

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7110686号  
(P7110686)

(45)発行日 令和4年8月2日(2022.8.2)

(24)登録日 令和4年7月25日(2022.7.25)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 1 N 21/3504(2014.01) G 0 1 N 21/3504  
G 0 1 N 21/359(2014.01) G 0 1 N 21/359

請求項の数 2 (全9頁)

(21)出願番号	特願2018-72274(P2018-72274)	(73)特許権者	000000099 株式会社 I H I 東京都江東区豊洲三丁目1番1号
(22)出願日	平成30年4月4日(2018.4.4)	(74)代理人	100083806 弁理士 三好 秀和
(65)公開番号	特開2019-184302(P2019-184302 A)	(74)代理人	100101247 弁理士 高橋 俊一
(43)公開日	令和1年10月24日(2019.10.24)	(74)代理人	100095500 弁理士 伊藤 正和
審査請求日	令和3年3月3日(2021.3.3)	(74)代理人	100098327 弁理士 高松 俊雄
		(72)発明者	伊澤 淳 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式 会社 I H I 内
		審査官	横尾 雅一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 濃度測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ポンプ光を発生するレーザ光源と、  
前記レーザ光源から前記ポンプ光を受け、波長変換によってモニタ光と測定対象のプロ  
ープ光とを出力する波長変換器と、  
前記モニタ光の波長に感度をもつ光検出器を含む前記モニタ光の波長測定器と、  
前記測定対象を通過する前後の前記プローブ光の強度から前記測定対象の濃度を算出す  
る濃度算出部と  
を備え、  
前記波長変換による前記モニタ光の波長は、前記光検出器が感度をもつ可視領域から近  
赤外領域の波長に設定され、  
前記光検出器はシリコンフォトダイオードである、  
濃度測定装置。

10

【請求項2】

測定対象のプローブ光を発生するレーザ光源と、  
前記レーザ光源から前記プローブ光を受け、波長変換によってモニタ光を出力する波長  
変換器と、  
前記モニタ光の波長に感度をもつ光検出器を含む前記モニタ光の波長測定器と、  
前記測定対象を通過する前後の前記プローブ光の強度から前記測定対象の濃度を算出す  
る濃度算出部と

20

を備え、

前記波長変換による前記モニタ光の波長は、前記光検出器が感度をもつ可視領域から近赤外領域の波長に設定され、

前記光検出器はシリコンフォトダイオードである、  
濃度測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザ光を用いた差分吸収法により物質の濃度を測定する濃度測定装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

二酸化炭素ガスやメタンガス等の測定対象の濃度を測定する方法の1つとして、レーザ光を用いた差分吸収法が知られている。この方法では、測定対象で吸収される波長（即ち、オン波長）のレーザ光と測定対象で吸収されない波長（即ち、オフ波長）のレーザ光の各透過率を基に測定対象の濃度を算出している。

【0003】

特許文献1～3は差分吸収法を用いた濃度測定装置を開示している。また、特許文献4は、和周波発生による波長変換を行うことで、1.08～3.3 μmの波長領域のレーザ光を単一の検出器で測定する波長測定装置を開示している。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2001-159604号公報

特許第5190700号明細書

特許第5962327号明細書

特開平6-241908号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般的に測定対象の吸収線（吸収波長）の幅は非常に狭く、レーザ光の中心波長が測定対象の吸収線から僅かにずれただけでも光の吸収率が低下することが知られている。また、光の吸収率が低下した状態で測定対象の濃度測定を行っているると測定値の誤差が増大するため、測定対象に照射されるレーザ光の波長を、例えば分光器を用いて正確に測定する必要がある

30

【0006】

一方、ガス等の吸収線は、赤外領域（近赤外領域：0.75～1.4 μm、短波長赤外領域：1.4～3 μm、中波長赤外領域：3～8 μm、長波長赤外領域：8～15 μm）に多数存在することが知られている。しかしながら、例えば、検出すべき光の波長が1 μmを超えると、そのための検出器や光学機器のコストが増大し、結果的に装置全体のコストが増大してしまう。

40

【0007】

そこで、本発明は、測定対象の濃度を精度良く測定でき、且つ、コストの増大を抑えることが可能な濃度測定装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1の態様は濃度測定装置であって、ポンプ光を発生するレーザ光源と、前記レーザ光源から前記ポンプ光を受け、波長変換によってモニタ光と測定対象のプロープ光とを出力する波長変換器と、前記モニタ光の波長に感度をもつ光検出器を含む前記モニタ光の波長測定器と、前記測定対象を通過する前後の前記プロープ光の強度から前記測定対

50

象の濃度を算出する濃度算出部とを備え、前記波長変換による前記モニタ光の波長は、前記光検出器が感度をもつ可視領域から近赤外領域の波長に設定され、前記光検出器はシリコンフォトダイオードであることを要旨とする。

【 0 0 0 9 】

本発明の第 2 の態様は濃度測定装置であって、測定対象のプロープ光を発生するレーザー光源と、前記レーザー光源から前記プロープ光を受け、波長変換によってモニタ光を出力する波長変換器と、前記モニタ光の波長に感度をもつ光検出器を含む前記モニタ光の波長測定器と、前記測定対象を通過する前後の前記プロープ光の強度から前記測定対象の濃度を算出する濃度算出部とを備え、前記波長変換による前記モニタ光の波長は、前記光検出器が感度をもつ可視領域から近赤外領域の波長に設定され、前記光検出器はシリコンフォトダイオードであることを要旨とする。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、測定対象の濃度を精度良く測定でき、且つ、コストの増大を抑えることが可能な濃度測定装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る濃度測定装置を示すブロック図である。

【図 2】本発明の第 2 実施形態に係る濃度測定装置を示すブロック図である。

【図 3】本発明の第 1 及び第 2 実施形態に係る波長変換器を示す構成図である。

20

【図 4】プロープ光及び参照光の各波長と、測定対象の吸収線の波長との関係を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の実施形態を添付図面に基づいて詳細に説明する。なお、各図において共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

【 0 0 1 4 】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る濃度測定装置 1 0 A を示すブロック図である。図 2 は、本発明の第 2 実施形態に係る濃度測定装置 1 0 B の構成図である。図 3 は、第 1 及び第 2 実施形態に係る波長変換器 1 2 の構成図である。図 4 は、プロープ光及び参照光の各波長と、測定対象の吸収線の波長との関係を示す模式図である。濃度測定装置 1 0 A、1 0 B は、レーザー光を用いた差分吸収法によって測定対象 S の濃度を測定する。測定対象 S は、例えば、工場の煙突などから排出される二酸化炭素ガスである。

30

【 0 0 1 5 】

(第 1 実施形態)

まず、第 1 実施形態について説明する。図 1 に示すように、本実施形態の濃度測定装置 1 0 A は、レーザー光源 1 1 A と、波長変換器 1 2 と、波長測定器 1 3 と、光検出器 1 4 と、濃度算出部 1 5 とを備えている。これらは筐体 4 0 内に納められており、濃度測定装置 1 0 A の筐体 4 0 から出射したレーザー光(後述のプロープ光 1 8 A)は、少なくとも、測定対象 S を経由して再び濃度測定装置 1 0 A の筐体 4 0 に到達するまでの間、大気中を進行する。

40

【 0 0 1 6 】

レーザー光源 1 1 A は、波長変換器 1 2 に入力されるポンプ光(励起光) 1 6 としてのレーザー光を発生する。レーザー光の波長や発振モード(パルス発振又は連続発振)は、測定対象 S の吸収線(吸収波長)や波長変換器 1 2 における波長変換の仕様(変換方法、出力波長など)に応じて選定される。本実施形態では、レーザー光源 1 1 A として、パルスレーザーである Nd : YAG レーザを使用する。Nd : YAG レーザは、二倍波である 5 3 2 nm のパルスレーザー光を、1 0 Hz ~ 数 k Hz の繰り返し周波数で出力する。レーザー光のパルス幅は、例えば数 ns ~ 数十 ns である。

【 0 0 1 7 】

50

波長変換器 12 は、レーザ光源 11A からポンプ光 16 を受け、波長変換によってモニタ光 17 と測定対象 S のプローブ光 18 とを出力する。波長変換によるモニタ光 17 の波長は、後述する波長測定器 13 の光検出器 22 が検出可能な波長帯の波長に設定される。このような波長帯は例えば可視領域から近赤外領域である。また、プローブ光 18 は、測定対象 S によって吸収される波長（即ちオン波長）の光、或いは、測定対象 S によって吸収されない波長（即ちオフ波長）の光である。後述の通り、オン波長のプローブ光 18 とオフ波長のプローブ光 18 は、非線形光学結晶 33 の角度調整により、モニタ光 17 と共に所定の周期で交互に出力される。

#### 【0018】

図 3 に示すように、波長変換器 12 は、反射面が対向するように入射光（本実施形態ではポンプ光 16）の光軸（光路）30 に沿って配置された終端鏡 31 と出力鏡 32 とを有する。終端鏡 31 と出力鏡 32 との間隔 D は例えば 20 mm である。更に、終端鏡 31 と出力鏡 32 の間の光軸 30 上には、波長変換を行う光学素子として、非線形光学結晶 33 が設けられている。非線形光学結晶 33 は、ポンプ光 16 による光パラメトリック効果によって、アイドラ光としてのオン波長又はオフ波長のプローブ光 18 を発生すると共に、シグナル光としてのモニタ光 17 を発生する。モニタ光 17 はオン波長又はオフ波長のプローブ光 18 の各波長よりも短く、ポンプ光 16 の波長はモニタ光 17 の波長よりも短い。

#### 【0019】

終端鏡 31 は、ポンプ光 16 を透過させ、且つ、非線形光学結晶 33 によって発生したプローブ光 18 及びモニタ光 17 を反射する波長特性を有する。ポンプ光 16 の波長はプローブ光 18 及びモニタ光 17 の各波長よりも短いので、終端鏡 31 は所謂ロングパスフィルター（LPF）である。一方、出力鏡 32 も、終端鏡 31 と同じく、プローブ光 18 及びモニタ光 17 を反射する波長特性を有する。つまり、終端鏡 31 及び出力鏡 32 は所謂光共振器を構成する。終端鏡 31 及び出力鏡 32 の反射率は、プローブ光 18 及びモニタ光 17 に対して 50 ~ 99.5% である。

#### 【0020】

非線形光学結晶 33 は例えば KTP 結晶や BBO 結晶であり、ポンプ光 16 による光パラメトリック効果によってプローブ光 18 と、モニタ光 17 とを発生する。オン波長のプローブ光 18 の中心波長  $\omega_n$  は例えば 2004 nm、オフ波長のプローブ光 18 の中心波長  $\omega_{off}$  は例えば 1998 nm である（図 4 参照）。この場合、モニタ光 17 の波長は、オン波長のプローブ光 18 が発生しているときに 724 nm であり、オフ波長のプローブ光 18 が発生しているときに 725 nm である。

#### 【0021】

非線形光学結晶 33 によって発生する光の波長は、光軸 30 に対する結晶の光学軸 33a の角度  $\theta$  を調整することで適宜変更可能である。そこで、本実施形態の非線形光学結晶 33 は、この角度  $\theta$  を調整できるように回転ステージ 34 に搭載されている。回転ステージ 34 の回転と逆回転を例えば所定の周期で繰り返すことで、プローブ光 18 が、モニタ光 17 と共に、出力鏡 32 から交互に出射される。

#### 【0022】

回転ステージ 34 の回転及び設定角度は制御部（図示せず）によって制御される。角度の微調整により、プローブ光 18 とモニタ光 17 の各波長を精度良く（例えば 0.01 nm ~ 0.1 nm 刻みで）制御できる。

#### 【0023】

測定対象 S は吸収線 35 を複数もつ場合が多い。オン波長のプローブ光 18 の中心波長  $\omega_n$  は、これら吸収線 35 のうちの何れかの波長に一致している。但し、中心波長  $\omega_n$  と吸収線 35 の波長の一致度は厳密ではなく、少なくとも吸収線 35 の波長が、オン波長のプローブ光 18 の線幅内に含まれていればよい。

#### 【0024】

モニタ光 17 及びプローブ光 18 は、波長変換器 12 から出力した後、ダイクロイックミラー 19 に入射する。ダイクロイックミラー 19 のカットオフ波長は、モニタ光 17 の

10

20

30

40

50

波長とプローブ光 18 の波長の間の値に設定されている。従って、モニタ光 17 及びプローブ光 18 は、共通の光路を経てダイクロイックミラー 19 に入射した後、個別の光路に進行する。例えば、プローブ光 18 はダイクロイックミラー 19 を透過し、モニタ光 17 はダイクロイックミラー 19 によって反射される（図 1 参照）。

#### 【0025】

ダイクロイックミラー 19 を経たプローブ光 18 は、ビームスプリッタ 20 に入射する。ビームスプリッタ 20 は、プローブ光 18 を、個別の光路を進行するプローブ光 18 A、18 B に分岐させる。例えば、プローブ光 18 A はビームスプリッタ 20 を透過し、プローブ光 18 B はビームスプリッタ 20 によって反射される（図 1 参照）。

#### 【0026】

ビームスプリッタ 20 の分岐比（即ち反射率及び透過率）は予め設定されている。従って、後述の濃度算出部 15 によって、プローブ光 18 B の強度を測定することで、波長変換器 12 を出射した直後のプローブ光 18 の強度、換言すれば、測定対象 S に入射する前のプローブ光 18 A の強度を逆算できる。後述の通り、濃度算出部 15 は測定対象 S を通過する前後のプローブ光 18 の強度から測定対象 S の濃度を算出する。従って、プローブ光 18 B の強度は、濃度算出部 15 がプローブ光 18 A の透過率を算出する際の基準値として使用できる。

#### 【0027】

プローブ光 18 A は、ビームスプリッタ 20 を出射した後、測定対象 S を経由してビームスプリッタ 21 に入射する。例えば、プローブ光 18 A は、測定対象 S を通過し、測定対象 S の背後にある建築物等（図示せず）によって反射される。その後、プローブ光 18 A は、再び測定対象 S を通過し、ビームスプリッタ 21 に入射する。このとき、プローブ光 18 A がオン波長の光であれば、プローブ光 18 A の一部が測定対象 S の濃度に応じて吸収される。また、プローブ光 18 A がオフ波長の光であれば、プローブ光 18 A は測定対象 S に吸収されずに通過する。

#### 【0028】

プローブ光 18 B は、濃度測定装置 10 A の筐体 40 内を進行し、ビームスプリッタ 21 に入射する。つまり、プローブ光 18 B は測定対象 S を経由しない。従って、プローブ光 18 A と異なり、プローブ光 18 B は実質的に減衰しない。また、プローブ光 18 B の光路長（即ち、プローブ光 18 B が進行するビームスプリッタ 20 からビームスプリッタ 21 までの距離）は、プローブ光 18 A の光路長よりも十分に短い。即ち、プローブ光 18 B の光路長は、後述する光検出の時間分解を可能にする値に設定されている。

#### 【0029】

ビームスプリッタ 21 は、測定対象 S から到達するプローブ光 18 A の光路と、ビームスプリッタ 20 から到達するプローブ光 18 B の光路とを合流させ、各光路の光を光検出器 14 に導く。

#### 【0030】

光検出器 14 は、プローブ光 18 A とプローブ光 18 B を検出する。本実施形態では、光検出器 14 として、周知の半導体検出器を使用する。半導体検出器は、光の強度に比例した電圧を検出信号として出力する。なお、プローブ光 18 の光路におけるビームスプリッタ 21 の前段には、レンズ等の光学系 23 が設けられている。光学系 23 は筐体 40 内に設置され、プローブ光 18 A の集光率を向上させている。

#### 【0031】

濃度算出部 15 は、光検出器 14 によって検出されたオン波長及びオフ波長のプローブ光 18 の各透過率（吸光度）から測定対象 S の濃度を算出する。具体的には、濃度算出部 15 は、オフ波長のプローブ光 18 A とオフ波長のプローブ光 18 B の各強度から、オフ波長のプローブ光 18 A の透過率（第 1 の透過率）を算出する。濃度算出部 15 は、更に、オン波長のプローブ光 18 A とオン波長のプローブ光 18 B の各強度から、オン波長のプローブ光 18 A の透過率（第 1 の透過率）を算出する。第 2 の透過率は、第 1 の透過率に、測定対象 S への吸収による透過率（第 3 の透過率）を乗じたものである。これを考慮

10

20

30

40

50

して、濃度算出部 15 は、第 1 の透過率を用いて第 2 の透過率から第 3 の透過率を逆算し、第 3 の透過率から測定対象 S の濃度を算出する。

【0032】

なお、プローブ光 18 A とプローブ光 18 B は、それぞれの光路長の差によって光検出器 14 への到達時間が異なっている。また、オン波長とオフ波長は所定の周期で交互に設定される。従って、上述の濃度算出において、濃度算出部 15 は時間分解しながら光検出器 14 の検出信号を受信することで、当該検出信号を発生した光が、プローブ光 18 A あるいはプローブ光 18 B であるか、また、その光がオン波長のものであるか、オフ波長のものであるかが、特定される。つまり、検出するタイミングの違いから 4 種類の光を特定でき、これにより濃度の算出が可能になる。

10

【0033】

次に、本実施形態におけるプローブ光 18 の波長測定について説明する。下記の通り、波長測定器 13 によりモニタ光 17 の波長を測定することで、間接的にプローブ光 18 の波長を特定することができる。

【0034】

上述の通り、波長変換器 12 はポンプ光 16 からモニタ光 17 及びプローブ光 18 を生成し、ダイクロイックミラー 19 はこれらの光のうちモニタ光 17 を波長測定器 13 に導く。波長測定器 13 は、ダイクロイックミラー 19 から出射したモニタ光 17 の波長を測定する。

【0035】

波長測定器 13 は回折格子等を用いた分散型の分光器、或いは、干渉計を用いたフーリエ変換型の分光器であり、モニタ光 17 を受ける光検出器 22 を含む。光検出器 22 は、可視領域から近赤外領域 ( $0.532 \mu\text{m} \sim 1.064 \mu\text{m}$ ) に感度を持つ。このような検出器は、例えばシリコンフォトダイオードである。シリコンフォトダイオードは  $0.2 \mu\text{m} \sim 1.1 \mu\text{m}$  に感度をもち、比較的廉価な光検出器として知られている。ただし、光検出器 22 はシリコンフォトダイオードに限られず、可視領域に感度を持つ他の廉価な光検出器でもよい。

20

【0036】

モニタ光 17 及びプローブ光 18 は、光パラメトリック効果によってポンプ光 16 から発生した光である。従って、モニタ光 17 の角周波数及びプローブ光 18 の角周波数の和は、ポンプ光 16 の角周波数に等しい。換言すれば、モニタ光 17 及びプローブ光 18 の各波長の逆数 (即ち波数) の和は、ポンプ光 16 の波長の逆数 (波数) に等しい。一方、ポンプ光 16 の波長は既知である。従って、モニタ光 17 の波長を測定することによって、プローブ光 18 の波長を逆算できる。さらに、モニタ光 17 は、波長変換器 12 における非線形光学結晶 33 の精密な角度調整によって、高精度に特定できる。従って、赤外域にあるプローブ光 18 の波長も高精度に特定できる。

30

【0037】

本実施形態では、モニタ光 17 の波長は波長変換器 12 によって可視領域から近赤外領域の波長に設定される。一方、光検出器 22 はこの波長を含む波長帯に感度を有する。一般的にシリコンフォトダイオードのように可視領域から近赤外領域に感度をもつ光検出器は、他の波長帯に感度をもつ光検出器よりも廉価であり、冷却器を不要とした簡便な構成で波長測定器 13 を構築できる。その結果、濃度測定装置全体の小型化と、製造コストの増大を抑えることができる。

40

【0038】

(第 2 実施形態)

次に第 2 実施形態について説明する。なお、図 2 に示す構成において第 1 実施形態と同一の構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0039】

図 2 に示すように、第 2 実施形態ではレーザ光源 11 A の代わりにレーザ光源 11 B が用いられる。レーザ光源 11 B は、測定対象 S のプローブ光 18 を発生する波長可変赤外

50

レーザである。レーザ光源 11B は、オン波長のプローブ光 18 の発生と、オフ波長のプローブ光 18 の発生を所定の周期で交互に切り替える。プローブ光 18 はビームスプリッタ 20 を経て、プローブ光 18A 及びプローブ光 18B に分岐する。分岐したプローブ光 18A 及びプローブ光 18B は、ビームスプリッタ 21 を経て、光検出器 14 によって検出され、検出された各プローブ光の強度から濃度算出部 15 によって測定対象 S の濃度が算出される。

#### 【0040】

プローブ光 18 はレーザ光源 11A によって直接生成され、測定対象 S に入射する。従って、レーザ光源 11A からビームスプリッタ 20 までの間に、ダイクロイックミラー 19 を設置する必要はない。その代わりに、第 2 実施形態では、ダイクロイックミラー 19 が設置された箇所に、ビームスプリッタ 24 が設置される。ビームスプリッタ 24 は所定の分岐比で、プローブ光 18 を分岐する。分岐した一方のプローブ光 18 はビームスプリッタ 20 に入射する。分岐した他方のプローブ光 18 は波長変換器 12 に入射する。つまり、本実施形態では、波長変換器 12 の光軸 30 がプローブ光 18 の光路に一致する。

10

#### 【0041】

波長変換器 12 は、プローブ光 18 をモニタ光 17 に変換する。この場合、プローブ光 18 は既に測定対象 S の吸収線及びその付近の波長に設定されている。そのため、波長変換器 12 は、非線形光学結晶 33 を用いて、プローブ光 18 の通倍波（例えば 2 倍波）をモニタ光 17 として発生する。非線形光学結晶 33 は、例えば、BBO、LBO、KTP、KDP、DKDP、LiNbO<sub>3</sub> などの結晶である。

20

#### 【0042】

波長測定器 13 は、波長変換器 12 から出射したモニタ光 17 の波長を測定する。この測定は第 1 実施形態で述べたものと同じであり、光検出器 22 にはシリコンフォトダイオードなどの可視領域から近赤外領域に感度をもつ光検出器が用いられる。

#### 【0043】

なお、図 3 に示す波長変換器 12 は、1 対の鏡（終端鏡 31、出力鏡 32）と、その間に非線形光学結晶 33 を設けた所謂パラメトリック発振器（OPO）である。しかしながら、光検出器 22 の感度或いは出力されたモニタ光 17 の強度が十分に得られる状況であれば、1 対の鏡（終端鏡 31、出力鏡 32）を省略してもよい。この場合、波長変換器 12 は、パラメトリック発振器（OPG）或いはパラメトリック増幅器（OPA）として機能する。

30

#### 【0044】

第 2 実施形態でも、第 1 実施形態と同様の効果が得られる。即ち、レーザ光源 11B の波長を直接制御するため、その波長を高精度に設定でき、モニタ光 17 の波長も高精度に特定できる。従って、赤外域にあるプローブ光 18 の波長も高精度に特定できる。また、可視領域から近赤外領域に感度をもつ光検出器が用いられるため、濃度測定装置全体の小型化と、製造コストの増大を抑えることができる。

#### 【0045】

なお、本実施形態では測定対象として二酸化炭素ガスを挙げたが、測定対象はこれに限られず、メタンガスなど他種のガスにも適用可能である。また、気体以外の相（即ち、液体や固体）にも適用可能である。

40

#### 【0046】

また、本発明は上述した実施形態に限定されず、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

#### 【符号の説明】

#### 【0047】

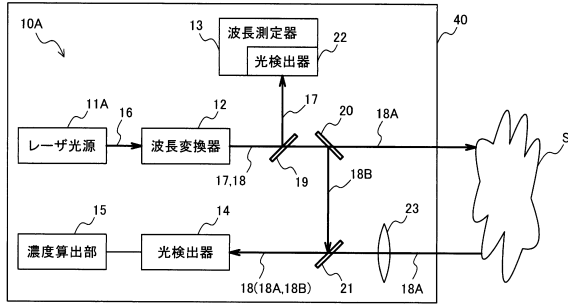
10A ...濃度測定装置、10B ...濃度測定装置、11A ...レーザ光源、11B ...レーザ光源、12 ...波長変換器、13 ...波長測定器、14 ...光検出器、15 ...濃度算出部、16 ...ポンプ光（励起光）、17 ...モニタ光、18、18A、18B ...プローブ光、19 ...ダ

50

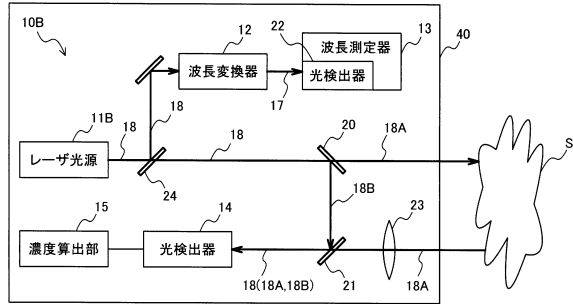
イクロミックミラー、20、21、24...ビームスプリッタ、22...光検出器、23...光学系、30...光軸（光路）、31...終端鏡、32...出力鏡、33...非線形光学結晶、33a...光学軸、34...回転ステージ、35...吸収線、40...筐体、D...間隔、S...測定対象

【図面】

【図1】

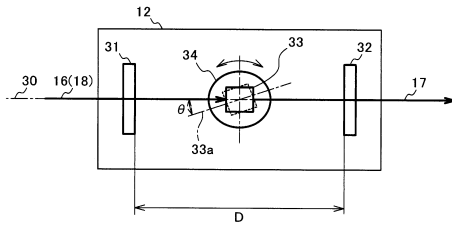


【図2】

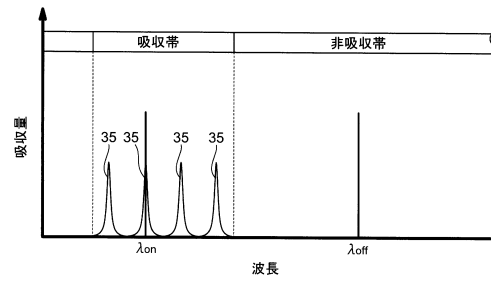


10

【図3】



【図4】



20

30

40

50

## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-077347(JP,A)  
特開平06-241908(JP,A)  
特開2014-038062(JP,A)  
特開平06-235950(JP,A)  
特開2011-017911(JP,A)  
米国特許出願公開第2003/0080295(US,A1)  
宇田川毅,井上克司,高岡啓吾,光線力学治療用光パラメトリック発振器,光学,2001年10月,Vol.30, No.10, 第663頁 - 第666頁

## (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - G01N 21/61  
G01J 3/00 - G01J 3/52  
G02F 1/00 - G02F 1/125  
G02F 1/21 - G02F 7/00  
H01S 3/00  
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)