

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-83175

(P2017-83175A)

(43) 公開日 平成29年5月18日(2017.5.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/3504 (2014.01)	GO 1 N 21/35 1 0 1	2 G 0 5 7
GO 1 N 21/359 (2014.01)	GO 1 N 21/35 1 0 7	2 G 0 5 9
GO 1 N 21/01 (2006.01)	GO 1 N 21/01 D	
GO 1 N 21/03 (2006.01)	GO 1 N 21/03 B	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-51880 (P2014-51880)  
 (22) 出願日 平成26年3月14日 (2014.3.14)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100108062  
 弁理士 日向寺 雅彦  
 (72) 発明者 前川 陽  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内  
 (72) 発明者 高木 茂行  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内  
 (72) 発明者 角野 努  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

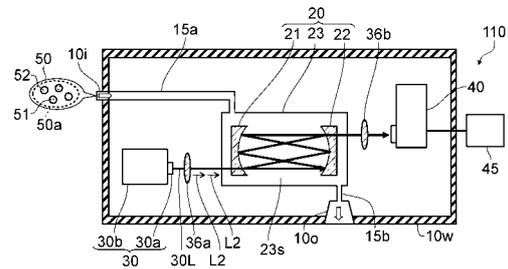
(54) 【発明の名称】 呼気診断装置

(57) 【要約】

【課題】 高精度の呼気診断装置を提供する。

【解決手段】 実施形態によれば、セル部と、光源部と、検出部と、制御部と、を含む呼気診断装置が提供される。前記セル部は、空間を含む。前記空間には、第1物質と、前記第1物質とは異なる第2物質と、を含む呼気を含む試料気体が導入される。前記光源部は、前記第1物質の光吸収の複数のピークの間第1波長の第1光と、前記第1波長とは異なる第2波長の第2光と、を前記空間に入射させる。前記検出部は、前記試料気体が導入されている前記空間を通過した前記第1光の強度と、前記試料気体が導入されている前記空間を通過した前記第2光の強度と、を検出する。前記制御部は、前記第1光の前記強度と、前記第2光の強度と、に基づいて、前記試料気体中の前記第2物質の濃度を算出する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 物質と、前記第 1 物質とは異なる第 2 物質と、を含む呼気を含む試料気体が導入される空間を含むセル部と、

前記第 1 物質の光吸収の複数のピークの間第 1 波長の第 1 光と、前記第 1 波長とは異なる第 2 波長の第 2 光と、を前記空間に入射させる光源部と、

前記試料気体が導入されている前記空間を通過した前記第 1 光の強度と、前記試料気体が導入されている前記空間を通過した前記第 2 光の強度と、を検出する検出部と、

前記第 1 光の前記強度と、前記第 2 光の強度と、に基づいて、前記試料気体中の前記第 2 物質の濃度を算出する制御部と、

を備えた呼気診断装置。

10

## 【請求項 2】

前記光源部は、

複数の量子井戸のサブバンドにおける電子のエネルギー緩和により発光光を放射する半導体発光素子と、

前記発光光の波長を調整して前記第 1 光及び前記第 2 光を生成する波長制御部と、

を含む請求項 1 記載の呼気診断装置。

## 【請求項 3】

前記第 1 波長は、7.6 マイクロメートル以上 7.95 マイクロメートル以下であり、

前記第 2 波長は、8.1 マイクロメートル以上 8.4 マイクロメートル以下である請求項 1 または 2 に記載の呼気診断装置。

20

## 【請求項 4】

前記第 1 物質は、水を含み、

前記第 2 物質は、アセトンを含む請求項 3 記載の呼気診断装置。

## 【請求項 5】

前記第 1 波長は、7.6 マイクロメートル以上 7.95 マイクロメートル以下であり、

前記第 2 波長は、7.98 マイクロメートル以上 8.2 マイクロメートル以下である請求項 1 または 2 に記載の呼気診断装置。

## 【請求項 6】

前記第 1 物質は、水を含み、

前記第 2 物質は、エタノールを含む請求項 5 記載の呼気診断装置。

30

## 【請求項 7】

前記制御部は、第 1 動作と、前記第 1 動作の後に実施される第 2 動作と、を実施し、

前記第 1 動作は、前記光源部に前記第 2 光を出射させて前記検出部に前記第 2 光の前記強度を検出させることを含み、

前記第 2 動作は、前記光源部に前記第 1 光を出射させて前記検出部に前記第 1 光の前記強度を検出させることを含む請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の呼気診断装置。

## 【請求項 8】

前記セル部の外の外空間中の前記第 1 物質の濃度を検出する第 1 物質センサをさらに備え、

40

前記制御部は、前記第 1 物質センサが検出した前記第 1 物質の前記濃度にさらに基づいて、前記試料気体中の前記第 2 物質の前記濃度を算出する請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の呼気診断装置。

## 【請求項 9】

前記試料気体中の前記第 1 物質を検出する第 1 検出器をさらに備えた請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の呼気診断装置。

## 【請求項 10】

前記検出部は、半導体型センサを含む請求項 9 記載の呼気診断装置。

## 【請求項 11】

前記第 1 検出器は、

50

前記試料気体が導入された前記空間に近赤外光を入射させる光出射部と、  
前記試料気体が導入された前記空間を通過した前記近赤外光の強度を検出する光検出部と、

を含む請求項 9 記載の呼気診断装置。

【請求項 12】

前記セル部は、

前記測定光に対して反射性の第 1 反射部と、

前記測定光に対して反射性の第 2 反射部と、

を含み、

前記第 1 反射部と前記第 2 反射部との間に前記空間が配置され、

前記測定光は、前記第 1 反射部と前記第 2 反射部とを反射して前記空間を通過する請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 つに記載の呼気診断装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、呼気診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

呼気診断装置においては、呼気的气体を測定する。この測定結果より、病気の予防や早期発見が容易になる。呼気診断装置において、高精度の測定結果を得ることが望まれる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 232732 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の実施形態は、高精度の呼気診断装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施形態によれば、セル部と、光源部と、検出部と、制御部と、を含む呼気診断装置が提供される。前記セル部は、空間を含む。前記空間には、第 1 物質と、前記第 1 物質とは異なる第 2 物質と、を含む呼気を含む試料気体が導入される。前記光源部は、前記第 1 物質の光吸収の複数のピークの間第 1 波長の第 1 光と、前記第 1 波長とは異なる第 2 波長の第 2 光と、を前記空間に入射させる。前記検出部は、前記試料気体が導入されている前記空間を通過した前記第 1 光の強度と、前記試料気体が導入されている前記空間を通過した前記第 2 光の強度と、を検出する。前記制御部は、前記第 1 光の前記強度と、前記第 2 光の強度と、に基づいて、前記試料気体中の前記第 2 物質の濃度を算出する。

30

【図面の簡単な説明】

【0006】

40

【図 1】第 1 の実施形態に係る呼気診断装置を例示する模式図である。

【図 2】試料気体に含まれる物質の特性を例示するグラフ図である。

【図 3】図 3 ( a ) 及び図 3 ( b ) は、試料気体に含まれる物質の特性を例示するグラフ図である。

【図 4】第 1 の実施形態に係る別の呼気診断装置を例示する模式図である。

【図 5】第 1 の実施形態に係る呼気診断装置の一部を例示する模式図である。

【図 6】第 1 の実施形態に係る呼気診断装置の一部を例示する模式図である。

【図 7】図 7 ( a ) 及び図 7 ( b ) は、第 1 の実施形態に係る呼気診断装置の一部を例示する模式図である。

【図 8】図 8 ( a ) ~ 図 8 ( c ) は、実施形態に係る呼気診断装置の一部を例示する模式

50

図である。

【図 9】第 2 の実施形態に係る呼気診断装置を例示する模式図である。

【図 10】第 2 の実施形態に係る別の呼気診断装置を例示する模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下に、本発明の各実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

なお、図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚みと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものと同じとは限らない。また、同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

なお、本願明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

【0008】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態に係る呼気診断装置を例示する模式図である。

図 1 に表したように、本実施形態に係る呼気診断装置 110 は、セル部 20 と、光源部 30 と、検出部 40 と、制御部 45 と、を含む。

【0009】

セル部 20 には、呼気 50 a を含む試料気体 50 が導入される。例えば、セル部 20 は、空間 23 s を含む。空間 23 s に、呼気 50 a を含む試料気体 50 が導入される。

【0010】

呼気 50 a は、例えば、ヒトを含む動物の呼気である。呼気 50 a には、第 1 物質 51 と、第 2 物質 52 と、が含まれる。第 1 物質 51 は、例えば、水である。第 2 物質 52 は、例えば、アセトンである。第 2 物質 52 は、呼気診断装置 110 において、診断の目的に関係する物質である。例えば、糖尿病に罹患すると、呼気 50 a 中のアセトンの濃度が健康時に比べて上昇する。呼気診断装置 110 においては、物質（例えばアセトンなど）の濃度を測定することで、健康状態が診断される。第 2 物質 52 の例については、後述する。第 1 物質 51 は、呼気 50 a に含まれる第 2 物質 52 とは異なる物質である。

【0011】

光源部 30 は、第 1 波長の第 1 光 L1 と、第 2 波長の第 2 光 L2 と、を上記の空間 23 s に入射させる。第 2 波長は、第 1 波長とは異なる。これらの光は、測定光 30 L に対応する。

【0012】

後述するように、第 1 波長は、第 1 物質 51（例えば水）の光吸収の複数のピークの中の波長である。第 1 物質 51 は複数の波長において、光吸収が高い。すなわち、光吸収のピーク（極大値）に対応する複数の波長（ピーク波長）が存在する。第 1 波長は、ピーク波長ではなく、複数のピーク波長の間の波長である。第 1 波長は、例えば、吸収のボトムに対応する波長でも良い。

【0013】

この例では、光源部 30 は、発光部 30 a と、駆動部 30 b と、を含む。駆動部 30 b は、発光部 30 a に電氣的に接続される。駆動部 30 b は、発光部 30 a に、発光のための電力を供給する。後述するように、発光部 30 a として、例えば、外部共振器（EC）型量子カスケードレーザ（QCL）が用いられる。発光部 30 a の例については、後述する。

【0014】

検出部 40 は、試料気体 50 が導入されている空間 23 s を通過した第 1 光 L1 の強度（第 1 強度）を検出する。検出部 40 は、試料気体 50 が導入されている空間 23 s を通過した第 2 光 L2 の強度（第 2 強度）を検出する。

【0015】

制御部 45 は、検出部 40 で検出された第 1 強度（第 1 光 L1 の強度）と第 2 強度（第 2 光 L2 の強度）とに基づいて、試料気体 50 中の第 2 物質 52 の濃度を算出する。制御

10

20

30

40

50

部 4 5 の動作の例については、後述する。

【 0 0 1 6 】

図 1 に表したように、呼気診断装置 1 1 0 において、供給部 1 0 i と、排出部 1 0 o と、がさらに設けられている。

【 0 0 1 7 】

供給部 1 0 i には、試料気体 5 0 が供給される。供給部 1 0 i から導入された試料気体 5 0 は、第 1 配管 1 5 a を通じてセル部 2 0 に導入される。第 1 配管 1 5 a は、供給部 1 0 i とセル部 2 0 との間に設けられる。一方、セル部 2 0 に導入された試料気体 5 0 は、第 2 配管 1 5 b を通じて、排出部 1 0 o に到達する。試料気体 5 0 は、排出部 1 0 o を通じて外部に排出される。排出部 1 0 o には、例えば、ファンが設けられても良い。排気の効率が向上する。

10

【 0 0 1 8 】

この例では、セル部 2 0 は、第 1 反射部 2 1 と、第 2 反射部 2 2 と、を含む。第 1 反射部 2 1 及び第 2 反射部 2 2 は、測定光 3 0 L に対して反射性である。

【 0 0 1 9 】

供給部 1 0 i から導入された試料気体 5 0 は、第 1 反射部 2 1 と第 2 反射部 2 2 との間の空間 2 3 s に導入される。

【 0 0 2 0 】

例えば、セル部 2 0 は、例えば、セル 2 3 をさらに含む。例えば、セル 2 3 により、空間 2 3 s が形成される。第 1 反射部 2 1 と第 2 反射部 2 2 との間に空間 2 3 s の少なくとも一部が配置される。

20

【 0 0 2 1 】

測定光 3 0 L ( 第 1 光 L 1 及び第 2 光 L 2 ) は、第 1 反射部 2 1 と第 2 反射部 2 2 とで反射して、第 1 反射部 2 1 と第 2 反射部 2 2 との間 ( 空間 2 3 s ) を複数回往復する。測定光 3 0 L の一部が、試料気体 5 0 に含まれる物質 ( 第 1 物質 5 1 及び第 2 物質 5 2 ) により吸収される。測定光 3 0 L のうちの、物質に特有の波長の成分が吸収される。吸収の程度は、物質の濃度に依存する。

【 0 0 2 2 】

検出部 4 0 は、例えば、空間 2 3 s に試料気体 5 0 が導入された状態において空間 2 3 s を通過した測定光 3 0 L を検出する。

30

【 0 0 2 3 】

検出部 4 0 には、赤外領域に感度を有する素子が用いられる。検出部 4 0 には、例えばサーモパイルまたは半導体素子 ( 例えば M C T ( H g C d T e ) ) などが用いられる。実施形態において、検出部 4 0 は任意である。

【 0 0 2 4 】

この例では、筐体 1 0 w がさらに設けられている。筐体 1 0 w 中に、例えば、セル部 2 0 、光源部 3 0 、検出部 4 0 、第 1 配管 1 5 a 及び第 2 配管 1 5 b 、が格納される。

【 0 0 2 5 】

この例では、測定光 3 0 L の光路上において、光源部 3 0 とセル部 2 0 との間に、第 1 光学部品 3 6 a が設けられている。光路上において、セル部 2 0 と検出部 4 0 との間に、第 2 光学部品 3 6 b が設けられている。これらの光学部品は、例えば、集光光学素子を含む。これらの光学部品に、フィルタを用いても良い。これらの光学部品に、光スイッチを用いても良い。光学部品は必要に応じて設けられ、省略しても良い。

40

【 0 0 2 6 】

このように、呼気診断装置 1 1 0 には、試料気体 5 0 が導入される空間 2 3 s を含むセル部 2 0 と、測定光 3 0 L を出射する光源部 3 0 と、が設けられている。検出部 4 0 は、試料気体 5 0 が導入された空間 2 3 s を通過した測定光 3 0 L を検出して、光の強度 ( 第 1 強度及び第 2 強度 ) を検出する。呼気 5 0 a に含まれている物質 ( 第 1 物質 5 1 及び第 2 物質 5 2 ) による測定光 3 0 L の吸収が測定される。これにより、呼気 5 0 a に含まれる物質の濃度が測定される。

50

## 【 0 0 2 7 】

図 2 は、試料気体に含まれる物質の特性を例示するグラフ図である。

図 2 は、水の吸収スペクトル（第 1 吸収スペクトル 5 1 s）と、アセトンの吸収スペクトル（第 2 吸収スペクトル 5 2 s）と、を例示している。水は、第 1 物質 5 1 の例である。アセトンは、第 2 物質 5 2 の例である。横軸は、波長（ $\mu\text{m}$ ：マイクロメートル）である。縦軸は、吸収率  $A_b$  である。

## 【 0 0 2 8 】

図 2 に表したように、アセトンの第 2 吸収スペクトル 5 2 s において、波長が約 7.6  $\mu\text{m}$  以上 8.06  $\mu\text{m}$  未満の領域において、吸収率  $A_b$  は、実質的に 0 % である。第 2 吸収スペクトル 5 2 s において、波長が約 7.15  $\mu\text{m}$  以上約 7.5  $\mu\text{m}$  以下の領域、及び、波長が 8.06  $\mu\text{m}$  以上 8.45  $\mu\text{m}$  以下の領域において、吸収率  $A_b$  は、1 % 以上である。

10

## 【 0 0 2 9 】

例えば、約 7.6  $\mu\text{m}$  以上 8.06  $\mu\text{m}$  未満の範囲の波長の光を用いると、アセトンの濃度を検出することは困難である。例えば、8.06  $\mu\text{m}$  以上 8.45  $\mu\text{m}$  以下の波長の光を用いると、アセトンの濃度に応じて、吸収率  $A_b$  が変化する。8.06  $\mu\text{m}$  以上 8.45  $\mu\text{m}$  以下の波長の光の強度を検出することで、試料気体 5 0 中のアセトンの濃度に関係した量が得られる。8.06  $\mu\text{m}$  以上 8.45  $\mu\text{m}$  以下の波長が、第 2 波長 2 の候補となる。

## 【 0 0 3 0 】

一方、波長が約 7.15  $\mu\text{m}$  以上約 7.5  $\mu\text{m}$  の範囲においては、第 2 吸収スペクトル 5 2 s は比較的高いものの、第 1 吸収スペクトル 5 1 s が非常に高い。このため、もし、約 7.15  $\mu\text{m}$  以上約 7.5  $\mu\text{m}$  以下の波長の光を用いた場合は、第 1 吸収スペクトル 5 1 s と第 2 吸収スペクトル 5 2 s との分離が困難になる。このため、水とアセトンとの組み合わせの場合には、8.06  $\mu\text{m}$  以上 8.45  $\mu\text{m}$  以下の波長範囲のいずれかの波長の光を、アセトンの検出に用いることが好ましい。

20

## 【 0 0 3 1 】

実施形態においては、8.06  $\mu\text{m}$  以上 8.45  $\mu\text{m}$  以下の波長範囲において、水の第 1 吸収スペクトル 5 1 s の吸収率  $A_b$  が低い波長を用いる。これにより、水の影響が抑制できる。このため、第 2 波長 2 として、8.06  $\mu\text{m}$  以上 8.45  $\mu\text{m}$  以下の波長範囲において、水の吸収率  $A_b$  が低い波長を、第 2 波長 2 として用いる。

30

## 【 0 0 3 2 】

第 2 物質 5 2 がアセトンである場合、第 2 波長 2 として、例えば、8.12  $\mu\text{m}$ 、及び、8.32  $\mu\text{m}$  の少なくともいずれかを用いることができる。図 2 では、8.32  $\mu\text{m}$  の光を用いる場合として、第 2 波長 2 が表示されている。

## 【 0 0 3 3 】

第 2 波長 2 を用いて、アセトンと水とを含む試料気体 5 0（呼気 5 0 a）における光吸収を検出すると、アセトンの吸収の他に水の吸収も含まれた結果になる。このため、水の影響を考慮して、補正を行う。

## 【 0 0 3 4 】

すなわち、試料気体 5 0 中の水（第 1 物質 5 1）の濃度を検出する。水（第 1 物質 5 1）の検出においては、アセトン（第 2 物質 5 2）の影響が実質的に生じない波長を用いる。

40

## 【 0 0 3 5 】

例えば、約 7.6  $\mu\text{m}$  以上 8.06  $\mu\text{m}$  未満の波長においてアセトンの吸収率  $A_b$  は、実質的に 0 % であるため、この範囲の波長の光が、水の濃度を測定する時の波長（第 1 波長 1）の候補となる。

## 【 0 0 3 6 】

図 2 に例示したように、第 1 吸収スペクトル 5 1 s は、複数のピーク 5 1 p を有する。複数のピーク 5 1 p どうしの間、ピーク間領域 5 1 b がある。実施形態においては、ピ

50

ーク間領域 5 1 b の波長が、第 1 波長 1 として採用される。

【 0 0 3 7 】

例えば、第 1 物質 5 1 が水である場合、第 1 波長 1 として、例えば、7 . 6 3  $\mu\text{m}$ 、7 . 8  $\mu\text{m}$ 、7 . 8 3  $\mu\text{m}$ 、及び、7 . 9 2  $\mu\text{m}$  の少なくともいずれかを用いることができる。

【 0 0 3 8 】

第 1 波長 1 を含む波長領域において、第 1 物質 5 1 の波長の変化に対する光吸収の変化率は、ピーク波長を含む波長領域における波長の変化に対する変化率よりも低い。第 1 波長 1 において、第 1 物質 5 1 の波長変動に対する光吸収の変化の程度は、比較的小さい。第 1 波長 1 としては、例えば、吸収スペクトルの安定的な極小点の波長を用いること

10

【 0 0 3 9 】

このように、実施形態においては、第 1 波長 1 として、ピーク 5 1 p に対応した波長ではなく、複数のピーク 5 1 p の間の波長を用いる。これにより、第 1 波長 1 が変動した場合においても、安定して光吸収の値が得られる。

【 0 0 4 0 】

もし、第 1 物質 5 1 の光吸収のピーク 5 1 p に対応した波長を用いて検出を行うと、波長の変動がある場合に、光吸収の値が変化してしまう。これに対して、実施形態においては、第 1 波長 1 として、波長の変動に対する光吸収の変動が小さい波長を用いる。この波長の第 1 光 L 1 を用いて第 1 物質 5 1 の濃度を求める。その値に基づいて、第 2 波長 2 の第 2 光 L 2 の検出結果を補正して、第 2 物質 5 2 (例えばアセトン) の濃度を求める。これにより求められた値は、精度が高い。実施形態によれば、高精度の呼気診断装置が提供できる。

20

【 0 0 4 1 】

複数の波長の光を測定光 3 0 L として用いる時に、複数のレーザを用いる参考例が考えられる。例えば、それぞれが単一波長の光を出射する複数のレーザを用いる。このときの光の波長は、実質的に一定であり、波長の変動は小さい。しかしながら、複数のレーザを用いる構成においては、装置が大型になり使い難い。呼気診断装置の応用に制限が生じる。例えば、広い範囲の波長の光を放出する光源と、波長フィルタと、を用いる方法においても、同様の問題が生じる。

30

【 0 0 4 2 】

これに対して、複数の波長の光を出射することが可能な光源を用いることで、装置が小型にでき、応用範囲が拡大する。例えば、波長が可変のレーザシステムを用いることで複数の波長の光が得られる。例えば、実施形態においては、後述する外部共振器 ( E C ) 型量子カスケードレーザ ( Q C L ) を用いることで、複数の波長の光を得る。 E C - Q C L においては、比較的狭いスペクトル幅の光が得られる。そして、波長の変更範囲が広い。例えば、変更可能な波長範囲の幅は、約 1  $\mu\text{m}$  程度である。

【 0 0 4 3 】

このとき、 E C - Q C L においては、出射する光 (例えば第 1 光 L 1 及び第 2 光 L 2 など) の波長が変動する場合がある。

40

【 0 0 4 4 】

このとき、上記のような波長 (複数のピーク 5 1 p の間の波長) を第 1 波長 1 として用いることで、波長が変動した場合においても、得られる光吸収の変動が抑制できる。その結果、第 1 物質 5 1 (例えば、水) の濃度の検出結果の変動が抑制できる。変動が抑制された第 1 物質 5 1 の濃度を用いて補正することで、第 2 物質 5 2 (例えばアセトン) の濃度を高い精度で求めることができる。

【 0 0 4 5 】

第 1 波長 1 における第 1 物質 5 1 (例えば水) の吸収率 A b が過度に低いと、第 1 物質 5 1 の検出が困難である。このため、第 1 物質 5 1 の吸収率 A b が一定以上になるように、第 1 波長 1 が定められる。例えば、第 1 波長 1 における第 1 物質 (例えば水) の

50

吸収率  $A_b$  は、第 2 波長  $\lambda_2$  における第 2 物質 5 2 (例えばアセトン) の吸収率  $A_b$  よりも高い。例えば、第 1 波長  $\lambda_1$  における第 1 物質の吸収率  $A_b$  は、第 2 波長  $\lambda_2$  における第 2 物質 5 2 の吸収率  $A_b$  の 5 倍以上であることが好ましい。10 倍以上であることが、さらに好ましい。

【0046】

ただし、第 1 波長  $\lambda_1$  において吸収率  $A_b$  が過度に高い場合は、波長の変動に対する光吸収の変化率が高くなるため、検出結果の変動が大きくなる。このため、吸収率  $A_b$  が過度に高くないように、第 1 波長  $\lambda_1$  が設定される。

【0047】

実施形態において、第 1 波長  $\lambda_1$  における光の吸収率は、例えば、波長  $\lambda$  が  $7.5 \mu\text{m}$  以上  $7.95 \mu\text{m}$  以下の範囲における第 1 物質 5 1 の光の吸収率の複数のピーク 5 1 p の最大値の 20% 以下である。図 2 に示した例においては、波長  $\lambda$  が  $7.5 \mu\text{m}$  以上  $7.95 \mu\text{m}$  以下の範囲における第 1 物質 5 1 (水) の吸収率  $A_b$  のピークは、98% である。例えば、波長  $\lambda$  が  $7.63 \mu\text{m}$ 、 $7.8 \mu\text{m}$ 、 $7.83 \mu\text{m}$  及び  $7.92 \mu\text{m}$  のそれぞれのときにおいて、吸収率  $A_b$  は、約 3% 以上約 6% である。このように、第 1 波長  $\lambda_1$  は、 $7.6 \mu\text{m}$  以上  $7.95 \mu\text{m}$  以下である。このように、ピーク 5 1 p に比べて低い吸収率  $A_b$  が得られる波長を用いることで、吸収率  $A_b$  の波長依存性が小さくでき、安定して検出結果が得やすくなる。

10

【0048】

このように、第 1 波長  $\lambda_1$  における光吸収を低くすることで、光吸収の波長依存性が小さくなる。このため、検出結果の変動が抑制でき、高精度の結果が得られる。

20

【0049】

吸収係数に基づいて、第 1 波長  $\lambda_1$  を定めても良い。

【0050】

図 3 (a) 及び図 3 (b) は、試料気体に含まれる物質の特性を例示するグラフ図である。

これらの図は、水 (第 1 物質 5 1) の吸収スペクトル (第 1 吸収スペクトル 5 1 s) を例示している。これらの図の横軸は、波長  $\lambda$  である。図 3 (a) の縦軸は、吸収係数  $A_c$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) である。図 3 (b) の縦軸は、吸収係数  $A_c$  を対数表示している。

【0051】

図 3 (a) 及び図 3 (b) に表したように、吸収係数  $A_c$  の特性においても、複数のピーク 5 1 p が得られる。そして、複数のピーク 5 1 p の間に、ピーク間領域 5 1 b がある。ピーク間領域 5 1 b の波長が、第 1 波長  $\lambda_1$  として用いられる。

30

【0052】

例えば、呼気診断において、 $7.0 \mu\text{m}$  以上  $7.95 \mu\text{m}$  以下の光を用いることが実用的である。このため、例えば、波長  $\lambda$  が  $7.0 \mu\text{m}$  以上  $7.95 \mu\text{m}$  以下の範囲において得られる第 1 物質 5 1 の光の吸収係数  $A_c$  の最高値の 0.1% 以下の光の吸収係数  $A_c$  が得られる波長を第 1 波長  $\lambda_1$  として用いることが好ましい。

【0053】

図 3 (a) 及び図 3 (b) に示した例では、波長  $\lambda$  が約  $7.04 \mu\text{m}$  のときに、吸収係数  $A_c$  は最高となる。その最高の値は、約  $2 \text{cm}^{-1}$  である。この値の 0.1% は、約  $0.002 \text{cm}^{-1}$  である。この値以下の吸収係数  $A_c$  が得られる波長が、第 1 波長  $\lambda_1$  として用いられる。このような条件を満たす波長は、以下のように、いくつか存在する。

40

【0054】

例えば、第 1 物質 5 1 が水であり、第 2 物質 5 2 がアセトンである場合は、第 1 波長  $\lambda_1$  は、 $7.6 \mu\text{m}$  以上  $7.95 \mu\text{m}$  以下であり、第 2 波長  $\lambda_2$  は  $8.1 \mu\text{m}$  以上  $8.4 \mu\text{m}$  以下である。第 1 波長  $\lambda_1$  の中心波長は、例えば、 $7.63 \mu\text{m}$ 、 $7.8 \mu\text{m}$ 、 $7.83 \mu\text{m}$  及び  $7.92 \mu\text{m}$  の少なくともいずれかである。例えば、第 2 物質 5 2 がエタノールである場合、第 2 波長  $\lambda_2$  の中心波長は、例えば、 $8.0 \mu\text{m}$  及び  $8.12 \mu\text{m}$  の少なくともいずれかである。

50

## 【 0 0 5 5 】

例えば、第 1 物質 5 1 が水であり、第 2 物質 5 2 がエタノールである場合は、第 1 波長 1 は、 $7.6 \mu\text{m}$  以上  $7.95 \mu\text{m}$  以下であり、第 2 波長 2 は、 $7.98 \mu\text{m}$  以上  $8.2 \mu\text{m}$  以下である。第 1 波長 1 の中心波長は、例えば、 $7.63 \mu\text{m}$ 、 $7.8 \mu\text{m}$ 、 $7.83 \mu\text{m}$  及び  $7.92 \mu\text{m}$  の少なくともいずれかである。例えば、第 2 物質 5 2 がエタノールである場合、第 2 波長 2 の中心波長は、例えば、 $8.0 \mu\text{m}$  及び  $8.12 \mu\text{m}$  の少なくともいずれかである。

## 【 0 0 5 6 】

例えば、実施形態において、初期状態において、セル 2 3 の空間 2 3 s は、実質的に空気で満たされている。その状態において、第 2 光 L 2 を用いた検出（初期第 2 光検出）を行う。このときに得られる結果は、空気における第 2 光 L 2 の光吸収である。

10

## 【 0 0 5 7 】

第 1 の時刻において、呼気 5 0 a が供給部 1 0 i に吹き込まれる。呼気 5 0 a（試料気体 5 0）が、セル 2 3 の空間 2 3 s に導入される。この状態において、第 2 光 L 2 を用いた検出（試料気体第 2 光検出）を行う。このときに得られる結果は、第 1 物質 5 1 と第 2 物質 5 2 との合計の光吸収の結果である。

## 【 0 0 5 8 】

試料気体第 2 光検出の結果の、初期第 2 光検出の結果に対する比を求めることで、第 1 物質 5 1 と第 2 物質 5 2 との合計に対応した濃度が得られる。この値を第 2 光検出結果とする。

20

## 【 0 0 5 9 】

第 1 の時刻の後の第 2 の時刻において、空間 2 3 s に試料気体 5 0 が導入されている状態が、維持されている。この第 2 の時刻において、第 1 光 L 1 を用いた検出（試料気体第 1 光検出）を行う。第 1 光 L 1 の第 1 波長 1 において、第 2 物質 5 2 は吸収が生じないため、試料気体第 1 光検出の結果は、実質的に、第 1 物質 5 1（水）の濃度に応じた光吸収の値となる。

## 【 0 0 6 0 】

第 2 の時刻の後に、空間 2 3 s 内の試料気体 5 0 を排気する。例えば、排出部 1 0 o を介して試料気体 5 0 が外部に排気される。ファンを用いても良い。供給部 1 0 i から、空気が導入される。空間 2 3 s は、空気で満たされる。この状態において、第 1 光 L 1 を用いた検出（初期第 1 光検出）を行う。このときに得られる結果は、空気における第 1 光 L 1 の光吸収である。

30

## 【 0 0 6 1 】

試料気体第 1 光検出の結果の、初期第 1 光検出の結果に対する比を求めることで、第 1 物質 5 1 の濃度が得られる。この値を第 1 光検出結果とする。

## 【 0 0 6 2 】

上記の第 2 光検出結果を上記の第 1 光検出結果を用いて補正する。第 1 物質 5 1 の影響が実質的に除去される。これにより、第 2 物質 5 2 の濃度が求められる。求められた値は、正確である。

## 【 0 0 6 3 】

このように、実施形態においては、例えば、第 2 光 L 2 を用いた検出の後に、第 1 光 L 1 を用いた検出が行われる。

40

## 【 0 0 6 4 】

図 2 に例示したように、第 1 物質 5 1（例えば水）の光吸収に比べて、第 2 物質 5 2（例えばアセトン）の光吸収の程度は低い。すなわち、第 2 光 L 2 を用いた第 2 物質 5 2 の検出の S/N 比は、低い。

## 【 0 0 6 5 】

一方、呼気 5 0 a が吹き込まれた後で、空間 2 3 s 内の試料気体 5 0 の状態が変化する場合がある。例えば、時間の経過と共に、空間 2 3 s 内の呼気 5 0 a の濃度が低下する場合がある。

50

## 【0066】

実施形態においては、第2物質52を検出する第2光L2を用いた検出を、呼気50aの吹き込みの開始(第1の時刻)から比較的近い時刻で実施する。これにより、空間23s内の状態が変化する前に、第2光L2を用いた検出が実施できる。これにより、光吸収の程度が低い第2物質52の光吸収を高精度に検出できる。

## 【0067】

一方、第1物質51(例えば水)の光吸収の程度は高い。このため、第1物質51の第1光L1の検出においては、SN比が高い。このため、呼気50aを吹き込んだ後の経過時間が検出結果に与える影響が比較的小さい。

## 【0068】

例えば、制御部45により、動作を制御しても良い。制御部45は、第1動作と、第2動作と、を実施する。第2動作は、第1動作の後に実施される。第1動作においては、制御部45は、光源部30に第2光L2を出射させて検出部40に第2光L2の強度を検出させる。第2動作においては、制御部45は、光源部30に第1光L1を出射させて検出部40に第1光L1の強度を検出させる。すなわち、第2光L2を用いた検出の後に、第1光L1を用いた検出を行う。より高い精度の検出が可能になる。

## 【0069】

図4は、第1の実施形態に係る別の呼気診断装置を例示する模式図である。

図4に表したように、本実施形態に係る別の呼気診断装置111においては、第1物質センサ61がさらに設けられている。第1物質センサ61は、例えば、筐体10w内に配置される。第1物質センサ61は、例えば、セル部20の外の外空間中の第1物質51の濃度を検出する。

## 【0070】

第1物質センサ61として、例えば、電気式湿度計などが用いられる。

## 【0071】

制御部45は、第1物質センサ61が検出した第1物質51の濃度にさらに基づいて、試料気体50中の第2物質52の前記濃度を算出する。すなわち、制御部45は、第1光の強度と、第2光の強度と、第1物質センサ61が検出した第1物質51の濃度と、に基づいて、試料気体50中の第2物質52の濃度を算出する。第2物質52の濃度をさらに高精度で得ることができる。

## 【0072】

以下、光源部30の発光部30aの例について説明する。

図5は、第1の実施形態に係る呼気診断装置の一部を例示する模式図である。

図5に表したように、光源部30(発光部30a)は、半導体発光素子30aLと、波長制御部30aCと、を有する。後述するように、半導体発光素子30aLは、例えば、複数の量子井戸のサブバンドにおける電子のエネルギー緩和により発光光を放射する。波長制御部30aCは、例えば、発光光の波長を調整して第1光L1と、第2光L2と、を生成する。

## 【0073】

例えば、波長制御部30aCは、第1調整機構を含む。第1調整機構は、半導体発光素子30aLから出射する赤外線レーザ光の波長を、呼気50aに含まれる複数のガスのうちの一種類のガスの吸収スペクトル内にシフトする。波長制御部30aCは、第2調整機構をさらに含んでも良い。第2調整機構は、例えば、一種類のガスの吸収スペクトル内において波長をシフトさせて波長を調整する。

## 【0074】

例えば、第1調整機構は、回折格子71を含む。回折格子71は、半導体発光素子30aLの光軸31Lxと交差するように設けられる。回折格子71は、外部共振器を形成する。試料気体50に含まれる複数の物質のそれぞれの吸収スペクトルに応じて、赤外線レーザ光の回折格子71への入射角を変化させる。入射角は、例えば、角度1~4などに変更される。これにより、赤外線レーザ光の波長を変化させる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 5 】

例えば、ステッピングモータ 9 9 と、駆動制御部 9 8 と、が設けられる。駆動制御部 9 8 は、ステッピングモータ 9 9 を制御（駆動）する。ステッピングモータ 9 9 及び駆動制御部 9 8 により、回折格子 7 1 は、光軸 3 1 L x と交差する軸を中心に回転制御される。

## 【 0 0 7 6 】

半導体発光素子 3 0 a L の回折格子 7 1 の側の端面には、反射防止コート膜 A R を設けることが好ましい。部分反射コート膜 P R ( P e r t i a l R e f l e c t i o n ) を設けても良い。部分反射コート膜 P R と反射防止コート膜 A R との間に半導体発光素子 3 0 a L が配置される。部分反射コート膜 P R と回折格子 7 1 との間において、外部共振器が形成される。

10

## 【 0 0 7 7 】

実施形態において、第 2 調整機構によってさらに波長を精度良く調整してもよい。例えば、第 2 調整機構として、駆動部 3 0 b ( 図 1 参照 ) を用いることができる。駆動部 3 0 b は、半導体発光素子 3 0 a L の動作電流値及びデューティの少なくともいずれかを変更する。第 2 調整機構として、温度制御部 9 0 を用いても良い。温度制御部 9 0 は、半導体発光素子 3 0 a L の温度を変更する。温度制御部 9 0 として、例えば、ペルチェ素子などが用いられる。第 2 調整機構として、例えば、応力生成素子などを用いても良い。応力生成素子は、外部共振器長を変化させる。応力生成素子として、例えば、ピエゾ素子などを用いることができる。

## 【 0 0 7 8 】

図 6 は、第 1 の実施形態に係る呼気診断装置の一部を例示する模式図である。

図 6 は、発光部 3 0 a の別の例を示している。

この例においては、第 1 調整機構として、回折格子 7 1 a が用いられる。回折格子 7 1 a は、半導体発光素子 3 0 a L の光軸 3 1 L x に対して所定の入射角 で交差する X Y 面内で移動する。回折格子 7 1 a は、例えば、ステッピングモータ 9 9 及び駆動制御部 9 8 により、移動する。回折格子 7 1 a と、半導体発光素子 3 0 a L の部分反射コート膜 P R と、により、外部共振器 ( E C ) が形成される。部分反射コート膜 P R から放出された測定光 3 0 L は、セル部 2 0 に入射する。

20

## 【 0 0 7 9 】

図 7 ( a ) 及び図 7 ( b ) は、第 1 の実施形態に係る呼気診断装置の一部を例示する模式図である。

30

これらの図は、回折格子 7 1 a の例を示す模式的平面図である。

図 7 ( a ) 及び図 7 ( b ) に例示したように、回折格子 7 1 は、複数の領域を有する。複数の領域において、格子のピッチが異なる。

## 【 0 0 8 0 】

図 7 ( a ) に示した例においては、格子のピッチが、X 方向に沿って異なる。異なるピッチを有する複数の領域が設けられる。共振波長は、領域  $r g 2 > 領域 r g 1 > 領域 r g 3$  である。例えば、X 方向に移動することにより、波長を調整できる。

## 【 0 0 8 1 】

図 7 ( b ) に示した例において、共振波長は、領域  $r g 5 > 領域 r g 6 > 領域 r g 7 > 領域 r g 4$  である。例えば、図 7 ( b ) に例示された矢印方向 S D に沿って回折格子 7 1 a を移動させる。これにより、波長を調整できる。回折格子 7 1 a の断面形状は、非対称でもよい。

40

## 【 0 0 8 2 】

図 8 ( a ) ~ 図 8 ( c ) は、実施形態に係る呼気診断装置の一部を例示する模式図である。

図 8 ( a ) は、模式的斜視図である。図 8 ( b ) は、図 8 ( a ) の A 1 - A 2 線断面図である。図 8 ( c ) は、光源部 3 0 の動作を例示する模式図である。

この例では、光源部 3 0 として、半導体発光素子 3 0 a L が用いられる。半導体発光素子 3 0 a L として、レーザが用いられる。この例では、量子カスケードレーザが用いられ

50

る。

【0083】

図8(a)に表したように、半導体発光素子30aLは、基板35と、積層体31と、第1電極34aと、第2電極34bと、誘電体層32(第1誘電体層)と、絶縁層33(第2誘電体層)と、を含む。

【0084】

第1電極34aと、第2電極34bと、の間に基板35が設けられる。基板35は、第1部分35aと、第2部分35bと、第3部分35cと、を含む。これらの部分は、1つの面内に配置される。この面は、第1電極34aから第2電極34bに向かう方向に対して交差する(例えば平行)である。第1部分35aと第2部分35bとの間に、第3部分35cが配置される。

10

【0085】

第3部分35cと第1電極34aとの間に積層体31が設けられる。第1部分35aと第1電極34aとの間、及び、第2部分35bと第1電極34aとの間に、誘電体層32が設けられる。誘電体層32と第1電極34aとの間に絶縁層33が設けられる。

【0086】

積層体31は、ストライプの形状を有している。積層体31は、リッジ導波路RGとして機能する。リッジ導波路RGの2つの端面がミラー面となる。積層体31において放出された光31Lは、端面(光出射面)から出射する。光31Lは、赤外線レーザー光である。光31Lの光軸31Lxは、リッジ導波路RGの延在方向に沿う。

20

【0087】

図8(b)に表したように、積層体31は、例えば、第1クラッド層31aと、第1ガイド層31bと、活性層31cと、第2ガイド層31dと、第2クラッド層31eと、を含む。これらの層は、基板35から第1電極34aに向かう方向に沿って、この順で並ぶ。第1クラッド層31aの屈折率及び第2クラッド層31eの屈折率のそれぞれは、第1ガイド層31bの屈折率、活性層31cの屈折率、及び、第2ガイド層31dの屈折率のそれぞれよりも低い。活性層31cで生じた光31Lは、積層体31内に閉じ込められる。第1ガイド層31bと第1クラッド層31aとを合わせて、クラッド層と呼ぶ場合がある。第2ガイド層31dと第2クラッド層31eとを合わせて、クラッド層と呼ぶ場合がある。

30

【0088】

積層体31は、光軸31Lxに対して垂直な第1側面31sa及び第2側面31sbを有する。第1側面31saと第2側面31sbとの間の距離31w(幅)は、例えば5 $\mu$ m以上20 $\mu$ m以下である。これにより、例えば、水平横方向モードの制御が容易となり、出力の向上が容易になる。距離31wが過度に長いと、水平横方向モードにおいて高次モードを生じ易くなり、出力を高めにくい。

【0089】

誘電体層32の屈折率は、活性層31cの屈折率よりも低い。これにより、誘電体層32により、光軸31Lxに沿ってリッジ導波路RGが形成される。

【0090】

図8(c)に表したように、活性層31cは、例えば、カスケード構造を有する、カスケード構造においては、例えば、第1領域r1と、第2領域r2と、が交互に積層される。単位構造r3は、第1領域r1及び第2領域r2を含む。複数の単位構造r3が設けられる。

40

【0091】

例えば、第1領域r1には、第1障壁層BL1と、第1量子井戸層WL1と、が設けられる。第2領域r2には、第2障壁層BL2が設けられる。例えば、別の第1領域r1aには、第3障壁層BL3と、第2量子井戸層WL2と、が設けられる。別の第2領域r2aに、第4障壁層BL4が設けられる。

【0092】

50

第1領域  $r_1$  においては、第1量子井戸層  $WL_1$  のサブバンド間光学遷移が生じる。これにより、例えば、 $3\ \mu\text{m}$ 以上 $18\ \mu\text{m}$ 以下の波長の光  $31La$  が放出される。

【0093】

第2領域  $r_2$  においては、第1領域  $r_1$  から注入されたキャリア  $c_1$  (例えば電子) のエネルギーは、緩和可能である。

【0094】

量子井戸層 (例えば第1量子井戸層  $WL_1$ ) において、井戸幅  $W_{Lt}$  は、例えば、 $5\ \text{nm}$ 以下である。井戸幅  $W_{Lt}$  がこのように狭いとき、エネルギー準位が離散して、例えば、第1サブバンド  $WLa$  (高準位  $Lu$ ) 及び第2サブバンド  $WLb$  (低準位  $Ll$ ) などを生じる。第1障壁層  $BL_1$  から注入されたキャリア  $c_1$  は、第1量子井戸層  $WL_1$  に効果的に閉じ込められる。

10

【0095】

高準位  $Lu$  から低準位  $Ll$  へキャリア  $c_1$  が遷移するとき、エネルギー差 (高準位  $Lu$  と低準位  $Ll$  との差) に対応する光  $31La$  が放出される。すなわち、光学遷移が生じる。

【0096】

同様に、別の第1領域  $r_{1a}$  の第2量子井戸層  $WL_2$  において、光  $31Lb$  が放出される。

【0097】

実施形態において量子井戸層は、波動関数が重なり合う複数の井戸を含んでも良い。複数の量子井戸層のそれぞれの高準位  $Lu$  が、互いに同じでも良い。複数の量子井戸層のそれぞれの低準位  $Ll$  が、互いに同じでも良い。

20

【0098】

例えば、サブバンド間光学遷移は、伝導帯及び価電子帯のいずれかにおいて生じる。例えば、 $pn$ 接合によるホールと電子との再結合は必要ではない。例えば、ホール及び電子のいずれかのキャリア  $c_1$  により光学遷移が生じて、光が放出される。

【0099】

活性層  $31c$  において、例えば、第1電極  $34a$  と、第2電極  $34b$  と、の間に印加される電圧により、障壁層 (例えば第1障壁層  $BL_1$ ) を介して、キャリア  $c_1$  (例えば電子) が量子井戸層 (例えば第1量子井戸層  $WL_1$ ) へ注入される。これにより、サブバンド間光学遷移を生じる。

30

【0100】

第2領域  $r_2$  は、例えば、複数のサブバンドを有する。サブバンドは、例えば、ミニバンドである。サブバンドにおけるエネルギー差は、小さい。サブバンドにおいて、連続エネルギーバンドに近いことが好ましい。この結果、キャリア  $c_1$  (電子) のエネルギーが緩和される。

【0101】

第2領域  $r_2$  では、例えば、光 (例えば $3\ \mu\text{m}$ 以上 $18\ \mu\text{m}$ 以下の波長の赤外線) は、実質的に放出されない。第1領域  $r_1$  の低準位  $Ll$  のキャリア  $c_1$  (電子) は、第2障壁層  $BL_2$  を通過して、第2領域  $r_2$  へ注入され、緩和される。キャリア  $c_1$  は、カスケード接続された別の第1領域  $r_{1a}$  へ注入される。この第1領域  $r_{1a}$  において、光学遷移が生じる。

40

【0102】

カスケード構造では、複数の単位構造  $r_3$  のそれぞれにおいて光学遷移が生じる。これにより、活性層  $31c$  の全体において、高い光出力を得ることが容易になる。

【0103】

このように、光源部  $30$  は、半導体発光素子  $30aL$  を含む。半導体発光素子  $30aL$  は、複数の量子井戸 (例えば、第1量子井戸層  $WL_1$  及び第2量子井戸層  $WL_2$  など) のサブバンドにおける電子のエネルギー緩和により、測定光  $30L$  を放射する。

【0104】

50

量子井戸層（例えば第1量子井戸層WL1及び第2量子井戸層WL2など）には、例えば、GaAsが用いられる。例えば、障壁層（例えば、第1～第4障壁層BL1～BL4など）には、例えば、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ ) が用いられる。このとき、例えば、基板35としてGaAsを用いると、量子井戸層及び障壁層において、良好な格子整合が得られる。

【0105】

第1クラッド層31a及び第2クラッド層31eは、例えば、n形不純物として、Siを含む。これらの層における不純物濃度は、例えば、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以上  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  以下（例えば、約  $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）である。これらの層のそれぞれの厚さは、例えば、 $0.5 \mu\text{m}$  以上  $2 \mu\text{m}$  以下（例えば約  $1 \mu\text{m}$ ）である。

10

【0106】

第1ガイド層31b及び第2ガイド層31dは、例えば、n形不純物として、Siを含む。これらの層における不純物濃度は、例えば  $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  以上  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以下（例えば、約  $4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ）である。これらの層のそれぞれの厚さは、例えば  $2 \mu\text{m}$  以上  $5 \mu\text{m}$  以下（例えば、 $3.5 \mu\text{m}$ ）である。

【0107】

距離31w（積層体31の幅、すなわち、活性層31cの幅）は、例えば、 $5 \mu\text{m}$  以上  $20 \mu\text{m}$  以下（例えば、約  $14 \mu\text{m}$ ）である。

【0108】

リッジ導波路RGの長さは、例えば、 $1 \text{ mm}$  以上  $5 \text{ mm}$  以下（例えば約  $3 \text{ mm}$ ）である。半導体発光素子30aLは、例えば、 $10 \text{ V}$  以下の動作電圧で動作する。消費電流は、炭酸ガスレーザ装置などに比べて低い。これにより、低消費電力の動作が可能である。

20

【0109】

（第2の実施形態）

図9は、第2の実施形態に係る呼気診断装置を例示する模式図である。

図9に表したように、本実施形態に係る呼気診断装置120においては、第1検出器65が設けられる。これ以外は、呼気診断装置110と同様なので説明を省略する。

【0110】

第1検出器65は、試料気体50中の第1物質51を検出する。第1検出器65として、半導体型センサが用いられる。この例では、第1検出器65は、セル23の内壁に取り付けられている。

30

【0111】

第1検出器65により、空間23sの中の試料気体50中の第1物質51（水）の量（濃度）が測定される。制御部45は、第1検出器65に得られた第1物質51の濃度と、第2光L2の強度と、に基づいて、試料気体50の中の第2物質52の濃度を算出する。

【0112】

呼気診断装置120においても、第1物質51（例えば水）の影響が実質的に除去できる。高精度の呼気診断装置が提供できる。

【0113】

図10は、第2の実施形態に係る別の呼気診断装置を例示する模式図である。

40

図10に表したように、本実施形態に係る呼気診断装置121においては、第1検出器65として、光出射部66aと、光検出部66bと、が用いられる。これ以外は、呼気診断装置120と同様なので説明を省略する。

【0114】

光出射部66aは、試料気体50が導入された空間23sに近赤外光66cを入射させる。光検出部66bは、試料気体50が導入された空間23sを通過した近赤外光66cの強度を検出する。

【0115】

例えば、光検出部66bとして、レーザダイオードが用いられる。光検出部66bとして、フォトダイオードが用いられる。

50

## 【 0 1 1 6 】

例えば、空間 2 3 s を通過する際に、近赤外光 6 6 c は、第 1 物質 5 1 により吸収される。光検出部 6 6 b の検出結果から、空間 2 3 s 内の第 1 物質 5 1 の濃度に応じた信号が得られる。

## 【 0 1 1 7 】

制御部 4 5 は、第 1 検出器 6 5 により検出された第 1 物質 5 1 の濃度と、第 2 光 L 2 の強度と、に基づいて、試料気体 5 0 の中の第 2 物質 5 2 の濃度を算出する。これにより、第 2 物質 5 2 の濃度が正確に得られる。

## 【 0 1 1 8 】

実施形態によれば、高精度の呼気診断装置が提供できる。

10

## 【 0 1 1 9 】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、呼気診断装置に含まれる供給部、セル部、反射部、光源部、検出部及び制御部などの各要素の具体的な構成に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

## 【 0 1 2 0 】

また、各具体例のいずれか 2 つ以上の要素を技術的に可能な範囲で組み合わせたものも、本発明の要旨を包含する限り本発明の範囲に含まれる。

## 【 0 1 2 1 】

その他、本発明の実施の形態として上述した呼気診断装置を基にして、当業者が適宜設計変更して実施し得る全ての呼気診断装置も、本発明の要旨を包含する限り、本発明の範囲に属する。

20

## 【 0 1 2 2 】

その他、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の範囲に属するものと了解される。

## 【 0 1 2 3 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

30

## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 2 4 】

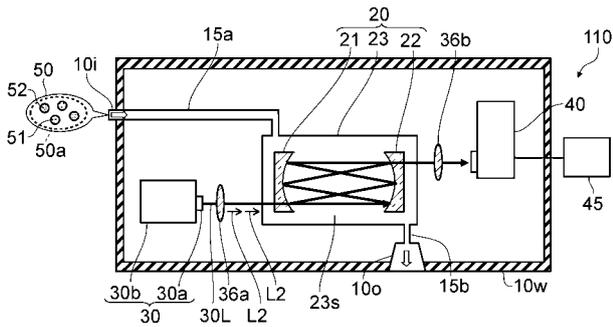
1 0 i ... 供給部、 1 0 o ... 排出部、 1 0 w ... 筐体、 1 5 a ... 第 1 配管、 1 5 b ... 第 2 配管、 2 0 ... セル部、 2 1、 2 2 ... 第 1、第 2 反射部、 2 3 ... セル、 2 3 s ... 空間、 3 0 ... 光源部、 3 0 L ... 測定光、 3 0 a ... 発光部、 3 0 a C ... 波長制御部、 3 0 a L ... 半導体発光素子、 3 0 b ... 駆動部、 3 1 ... 積層体、 3 1 L、 3 1 L a、 3 1 L b ... 光、 3 1 L x ... 光軸、 3 1 a ... 第 1 クラッド層、 3 1 b ... 第 1 ガイド層、 3 1 c ... 活性層、 3 1 d ... 第 2 ガイド層、 3 1 e ... 第 2 クラッド層、 3 1 s a ... 第 1 側面、 3 1 s b ... 第 2 側面、 3 1 w ... 距離、 3 2 ... 誘電体層、 3 3 ... 絶縁層、 3 4 a ... 第 1 電極、 3 4 b ... 第 2 電極、 3 5 ... 基板、 3 5 a ~ 3 5 c ... 第 1 ~ 第 3 部分、 3 6 a、 3 6 b ... 第 1、第 2 光学部品、 4 0 ... 検出部、 4 5 ... 制御部、 5 0 ... 試料気体、 5 0 a ... 呼気、 5 1 ... 第 1 物質、 5 1 b ... ピーク間領域、 5 1 p ... ピーク、 5 1 s ... 第 1 吸収スペクトル、 5 2 ... 第 2 物質、 5 2 s ... 第 1 吸収スペクトル、 6 1 ... 第 1 物質センサ、 6 5 ... 第 1 検出器、 6 6 a ... 光射出部、 6 6 b ... 光検出部、 6 6 c ... 近赤外光、 7 1、 7 1 a ... 回折格子、 9 0 ... 温度制御部、 9 8 ... 駆動制御部、 9 9 ... ステッピングモータ、 1 ~ 4 ... 角度、

40

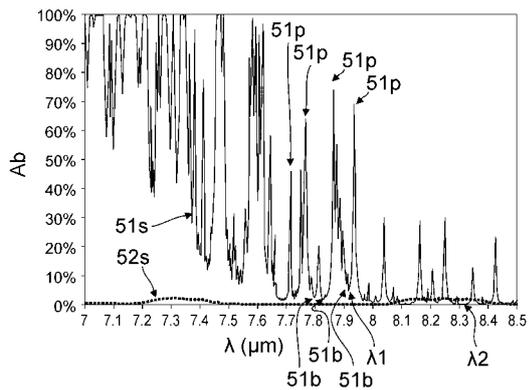
50

...入射角、 ...波長、 1、 2 ... 第1、第2波長、 1 1 0、 1 1 1、 1 2 0、 1 2 1 ... 呼気診断装置、 A R ... 反射防止コート膜、 A b ... 吸収率、 B L 1 ~ B L 4 ... 第1 ~ 第4障壁層、 L 1、 L 2 ... 第1、第2光、 L l ... 低準位、 L u ... 高準位、 P R ... 部分反射コート膜、 R G ... リッジ導波路、 S D ... 矢印方向、 W L 1、 W L 2 ... 第1、第2量子井戸層、 W L a ... 第1サブバンド、 W L b ... 第2サブバンド、 W L t ... 井戸幅、 c 1 ... キャリア、 r 1、 r 1 a ... 第1領域、 r 2、 r 2 a ... 第2領域、 r 3 ... 単位構造、 r g 1 ~ r g 7 ... 領域

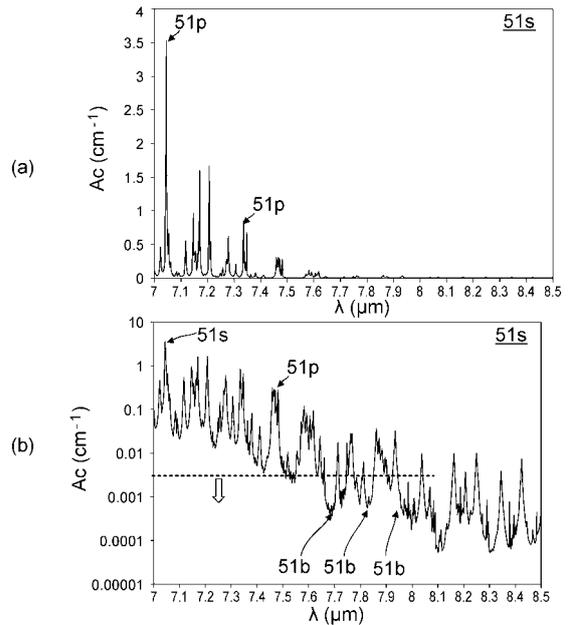
【 図 1 】



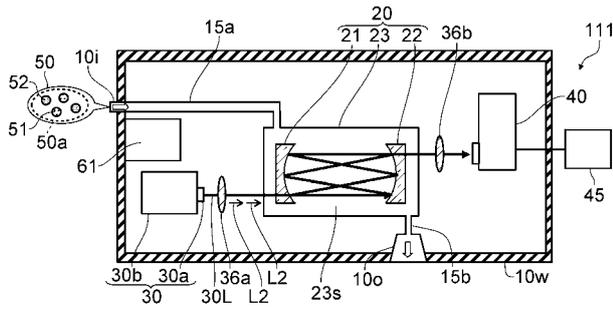
【 図 2 】



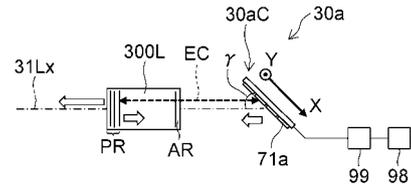
【 図 3 】



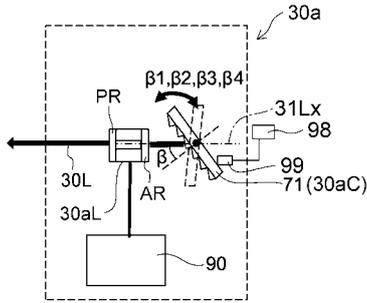
【 図 4 】



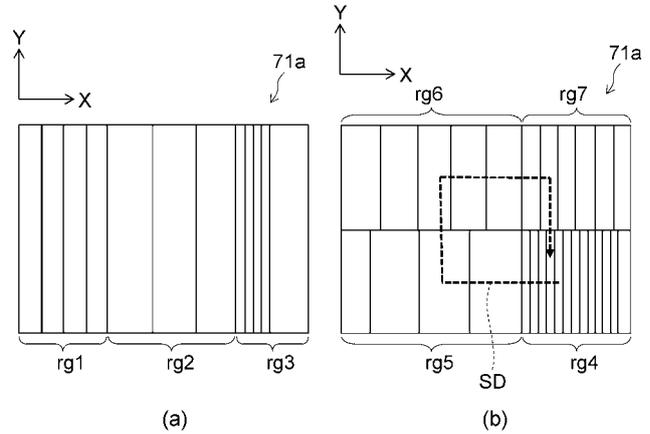
【 図 6 】



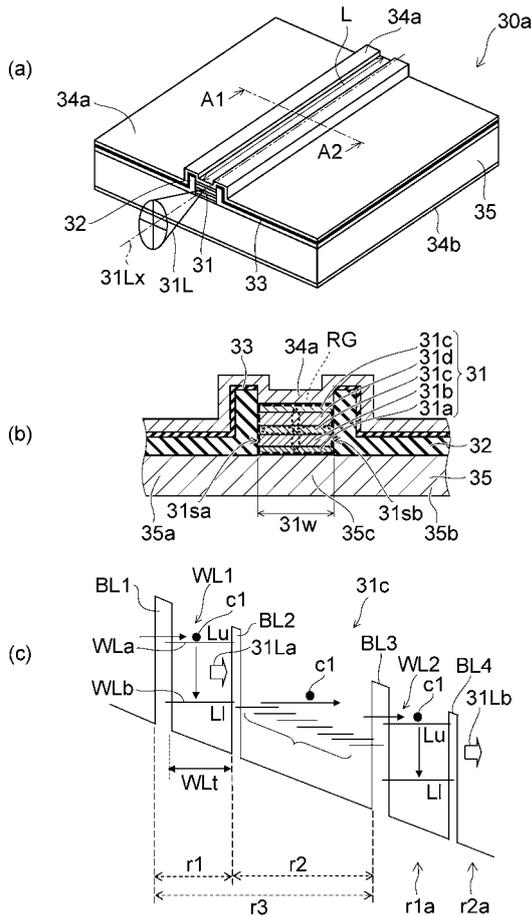
【 図 5 】



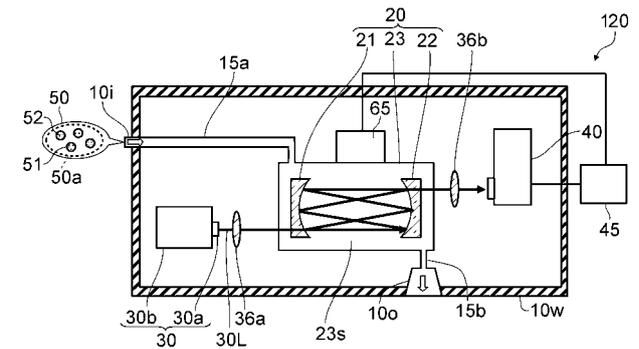
【 図 7 】



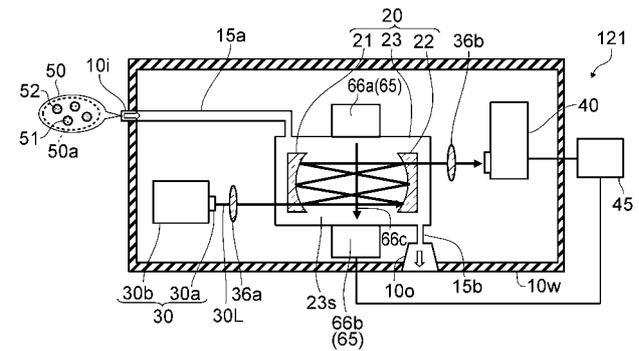
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 塩見 康友

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 2G057 AA01 AB02 AB04 AB06 AC03 BA01 DA03

2G059 AA01 AA06 BB01 BB12 CC09 CC12 CC15 DD12 EE01 EE11

GG01 GG02 GG03 HH01 HH06 JJ02 JJ05 JJ14 KK01 KK09

LL03 MM01