

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2024-158564
(P2024-158564A)

(43)公開日 令和6年11月8日(2024.11.8)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

G 0 1 N 21/59 (2006.01) G 0 1 N 21/59 Z 2 G 0 5 7

G 0 1 N 21/05 (2006.01) G 0 1 N 21/05 2 G 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全21頁)

(21)出願番号	特願2023-73866(P2023-73866)	(71)出願人	000006507
(22)出願日	令和5年4月27日(2023.4.27)		横河電機株式会社
			東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号
		(74)代理人	100147485
			弁理士 杉村 憲司
		(74)代理人	230118913
			弁理士 杉村 光嗣
		(74)代理人	100169823
			弁理士 吉澤 雄郎
		(72)発明者	坂巻 康雄
			東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号
			横河電機株式会社内
		(72)発明者	杉山 由美子
			東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号
			横河電機株式会社内

最終頁に続く

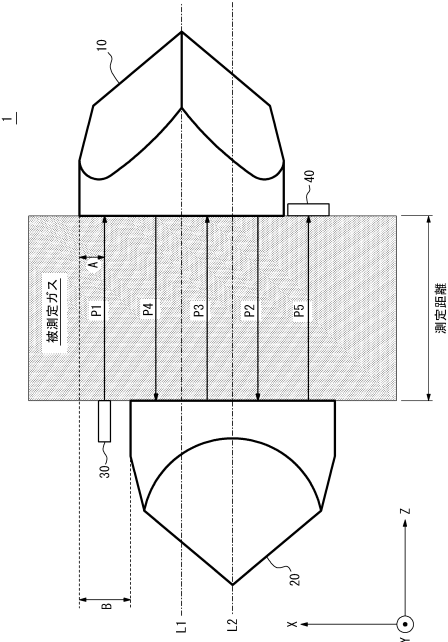
(54)【発明の名称】 ガス測定装置

(57)【要約】

【課題】多重反射を利用したレーザ吸収分光法における各種特性を改善する。

【解決手段】本開示に係るガス測定装置 1 は、レーザ吸収分光法によってガスの濃度を測定する。ガス測定装置 1 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 と、第 1 のコーナーキューブ 1 0 に対向して配置された第 2 のコーナーキューブ 2 0 と、第 1 のコーナーキューブ 1 0 にレーザ光を出射するレーザ光源 3 0 と、第 1 のコーナーキューブ 1 0 と第 2 のコーナーキューブ 2 0 との間で被測定ガスを通して複数回反射されたレーザ光を受光する受光素子 4 0 と、を備える。第 2 のコーナーキューブ 2 0 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の入射位置と出射位置を中心とする入出射光に平行な中心線と第 2 のコーナーキューブ 2 0 の入射位置と出射位置を中心とする入出射光に平行な中心線とがずれるように配置されている。

【選択図】図 3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

レーザ吸収分光法によってガスの濃度を測定するガス測定装置であって、

第 1 のコーナーキューブ又は第 1 の直角プリズムと、

前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムに対向して配置された第 2 のコーナーキューブ又は第 2 の直角プリズムと、

前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムにレーザ光を出射するレーザ光源と、

前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムと前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムとの間で被測定ガスを通して複数回反射された前記レーザ光を受光する受光素子と、

10

を備え、

前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムは、前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの入射位置と出射位置を中心とする入出射光に平行な中心線と前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムの入射位置と出射位置を中心とする入出射光に平行な中心線とがずれるように配置されている、ガス測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のガス測定装置において、

前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの前記中心線と前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムの前記中心線とがずれている距離によって、前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムと前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムとの間で前記レーザ光が反射される回数を調整可能である、ガス測定装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載のガス測定装置において、

前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの入射面、及び、前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムの入射面は、前記レーザ光源が前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムに前記レーザ光を出射する方向に垂直な平面に対して傾いている、ガス測定装置。

30

【請求項 4】

請求項 1 に記載のガス測定装置において、

前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの入射面、及び、前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムの入射面は、内部に前記被測定ガスを有する配管に設けられた窓ガラスに密着している、ガス測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のガス測定装置において、

前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの前記中心線と前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムの前記中心線とをずらしている方向を第 1 の方向、前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムに前記レーザ光が入射される方向を第 3 の方向、前記第 1 の方向及び前記第 3 の方向に直交する方向を第 2 の方向とすると、

40

前記レーザ光源は、前記第 2 の方向に中心から所定の距離だけずらした位置に配置されている、ガス測定装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のガス装置において、

前記レーザ光源は、前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの入射面に対して斜めに前記レーザ光を出射する、ガス測定装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

50

本開示は、ガス測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ガスの濃度を測定する方法として、レーザ吸収分光法が知られている。レーザ吸収分光法は、ガス中の分子が特定波長の光を吸収するという特性を利用して、ガス中を通過したレーザの吸光度を測定することによって、ガスの濃度を測定する方法である。

【0003】

レーザ吸収分光法は、ガスを通過するレーザの光路長が長いほど測定精度が高くなる。配管、タンクなどの中のガスの濃度を測定する場合、配管、タンクなどの大きさには限りがあるため、レーザ光を複数回往復させることによって光路長を長くしてガスの濃度を測定する多重反射の方法が知られている。

10

【0004】

例えば、特許文献1は、多重反射の方法としてヘリオットセルを用いた構成を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2019-215211号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0006】

多重反射を利用したレーザ吸収分光法の課題として、測定に用いられる部品の位置が変動した際の測定の安定性、レーザ光が反射される際の光量の減衰などの各種特性を改善させることが挙げられる。

【0007】

そこで、本開示は、多重反射を利用したレーザ吸収分光法における各種特性を改善することができるガス測定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

幾つかの実施形態に係るガス測定装置は、レーザ吸収分光法によってガスの濃度を測定するガス測定装置であって、第1のコーナーキューブ又は第1の直角プリズムと、前記第1のコーナーキューブ又は前記第1の直角プリズムに対向して配置された第2のコーナーキューブ又は第2の直角プリズムと、前記第1のコーナーキューブ又は前記第1の直角プリズムにレーザ光を出射するレーザ光源と、前記第1のコーナーキューブ又は前記第1の直角プリズムと前記第2のコーナーキューブ又は前記第2の直角プリズムとの間で被測定ガスを通して複数回反射された前記レーザ光を受光する受光素子とを備え、前記第2のコーナーキューブ又は前記第2の直角プリズムは、前記第1のコーナーキューブ又は前記第1の直角プリズムの入射位置と出射位置を中心とする入出射光に平行な中心線と前記第2のコーナーキューブ又は前記第2の直角プリズムの入射位置と出射位置を中心とする入出射光に平行な中心線とがずれるように配置されている。このようなガス測定装置によれば、多重反射を利用したレーザ吸収分光法における各種特性を改善することが可能である。

30

40

【0009】

一実施形態に係るガス測定装置において、前記第1のコーナーキューブ又は前記第1の直角プリズムの前記中心線と前記第2のコーナーキューブ又は前記第2の直角プリズムの前記中心線とがずれている距離によって、前記第1のコーナーキューブ又は前記第1の直角プリズムと前記第2のコーナーキューブ又は前記第2の直角プリズムとの間で前記レーザ光が反射される回数を調整可能であってもよい。これにより、レーザ光が反射される回数を容易に調整することができる。

【0010】

50

一実施形態に係るガス測定装置において、前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの入射面、及び、前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムの入射面は、前記レーザ光源が前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムに前記レーザ光を出射する方向に垂直な平面に対して傾いていてもよい。これにより、入射面からの不要反射による影響を低減することができる。

【0011】

一実施形態に係るガス測定装置において、前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの入射面、及び、前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムの入射面は、内部に前記被測定ガスを有する配管に設けられた窓ガラスに密着していてもよい。これにより、第 1 のコーナーキューブ又は第 1 の直角プリズムの入射面、及び、第 2 のコーナーキューブ又は第 2 の直角プリズムの入射面と、配管に設けられた窓ガラスとの間に隙間ができることを防ぐことができる。

10

【0012】

一実施形態に係るガス測定装置において、前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの前記中心線と前記第 2 のコーナーキューブ又は前記第 2 の直角プリズムの前記中心線とをずらしている方向を第 1 の方向、前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムに前記レーザ光が入射される方向を第 3 の方向、前記第 1 の方向及び前記第 3 の方向に直交する方向を第 2 の方向とすると、前記レーザ光源は、前記第 2 の方向に中心から所定の距離だけずらした位置に配置されていてもよい。これにより、ガス測定装置は、ガス分布の広い範囲のガス濃度を測定することが可能となる。

20

【0013】

一実施形態に係るガス測定装置において、前記レーザ光源は、前記第 1 のコーナーキューブ又は前記第 1 の直角プリズムの入射面に対して斜めに前記レーザ光を出射してもよい。これにより、レーザ光源から出射するレーザ光のプリズムへの入射角度を変更することで、反射回数を調整することができ、またプリズム入出射面で発生する不要反射による光学干渉の影響が低減できる。

【発明の効果】

【0014】

本開示によれば、多重反射を利用したレーザ吸収分光法における各種特性を改善することができるガス測定装置を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】従来のヘリオットセルを用いたガス測定装置の概略構成を示す図である。

【図 2】従来のヘリオットセルを用いて配管内の被測定ガスの濃度を測定するガス測定装置の概略構成を示す図である。

【図 3】一実施形態に係るガス測定装置の概略構成を示す図である。

【図 4 A】図 3 の第 1 のコーナーキューブを入射面から見た図である。

【図 4 B】図 3 の第 2 のコーナーキューブを入射面から見た図である。

【図 5】第 1 のコーナーキューブが入射光を反射する様子を示す図である。

【図 6】一実施形態に係るガス測定装置の反射回数を変更した場合の概略構成を示す図である。

40

【図 7 A】図 6 の第 1 のコーナーキューブを入射面から見た図である。

【図 7 B】図 6 の第 2 のコーナーキューブを入射面から見た図である。

【図 8】一実施形態に係るガス測定装置が角度変動に対して安定していることを示す図である。

【図 9】一実施形態に係るガス測定装置のコーナーキューブが配管に設けられた窓ガラスに密着して配置されている様子を示す図である。

【図 10】第 1 の変形例に係るガス測定装置の概略構成を示す図である。

【図 11】第 2 の変形例に係るガス測定装置の概略構成を示す図である。

【図 12】第 3 の変形例に係るガス測定装置の概略構成を示す図である。

50

【図 1 3 A】図 1 2 の第 1 のコーナーキューブを入射面から見た図である。

【図 1 3 B】図 1 2 の第 2 のコーナーキューブを入射面から見た図である。

【図 1 4】第 4 の変形例に係るガス測定装置の概略構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

(ヘリオットセル)

最初に、従来のヘリオットセルを用いたガス測定装置について説明する。図 1 は、従来のヘリオットセルを用いたガス測定装置の概略構成を示す図である。

【0017】

図 1 に示すヘリオットセルを用いたガス測定装置は、第 1 の凹面鏡 1 0 1 と、第 2 の凹面鏡 1 0 2 と、レーザ光源 1 0 3 と、受光素子 1 0 4 とを備える。 10

【0018】

第 1 の凹面鏡 1 0 1 と第 2 の凹面鏡 1 0 2 とは対向して配置される。第 1 の凹面鏡 1 0 1 と第 2 の凹面鏡 1 0 2 との間には、測定対象である被測定ガスがある。

【0019】

レーザ光源 1 0 3 は、第 2 の凹面鏡 1 0 2 に設けられた穴を通過するようにレーザ光を出射する。レーザ光は、第 1 の凹面鏡 1 0 1 及び第 2 の凹面鏡 1 0 2 によって複数回反射され、第 2 の凹面鏡 1 0 2 に設けられた穴から外に出る。

【0020】

受光素子 1 0 4 は、第 2 の凹面鏡 1 0 2 に設けられた穴から外に出できたレーザ光を受光する。 20

【0021】

ヘリオットセルを用いたガス測定装置において、レーザ光が被測定ガスを通過する光路長は、第 1 の凹面鏡 1 0 1 及び第 2 の凹面鏡 1 0 2 によって複数回反射されることによって長い距離となる。

【0022】

図 1 に示すように、被測定ガスの端から端までの距離である測定距離が短い場合であっても、レーザ光を複数回反射させることにより、ヘリオットセルを用いたガス測定装置は、被測定ガスを通過するレーザ光の光路長を長くすることができる。以後、「測定距離」との用語を、被測定ガスの端から端までの距離という意味で用いる場合がある。 30

【0023】

このように、第 1 の凹面鏡 1 0 1 及び第 2 の凹面鏡 1 0 2 によってレーザ光を複数回反射させて光路長を長くすることで、ヘリオットセルを用いたガス測定装置は、ガスの濃度を精度良く測定することができる。

【0024】

図 2 は、従来のヘリオットセルを用いたガス測定装置によって、配管 2 0 0 内の被測定ガスの濃度を測定する場合の概略構成を示す図である。

【0025】

図 2 に示す例においては、内部に被測定ガスがある配管 2 0 0 に窓ガラス 2 1 0 が設けられている。窓ガラス 2 1 0 は、被測定ガスを測定するための測定用の窓として、配管 2 0 0 に設けられている。 40

【0026】

図 2 に示す例においては、第 1 の凹面鏡 1 0 1 及び第 2 の凹面鏡 1 0 2 は、窓ガラス 2 1 0 に接するように配置されている。

【0027】

図 1 及び図 2 に示したような、従来のヘリオットセルを用いたガス測定装置には、以下のような課題がある。

【0028】

< 課題 1 >

ヘリオットセルにおいて、レーザ光源 1 0 3 が出射するレーザ光の光路は、レーザ光の 50

入射角、レーザ光源 103 の位置、測定距離、反射回数、第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 の位置、第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 の曲面率などのようなパラメータに依存する。振動、温度などに起因して歪みなどの物理的な変動があると、上記パラメータは変動するが、そうすると光路も変動してしまう。特に、第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 の角度が変動すると、反射の度に影響が累積するため、反射回数に比例して光路の変動が大きくなる。光路の変動は、光路長、光量の変動及び受光素子 104 の受光位置の変動となり、測定ノイズの増加、測定値の変動などをもたらす。

【0029】

< 課題 2 >

第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 の反射面にはミラーコーティングが施されている。このミラーコーティングの材料は、すべてを反射させることが困難であるため、第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 に入射されたレーザ光の一部は透過する。したがって、第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 によって反射される度に、レーザ光の光量は減衰し、その分、受光素子 104 が受光するレーザ光の光量は低減する。レーザ光の透過によるレーザ光の光量の低減は、S/N 比が悪化するため、測定ノイズの増加、測定値の変動などをもたらす。

【0030】

< 課題 3 >

課題 1 において示した各パラメータは、測定距離に応じた値に調整する必要がある。そのため、大きさの異なる配管、タンクにおいて内部のガス濃度を測定する場合、その都度、各パラメータを調整することが必要となる。特に、第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 の曲面率を変えるためには、別の第 1 の凹面鏡 101 及び別の第 2 の凹面鏡 102 を用意することが必要となるため、汎用的に部品を使用して測定することが困難である。

【0031】

< 課題 4 >

反射回数を増やしてレーザ光の光路長を長くすると、基本的にはガスの濃度を精度良く測定することができる。しかしながら、光路長を長くし過ぎると、被測定ガス中に含まれるダストの影響及びレーザ光のビーム径の形状悪化などによるレーザ光の光量低下により、測定ノイズの増加、測定値の変動をもたらす。そのため、反射回数を適切な回数に調整することが望ましいが、その場合、課題 1 において示した各パラメータを調整する必要がある。しかしながら、ヘリオットセルを用いた構成は各パラメータの調整が容易でないため、反射回数の調整が容易ではない。

【0032】

< 課題 5 >

レーザ光源 103 のレーザ光の入射角、レーザ光の入射位置の調整は、反射の度に反射角度及び反射位置の変化量が累積し調整感度が増加する。このため、反射回数を増やすと、光軸の調整に対する調整感度が大きくなり、レーザ光源 103 の光軸の微調整が困難となる。

【0033】

< 課題 6 >

ヘリオットセルは、第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 を使用しているため、レーザ光の光路長を算出する際、凹面を考慮して算出する必要がある。そのため、光路長を算出するために複雑な計算が必要となる。

【0034】

< 課題 7 >

図 2 に示したように、ヘリオットセルにおいて第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 を使用する場合、配管 200 の測定用の窓ガラス 210 に第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 を設置する場合がある。この場合、第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 は凹面形状であるため、第 1 の凹面鏡 101 及び第 2 の凹面鏡 102 と窓ガラス

10

20

30

40

50

２１０との間に間隙２２０ができてしまう。間隙２２０に存在する気体は測定対象である被測定ガスとは異なる気体であるため、間隙２２０を通過する光路長の分が誤差要因となってしまう。特に、被測定ガスの濃度が小さい場合、測定距離が短い場合などは、間隙２２０による誤差の影響が大きくなる。

【００３５】

< 課題 ８ >

図１に示すように、第２の凹面鏡１０２には、レーザ光源１０３が出射するレーザ光が通過することを可能とし、また、受光素子１０４が受光するレーザ光を通過させることを可能とする穴を設けることが必要である。そのため、第２の凹面鏡１０２には、穴加工を追加する必要がある、加工費が高価となる。

10

【００３６】

< 課題 ９ >

課題２において記載したように、第１の凹面鏡１０１及び第２の凹面鏡１０２の反射面にはミラーコーティングを施すことが必要である。レーザ光が第１の凹面鏡１０１及び第２の凹面鏡１０２によって反射される際の光量の減衰を抑制するためには、ミラーコーティングの材料として、高反射率の材料を用いることが必要となり、加工費が高価となる。

【００３７】

(本開示のガス測定装置)

図３は、一実施形態に係るガス測定装置１の概略構成を示す図である。ガス測定装置１は、ヘリオットセルにおける上述の課題１～９を解消することを目的とするガス測定装置である。図３を参照して、一実施形態に係るガス測定装置１の構成及び機能について説明する。

20

【００３８】

ガス測定装置１は、レーザ吸収分光法によってガスの濃度を測定する装置である。図１においては、測定対象のガスを被測定ガスとして示している。また、本実施形態においても、「測定距離」との用語を、被測定ガスの端から端までの距離という意味で用いる場合がある。

【００３９】

ガス測定装置１は、第１のコーナーキューブ１０と、第２のコーナーキューブ２０と、レーザ光源３０と、受光素子４０とを備える。

30

【００４０】

第１のコーナーキューブ１０及び第２のコーナーキューブ２０は、先端部分が３つの平面でカットされたプリズムである。第１のコーナーキューブ１０及び第２のコーナーキューブ２０は、再帰反射の特性を有する。再帰反射の特性とは、光がどのような方向から入射されても、入射された方向に対して１８０度の方向に光を反射する特性である。第１のコーナーキューブ１０及び第２のコーナーキューブ２０は、ガラスで構成されていてよい。

【００４１】

第１のコーナーキューブ１０と第２のコーナーキューブ２０との間に測定対象である被測定ガスがある。第２のコーナーキューブ２０は、第１のコーナーキューブ１０に対向して配置されている。図３に示す例においては、第１のコーナーキューブ１０の入射面はＸＹ平面と平行である。また、第２のコーナーキューブ２０の入射面もＸＹ平面と平行である。第１のコーナーキューブ１０の入射面及び第２のコーナーキューブ２０の入射面は、被測定ガスに接している。

40

【００４２】

レーザ光源３０は、第１のコーナーキューブ１０にレーザ光を出射する。レーザ光源３０は、被測定ガス成分の吸光スペクトルを測定可能な波長を有するレーザ光を出射する。レーザ光源３０は、例えば、ランプ光源、ＬＥＤ（Light-Emitting Diode）光源などであってよい。

【００４３】

50

受光素子 40 は、第 1 のコーナーキューブ 10 と第 2 のコーナーキューブ 20 との間で被測定ガスを通して複数回反射されたレーザ光を受光する。受光素子 40 は、例えばフォトダイオードであってよい。

【0044】

受光素子 40 が受光したレーザ光の強度からレーザ光の吸光度を算出することができる。また、レーザ光の吸光度から被測定ガスの濃度を算出することができる。受光素子 40 は、演算装置に接続されていてよい。演算装置は、受光素子 40 が測定したレーザ光の強度を受光素子 40 から取得し、レーザ光の吸光度及び被測定ガスの濃度を算出することができる。演算装置は、専用のコンピュータであってもよいし、汎用の PC (Personal Computer)、サーバなどであってもよい。

10

【0045】

図 3 に示すように、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 は、第 1 のコーナーキューブ 10 の中心線 L1 と第 2 のコーナーキューブ 20 の中心線 L2 とがずれるように配置されている。

【0046】

第 1 のコーナーキューブ 10 の中心線とは、第 1 のコーナーキューブ 10 の入射面に入射するレーザの入射位置と反射され出射位置の中心点を通る入射レーザ光と平行な線である。第 2 のコーナーキューブ 20 の中心線とは、第 2 のコーナーキューブ 20 の入射面に入射するレーザの入射位置と反射された出射位置の中心点を通る入射レーザ光と平行な線である。

20

【0047】

第 1 のコーナーキューブ 10 と第 2 のコーナーキューブ 20 とは、X 方向にずらして配置される。この際、レーザ光の光路が第 1 のコーナーキューブ 10 又は第 2 のコーナーキューブ 20 の中心点を通らないように、ずらし量は調整されている。図 3 に示す例においては、第 1 のコーナーキューブ 10 の中心線 L1 と、第 2 のコーナーキューブ 20 の中心線 L2 とが X 方向に距離 B だけ離れるように、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 が配置されている。中心線 L1 と中心線 L2 との間の距離 B は、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 によってレーザ光が反射される回数に関連づけられる。

【0048】

例えば、中心線 L1 と中心線 L2 との間の距離 B と、反射回数とは、下記の式 (1) のように関連づけられる。

30

$$B = \varphi / (n - 1) \quad (1)$$

ここで、 φ は第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 の直径であり、 n は、第 1 のコーナーキューブ 10 と第 2 のコーナーキューブ 20 との間の多重反射で得られる光路の本数であり、 $(n - 1)$ が反射回数である。

【0049】

例えば、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 の直径が 50 mm であり、光路の本数を 5 本とする場合、 $B = 12.5 \text{ mm}$ となるように、中心線 L1 と中心線 L2 との間の距離 B を調整すればよい。

40

【0050】

レーザ光源 30 の X 方向の位置は、第 1 のコーナーキューブ 10 の X 軸正方向側のエッジから、距離 A だけ X 軸の負方向側の位置であってよい。距離 A は、例えば、距離 B の $1/2$ の距離であってよい。

【0051】

続いて、図 3、図 4 A、図 4 B 及び図 5 を参照して、レーザ光源 30 から出射されたレーザ光の光路について説明する。図 4 A は、図 3 の第 1 のコーナーキューブ 10 を Z 軸負方向側から見た図である。図 4 B は、図 3 の第 2 のコーナーキューブ 20 を、Z 軸正方向側から見た図である。図 5 は、第 1 のコーナーキューブ 10 が入射光を反射する様子を示す図である。

50

【 0 0 5 2 】

なお、図 4 A において、R 1 ~ R 3 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の 3 つの平面の境界、すなわち稜線を示す。また、図 4 B においても同様に、R 1 ~ R 3 は、第 2 のコーナーキューブ 2 0 の 3 つの平面の境界、すなわち稜線を示す。

【 0 0 5 3 】

第 1 のコーナーキューブ 1 0 は、上述したように、再帰反射の特性を有する。そのため、図 5 に示すように、第 1 のコーナーキューブ 1 0 に入射された入射光は、入射光の方向に対して 1 8 0 度の方向に出射光として出射される。

【 0 0 5 4 】

図 3、図 4 A 及び図 4 B を参照すると、レーザ光源 3 0 から出射されたレーザ光は、被測定ガス中の光路 P 1 を通って第 1 のコーナーキューブ 1 0 に入射される。

【 0 0 5 5 】

被測定ガス中の光路 P 1 を通って第 1 のコーナーキューブ 1 0 に入射されたレーザ光は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の中心点に対して点対称の位置で反射されて、第 2 のコーナーキューブ 2 0 に向けて出射される。第 2 のコーナーキューブ 2 0 に向けて出射されたレーザ光は、被測定ガス中の光路 P 2 を通る。

【 0 0 5 6 】

被測定ガス中の光路 P 2 を通ったレーザ光は、第 2 のコーナーキューブ 2 0 に入射される。この際、第 2 のコーナーキューブ 2 0 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 よりも距離 B だけ X 軸負方向にずれた位置に配置されているため、光路 P 2 を通ったレーザ光は、第 2 のコーナーキューブ 2 0 の中心に近い位置に入射される。

【 0 0 5 7 】

被測定ガス中の光路 P 2 を通って第 2 のコーナーキューブ 2 0 に入射されたレーザ光は、第 2 のコーナーキューブ 2 0 の中心点に対して点対称の位置で反射されて、第 1 のコーナーキューブ 1 0 に向けて出射される。第 1 のコーナーキューブ 1 0 に向けて出射されたレーザ光は、被測定ガス中の光路 P 3 を通る。

【 0 0 5 8 】

被測定ガス中の光路 P 3 を通ったレーザ光は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 に入射される。この際、P 3 を通ったレーザ光は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の中心点よりも X 軸負方向側の位置に入射される。

【 0 0 5 9 】

被測定ガス中の光路 P 3 を通って第 1 のコーナーキューブ 1 0 に入射されたレーザ光は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の中心点に対して点対称の位置で反射されて、第 2 のコーナーキューブ 2 0 に向けて出射される。第 2 のコーナーキューブ 2 0 に向けて出射されたレーザ光は、被測定ガス中の光路 P 4 を通る。

【 0 0 6 0 】

被測定ガス中の光路 P 4 を通ったレーザ光は、第 2 のコーナーキューブ 2 0 に入射される。この際、第 2 のコーナーキューブ 2 0 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 よりも距離 B だけ X 軸負方向にずれた位置に配置されているため、光路 P 4 を通ったレーザ光は、第 2 のコーナーキューブ 2 0 の中心から遠い位置に入射される。

【 0 0 6 1 】

被測定ガス中の光路 P 4 を通って第 2 のコーナーキューブ 2 0 に入射されたレーザ光は、第 2 のコーナーキューブ 2 0 の中心点に対して点対称の位置で反射されて、受光素子 4 0 に向けて出射される。受光素子 4 0 に向けて出射されたレーザ光は、被測定ガス中の光路 P 5 を通る。

【 0 0 6 2 】

被測定ガス中の光路 P 5 を通ったレーザ光は、受光素子 4 0 に入射される。

【 0 0 6 3 】

図 3 に示すように、レーザ光源 3 0 から出射されたレーザ光は、光路 P 1 ~ 光路 P 3 までは、時計回りで反射されることを繰り返し、光路 P 4 ~ 光路 P 5 までは、反時計回りで

10

20

30

40

50

反射されることを繰り返す。また、レーザ光源 30 から出射されたレーザ光は、被測定ガス中を 5 回通過するので、被測定ガス中を通過するレーザ光の光路長は、測定距離の 5 倍となる。

【0064】

なお、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 の稜線 R1 ~ R3 は、稜線エッジ部で不要な散乱を発生させる原因となるため、図 4 A 及び図 4 B に示すように、光路 P1 ~ 光路 P5 は、稜線 R1 ~ R3 によって反射されない経路を通ることが望ましい。還元すれば、Z 軸を中心として第 1 のコーナーキューブ 10 を回転させた角度は、光路 P1 ~ P4 が稜線 R1 ~ R3 を通らないような角度に調整されている。また、Z 軸を中心として第 2 のコーナーキューブ 20 を回転させた角度は、光路 P2 ~ P5 が稜線 R1 ~ R3 を通らないような角度に調整されている。

10

【0065】

図 6、図 7 A 及び図 7 B に、一実施形態に係るガス測定装置 1 を光路の本数が 11 本になるように調整した場合の概略構成を示す。図 7 A は、図 6 の第 1 のコーナーキューブ 10 を Z 軸負方向側から見た図である。図 7 B は、図 6 の第 2 のコーナーキューブ 20 を、Z 軸正方向側から見た図である。

【0066】

上述の式 (1) を用いて計算すると、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 の直径が 50 mm であり、光路の本数を 11 本とする場合、距離 B は 5 mm と算出される。この場合、距離 A は、 $A = 5 / 2 = 2.5$ mm であってよい。

20

【0067】

上述の計算に基づいて、第 1 のコーナーキューブ 10 の中心線 L1 と、第 2 のコーナーキューブ 20 の中心線 L2 とが X 方向に距離 B、すなわち 5 mm 離れるように調整すると、レーザ光源 30 が出射したレーザ光は、光路の本数が 11 本になるように反射されて受光素子 40 に入射される。

【0068】

この際、図 6 に示すように、レーザ光源 30 から出射されたレーザ光は、光路 P1 ~ 光路 P6 までは、時計回りで反射されることを繰り返し、光路 P7 ~ 光路 P11 までは、反時計回りで反射されることを繰り返す。また、レーザ光源 30 から出射されたレーザ光は、被測定ガス中を 11 回通過するので、被測定ガス中を通過するレーザ光の光路長は、測定距離の 11 倍となる。

30

【0069】

このように、一実施形態に係るガス測定装置 1 は、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 によってレーザ光源 30 が出射したレーザ光を複数回反射するため、被測定ガス中を通過するレーザ光の光路長を長くすることができる。

【0070】

また、一実施形態に係るガス測定装置 1 は、第 1 のコーナーキューブ 10 の中心線 L1 と、第 2 のコーナーキューブ 20 の中心線 L2 との X 方向のずれである距離 B を調整するだけで、容易に光路の本数を調整することができる。

【0071】

40

ここで、一実施形態に係るガス測定装置 1 の効果について、上述したヘリオットセルの課題 1 ~ 9 に対応させて、効果 1 ~ 9 として説明する。

【0072】

< 効果 1 >

図 8 に、一実施形態に係るガス測定装置 1 において、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 に角度変動があった場合の様子を示す。図 8 に示す例においては、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 の双方が、XY 平面に対して傾いている。このような場合であっても、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 は再帰反射の特性を有するため、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 によって反射されるレーザ光は Z 軸に対して平行を保つ。

50

すなわち、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 に角度変動があっても光軸が変動しない。したがって、レーザ光が複数回反射されても光路変動が累積しない。このように、一実施形態に係るガス測定装置 1 は、振動、温度などに起因する歪みなどの物理的な変動からの影響を受けにくく安定性が高い。また、一実施形態に係るガス測定装置 1 は、振動、温度などに起因する歪みなどの物理的な変動からの影響を受けにくいため、調整が容易であり、特別な加工をして調整するといったことが不要である。

【0073】

< 効果 2 >

第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 においては、レーザ光が反射面を透過することによる光量の減衰は発生しない。第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 は、ガラスで構成されており、3 つの平面においてレーザ光を反射する。この際、3 つの平面へのレーザ光の入射角は臨界角より大きい角度であるため、3 つの平面における反射は全反射となるからである。

10

【0074】

< 効果 3 >

一実施形態に係るガス測定装置 1 において、第 1 のコーナーキューブ 10、第 2 のコーナーキューブ 20、レーザ光源 30 及び受光素子 40 は、測定距離によって交換する必要が無く同じものを用いることができる。なぜなら、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 が再帰反射の特性を有するため、被測定ガス中を通過するレーザ光は測定距離に関わらず平行を保ち、各部品のパラメータを測定距離に応じて調整する必要がないためである。

20

【0075】

< 効果 4 >

一実施形態に係るガス測定装置 1 は、第 1 のコーナーキューブ 10 の中心線 L1 と、第 2 のコーナーキューブ 20 の中心線 L2 との X 方向のずれである距離 B を調整するだけで、容易に光路の本数を調整することができる。

【0076】

< 効果 5 >

レーザ光源 30 の入射角度の調整は、XY 平面に対して垂直になるように調整するだけでよいから容易である。また、反射回数による角度累積による感度増大も小さいため、レーザ光源 30 の入射角度の調整が容易である。また、レーザ光源 30 の X 方向の位置がずれても、そのずれ量がそのまま受光素子 40 における X 方向の位置のずれとなるため、レーザ光が受光素子 40 で受光できるようにするための調整が容易である。

30

【0077】

< 効果 6 >

第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 の入射面は平面であるため、光路長を容易に算出することができる。

【0078】

< 効果 7 >

図 9 に、一実施形態に係るガス測定装置 1 の第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 を、内部に被測定ガスを有する配管 200 に設けられた測定用の窓ガラス 210 に接するように配置している様子を示す。第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 の入射面は平面であるため、第 1 のコーナーキューブ 10 の入射面及び第 2 のコーナーキューブ 20 の入射面は、窓ガラス 210 に密着することが可能である。そのため、図 2 に示したような間隙 220 ができることはない。したがって、レーザ光が被測定ガスとは異なる気体を通過することを防ぐことができ、被測定ガスとは異なる気体を通過することによる誤差を低減することができる。

40

【0079】

< 効果 8 >

図 6 に示すように、レーザ光源 30 が出射するレーザ光は、第 1 のコーナーキューブ 1

50

0 に直接入射される。また、第 2 のコーナーキューブ 2 0 が出射するレーザ光は、受光素子 4 0 に直接入射される。したがって、一実施形態に係るガス測定装置 1 の第 1 のコーナーキューブ 1 0 及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 に、レーザ光を通過させるための穴を追加で設けることは不要である。

【0080】

< 効果 9 >

第 1 のコーナーキューブ 1 0 及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 は、3 つの平面においてレーザ光を全反射する。この全反射は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 の材料であるガラスの屈折率と、第 1 のコーナーキューブ 1 0 及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 の周辺の大気などの気体の屈折率で決まる臨界角が、3 つの平面へのレーザ光の入射角より大きい角度になるように調整されていることによるものである。したがって、第 1 のコーナーキューブ 1 0 及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 にミラーコーティングを施すことは不要である。

10

【0081】

以上のような一実施形態に係るガス測定装置 1 によれば、多重反射を利用したレーザ吸収分光法における各種特性を改善することができる。より具体的には、ガス測定装置 1 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 と、第 1 のコーナーキューブ 1 0 に対向して配置された第 2 のコーナーキューブ 2 0 と、第 1 のコーナーキューブ 1 0 にレーザ光を出射するレーザ光源 3 0 と、第 1 のコーナーキューブ 1 0 と第 2 のコーナーキューブ 2 0 との間で被測定ガスを通過して複数回反射されたレーザ光を受光する受光素子 4 0 と、を備え、第 2 のコーナーキューブ 2 0 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の中心線と第 2 のコーナーキューブ 2 0 の中心線とがずれるように配置されている。このような構成となっていることで、一実施形態に係るガス測定装置 1 は、上述の効果 1 ~ 9 のような効果を有することができ、多重反射を利用したレーザ吸収分光法における各種特性を改善することができる。

20

【0082】

(第 1 の変形例)

図 1 0 は、第 1 の変形例に係るガス測定装置 2 の概略構成を示す図である。第 1 の変形例に係るガス測定装置 2 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 と、第 2 のコーナーキューブ 2 0 と、レーザ光源 3 0 と、受光素子 4 0 とを備える。第 1 の変形例に係るガス測定装置 2 については、図 3 に示したガス測定装置 1 との相違点について主に説明し、図 3 に示したガス測定装置 1 と共通する内容については適宜説明を省略する。

30

【0083】

第 1 の変形例に係るガス測定装置 2 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の入射面及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 の入射面が、XY 平面に対して傾いているという点で、図 3 に示したガス測定装置 1 と相違する。ここで、XY 平面は、レーザ光源 3 0 が第 1 のコーナーキューブ 1 0 にレーザ光を出射する方向に垂直な平面である。

【0084】

図 1 0 において、破線矢印は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の入射面及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 の入射面において不要反射によって発生する反射光を示す。この不要反射による反射光は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の入射面及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 の入射面において単純に反射される反射光である。そのため、この不要反射による反射光は再帰反射ではなく、Z 軸に対して平行ではない。

40

【0085】

図 3 に示したガス測定装置 1 において、上述のような不要反射が発生し、不要反射によるレーザ光が受光素子 4 0 に入射されると、本来のレーザ光と干渉して測定ノイズの増加及び誤差要因となる。

【0086】

これに対し、第 1 の変形例に係るガス測定装置 2 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 の入射面及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 の入射面が、XY 平面に対して傾いていることによって、不要反射によるレーザ光を本来のレーザ光から分離することができる。したがって

50

、第 1 の変形例に係るガス測定装置 2 は、不要反射による影響を低減することによって測定精度及び安定性を改善することができる。

【 0 0 8 7 】

(第 2 の変形例)

図 1 1 は、第 2 の変形例に係るガス測定装置 3 の概略構成を示す図である。第 2 の変形例に係るガス測定装置 3 は、第 1 の直角プリズム 5 0 と、第 2 の直角プリズム 6 0 と、レーザ光源 3 0 と、受光素子 4 0 とを備える。第 2 の変形例に係るガス測定装置 3 については、図 3 に示したガス測定装置 1 との相違点について主に説明し、図 3 に示したガス測定装置 1 と共通する内容については適宜説明を省略する。

【 0 0 8 8 】

10

第 2 の変形例に係るガス測定装置 3 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 の代わりに、第 1 の直角プリズム 5 0 及び第 2 の直角プリズム 6 0 を備えるという点で、図 3 に示したガス測定装置 1 と相違する。

【 0 0 8 9 】

第 1 の直角プリズム 5 0 及び第 2 の直角プリズム 6 0 は、直交する 2 つの平面を有するプリズムである。第 1 の直角プリズム 5 0 及び第 2 の直角プリズム 6 0 は、ガラスで構成されていてよい。

【 0 0 9 0 】

図 1 1 は、反射回数が 1 0 回になるように、第 1 の直角プリズム 5 0 及び第 2 の直角プリズム 6 0 の X 軸方向の位置が調整されている場合の概略構成を示している。

20

【 0 0 9 1 】

第 1 の直角プリズム 5 0 及び第 2 の直角プリズム 6 0 は、入射面が Y 軸方向を軸とした回転をしても、Y Z 平面に平行に入射された入射光を、Y Z 平面に平行な方向に反射する。したがって、振動、温度などに起因する歪みなどによって、第 1 の直角プリズム 5 0 及び第 2 の直角プリズム 6 0 の入射面が Y 軸方向を軸とした回転方向に変動しても、その影響を受けにくいという効果を有する。

【 0 0 9 2 】

このように、第 1 のコーナーキューブ 1 0 及び第 2 のコーナーキューブ 2 0 に比べて単純な部品であり、安価で入手性が良い部品である第 1 の直角プリズム 5 0 及び第 2 の直角プリズム 6 0 を備えるガス測定装置 3 であっても、振動、温度などに起因する歪みなどの物理的な変動からの影響を受けにくいという効果を有する。

30

【 0 0 9 3 】

なお、第 1 の直角プリズム 5 0 及び第 2 の直角プリズム 6 0 は、完全な再帰反射の特性を有さないため、様々な位置変動に対しては、図 3 に示したガス測定装置 1 の方が位置変動の影響を受けにくい。例えば、入射面が X 軸方向を軸として傾いた場合、第 2 の変形例に係るガス測定装置 3 は、入射光を 1 8 0 度の方向に反射しないが、図 3 に示したガス測定装置 1 は、入射光を 1 8 0 度の方向に反射する。

【 0 0 9 4 】

(第 3 の変形例)

図 1 2、図 1 3 A 及び図 1 3 B は、第 3 の変形例に係るガス測定装置 4 の概略構成を示す図である。第 3 の変形例に係るガス測定装置 4 は、第 1 のコーナーキューブ 1 0 と、第 2 のコーナーキューブ 2 0 と、レーザ光源 3 0 と、受光素子 4 0 とを備える。

40

【 0 0 9 5 】

図 1 3 A は、図 1 2 の第 1 のコーナーキューブ 1 0 を Z 軸負方向側から見た図である。図 1 3 B は、図 1 2 の第 2 のコーナーキューブ 2 0 を、Z 軸正方向側から見た図である。

【 0 0 9 6 】

第 3 の変形例に係るガス測定装置 4 については、図 3 に示したガス測定装置 1 との相違点について主に説明し、図 3 に示したガス測定装置 1 と共通する内容については適宜説明を省略する。

【 0 0 9 7 】

50

第 3 の変形例に係るガス測定装置 4 は、レーザ光源 30 が Y 軸方向に所定の距離 C だけ中心からずらした位置に配置されているという点で、図 3 に示したガス測定装置 1 と相違する。

【 0 0 9 8 】

図 1 3 A を参照すると、レーザ光源 30 の位置が Y 軸方向に中心から距離 C だけずれているため、第 1 のコーナーキューブ 10 の入射面における光路 P 1 の位置は、Y 軸方向に距離 C だけずれている。

【 0 0 9 9 】

X 軸方向を第 1 の方向、Y 軸方向を第 2 の方向、Z 軸方向を第 3 の方向とすると、レーザ光源 30 は、第 2 の方向に中心から所定の距離だけずらした位置に配置されている。

10

【 0 1 0 0 】

被測定ガス中の光路 P 1 を通って第 1 のコーナーキューブ 10 に入射されたレーザ光は、図 1 3 A に示すように、第 1 のコーナーキューブ 10 の中心点に対して点対称の位置で反射されて、第 2 のコーナーキューブ 20 に向けて出射される。第 2 のコーナーキューブ 20 に向けて出射されたレーザ光は、被測定ガス中の光路 P 2 を通る。

【 0 1 0 1 】

このように、レーザ光源 30 の位置を Y 軸方向に所定の距離 C だけずらすと、被測定ガス中を通過するレーザ光の光路が 2 列となる。これにより、被測定ガス中の広い範囲をレーザ光が通過することができるため、広い範囲のガス濃度を測定することが可能となる。

【 0 1 0 2 】

20

第 3 の変形例に係るガス測定装置 4 は、所定の距離 C を調整することによって、ガス濃度を測定する範囲を調整することができる。広い範囲のガス濃度を測定したい場合は、所定の距離 C を大きくすればよい。狭い範囲のガス濃度を測定したい場合は、所定の距離 C を小さくすればよい。

【 0 1 0 3 】

(第 4 の変形例)

図 1 4 は、第 4 の変形例に係るガス測定装置 5 の概略構成を示す図である。第 4 の変形例に係るガス測定装置 5 は、第 1 のコーナーキューブ 10 と、第 2 のコーナーキューブ 20 と、レーザ光源 30 と、受光素子 40 とを備える。第 4 の変形例に係るガス測定装置 5 については、図 3 に示したガス測定装置 1 との相違点について主に説明し、図 3 に示したガス測定装置 1 と共通する内容については適宜説明を省略する。

30

【 0 1 0 4 】

第 4 の変形例に係るガス測定装置 5 は、レーザ光源 30 が第 1 のコーナーキューブ 10 の入射面に対して斜めにレーザ光を出射するという点で、図 3 に示したガス測定装置 1 と相違する。

【 0 1 0 5 】

第 4 の変形例に係るガス測定装置 5 は、レーザ光源 30 が第 1 のコーナーキューブ 10 の入射面に対して出射するレーザ光の角度を変えることによって、反射回数を調整することができる。

【 0 1 0 6 】

40

これにより、第 4 の変形例に係るガス測定装置 5 は、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 の X 軸方向の位置を変えずに、第 1 のコーナーキューブ 10 及び第 2 のコーナーキューブ 20 の位置を固定した状態で、反射回数を調整することができる。

【 0 1 0 7 】

図 1 4 において、破線矢印は、第 1 のコーナーキューブ 10 の入射面及び第 2 のコーナーキューブ 20 の入射面において不要反射によって発生する反射光を示す。レーザ光源 30 が第 1 のコーナーキューブ 10 の入射面に対して斜めにレーザ光を出射すると、図 1 4 に示すように、不要反射によるレーザ光を本来のレーザ光から分離することができる。したがって、第 4 の変形例に係るガス測定装置 5 は、不要反射による影響を低減することに

50

よって測定精度を改善することができる。

【0108】

本開示は、その精神又はその本質的な特徴から離れることなく、上述した実施形態以外の他の所定の形態で実現できることは当業者にとって明白である。従って、先の記述は例示的であり、これに限定されない。開示の範囲は、先の記述によってではなく、付加した請求項によって定義される。あらゆる変更のうちその均等の範囲内にあるいくつかの変更は、その中に包含される。

【0109】

例えば、上述した各構成部の配置及び個数等は、上記の説明及び図面における図示の内容に限定されない。各構成部の配置及び個数等は、その機能を実現できるのであれば、任意に構成されてもよい。

10

【0110】

例えば、上述した第1の変形例～第4の変形例に示された構成は、適宜組み合わせられてもよい。

【0111】

例えば、上述した実施形態において、ガス測定装置1が第1のコーナーキューブ10及び第2のコーナーキューブ20を備える構成を示したが、ガス測定装置1がレーザ光を反射するために備える光学素子はコーナーキューブに限定されない。ガス測定装置1は、再帰反射の特性を有する光学素子であれば、任意の光学素子を第1のコーナーキューブ10及び第2のコーナーキューブ20の代わりに備えていてよい。

20

【0112】

例えば、上述した実施形態において、第1のコーナーキューブ10及び第2のコーナーキューブ20の大きさが同じ場合を示したが、第1のコーナーキューブ10と第2のコーナーキューブ20とは異なる大きさであってよい。

【0113】

例えば、上述した実施形態において、ガス測定装置1が第1のコーナーキューブ10及び第2のコーナーキューブ20という2つのコーナーキューブを備える構成を示したが、ガス測定装置1は、3つ以上のコーナーキューブを備えていてもよい。

【0114】

例えば、上述した実施形態において、レーザ光源30と受光素子40とは、被測定ガスを挟んで反対側に配置されていたが、レーザ光源30と受光素子40とが、被測定ガスの同じ側に配置されていてもよい。レーザ光源30と受光素子40とが被測定ガスの同じ側に配置されるようにすることは、例えば、ガス測定装置1が3つのコーナーキューブを備える構成とすれば可能である。

30

【符号の説明】

【0115】

1、2、3、4、5 ガス測定装置

10 第1のコーナーキューブ

20 第2のコーナーキューブ

30 レーザ光源

40 受光素子

50 第1の直角プリズム

60 第2の直角プリズム

101 第1の凹面鏡

102 第2の凹面鏡

103 レーザ光源

104 受光素子

200 配管

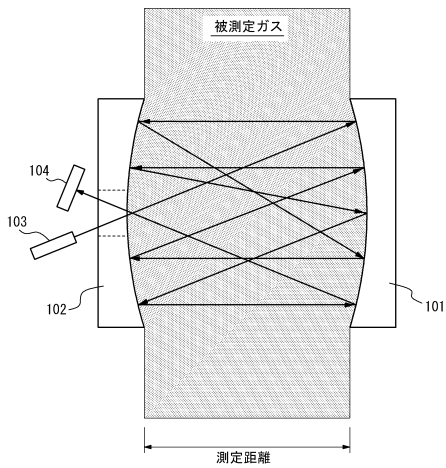
210 窓ガラス

220 間隙

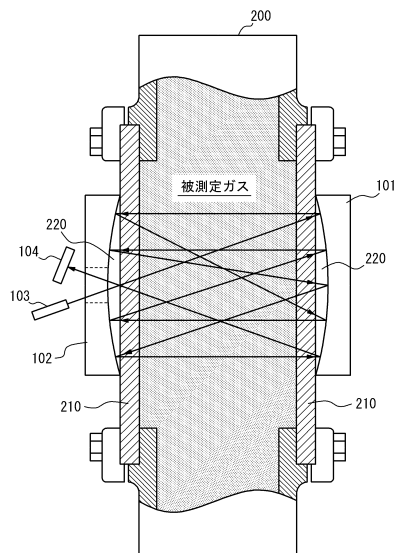
40

50

【図面】
【図 1】



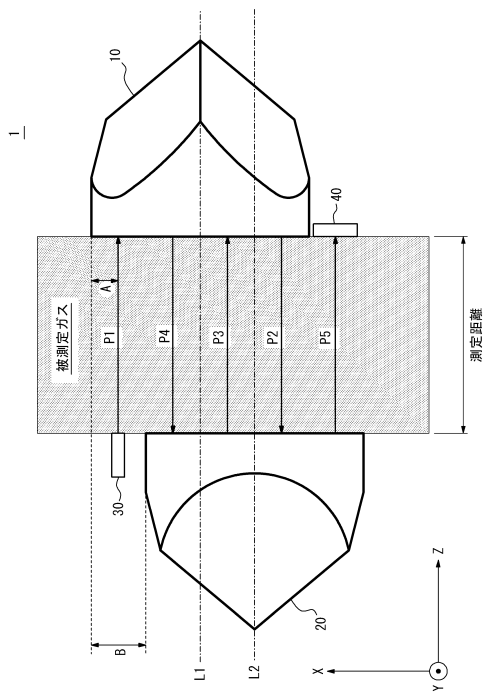
【図 2】



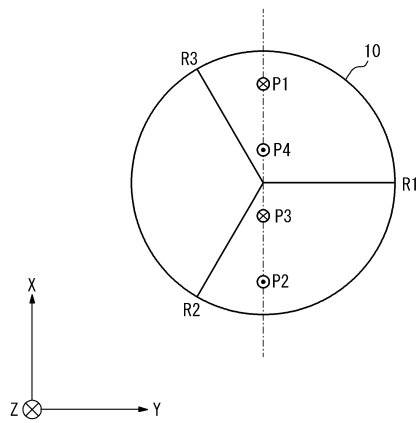
10

20

【図 3】



【図 4 A】

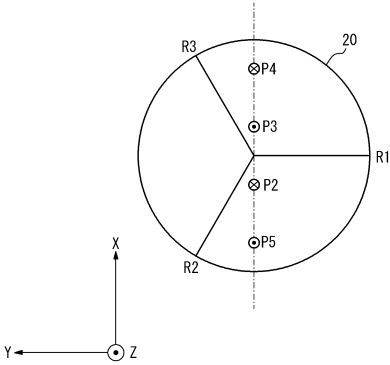


30

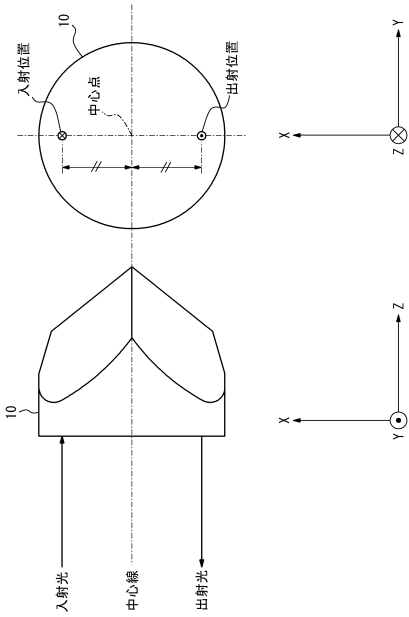
40

50

【図 4 B】



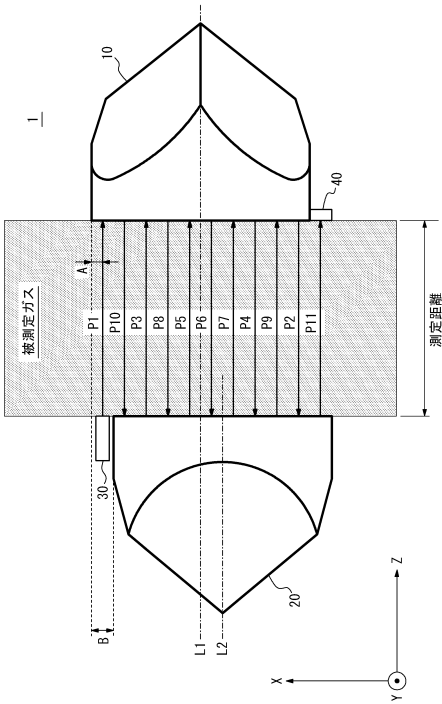
【図 5】



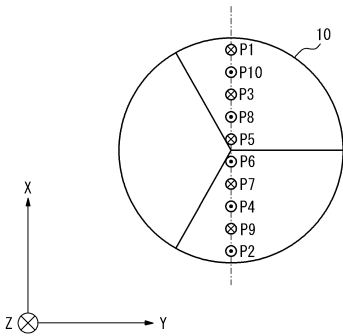
10

20

【図 6】



【図 7 A】

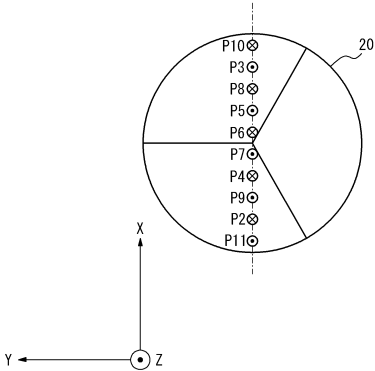


30

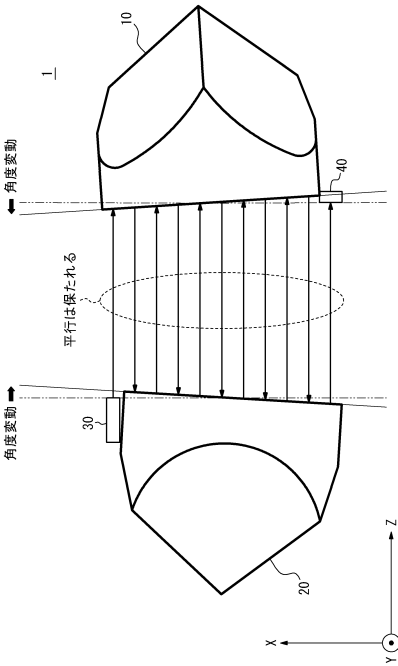
40

50

【図 7 B】



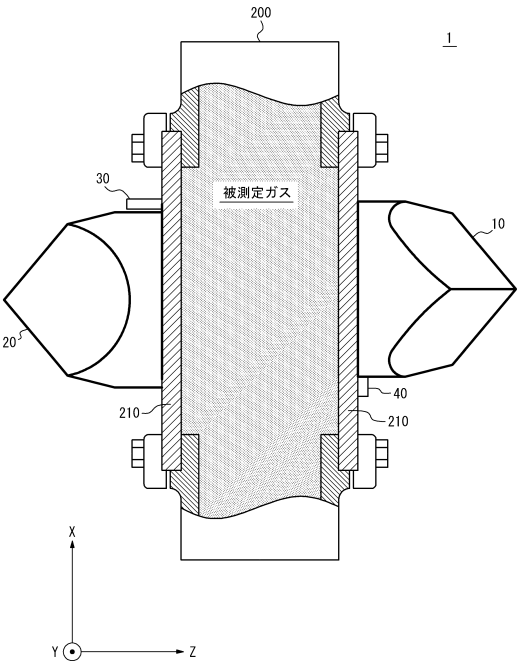
【図 8】



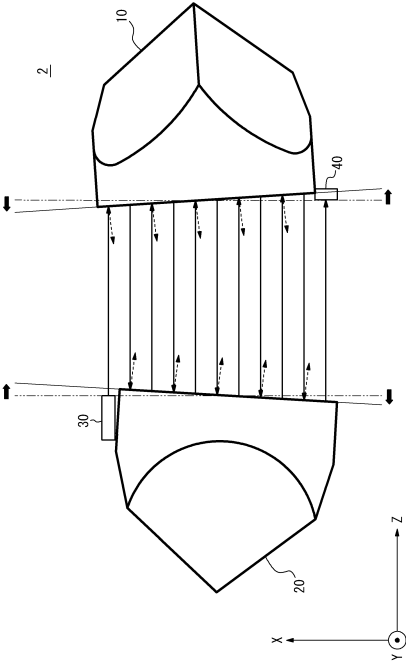
10

20

【図 9】



【図 10】

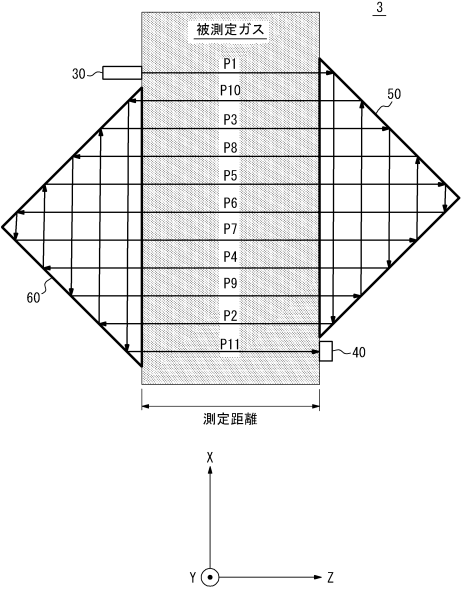


30

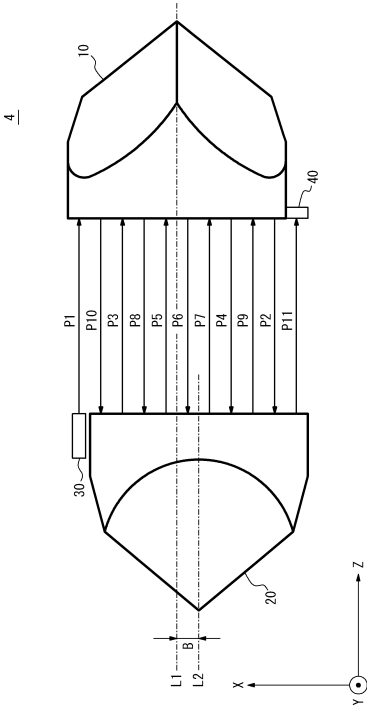
40

50

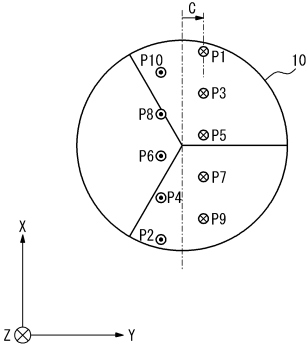
【図 1 1】



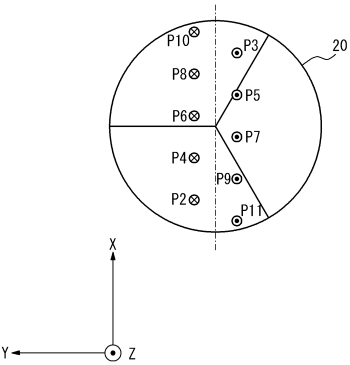
【図 1 2】



【図 1 3 A】



【図 1 3 B】



10

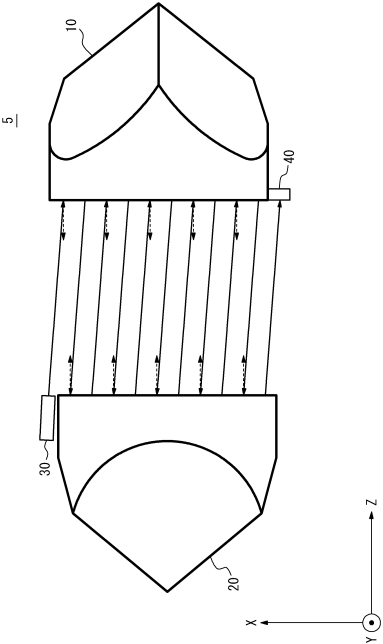
20

30

40

50

【 図 1 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 手塚 賢太郎
東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
- (72)発明者 采女 成夫
東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
- (72)発明者 小箱 紗希
東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
- F ターム (参考) 2G057 AA01 AB04 AB06 AC03 BA05 DA03 DA13 DB10 DC07
2G059 AA01 BB01 EE01 JJ01 JJ12 JJ14 LL01 LL03 MM03 NN06