

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6660584号
(P6660584)

(45) 発行日 令和2年3月11日(2020.3.11)

(24) 登録日 令和2年2月13日(2020.2.13)

(51) Int. Cl.		F 1			
GO 1 S	7/481	(2006.01)	GO 1 S	7/481	A
GO 2 B	3/02	(2006.01)	GO 2 B	3/02	
GO 2 B	5/00	(2006.01)	GO 2 B	5/00	C

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-230121 (P2015-230121)	(73) 特許権者	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22) 出願日	平成27年11月25日(2015.11.25)	(74) 代理人	100082636 弁理士 真田 修治
(65) 公開番号	特開2017-96816 (P2017-96816A)	(72) 発明者	横山 悠久 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
(43) 公開日	平成29年6月1日(2017.6.1)	審査官	田中 純
審査請求日	平成30年10月9日(2018.10.9)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物体検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光を射出する光源と、
光を受光検出する光検出器と、
前記光源から射出した光を1以上の光学素子を介して所定の照射範囲に投光する投光光学系と、

前記照射範囲の物体にて反射・散乱された光を前記光検出器に導く受光光学系と、
を備えてなる物体検出装置であって、

前記光学素子は、前記光源から射出した光を第一の方向に拡散させる機能を有し、

前記投光光学系の光軸と前記受光光学系の光軸とが、前記第一の方向と垂直である平面内にあり、

前記第一の方向において、前記投光光学系の光軸に対する前記照射範囲の周辺部への光の投射角度を θ としたとき、前記照射範囲の周辺部の照射光量を E_p 、そして中央部の照射光量を E_c として、

条件式：

$$E_p > E_c / \cos \theta \quad [A]$$

を満足することを特徴とする物体検出装置。

【請求項2】

前記光学素子は、少なくとも前記第一の方向に屈折力を持つ第一の面と、複数の平面を接合して形成される第二の面と、を有することを特徴とする請求項1に記載の物体検出装

置。

【請求項 3】

前記光学素子の前記第一の面は、前記第一の方向について非円弧形状であることを特徴とする請求項 2 に記載の物体検出装置。

【請求項 4】

前記非円弧形状において、光軸外の曲率の絶対値が光軸上の曲率の絶対値より大きいことを特徴とする請求項 3 に記載の物体検出装置。

【請求項 5】

前記光学素子において、光軸中心の光軸方向における肉厚を t 、前記第二の面の前記第一の方向における端部の光軸からの高さを h 、そして前記第二の面を構成する平面と前記第一の方向とのなす角を θ 、として、

条件式：

$$t > h \cdot \tan \theta \quad [B]$$

を満足することを特徴とする請求項 2 ~ 請求項 4 のいずれか 1 項に記載の物体検出装置。

【請求項 6】

前記第一の方向と垂直な方向を第二の方向としたとき、前記光源から射出する光の発散角は前記第二の方向よりも前記第一の方向が大きいことを特徴とする請求項 2 ~ 請求項 5 のいずれか 1 項に記載の物体検出装置。

【請求項 7】

前記光学素子の前記第一の面は、前記第二の方向にも屈折力をもつことを特徴とする請求項 2 ~ 請求項 6 のいずれか 1 項に記載の物体検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体の有無や物体までの距離等を検出するための物体検出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

物体検出装置として、光を検出対象である物体に照射し、検出対象により反射または散乱された光（以下、「反射光」または「散乱光」とも称する）を受光検出することにより、所定の範囲における物体の有無やその物体までの距離等を検出するものがある。このタイプの物体検出装置は、例えば車載用のレーザレーダ等として走行中の車両の前方の物体の有無やその物体までの距離を検出するために用いられる。

この種の物体検出装置は、例えば、特許文献 1（特開 2014 - 232265 号）に開示されるように、光源からの光ビームを検出対象に投光照射する投光光学系と、検出対象からの反射光を光検出器に導く受光光学系と、を有している。投光光学系においては、凹レンズ等を用いて光源からの発散光をさらに発散させることによって、より広い検出範囲を得ることができる。特許文献 1 に示された構成では、投光光学系に、複数の平面を接合した部分を稜線とする、いわゆる切妻屋根のような形状を有する光学素子を用いて、投射する角度範囲において投光光量分布を均一化するようにしている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上述したように、特許文献 1 に開示された物体検出装置においては、投光光学系の工夫により投射する角度範囲において投光光量分布を均一化するようにしている。

しかしながら、特許文献 1 に示された構成において、投光された光が検出対象から反射され、受光光学系を介して光検出器に到達する際に、受光光学系の作用により、照射範囲の中央部から周辺部にかけて光検出器に到達する光の光量が減衰すると、検知角度によって受光光量の偏差が生じることが懸念される場合がある。このような受光光量の偏差は、検知可能距離偏差や一部領域の光量不足などのように、物体検出装置の性能劣化として現

10

20

30

40

50

れる可能性がある。すなわち、特許文献1に示された構成には、そのような受光光量の偏差が生じないようにするという点において改善の余地がある。

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、投光光量分布の周辺部の光量を増加させるべく投光光学系の光学素子の形状を工夫して、受光光学系の作用によって生じる周辺部の光量低下を相殺させ、検知角度による光量偏差を抑制することを可能とする物体検出装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明に係る物体検出装置は、上述した目的を達成するために、
光を射出する光源と、
光を受光検出する光検出器と、
前記光源から射出した光を1以上の光学素子を介して所定の照射範囲に投光する投光光学系と、

前記照射範囲の物体にて反射・散乱された光を前記光検出器に導く受光光学系と、
を有してなる物体検出装置であって、

前記光学素子は、
前記光源から射出した光を少なくとも前記投光光学系の光軸と直交する第一の方向に拡散させる機能を有し、

前記投光光学系の光軸と前記受光光学系の光軸とが、前記第一の方向と垂直である平面内にあり、

前記第一の方向において、前記投光光学系の光軸に対する前記照射範囲の周辺部への光の投射角度を θ としたとき、前記照射範囲の周辺部の照射光量を E_p 、そして中央部の照射光量を E_c として、

条件式：

$$E_p > E_c / \cos \theta \quad [A]$$

を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0005】

本発明によれば、投光光量分布の周辺部の光量を増加させるべく投光光学系の光学素子の形状を設定して、受光光学系の作用によって生じる周辺部の光量低下を相殺させ、検知角度による光量偏差を抑制することを可能とする物体検出装置を提供することができる。

【0006】

すなわち本発明に係る物体検出装置によれば、
光を射出する光源と、
光を受光検出する光検出器と、
前記光源から射出した光を1以上の光学素子を介して所定の照射範囲に投光する投光光学系と、

前記照射範囲の物体にて反射・散乱された光を前記光検出器に導く受光光学系と、
を有してなる物体検出装置であって、

前記光学素子は、
前記光源から射出した光を少なくとも第一の方向に拡散させる機能を有し、
前記投光光学系の光軸と前記受光光学系の光軸とが、前記第一の方向と垂直である平面内にあり、

前記第一の方向において、前記投光光学系の光軸に対する前記照射範囲の周辺部への光の投射角度を θ としたとき、前記照射範囲の周辺部の照射光量を E_p 、そして中央部の照射光量を E_c として、

条件式：

$$E_p > E_c / \cos \theta \quad [A]$$

を満足する構成とすることにより、

投光光学系における投光光量分布の周辺部の光量を増加させて、受光光学系の作用によ

10

20

30

40

50

って生じる周辺部の光量低下を相殺させ、検知角度による光量偏差を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る物体検出装置の要部の構成を模式的に示すXZ平面図である。

【図2】図1の物体検出装置の要部の構成を模式的に示すXY平面図である。

【図3】図1の物体検出装置の要部の構成を模式的に示す斜め上方から見た斜視図である。

【図4】図1の物体検出装置における投光光学系の投光の拡散を説明するための投光光学素子（投光レンズ）の形状を模式的に示すXY平面図である。

【図5】図1の物体検出装置の受光光学系の受光検出範囲を説明するための受光光学素子（受光レンズ）および光検出器（フォトダイオード）を模式的に示す図であり、（a）はXY平面図、そして（b）はXZ平面図である。

【図6】図1の物体検出装置の受光光学系におけるアレイ状に配置された光検出器（フォトダイオード）の受光面毎に検出範囲を区分する構成を説明するための図である。

【図7】図1の物体検出装置の受光光学系の受光光学素子（受光レンズ）の開口に対して斜めに入射する光束の見かけの開口の大きさに基づく受光光量低下を説明するための図である。

【図8】図1の物体検出装置の受光光学系の受光光学素子（受光レンズ）に対して斜めに入射する光束のビネッティング（ケラレ）による受光光量低下を説明するための図である。

【図9】図1の物体検出装置の投光光学系の要部の具体的な構成を有効照射範囲内をほぼ均一な強度分布で投光する比較例と本発明の第1の実施の形態に従った第1の実施例とを比較して説明するため投光光学系の要部の構成を模式的に示す図であり、（a）はXY平面図、そして（b）はXZ平面図である。

【図10】比較例における物体検出装置の受光光学系の複数チャンネルのアレイ状の光検出器（フォトダイオード）の各チャンネルに対応する投光光量と受光光量との関係を示すグラフである。

【図11】図1の物体検出装置の投光光学系において投光光量分布の周辺部の光量を増大させる構成を説明するための図である。

【図12】図1の物体検出装置における投光光学系および受光光学系のそれぞれの光軸の位置関係を説明するための斜視図である。

【図13】図1の物体検出装置における受光光学系の複数チャンネルのアレイ状の光検出器（フォトダイオード）の各チャンネルに対応する投光光量と受光光量との関係を示すグラフである。

【図14】図1の物体検出装置の受光光学系の光検出器（フォトダイオード）における周辺部の光量低下を完全に相殺させるための逆算に基づく理想的な投光光量分布を示している。

【図15】図1の物体検出装置の投光光学系における光源からガウス分布で射出した光線が投光光学素子（投光レンズ）を介して検出対象へ向かうときの、投光光学系の各位置での強度分布を示した説明図である。

【図16】物体検出装置における投光光学系の投光光学素子（投光レンズ）を、入射面に非円弧形状を用いて、入射面の水平方向について、軸上の曲率の絶対値より軸外の曲率の絶対値が大きくなるようにした場合（本発明の第2の実施の形態に係る物体検出装置）の強度分布を示すグラフである。

【図17】本発明の第2の実施の形態に係る物体検出装置における投光光学素子（投光レンズ）の入射面に非円弧形状を用いて、軸上の曲率の絶対値より軸外の曲率の絶対値が大きくなるようにした形状を説明するための図であり、（a）は入射面の形状を、そして（b）は水平方向の曲率の変化を、それぞれ示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 1 8】本発明の第 2 の実施の形態に係る物体検出装置における受光光学系の複数チャンネルのアレイ状の光検出器（フォトダイオード）の各チャンネルに対応する投光光量と受光光量との関係を示すグラフである。

【図 1 9】本発明の第 1 の実施の形態に係る図 1 の物体検出装置と図 9 の比較例との比較のため、それぞれの水平方向レンズ高さに対するレンズの肉厚を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明に係る実施の形態に基づき、図面を参照して本発明の物体検出装置を詳細に説明する。

図 1 ~ 図 3 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る物体検出装置の要部の構成を示している。図 1 は、物体検出装置の要部の構成を模式的に示す側方から見た X Z 平面図、図 2 は、図 1 の物体検出装置の要部の構成を模式的に示す下方から見た X Y 平面図、そして図 3 は、図 1 の物体検出装置の要部の構成を模式的に示す斜め上方から見た斜視図である。図 1 ~ 図 3 には、互いに直交する座標軸である X 軸、Y 軸および Z 軸を示しており、

X 軸は、光源から光ビームが射出される光軸方向（+ X 方向が投光された光ビームが進む方向）、

Y 軸は、射出面および入射面を正面とした場合における横方向に相当する水平方向、そして、

Z 軸は、射出面および入射面を正面とした場合における高さ方向に相当する垂直方向、として定義される。なお、図 1 ~ 図 3 以外の図 4、図 5、図 6、図 9 および図 1 1 等の図においてもこれら各座標軸の定義は、共通に適用される。

【0009】

すなわち、図 1 は、第 1 の実施の形態に係る物体検出装置の要部の構成を示す X Z 平面図、そして図 2 は、X Y 平面図である。

図 1 ~ 図 3 に示す物体検出装置は、投光光学系 1 1 および受光光学系 1 2 を備えている。投光光学系 1 1 は、光源としてのレーザダイオード（以下、「LD」とも称する）1 と、投光光学素子（以下、「投光レンズ」とも称する）2 とを具備している。受光光学系 1 2 は、受光光学素子（以下、「受光レンズ」とも称する）3 と、光検出器としてのフォトダイオード（以下、「PD」とも称する）4 とを具備している。

この場合、投光光学系 1 1 と受光光学系 1 2 は上下に並んで配置されており、投光光学系 1 1 の真上に受光光学系 1 2 が位置している。そのため、図 2 においては、投光光学系 1 1 と受光光学系 1 2 が重なり合うため、下方にある投光光学系 1 1 のみを図示しており、その陰になる受光光学系 1 2 を示していない。

まず、投光光学系 1 1 の構成について説明する。投光光学系 1 1 は、光源としてのレーザダイオード（LD）1 と投光光学素子（投光レンズ）2 とを有して構成する。

【0010】

LD 1 は、本発明に係る物体検出装置における光源の一例である。一般に、LD は、ガウス分布を形成する強度分布で光が射出される。また LD は、例えば波長 870 nm の赤外領域など、物体検出に適した発光波長を有する。LD 1 の発光部については、複数の発光部を有するものであっても、単一の発光部を有するものであってもよい。

投光レンズ 2 は、LD 1 から射出された光ビームの状態を変更して検出対象である物体が存在し得る範囲に照射する。すなわち投光レンズ 2 は、物体検出を行うにあたり、有効照射範囲において LD 1 からの光ビームをより水平方向に広く且つ所望の強度分布に拡散させて照射させる役割を有する。ここで、有効照射範囲とは、投光光学系 1 1 による光ビームが所定距離に位置し且つ所定の発光強度で照射される領域を意図している。

投光レンズ 2 は、図 2 の投光レンズ 2 およびそれに関連する部分をより詳細に示す図 4 のように、入射面 S 1 と射出面 S 2 とを備える。

入射面 S 1 は、少なくとも一方向に屈折力を有する。その屈折力は、入射面 S 1 に入射する光ビームの発散角や、投光レンズ 2 の位置、射出面 S 2 から射出する光ビームの照射範囲などに基づいて決定される。

10

20

30

40

50

【0011】

なお、ここでいう屈折力とは光学的なパワーを意味しており、屈折力付与の前後で光ビームの発散度合いを別の発散度合い（収束を含む）に変更する作用のことを指す。射出面S2は、複数の平面（例えば図示のように2つの平面・第二の面と称することがある。）を接合して形成される形状を有する。つまり射出面S2は、複数の平面を接合した部分を稜線として、いわゆる切妻屋根のような形状を有している。

光学素子は、少なくとも第一の方向に屈折力を持つ第一の面と、複数の平面を接合して形成される第二の面とを有する（請求項2に対応している）。

射出面S2を上述のような形状とすることによって、投光光学系11の光軸に近い、つまりLD1からの発散角が小さい光線ほど、射出面S2の屈折によって一方向（この実施の形態では水平方向）に角度が付くことになり、強度の大きい光をより拡散させることができる。図4には、その様子を示している。図4に示す射出面S2は、射出面S2を形成する2平面の接合部に入射するLD1からの光ビームが、所定距離離れた位置にある有効照射範囲の周辺部まで照射されるように接合角（射出面S2を構成する各平面と水平方向のY軸とがなす角）が設定される。

10

【0012】

この接合角は、発光中心から所定距離離れた位置にある有効照射範囲の周辺部に向かう照射角を、投光レンズ2の屈折率を n_1 、投光レンズ2外の媒質の屈折率を n_2 としたとき、スネルの法則に基づいて、次式を計算することによって設定することができる。

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2 \quad (1)$$

20

投光レンズ外の媒質が空気である場合は $n_2 = 1$ であり、式(1)の計算を進めると、次式により接合角が得られる。

$$\theta_1 = \tan^{-1} (\sin \theta_2 / n_1 - \cos \theta_2) \quad (2)$$

なお、上述した構成においては、入射面S1が屈折力を有する形状、射出面S2が複数の平面を接合して形成される形状としているが、入射面S1の形状と射出面S2の形状とを入れ換えて上述とは逆の形状としてもよい。また、投光光学系11内の投光レンズ2を一枚のレンズからなる構成としているが、複数枚のレンズを用いて投光レンズ2を構成するようにしてもよい。

この第1の実施の形態においては、上述した投光光学系11を介して、有効照射範囲が水平方向について 45.5 deg （最大照射角 θ_{max} が $\pm 22.75 \text{ deg}$ ）、そして垂直方向について 3.0 deg の範囲内にある7m先の検出対象に向けて投光している。検出対象に向けて投光・照射された光は、検出対象において反射散乱され、この散乱光の一部が物体検出装置の受光光学系12に導かれる。

30

【0013】

次に、受光光学系12の構成について説明する。

受光光学系12は、光検出器としてのフォトダイオード(PD)4と、散乱光をPD4の受光面上に結像させるための受光光学素子（受光レンズ）3とを有して構成する。

図5(a)および図5(b)は、受光光学系12の検出範囲を模式的に示すものであり、受光光学系の平面図を図5(a)に、そして受光光学系12のXZ平面図を図5(b)にそれぞれ示している。

40

PD4において、水平方向のセンサ幅が垂直方向（鉛直方向）のセンサ幅より広い場合には、図5(a)および図5(b)に示すように水平方向についての検出範囲のほうが広がる。また、投光光学系11の有効照射範囲内からの反射散乱光を受光するため、受光光学系12の検出範囲は、投光光学系11の有効照射範囲とほぼ一致させており（ちなみに、一般的に、仕様で定められた検出範囲を網羅するように有効照射範囲が設定される）、同時に、受光レンズ3の焦点距離は、図5に示されているようにPD4のセンサ幅と所要の検出範囲に基づいて決定される。

【0014】

さらに、この第1の実施の形態において、複数の受光面がアレイ状に配置されているPD4を用いた場合、図6に模式的に示すようにPD4の配列された複数の受光面毎に検出

50

範囲を区分することによって、有効照射範囲内の検出対象からの光の反射・散乱位置を特定することが可能である。例えば、この第1の実施の形態では、7つの受光面、すなわち7つのチャンネル $c h 1 \sim c h 7$ を水平方向に配列したPD4を用いている。このため、チャンネル一つ当たりで請負う検出範囲は、全検出範囲の 45.5 deg を7等分した 6.5 deg である。

なお、この実施の形態ではPD4の結像性能をより高めるため受光レンズに非球面を用いているが、球面であってもよい。また受光光学系内の受光レンズ3を単一のレンズで構成しているが、複数枚のレンズを用いて構成するようにしてもよい。

ところで、検出範囲周辺部からの反射・散乱光がPD4に到達する際に、反射・散乱光が受光光学系12の開口に対して斜めに入射されると、それが原因となって、受光光量が低下してしまう。以下においては、このことを受光光学系12の光量低下作用と称する。

【0015】

図7に受光光学系12の開口に対し反射・散乱光が斜めに入射されるときの様子を示している。理解を容易にするために平面図で考える。受光光学系12の開口については、光学系の中に開口絞りを設けてもよいし、図7に示すこの実施形態の例のように受光レンズ3の入射面を開口と考えてもよい。いずれにせよ、開口は有限であることを考慮する必要がある。図7からも容易に読み取れるように、開口を通過することができる光束は、入射角度に依存して減少する。すなわち、入射角度を θ としたとき、開口に対して垂直に入射する光束 c の光量 F_c と開口に対して斜めに入射する光束 p の光量 F_p の関係は、次式であらわされる。

$$F_p = F_c \cdot \cos \theta \quad (3)$$

つまり検出対象側からみた開口の大きさは、検出範囲の中央から遠くなり周辺になるにつれて余弦に従って小さくなる。

それに加えて、斜め方向から受光光学系12に入射された光は、受光レンズ3のビネッティング、つまり口径蝕（いわゆる「ケラレ」）によってさらなる光量低下が生じる。

【0016】

すなわち、図8に示すように、受光レンズ3の入射面に入射された光束 p のうち、射出面を通過することができる光束は p のみであり、それ以外は受光レンズ3の外周面（いわゆる「コバ」）によって遮られてしまう。この現象は、受光レンズ3の肉厚を薄くしたり口径を大きくすることによって、ある程度は抑えることができるが、受光レンズ3の収差が大きくなることにつながり、PD4への結像性能の悪化を引き起こすことになる。

したがって、有効照射範囲内をほぼ均一な強度分布で投光したとしても、周辺部の検出対象から反射・散乱された光の受光光量は、中央部の検出対象から反射・散乱された光の受光光量の $\cos \theta$ 倍よりさらに小さくなる。この光量偏差は、検知可能距離偏差や端縁部領域の光量不足などのような、物体検出装置の性能劣化としてあらわれる。

次に、投光光学系11が、有効照射範囲内をほぼ均一な強度分布で投光する場合の例を比較例として説明する。ほぼ均一な強度分布で投光するとは、有効照射範囲内で発光強度のピークを有することなく、発光強度のばらつきが抑えられている状態を意味している。

【0017】

図9には、比較例の物体検出装置の投光光学系11の要部の構成を模式的に示しており、図9(a)がXY平面図、そして図9(b)がXZ平面図である。

比較例、すなわち有効照射範囲内をほぼ均一な強度分布で投光する場合の投光レンズ2の具体的な寸法は、例えば、中心肉厚 t が 7.0 mm 、水平方向の外形寸法 w_y が 12.0 mm 、垂直方向の外形寸法 w_z が 5.0 mm 、入射面 S_1 の水平方向の曲率半径 R_y が -18.0 mm 、入射面 S_1 の垂直方向の曲率半径 R_z が 3.7 mm 、射出面 S_2 の接合角 θ が 34 deg であり、この投光レンズを、LDの発光点から入射面 S_1 までの距離 d が 6.7 mm の位置に配置する。また投光レンズの材質には、屈折率 n が 1.523 の樹脂を用いる。

図10は、このような比較例による物体検出装置において、7チャンネルのアレイ状のPDを用いて受光光学系を構成した場合の7つのチャンネルの各々に対応する範囲にお

10

20

30

40

50

る投光光量と受光光量を示したものである。

【0018】

例えば、第1チャンネルch1の投光光量は、照射角が $19.5 \pm 3.25 \text{ deg}$ の範囲に投光された光量であり、第1チャンネルch1の受光光量は、同様の範囲からの反射・散乱光が第1チャンネルch1の受光面に到達した光量である。投光光量と受光光量はどちらも、中央のチャンネル、つまりこの例では第4チャンネルch4の光量を1として正規化している。既に述べたように、投光光量は、ほぼ均一としているが、受光光量においては受光光学系の光学的な光量低下作用によって、両端のチャンネル、つまりこの例では第1チャンネルch1と第7チャンネルch7が、中央の第4チャンネルch4に比して20%ほど低下している。

10

そこで本発明に係る物体検出装置においては、投光分布を敢えて不均一とさせることによって、上述した受光光量のチャンネル間の光量偏差を抑制するようにしている。すなわち、投光分布の周辺部の光量が中央部の光量よりも大きくなるように投光光学系を設定することにより、受光光学系の作用による周辺光量の低下を相殺させる。

【0019】

本発明の第1の実施の形態に係る物体検出装置の具体的な第1の実施例は、次のように構成する。

第1の実施例の物体検出装置における投光光学系11の投光レンズ2は、図9を参照すると、中心肉厚 t が 7.0 mm 、水平方向の外形寸法 wy が 12.0 mm 、垂直方向の外形寸法 wz が 5.0 mm 、入射面S1の水平方向の曲率半径 Ry が -53.0 mm 、入射面S1の垂直方向の曲率半径 Rz が 3.7 mm 、そして射出面S2の接合角が 34 deg であり、このような投光レンズ2を、LD1の発光点から入射面S1までの距離 d が 6.7 mm の位置に配置している。また投光レンズ2の材質には、屈折率 n が 1.523 の樹脂を用いている。

20

図11は、投光分布の周辺部の光量を中央部よりも増大させるための構成を説明するためのものである。ここで、入射面S1は、曲率半径が小さい場合の入射面S1を入射面S1a、そして曲率半径が大きい場合の入射面S1を入射面S1bとする。光線caは、入射面S1が小さい曲率半径の入射面S1aのときに中央部に向かう光線であり、光線cbは、入射面S1が大きい曲率半径の入射面S1bのときに中央部、すなわち照射角が 0 deg の方向に向かう光線である。

30

【0020】

光線caと光線cbは、平面の射出面S2で与えられる屈折は同じであるため、投光レンズ2内を通るときは同じ発散角となるはずであるが、光線cbは、入射面S1bの曲率半径が大きいことにより光線に与えられる発散が小さいため、図示のようにレンズのより外側を追跡することになる。したがって、光線cbは、光線caより発光点からの発散角が大きく、強度は光線caより小さくなる。すなわち、入射面S1の水平方向の曲率半径を大きくすると、有効照射範囲の中央部に向かう光線の強度は小さくなる。これは相対的に周辺部に向かう光線の強度が大きくなることに相当する。

本発明に係る物体検出装置における投光光学系11の投光レンズ2において、周辺部の光量をどの程度大きく設定するかは、受光光学系12における周辺光量低下の作用の大きさによって決定する。ここで、受光レンズ3への入射角度の光束は、概ね投光光学系11による照射角の照射光束が検出対象で反射・散乱したものであることを踏まえると、先に述べたように、周辺部の受光光量は、中央部の受光光量の \cos 倍よりさらに小さくなる。そのため、周辺部の投光光量を中央部の投光光量の $1/\cos$ 倍よりさらに大きくすることで、受光光学系12の周辺光量低下作用による周辺部の光量低下を相殺することができる。

40

【0021】

すなわち、周辺部の投光光量を E_p 、中央部の投光光量を E_c とすると、次式の条件を満たすことが必要となる。

条件式：

50

$$E_p > E_c / \cos \theta \quad (4) [A]$$

なお、図12に示すように、この第1の実施の形態では投光光学系の光軸と受光光学系の光軸が同一平面内(図12においてはXZ平面内)にあるため、投光光学系11による照射角と受光レンズ3への入射角度がほぼ一致し、式(4)(条件式[A])を満たすことによって、効率良く本発明の効果を得ることができる(請求項1に対応する)。

図13は、先に述べたこの実施の形態の第1の実施例において、7チャンネルのアレイ状のPD4を用いて受光光学系12を構成した場合のPD4の7つのチャンネルch1~ch7にそれぞれ対応する各範囲における投光光量と受光光量を示したものである。両端の第1チャンネルch1と第7チャンネルch7の投光光量 E_p は、中央の第4チャンネルch4の投光光量 E_c に対し20%ほど増大させている。既に述べたように両端の各チャンネルch1およびch7の照射角の中心は 19.5 deg であり、式(4)(条件式[A])を満たしている。その結果、全チャンネルch1~ch7間の受光光量偏差は、10%程度となり、図10の場合と比べて偏差が抑えられていることがわかる。

【0022】

このようにして、本発明に係る物体検出装置においては、投光分布を敢えて不均一とさせることによって、上述した受光光量のチャンネル間の光量偏差を抑制するようにしている。すなわち、投光分布の周辺部の光量が中央部の光量よりも大きくなるように投光光学系11を設定することにより、受光光学系12の作用による周辺光量の低下を相殺させる。

上述したように本発明では、投光レンズ2の形状の設定により受光光量偏差を低減することができ、簡易な構成で効果が得られる。以下においては、さらに偏差を抑制することを可能とする構成について説明する。

図14は、この実施の形態の物体検出装置の構成における受光光学系による周辺部の光量低下を完全に相殺するための投光分布を逆算に基づいて求めた理想的な投光分布を示すものである。一方、図15は、この実施の形態の物体検出装置の構成における光源(LD)1からガウス分布で射出された光線が投光レンズ2を介して検出対象へ向かう過程における逐次的な各位置での強度分布を模式的に示している。

【0023】

図15に示すように、LD1から射出されたガウス分布の光線は、投光レンズ2の入射面S1にて所望の分散を与えた後、投光レンズ2の射出面S2において、ガウス分布の中心で分割し反転するように屈折している。この分割された分布を重ね合わせることで、所要の投光分布を得ることができる。以上のようにすれば、投光分布の端部の光量は、ガウス分布頂点付近の光量に対応するはずである。ところが、ガウス分布頂点付近の光量変化は、ガウス関数に従って緩やか(傾きが小さい)であるため、例えば図14の理想的な投光分布に示したような鋭い(傾きが大きい)光量変化を端部に形成することは難しい。これが原因となって、この実施の形態の受光光量偏差は、図13のようにチャンネル間のうねりが残差として残ってしまう。

これに対して、投光レンズ2の入射面S1に非円弧形状を用いることによって、受光光量偏差をさらに抑えることが可能となる。すなわち、投光レンズ2の射出面S2で分割され反転される前の段階で、非円弧形状を用いて形成した入射面S1によってガウス分布の頂点付近が鋭くなるようにガウス分布を崩せばよい(請求項3に対応する)。

【0024】

ここで、「頂点付近が鋭い」とは、すなわち「分散が小さい」ということであり、ガウス分布の頂点付近が通過する入射面S1の光軸上付近については分散を抑えるため負の屈折力(凹レンズのパワー)を抑える方向に設定する。ただし、ガウス分布の全領域において分散を抑えると、屈折力を抑えるために曲率半径が大きくなり、先に図11に関連して説明したように、投光範囲の中央部に向かう光の光量が過剰に小さくなってしまふ。これを避けるため、ガウス分布頂点付近以外の領域については逆に凹の屈折力を多く与える方向に設定する。以上の考察を踏まえると、入射面S1の水平方向について、光軸上の曲率の絶対値より光軸外の曲率の絶対値が大きくなるように形状を設定すればよい(請求項4

10

20

30

40

50

に対応する)。入射面 S 1 をこのような形状とすることによって、入射面 S 1 の通過後に、図 1 6 に示すような、頂点付近の領域は分散が小さく頂点付近以外の領域は分散が大きい強度分布を得ることができる。本発明の第 2 の実施の形態に係る物体検出装置の第 2 の実施例は、このような考察に基づいている。

本発明の第 2 の実施の形態に係る物体検出装置の具体的な第 2 の実施例は、投光光学系 1 1 の投光レンズ 2 の入射面 S 1 に非円弧形状を用いて次のように構成する。

【 0 0 2 5 】

第 2 の実施例の物体検出装置における投光光学系 1 1 の投光レンズ 2 は、図 9 に示す符号を参照すると、中心肉厚 t が 7 . 0 mm、水平方向の外形寸法 w_y が 1 2 . 0 mm、垂直方向の外形寸法 w_z が 5 . 0 mm、入射面 S 1 の水平方向の曲率半径 R_y が - 6 8 . 0 mm、入射面 S 1 の垂直方向の曲率半径 R_z が 3 . 7 mm、射出面 S 2 の接合角 が 3 4 deg であり、このような投光レンズ 2 を、LD 1 の発光点から入射面 S 1 までの距離 d が 6 . 7 mm の位置に配置している。また投光レンズ 2 の材質には屈折率 n が 1 . 5 2 3 の樹脂を用いている。入射面 S 1 の水平方向における非円弧形状の母線は光軸方向のデプス（深さ）を X 、光軸からの Y 軸方向（水平方向）変位を Y 、曲率半径を R_m 、そしてコーニック定数（円錐定数）を K として、非球面を示す多項式である次式（式 5）であらわし、非球面係数は、 $A_4 = - 1 . 7 E^{-2}$ 、 $A_6 = 2 . 3 E^{-3}$ 、 $A_8 = - 1 . 5 E^{-4}$ であるとする。

【 0 0 2 6 】

【数 1】

$$X = \frac{Y^2 / R_m}{1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot (Y / R_m)^2}} + A_4 Y^4 + A_6 Y^6 \quad (5)$$

【 0 0 2 7 】

この式（5）においては、高次の項に偶数次のみを用いており、投光レンズ 2 の水平方向の断面形状は、光軸に対し対称な系である。

図 1 7（a）に入射面 S 1 に非円弧形状を用いて形成した本発明の第 2 の実施の形態に係る第 2 の実施例の物体検出装置における投光レンズ 2 の入射面 S 1 の形状を示している。そして図 1 7（b）に入射面 S 1 の形状における水平方向の曲率の変化を、それぞれ示している。

図 1 7（b）に示す水平方向の曲率の変化から、この第 2 の実施例では、軸上の曲率の絶対値より軸外の曲率の絶対値が大きくなるような形状に設定していることがわかる。

図 1 8 には、本発明の第 2 の実施の形態に係る第 2 の実施例の物体検出装置において、7 チャンネルのアレイ状の PD 4 を用いて受光光学系 1 2 を構成した場合の PD 4 の 7 つのチャンネル $ch_1 \sim ch_7$ にそれぞれ対応する各範囲における投光光量と受光光量を示している。両端の第 1 チャンネル ch_1 と第 7 チャンネル ch_7 の投光光量 E_p は、中央の第 4 チャンネル ch_4 の投光光量 E_c に対して第 1 の実施例と同等の + 2 0 % ほどの光量比を示している。しかしながら、中間の第 2 チャンネル ch_2 、第 3 チャンネル ch_3 、第 5 チャンネル ch_5 および第 6 チャンネル ch_6 は、第 1 の実施例を示した図 1 3 に比して、第 4 チャンネル ch_4 の投光光量 E_c に対して過剰に増大されていない分布となっている。その結果、全チャンネル間の受光光量偏差はわずか 1 % 程度となり、第 1 の実施例に比してさらに偏差が抑えられていることがわかる。

【 0 0 2 8 】

ところで、投光レンズ 2 の水平方向両端の端面（いわゆる「コバ」）は、図 9 に示すように、入射面 S 1 の曲率半径に依存する軸中心からのサグ量 g_1 と、射出面 S 2 の接合角 およびレンズ端部の光軸からの高さ h に依存するサグ量 g_2 によって定まる。本発明に係る構成では、有効照射範囲周辺部の投光光量を増大させるため、投光レンズ 2 の入射面 S 1 の水平方向の曲率半径を大きくしている。しかしながら、曲率半径を大きくすると、入射面 S 1 のサグ量 g_1 が小さくなり、図 1 1 に示されたように投光レンズ 2 の端面（コバ）が小さくなることにつながる。そこで、少なくとも、投光レンズ 2 の光軸中心の光軸

10

20

30

40

50

方向における肉厚 t を射出面 S_2 のサグ量 g_2 よりも大きくする必要があるのである。すなわち、第一の方向における第二の面の端部の光軸からの高さを h 、光学素子の第二の面を構成する平面と第一の方向とがなす角を θ としたとき、次の条件式を満足することが望ましい（請求項 5 に対応する）。

条件式：

$$t > h \cdot \tan \theta \quad (6) [B]$$

例えば、先に述べた本発明の第一の実施の形態に係る第一の実施例の構成では、式 (6) の右辺は、射出面 S_2 のサグ量 g_2 に相当し、 5.4 mm である。ここで、先に述べた比較例およびこの第一の実施例において、中心肉厚 t のみを変更し、式 (6) を満たさない 5 mm とした場合を検討する。

【0029】

図 19 は、中心肉厚 t を式 (6) を満たさない 5 mm とした場合における水平方向のレンズ高さ h に対する投光レンズ 2 の肉厚を示しており、 $h = 6 \text{ mm}$ がレンズ端部の端面（コバ）における投光レンズ 2 の肉厚を示している。比較例は、曲率半径 R_y が -18.0 mm であり、投光レンズの端面（コバ）は 1.3 mm と計算される。一方、本発明の上記第一の実施例の場合、曲率半径 R_y が -53.0 mm であり、投光レンズの端面（コバ）は 0.4 mm と計算される。一般に、レンズの成形上、端面（コバ）は少なくとも 1 mm 以上が必要とされており、本発明を適用した第一の実施例のほうはレンズの成形が困難になってしまう。

そこで、本発明に係る第一の実施例では、式 (6) を満たすように中心肉厚 t を 7 mm に設定し、投光レンズの端面（コバ）を 2.4 mm とし、十分な値を確保している。

この第一の実施例に用いる LD 1 の発散角は、第一の方向としての水平方向に 28 deg 、そして第二の方向としての垂直方向に 9 deg であり、これをこの第一の実施例の投光レンズ 2 で水平方向に 45.5 deg 、そして垂直方向に 3 deg の範囲に所望の強度分布で投光している。

【0030】

すなわち、LD 1 の発散角が大きい方向と投光照射範囲が大きい方向とを対応させ一致させている。第一の方向と垂直な方向を第二の方向としたとき、光源から射出する光の発散角は、第二の方向よりも第一の方向が大きいことが望ましい（請求項 6 に対応する）。このようにすることによって、LD 1 の発散角から照射範囲に変換する割合を少なくすることができ、投光レンズ 2 の屈折力を大きくすることを避けることにより、光学素子のばらつきによる投光分布の崩れを抑えることが可能となる。

また、第一および第二の実施の形態では、投光レンズ 2 の入射面 S_1 に水平方向に屈折力を持たせているが、それと同時に垂直方向にも屈折力を持たせている（請求項 7 に対応する）。本発明の第一および第二の実施の形態に係る第一および第二の実施例では、いわゆるトーリック面（トロイダル面）を用いているが、その他の形状の面、例えば、球面や非球面、アナモフィック面、または自由曲面などを用いるようにしてもよい。

垂直方向の所望する有効照射範囲より LD 1 の発散角のほうが小さい場合には、入射面 S_1 の垂直方向に凹形状を用いて発散方向のパワーを与える。垂直方向の有効照射範囲より LD 1 の発散角の方が大きい場合は、垂直方向に凸形状を用いて収束方向のパワーを与える。

【0031】

第一および第二の実施例では、LD 1 の発光点が面積を持っているため、有効照射範囲に LD 1 の発光面の像ができるように結像関係を持たせることによって、垂直方向に均一な光量分布にて投光することが可能となる。この場合には、検出対象が遠方にあると近似すれば、図 5 で説明した受光レンズ 3 の場合と同様に、焦点距離が発光面幅と投光範囲から定まり、投光レンズ 2 の垂直方向の曲率半径が決定され得る。また、入射面 S_1 に垂直方向の屈折力を与え、射出面 S_2 の垂直方向にも複数の平面を接合して形成される形状を与えることによって、垂直方向にも本発明の各実施の形態と同様な手法を適用することができる。この場合の射出面 S_2 の形状としては、例えば、水平方向と垂直方向に 4 つの平

10

20

30

40

50

面を接合して形成される形状が考えられる。以上のような形状を用いて垂直方向にも屈折力を持たせることによって、投光光学系 1 1 を一枚の光学素子を用いて構成することができ、物体検出装置の小型化および低コスト化が可能となる。

【符号の説明】

【0032】

- 1 光源，レーザダイオード（LD）
- 2 投光光学素子，投光レンズ
- 3 受光光学素子，受光レンズ
- 4 光検出器，フォトダイオード（PD）
- 1 1 投光光学系
- 1 2 受光光学系

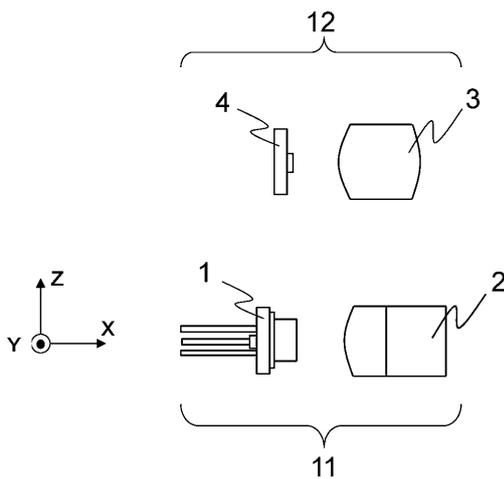
【先行技術文献】

【特許文献】

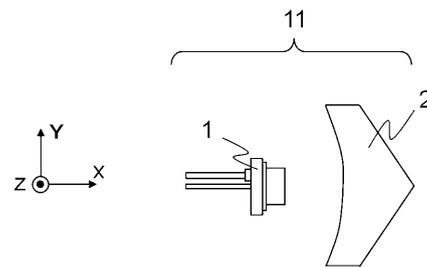
【0033】

【特許文献 1】特開 2014 - 232265 号公報

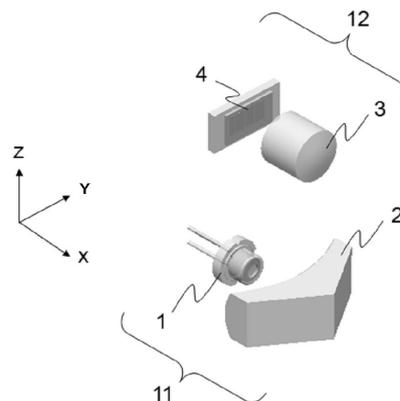
【図 1】



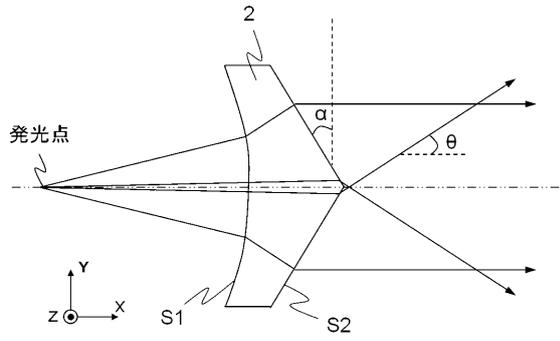
【図 2】



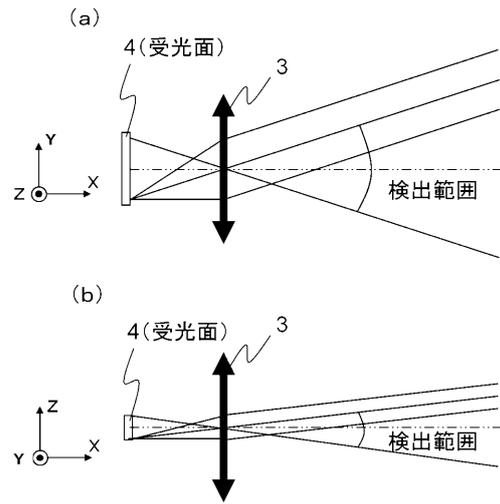
【図 3】



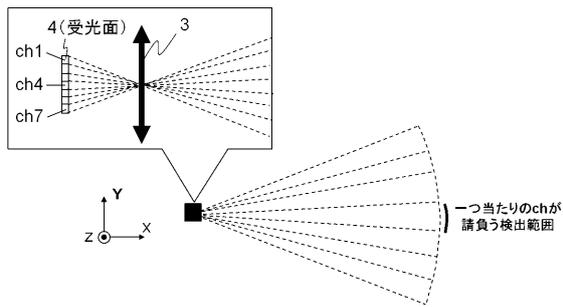
【図4】



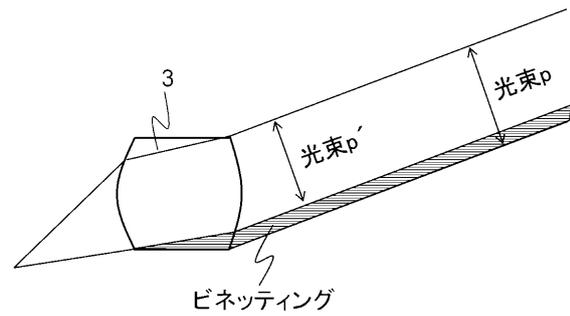
【図5】



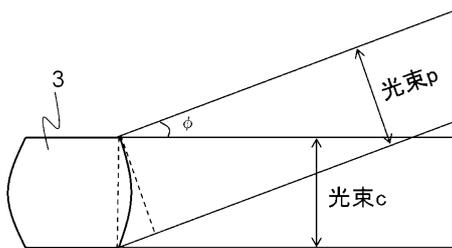
【図6】



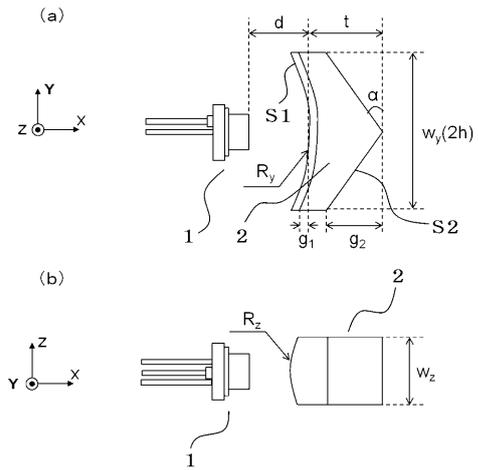
【図8】



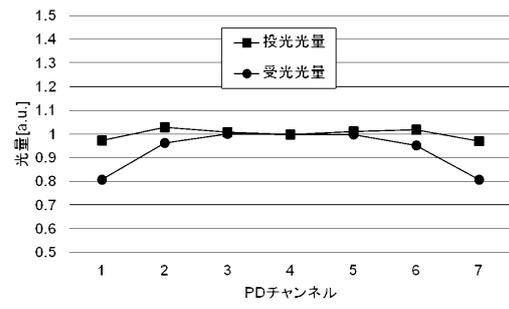
【図7】



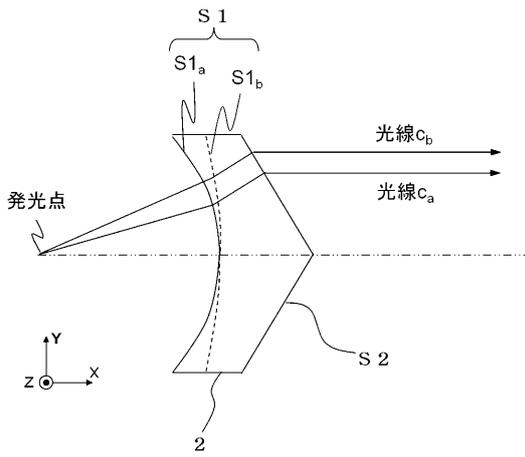
【図9】



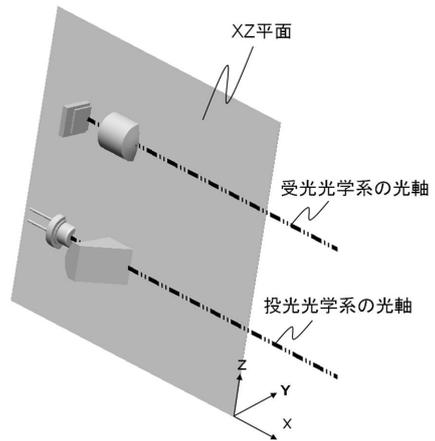
【図10】



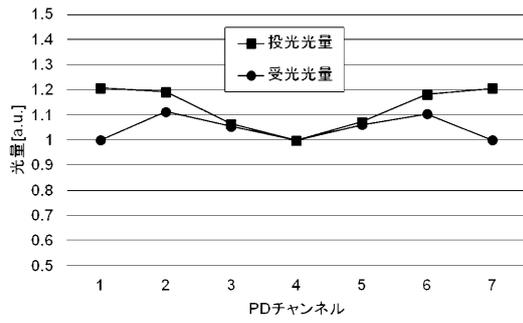
【図11】



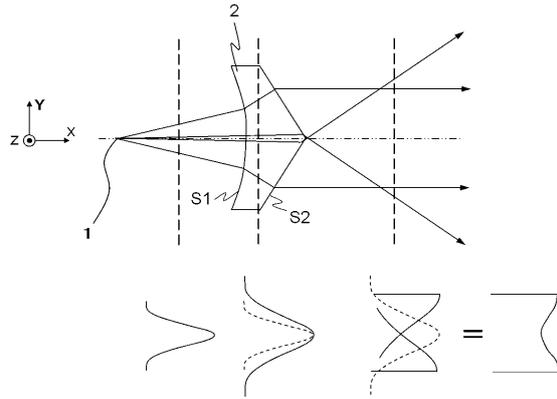
【図12】



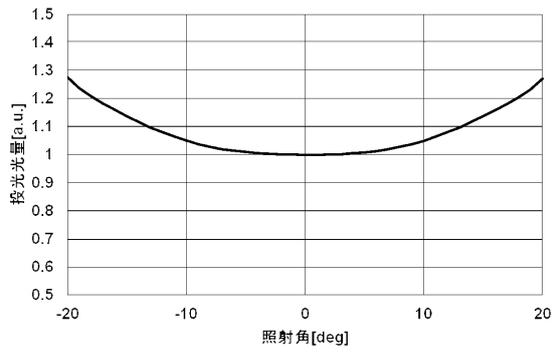
【図13】



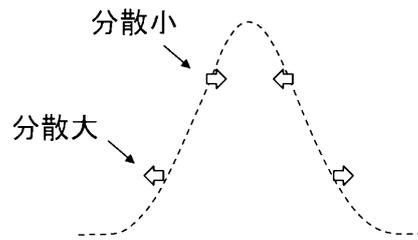
【図15】



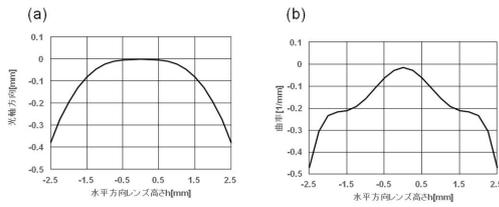
【図14】



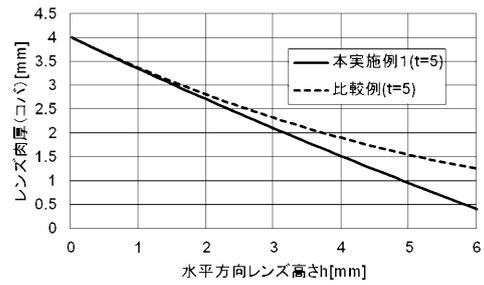
【図16】



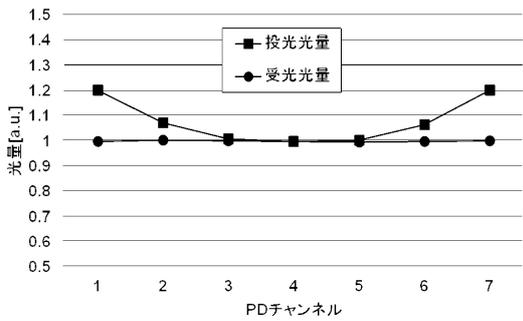
【図17】



【図19】



【図18】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-232265(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0323799(US,A1)
特開2015-137951(JP,A)
特開平11-160431(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/48 - G01S 7/51
G01S 17/00 - G01S 17/95
G01C 3/00 - G01C 3/32