

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7666752号
(P7666752)

(45)発行日 令和7年4月22日(2025.4.22)

(24)登録日 令和7年4月14日(2025.4.14)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 L 1/24 (2006.01) G 0 1 L 1/24 Z

請求項の数 8 (全21頁)

(21)出願番号	特願2024-545542(P2024-545542)	(73)特許権者	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(86)(22)出願日	令和5年8月21日(2023.8.21)	(74)代理人	100105887 弁理士 来山 幹雄
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/030017	(74)代理人	100145023 弁理士 川本 学
(87)国際公開番号	WO2024/053381	(72)発明者	渡邊 博 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
(87)国際公開日	令和6年3月14日(2024.3.14)	(72)発明者	井上 浩一 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
審査請求日	令和6年8月7日(2024.8.7)	(72)発明者	加藤 貴敏 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
(31)優先権主張番号	特願2022-142087(P2022-142087)		
(32)優先日	令和4年9月7日(2022.9.7)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

出力される光の光度の温度依存性が同一の傾向を示す2つの発光素子と、
受光素子と、

前記発光素子から出力された光を拡散反射し、反射光の一部が前記受光素子に入射するように配置された反射体と、

2つの前記発光素子及び前記受光素子に対して前記反射体を支持し、外力によって変形することにより、前記発光素子及び前記受光素子に対する前記反射体の相対位置を変化させる弾性支持部材と、

2つの前記発光素子を別々に発光させたときに前記受光素子で受光される2つの受光量の比に基づいて、前記弾性支持部材の変形量に依存する物理量を計算する処理部とを備え、

2つの前記発光素子と前記受光素子との相対位置は固定されており、一方の前記発光素子から前記受光素子までの距離と、他方の前記発光素子から前記受光素子までの距離とが異なっている光学センサ。

【請求項2】

2つの前記発光素子及び前記受光素子は、仮想的な共通の第1平面上に配置されている請求項1に記載の光学センサ。

【請求項3】

2つの前記発光素子のそれぞれと対を構成し、前記第1平面上に配置された2つの副発

10

20

光素子を、さらに備えており。

相互に対を構成する前記発光素子と前記副発光素子とは、前記受光素子に関して点対称の位置に配置されている請求項 2 に記載の光学センサ。

【請求項 4】

前記反射体の反射面の面積は、前記受光素子の受光面の面積の 0.5 倍以上 3 倍以下であり、

前記反射体は、前記受光素子を通過し、かつ前記第 1 平面に垂直な直線上に配置されている請求項 2 または 3 に記載の光学センサ。

【請求項 5】

前記反射体の一部の領域で反射した光を前記受光素子に入射させ、他の領域で反射した光を前記受光素子に入射させない入射制限構造を、さらに備えた請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光学センサ。

10

【請求項 6】

前記第 1 平面を平面視したとき、2 つの前記発光素子及び前記受光素子は、前記反射体に包含される位置に配置されている請求項 2 または 3 に記載の光学センサ。

【請求項 7】

前記処理部は、前記受光量の比と、前記弾性支持部材に加わる外力の大きさとの関係情報を記憶しており、前記変形量に依存する物理量として、前記弾性支持部材に加わる力を求める請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光学センサ。

【請求項 8】

発光素子と、
感度の温度依存性が同一の傾向を示す 2 つの受光素子と、
前記発光素子から出力された光を反射し、反射光の一部が 2 つの前記受光素子に入射するように配置された反射体と、
前記発光素子及び前記受光素子に対して前記反射体を支持し、外力によって変形することにより、前記発光素子及び前記受光素子に対する前記反射体の相対位置を変化させる弾性支持部材と、

20

前記発光素子から出力され、前記反射体で反射した光を 2 つの前記受光素子で受光したときの受光量の比に基づいて、前記弾性支持部材の変形量に依存する物理量を計算する処理部と

30

を備え、

前記発光素子と 2 つの前記受光素子との相対位置は固定されており、一方の前記受光素子から前記発光素子までの距離と、他方の前記受光素子から前記発光素子までの距離とが異なっている光学センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学センサに関する。

【背景技術】

【0002】

力または変形を光学的に検出する力分布測定用の光学センサが公知である（特許文献 1）。特許文献 1 に開示された光学センサは、1 つ以上の発光源、発光源から放出された光に反応する受光検出器、及び光学キャビティを備えた変形可能な光学機械層を含む。光学機械層の変形に応じて光学キャビティの光反応特性が変化し、この変化が受光検出器の受光量の変化として検出される。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特表 2010 - 539474 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

周囲温度の変化等により、発光源（発光素子）の光度が変化した場合、受光検出器（受光素子）の受光量から光学機械層の変形や光学機械層に作用している力の計算値の精度が低下してしまう。本発明の目的は、周囲温度の変化の影響を受けにくい光学センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

本発明の一観点によると、出力される光の光度の温度依存性が同一の傾向を示す2つの発光素子と、受光素子と、前記発光素子から出力された光を拡散反射し、反射光の一部が前記受光素子に入射するように配置された反射体と、

2つの前記発光素子及び前記受光素子に対して前記反射体を支持し、外力によって変形することにより、前記発光素子及び前記受光素子に対する前記反射体の相対位置を変化させる弾性支持部材と、

2つの前記発光素子を別々に発光させたときに前記受光素子で受光される2つの受光量の比に基づいて、前記弾性支持部材の変形量に依存する物理量を計算する処理部とを備え、

2つの前記発光素子と前記受光素子との相対位置は固定されており、一方の前記発光素子から前記受光素子までの距離と、他方の前記発光素子から前記受光素子までの距離とが異なっている光学センサが提供される。

【0006】

本発明の他の観点によると、発光素子と、感度の温度依存性が同一の傾向を示す2つの受光素子と、前記発光素子から出力された光を反射し、反射光の一部が2つの前記受光素子に入射するように配置された反射体と、

前記発光素子及び前記受光素子に対して前記反射体を支持し、外力によって変形することにより、前記発光素子及び前記受光素子に対する前記反射体の相対位置を変化させる弾性支持部材と、

前記発光素子から出力され、前記反射体で反射した光を2つの前記受光素子で受光したときの受光量の比に基づいて、前記弾性支持部材の変形量に依存する物理量を計算する処理部とを備え、

前記発光素子と2つの前記受光素子との相対位置は固定されており、一方の前記受光素子から前記発光素子までの距離と、他方の前記受光素子から前記発光素子までの距離とが異なっている光学センサが提供される。

【発明の効果】**【0007】**

2つの発光素子のそれぞれを発光させたときの受光量の比を求めることにより、発光素子の光度の温度依存性の影響を低減することができる。また、発光素子から出力された光を2つの受光素子で受光し、受光量の比を求めることにより、発光素子の光度の温度依存性の影響を低減することができる。これにより、弾性支持部材の変形量に依存する物理量の測定精度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【図1】図1Aは、第1実施例による光学センサの斜視図であり、図1Bは、第1実施例による光学センサの断面図であり、図1Cは、第1平面を平面視したときの発光素子及び受光素子の位置関係を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2】図 2 は、第 1 実施例による光学センサの処理部のブロック図である。

【図 3】図 3 は、発光素子、受光素子、及び反射体の位置関係を示す模式図である。

【図 4】図 4 A は、距離 x の変位量と、受光量 L_1 、 L_2 との関係のシミュレーション結果を示すグラフであり、図 4 B は、距離 x の変位量と受光量の比 L_2 / L_1 との関係を示すグラフである。

【図 5】図 5 は、第 2 実施例による光学センサの断面図である。

【図 6】図 6 は、第 3 実施例による光学センサの断面図である。

【図 7】図 7 A は、第 4 実施例による光学センサの断面図であり、図 7 B は、第 4 実施例による光学センサの発光素子及び副発光素子の平面的な位置関係を示す図である。

【図 8】図 8 は、第 4 実施例による光学センサの発光素子、副発光素子、受光素子、及び反射体の位置関係を示す模式図である。 10

【図 9】図 9 A は、第 4 実施例の変形例による光学センサの複数の発光素子、複数の副発光素子、及び受光素子の平面的な位置関係を示す図であり、図 9 B は、第 4 実施例の他の変形例による光学センサの複数の発光素子、複数の副発光素子、及び受光素子の平面的な位置関係を示す図である。

【図 10】図 10 は、第 5 実施例による光学センサの断面図である。

【図 11】図 11 は、第 5 実施例による光学センサの発光素子、受光素子、及び反射体の位置関係を示す模式図である。

【図 12】図 12 は、第 6 実施例による光学センサの断面図である。

【図 13】図 13 は、第 6 実施例による光学センサの処理部のブロック図である。 20

【発明を実施するための形態】

【0009】

[第 1 実施例]

図 1 A から図 4 B までの図面を参照して第 1 実施例による光学センサについて説明する。

【0010】

図 1 A は、第 1 実施例による光学センサの斜視図である。第 1 実施例による光学センサは、基板 50 と、弾性支持部材 10 とを含む。基板 50 の一方の面に弾性支持部材 10 が取り付けられている。弾性支持部材 10 の外形は、例えば円柱状であり、弾性支持部材 10 と基板 50 とによって、空洞が形成されている。弾性支持部材 10 には、弾性材料、例えば黒色のシリコンゴムが用いられる。基板 50 の表面に垂直な方向の外力が弾性支持部材 10 に印加されると、弾性支持部材 10 が弾性変形し、その高さが変化する。 30

【0011】

図 1 B は、第 1 実施例による光学センサの断面図である。基板 50 の一方の面に、弾性支持部材 10 が取り付けられている。弾性支持部材 10 は、側壁部 10 A 及び天板部 10 B を含む。側壁部 10 A は、例えば円筒状の形状を有し、その一方の端部が基板 50 に固定されており、側壁部 10 A の他方の端部が天板部 10 B で塞がれている。すなわち、弾性支持部材 10 は、基板 50 に向かって開口した有底円筒形状を有し、有底円筒形状の開口部が基板 50 によって塞がれている。基板 50 と弾性支持部材 10 とによって、空洞とされた空間 15 が形成される。

【0012】 40

空間 15 に露出した基板 50 の表面に、2 つの発光素子 21、22、及び 1 つの受光素子 30 が配置されている。2 つの発光素子 21、22、及び受光素子 30 が配置された面を第 1 平面 51 ということとする。発光素子 21、22 には、例えば発光ダイオード (LED) が用いられる。なお、LED に代えてその他の固体発光素子、例えば垂直共振器型面発光レーザ (VCSEL) 等を用いてもよい。

【0013】

天板部 10 B の受光素子 30 に対向する位置に、反射体 40 が取り付けられている。弾性支持部材 10 に力が加わって弾性支持部材 10 が変形すると、発光素子 21、22 及び受光素子 30 に対する反射体 40 の相対位置が変化する。例えば、第 1 平面 51 から反射体 40 までの高さが変化する。 50

【 0 0 1 4 】

反射体 4 0 は、発光素子 2 1、2 2 から出力された光の大部分を拡散反射させる。すなわち、発光素子 2 1、2 2 から出力され、反射体 4 0 で拡散反射した光の強度は、観測方向に依存せず、あらゆる方向にほぼ均一の強度で観測される。弾性支持部材 1 0 の内側の表面は黒色であり、発光素子 2 1、2 2 から出力された光をほとんど反射しない。

【 0 0 1 5 】

発光素子 2 1、2 2 から放射される光の光度は、反射体 4 0 の方向を含む広い範囲にわたってほぼ等しい。例えば、発光素子 2 1、2 2 から出力されて反射体 4 0 に向かう光の光度は、反射面内においてほぼ均一である。また、弾性支持部材 1 0 が変形して反射体 4 0 の位置が一定の範囲内で変化しても、反射面内において光度がほぼ均一であるという条件が満たされる。

10

【 0 0 1 6 】

発光素子 2 1、2 2 として、光度の温度依存性がほぼ同一のものが用いられる。例えば、発光素子 2 1、2 2 の、温度変化に対する光度の変化の傾きがほぼ等しい。例えば、発光素子 2 1、2 2 として、同一型番の製品を用いることが好ましい。さらに、同一ロットのものを用いることが好ましく、同一ウエハ上に形成されたものを用いることがより好ましい。

【 0 0 1 7 】

処理部 6 0 が発光素子 2 1、2 2 の発光の制御を行う。受光素子 3 0 の出力信号が処理部 6 0 に入力される。処理部 6 0 の構成及び機能については、図 2 を参照して後述する。

20

【 0 0 1 8 】

図 1 C は、第 1 平面 5 1 を平面視したときの発光素子 2 1、2 2、及び受光素子 3 0 の位置関係を示す図である。図 1 C の一点鎖線 1 B - 1 B における断面図が図 1 B に相当する。反射体 4 0 は、受光素子 3 0 を通過し、かつ第 1 平面 5 1 に垂直な直線上に配置されている。「受光素子 3 0 を通過する」とは、受光素子 3 0 の受光面の幾何中心を通過することを意味する。

【 0 0 1 9 】

一方の発光素子 2 1 から受光素子 3 0 までの距離を a と標記し、他方の発光素子 2 2 から受光素子 3 0 までの距離を b と標記する。ここで、距離の起算点は、発光素子 2 1、2 2 においては、平面視における発光領域の幾何中心とし、受光素子 3 0 においては受光面の幾何中心とする。本明細書において、発光素子 2 1、2 2 のそれぞれの発光領域の幾何中心を、発光素子 2 1、2 2 の代表点といい、受光面の幾何中心を受光素子 3 0 の代表点ということとする。

30

【 0 0 2 0 】

発光素子 2 1、2 2 の代表点、及び受光素子 3 0 の代表点は、1本の直線上に配置されており、発光素子 2 1 と発光素子 2 2 との間に受光素子 3 0 が配置されている。また、距離 a と距離 b とは異なる。すなわち、発光素子 2 1、2 2 の代表点は、受光素子 3 0 の代表点に関して点対称の位置からずれた位置に配置されている。

【 0 0 2 1 】

図 2 は、第 1 実施例による光学センサの処理部 6 0 のブロック図である。2つの発光素子 2 1、2 2 のアノードが、それぞれ電源 6 1 に接続されており、カソードが、スイッチマトリクス 6 2 を介して発光素子ドライバ 6 3 に接続されている。演算部 6 8 が、インタフェース部 6 4 を介して発光素子ドライバ 6 3 及びスイッチマトリクス 6 2 を制御する。スイッチマトリクス 6 2 によって発光素子 2 1、2 2 の一方を選択すると、選択された発光素子が発光する。

40

【 0 0 2 2 】

受光素子 3 0 が受光量に応じた電流を出力する。この電流が、スイッチマトリクス 6 5 を介してトランスインピーダンスアンプ 6 6 に入力される。受光素子 3 0 から出力された電流がトランスインピーダンスアンプ 6 6 で電圧信号に変換され、A/Dコンバータ 6 7 に入力される。電圧信号が A/Dコンバータ 6 7 でデジタル信号に変換され、インタフェース

50

部 6 4 を介して演算部 6 8 に入力される。

【 0 0 2 3 】

演算部 6 8 は、2 つの発光素子 2 1、2 2 を、タイミングをずらして発光させ、一方の発光素子 2 1 を発光させたときの受光素子 3 0 による受光量、及び他方の発光素子 2 2 を発光させたときの受光素子 3 0 による受光量を取得する。演算部 6 8 は、2 つの受光量の比を計算し、受光量の比に基づいて、弾性支持部材 1 0 の変形量を求める。

【 0 0 2 4 】

次に、弾性支持部材 1 0 の変形量を求める方法について図 3 を参照して具体的に説明する。

【 0 0 2 5 】

図 3 は、発光素子 2 1、2 2、受光素子 3 0、及び反射体 4 0 の位置関係を示す模式図である。図 3 においては、発光素子 2 1、2 2、及び受光素子 3 0 を、それぞれの代表点で示している。受光素子 3 0 の代表点を通り、第 1 平面 5 1 に対して垂直な直線と、反射体 4 0 の反射面との交点を、反射体 4 0 の代表点ということとする。図 3 においては、反射体 4 0 を、その代表点で示している。図 3 を参照した以下の説明において、発光素子 2 1、2 2、受光素子 3 0、及び反射体 4 0 の代表点を、それぞれ単に発光素子 2 1、2 2、受光素子 3 0、及び反射体 4 0 という場合がある。

【 0 0 2 6 】

図 1 C を参照して説明したように、一方の発光素子 2 1 から受光素子 3 0 までの距離を a と標記し、他方の発光素子 2 2 から受光素子 3 0 までの距離を b と標記する。受光素子 3 0 から反射体 4 0 までの距離を x と標記する。弾性支持部材 1 0 の天板部 1 0 B (図 1 B) に力が加わると、弾性支持部材 1 0 が弾性変形し、距離 x が短くなる。

【 0 0 2 7 】

一方の発光素子 2 1 から反射体 4 0 までの距離を P_a と標記し、他方の発光素子 2 2 から反射体 4 0 までの距離を P_b と標記する。発光素子 2 1、2 2 の光度を、それぞれ G_1 、 G_2 と標記する。反射体 4 0 の反射率を α と標記する。一方の発光素子 2 1 と反射体 4 0 とを結ぶ線分と、反射体 4 0 と受光素子 3 0 とを結ぶ線分とのなす角度を θ_1 と標記し、他方の発光素子 2 2 と反射体 4 0 とを結ぶ線分と、反射体 4 0 と受光素子 3 0 とを結ぶ線分とのなす角度を θ_2 と標記する。

【 0 0 2 8 】

距離 P_a 、 P_b は、以下の式で表される。

【数 1】

$$P_a = \sqrt{a^2 + x^2}$$

$$P_b = \sqrt{b^2 + x^2} \dots (1)$$

【 0 0 2 9 】

発光素子 2 1、2 2 をそれぞれ発光させたときの受光素子 3 0 による受光量 L_1 、 L_2 は、以下の式で記述される。

【数 2】

$$L_1 = \frac{\alpha}{x^2} \left[\frac{G_1}{P_a^2} \cos \theta_1 \right] = \frac{\alpha}{x^2} \frac{G_1}{(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$L_2 = \frac{\alpha}{x^2} \left[\frac{G_2}{P_b^2} \cos \theta_2 \right] = \frac{\alpha}{x^2} \frac{G_2}{(b^2 + x^2)^{3/2}} \dots (2)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

受光量 L_1 に対する受光量 L_2 の比は、以下の式で表される。

【 数 3 】

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{G_2(a^2 + x^2)^{3/2}}{G_1(b^2 + x^2)^{3/2}} \dots (3)$$

【 0 0 3 1 】

発光素子 2 1、2 2 の光度 G_1 、 G_2 が温度依存性を有している場合でも、温度変化に対する光度の変化の傾きが同一であれば、式 (3) の右辺の G_2 / G_1 は温度に依存せず、温度が変化しても一定である。また、式 (3) の右辺の距離 a 、 b も一定である。したがって、受光量の比 L_2 / L_1 は、距離 x のみに依存する。

10

【 0 0 3 2 】

演算部 6 8 (図 2) は、受光量の比 L_2 / L_1 を計算し、受光量の比 L_2 / L_1 の計算値から、距離 x を求める。さらに、演算部 6 8 は、距離 x から、弾性支持部材 1 0 (図 1 B) の x 方向 (第 1 平面 5 1 に対して垂直な方向) の変形量を求める。例えば、弾性支持部材 1 0 に荷重がかかっていないときの距離 x を基準値として、距離 x の基準値からの変位量を、弾性支持部材 1 0 の変形量と定義することができる。

【 0 0 3 3 】

図 4 A は、反射体 4 0 の x 方向の変位量と、受光量 L_1 、 L_2 との関係のシミュレーション結果を示すグラフである。ここで、 x 方向は、第 1 平面 5 1 の法線方向である。横軸は x 方向の変位量を単位 [mm] で表し、縦軸は受光量を任意単位で表す。弾性支持部材 1 0 に力が加わっていないときの x 方向変位量を 0 としている。弾性支持部材 1 0 の天板部 1 0 B (図 1 B) が基板 5 0 に近づく向きに変位する場合 (すなわち x 方向の変位量が負の場合) についてシミュレーションを行った。なお、シミュレーション条件として、発光素子 2 1、2 2 の光度 G_1 、 G_2 を同一とし、 $a = 1.2 \text{ mm}$ 、 $b = 1.8 \text{ mm}$ 、 $\theta = 0.98$ とした。また、距離 x の基準値を 1.8 mm とした。なお、反射体 4 0 以外の弾性支持部材 1 0 の反射率を 0.05 とし、反射光の 80% がランバーシアン分布をしており、残りの 20% が正反射する条件を設定した。また、基板 5 0 の表面は、光を吸収する条件とした。

20

30

【 0 0 3 4 】

図 4 A に示したグラフ中の丸記号及び三角記号は、それぞれ発光素子 2 1、2 2 を発光させたときの受光量 L_1 、 L_2 を表す。天板部 1 0 B が基板 5 0 に近づくにしたがって (x 方向変位量の絶対値が大きくなるにしたがって)、受光量 L_1 、 L_2 が大きくなっている。また、発光素子 2 1 から受光素子 3 0 までの距離 a が、発光素子 2 2 から受光素子 3 0 までの距離 b より短いので、受光量 L_1 が受光量 L_2 より大きい。

【 0 0 3 5 】

図 4 B は、反射体 4 0 の x 方向の変位量と受光量の比 L_2 / L_1 との関係を示すグラフである。横軸は距離 x の変位量を単位 [mm] で表し、縦軸は受光量の比 L_2 / L_1 を表す。天板部 1 0 B が基板 5 0 に近づくにしたがって (x 方向変位量の絶対値が大きくなるにしたがって)、受光量の比 L_2 / L_1 が小さくなっている。 x 方向の変位量を変化させて受光量の比 L_2 / L_1 を計算する評価実験を予め行うことにより、図 4 B に示した x 方向変位量と受光量の比 L_2 / L_1 との関係を求めることができる。この関係情報が、演算部 6 8 (図 2) に記憶されている。演算部 6 8 は、予め記憶されている x 方向の変位量と受光量の比 L_2 / L_1 との関係情報と、受光量の比 L_2 / L_1 の計算値とに基づいて、 x 方向の変位量を求めることができる。

40

【 0 0 3 6 】

シミュレーションでは、2 つの発光素子 2 1、2 2 の光度 G_1 、 G_2 を等しくしているが、必ずしも両者を等しくする必要はない。例えば、発光素子 2 1、2 2 の駆動電流と光

50

度との関係が予めわかっている場合、発光素子 2 1、2 2 を同一の駆動電流で駆動する必要はない。駆動電流と光度との関係を用いて、実際の駆動電流のときの光度を、所定の駆動電流のときの光度に換算すればよい。

【 0 0 3 7 】

次に、第 1 実施例の優れた効果について説明する。

発光素子 2 1、2 2 の光度 G_1 、 G_2 の温度特性（温度変化に対する光度変化の傾き）が同一であれば、発光素子 2 1、2 2 の光度の比 G_1 / G_2 は、温度に依存せず一定になる。このため、式（3）に示した受光量の比 L_2 / L_1 は、温度に依存せず、距離 x のみに依存することになる。第 1 実施例では、受光量の比 L_2 / L_1 に基づいて、弾性支持部材 1 0 の変形量を計算するため、発光素子 2 1、2 2 の温度変化の影響を受けることなく、弾性支持部材 1 0 の変形量を高精度に測定することができる。

10

【 0 0 3 8 】

なお、温度変化に伴う受光素子 3 0 の受光特性の変化は、発光素子 2 1、2 2 の光度の変化に比べて十分小さい。このため、温度変化に伴う受光素子 3 0 の受光特性の変化は、弾性支持部材 1 0 の変形量の測定に大きな影響を与えない。

【 0 0 3 9 】

反射体 4 0 の反射面の面積が小さすぎると、反射体 4 0 で拡散反射して受光素子 3 0 に入射する光の強度が低下し、安定した測定が困難になる。受光素子 3 0 での十分な受光量を確保するために、反射体 4 0 の反射面の面積を、受光素子 3 0 の受光面の面積の 0.5 倍以上にすることが好ましい。

20

【 0 0 4 0 】

反射体 4 0 の面積が広くなりすぎると、第 1 平面 5 1 の法線方向に対して反射体 4 0 の反射面が傾斜した場合に、受光量が傾斜の影響を大きく受ける。反射面の傾斜の影響を低減させるために、反射体 4 0 の反射面の面積を、受光素子 3 0 の受光面の面積の 3 倍以下にすることが好ましい。

【 0 0 4 1 】

次に、第 1 実施例の変形例について説明する。

第 1 実施例による光学センサでは、2 つの発光素子 2 1、2 2 の光度の温度特性が同一、すなわち、温度変化に対する光度変化の傾きが同一であるが、2 つの発光素子 2 1、2 2 の光度の温度特性は、必ずしも同一でなくてもよい。例えば、2 つの発光素子 2 1、2 2 の光度の温度特性が同一の傾向を示す構成としてもよい。例えば、2 つの発光素子 2 1、2 2 の温度変化に対する光度変化の傾きが同一ではないが、共に正、または共に負である構成としてもよい。この場合、1 つの発光素子を用いる場合と比べて、弾性支持部材 1 0 の変形量の測定結果が、温度変化の影響を受けにくくなるという優れた効果が得られる。

30

【 0 0 4 2 】

第 1 実施例では、受光量の比 L_2 / L_1 から弾性支持部材 1 0 の変形量、すなわち反射体 4 0（図 3）の x 方向の変位量を求めたが、さらに、反射体 4 0 の x 方向の変位量から、弾性支持部材 1 0 の天板部 1 0 B（図 1 B）に加わっている力を求めてもよい。例えば、演算部 6 8（図 2）は、弾性支持部材 1 0 の変形量と、弾性支持部材 1 0 に加わる外力の大きさとの関係を表す関係情報を記憶している。演算部 6 8 は、弾性支持部材 1 0 の変形量を計算した後、計算された変形量と、関係情報とに基づいて、弾性支持部材に加わった外力の大きさを求める。なお、演算部 6 8 は、受光量の比 L_2 / L_1 と、弾性支持部材 1 0 に加わった外力の大きさとの関係情報を記憶しておき、受光量の比 L_2 / L_1 の計算値から直接外力の大きさを求めるようにしてもよい。このように、演算部 6 8 は、弾性支持部材 1 0 の変形量に依存する物理量を求めるようにしてもよい。

40

【 0 0 4 3 】

また、弾性支持部材 1 0 の天板部 1 0 B が音波によって振動する構成としてもよい。この構成にすると、音波によって反射体 4 0 が x 方向に変位する。これにより、第 1 実施例による光学センサがマイクとして機能するようになる。

【 0 0 4 4 】

50

第1実施例では、2つの発光素子21、22、及び1つの受光素子30を、基板50の第1平面51に配置しているが、発光素子21、22、及び1つの受光素子30を支持するために、第1平面51を1つの表面とする基板50を用いる必要はない。例えば、発光素子21、22、及び1つの受光素子30を、仮想的な第1平面51上に配置して固定する固定部材を用いてもよい。

【0045】

第1実施例では、基板50と弾性支持部材10とに囲まれた空間15（図1B）を空洞にしているが、空間15内に、発光素子21、22から出力される光の波長域においてほぼ透明で、かつ外力に対して変形する柔軟な弾性材料、例えば透明なシリコンゴム等を充填してもよい。

【0046】

第1実施例では、図1Cに示したように、2つの発光素子21、22の代表点と、受光素子30の代表点とが、1本の直線上に配置されているが、必ずしも1本の直線上に配置する必要はない。一方の発光素子21から受光素子30までの距離aと、他方の発光素子22から受光素子30までの距離bとが異なっていればよい。

【0047】

[第2実施例]

次に、図5を参照して第2実施例による光学センサについて説明する。以下、図1Aから図4Bまでの図面を参照して説明した第1実施例による光学センサと共通の構成については説明を省略する。

【0048】

図5は、第2実施例による光学センサの断面図である。第1実施例では、弾性支持部材10が、弾性材料からなる側壁部10A及び天板部10Bで構成されている。これに対し第2実施例では、側壁部10A及び天板部10Bが硬質材料、例えば黒色の樹脂、または表面に黒色の塗装が施された金属で形成される。側壁部10Aは、円筒状の外側の壁と内側の壁との二重構造になっている。第1平面51を平面視したとき、外側の壁と内側の壁との間の空間は、円周に沿う形状を有する。外側の壁と内側の壁との間に、コイルバネ等の弾性部材10Cが装填されている。

【0049】

天板部10Bに、側壁部10Aの外側の壁と内側の壁との間の空間に挿入される凸部10Dが設けられている。第1平面51を平面視したとき、凸部10Dは円周に沿う形状を有する。例えば、天板部10Bは凸部10D及び弾性部材10Cを介して基板50に、第1平面51の法線方向に変位可能に支持されている。

【0050】

天板部10Bに力が加わると、弾性部材10Cが弾性変形することにより、天板部10B及び天板部10Bに取り付けられた反射体40が、第1平面51の法線方向に変位する。

【0051】

次に、第2実施例の優れた効果について説明する。

第2実施例においても第1実施例と同様に、2つの発光素子21、22を配置しているため、発光素子21、22の温度変化の影響を排除して、弾性支持部材10の変形量を高精度に測定することができる。

【0052】

[第3実施例]

次に、図6を参照して第3実施例による光学センサについて説明する。以下、図1Aから図4Bまでの図面を参照して説明した第1実施例による光学センサと共通の構成については説明を省略する。

【0053】

図6は、第3実施例による光学センサの断面図である。第3実施例による光学センサは、第1実施例による光学センサ（図1B）の複数の構成要素に加えて、さらに入射制限構造27が配置されている。入射制限構造27は、受光素子30に入射する光を集光する集

10

20

30

40

50

光レンズ 27B、及び集光レンズ 27B を支持する支持部材 27A を含む。集光レンズ 27B は、反射体 40 の反射面の一部の領域で拡散反射された光を受光素子 30 の受光面に集光する。反射体 40 の反射面の他の領域で拡散反射された光は、入射制限構造 27 によって、受光素子 30 の受光面に入射しないように制限される。

【0054】

次に、第3実施例の優れた効果について説明する。第3実施例では、反射体 40 の反射面のうち、受光素子 30 の受光面に入射する拡散反射光を生じさせる領域を一部に制限しているため、反射体 40 の反射面の傾きの影響を低減することができる。また、反射体 40 が第1平面 51 に平行な方向へ変位しても、受光素子 30 の受光面に入射する拡散反射光を生じさせる領域が変位後の反射面内に収まっている場合は、受光素子 30 による受光量がほとんど変化しない。このため、第1平面 51 に対して平行な方向への反射体 40 の変位を吸収し、弾性支持部材 10 の変形量を高精度に測定することができる。

10

【0055】

次に、第3実施例の変形例について説明する。

第3実施例では、集光レンズ 27B により受光素子 30 の受光面に入射する光を制限しているが、入射制限構造 27 として、他の構造のものを用いてもよい。例えば、視野角を制限する光学フィルタ（ルーバーとも呼ばれる。）やパッケージを用いてもよい。

【0056】

[第4実施例]

次に、図7A及び図7Bを参照して、第4実施例による光学センサについて説明する。以下、図1Aから図4Bまでの図面を参照して説明した第1実施例による光学センサと共通の構成については説明を省略する。

20

【0057】

図7Aは、第4実施例による光学センサの断面図である。第1実施例（図1B）による光学センサは、2つの発光素子 21、22 を含んでいる。これに対して第4実施例による光学センサは、2つの発光素子 21、22 に加えて、2つの副発光素子 21S、22S を含む。一方の発光素子 21 と一方の副発光素子 21S とが対を構成し、他方の発光素子 22 と他方の副発光素子 22S とが対を構成する。2つの副発光素子 21S、22S も、発光素子 21、22 と同様に第1平面 51 に配置されている。

【0058】

図7Bは、第4実施例による光学センサの発光素子 21、22、副発光素子 21S、22S、及び受光素子 30 の平面的な位置関係を示す図である。相互に対を構成する発光素子 21 の代表点と副発光素子 21S の代表点、及び発光素子 22 の代表点と副発光素子 22S の代表点とは、受光素子 30 の代表点に関して点対称の位置に配置されている。すなわち、副発光素子 21S から受光素子 30 までの距離は、発光素子 21 から受光素子 30 までの距離 a と等しい。同様に、副発光素子 22S から受光素子 30 までの距離は、発光素子 22 から受光素子 30 までの距離 b と等しい。

30

【0059】

2つの発光素子 21、22、及び受光素子 30 のそれぞれの代表点が、1本の直線上に並んで配置されている。2つの副発光素子 21S、22S もこの直線上に配置されている。

40

【0060】

弾性支持部材 10 の変形量の測定時には、相互に対をなす発光素子 21 と副発光素子 21S とを同時に発光させ、受光素子 30 で受光量を測定する。その後、相互に対をなす発光素子 22 と副発光素子 22S とを同時に発光させ、受光素子 30 で受光量を測定する。

【0061】

次に、弾性支持部材 10 の変形量を求める方法について図8を参照して具体的に説明する。

【0062】

図8は、第4実施例による光学センサの発光素子 21、22、副発光素子 21S、22S、受光素子 30、及び反射体 40 の位置関係を示す模式図である。図8においては、発

50

光素子 2 1、2 2、副発光素子 2 1 S、2 2 S、受光素子 3 0、及び反射体 4 0 を、それぞれの代表点で示している。

【 0 0 6 3 】

第 1 実施例（図 3）では、反射体 4 0 の反射面が第 1 平面 5 1 に対して平行であると仮定しているが、以下の説明では、反射体 4 0 の反射面が第 1 平面 5 1 に対して傾斜している場合について説明する。反射体 4 0 の反射面の傾斜角を δ と標記する。例えば、光学センサの製造プロセスの過程、弾性支持部材 1 0 への局所的な荷重の印加等によって、反射体 4 0 の反射面に傾斜が発生し得る。

【 0 0 6 4 】

なお、反射体 4 0 の反射面は、発光素子 2 1、2 2、及び受光素子 3 0 の代表点を通過する直線の方に傾斜しているとする。なお、図 8 を参照した以下の説明において、発光素子 2 1、2 2、副発光素子 2 1 S、2 2 S、受光素子 3 0、及び反射体 4 0 の代表点を、それぞれ単に発光素子 2 1、2 2、受光素子 3 0、及び反射体 4 0 という場合がある。

【 0 0 6 5 】

距離 a 、 b 、 x 、 P_a 、 P_b 、角度 θ_1 、 θ_2 の意味は、図 3 に示したこれらの変数の意味と同一である。副発光素子 2 1 S の光度は、発光素子 2 1 の光度 G_1 と等しく、副発光素子 2 2 S の光度は、発光素子 2 2 の光度 G_2 と等しい。

【 0 0 6 6 】

発光素子 2 1 及び副発光素子 2 1 S を発光させたときの受光量 L_1 は、以下の式で記述される。

【数 4】

$$L_1 = \frac{\alpha}{x^2} \frac{1}{\cos \delta} \left[\frac{G_1}{P_a^2} \{ \cos(\theta_1 + \delta) + \cos(\theta_1 - \delta) \} \right]$$

$$= \frac{\alpha}{x^2} \frac{1}{\cos \delta} \frac{G_1}{(a^2 + x^2)^{3/2}} 2x \cos \delta \cdots (4)$$

【 0 0 6 7 】

発光素子 2 2 及び副発光素子 2 2 S を発光させたときの受光量 L_2 は、以下の式で記述される。

【数 5】

$$L_2 = \frac{\alpha}{x^2} \frac{1}{\cos \delta} \frac{G_2}{(b^2 + x^2)^{3/2}} 2x \cos \delta \cdots (5)$$

【 0 0 6 8 】

式（4）及び式（5）から、受光量 L_1 に対する受光量 L_2 の比は、以下の式で表される。

【数 6】

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{G_2(a^2 + x^2)^{3/2}}{G_1(b^2 + x^2)^{3/2}} \cdots (6)$$

第 4 実施例においても受光量の比 L_2 / L_1 は、第 1 実施例の式（3）と同一の式で表される。

【 0 0 6 9 】

次に、第 4 実施例の優れた効果について説明する。

第 4 実施例においても第 1 実施例と同様に、弾性支持部材 1 0 の変形量の測定に際し、発光素子 2 1、2 2 の温度変化の影響をほとんど受けないという優れた効果が得られる。さらに、式 (6) に示すように、受光量の比 L_2 / L_1 は、反射体 4 0 の反射面の傾斜角に依存しない。したがって、反射体 4 0 が第 1 平面 5 1 に対して傾斜しても、弾性支持部材 1 0 の変形量を精度よく測定することができる。

【 0 0 7 0 】

次に、図 9 A を参照して第 4 実施例の変形例による光学センサについて説明する。図 9 A は、第 4 実施例の変形例による光学センサの複数の発光素子 2 1、2 2、複数の副発光素子 2 1 S、2 2 S、及び受光素子 3 0 の平面的な位置関係を示す図である。第 4 実施例 (図 7 B) では、2 つの発光素子 2 1、2 2、2 つの副発光素子 2 1 S、2 2 S、及び受光素子 3 0 のそれぞれの代表点が 1 本の直線上に並んで配置されている。これに対して図 9 A に示した変形例では、一方の発光素子 2 1、それと対をなす副発光素子 2 1 S、及び受光素子 3 0 のそれぞれの代表点を通る直線と、他方の発光素子 2 2、それと対をなす副発光素子 2 2 S、及び受光素子 3 0 のそれぞれの代表点を通る直線とが、ある角度で交わっている。

10

【 0 0 7 1 】

図 9 A に示した変形例のように、発光素子 2 1、2 2 及び受光素子 3 0 のそれぞれの代表点を 1 本の直線上に配置しなくもよい。

20

【 0 0 7 2 】

次に、図 9 B を参照して第 4 実施例の他の変形例による光学センサについて説明する。図 9 B は、第 4 実施例の他の変形例による光学センサの複数の発光素子 2 1、2 2、2 3、2 4、複数の副発光素子 2 1 S、2 2 S、2 3 S、2 4 S、及び受光素子 3 0 の平面的な位置関係を示す図である。

【 0 0 7 3 】

図 9 B に示した変形例では、4 個の発光素子 2 1、2 2、2 3、2 4 が配置されており、それぞれの発光素子 2 1、2 2、2 3、2 4 に対して対をなす副発光素子 2 1 S、2 2 S、2 3 S、2 4 S が配置されている。相互に対をなす発光素子 2 1 と副発光素子 2 1 S との代表点を通る直線、発光素子 2 2 と副発光素子 2 2 S との代表点を通る直線、発光素子 2 3 と副発光素子 2 3 S との代表点を通る直線、及び発光素子 2 4 と副発光素子 2 4 S との代表点を通る直線は、受光素子 3 0 の代表点において、相互に角度をなして交わっている。

30

【 0 0 7 4 】

図 9 B に示した変形例のように、発光素子の個数を 4 個にしてもよい。なお、発光素子の個数を 3 個にしてもよく、5 個以上にしてもよい。この場合、相互に対をなす発光素子と副発光素子との代表点を通る複数の直線が、受光素子 3 0 の代表点において相互に交差するように発光素子及び副発光素子を配置するとよい。このように配置すると、反射体 4 0 (図 7 A) の反射面が種々の方向に傾斜している場合でも、傾斜の影響を低減させることができる。

40

【 0 0 7 5 】

[第 5 実施例]

次に、図 1 0 を参照して第 5 実施例による光学センサについて説明する。以下、図 1 A から図 4 B までの図面を参照して説明した第 1 実施例による光学センサと共通の構成については説明を省略する。

【 0 0 7 6 】

図 1 0 は、第 5 実施例による光学センサの断面図である。第 1 実施例 (図 1 B) では、反射体 4 0 の反射面の面積が、受光素子 3 0 の受光面の面積の 0 . 5 以上 3 倍以下程度である。これに対して第 5 実施例では、弾性支持部材 1 0 の天板部 1 0 B が反射体 4 0 で構成されており、基板 5 0 を向く天板部 1 0 B の面のほぼ全域が反射面とされている。すな

50

わち、第 1 平面 5 1 を平面視したとき、2 つの発光素子 2 1、2 2 及び受光素子 3 0 は、反射体 4 0 に包含される位置に配置されている。側壁部 1 0 A は、黒色の弾性部材、例えば黒色のシリコンゴム等で形成される。

【 0 0 7 7 】

一方の発光素子 2 1 から出力された光は、反射体 4 0 の反射面上の任意の点 Q_1 で拡散反射し、その一部が受光素子 3 0 に入射する。他方の発光素子 2 2 から出力された光は、反射体 4 0 の反射面上の任意の点 Q_2 で拡散反射し、その一部が受光素子 3 0 に入射する。

【 0 0 7 8 】

天板部 1 0 B に荷重が加わると側壁部 1 0 A が弾性変形し、反射体 4 0 の反射面と第 1 平面 5 1 との平行関係が保たれたまま、反射体 4 0 が第 1 平面 5 1 に近づく。反射体 4 0 から第 1 平面 5 1 までの距離 x が変化すると、受光素子 3 0 による受光量が変化する。演算部 6 8 (図 2) は、この受光量の変化から、弾性支持部材 1 0 変形量 (天板部 1 0 B の変位量) を計算する。

【 0 0 7 9 】

次に、図 1 1 を参照して、弾性支持部材 1 0 の変形量を求める方法について具体的に説明する。図 1 1 は、発光素子 2 1、2 2、受光素子 3 0、及び反射体 4 0 の位置関係を示す模式図である。図 1 1 においては、発光素子 2 1、2 2、及び受光素子 3 0 を、それぞれの代表点で示している。

【 0 0 8 0 】

発光素子 2 1 から出力されて反射体 4 0 の反射面上の任意の点 Q_1 で拡散反射され、その一部が受光素子 3 0 に入射する。発光素子 2 1 から点 Q_1 までの距離を P_{La} と標記し、点 Q_1 から受光素子 3 0 までの距離を P_{Da} と標記する。発光素子 2 1 から点 Q_1 に入射する光の入射角を θ_{L1} と標記し、点 Q_1 で反射し受光素子 3 0 に入射する光の反射角を θ_{D1} と標記する。

【 0 0 8 1 】

同様に、発光素子 2 2 から出力されて反射体 4 0 の反射面上の任意の点 Q_2 で拡散反射され、その一部が受光素子 3 0 に入射する。発光素子 2 2 から点 Q_2 までの距離を P_{Lb} と標記し、点 Q_2 から受光素子 3 0 までの距離を P_{Db} と標記する。発光素子 2 2 から点 Q_2 に入射する光の入射角を θ_{L2} と標記し、点 Q_2 で反射し受光素子 3 0 に入射する光の反射角を θ_{D2} と標記する。

【 0 0 8 2 】

発光素子 2 1 から点 Q_1 に届く光の光量 L_{LQ1} は、以下の式で表される。

【 数 7 】

$$L_{LQ1} = G_1 \cdot \cos^N \theta_{L1} \cdot \frac{\cos \theta_{L1}}{P_{La}^2} \dots (7)$$

ここで、 \cos^N は、発光素子 2 1 の光度の角度特性を表す。なお、角度特性を示す \cos^N は一例であり、必ずしも余弦分布である必要はなく、角度特性を任意の関数で表してもよい。

【 0 0 8 3 】

点 Q_1 から受光素子 3 0 に届く光量 L_{Q1} は、以下の式で表される。ここで、 \cos^M は、受光素子 3 0 の受光量の角度特性を示す。なお、角度特性を示す \cos^M は一例であり、必ずしも余弦分布である必要はなく、角度特性を任意の関数で表してもよい。

【 数 8 】

10

20

30

40

50

$$L_{Q1} = \alpha \cdot L_{LQ1} \cdot \cos \theta_{D1} \cdot \frac{\cos^M \theta_{D1}}{P_{D1}^2}$$

$$= \alpha \cdot G_1 \cdot \cos^N \theta_{L1} \cdot \cos \theta_{L1} \cdot \cos \theta_{D1} \cdot \frac{\cos^M \theta_{D1}}{(P_{L1}^2 \cdot P_{D1}^2)} \dots (8)$$

【 0 0 8 4 】

同様に、発光素子 2 2 から出力され、点 Q 2 で反射し、受光素子 3 0 に入射する光の光量 L_{Q2} は、以下の式で表される。

10

【数 9】

$$L_{Q2} = \alpha \cdot G_2 \cdot \cos^N \theta_{L2} \cdot \cos \theta_{L2} \cdot \cos \theta_{D2} \cdot \frac{\cos^M \theta_{D2}}{(P_{L2}^2 \cdot P_{D2}^2)} \dots (9)$$

【 0 0 8 5 】

発光素子 2 1 から出力され、反射体 4 0 で拡散反射し、受光素子 3 0 で受光される受光量 L_1 は、及び発光素子 2 2 から出力され、反射体 4 0 で拡散反射し、受光素子 3 0 で受光される受光量 L_2 は以下の式で表される。

20

【数 1 0】

$$L_1 = \sum L_{Q1}$$

$$L_2 = \sum L_{Q2} \dots (10)$$

30

ここで、式 (1 0) の第 1 式の右辺の分子の 記号は、点 Q 1 について反射体 4 0 の反射面の全域についての和をとることを意味し、第 2 式の 記号は、点 Q 2 について反射体 4 0 の反射面の全域についての和をとることを意味する。

【 0 0 8 6 】

受光量の比 L_2 / L_1 は、以下の式で表される。

【数 1 1】

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{\sum L_{Q1}}{\sum L_{Q2}} \dots (11)$$

40

【 0 0 8 7 】

発光素子 2 1、2 2 の温度変化によって光度 G_1 、 G_2 が変化率 K で変化すると、式 (8)、式 (9) から、光量 L_{Q1} 、 L_{Q2} も、それぞれ K 倍になる。このとき、式 (1 1) で表される受光量の比 L_2 / L_1 は変化しない。したがって、温度変化による光度 G_1 、 G_2 の変化が相殺され、弾性支持部材 1 0 の変形量の測定結果は、温度変化の影響をほとんど受けない。

【 0 0 8 8 】

次に、第 5 実施例の優れた効果について説明する。

50

第5実施例においても第1実施例と同様に、2つの発光素子21、22を配置しているため、発光素子21、22の温度変化の影響を排除して、弾性支持部材10の変形量を高精度に測定することができる。

【0089】

[第6実施例]

次に、図12及び図13を参照して第6実施例による光学センサについて説明する。以下、図1Aから図4Bまでの図面を参照して説明した第1実施例による光学センサと共通の構成については説明を省略する。

【0090】

図12は、第6実施例による光学センサの断面図である。第1実施例(図1B)では、2個の発光素子21、22、及び1個の受光素子30が第1平面51に配置されている。これに対して第6実施例では、第1実施例において受光素子30が配置されている箇所に発光素子20が配置されており、2個の発光素子21、22が配置されている箇所に、それぞれ受光素子31、32が配置されている。

10

【0091】

2つの受光素子31、32の感度の温度依存性は同一である。例えば、2つの受光素子31、32の、温度変化に対する感度変化の傾きは同一である。なお、2つの受光素子31、32の、温度変化に対する感度変化の傾向が同一である構成としてもよい。例えば、2つの受光素子31、32の、温度変化に対する感度変化の傾きが共に正、または共に負であってもよい。2つの受光素子31、32として、同一型番の製品を用いるとよい。また、2つの受光素子31、32として、同一ロットのものを用いることが好ましく、同一ウエハで製造されたものを用いることがより好ましい。

20

【0092】

図13は、第6実施例による光学センサの処理部60のブロック図である。第1実施例(図2)では、一方のスイッチマトリクス62に2個の発光素子21、22が接続されており、他方のスイッチマトリクス65に1個の受光素子30が接続されている。これに対して第6実施例では、一方のスイッチマトリクス62に1個の発光素子20が接続されており、他方のスイッチマトリクス65に2個の受光素子31、32が接続されている。

【0093】

演算部68は、発光素子21を発光させたときに一方の受光素子31で受光された受光量 L_1 に対する他方の受光素子32で受光された受光量 L_2 の比 L_2/L_1 を計算し、計算結果に基づいて弾性支持部材10の変形量を計算する。

30

【0094】

次に、第6実施例の優れた効果について説明する。

第6実施例では、発光素子20の光度が温度変化によって変動しても、2つの受光素子31、32で受光される受光量の比 L_2/L_1 はほとんど変動しない。このため、発光素子20の温度変化の影響を排除して、弾性支持部材10の変形量を高精度に測定することができる。

【0095】

次に、第6実施例の変形例について説明する。

40

第6実施例においても、図5に示した第2実施例のように、弾性支持部材10がコイルバネ等の弾性部材を含むようにしてもよい。また、図7A、図7Bに示した第3実施例と類似の構成を採用してもよい。すなわち、一方の受光素子31と対をなす副受光素子、及び他方の受光素子32と対をなす副受光素子を配置してもよい。さらに、受光素子の個数を3個以上にしてもよい。また、図10に示した第5実施例のように、天板部10Bの全体を反射体40で構成してもよい。

【0096】

上述の各実施例は例示であり、異なる実施例で示した構成の部分的な置換または組み合わせが可能であることは言うまでもない。複数の実施例の同様の構成による同様の作用効果については実施例ごとには逐次言及しない。さらに、本発明は上述の実施例に制限され

50

るものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【符号の説明】

【 0 0 9 7 】

1 0	弾性支持部材	
1 0 A	側壁部	
1 0 B	天板部	
1 0 C	弾性部材	
1 0 D	凸部	
1 5	空間	10
2 0、2 1、2 2、2 3、2 4	発光素子	
2 1 S、2 2 S、2 3 S、2 4 S	副発光素子	
2 7	入射制限構造	
2 7 A	支持部材	
2 7 B	集光レンズ	
3 0、3 1、3 2	受光素子	
4 0	反射体	
5 0	基板	
5 1	第 1 平面	
6 0	処理部	20
6 1	電源	
6 2	スイッチマトリクス	
6 3	発光素子ドライバ	
6 4	インタフェース部	
6 5	スイッチマトリクス	
6 6	トランスインピーダンスアンプ	
6 7	A/Dコンバータ	
6 8	演算部	

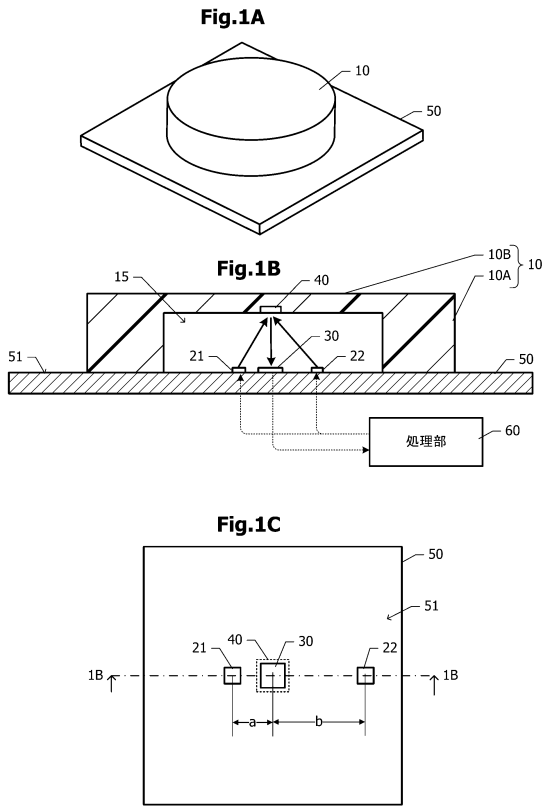
30

40

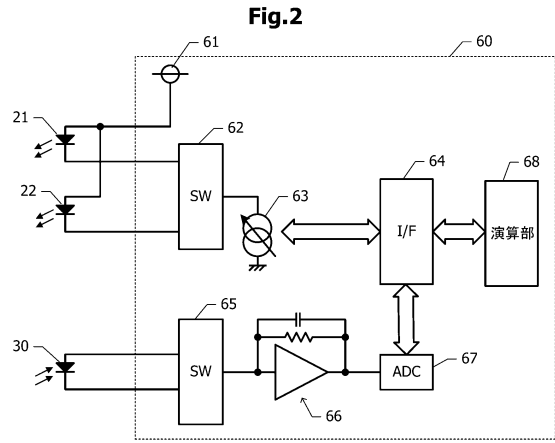
50

【 図面 】

【 図 1 】



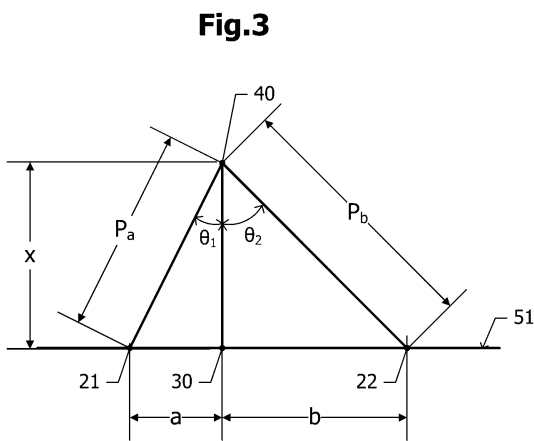
【 図 2 】



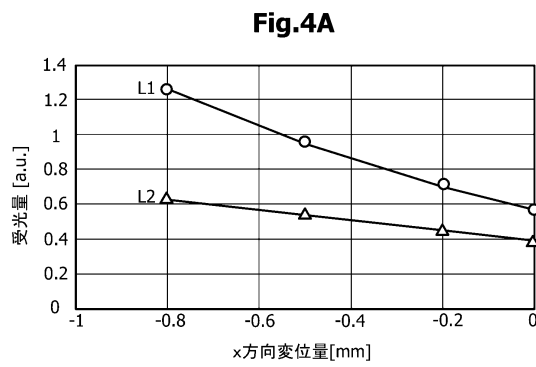
10

20

【 図 3 】

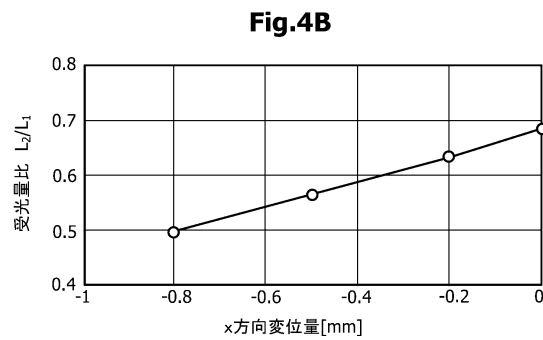


【 図 4 】



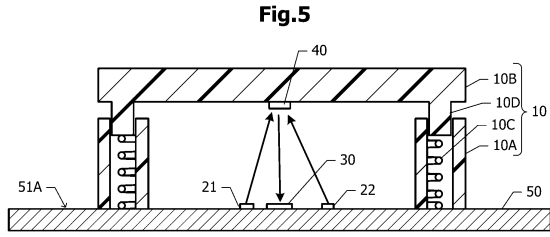
30

40

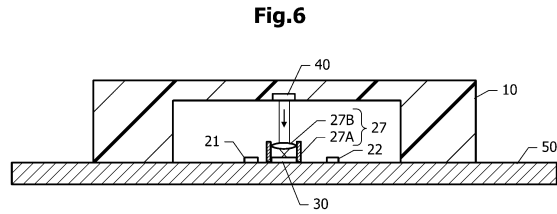


50

【 5 】



【 6 】



【 7 】

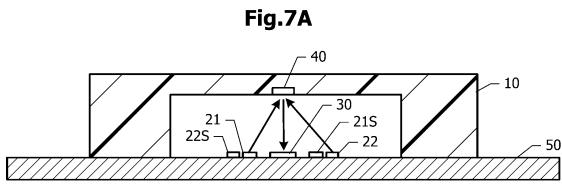
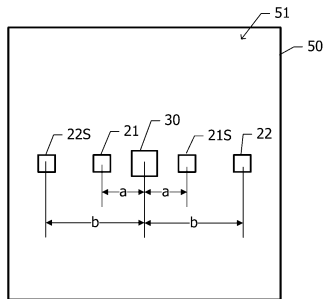
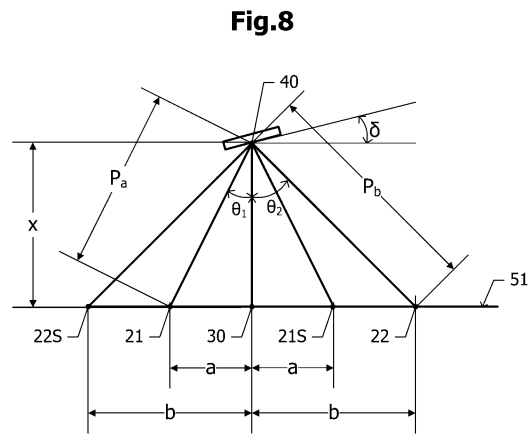


Fig.7B



【 8 】



10

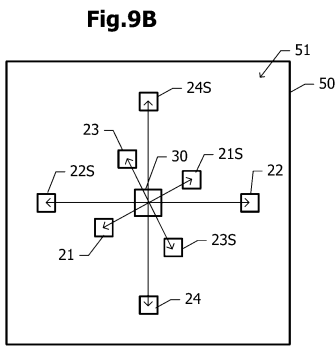
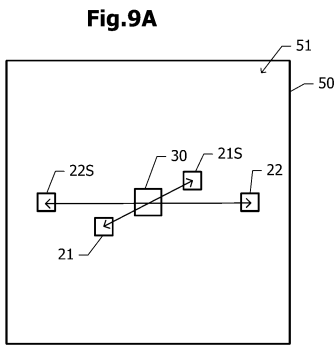
20

30

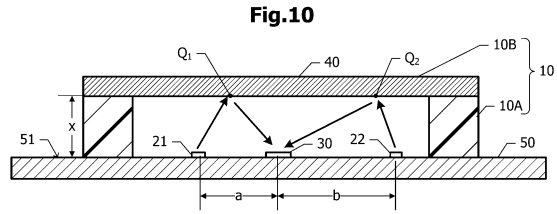
40

50

【 図 9 】



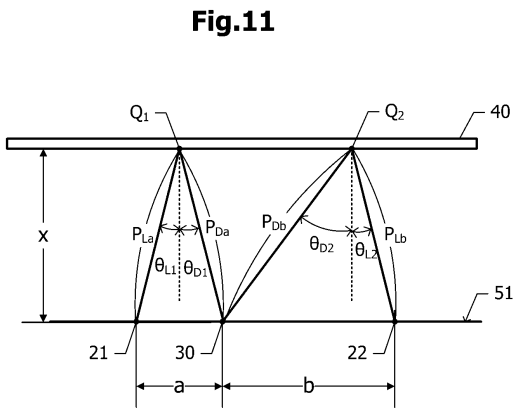
【 図 1 0 】



10

20

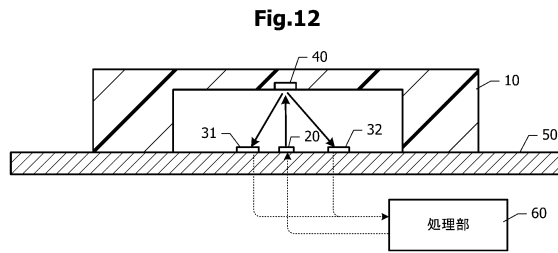
【 図 1 1 】



30

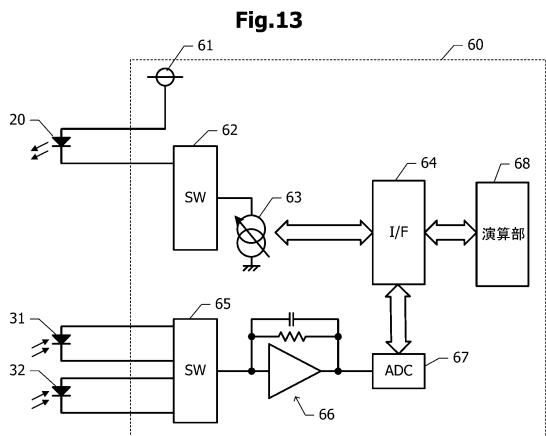
40

【 図 1 2 】



50

【 図 13 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

株式会社村田製作所内

審査官 公文代 康祐

- (56)参考文献 特開2001-169394(JP,A)
特開2001-296310(JP,A)
国際公開第2021/033455(WO,A1)
米国特許出願公開第2010/015579(US,A1)
米国特許出願公開第2014/032682(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| G01L | 1/00 |
| G01L | 1/24 |
| G01L | 5/00 |
| G01B | 11/16 |
| H04R | 23/00 |