

(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  
2021年3月18日(18.03.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/049109 A1

(51) 国際特許分類:  
G08G 1/00 (2006.01) G01N 21/3554 (2014.01)  
G01N 21/17 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/022418

(22) 国際出願日: 2020年6月5日(05.06.2020)

(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 2019-165472 2019年9月11日(11.09.2019) JP

(71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207

大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).

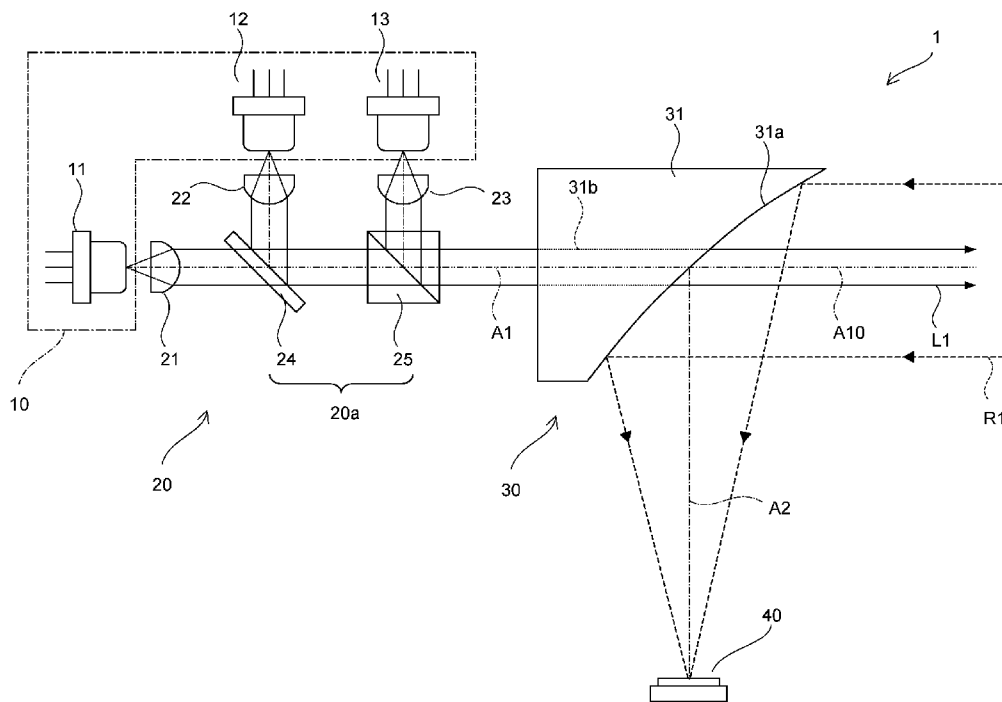
(72) 発明者: 今若 宏亮 (IMAWAKA, Kosuke). 古屋 博之 (FURUYA, Hiroyuki). 黒塚 章 (KUROZUKA, Akira).

(74) 代理人: 芝野 正雅, 外 (SHIBANO, Masanori et al.); 〒6500032 兵庫県神戸市中央区伊藤町119 三井生命神戸三宮ビル9階 芝野特許事務所 Hyogo (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,

(54) Title: MOISTURE SENSING DEVICE

(54) 発明の名称: 水分検知装置



(57) Abstract: Provided is a moisture sensing device (1) comprising: a light source unit (10); a projection optical assembly (20) which projects illumination light (L1) emitted from the light source unit (10) on a road surface; a photodetector (40) which receives reflected light (R1) of the illumination light (L1) reflected from the road surface; and a light receiving optical assembly (30) which focuses the reflected light (R1) on the photodetector (40). Said device further comprises an optical element (31) for mutually aligning the optical axis (A1) of the projection optical assembly (20) and optical axis



WO 2021/049109 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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), ユーラシア (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 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(A2) of the light receiving optical assembly (30) in the road surface-side range.

(57) 要約 : 水分検知装置 (1) は、光源部 (10) と、光源部 (10) から出射された照明光 (L1) を路面に投射する投射光学系 (20) と、路面で反射された照明光 (L1) の反射光 (R1) を受光する光検出器 (40) と、反射光 (R1) を光検出器 (40) に集光させる受光光学系 (30) と、を備え、さらに、投射光学系 (20) の光軸 (A1) と受光光学系 (30) の光軸 (A2) とを路面側の範囲において互いに整合させる光学素子 (31) を備える。

## 明 細 書

**発明の名称：水分検知装置**

### 技術分野

[0001] 本発明は、対象物における水分の状態を検知する水分検知装置に関し、たとえば、路面上に堆積した水、氷および雪等の状態を検知する場合に用いて好適なものである。

### 背景技術

[0002] 従来、路面の状態を検知する路面検知装置が知られている。たとえば、以下の特許文献1には、路面の被検知領域に照明光を照射し、その反射光に基づいて、氷や水等の被検出物が被検知領域に存在するか否かを判定する路面状態検知装置が記載されている。この装置では、照明光として、互いに波長の異なる検出光と参照光が順次切り替えられて被検知領域に照射される。また、各光の切り替えに同期して、各光の反射光が受光され電気信号が生成される。そして、これら電気信号が比較演算され、その演算結果に基づいて、水や氷等の被検知物が被検知領域に存在するか否かが判定される。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2001-216592号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 上記特許文献1の構成では、照明光と反射光が、それぞれ、別々の光学系により、互いに異なる方向において、個別に照射および受光される。このため、路面状態検知装置と検知領域との距離に応じて、照明光の照射角度と反射光の受光角度を調整する必要がある。このような調整作業は、極めて複雑である。

[0005] かかる課題に鑑み、本発明は、煩雑な調整作業を行うことなく対象物における水分の状態を検知することが可能な水分検知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

[0006] 本発明の主たる態様に係る水分検知装置は、光源部と、前記光源部から出射された照明光を対象物に投射する投射光学系と、前記対象物で反射された前記照明光の反射光を受光する光検出器と、前記反射光を前記光検出器に集光させる受光光学系と、前記投射光学系の光軸と前記受光光学系の光軸とを前記対象物側の範囲において互いに整合させる光学素子と、を備える。

[0007] 本態様に係る水分検知装置によれば、投射光学系の光軸と前記受光光学系の光軸とが前記対象物側の範囲において互いに整合されるため、対象物で反射された反射光のうち、整合された光軸を逆行する反射光を、受光光学系により光検出器に集光させることができる。よって、装置と対象物との距離に応じて対象物に対する照明光と反射光の角度を調整する必要がなく、このような調整をせずとも、対象物からの反射光を光検出器により適正に受光することができる。

### 発明の効果

[0008] 以上のとおり、本発明によれば、煩雑な調整作業を行うことなく対象物における水分の状態を検知することが可能な水分検知装置を提供できる。

[0009] 本発明の効果ないし意義は、以下に示す実施形態の説明により更に明らかとなろう。ただし、以下に示す実施形態は、あくまでも、本発明を実施化する際の一つの例示であって、本発明は、以下の実施形態に記載されたものに何ら制限されるものではない。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、実施形態に係る、水分検知装置の光学系の構成を示す図である。

[図2]図2(a)、(b)は、それぞれ、実施形態に係る、光学素子の構成を示す斜視図および側面図である。

[図3]図3は、実施形態に係る、水分検知装置の回路部の構成を示すブロック図である。

[図4]図4は、実施形態に係る、水と氷における光の吸収係数を示すグラフである。

[図5]図5は、実施形態に係る、水分検知装置の判定処理を示すフローチャートである。

[図6]図6(a)は、実施形態に係る、水分検知装置の設置状態の一例を模式的に示す図である。図6(b)は、実施形態に係る、水面に対する光の入射角度と反射率との関係を示すグラフである。

[図7]図7は、実施形態に係る、レーザの安全基準がクラス1となる条件を満たすパルス幅とピークパワーの関係を示すグラフである。

[図8]図8は、実施形態に係る、路面情報配信システムの構成を模式的に示す図である。

[図9]図9は、変更例1に係る、水分検知装置の光学系の構成を示す図である。

[図10]図10(a)は、変更例1に係る、集光レンズにより反射光を光検出器に集光させた場合の反射光の集光状態をシミュレーションにより求めたシミュレーション結果を示す図である。図10(b)は、実施形態に係る、放物面形状の反射面により反射光を光検出器に集光させた場合の反射光の集光状態をシミュレーションにより求めたシミュレーション結果を示す図である。

[図11]図11は、変更例2に係る、水分検知装置の光学系の構成を示す図である。

[図12]図12は、変更例2に係る、水分検知装置の光学系の他の構成を示す図である。

[図13]図13は、変更例3に係る、水分検知装置の光学系の構成を示す図である。

[0011] ただし、図面はもっぱら説明のためのものであって、この発明の範囲を限定するものではない。

**発明を実施するための形態**

[0012] 以下、本発明の実施形態について、図を参照して説明する。本実施形態では、対象物である路面に堆積した水分（水、雪、氷等）を検知する水分検知装置に、本発明が適用されている。

[0013] <光学系の構成>

図1は、水分検知装置1の光学系の構成を示す図である。

[0014] 水分検知装置1は、光源部10と、投射光学系20と、受光光学系30と、光検出器40とを備える。光源部10は、波長が互いに異なる複数の照明光L1を出射する。投射光学系20は、光源部10から出射された照明光L1を路面に投射する。光検出器40は、路面で反射された照明光L1の反射光R1を受光する。

[0015] 光源部10は、互いに波長が異なる3つの光源11、12、13を備える。光源11、12、13は、たとえば、半導体レーザ等のレーザ光源である。光源11、12、13が、LEDや、特定波長を通過するフィルタをつけた白色光源により構成されてもよい。光源11は、波長980nm（以下、「参照波長」と称する）の近赤外光を出射する。光源12は、波長1450nm（以下、「吸収波長1」と称する）の近赤外光を出射する。光源13は、波長1550nm（以下、「吸収波長2」と称する）の近赤外光を出射する。

[0016] 光源12、13は、同一方向に照明光L1を出射し、光源11は、光源12、13の出射方向に直交する方向に照明光L1を照射する。光源11、12、13の出射光軸は、同一平面に含まれる。すなわち、光源11の出射光軸と、光源12、13の出射光軸とは、互いに直交する。

[0017] 投射光学系20は、コリメータレンズ21、22、23と、ダイクロイックミラー24と、偏光ビームスプリッタ（以下、「PBS」という）25とを備える。コリメータレンズ21、22、23は、それぞれ、光源11、12、13から出射された照明光L1を平行光に変換する。ダイクロイックミラー24は、光源11から出射された照明光L1を透過し、光源12から出射された照明光L1を反射する。これにより、光源11の出射光軸と光源1

2の出射光軸が整合する。

- [0018] P B S 2 5 は、ダイクロイックミラー 2 4 側から入射した 2 つの照明光 L 1 を透過し、光源 1 3 から出射された照明光 L 1 を反射する。すなわち、光源 1 1、1 2 は、偏光方向が P B S 2 5 に対して P 偏光となるように配置され、光源 1 3 は、偏光方向が P B S 2 5 に対して S 偏光となるように配置される。これにより、光源 1 1、1 2、1 3 の出射光軸が、投射光学系 2 0 の光軸 A 1 に整合する。ダイクロイックミラー 2 4 と P B S 2 5 は、光源 1 1、1 2、1 3 の出射光軸を互いに整合させる整合光学系 2 0 a を構成する。
- [0019] 受光光学系 3 0 は、光学素子 3 1 を備える。光学素子 3 1 は、投射光学系 2 0 の光軸 A 1 と受光光学系 3 0 の光軸 A 2 とを路面側の範囲（光学素子 3 1 から照明光 L 1 の投射方向の範囲）において互いに整合させる。すなわち、これら 2 つの光軸 A 1、A 2 は、光学素子 3 1 によって、共通の光軸 A 1 0 に統合される。
- [0020] 光学素子 3 1 は、投射光学系 2 0 と反対側の面に反射面 3 1 a を有する。反射面 3 1 a は、光学素子 3 1 の内方に凹んだ放物面となっている。反射面 3 1 a は、光軸 A 1 0 に沿って入射する反射光 R 1 を、光検出器 4 0 の受光面に集光する。反射面 3 1 a の光軸が、受光光学系 3 0 の光軸 A 2 となる。
- [0021] 光軸 A 2 は、投射光学系 2 0 の光軸 A 1 に対して垂直である。光軸 A 1 と光軸 A 2 とが互いに垂直でなくてもよく、他の角度であってもよい。この場合、光軸 A 1 と光軸 A 2 との間の角度に応じて、反射面 3 1 a の形状が変更され、受光面が光軸 A 2 に垂直となるように光検出器 4 0 の配置が調整される。
- [0022] 図 2 ( a )、( b ) は、光学素子 3 1 の構成を示す斜視図および側面図である。
- [0023] 光学素子 3 1 は、円柱状の部材の上面が斜めに切り欠かれた形状である。光学素子 3 1 は、反射面 3 1 a の他、投射光学系 2 0 から投射される照明光 L 1 を通過させるための開口 3 1 b が形成されている。ここでは、開口 3 1 b が、光学素子 3 1 の中心軸に沿って光学素子 3 1 を貫通する貫通孔によつ

て形成されている。貫通孔に代えて、光学素子 3 1 の外側面から中心軸まで延びるスリット状の切欠きが形成されて、開口 3 1 b が設けられてもよい。図 2 ( b ) に示すように、照明光 L 1 は、開口 3 1 b を通過して路面に投射される。路面からの反射光 R 1 は、反射面 3 1 a によって光検出器 4 0 に集光される。

[0024] 図 1 に戻り、光検出器 4 0 は、たとえば、フォトダイオードにより構成される。光検出器 4 0 として、赤外の波長帯（たとえば 9 0 0 ~ 1 8 0 0 n m ）の検出感度を有するフォトダイオードが用いられ得る。光検出器 4 0 が可視光の波長帯にも検出感度を有する場合、光源 1 1、1 2、1 3 の出射波長である参照波長、吸収波長 1 および吸収波長 2 を透過させ、可視光の波長帯を遮断するフィルタが、光検出器 4 0 の前段に配置されてもよい。光検出器 4 0 が、アバランシェフォトダイオードにより構成されてもよい。

[0025] 光検出器 4 0 は、光源 1 1、1 2、1 3 から出射された照明光 L 1 が路面で反射された反射光 R 1 を受光し、受光した光量に基づく電気信号を出力する。本実施形態では、光源 1 1、1 2、1 3 が時分割でパルス発光するように駆動される。したがって、光検出器 4 0 は、光源 1 1、1 2、1 3 からの照明光 L 1 に基づく反射光 R 1 を時分割で受光して、各反射光 R 1 の受光光量に応じた電気信号を出力する。光検出器 4 0 から出力される各反射光 R 1 に応じた電気信号に基づいて、路面の堆積物の種類（水分の状態）が判定される。堆積物の判定処理については、追って図 5 を参照して説明する。

[0026] <回路部の構成>

図 3 は、水分検知装置 1 の回路部の構成を示すブロック図である。

[0027] 水分検知装置 1 は、図 1 に示した光源 1 1、1 2、1 3 および光検出器 4 0 の他、制御部 1 1 0 と、記憶部 1 2 0 と、出力部 1 3 0 と、3 つの駆動部 1 4 1、1 4 2、1 4 3 と、処理部 1 5 0 と、を備える。

[0028] 制御部 1 1 0 は、たとえば CPU やマイクロコンピュータにより構成される。制御部 1 1 0 は、記憶部 1 2 0 に記憶された制御プログラムに従って、水分検知装置 1 内の各部の制御を行う。制御プログラムによる機能として、

判定部 111 が、制御部 110 に設けられる。判定部 111 は、光検出器 40 からの検出信号に基づいて、路面上の堆積物の種類（水、雪、氷）を判定する。判定部 111 は、制御プログラムによる機能ではなく、ハードウェアとして構成されてもよい。

[0029] 記憶部 120 は、メモリを備え、制御プログラムを記憶するとともに、制御処理時のワーク領域として用いられる。出力部 130 は、判定部 111 の判定結果を出力する。出力部 130 は、水分検知装置 1 に配置されたモニター等の表示部であってもよく、あるいは、判定部 111 の判定結果をサーバ等の外部処理装置に送信するための通信モジュールであってもよい。

[0030] 駆動部 141、142、143 は、それぞれ、制御部 110 からの制御に従って光源 11、12、13 を駆動する。処理部 150 は、光検出器 40 から入力される電気信号をデジタル信号に変換するとともに対数を取り、制御部 110 に出力する。制御部 110 は、処理部 150 から入力される検出信号に基づいて、路面の堆積物の種類（水分の状態）を判定する。この判定は、上記のように、判定部 111 によって行われる。

[0031] <判定方法>

次に、堆積物の種類の判定方法について説明する。

[0032] 図 4 は、水と氷における光の吸収係数を示すグラフである。

[0033] 図 4 において、光源 11、12、13 の出射波長にそれぞれ設定された参照波長、吸収波長 1 および吸収波長 2 が、それぞれ、矢印で示されている。

[0034] 図 4 に示すように、水および氷に対する参照波長の吸収係数は、吸収波長 1 および吸収波長 2 の吸収係数より小さい。すなわち、参照波長の照明光 L1 は、吸収波長 1 および吸収波長 2 の照明光 L1 よりも、水や氷による吸収が少ない。このため、光源 11 から出射された照明光 L1（参照波長）は、路面上の照射領域に水分（水、氷、雪）が存在しても、路面によって反射されやすく、当該照明光 L1（参照波長）の反射光 R1 に対する光検出器 40 で受光光量は多くなる。他方、光源 12、13 から出射される吸収波長 1、2 は、水や氷による吸収係数が大きい。このため、照射領域に水分がある場

合、吸収波長 1、2 の照明光 L 1 は、水分によって吸収され、光検出器 4 0 で受光される吸収波長 1、2 の反射光 R 1 の光量は少なくなる。

[0035] したがって、水分による影響をあまり受けない参照波長の照明光 L 1 に対する検出信号によって、吸収波長 1、2 の照明光 L 1 に対する検出信号を規格化することで、路面の形状による散乱などのノイズ成分を抑制することができる。

[0036] 本実施形態では、吸収波長 1 と吸収波長 2 の吸収係数の違いを利用して、水と氷の判別が行われる。すなわち、吸収波長 1 (1450 nm) では氷での吸収係数に対して水での吸収係数が大きく、吸収波長 2 (1550 nm) では水での吸収係数に対して氷での吸収係数が大きい。従って、吸収波長 1 および吸収波長 2 の検出信号の比を取ることで、照射位置に水分がある場合に、それが水か氷かを判別できる。

[0037] 図 5 は、制御部 110 (判定部 111) による堆積物の種類の判定処理を示すフローチャートである。

[0038] まず、制御部 110 は、光源部 10 を駆動する (S11)。具体的には、制御部 110 は、駆動部 141、142、143 を介して、時分割で光源 11、12、13 から照明光 L 1 を出射させる。そして、制御部 110 は、光源 11 の駆動に応じて光検出器 40 から出力される検出信号と、光源 12 の駆動に応じて光検出器 40 から出力される検出信号と、光源 13 の駆動に応じて光検出器 40 から出力される検出信号とを、処理部 150 を介して取得する。

[0039] 次に、制御部 110 の判定部 111 は、参照波長の検出信号の強度、吸収波長 1 の検出信号の強度、および吸収波長 2 の検出信号の強度に基づいて、照射位置の状態を判定する。

[0040] 具体的には、判定部 111 は、参照波長の検出信号の強度に対する吸収波長 1 の検出信号の強度の比率を対数変換した値 R11 が閾値 Rth1 以上であり、かつ、参照波長の検出信号の強度に対する吸収波長 2 の検出信号の強度の比率を対数変換した値 R12 が閾値 Rth2 以上である場合 (S12 :

YES)、照射位置に水分が存在しない(乾燥している)と判定する(S13)。

[0041] ここで、閾値 $R_{th1}$ は、水に対する参照波長(980nm)の吸収係数の値から、水に対する吸収波長1(1450nm)の吸収係数の値を減算し、その値に水があると判定される厚さの2倍を掛けた値である。たとえば、厚さ $10\mu\text{m}$ 以上の水を検知する場合、 $R_{th1}$ の値は $-0.062$ となる。また、閾値 $R_{th2}$ は、氷に対する参照波長(980nm)の吸収係数の値から、氷に対する吸収波長2(1550nm)の吸収係数の値を減算し、その値に氷があると判定される厚さの2倍を掛けた値である。たとえば、厚さ $10\mu\text{m}$ 以上の氷を検知する場合、 $R_{th2}$ の値は $-0.069$ となる。

[0042] ステップS12の判定がNOの場合、判定部111は、照射位置に水分が存在すると判定して、処理をステップS14へ進める。

[0043] ステップS14において、判定部111は、値 $R_{11}$ と値 $R_{12}$ の比を計算し、その値が閾値 $R_i$ 以下であるか否かを判定する。ここで、閾値 $R_i$ の値は、氷における吸収波長1(1450nm)の吸収係数から参照波長(980nm)の吸収係数を減算した値と、氷における吸収波長2(1550nm)の吸収係数から参照波長(980nm)の吸収係数を減算した値の比である。

[0044] 値 $R_{11}$ と値 $R_{12}$ の比が閾値 $R_i$ 以下である場合(S14: YES)、判定部111は、照射位置に氷あるいは雪のみが存在すると判定して、処理をステップS15に進める。値 $R_{11}$ と値 $R_{12}$ の比が閾値 $R_i$ を超える場合(S14: NO)、判定部111は、照射位置に水または水および氷が存在すると判定して、処理をステップ18に進める。

[0045] ステップS15において、判定部111は、参照波長の受光強度 $I_r$ が閾値 $I_{th}$ 以上か否かを判定する。ここで、受光強度 $I_r$ が閾値 $I_{th}$ 以上である場合(S15: YES)、判定部111は、照射位置に雪が存在すると判定する(S16)。他方、受光強度 $I_r$ が閾値 $I_{th}$ 未満である場合(S15: NO)、判定部111は、照射位置に氷が存在すると判定する(S1

7)。ここで、制御部110は、判定部111が雪あるいは氷が存在すると判定した後、参照波長と吸収波長1の検出信号の値からそれらの厚みを測定してもよい。

[0046] ステップS18において、判定部111は、値R11と値R12の比を計算し、その値が閾値Rw以上であるか否かを判定する。値R11と値R12の比が閾値Rw以上である場合(S18: YES)、判定部111は、照射位置に水が存在すると判定する(S19)。ここで、判定部111が照射位置に水が存在すると判定した後、制御部110は、さらに、参照波長と吸収波長2の検出信号の値から水の厚みを測定してもよい。

[0047] 他方、値R11と値R12の比が閾値Rw未満である場合(S18: NO)、すなわち、 $R_i \leq R_{11} / R_{12} < R_w$ の場合、判定部111は、照射位置に水と氷の混合物が存在していると判定する(S20)。ここで、制御部110は、 $(R_{11} / R_{12} - R_i)$ の値と $(R_w - R_{11} / R_{12})$ の値を比較することにより、照射位置に存在する水と氷の割合を算出し、その割合と参照波長、吸収波長1、吸収波長2の検出信号の値から水と氷の混合物の膜厚を測定してもよい。

[0048] <光源の配置方法>

次に、参照波長、吸収波長1、2に対する光検出器40の検出感度と、光源11、12、13の配置方法との関係について説明する。

[0049] たとえば、参照波長および吸収波長1、2のうち、参照波長に対する光検出器40の検出感度が最も小さく、吸収波長2に対する光検出器40の検出感度が最も大きい場合、参照波長の照明光L1に対する反射光R1は、なるべく多くの光量が光検出器40に受光されることが好ましい。ここで、路面に対する照明光L1の反射率は、路面に対する照明光L1の偏光方向によって変化する。

[0050] 図6(a)は、水分検知装置1の設置状態の一例を模式的に示す図であり、図6(b)は、水面に対する光の入射角度と反射率との関係を示すグラフである。便宜上、図6(a)では、光検出器40の図示が省略されている。

[0051] 図6(a)の場合、水分検知装置1は、照明光L1が路面に対して斜め方向に入射するように設置されている。たとえば、道路側方の支柱等に水分検知装置1が設置される場合、図6(a)のように、水分検知装置1が路面RS1に対して傾いた状態で設置される。この場合、照明光L1は、路面RS1またはその堆積物によって鏡面反射される。鏡面反射された反射光R2は、光学素子31の反射面31aに入射せず、したがって、この反射光R2は、光検出器40によって受光されない。この場合、路面RS1において、照明光L1の光路を逆光する方向に反射された反射光R1が、光学素子31の反射面31aに入射して、光検出器40に集光される。

[0052] ここで、図6(a)のように、路面RS1に対して斜め方向から照明光L1が入射する場合、路面RS1に対する光の偏光方向によって反射率が異なる。この場合、反射率が高いほど、鏡面反射によって損失する光の光量が増大するため、光検出器40によって受光される反射光R1の光量が減少する。たとえば、路面RS1に水が存在する場合、図6(b)に示すように、略全ての入射角度において、S偏光の反射率がP偏光の反射率に比べ大きくなる。このため、S偏光で照明光L1が入射する方が、出射パワーに対する受光効率が悪くなる。

[0053] したがって、上記のように、参照波長および吸収波長1、2のうち、参照波長に対する光検出器40の検出感度が最も小さい場合、参照波長の照明光L1が路面RS1にP偏光で入射するように、光源11、12、13の配置が設定されると良い。具体的には、図6(a)の構成において、検出感度が最も低い参照波長の照明光L1が路面RS1に対してP偏光となるように、当該照明光L1を出射する光源11が配置されれば良い。これにより、光検出器40に対する参照波長の反射光R1の受光効率が低下することを抑制できる。

[0054] また、光検出器40における検出感度が2番目に低い吸収波長1の照明光L1についても、路面RS1に対してP偏光で入射することが好ましい。図6(a)の構成では、吸収波長1の照明光L1が路面RS1に対してP偏光

となるように、当該照明光L1を出射する光源12が配置されれば良い。これにより、光検出器40に対する吸収波長1の反射光R1の受光効率が低下することを抑制できる。

[0055] なお、このように光源11、12を配置すると、これら光源11、12からそれぞれ出射される照明光L1の偏光方向が一致するため、これら照明光L1をPBS25に対してP偏光で入射させることができる。これにより、これら光源11、12からそれぞれ出射される照明光L1がPBS25を透過するように構成できる。

[0056] この構成では、光源13から出射される吸収波長2の照明光L1が、路面RS1に対してS偏光で入射するため、この照明光L1の反射光R1の光検出器40に対する受光効率が、その他の2つの照明光L1に比べて低下する。しかし、光検出器40における吸収波長2の検出感度は、上記のように、参照波長および吸収波長1に比べて高いため、このように、光源13から出射される吸収波長2の照明光L1の受光効率が低下しても、吸収波長2の反射光R1に基づく検出信号が極端に小さくなることはない。

[0057] したがって、上記のように光源11、12、13の配置を調整することにより、参照波長および吸収波長1、2のうち、何れかの波長の反射光R1の検出信号が極端に小さくなることを防ぐことができる。よって、図5に示した堆積物の種類の判定や、堆積物の厚みの判定を、精度良く行うことができる。

[0058] なお、図6(a)には、参照波長および吸収波長1、2のうち、参照波長に対する光検出器40の検出感度が最も低く、吸収波長2に対する光検出器40の検出感度が最も高い場合の光源11、12、13の配置位置が示されたが、各波長に対する光検出器40の検出感度がこれと異なる場合は、検出感度が最も低い波長と検出感度が2番目に低い波長の照明光L1が路面RS1に対してP偏光となり、残りの波長の照明光L1が路面RS1に対してS偏光となるように、光源11、12、13の配置が調整されればよい。また、少なくとも、光検出器40の検出感度が最も低い波長の照明光L1が路面

R S 1 に対して P 偏光に設定されればよく、残り 2 つの波長の照明光 L 1 の何れを路面 R S 1 に対して P 偏光に設定するかは、任意に選択されてもよい。

[0059] なお、ダイクロイックミラー 2 4 に対する光の透過効率と反射効率とに差異がある場合、この差異に基づいて、ダイクロイックミラー 2 4 に照明光 L 1 を入射させる 2 つの光源の配置が調整されると良い。たとえば、透過効率が反射効率よりも高い場合、すなわち、透過による光の損失が反射による光の損失より小さい場合、図 6 ( a ) に示すように、光検出器 4 0 における検出感度が最も低い参照波長の照明光 L 1 ( 光源 1 1 の出射光 ) がダイクロイックミラー 2 4 を透過し、吸収波長 1 の照明光 L 1 ( 光源 1 2 の出射光 ) がダイクロイックミラー 2 4 で反射されるように、光源 1 1 、 1 2 が配置されることが好ましい。これにより、参照波長の反射光 R 1 の受光光量が低下することを防ぐことができる。よって、検出感度が最も低い参照波長の反射光 R 1 の検出信号が極端に小さくなることを防ぐことができる。

[0060] < 出射パワーの設定方法 >

次に、光源 1 1 、 1 2 、 1 3 の出射パワーの設定方法について説明する。

[0061] 光源 1 1 、 1 2 、 1 3 がレーザ光源である場合、光源 1 1 、 1 2 、 1 3 の出射パワーは、レーザ光の安全基準を満たす必要がある。

[0062] 図 7 は、波長が 9 8 0 n m 、繰り返し周波数が 1 k H z 、視角が 1 . 5 m r a d である場合に、レーザの安全基準がクラス 1 となる条件を満たすパルス幅とピークパワーの関係を示すグラフである。

[0063] 水分検知装置 1 の光源 1 1 、 1 2 、 1 3 から出射される照明光 L 1 のパルス幅は、光検出器 4 0 の応答周波数によって制限を受ける。たとえば、パルス幅が 3  $\mu$  s e c 以上の照明光 L 1 ( 参照波長 : 9 8 0 n m ) を用いる場合、図 7 のグラフを参照すると、パルス幅が 2 . 6  $\mu$  s e c 以上、5  $\mu$  s e c 未達の領域 W 1 では、許容されるピークパワーが、パルス幅が 5  $\mu$  s e c の場合のピークパワーより小さくなっている。

[0064] これに対し、日本産業規格 ( J I S C 6 8 0 0 2 \_ 0 0 2 ) には、ある

パルス幅で許容されているピークパワーはそれより小さいパルス幅においても許容されると記載されている。これに則り、たとえばパルス幅が $3\ \mu\text{sec}$ において、 $5\ \mu\text{sec}$ で許容されるピークパワーを用いることで、パルス幅を $5\ \mu\text{sec}$ に設定する場合と比べて消費エネルギーを減らすことができる。同様に、パルス幅が $2.6\ \mu\text{sec}$ 以上、 $5\ \mu\text{sec}$ 未満の領域W1において、 $5\ \mu\text{sec}$ で許容されるピークパワーを用いることで、パルス幅を $5\ \mu\text{sec}$ に設定する場合と比べて消費エネルギーを減らすことができる。

[0065] 参照波長（ $980\text{nm}$ ）の照明光L1において、このようなパルス幅が $5\ \mu\text{sec}$ より小さい領域において、パルス幅が $5\ \mu\text{sec}$ のときに許容されるピークパワーを用いることで、実際のパルス幅で許容されているピークパワーよりも大きなパワーを用いることのできる周波数帯は、およそ $60\text{Hz} \sim 14\text{kHz}$ である。

[0066] なお、吸収波長1（ $1450\text{nm}$ ）や吸収波長2（ $1550\text{nm}$ ）の照明光においては、実際のパルス幅より大きなパルス幅で許容されているピークパワーを用いることで、より大きなパワーを用いることのできる領域は、パルス幅が $10^{-3}\ \mu\text{sec} \sim 10^{-10}\ \mu\text{sec}$ の範囲では存在しない。

[0067] <システム構成例>

次に、上記実施形態に係る水分検知装置1を用いたシステム構成例について説明する。

[0068] 図8は、路面情報配信システム200の構成を示す模式的に示す図である。

[0069] 路面情報配信システム200は、水分検知装置1と管理サーバ2を備える。図8の例では、道路3が、橋梁4とトンネル5の出口5aとを通過して、トンネル5の内部へと続いている。

[0070] 水分検知装置1は、道路3の側方にポール等を介して設置されるほか、道路3の側方に設置された外灯や壁面等に設置される。水分検知装置1は、道路3の路面3aの状態を検出する。図8には、2つの水分検知装置1が示さ

れており、手前側の水分検知装置 1 は、橋梁 4 上に位置する路面 3 a の領域 3 a 1 の状態を検知し、奥側の水分検知装置 1 は、トンネル 5 の出口 5 a 付近に位置する路面 3 a の領域 3 a 2 の状態を検知する。水分検知装置 1 は、路面 3 a の各検知対象領域の水分の状態（堆積物の種類、厚み等）を判定し、判定結果を、基地局 6 およびネットワーク網 7 を介して管理サーバ 2 に送信する。

[0071] 基地局 6 は、通信可能な範囲に水分検知装置 1 を含むように設置され、無線により水分検知装置 1 と通信可能に構成される。この場合、図 3 の出力部 130 は、通信モジュールにより構成される。基地局 6 は、ネットワーク網 7 に接続されている。ネットワーク網 7 は、たとえばインターネットである。

[0072] 管理サーバ 2 は、路面状況配信センター 8 等に設置され、ネットワーク網 7 に接続されている。管理サーバ 2 は、水分検知装置 1 によって配信された路面状態に関する情報に基づいて、路面 3 a の状態を報知するための地図情報を生成し、生成した地図情報を、ネットワーク網 7 および基地局 6 を介して車両等に配信する。配信された地図情報は、車両に搭載されたカーナビゲーションシステムの表示部に表示される。ドライバーは、表示内容を確認して、走行経路の路面 3 a の状態を把握できる。これにより、路面 3 a を走行する際の安全性を高めることができる。

[0073] この他、水分検知装置 1 は、車両に搭載されてもよい。この場合、たとえば、照明光 L 1 が車両直下の路面に照射されるように、水分検知装置 1 が車両に設置される。水分検知装置 1 は、車両直下の路面状態を検知し、検知結果を、車両のナビゲーションシステムに表示させる。路面状態の検知は、車両走行時にも行われ、随時、ナビゲーションシステムに表示される。これにより、ドライバーは、現在走行中の路面の状態を的確に把握できる。

[0074] この場合、さらに、水分検知装置 1 による路面の検知結果が、現在の走行位置を示す情報とともに、ナビゲーションシステムから図 8 の管理サーバ 2 に送信されて、管理サーバ 2 に集約されてもよい。これにより、管理サーバ

2は、各車から集約した路面の検知結果に基づいて、道路の状態を示すより微細な地図情報を生成できる。ドライバーは、走行経路となり得る道路の状態を、よりの確に把握できる。

[0075] <実施形態の効果>

以上、実施形態によれば、以下の効果が奏される。

[0076] 図1に示したように、投射光学系20の光軸A1と受光光学系30の光軸A2とが路面側（対象物側）の範囲において互いに整合されるため、路面（対象物）で反射された反射光のうち、整合された光軸A10を逆行する反射光R1を、受光光学系30により光検出器40に集光させることができる。よって、水分検知装置1と路面との距離に応じて路面に対する照明光L1と反射光R1の角度を調整する必要がなく、このような調整をせずとも、路面からの反射光R1を光検出器40で適正に受光して対象物における水分の状態（水、氷、雪）を検知することができる。

[0077] したがって、たとえば、図8のシステム構成例では、設置時の調整作業を簡略化でき、水分検知装置1を容易に設置できる。また、車両に水分検知装置1が設置される場合は、路面との距離が時々刻々と変化しても、問題無く路面の状態を検知できる。よって、水分検知装置1を車両等の移動体に設置することができる。

[0078] 図2(a)、(b)に示したように、光学素子31は、照明光L1を通過させて路面へと導く開口31bと、開口31bの周囲に形成され反射光R1を反射して光検出器40へと導く反射面31aとを備える。これにより、反射光R1の利用効率の低下を抑えつつ、照明光L1と反射光R1の光軸を整合させることができる。

[0079] ここで、反射面31aは、光検出器40に反射光R1を集光させる放物面となっており、受光光学系30の構成要素に含まれている。これにより、別途、反射光R1を光検出器40に集光させるための集光レンズ等を配置する必要がなく、水分検知装置1の構成の簡素化とコストの低減を図ることができる。

- [0080] 図1に示したように、光源部10は、互いに異なる波長の光を出射する複数の光源11、12、13を備え、投射光学系20は、各光源11、12、13の出射光軸を互いに整合させる整合光学系20aを備える。このように、各光源11、12、13の出射光軸を光軸A1に整合させておくことにより、光軸A1と、受光光学系30の光軸A2とを、光学素子31によって簡易に整合させることができる。
- [0081] ここで、整合光学系20aは、光源11および光源12の出射光軸を整合させるダイクロイックミラー24を備える。これにより、出射波長が大きく異なるこれら光源11、12の出射光軸を、容易に整合させることができる。
- [0082] この構成においては、上記のように、光源12の出射波長（吸収波長1）よりも光源11の出射波長（参照波長）の方が光検出器40における検出感度が低い場合、ダイクロイックミラー24における参照波長の光の損失が吸収波長1の光の損失よりも小さくなるように、光源11、12をダイクロイックミラー24に対して配置することが好ましい。これにより、参照波長の照明光L1がダイクロイックミラー24によって減衰することを抑えることができ、光検出器40における参照波長の反射光R1の受光光量を確保できる。よって、検出感度が最も低い参照波長の反射光R1の検出信号が極端に小さくなることを防ぐことができる。
- [0083] 図1に示したように、整合光学系20aは、光源13の出射光軸を光源11および光源12の出射光軸に整合させるPBS25を備え、参照波長、吸収波長1および吸収波長2の照明光L1のうち、少なくとも、光検出器40における検出感度が最も低い参照波長の照明光L1が路面（対象物）に対してP偏光となるように、光源11、12、13の偏光方向が設定されている。これにより、図6(a)、(b)を参照して説明したように、光検出器40における参照波長の反射光R1の受光効率が低下することを抑制できる。よって、検出感度が低い参照波長の反射光R1の検出信号が極端に小さくなることを防ぐことができ、図5に示した堆積物の種類の判定や、堆積物の厚

みの判定を、精度良く行うことができる。

[0084] 図5に示したように、判定部111は、吸収波長1、2の2つの検出用の照明光L1に対する検出信号を、参照波長の参照用の照明光L1に対する検出信号により規格化した値R11、R12に基づいて、路面上の堆積物（雪、氷、水）を判定する。このように、水分による影響をあまり受けない参照波長の照明光L1に対する検出信号によって、吸収波長1、2の照明光L1に対する検出信号を規格化することにより、路面の形状による散乱などのノイズ成分を抑制することができる。よって、路面の水分の状態（堆積物の種類）を精度良く判定することができる。

[0085] <変更例1>

水分検知装置1の構成は、上記実施形態に示した構成以外に、種々の変更が可能である。

[0086] 図9は、変更例1に係る水分検知装置1の光学系の構成を示す図である。

[0087] 図9の構成では、図1の構成に比べて、光学素子31の反射面31cが平面に変更され、反射光R1を光検出器40に集光させるための集光レンズ32が、受光光学系30の構成要素として追加されている。その他の構成は、図1と同様である。集光レンズ32として、たとえば、球面レンズが用いられ得る。

[0088] 図9の構成によっても、光学素子31によって、投射光学系20の光軸A1と、受光光学系30の光軸A2とを、光軸A10が整合される。よって、上記実施形態と同様、水分検知装置1と路面との距離に応じて路面に対する照明光L1と反射光R1の角度を調整する必要がなく、このような調整をせずとも、路面からの反射光R1を光検出器40で適正に受光することができる。

[0089] ただし、図9の構成では、図1の構成に比べて、集光レンズ32が別途追加されるため、構成がやや複雑化し、また、コストの上昇を招く。また、集光レンズ32における球面収差や色収差によって、光検出器40の受光面における反射光R1の集光状態が、上記実施形態に比べて、やや劣化する。

[0090] 図10(a)、(b)は、それぞれ、集光レンズ32(変更例1)および反射面31a(実施形態)により反射光R1を光検出器40に集光させた場合の反射光R1の集光状態をシミュレーションにより求めたシミュレーション結果を示す図である。

[0091] このシミュレーションでは、10m離れた点光源から出射された980nm、1450nm、1550nmの赤外光(反射光R1)を、直径50mm、焦点距離100mmの球面レンズ(集光レンズ32)と放物面ミラー(反射面31a)とを用いて1mmの受光面に集光することを検証条件とした。

[0092] 図10(a)、(b)には、参照波長(980nm)、吸収波長1(1450nm)および吸収波長2(1550nm)の各照明光L1の反射光R1を、集光レンズ32および放物面形状の反射面31aで集光させた場合の、光検出器40の受光面上における各波長の赤外光の光線の分布が示されている。

[0093] 図10(a)に示すように、球面レンズ(集光レンズ32)を用いて反射光R1を集光した場合、受光面全体に反射光の光線が広がっており、また、波長ごとに光線の集光位置が異なっている。これに対し、放物面ミラー(反射面31a)を用いて反射光R1を集光した場合は、球面レンズ(集光レンズ32)を用いた場合に比べて、狭い領域に反射光R1が集光されており、また、全ての波長の反射光R1の光線が同じ位置を通過していることが分かる。

[0094] このように、上記実施形態のように、放物面ミラー(反射面31a)を用いて反射光R1を集光することにより、球面収差や色収差の影響を抑えることができる。よって、上記実施形態の構成では、図9に示した変更例1の構成に比べて、より小さいサイズの光検出器40を用いることができ、また、各波長の反射光R1の検出精度を高めることができる。

[0095] <変更例2>

上記実施形態では、反射面31aと開口31bとを有する光学素子31を用いて、投射光学系20の光軸A1と受光光学系30の光軸A2とを整合さ

せた。これに対し、変更例2では、小さなミラーを用いて、投射光学系20の光軸A1と受光光学系30の光軸A2とを整合させる。

[0096] 図11は、変更例2に係る水分検知装置1の光学系の構成を示す図である。

[0097] 図11の構成では、図1の構成に比べて、光学素子31が省略され、光学素子26が投射光学系20の構成要素として追加されている。また、図11の構成では、図9の構成と同様、集光レンズ32が受光光学系30の構成要素として追加されている。その他の構成は、図1と同様である。

[0098] 光学素子26は、平板状のミラーである。光学素子26の反射面26aは、コリメータレンズ21、22、23で平行光化された照明光L1のビームサイズよりもやや大きい。光学素子26の形状は、光学素子26に入射する照明光L1のビーム形状に対応する形状である。光学素子26は、照明光L1を反射するとともに、光学素子26の周囲を通過する反射光R1を光検出器40へと導く。光学素子26は、投射光学系20の光軸A1を、受光光学系30の光軸A2と平行な方向に折り曲げて、光軸A1、A2を整合させる。光学素子26は、投射光学系20の光軸A1と受光光学系30の光軸A2とが交差する位置に配置される。

[0099] 図11の構成によっても、光学素子26によって、投射光学系20の光軸A1と、受光光学系30の光軸A2とを、共通の光軸A10に整合させることができる。よって、上記実施形態と同様、水分検知装置1と路面との距離に応じて路面に対する照明光L1と反射光R1の角度を調整する必要がなく、このような調整をせずとも、路面からの反射光R1を光検出器40で適正に受光することができる。

[0100] なお、図11の構成では、図9の構成と同様、反射光R1が集光レンズ32により光検出器40に集光されるため、図10(a)、(b)を参照して説明したように、反射光R1が集光レンズ32による球面収差および色収差の影響を受ける。この影響は、集光レンズ32に代えて放物面ミラーを用いることにより解消される。

[0101] 図12は、図11の構成において、集光レンズ32を放物面ミラー33に置き換えた場合の、水分検知装置1の光学系の構成を示す図である。

[0102] 放物面ミラー33は、放物面形状の反射面33aを有する。反射面33aは、図2(a)、(b)に示した反射面31aから開口31bが省略された形状と同様の形状である。反射面33aは、受光光学系30の光軸A2を垂直に折り曲げるとともに、反射光R1を光検出器40の受光面に集光させる。光軸A2の折り曲げ角は、90度に限らず、他の角度であってもよい。この構成では、放物面ミラー33が、受光光学系30の構成要素に含まれる。

[0103] 図12の構成によれば、放物面ミラー33によって反射光R1が集光されるため、反射光R1に対する球面収差および色収差の影響を解消できる。よって、図11の構成に比べて、より小さいサイズの光検出器40を用いることができ、また、各波長の反射光R1の検出精度を高めることができる。

[0104] <変更例3>

上記実施形態では、整合光学系20aが、ダイクロイックミラー24とPBS25により構成された。これに対し、変更例3では、PBS25に代えて、ダイクロイックミラー27が用いられる。

[0105] 図13は、変更例3に係る水分検知装置1の光学系の構成を示す図である。

[0106] 図13の構成では、図1の構成におけるPBS25がダイクロイックミラー27に置き換えられている。その他の構成は、図1と同様である。ダイクロイックミラー27は、光源11、12からそれぞれ出射された参照波長および吸収波長1の照明光L1を透過し、光源13から出射された吸収波長2の照明光L1を反射する。これにより、光源11、12、13の出射光軸が整合される。

[0107] この構成によっても、上記実施形態と同様の効果が奏され得る。

[0108] なお、図13の構成においても、光検出器40における検出感度が低い波長の照明光L1が路面に対してP偏光となるように、当該照明光L1を出射する光源が配置されることが好ましい。また、光検出器40における検出感

度が低い波長の照明光L1に対して、ダイクロミックミラー24、27における減衰が抑えられるように、光源11、12、13の配置が調整されることが好ましい。

[0109] なお、この構成では、吸収波長1、2の波長差が小さいと、吸収波長1に対するダイクロミックミラー27の透過効率が低下し、また、吸収波長2に対するダイクロミックミラー27の反射効率が低下する可能性がある。したがって、図13の構成は、吸収波長1、2の波長差が図4に示す波長差である場合においても、吸収波長1、2に対するダイクロミックミラー27の透過効率がおよび反射効率を高く確保できる場合に、適用され得る。なお、図13の構成を用いる場合は、図5に示した判定が可能な範囲で、波長差が図4の制定方法よりも大きくなるように、吸収波長1、2が設定されてもよい。これにより、吸収波長1、2に対するダイクロミックミラー27の透過効率がおよび反射効率を高く確保できる。

[0110] <その他の変更例>

上記実施形態では、3種類の波長の光が照明光L1として用いられたが、照明光L1として用いる波長の種類は3つに限られるものではない。たとえば、参照波長の照明光L1と吸収波長の照明光L1とをそれぞれ出射する2つの光源と、路面の温度を検出する放射温度センサとを用いて、堆積物の種類を判定してもよい。この場合、整合光学系20aから、ダイクロミックミラー24およびPBS25の何れか一方が省略される。

[0111] また、上記実施形態では、参照波長の反射光R1の受光強度 $I_r$ と閾値 $I_{th}$ とを比較することにより路面上の雪の有無が判定されたが、投射光学系20から投射された照明光L1が対象物で反射され、光検出器40で受光されるまでの時間に基づいて、対象物との距離を測定する、TOF (Time Of Flight) センサを用いて、さらに雪の厚みが測定されてもよい。TOFセンサを用いることにより、雪の厚みを正確に測定することができる。

[0112] また、上記実施形態では、光源11から出射される参照波長の光が、波長980nmの近赤外光であったが、参照波長は980nmに限らず、水によ

る吸収が少ない他の波長であってもよい。また、参照波長の光は、近赤外光に限らず、波長750nm以下の可視光であってもよい。ただし、参照波長の光が可視光であると、路面3aが照らされて道路3の交通に支障が生じるおそれがあるため、参照波長の光は近赤外光であるのが好ましい。

[0113] また、光学系を構成する光学部品の形状や大きさは、上記実施形態および変更例1～3に示したものに限られるものではなく、適宜変更可能である。たとえば、図1に示した光学素子31が板状の形状であってもよく、また、図12に示した放物面ミラー33が板状の形状であってもよい。

[0114] また、図5に示した判定処理では、路面の堆積物の種類が判定されたが、判定対象はこれに限られるものではなく、堆積物の厚さや滑りやすさ等がさらに判定されてもよい。

[0115] また、上記実施形態および各変更例では、路面における水分の状態（水、氷、雪）が検知されたが、水分の状態を検知する対象物は、必ずしも、路面に限られるものではない。たとえば、床や机の表面における水分の状態を検知する水分検知装置や、葉の水分を検知する水分検知装置に本発明が適用されてもよい。この場合、検知すべき水分の種類等に応じて、検知の用いる光の数および種類が調整されればよい。

[0116] さらに、水分検知装置1の適用例は、図8に示した路面情報配信システム200や、水分検知装置1を車両に搭載する適用例に限られるものではなく、照明光と反射光とを用いて対象物の水分の状態を検出する構成である限りにおいて、他の構成に水分検知装置1が用いられてもよい。

[0117] この他、本発明の実施形態は、特許請求の範囲に示された技術的思想の範囲内において、適宜、種々の変更が可能である。

## 符号の説明

- [0118] 1 水分検知装置  
10 光源部  
11、12、13 光源  
20 投射光学系

- 20 a 整合光学系
- 24、27 ダイクロイックミラー
- 25 偏光ビームスプリッタ
- 26 光学素子（ミラー）
- 30 受光光学系
- 31 光学素子
  - 31 a 反射面
  - 31 b 開口
- 40 光検出器
- 111 判定部

## 請求の範囲

- [請求項1] 光源部と、  
前記光源部から出射された照明光を対象物に投射する投射光学系と、  
、  
前記対象物で反射された前記照明光の反射光を受光する光検出器と、  
、  
前記反射光を前記光検出器に集光させる受光光学系と、  
前記投射光学系の光軸と前記受光光学系の光軸とを前記対象物側の範囲において互いに整合させる光学素子と、を備える、  
ことを特徴とする水分検知装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の水分検知装置において、  
前記光学素子は、前記照明光を通過させて前記対象物へと導く開口と、前記開口の周囲に形成され前記反射光を反射して前記光検出器へと導く反射面とを備える、  
ことを特徴とする水分検知装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の水分検知装置において、  
前記反射面は、前記光検出器に前記反射光を集光させる放物面であり、前記受光光学系の構成要素に含まれる、  
ことを特徴とする水分検知装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の水分検知装置において、  
前記光学素子は、前記照明光を反射するとともに周囲を通過する前記反射光を前記光検出器へと導くミラーであり、前記投射光学系の構成要素に含まれる、  
ことを特徴とする水分検知装置。

[請求項5] 請求項 1 ないし 4 の何れか一項に記載の水分検知装置において、  
前記光源部は、互いに異なる波長の光を出射する複数の光源を備え、  
前記投射光学系は、前記各光源の出射光軸を互いに整合させる整合光学系を備える、  
ことを特徴とする水分検知装置。

[請求項6] 請求項 5 に記載の水分検知装置において、  
前記光源部は、互いに異なる第 1 波長、第 2 波長および第 3 波長の光をそれぞれ出射する第 1 光源、第 2 光源および第 3 光源を備え、  
前記整合光学系は、前記第 1 光源および第 2 光源の出射光軸を整合させるダイクロイックミラーを備える、  
ことを特徴とする水分検知装置。

[請求項7] 請求項 6 に記載の水分検知装置において、  
前記第 2 波長よりも前記第 1 波長の方が前記光検出器における検出感度が低い場合、前記ダイクロイックミラーにおける前記第 1 波長の光の損失が前記第 2 波長の光の損失よりも小さくなるように、前記第 1 光源および第 2 光源が前記ダイクロイックミラーに対して配置されている、  
ことを特徴とする水分検知装置。

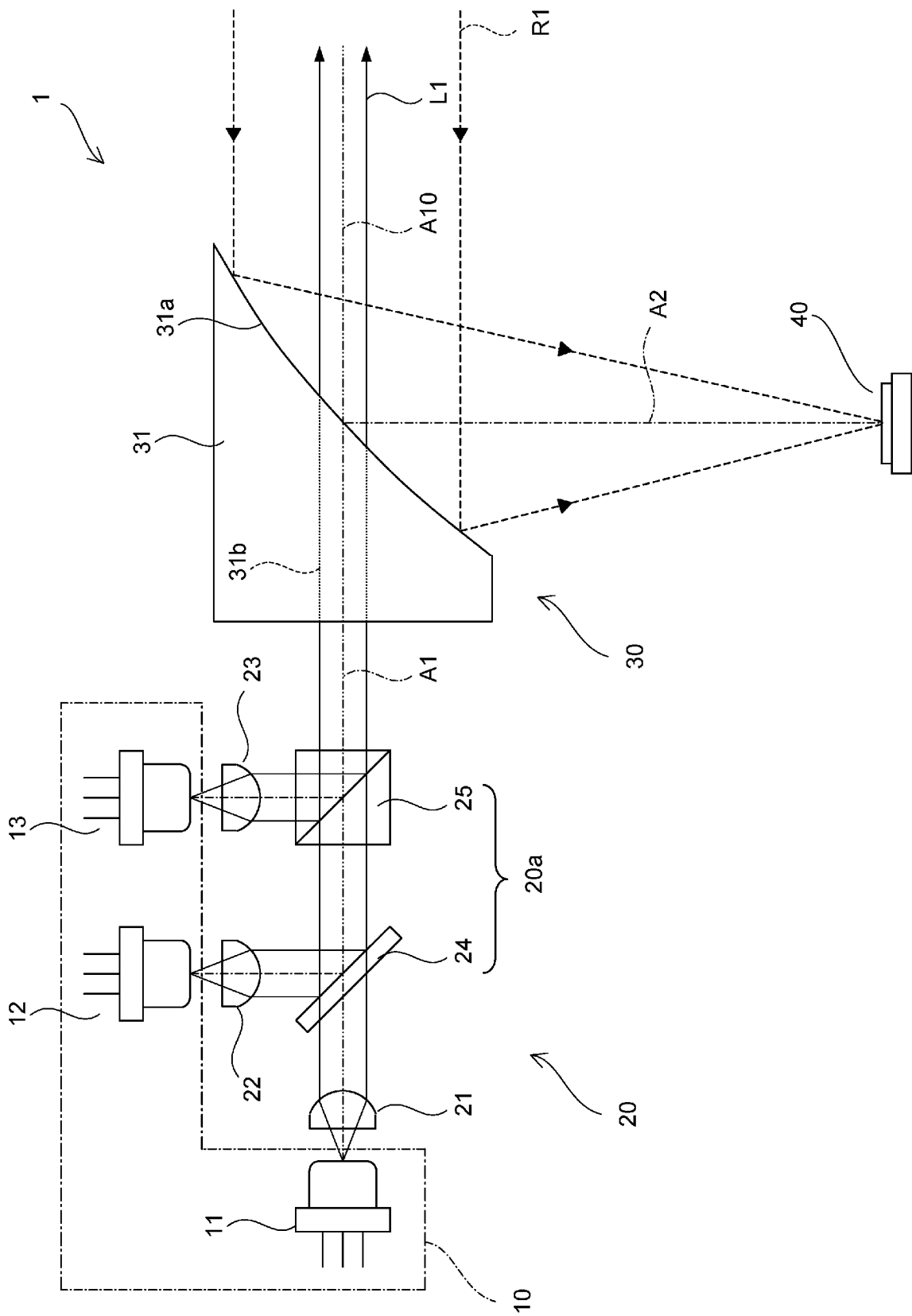
[請求項8] 請求項 6 または 7 に記載の水分検知装置において、  
前記整合光学系は、前記第 3 光源の出射光軸を前記第 1 光源および前記第 2 光源の出射光軸に整合させる偏光ビームスプリッタを備え、  
前記第 1 波長、前記第 2 波長および前記第 3 波長の光のうち、少なくとも、前記光検出器における検出感度が最も低い光が前記対象物に対して P 偏光となるように、前記第 1 光源、前記第 2 光源および前記

第3光源の偏光方向が設定されている、  
ことを特徴とする水分検知装置。

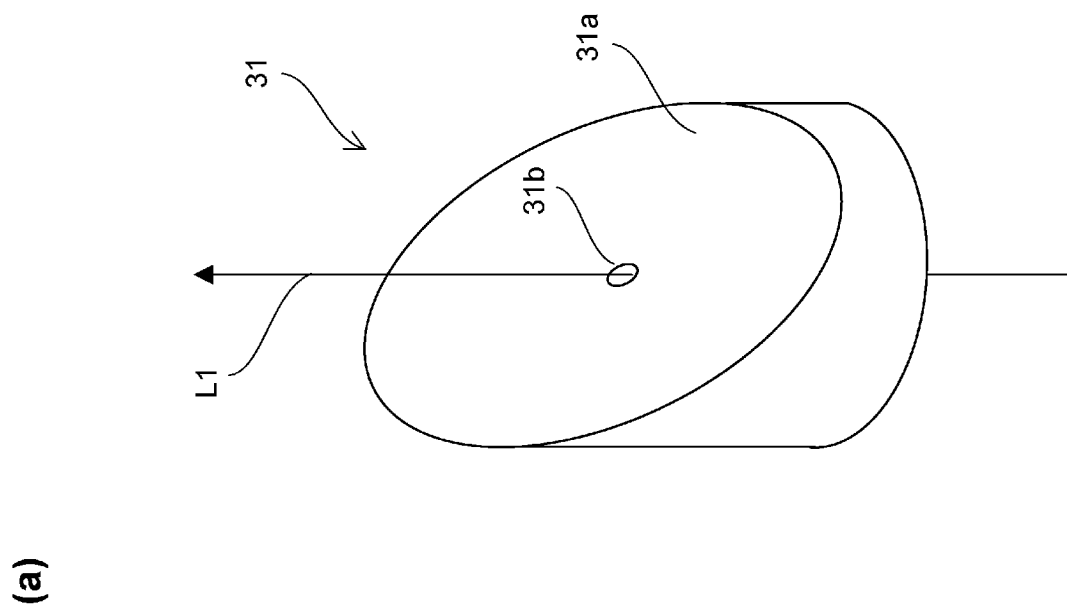
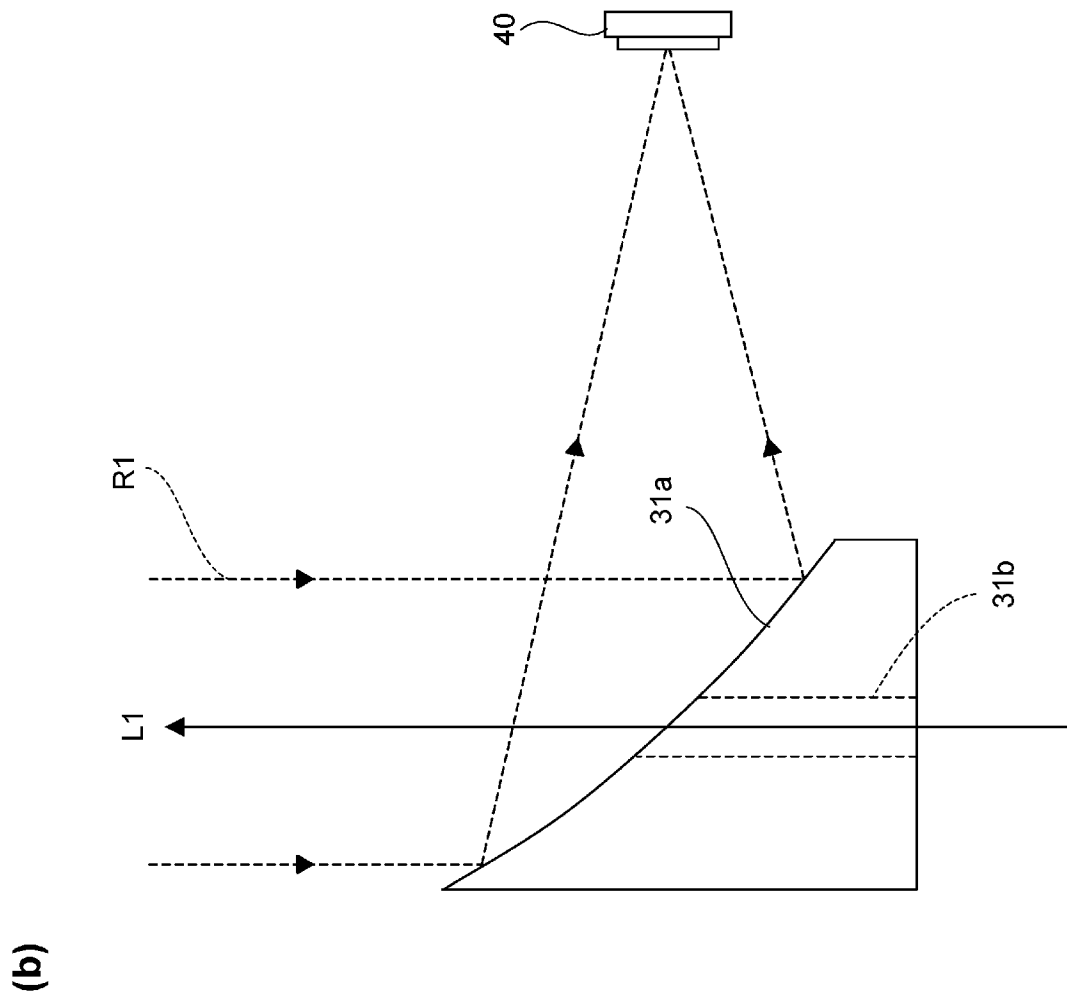
- [請求項9] 請求項6ないし8の何れか一項に記載の水分検知装置において、  
前記光検出器の検出信号に基づいて前記対象物上の堆積物を判定する判定部を備え、  
前記第1光源、前記第2光源および前記第3光源のうち2つの光源は、それぞれ、水および氷に対する吸収係数が高い波長の検出用の光を出射し、残り1つの光源は、水および氷に対する吸収係数が低い波長の参照用の光を出射し、  
前記判定部は、前記2つの検出用の光に対する前記検出信号を、前記参照用の光に対する前記検出信号により規格化した信号に基づいて、前記堆積物を判定する、  
ことを特徴とする水分検知装置。

- [請求項10] 請求項9に記載の水分検知装置において、  
前記判定部は、前記堆積物として、水、氷および雪を判定する、  
ことを特徴とする水分検知装置。

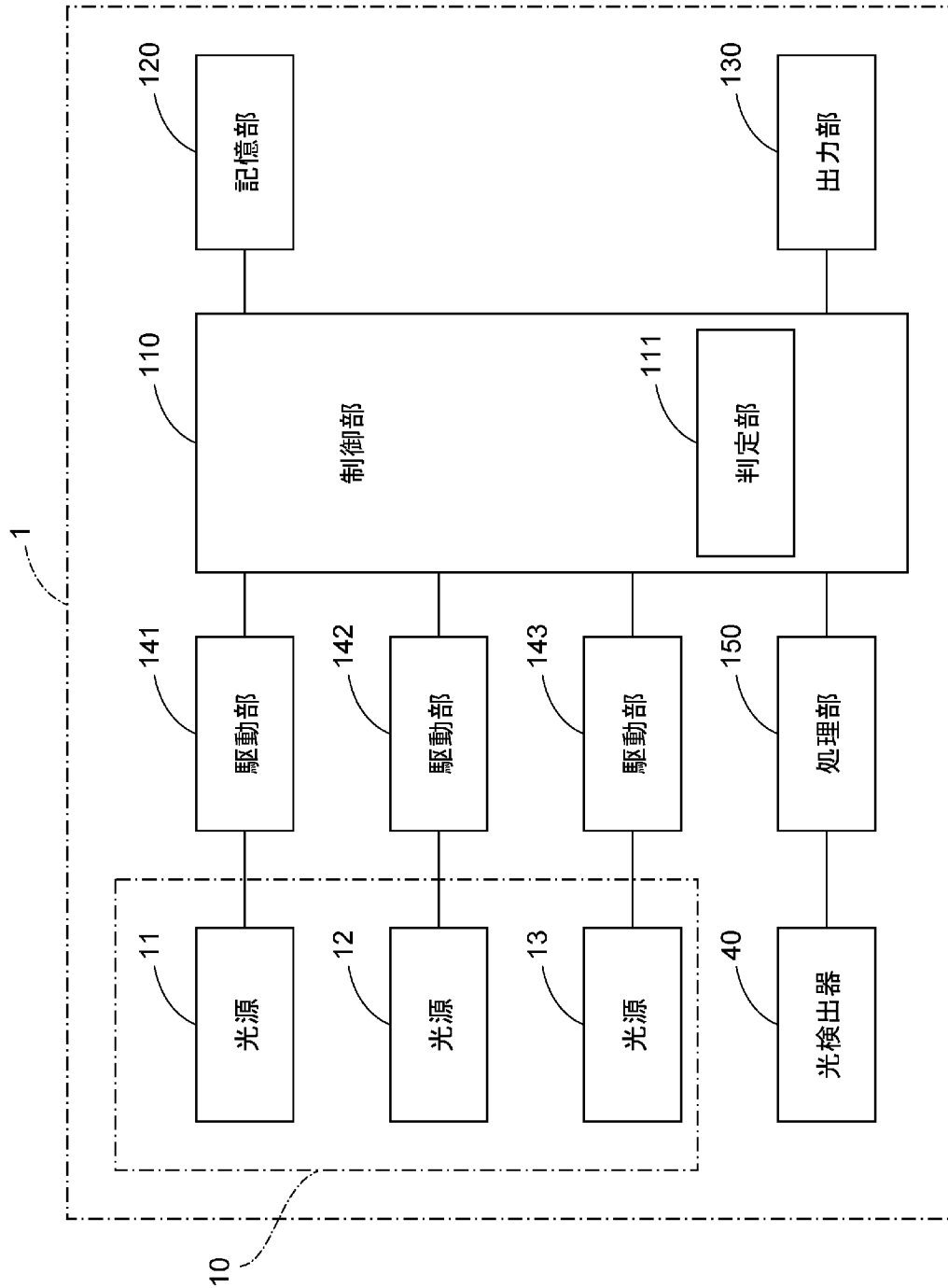
[図1]



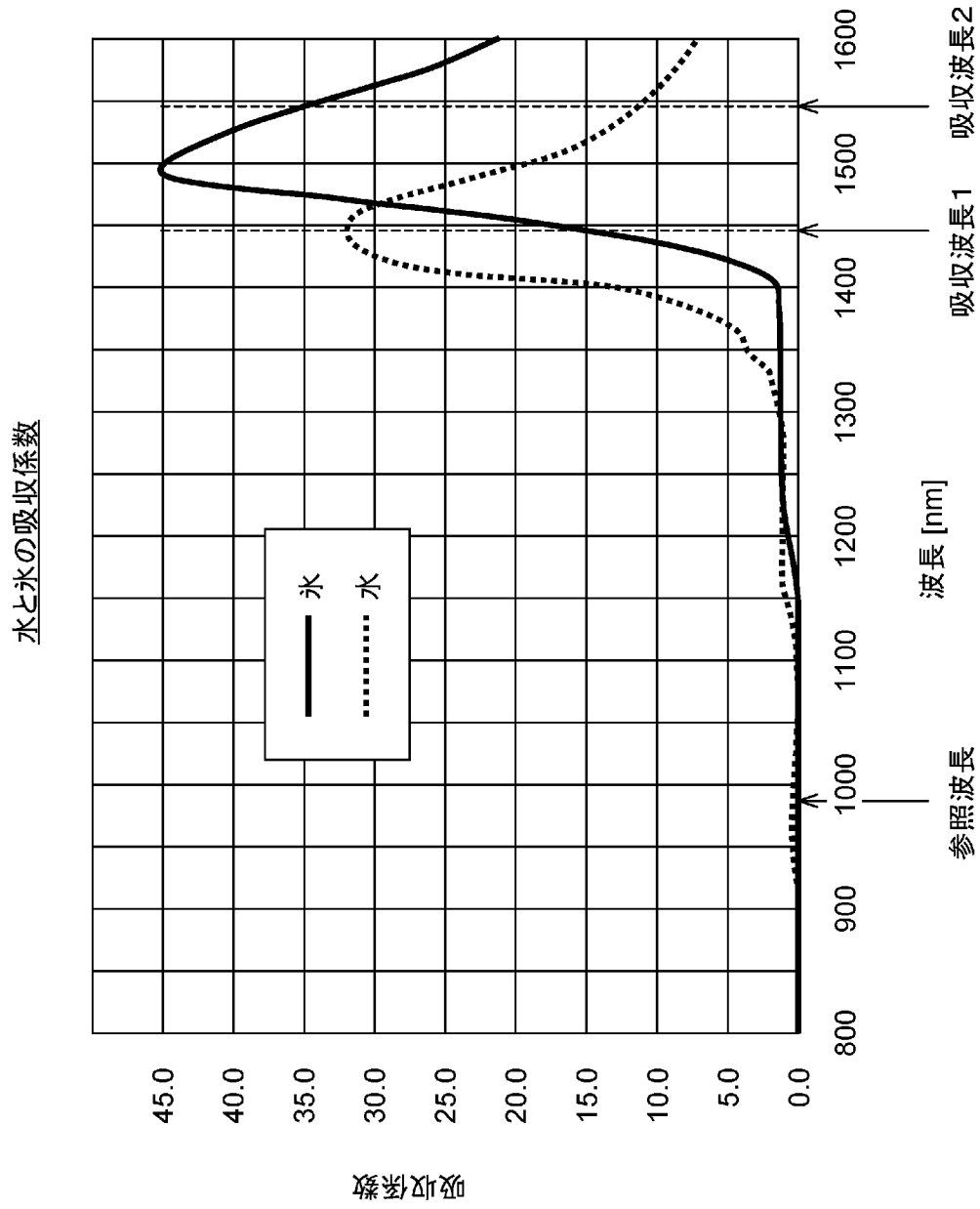
[図2]



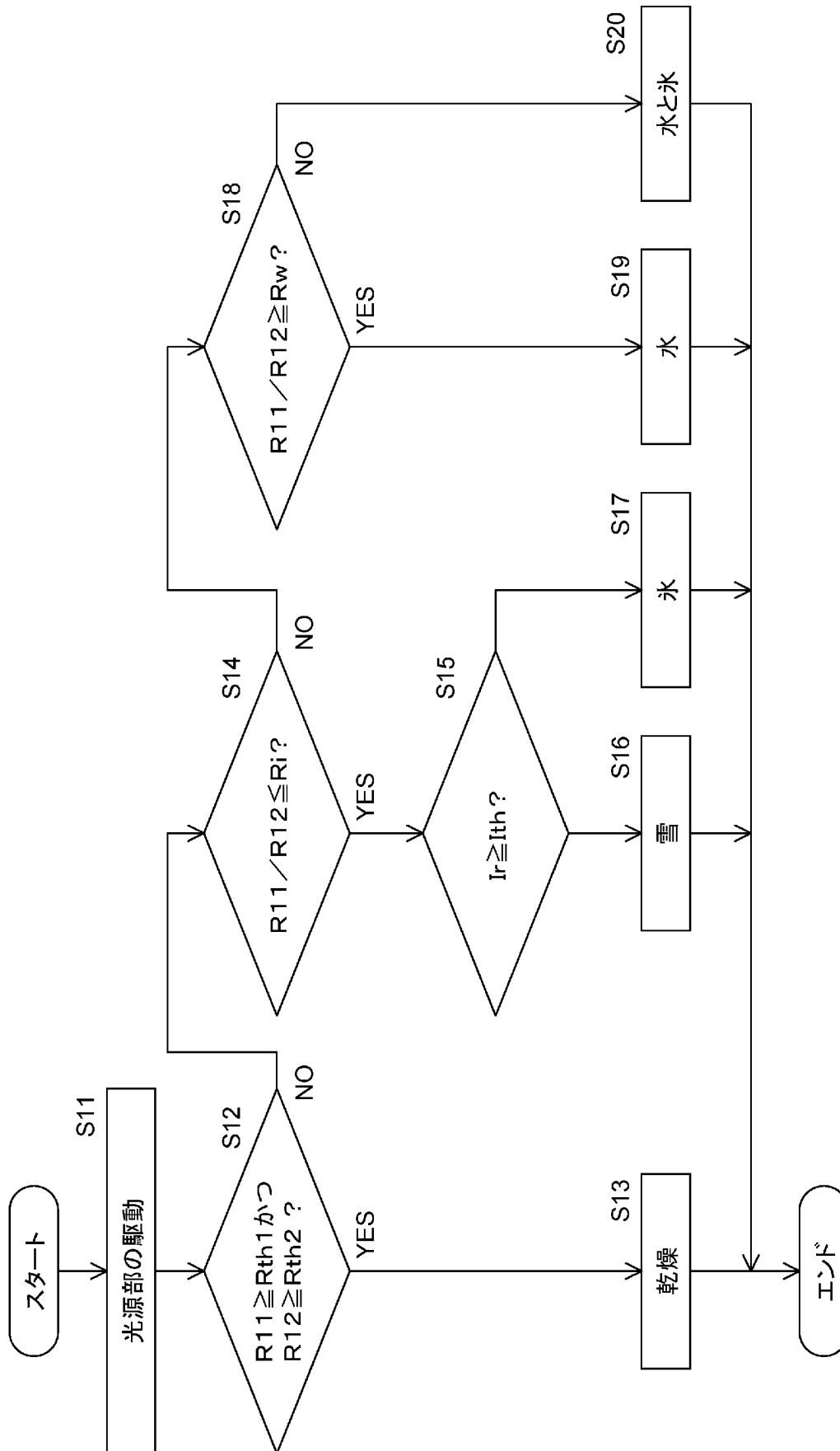
[図3]



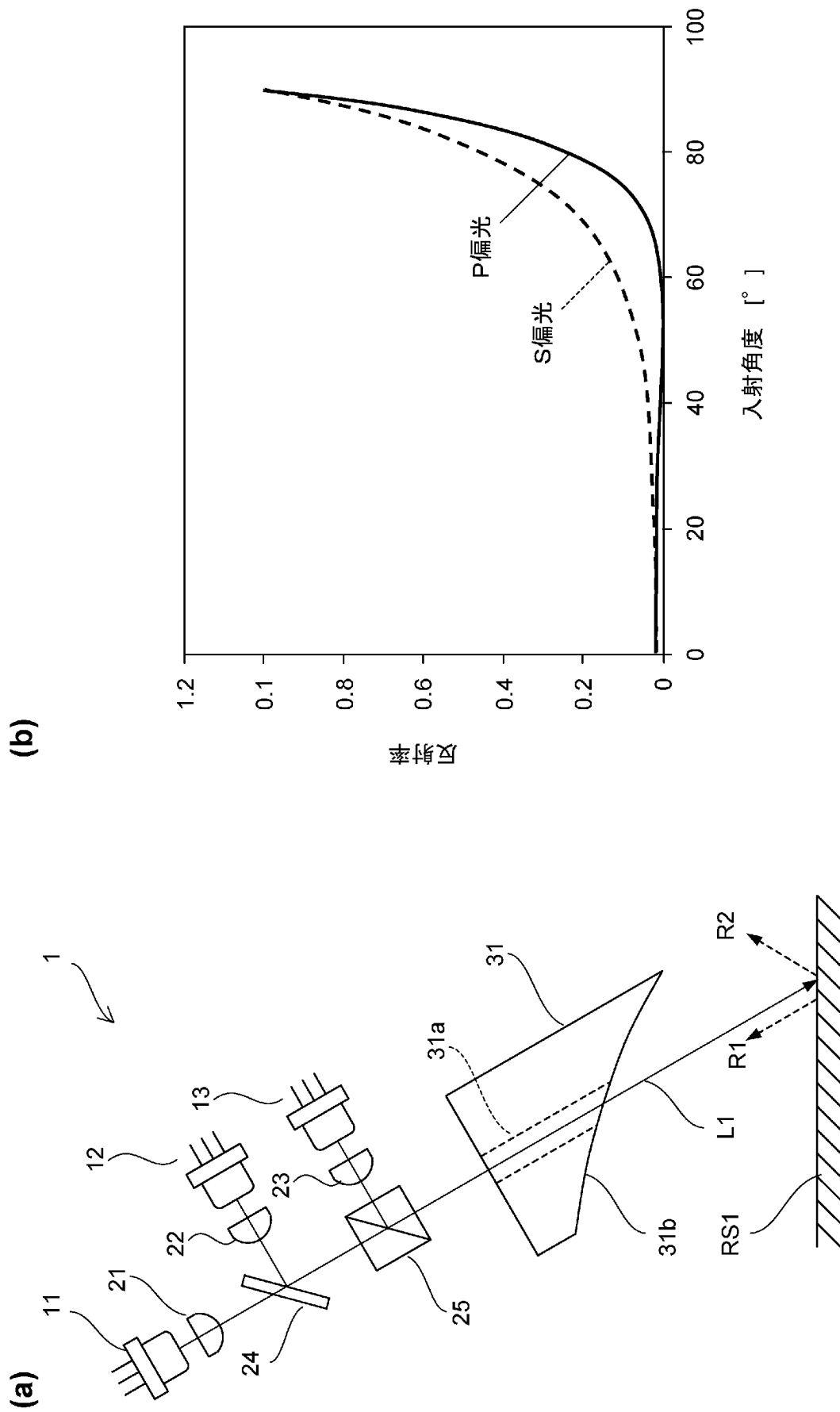
[図4]



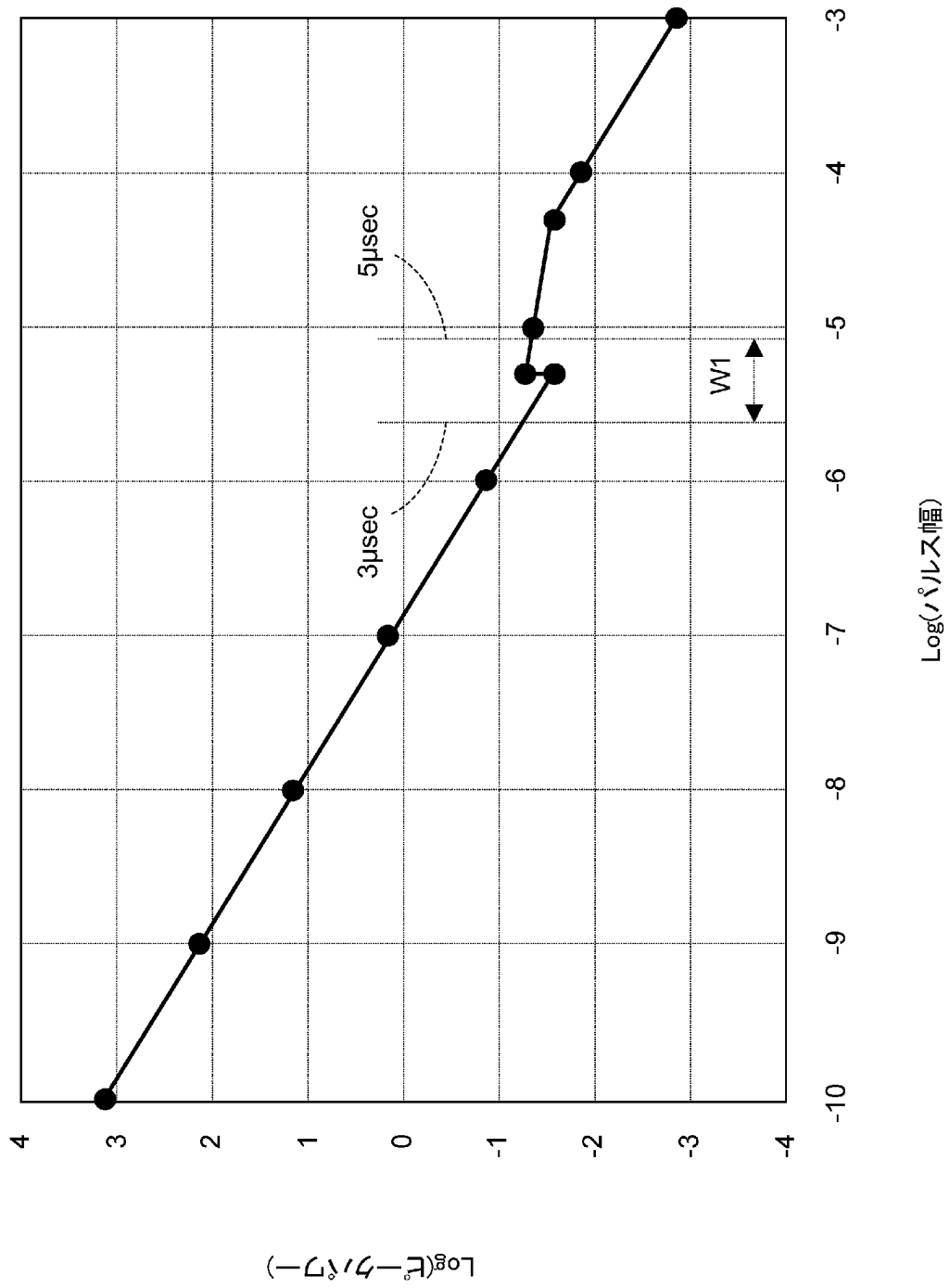
[図5]



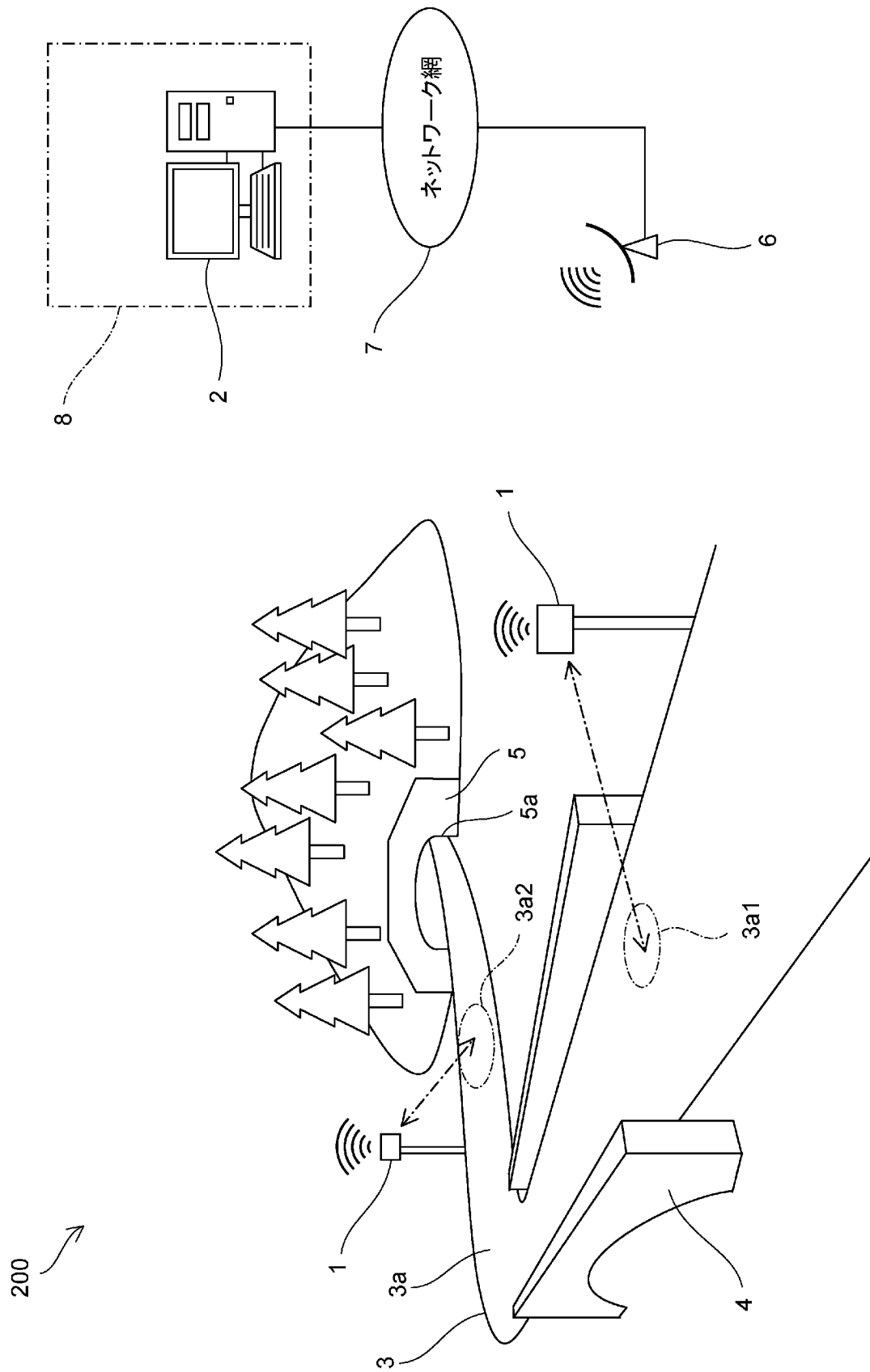
[図6]



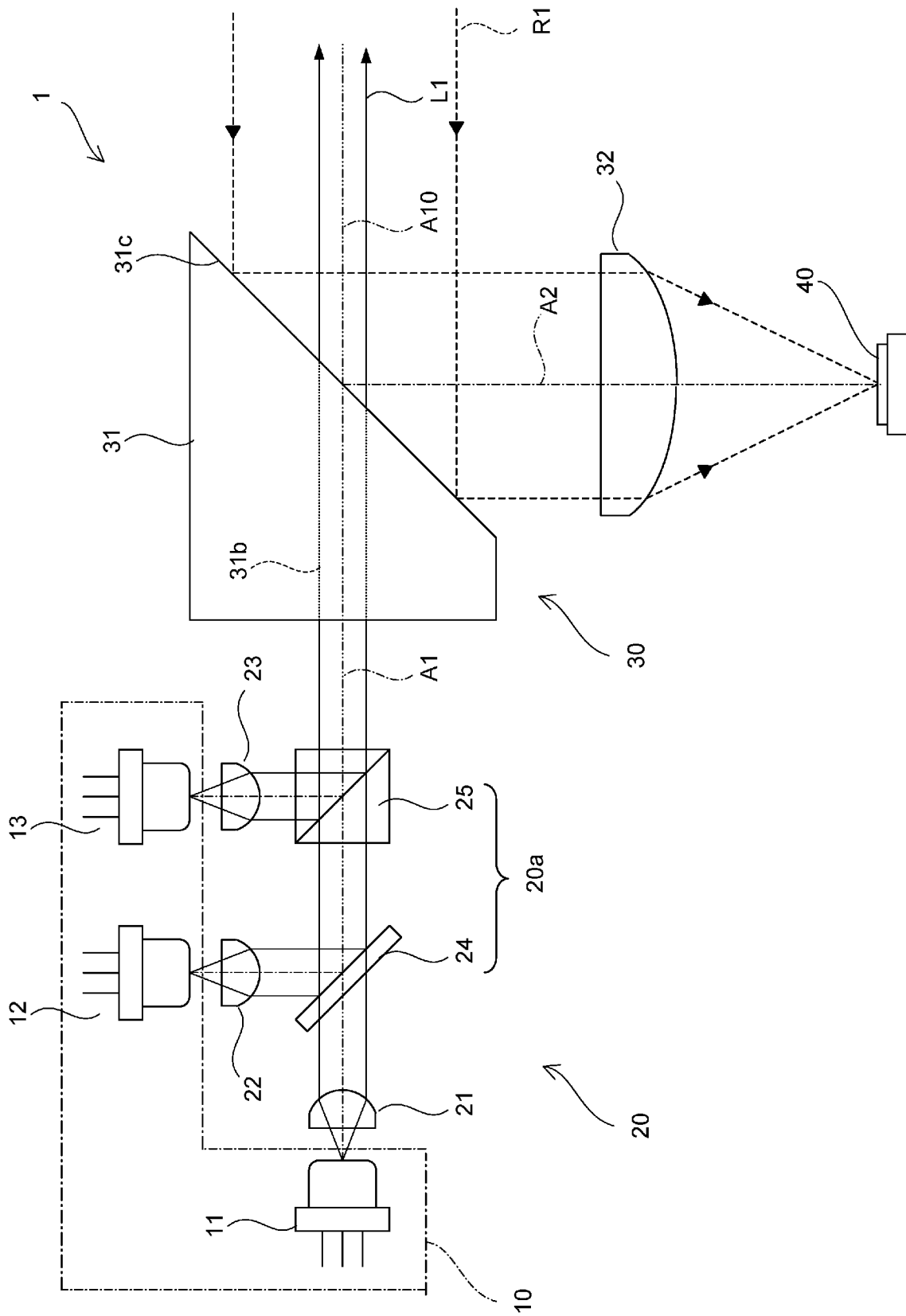
[図7]



[図8]

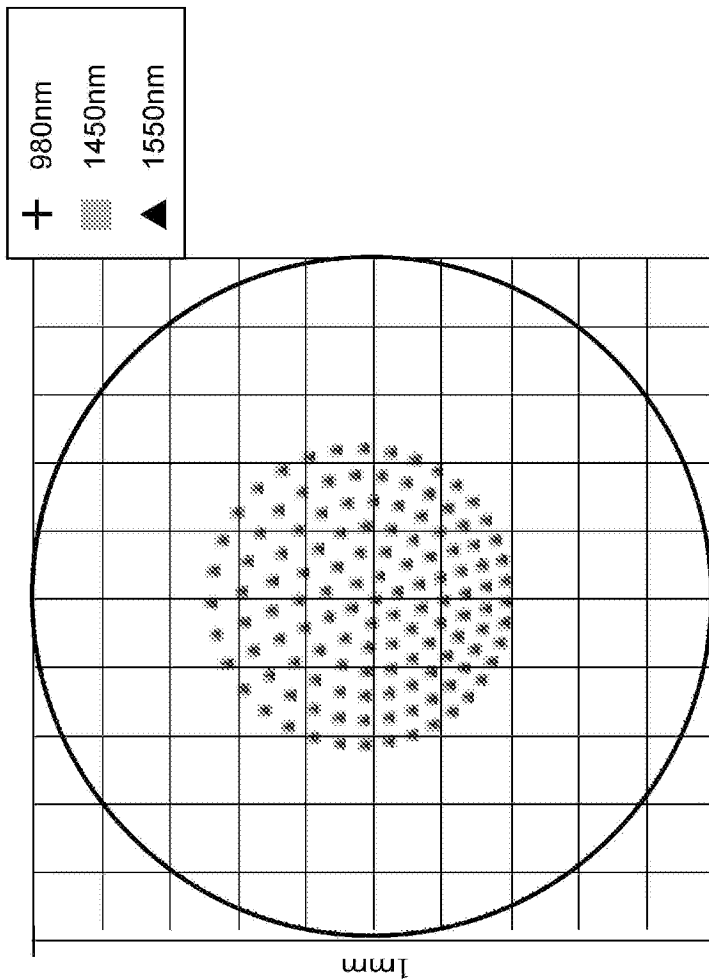


[図9]

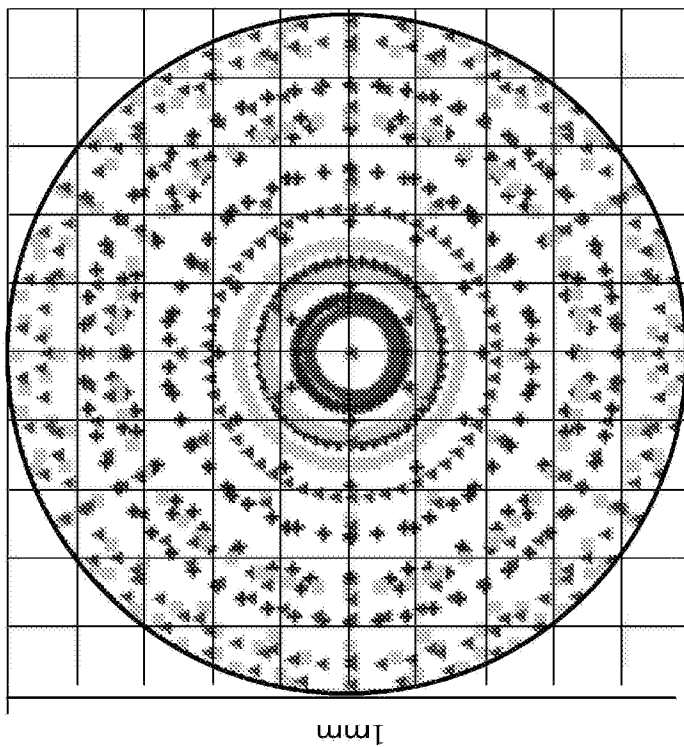


[図10]

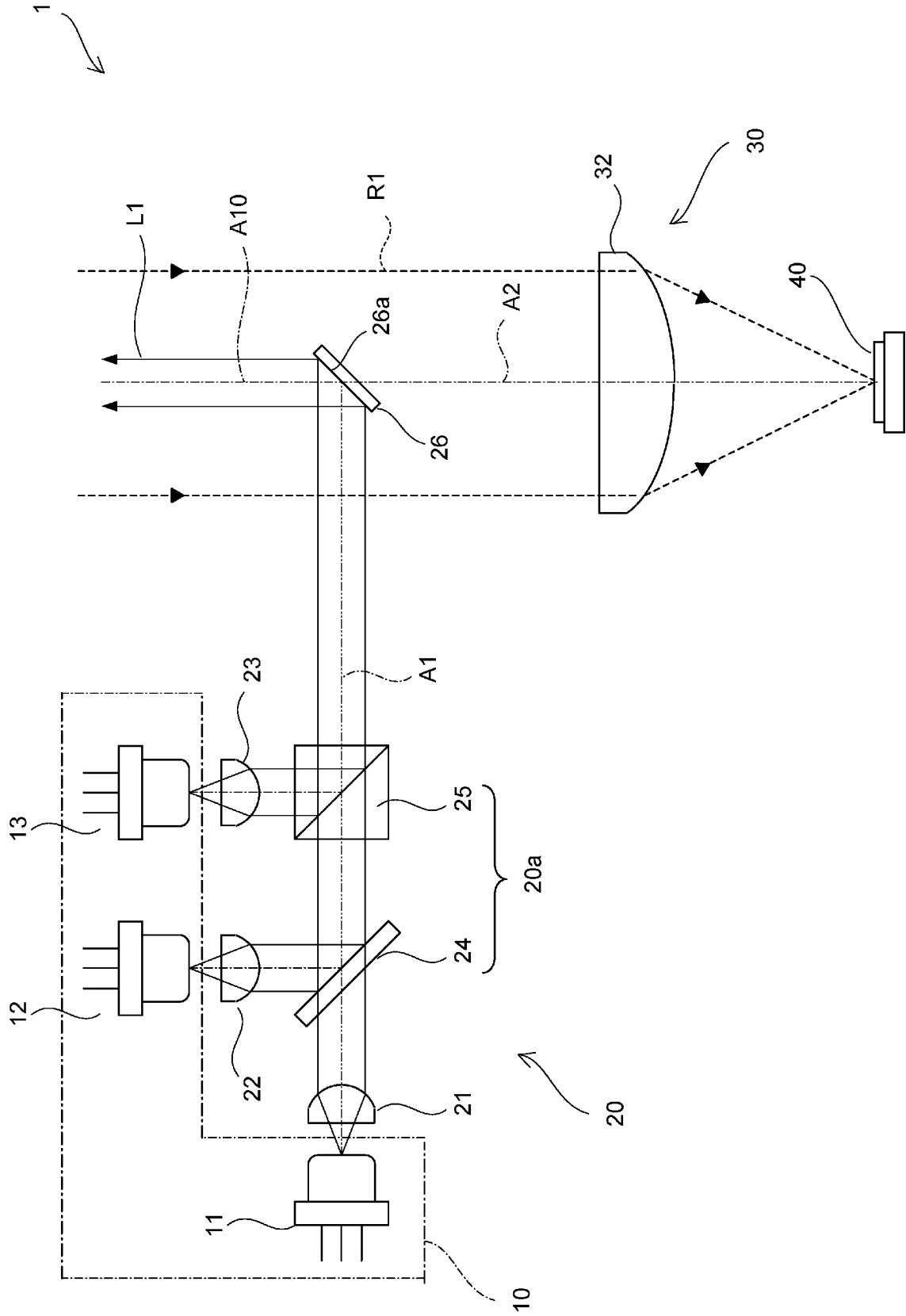
(b) 放物面ミラー



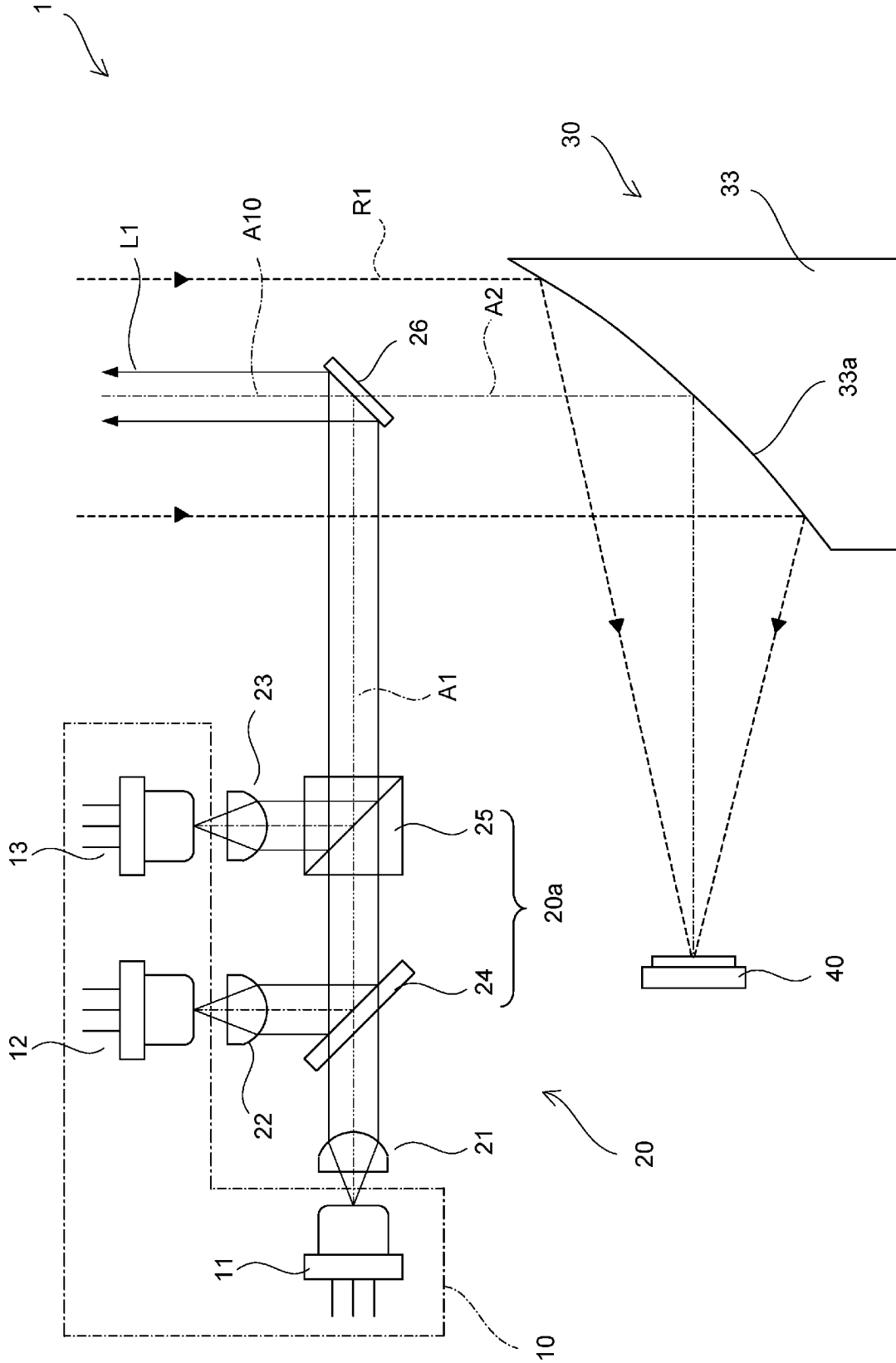
(a) 球面レンズ



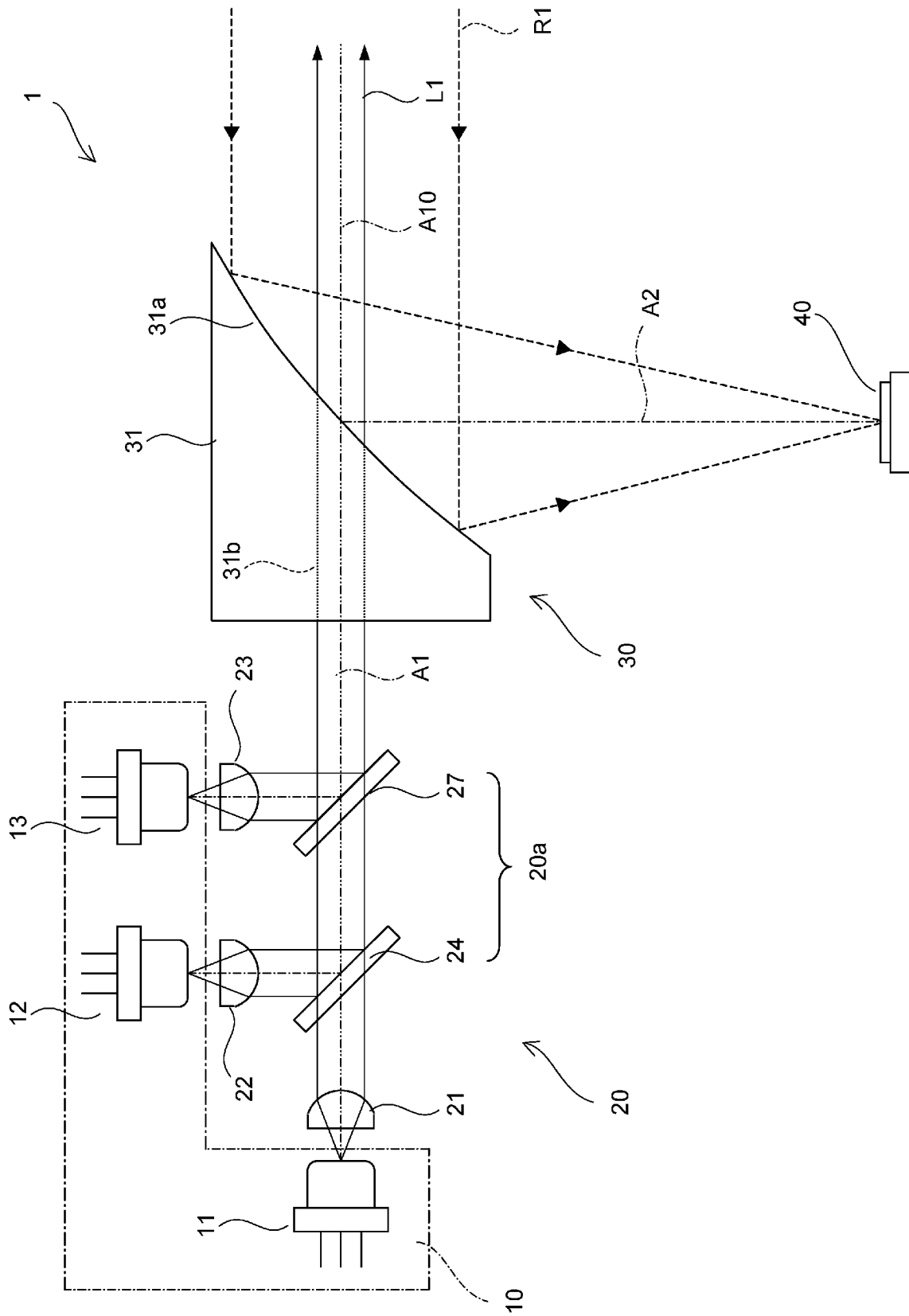
[図11]



[図12]



[13]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2020/022418

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int. Cl. G08G1/00 (2006.01) i, G01N21/17 (2006.01) i, G01N21/3554 (2014.01) i  
 FI: G01N21/17 F, G01N21/3554, G08G1/00 J

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)  
 Int. Cl. G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61, G08G1/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996  
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2020  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 104007069 A (HEFEI INSTITUTES OF PHYSICAL	1-4
Y	SCIENCE, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 27 August 2014, paragraphs [0002]-[0018], fig. 1-5	2-10
Y	JP 2019-60637 A (HAMAMATSU PHOTONICS KABUSHIKI KAISHA) 18 April 2019, paragraphs [0005], [0006], [0094]-[0104], fig. 17-20	5-10
X	JP 2006-46936 A (SHARP CORP.) 16 February 2006,	1
Y	paragraphs [0036]-[0062], fig. 1-6	2-10
Y	JP 2007-212428 A (FUJIFILM CORP.) 23 August 2007, paragraphs [0078]-[0084], [0110], fig. 16, 22	5-10

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  
13.08.2020

Date of mailing of the international search report  
25.08.2020

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/JP2020/022418

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-75433 A (DKK TOA CORP.) 14 April 2011, entire text, all drawings	1-10
A	JP 2013-529775 A (WABCO GMBH) 22 July 2013, entire text, all drawings	1-10
A	JP 2019-45445 A (TOPCON CORP.) 22 March 2019, entire text, all drawings	1-10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/022418

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104007069 A	27.08.2014	(Family: none)	
JP 2019-60637 A	18.04.2019	DE 102018216213 A1 paragraphs [0004], [0005], [0099]- [0110], fig. 17-20 CN 109557059 A	
JP 2006-46936 A	16.02.2006	(Family: none)	
JP 2007-212428 A	23.08.2007	US 2007/0159639 A1 paragraph [0123]- [0129], [0156], fig. 16, 22	
JP 2011-75433 A	14.04.2011	(Family: none)	
JP 2013-529775 A	22.07.2013	WO 2011/157319 A1 entire text, all drawings DE 102010023856 A1 CN 102939528 A	
JP 2019-45445 A	22.03.2019	US 2019/0069476 A1 entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) G08G 1/00(2006.01)i; G01N 21/17(2006.01)i; G01N 21/3554(2014.01)i FI: G01N21/17 F; G01N21/3554; G08G1/00 J		
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)) G01N21/00-21/01; G01N21/17-21/61; G08G1/00 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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)		
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
X	CN 104007069 A (HEFEI INSTITUTES OF PHYSICAL SCIENCE, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 27.08.2014 (2014-08-27) 段落 [0002] - [0018]、図1-5	1-4
Y		2-10
Y	JP 2019-60637 A (浜松ホトニクス株式会社) 18.04.2019 (2019-04-18) 段落 [0005] - [0006]、[0094] - [0104]、図17-20	5-10
X	JP 2006-46936 A (シャープ株式会社) 16.02.2006 (2006-02-16) 段落 [0036] - [0062]、図1-6	1
Y		2-10
Y	JP 2007-212428 A (富士フイルム株式会社) 23.08.2007 (2007-08-23) 段落 [0078] - [0084]、[0110]、図16、22	5-10
A	JP 2011-75433 A (東亜ディーケーケー株式会社) 14.04.2011 (2011-04-14) 全文、全図	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献	
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの		
“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		
“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)		
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
13.08.2020	25.08.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員 (特許庁審査官)  大河原 綾乃 2W 1128  電話番号 03-3581-1101 内線 3258	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
A	JP 2013-529775 A (ヴァプロ・ゲゼルシャフト・ミット・ベシュレンクテル・ハフツ ング) 22.07.2013 (2013 - 07 - 22) 全文、全図	1-10
A	JP 2019-45445 A (株式会社トプコン) 22.03.2019 (2019 - 03 - 22) 全文、全図	1-10

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
 PCT/JP2020/022418

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN 104007069 A	27.08.2014	(ファミリーなし)	
JP 2019-60637 A	18.04.2019	DE 102018216213 A1 段落 [0004] - [0005]、[0099] - [0110]、図17-20 CN 109557059 A	
JP 2006-46936 A	16.02.2006	(ファミリーなし)	
JP 2007-212428 A	23.08.2007	US 2007/0159639 A1 段落 [0123] - [0129]、[0156]、図16、22	
JP 2011-75433 A	14.04.2011	(ファミリーなし)	
JP 2013-529775 A	22.07.2013	WO 2011/157319 A1 全文、全図 DE 102010023856 A1 CN 102939528 A	
JP 2019-45445 A	22.03.2019	US 2019/0069476 A1 全文、全図	