eine zeitliche Trennung von Meß- und Vergleichsstrahl.

Ein Strahl wird auf die Meßwellenlänge selektiert und der zweite Strahl liegt mit seiner Wellenlänge außerhalb der Absorptionsbanden des zu analysierenden Gasgemisches. Die Signalverarbeitung kann auf dem Quotientenverfahren beruhen (DD-PS 156 881).

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, mit Hilfe einer Modulationseinrichtung und eines pyroelektrischen Detektors eine Differenzbildung von Meß- und Vergleichssignal bereits im optischen Teil des Analysators zu erreichen (DD-PS 159 367). Die Zweistrahlanalysatoren mit Selektivmodulation sind sehr kostenintensiv, da die verwendeten Interferenzfilter und die weiterhin benötigten optischen Bauelemente kostenbestimmend sind.

Eine weitere Vorrichtung zum Nachweis eines Gasbestandteiles in einem Probengas enthält eine Strahlungsquelle, die eine

Strahlung mit Wellenlängen in einem ausgewählten Spektralbereich abgibt, einen Detektor, der die Strahlung in dem ausgewählten Spektralbereich nachweist, eine Anzahl von Referenzzellen, von denen jede ein Referenzgas enthält und deren Anteil an dem nachzuweisenden Probengas bekannt ist, eine Probenzelle, die eine Menge des Probengases mit dem nachzuweisenden Gasbestandteil enthält, eine Vorschubeinrichtung, die die Referenzzellen und die Probenzelle nacheinander in den Strahlengang zwischen der Strahlungsquelle und dem Detektor einführt und der Detektor auf die einfallende Strahlung anspricht, wenn eine der Referenzzellen oder die Probenzelle sich in dem Strahlengang befinden und eine Anzahl von Detektorausgangssignalen erzeugt, deren Amplitudenwerte abhängig von der Menge des Probengases sind, das sich in den Referenzzellen bzw. der Probenzelle befindet und diese Signale zum Nachweis der  $\text{CO}_2$ -Konzentration des Gasbestandteiles in dem Probengas dienen (DE-OS 2 604 381).

Die Zweistrahlanalytoren mit monochromatischer Modulation sind meist mit Chopperrädern in Form von Lochblenden oder Filterrädern ausgestattet, die einem relativ schnellen Verschleiß und einer gewissen Lage- und Vibrationsabhängigkeit unterliegen.

#### Ziel der Erfindung:

Das Ziel der Erfindung besteht darin, einen Infrarot-Gasanalytator zu entwickeln, der auf dem Infrarot-Absorptionsprinzip beruht, der auf periodisch bewegte Elemente zum Zweck des Vergleiches zwischen Meß- und Vergleichskanal verzichtet, der über eine hohe zeitliche Stabilität verfügt und der kompakt in seinem Aufbau und dabei kostengünstig herstellbar ist.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung:

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Infrarot-Gasanalytator zu schaffen, der die in der Inspirationsphase der Atmung auftretenden  $\text{CO}_2$ -Anteile erfaßt und der direkt im Atemstrom des Patienten eingesetzt werden kann.

Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, die Intensitätsmodulation der Infrarot-Strahlung durch eine Modulation der elektrischen Leistung der Strahlungsquelle zu realisieren. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß das Schmalbandinterferenzfilter einerseits über die mit Fenstern versehene Meßküvette und über eine mittels elektromechanischem Antrieb bewegte Blende mit einer thermischen Strahlungsquelle, deren Strahlengang von einem Reflektor gebündelt ist, und andererseits über eine Bündelungseinrichtung mit einem Detektor verbunden ist. Der Strahlengang der thermischen Strahlungsquelle kann durch einen Meßkanal über die Meßküvette zum Schmalbandinterferenzfilter oder durch einen Vergleichskanal direkt zum Schmalbandinterferenzfilter gerichtet sein. Dabei kann die von Steuerimpulsen bewegte Blende den Meßkanal oder den Vergleichskanal in zeitlich wählbaren Abschnitten öffnen.

#### Ausführungsbeispiel:

Die erfindungsgemäße Lösung soll anhand einer Zeichnung und eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Wie in Fig. dargestellt, besteht der Infrarot-Gasanalysator aus einer thermischen Strahlungsquelle 1, einem Reflektor 2, einer Blende 3, welche mit elektromechanischem Antrieb 4 bewegt wird, einer Meßküvette 5, welche mit zwei Fenstern 6 versehen ist, einem Schmalbandinterferenzfilter 7, einer Bündelungseinrichtung 8 und einem Detektor 9.

Das Schmalbandinterferenzfilter 7 ist einerseits über die mit Fenstern 6 versehene Meßküvette 5 und über die mit elektromechanischem Antrieb 4 bewegte Blende 3 mit der thermischen Strahlungsquelle 1, deren Strahlengang von dem Reflektor 2 gebündelt ist, und andererseits über die Bündelungseinrichtung 8 mit dem Detektor 9 verbunden.

Die thermische Strahlungsquelle 1, die durch einen impulsförmigen Strom gespeist wird, emittiert Infrarot-Strahlung, deren Intensität durch den Impulsstrom moduliert ist.

Der vom Reflektor 2 gebündelte Strahlengang gelangt, abhängig von der durch den elektromechanischen Antrieb 4 bewegten Blende 3,

entweder durch dem Meßkanal über die Meßküvette 5 zum Schmalbandinterferenzfilter 7 oder durch einen Vergleichskanal direkt zum Schmalbandinterferenzfilter 7. Die selektivierte Strahlung, die aus dem Schmalbandinterferenzfilter 7 austritt, wird von der Bündelungseinrichtung 8 auf die Fläche des Detektors 9 gerichtet, der eine Ausgangsspannung abgibt.

Die Strahlung passiert während der Zeit  $t_1$  die Meßküvette 5, durch welche das Atemgas strömt, und fällt über die Bündelungseinrichtung 8 auf den Detektor 9, dessen Ausgangsspannung der weiteren Signalverarbeitung (nicht gezeichnet) zugeführt wird. Während einer Zeitdauer  $t_2$ , deren Beginn und Ende nach einem wählbaren Programm gesteuert wird, schließt die Blende 3 den Meßkanal und öffnet den Vergleichskanal. Die Strahlung passiert diesen Vergleichskanal, der  $\text{CO}_2$ -freie Luft enthält, und fällt auf den Detektor 9. Dabei kann der Vergleichskanal durch ein oder mehrere Referenzelemente (nicht gezeichnet) gebildet werden. Die vom Detektor 9 während der Zeit  $t_2$  abgegebene Ausgangsspannung wird in einem elektronischen Speicher (nicht gezeichnet) festgehalten und als Referenzsignal verwendet. Die Ermittlung des Referenzsignals aus dem Vergleichskanal erfolgt vorzugsweise während der Inspirationsphase. Dabei kann die Zeitdauer  $t_2$  viel kleiner als die Zeit  $t_1$  sein.

Die Meßküvette 5 ist als Durchflußküvette gestaltet und direkt im Atemstrom angeordnet. Die Fenster 6 der Meßküvette 5, welche aus einem infrarotdurchlässigen Material gefertigt sind, werden auf ca.  $40^\circ\text{C}$  erwärmt, um die Kondensation von Wassertröpfchen aus der Respirationsluft zu vermeiden.

Die Signalverarbeitung kann nach Verstärkung und Gleichrichtung analog oder digital erfolgen. In beiden Fällen wird das Quotientenverfahren zugrundegelegt, um Drifterscheinungen der Strahlungsquelle 1, des Detektors 9 und des Verstärkers (nicht gezeichnet) aus dem Meßergebnis zu eliminieren. Während der Zeitdauer  $t_2$ , in der der Vergleichskanal geöffnet ist, gibt der Infrarot-Gasanalytator an seinem Ausgang keine Spannung ab. Damit ist es möglich, eine automatische Nullpunktkorrektur vorzunehmen und evtl. auftretende  $\text{CO}_2$ -Pegel während der Inspirationsphase zu erkennen.

Weiterhin ist vorteilhaft, daß die Freigabe des Strahlenweges durch den Vergleichskanal in mehreren Schritten gemäß vorgegebenem Zeitprogramm zur Kalibrierung des Nullpunktes und des Übertragungsfaktors erfolgen kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß eine Vergleichsdämpfung zum Zwecke der Kalibrierung des Übertragungsfaktors durch eine geänderte Betriebsweise der Strahlungsquelle 1 während der Zeit des abgeblendeten Meßkanals und der Durchstrahlung des Vergleichskanals realisiert werden kann.

Erfindungsanspruch:

1. Infrarot-Gasanalysator für die Messung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atemluft eines Patienten nach dem Zweistrahlverfahren mit monochromatischer Modulation, mit einer Strahlungsquelle, einer Meßküvette, einem Interferenzfilter, einem Detektor, einer Sammellinse und Elektromagneten, gekennzeichnet dadurch, daß das Schmalbandinterferenzfilter (7) einerseits über die mit Fenstern (6) versehene Meßküvette (5) und über eine mittels elektromechanischem Antrieb (4) bewegte Blende (3) mit einer thermischen Strahlungsquelle (1), deren Strahlengang von einem Reflektor (2) gebündelt ist, und andererseits über eine Bündelungseinrichtung (8) mit dem Detektor (9) verbunden ist.
2. Infrarot-Gasanalysator nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der Strahlengang der thermischen Strahlungsquelle (1) durch einen Meßkanal über die Meßküvette (5) zum Schmalbandinterferenzfilter (7) oder durch einen Vergleichskanal direkt zum Schmalbandinterferenzfilter (7) gerichtet ist.
3. Infrarot-Gasanalysator nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß durch die von Steuerimpulsen bewegte Blende (3) der Meßkanal oder der Vergleichskanal in zeitlich wählbaren Abschnitten geöffnet ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnung

