

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2017年9月28日(28.09.2017)



(10) 国際公開番号  
WO 2017/164033 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 21/39 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/010390
- (22) 国際出願日: 2017年3月15日(15.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2016-056664 2016年3月22日(22.03.2016) JP
- (71) 出願人: コニカミノルタ株式会社(KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 Tokyo (JP). 国立大学法人千葉大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION CHIBA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒2638522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 Chiba (JP).
- (72) 発明者: 今出 久一郎(IMADE, Kyuichiro); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 石川 亮太(ISHIKAWA, Ryouta); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 井手 義憲(IDE, Yoshinori); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号

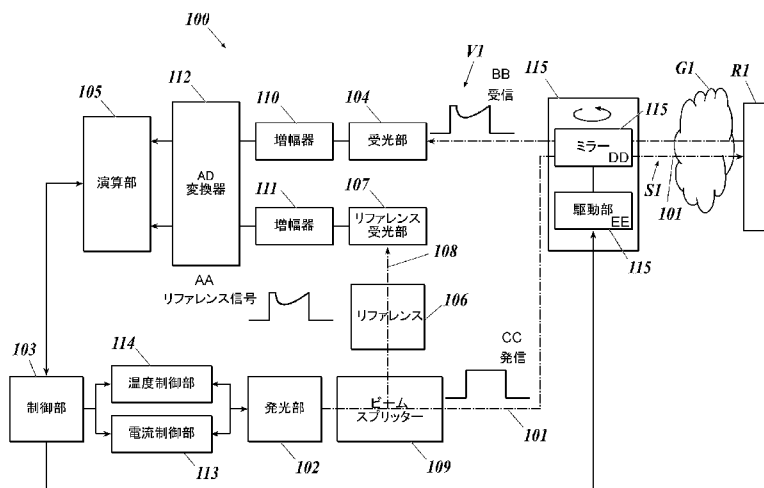
コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 川島 久典(KAWASHIMA, Hisanori); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 椎名 達雄(SHINA, Tatsuo); 〒2638522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 国立大学法人 千葉大学内 Chiba (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人光陽国際特許事務所(KOYO INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目1番3号 東京宝塚ビル17階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: GAS MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: ガス測定装置



- 102 Light emitting unit
- 103 Control unit
- 104 Light receiving unit
- 105 Arithmetic logic unit
- 106 Reference
- 107 Reference light receiving unit
- 109 Beam splitter
- 110, 111 Amplifier
- 112 AD converter
- 113 Current control unit
- 114 Temperature control unit
- AA Reference signal
- BB Reception
- CC Transmission
- DD Mirror
- EE Drive unit

(57) Abstract: Provided is a gas measuring device capable of emitting light and receiving and detecting light, and capable of calculating a density-thickness product, using a relatively simple configuration, and with which a wavelength can be varied and output across absorption wavelengths and non-absorption wavelengths, with the emitted light output kept constant. A gas measuring device 100 is provided with a light emitting unit 102 which emits light for detecting a gas to be measured, a control unit 103, a light receiving unit 104, and an arithmetic logic unit 105 which processes a signal received by the light receiving unit. The gas measuring device 100 calculates a density-thickness product of a gas to be measured in a space S1. The control unit inputs a steeply varying electric current into the light emitting unit in order to cause the wavelength of the light emitted by the light emitting unit to vary across absorption wavelengths and non-absorption wavelengths of the gas to be measured. The arithmetic logic unit calculates the density-thickness product of the gas to be measured

ured, on the basis of a light-reception signal of light having an absorption wavelength, and a light-reception signal of light having a non-absorption wavelength, received by the light receiving unit.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/164033 A1



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー  
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,  
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,  
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,  
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

比較的簡単な構成で発光及び受光検出、濃度厚み積の算出が可能であり、発光の出力を一定に保った状態で吸収波長及び非吸収波長に亘り波長を変えて出力することができるガス測定装置を提供する。測定対象ガスを検出するための光を発光する発光部 102 と、制御部 103 と、受光部 104 と、受光部が受光した信号を処理する演算部 105 とを備えて空間 S1 における測定対象ガス G1 の濃度厚み積を算出するガス測定装置 100 であって、制御部は、発光部に急峻に変化する電流を入力することで、発光部が発光する光の波長に測定対象ガスの吸収波長及び非吸収波長に亘る変化を与え、演算部は、受光部が受光した吸収波長の光の受光信号及び非吸収波長の光の受光信号に基づき、測定対象ガスの濃度厚み積を算出する。

## 明 細 書

発明の名称： ガス測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、ガス測定装置に関する。

背景技術

[0002] 従来の濃度厚み積を算出するガス測定装置としては、吸収波長と非吸収波長の2波長の受光信号強度の差分を取り濃度厚み積を求める差分吸収法 (DIAL, DOAS)によるものと、ガス吸収線を中心に基本波 $f$ で変調し、2倍波 $2f$ との受光信号比により濃度厚み積を求める $2f$ 検波方式によるものが挙げられる。

前者は、直接差分による演算で、濃度厚み積を算出する演算処理自体は簡易であり、距離の測定も可能だが、2波長を出射するために、発光周期を遅くする、レーザーダイオードを2個用いるなど複雑な処理、装置構成が必要である。

後者は、微小な信号変化を特定周波数の出力を取り出し演算することにより、高感度に測定が可能で、非常にコンパクトな設計が可能な技術である。しかし濃度厚み積を算出する演算が複雑になり、距離測定も困難となり、発光周期の高速化も難しい。

また、両者とも波長を測定対象の吸収波長位置に一定に保つことが非常に難しいほか、レーザーダイオードの出力に依存し、波長が変わるため、測定中のレーザーパワーを一定にすることも難しい。波長は温度と入力電流により決まるため、ハイパワーで所望の波長を出力することにも制限が生じる。

[0003] 特許文献1には、一つのレーザー光源と、OPO(光パラメトリック発振)と、エタロン板とを用いてガスの吸収波長、非吸収波長の2波長のレーザー光を外部へ照射し、反射光をダイクロイックミラーで分光し、それぞれの波長に対応した検出器の出力より測定対象の濃度厚み積を算出する発明が記載されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2001-159604号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献1に記載の発明にあつては、レーザー光源が一つで済むものの、OPO、さらにはダイクロイックミラー、エタロンフィルタ、2種類の検出器を用いるなど、全体としては必要な構成部品も多く複雑化する。

[0006] 本発明は以上の従来技術における問題に鑑みてなされたものであつて、比較的簡単な構成で発光及び受光検出、濃度厚み積の算出が可能であり、発光の出力を一定に保った状態で吸収波長及び非吸収波長に亘り波長を変えて出力することができるガス測定装置を提供することを課題とする。

#### 課題を解決するための手段

[0007] 以上の課題を解決するための請求項1記載の発明は、測定対象ガスを検出するための光を発光する発光部と、  
前記発光部の発光を制御する制御部と、  
前記発光部が発光し空間を経た光を受光する受光部と、  
前記受光部が受光した信号を処理する演算部と、を備えて前記空間における測定対象ガスの濃度厚み積を算出するガス測定装置であつて、  
前記制御部は、前記発光部に急峻に変化する電流を入力することで、前記発光部が発光する光の波長に前記測定対象ガスの吸収波長及び非吸収波長に亘る変化を与え、  
前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長の光の受光信号及び前記非吸収波長の光の受光信号に基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出するガス測定装置である。

[0008] 請求項2記載の発明は、前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長の光の受光信号と、前記非吸収波長の光の受光信号との差分に基づき測定

対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項 1 に記載のガス測定装置である。

[0009] 請求項 3 記載の発明は、前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長及び前記非吸収波長に亘る受光信号時系列データを得て、当該受光信号時系列データに基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項 1 に記載のガス測定装置である。

[0010] 請求項 4 記載の発明は、前記演算部は、受光信号時系列データを、前記吸収波長の光を受光する吸収線受光期間で積分し当該積分値に基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項 3 に記載のガス測定装置である。

[0011] 請求項 5 記載の発明は、前記演算部は、前記非吸収波長の光を受光する非吸収線受光期間で積分し当該積分値と、前記吸収線受光期間の積分値とに基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項 4 に記載のガス測定装置である。

[0012] 請求項 6 記載の発明は、前記演算部は、前記非吸収波長の光の受光信号に基づき、測定エラーを判定する請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか一に記載のガス測定装置である。

[0013] 請求項 7 記載の発明は、前記測定対象ガスの光吸収波長を示すリファレンスと、前記発光部が発光し前記リファレンスを経た光を受光するリファレンス受光部と、を備え、

前記制御部は、前記リファレンス受光部の受光信号のフィードバックを得て、前記発光部に矩形波電流を入力することで、前記発光部が発光する光の波長に前記測定対象ガスの吸収波長及び非吸収波長に亘る変化を与える請求項 1 に記載のガス測定装置である。

[0014] 請求項 8 記載の発明は、前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長の光の受光信号と、前記リファレンス受光部が受光した前記吸収波長の光の受光信号とに基づき測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項 7 に記載のガス測定装置である。

[0015] 請求項 9 記載の発明は、前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長及び前記非吸収波長に亘る受光信号時系列データ、及び前記リファレンス

受光部が受光した前記吸収波長及び前記非吸収波長に亘るリファレンス受光信号時系列データを得て、当該受光信号時系列データと当該リファレンス受光信号時系列データとに基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項 7 に記載のガス測定装置である。

[0016] 請求項 10 記載の発明は、前記制御部は、前記発光部の温度を一定に制御する請求項 1 から請求項 9 のうちいずれか一に記載のガス測定装置である。

[0017] 請求項 11 記載の発明は、前記演算部は、前記制御部による前記矩形波電流の入力タイミング信号との同期と、前記矩形波電流の入力に伴う前記発光部が発光する光の波長の時間変化特性データの参照とが可能にされた請求項 1 から請求項 10 のうちいずれか一に記載のガス測定装置である。

[0018] 請求項 12 記載の発明は、前記発光部の発光素子として分布帰還型レーザダイオード (DFB-LD) を備える請求項 1 から請求項 11 のうちいずれか一に記載のガス測定装置である。

[0019] 請求項 13 記載の発明は、前記演算部は、前記発光部の発光タイミングと前記受光部の受光タイミングの時差に基づき、前記発光部から前記受光部までの光路距離を測定する請求項 1 から請求項 12 のうちいずれか一に記載のガス測定装置である。

[0020] 請求項 14 記載の発明は、前記発光部が発光する光で前記空間を走査する走査機構を備える請求項 1 から請求項 13 のうちいずれか一に記載のガス測定装置である。

[0021] 請求項 15 記載の発明は、前記発光部と、前記受光部とが前記空間を挟んで対向配置される請求項 1 から請求項 13 のうちいずれか一に記載のガス測定装置である。

### 発明の効果

[0022] 本発明によれば、発光部に、矩形波電流等の落差のある 2 つの値の間で急峻に変化する電流を入力することで、DFB-LD など発光素子の応答特性を利用して、発光部が発光する光の波長に測定対象ガスの吸収波長及び非吸収波長に亘る変化を与えるので、比較的簡単な構成で発光及び受光検出、濃

度厚み積の算出が可能であり、入力電流を一定にすることで発光の出力を一定に保つことができ、これにより発光の出力を一定に保った状態で吸収波長及び非吸収波長に亘り波長を変えて出力することができる。

### 図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施形態においてDFB-LDに入力する矩形波電流の波形図である。

[図2]DFB-LDの矩形波電流の入力に対する波長の時間変化を示す一例のグラフである。

[図3A]本発明の一実施形態において受光信号時系列データを表すグラフで、非検出時の例を示す。

[図3B]本発明の一実施形態において受光信号時系列データを表すグラフで、検出時の例を示す。

[図3C]本発明の一実施形態において受光信号時系列データを表すグラフで、図3Bの部分拡大図である。

[図4]発光素子の入力電流の変化に対する波長の変化の温度特性を示すグラフである。

[図5]本発明の一実施形態に係るガス測定装置の構成ブロック図である。

[図6A]本発明の一実施形態においてリファレンス受光信号時系列データを表す一例のグラフである。

[図6B]本発明の一実施形態において受光信号時系列データを表す一例のグラフである。

[図7]本発明の他の一実施形態に係る投光ユニットと受光ユニットに分かれた装置形態の構成ブロック図である。

[図8A]本発明の一実施形態において受光信号時系列データを表すグラフで、非検出時の例を示す。

[図8B]本発明の一実施形態において受光信号時系列データを表すグラフで、検出時の例を示す。

[図8C]本発明の一実施形態において受光信号時系列データを表すグラフで、

測定エラー時の例を示す。

[図9]本発明の一実施形態において利用する距離測定原理の概略を説明する模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0024] 以下に本発明の一実施形態につき図面を参照して説明する。以下は本発明の一実施形態であって本発明を限定するものではない。

[0025] DFB-LDに急峻な電流変化を加えた際に、発熱量の増加に伴い活性層の屈折率が上昇し、波長が長波長側に $\mu\text{s}$ から $\text{ms}$ オーダーで非線形的に変化することが知られている。本発明はその波長変化により、測定対象ガスの吸収波長及び非吸収波長に亘る変化を与える。DFB-LDに急峻な電流変化を加えるため、図1に示すような矩形波電流を入力する。なお、この矩形波電流を一定にすることで、発光の出力を一定に保つことができる。

DFB-LDに図1の矩形波電流を入力すると、図2に示すようにDFB-LDの出射光の波長が変化する。この波長変化範囲に測定対象ガスの吸収波長があるようにする。

このように波長変化するDFB-LDの出射光を、測定対象空間を経て受光すると、図3A又は図3Bに示すような受光信号時系列データが得られる。図3Aは、測定対象空間に測定対象ガスが無かった場合であり略矩形状の波形となるが、測定対象空間に測定対象ガスがあるとその濃度厚み積に応じて吸収波長の光が吸収されるので図3Bに示すように1つの矩形部aの天面のそれぞれに負のピークa1が生じる。

負のピークa1に隣接する正のピークa2、a3は、非吸収波長の受光信号であるので、負のピークa1と、正のピークa2又はa3との相対性により測定対象ガスの濃度厚み積を算出可能である。例えば、図3Cに示すように、負のピークa1の受光信号と、正のピークa2の受光信号との差分に基づき測定対象ガスの濃度厚み積を算出する。

[0026] 以上のような発光素子の入力電流に急峻な電流変化を加えたときの波長変化の応答特性は、図4に示すように温度にも依存する。図4に示すように吸

収波長 $\lambda_1$ を横切るタイミングが温度によって異なってしまうため、発光素子の温度を一定に保つことが好ましい。

[0027] 図5に本発明によるガス測定装置の一例の構成図を示す。

図5に示すようにガス測定装置100は、測定対象ガスG1を検出するための光(測定光101)を発光する発光部102と、発光部102の発光を制御する制御部103と、発光部102が発光し測定対象空間S1を経た光(反射物R1で反射)を受光する受光部104と、受光部104が受光した信号V1を処理する演算部105と、を備える。

また、ガス測定装置100は、測定対象ガスの光吸収波長を示すリファレンス106と、発光部102が発光しリファレンス106を経た光を受光するリファレンス受光部107とを備える。

さらにガス測定装置100は、発光部102が発光した光を測定光101と、リファレンス106参照用の光108とに分配するビームスプリッター109、受光部104の検出値を増幅する増幅器110、リファレンス受光部107の検出値を増幅する増幅器111、増幅器110及び増幅器111の各出力信号をAD変換するAD変換器112等を備える。

発光部102は、発光素子として分布帰還型レーザダイオード(DFB-LD)を備える。

演算部105は、AD変換器112から、受光部104が受光したガスG1の吸収波長及び非吸収波長に亘る受光信号時系列データを得る。

演算部105は、AD変換器112から、リファレンス受光部107が受光したガスG1の吸収波長及び非吸収波長に亘るリファレンス受光信号時系列データを得る。

[0028] リファレンス106は、測定対象そのものや測定対象が反応する波長とおなじ波長で応答する別の物質や構造物とされる。例えばリファレンス106としては、測定対象の物質を封じ込めたガスセルを使用できる。

リファレンス受光信号時系列データに確実に負のピークa1があるように、制御部103は、リファレンス受光部107の受光信号のフィードバック

を得て、電流制御部 113 を制御して発光部 102 に矩形波電流を入力することで、発光部 102 が発光する光の波長に測定対象ガス G1 の吸収波長及び非吸収波長に亘る変化を与える。

その間、制御部 103 は温度制御部 114 を制御して発光部 102 の温度を一定に保つ。温度制御部 114 にペルチェ素子などの温調素子が含まれる。

[0029] 演算部 105 は、受光部 104 が受光した吸収波長の光の受光信号及び非吸収波長の光の受光信号（受光信号時系列データ）に基づき、測定対象ガス G1 の濃度厚み積（下記  $d \cdot c$ ）を算出する。

各機能ブロック（演算部 105、制御部 103、温度制御部 114、及び電流制御部 113）は、例えば、CPU（Central Processing Unit）が ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、外部記憶装置（例えば、フラッシュメモリやハードディスク）に記憶された制御プログラムや各種データを参照することによって実現される。但し、各機能ブロックの一部又は全部は、CPU による処理に代えて、又は、これと共に、DSP（Digital Signal Processor）による処理によって実現されてもよい。又、同様に、各機能ブロックの一部又は全部は、ソフトウェアによる処理に代えて、又は、これと共に、専用のハードウェア回路による処理によって実現されてもよい。

演算部 105 の算出方式の例を以下に挙げる。

[0030] （2 値差分方式）

図 3C に示すように、負のピーク a1 の受光信号  $V(\lambda 2)$  と、正のピーク a2 の受光信号  $V(\lambda 1)$  との差分  $V(\lambda 2) / V(\lambda 1)$  に基づき測定対象ガスの濃度厚み積を算出する。受光信号  $V(\lambda 1)$  は受光部 104 が受光した吸収波長  $\lambda 1$  の光の受光信号に相当し、受光信号  $V(\lambda 2)$  は受光部 104 が受光した非吸収波長  $\lambda 2$  の光の受光信号に相当するから、従来の差分吸収法（DIAL, DOAS）と同様に濃度厚み積を算出する。

すなわち、次のようにランベルトベールの法則に基づいて測定対象の吸収

帯の信号と非吸収帯の信号の差分でえられる信号から濃度厚み積を算出する方法を実施する。今、測定光 101 の光路上に測定対象ガス G 1 が存在しているものと仮定する。吸収波長  $\lambda_1$  のレーザー光は、測定対象ガス G 1 によく吸収され、測定対象ガス G 1 中を透過した場合吸収波長  $\lambda_1$  のレーザー光の強度は、L a m b e r t - B e e r の次式 1 で以下のように表される。

[0031]  $I_t = I_i \times \exp(-a \cdot p \cdot d \cdot c) \times \alpha \dots$  式 1

ここで、 $I_t$  : レーザー光の受信強度

$I_i$  : レーザー光の発信強度

$a$  : 吸収係数 ( $\text{atm}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ )

$p$  : 気体圧力 ( $\text{atm}$ )

$d$  : レーザー光が被検出ガス中を透過する長さ ( $\text{m}$ )

$c$  : 測定対象ガスの濃度 ( $\text{ppm}$ )

$\alpha$  : 背景におけるレーザー光の散乱係数

従って、測定対象ガス G 1 の濃度厚み積  $d \cdot c$  は吸収波長  $\lambda_1$  のレーザー光に付いては、次式 2 で表される。

[0032] [数1]

$$\begin{aligned} d \cdot c &= -\left(\frac{1}{a \cdot p}\right) \log_e(I_{t1} / I_{i1} \cdot \alpha) \\ &= -\left(\frac{1}{a \cdot p}\right) \log_e\left\{\left(1 - \frac{I_{i1} - I_{t1}}{I_{i1}}\right) \times \frac{1}{\alpha}\right\} \dots \text{式2} \end{aligned}$$

ここで、各レーザー光に関する数値については、最後尾に添字の 1 または 2 を付けて表示する。

[0033] 一方、非吸収波長  $\lambda_2$  のレーザー光は、測定対象ガス G 1 がレーザー光の通過の途中に発生していたとしても、吸収波長  $\lambda_1$  のレーザー光に比較して吸収率が小さく、よく透過する。従って、レーザー光の通過途中に測定対象ガス G 1 があってもレーザー光の強度は殆ど影響を受けない場合を想定できる。そこで、各レーザー光に対する送信側と受信側におけるレーザー光の強度の差が、測定対象ガス G 1 の濃度厚み積に応じて生じると考えるのである

。以上の処理が基本であるが、最も簡単な処理系は以下の様に構成できる。ここで、吸収波長 $\lambda_1$ のレーザー光が測定対象ガスG1に吸収されて、弱まったレーザー光の強度 $I_{t1}$ を検出し、さらに非吸収波長 $\lambda_2$ のレーザー光が、測定対象ガスG1に若干吸収されて弱まったレーザー光の強度 $I_{t2}$ を検出する。非吸収波長 $\lambda_2$ のレーザー光に対しては、その発信側強度、及び受信側強度に大きな差が生じない場合（散乱係数がほぼ1の場合）は、 $I_{i2} \div I_{t2}$ が成立する。さらに発信側における $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ のレーザー光の強度比 $K = I_{i1} / I_{i2}$ を1とすると、 $I_{i1} = I_{i2}$ であるから、 $(I_{i1} - I_{t1}) / I_{i1} = (I_{t2} - I_{t1}) / I_{t2}$ となり、これを用いて、式2に適応することにより $d \cdot c$ を算出することができる。なお、ここで、 $I_{t2}$ は背景についての情報出力であり、 $(I_{t2} - I_{t1})$ とすることによって測定対象ガスG1の濃度厚み積についての情報のみを出力することが可能となるのである。さらに、 $I_{t2}$ で除算しているのは、正規化処理である。

以上の処理を実施するために、演算部105は、制御部103による矩形波電流の入力タイミング信号との同期と、図2に示すような矩形波電流の入力に伴う発光部102が発光する光の波長の時間変化特性データの参照とが可能にされていることが好ましい。

なお、SN向上のために、矩形波電流の入力と受光信号の取得を所定時間中に複数回実行し、その全部又は一部に相当する複数回分の受光信号に基づき、例えばその平均値を算出するなどして、濃度厚み積を算出してもよい。

#### [0034] (積分方式)

演算部105は、図6Aに示すようにリファレンス受光信号時系列データを、吸収波長の光を受光する吸収線受光期間 $t_1$ で積分する。例えば、図6Aに示すようにグラフの落ち込み相当分の面積を算出対象とし、積分値を得る。これを「リファレンス吸収帯積分値 $A_r$ 」とする。

また、演算部105は、図6Aに示すようにリファレンス受光信号時系列データを、非吸収波長の光を受光する非吸収線受光期間 $t_2$ で積分し積分値を得る。これを「リファレンス非吸収帯積分値 $N_r$ 」とする。

演算部105は、図6Bに示すように受光信号時系列データを、吸収波長の光を受光する吸収線受光期間 $t_3$ で積分する。上記と同様に、図6Bに示すようにグラフの落ち込み相当分の面積を算出対象とし、積分値を得る。これを「測定対象吸収帯積分値 $A_s$ 」とする。

また、演算部105は、図6Bに示すように受光信号時系列データを、非吸収波長の光を受光する非吸収線受光期間 $t_4$ で積分し積分値を得る。これを「測定対象非吸収帯積分値 $N_s$ 」とする。

演算部105は、各値 $A_r$ 、 $N_r$ 、 $A_s$ 、 $N_s$ とリファレンス106の濃度厚み積とに基づき、測定対象ガスG1の濃度厚み積を算出する。その算出式の一例は次のとおりである。

$$(\text{測定対象ガスG1の濃度厚み積}) = (\text{リファレンスの濃度厚み積}) \times (A_r / N_r) \times (A_s / N_s)$$

上記2値差分方式よりデータ数が多くなるため、 $S/N$ を向上することができる。

なお、ここでも、 $S/N$ 向上のために、矩形波電流の入力と受光信号の取得を所定時間中に複数回実行し、その全部又は一部に相当する複数回分の受光信号に基づき、例えばその平均値を算出するなどして、濃度厚み積を算出してもよい。

[0035] なお、リファレンス106に基づくデータを演算に使用しない場合は、これを得るための要素は不要である。また、図5に示すような反射物R1からの反射光を受光する装置形態に限らず、図7に示すような投光ユニット120と、受光ユニット121に分かれた装置形態など、発光部102と受光部104とが測定対象空間S1を挟んで対向配置される装置形態であってもよい。

また、図5に示すように、発光部102が発光する光（測定光101）で測定対象空間S1を走査する走査機構115を備えるものとしてもよい。走査機構115は、出射及び受光する測定光101を反射するミラー115aとこれを回転駆動する駆動部115bとを有する。ミラー115aとしては、

板状のものや断面多角形状で3面以上の反射面を有した多面鏡（ポリゴンミラー）などが一又は複数適用される。駆動部115bは、ミラー115aを回転させるアクチュエーター（モーター）と、その駆動回路を有し、制御部103からの制御信号に基づきミラー115aを回転させる。

走査機構115により、1次元、2次元な濃度厚み積の分布を測定することができる。

[0036] 次に、演算部105が行う測定エラー判定につき説明する。

受光信号時系列データを表すグラフ形状は、光源の波長変化（図2）と、測定対象ガスの光吸収波長特性によって決まるので、図8Aに示すようなフラットから図8Bに示すような発光波長が吸収波長を通過するときに落ち込む形状が想定される。図8Aはガスによる光吸収が無く正常の場合、図8Bはガスによる光吸収が有り正常の場合である。

ガスの光吸収による負のピークa1における受光強度は、ガスの濃度厚み積によって様々に変わり得る。

しかし、時間軸上で吸収線位置a1以外の位置（例えば図8Cのa4）で変化量は、ガスの有無、濃度厚み積によっては大きく変化しない。

このようなガスの有無、濃度厚み積によっては大きく変化しない時間軸上の位置（例えば図8Cのa4）で、大きく波形の乱れがあれば、測定光の出射先で測定対象ガスG1以外の環境要因等による波長の乱れである可能性が高いので、測定対象ガスG1の測定結果も信頼性が低い。

したがって、演算部105は、時間軸上で吸収線位置a1以外の位置（例えば図8Cのa4）の受光信号に基づき、その変化量が規定値を上回る場合、測定エラーと判定とする。

[0037] 次に、演算部105が行う距離の測定について説明する。

距離測定原理は、TOF法(Time of Flight:飛行時間測定法)による。図9に模式的に示すように出射した光が反射物R1で反射し、戻ってくるまでの時間 $\tau$ に基づき、ガス測定装置100と反射物R1との間の距離L（発光部102から受光部104までの光路距離だと2L）を次式により測定する。

$$L = (\text{光速}) \times (\tau / 2)$$

以上のように、演算部105は、発光部102の発光タイミングと受光部104の受光タイミングの時差 $\tau$ に基づき、発光部102から受光部104までの光路距離を測定する。なお、図7に示すような発光部102と受光部104とが測定対象空間S1を挟んで対向配置される装置形態の場合は、上記式で $2L$ が空間S1を横断する距離に相当する。以上のようにして都度測定した距離又は既知の距離により基づき測定対象ガスG1の単位長さあたりの「濃度厚み積」、すなわち、濃度（平均濃度）が算出可能である。したがって、測定対象の空間S1における測定光の光路長が既知又は都度測定される場合は、「濃度厚み積」を単位長さあたりの「濃度厚み積」、すなわち、濃度（平均濃度）への換算値で算出してもよい。

2f方式でも原理的には可能だが、吸収線近傍で波長を変調させる必要があるため、振幅が非常に小さく、距離測定が難しくなる。

一方、本発明によればパルス発光が可能のため、2f検波方式と異なり、回路にクロック機能を持たせれば、1回の出射で距離を測定することができ、回路構成も簡易に距離測定が実現できる。

[0038] 以上の実施形態のガス測定装置によれば、発光部102に、落差のある2つの値の間で急峻に変化する電流を入力することで、DFB-LDの応答特性を利用して、発光部102が発光する光の波長に測定対象ガスG1の吸収波長及び非吸収波長に亘る変化を与えるので、比較的簡単な構成で発光及び受光検出、濃度厚み積の算出が可能であり、矩形波電流を一定にすることで発光の出力を一定に保つことができ、これにより発光の出力を一定に保った状態で吸収波長及び非吸収波長に亘り波長を変えて出力することができる。

装置構成も2f検波方式と同等以上に簡易あり、さらに光路距離の測定も可能である。

レーザー光源の駆動制御のみで吸収波長及び非吸収波長が発振可能あり、検出器も一つで測定ができるため、非常に簡易な構成で、ガスの濃度厚み積の演算が実現できる。

また、パルス発光の方がCW発光に比べ、アイセーフティー状態を保ちながらハイパワーで出力が可能となるため、測定可能距離やS/N向上に有利に働く。

図1に示すように所定周期のハルス波をDFB-LDに入力することで、図3Bに示すように周期性の受光信号時系列データが得られる。一つの矩形部aを対象に演算するにとどまらず、連続する複数の矩形部aを対象に演算し、それらの演算結果に基づき測定結果を算出することで、S/Nを改善することがきる。その際、上述したエラー判定された矩形部aを演算対象から除外することで、さらにS/Nを改善することがきる。

### 産業上の利用可能性

[0039] 本発明は、ガス測定及びガス測定装置に利用することができる。

### 符号の説明

- [0040] 100 ガス測定装置
  - 101 測定光
  - 102 発光部
  - 103 制御部
  - 104 受光部
  - 105 演算部
  - 106 リファレンス
  - 107 リファレンス受光部
  - 109 ビームスプリッター
  - 110 増幅器
  - 111 増幅器
  - 112 AD変換器
  - 113 電流制御部
  - 114 温度制御部
  - 120 投光ユニット
  - 121 受光ユニット

- G 1 測定対象ガス
- R 1 反射物
- S 1 測定対象空間
- t 1 吸収線受光期間
- t 2 非吸収線受光期間
- t 3 吸収線受光期間
- t 4 非吸収線受光期間
- $\lambda$  1 吸収波長
- $\lambda$  2 非吸収波長

## 請求の範囲

- [請求項1] 測定対象ガスを検出するための光を発光する発光部と、前記発光部の発光を制御する制御部と、前記発光部が発光し空間を経た光を受光する受光部と、前記受光部が受光した信号を処理する演算部と、を備えて前記空間における測定対象ガスの濃度厚み積を算出するガス測定装置であって、前記制御部は、前記発光部に急峻に変化する電流を入力することで、前記発光部が発光する光の波長に前記測定対象ガスの吸収波長及び非吸収波長に亘る変化を与え、前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長の光の受光信号及び前記非吸収波長の光の受光信号に基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出するガス測定装置。
- [請求項2] 前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長の光の受光信号と、前記非吸収波長の光の受光信号との差分に基づき測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項1に記載のガス測定装置。
- [請求項3] 前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長及び前記非吸収波長に亘る受光信号時系列データを得て、当該受光信号時系列データに基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項1に記載のガス測定装置。
- [請求項4] 前記演算部は、受光信号時系列データを、前記吸収波長の光を受光する吸収線受光期間で積分し当該積分値に基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項3に記載のガス測定装置。
- [請求項5] 前記演算部は、前記非吸収波長の光を受光する非吸収線受光期間で積分し当該積分値と、前記吸収線受光期間の積分値とに基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項4に記載のガス測定装置。
- [請求項6] 前記演算部は、前記非吸収波長の光の受光信号に基づき、測定エラーを判定する請求項1から請求項4のうちいずれか一に記載のガス測定装置。

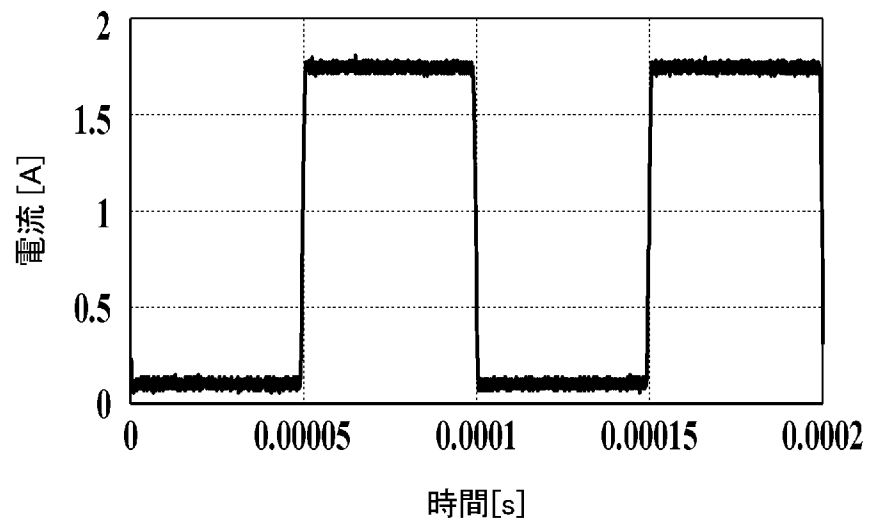
- [請求項7] 前記測定対象ガスの光吸収波長を示すリファレンスと、前記発光部が発光し前記リファレンスを経た光を受光するリファレンス受光部と、を備え、  
前記制御部は、前記リファレンス受光部の受光信号のフィードバックを得て、前記発光部に矩形波電流を入力することで、前記発光部が発光する光の波長に前記測定対象ガスの吸収波長及び非吸収波長に亘る変化を与える請求項1に記載のガス測定装置。
- [請求項8] 前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長の光の受光信号と、前記リファレンス受光部が受光した前記吸収波長の光の受光信号とに基づき測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項7に記載のガス測定装置。
- [請求項9] 前記演算部は、前記受光部が受光した前記吸収波長及び前記非吸収波長に亘る受光信号時系列データ、及び前記リファレンス受光部が受光した前記吸収波長及び前記非吸収波長に亘るリファレンス受光信号時系列データを得て、当該受光信号時系列データと当該リファレンス受光信号時系列データとに基づき、前記測定対象ガスの濃度厚み積を算出する請求項7に記載のガス測定装置。
- [請求項10] 前記制御部は、前記発光部の温度を一定に制御する請求項1から請求項9のうちいずれか一に記載のガス測定装置。
- [請求項11] 前記演算部は、前記制御部による前記矩形波電流の入力タイミング信号との同期と、前記矩形波電流の入力に伴う前記発光部が発光する光の波長の時間変化特性データの参照とが可能にされた請求項1から請求項10のうちいずれか一に記載のガス測定装置。
- [請求項12] 前記発光部の発光素子として分布帰還型レーザダイオード（DFB-LD）を備える請求項1から請求項11のうちいずれか一に記載のガス測定装置。
- [請求項13] 前記演算部は、前記発光部の発光タイミングと前記受光部の受光タイミングの時差に基づき、前記発光部から前記受光部までの光路距離を

測定する請求項 1 から請求項 1 2 のうちいずれか一に記載のガス測定装置。

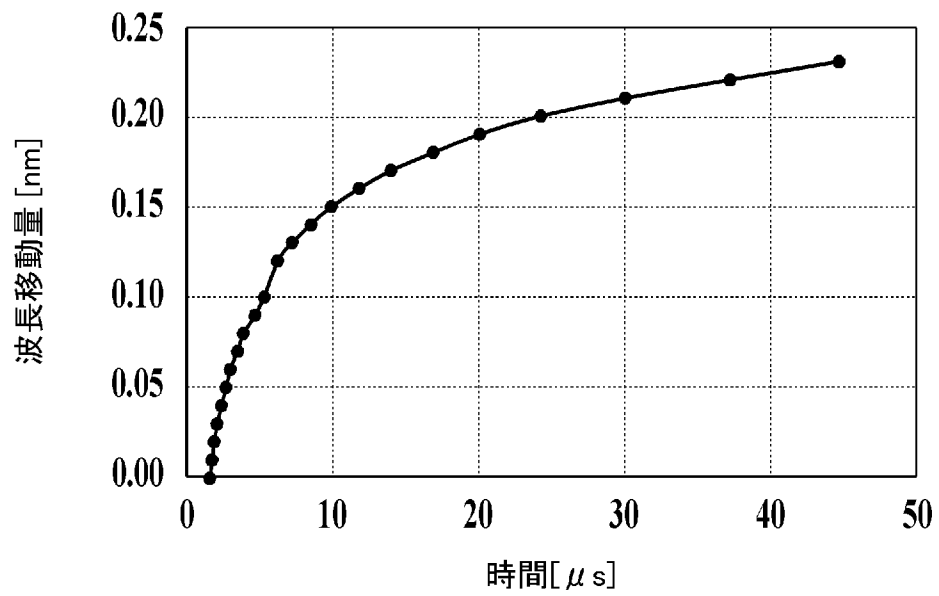
[請求項14] 前記発光部が発光する光で前記空間を走査する走査機構を備える請求項 1 から請求項 1 3 のうちいずれか一に記載のガス測定装置。

[請求項15] 前記発光部と、前記受光部とが前記空間を挟んで対向配置される請求項 1 から請求項 1 3 のうちいずれか一に記載のガス測定装置。

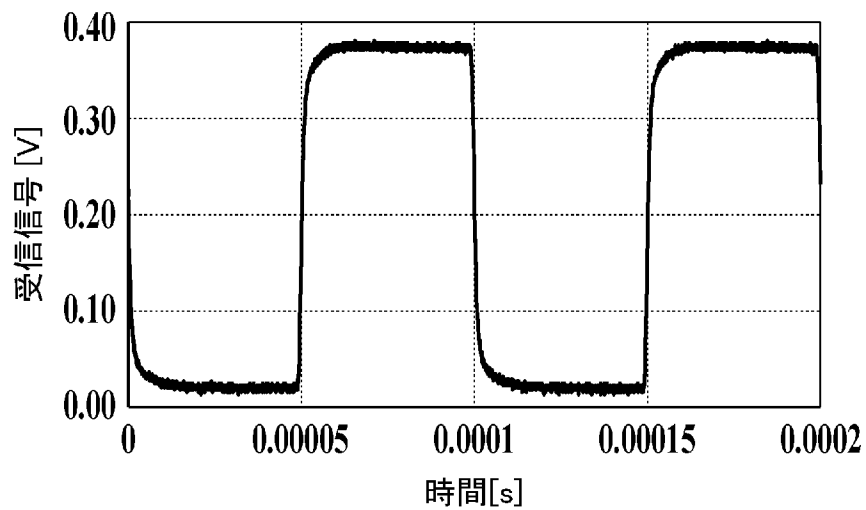
[図1]



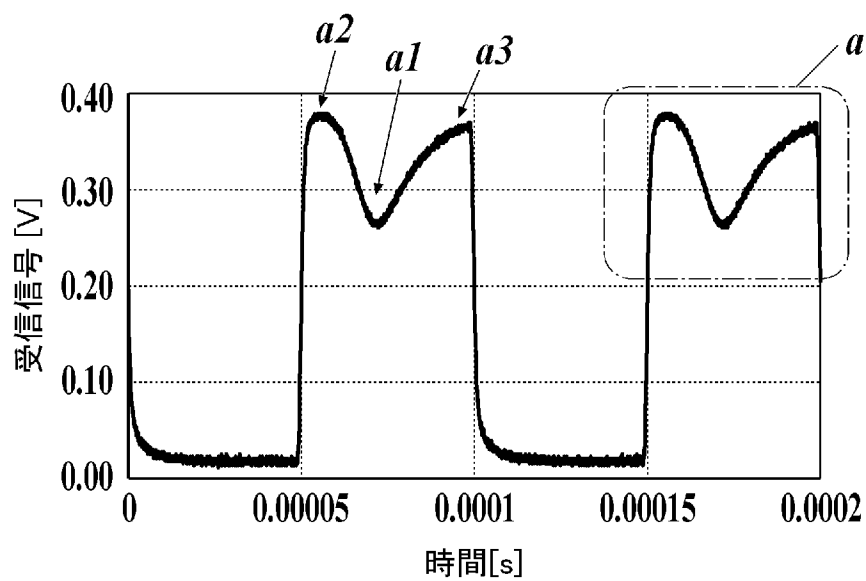
[図2]



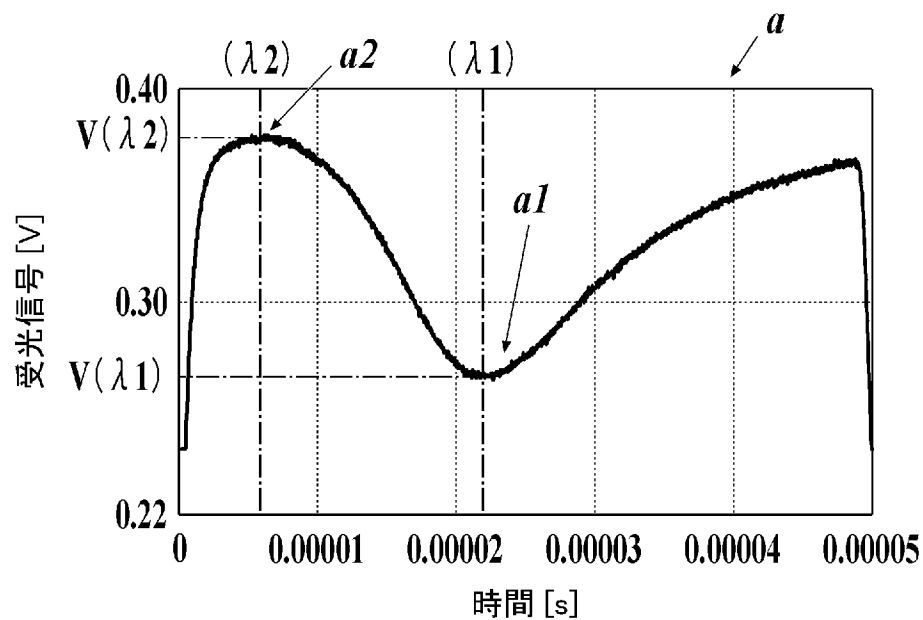
[図3A]



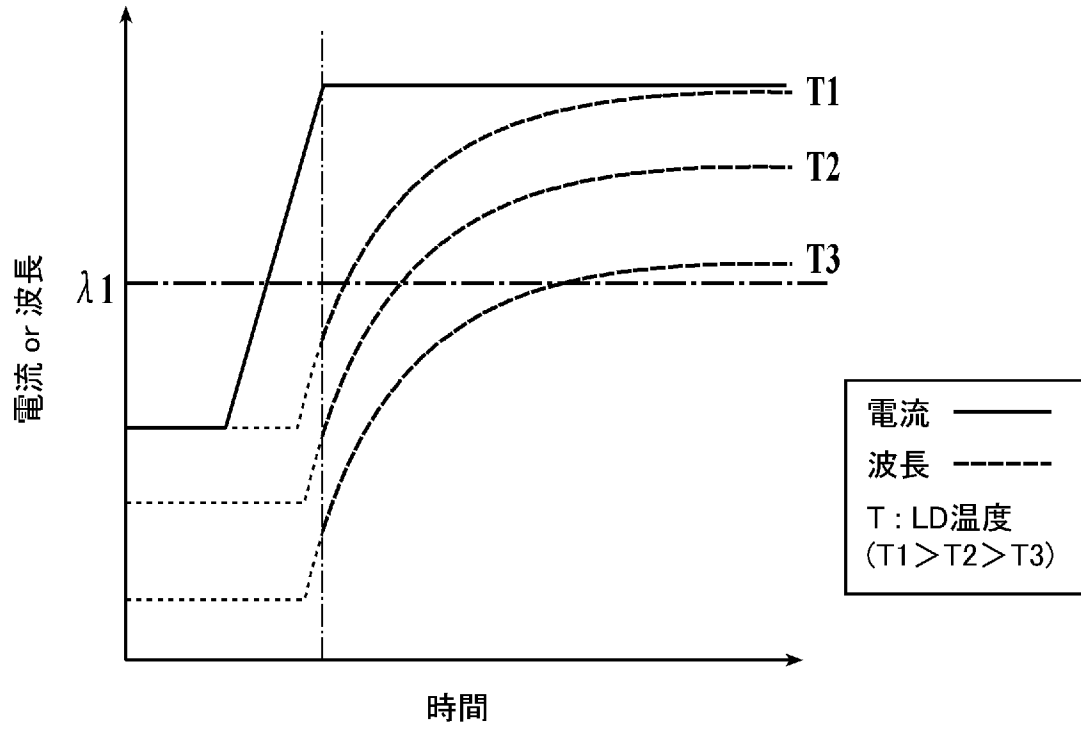
[図3B]



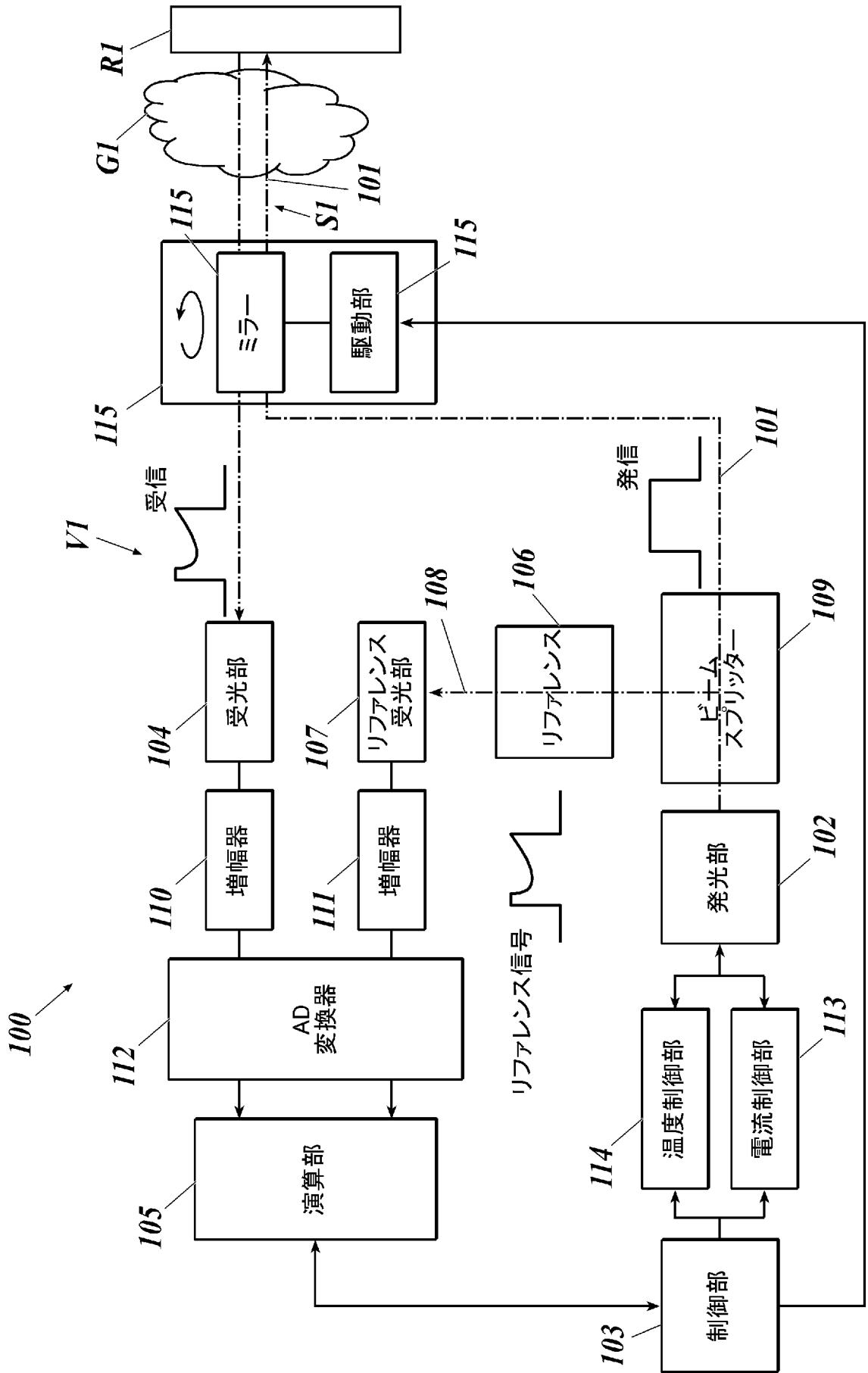
[図3C]



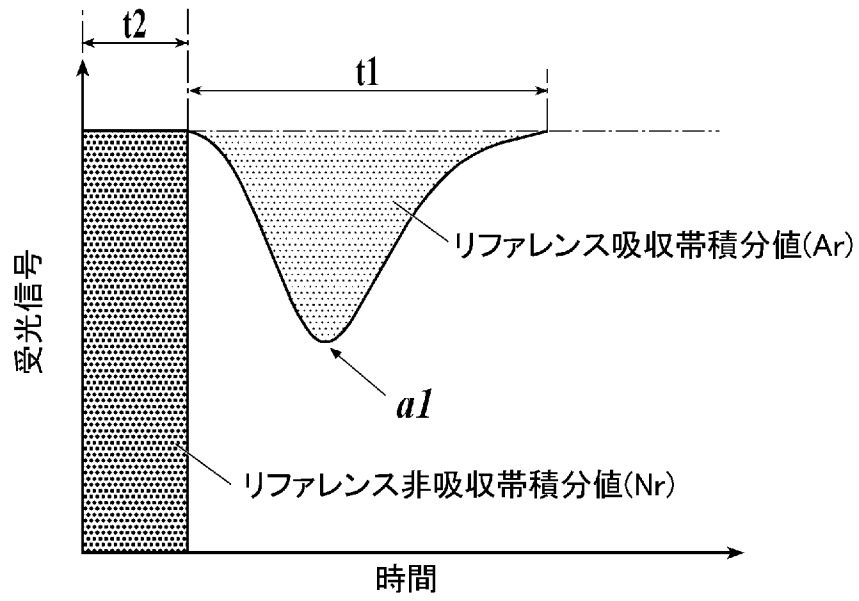
[図4]



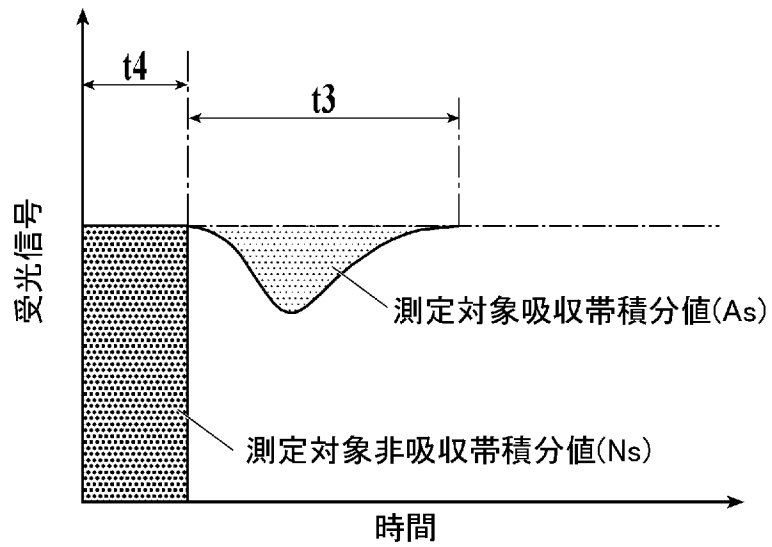
[図5]



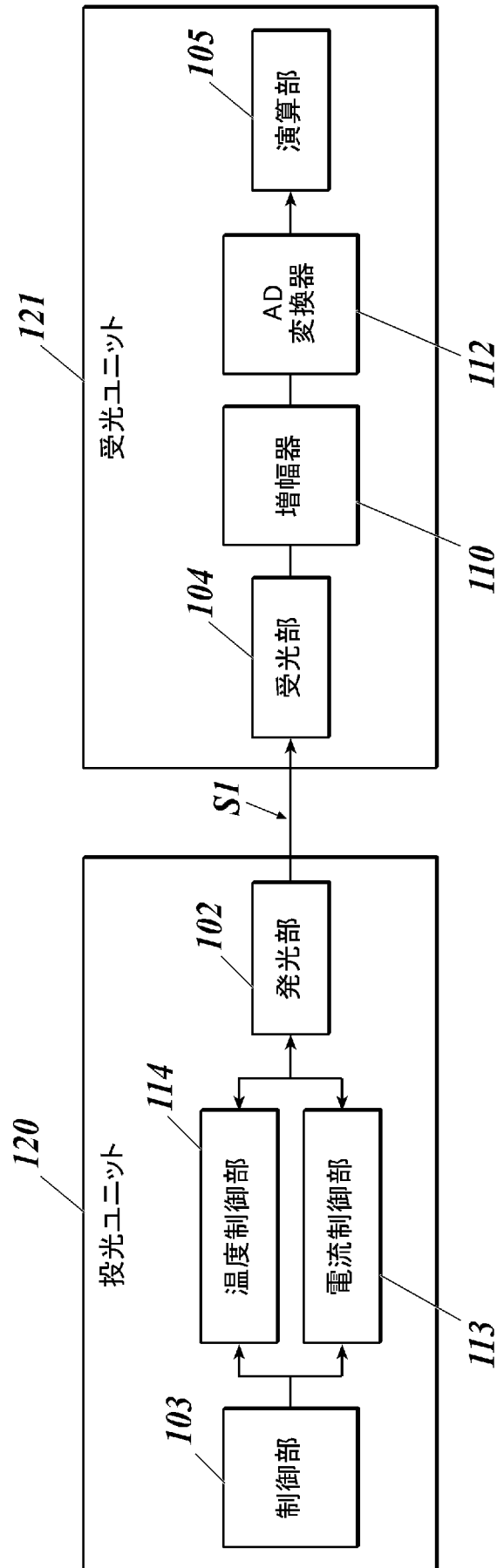
[図6A]



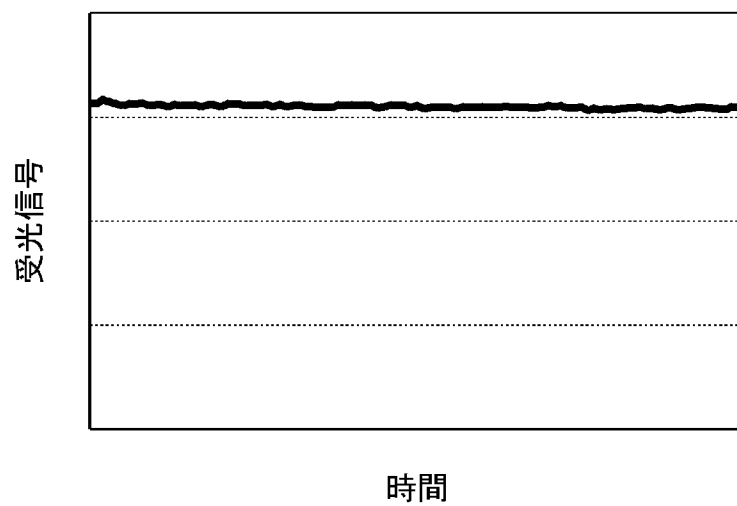
[図6B]



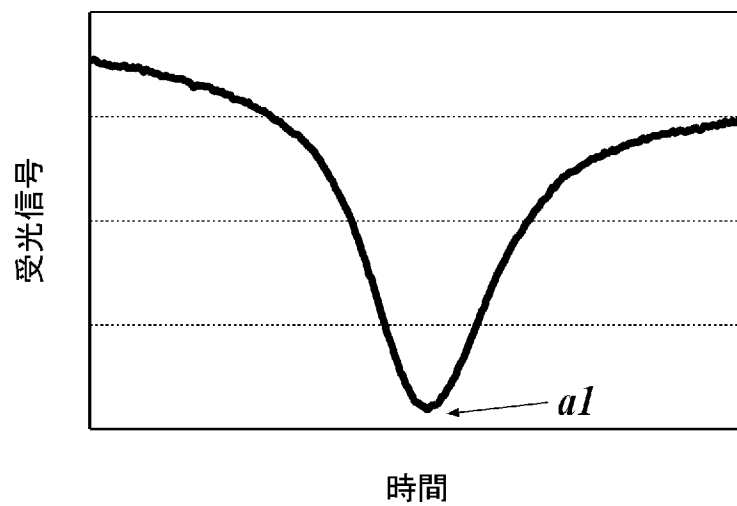
[図7]



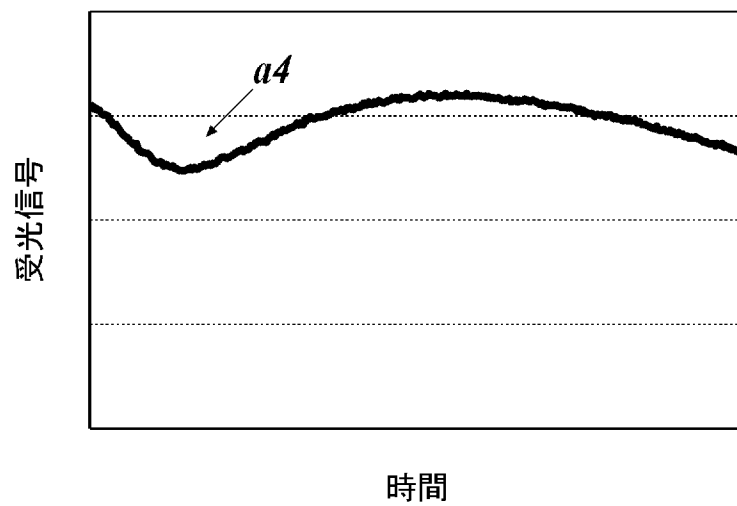
[図8A]



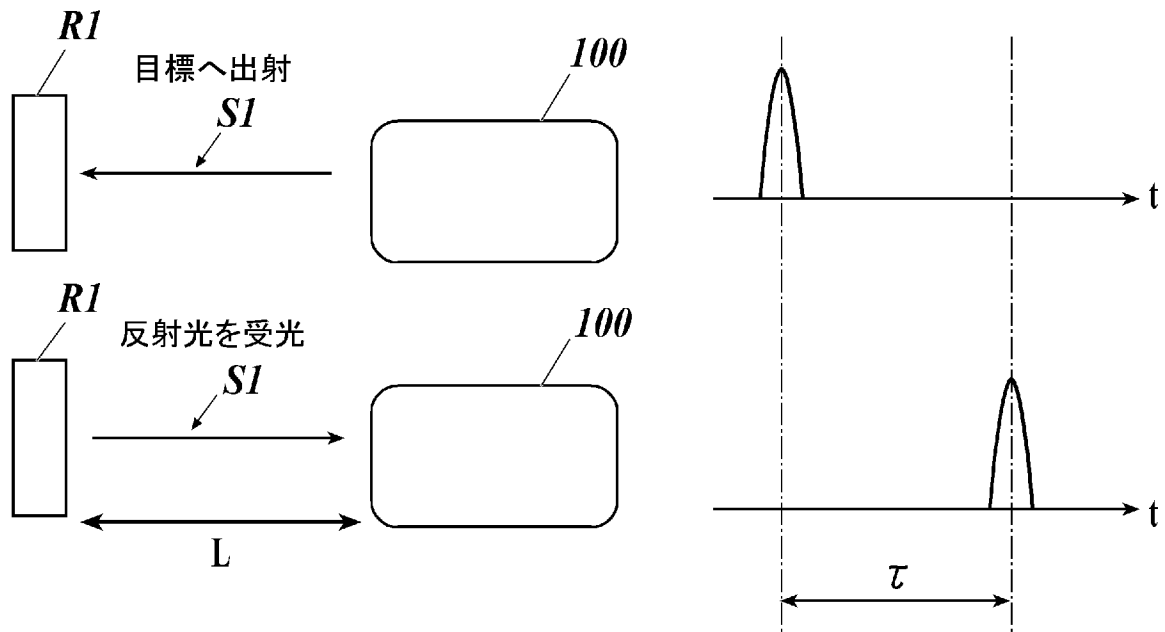
[図8B]



[図8C]



[図9]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2017/010390

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G01N21/39(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61, G01J3/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-522694 A (Cascade Technologies Ltd.), 28 July 2005 (28.07.2005), paragraphs [0019] to [0046]; fig. 1 to 18 & US 2005/0157303 A1 paragraphs [0045] to [0072]; fig. 1 to 18 & WO 03/087787 A1 & CA 2482402 A1 & CN 1659429 A & AU 2003219320 A1 & KR 10-0959625 B1	1-6, 10-15 7-9
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 099492/1981 (Laid-open No. 6258/1983) (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 14 January 1983 (14.01.1983), page 3, line 16 to page 6, line 10; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-6, 10-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 19 May 2017 (19.05.17)	Date of mailing of the international search report 30 May 2017 (30.05.17)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/010390

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-76182 A (Denso Corp.), 03 April 2008 (03.04.2008), paragraphs [0038] to [0040] & US 2008/0251726 A1 paragraph [0036] & DE 102007039884 A1 & CN 101149341 A	6, 10-15
Y	JP 2014-55858 A (Tokyo Metropolitan Sewerage Service Corp.), 27 March 2014 (27.03.2014), paragraph [0017] (Family: none)	13-15
Y	JP 2009-276308 A (The Nippon Signal Co., Ltd.), 26 November 2009 (26.11.2009), paragraph [0046]; fig. 14 (Family: none)	14
Y	JP 4-151546 A (Anritsu Corp.), 25 May 1992 (25.05.1992), page 5, upper right column, line 10 to lower left column, line 16; fig. 6 (Family: none)	15
A	JP 58-143242 A (Fujitsu Ltd.), 25 August 1983 (25.08.1983), entire text (Family: none)	1-15
A	US 2012/0136483 A1 (HAFFNER), 31 May 2012 (31.05.2012), entire text & EP 2458351 A1 & DE 102011119700 A1	1-15
A	Masamichi YAMANISHI et al., "Development of Quantum Cascade Lasers and Their Applications", Japanese Journal of Optics, 2011, 40(3), pages 142 to 147	1-15
A	JP 2001-74654 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 23 March 2001 (23.03.2001), paragraphs [0050] to [0073]; fig. 4 (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/39(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61, G01J3/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2005-522694 A (カスケイド テクノロジーズ リミテッド) 2005.07.28, [0019]-[0046], 図 1-18 & US 2005/0157303 A1, [0045]-[0072], 図 1-18 & WO 03/087787 A1 & CA 2482402 A1 & CN 1659429 A & AU 2003219320 A1 & KR 10-0959625 B1	1-6, 10-15 7-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

- |  |   |
|--|---|
| 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの                                 | 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの     |
| 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの                         | 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの                     |
| 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) | 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの |
| 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                                      | 「&」 同一パテントファミリー文献   |
| 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願                                   |   |

国際調査を完了した日

19.05.2017

国際調査報告の発送日

30.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

塚本 丈二

2W

3304

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	日本国実用新案登録出願56-099492号(日本国実用新案登録出願公開58-6258号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(東京芝浦電気株式会社) 1983.01.14, 第3頁第16行-第6頁第10行, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-6, 10-15
Y	JP 2008-76182 A (株式会社デンソー) 2008.04.03, [0038]-[0040] & US 2008/0251726 A1, [0036] & DE 102007039884 A1 & CN 101149341 A	6, 10-15
Y	JP 2014-55858 A (東京都下水道サービス株式会社) 2014.03.27, [0017] (ファミリーなし)	13-15
Y	JP 2009-276308 A (日本信号株式会社) 2009.11.26, [0046], 図14 (ファミリーなし)	14
Y	JP 4-151546 A (アンリツ株式会社) 1992.05.25, 第5頁右上欄第10行-左下欄第16行, 第6図 (ファミリーなし)	15
A	JP 58-143242 A (富士通株式会社) 1983.08.25, 全文 (ファミリーなし)	1-15
A	US 2012/0136483 A1 (HAFFNER) 2012.05.31, 全文 & EP 2458351 A1 & DE 102011119700 A1	1-15
A	山西正道 ほか, 量子カスケードレーザー開発と計測への応用, 光学, 2011, 40(3), pp. 142-147, (YMANNISHI, Masamichi et al., Development of Quantum Cascade Lasers and Their Applications)	1-15
A	JP 2001-74654 A (三菱重工業株式会社) 2001.03.23, [0050]-[0073], 図4 (ファミリーなし)	1-15