

(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
2018年8月9日(09.08.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/143181 A1

(51) 国際特許分類:
G01J 1/02 (2006.01) H01L 31/0232 (2014.01)
G02B 6/42 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/002931

(22) 国際出願日: 2018年1月30日(30.01.2018)

(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 2017-017430 2017年2月2日(02.02.2017) JP
特願 2017-017476 2017年2月2日(02.02.2017) JP
特願 2017-017477 2017年2月2日(02.02.2017) JP

(71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1 丁
目 5 番 1 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 山内 隆典 (YAMAUCHI Takanori);
〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株
式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 清
山 航 (KIYOYAMA Wataru); 〒2858550 千葉県
佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐
倉事業所内 Chiba (JP). 阪本 真一 (SAKAMOTO
Shinichi); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4

0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). ▲高▼橋 明理 (TAKAHASHI Akari); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).

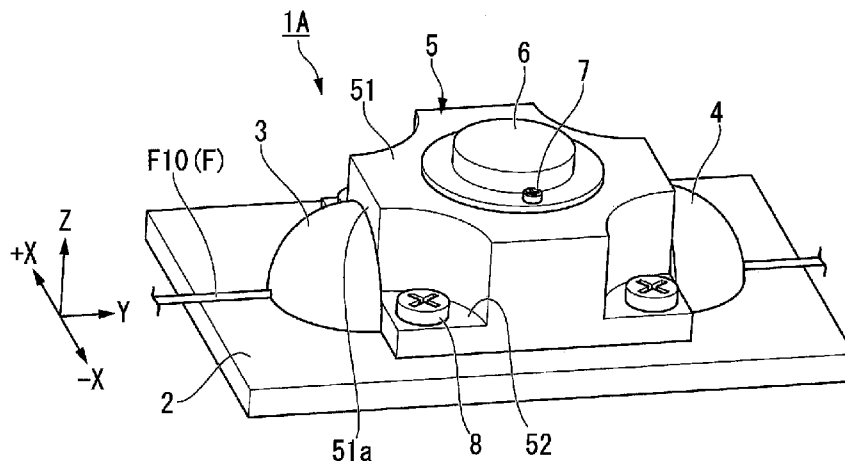
(74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).

(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, 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, 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,

(54) Title: PHOTODETECTOR AND METHOD FOR MANUFACTURING PHOTODETECTOR

(54) 発明の名称: 光検出器および光検出器の製造方法



(57) Abstract: The photodetector according to the present invention is provided with: a substrate; an optical fiber mounted on the substrate; and a photodetection element for detecting scattered light of light guided by the optical fiber, the photodetection element being fixed to the substrate.

(57) 要約: 光検出器は、基板と、前記基板上に載置された光ファイバと、前記基板に対して固定され、前記光ファイバによって導波される光の散乱光を検出する光検出素子と、を備える。



WO 2018/143181 A1

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)）

明 細 書

発明の名称：光検出器および光検出器の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光検出器および光検出器の製造方法に関する。

本願は、2017年2月2日に日本に出願された、特願2017-017430号、特願2017-017476号、特願2017-017477号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来から、特許文献1に示されるような光検出器が知られている。この光検出器は、光ファイバによって導波される光の散乱光を検出する光検出素子を備えている。

この種の光検出器では、散乱光の検出結果が光検出素子と光ファイバとの相対的な位置によって変化するため、光検出素子と光ファイバとを固定部材などによって固定する必要がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特表2013-508688号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、雰囲気温度の変化などによって固定部材の温度が変化すると、固定部材が膨張あるいは収縮することにより、光検出素子と光ファイバとの相対的な位置にずれが生じる場合がある。この結果、固定部材の温度変化に伴って散乱光の検出結果が変化してしまう。

[0005] 本発明はこのような事情を考慮してなされたもので、温度変化に起因する光検出素子と光ファイバとの相対的な位置ずれを抑制できる光検出器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] 上記課題を解決するために、本発明の第1の態様に係る光検出器は、基板と、前記基板上に載置された光ファイバと、前記基板に対して固定され、前記光ファイバによって導波される光の散乱光を検出する光検出素子と、を備えている。
- [0007] また、本発明の第2の態様に係る光検出器は、第1の態様に係る光検出器が、前記光ファイバを前記基板に対して固定する第1固定部材および第2固定部材をさらに備え、前記第1固定部材は、前記光ファイバの延びる長手方向において前記光検出素子を挟んだ前記第2固定部材の反対側に配置され、前記第1固定部材のうち、上面視において、前記長手方向に直交する短手方向に前記光ファイバを挟む一方側の部分における体積を V_1 、他方側の部分における体積を V_2 とし、前記第2固定部材のうち、上面視において、前記短手方向における前記光ファイバの前記一方側の部分における体積を V_3 、前記他方側の部分における体積を V_4 とすると、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ を満足する。
- [0008] 上記第2の態様によれば、第1固定部材および第2固定部材が、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ のいずれか一方を満足するように構成されているため、温度変化に伴って光ファイバが光検出素子に対して回転移動する。これにより、例えば光検出器が $V_1 > V_2$ かつ $V_3 > V_4$ となるように構成され、光ファイバが光検出素子に対して平行移動する場合と比較して、温度変化に伴う光ファイバと光検出素子との相対的な位置のずれを小さくすることができる。
- [0009] 本発明の第3の態様に係る光検出器は、上記第2の態様に係る光検出器において、前記第1固定部材を形成する材質の線膨張係数を α_1 とし、前記第2固定部材を形成する材質の線膨張係数を α_2 とし、上面視において、前記短手方向における前記第1固定部材の重心と前記光ファイバとの距離を X_1 とし、前記短手方向における前記第2固定部材の重心と前記光ファイバとの距離を X_2 とすると、 $\alpha_1 / \alpha_2 = X_2 / X_1$ を満足する。
- [0010] 上記第3の態様によれば、温度変化に伴って光ファイバが光検出素子の近

傍を中心に回転するため、光検出素子と光ファイバとの相対的な位置のずれをより確実に低減することができる。

[0011] 本発明の4の態様に係る光検出器の製造方法は、基板と、前記基板上に載置された光ファイバと、前記基板に対して固定され、前記光ファイバによって導波される光の散乱光を検出する光検出素子と、前記光ファイバを前記基板に対して固定する第1固定部材および第2固定部材と、を備え、前記第1固定部材が、前記光ファイバの延びる長手方向において前記光検出素子を挟んだ前記第2固定部材の反対側に配置される光検出器の製造方法であって、前記第1固定部材となる樹脂を前記基板および前記光ファイバに塗布する第1塗布工程と、上面視において、前記第1固定部材のうち、前記長手方向に直交する短手方向に前記光ファイバを挟む一方側の部分の体積 V_1 および他方側の部分の体積 V_2 を検出する体積検出工程と、前記体積検出工程における検出結果に基づいて、前記第2固定部材となる樹脂を前記基板および前記光ファイバに塗布する第2塗布工程と、を有し、上面視において、前記第2固定部材のうち、前記短手方向に前記光ファイバを挟む前記一方側の部分における体積を V_3 、前記他方側の部分における体積を V_4 とすると、前記第2塗布工程では、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ を満足するように前記第2固定部材となる樹脂の吐出量を制御する。

[0012] 上記第4の態様の製造方法によれば、第1固定部材の体積 V_1 、 V_2 の検出結果に基づいて第2固定部材となる樹脂を吐出するため、例えば第1固定部材が光ファイバに対して短手方向に偏って塗布された場合に、温度変化に伴う光検出素子と光ファイバとの相対的な位置のずれを低減するように第2固定部材となる樹脂の吐出量を制御して、第2固定部材を形成することができる。

[0013] 本発明の第5の態様に係る光検出器は、上記第1から第3のいずれか1つの態様に係る光検出器が、前記光ファイバを前記基板に対して固定する第1固定部材および第2固定部材をさらに備え、前記第1固定部材は、前記光ファイバの延びる長手方向において前記光検出素子を挟んだ前記第2固定部材

の反対側に配設され、前記第1固定部材は正の線膨張係数を有する材質により形成され、前記第2固定部材は負の線膨張係数を有する材質により形成されている。

[0014] 上記第5の態様の光検出器によれば、光ファイバは基板に対して第1固定部材および第2固定部材によって固定されている。また、第1固定部材は正の線膨張係数を有する材質により形成されており、第2固定部材は負の線膨張係数を有する材質により形成されている。このため、第1固定部材および第2固定部材に温度変化が生じた場合、第1固定部材および第2固定部材のうち一方は収縮し、他方は膨張する。そして、第1固定部材および第2固定部材は、光ファイバの長手方向において光検出素子を挟んだ両側に配設されている。これにより、例えば第1固定部材および第2固定部材の両者が正の線膨張係数を有する材質で形成されている場合に、第1固定部材および第2固定部材の両者が膨張することにより生じる光ファイバと光検出素子との相対的な位置ずれを抑制することができる。また、例えば第1固定部材および第2固定部材の両者が負の線膨張係数を有する材質で形成されている場合に、第1固定部材および第2固定部材の両者が収縮することによって、光ファイバに張力が作用するのを抑止することができる。

[0015] 本発明の第6の態様に係る光検出器は、上記第5の態様に係る光検出器において、前記第2固定部材が、前記長手方向に負の線膨張係数を有する材質により形成されている。

[0016] 本発明の第7の態様に係る光検出器は、上記第5または第6の態様に係る光検出器において、前記第2固定部材を形成する材質の線膨張係数の絶対値が、前記第1固定部材を形成する材質の線膨張係数の絶対値より大きい。

[0017] 上記第7の態様によれば、光検出器の温度が上昇した際に、第2固定部材の収縮量が第1固定部材の膨張量を上回るため、第1固定部材と第2固定部材との間で、例えば上下方向または左右方向に光ファイバが撓み、光検出素子に対する位置が変化するのをより確実に抑制することができる。

[0018] 本発明の第8の態様に係る光検出器は、上記第5から第7のいずれか1つ

の態様に係る光検出器において、前記第1固定部材を形成する材質の線膨張係数を α_A とし、前記第2固定部材を形成する材質の線膨張係数の絶対値を α_B とし、前記第1固定部材の重心と前記光ファイバとの距離を X_{0A} とし、前記第2固定部材の重心と前記光ファイバとの距離を X_{0B} とすると、 α_A/α_B の値と X_{0B}/X_{0A} の値とが略同値である。

[0019] 上記第8の態様によれば、光ファイバが理想的な設計位置からずれて配置されていた場合に、温度変化に伴って光ファイバが光検出素子の近傍を中心に回転するように移動するため、温度に応じた光ファイバの光検出素子に対する距離の変化量をより一層低減することができる。これにより、光検出素子による検出結果の温度依存性をより一層低減することができる。

[0020] 本発明の第9の態様に係る光検出器は、上記第1から第3または第5から第8のいずれか1つの態様に係る光検出器が、前記光ファイバを前記基板に対して固定する第1固定部材および第2固定部材と、前記光検出素子を前記基板に固定する固定台と、をさらに備え、前記固定台は、少なくとも1つの開口部を有し、前記光ファイバの一部は、前記開口部を通じて前記固定台の内側に收容され、少なくとも1つの前記開口部が、前記第1固定部材または前記第2固定部材のいずれかによって閉塞されている。

[0021] 上記第9の態様によれば、光ファイバを固定台の内側に導入するための開口部が、固定部材によって閉塞されている。このため、開口部を通じて固定台の内部に埃などが進入し、光検出素子による散乱光の検出結果に影響が及ぼされるのを抑制することができる。

[0022] 本発明の第10の態様に係る光検出器は、上記第9の態様に係る光検出器において、前記第1固定部材または前記第2固定部材のいずれかの一部が、前記固定台の内側に位置している。

[0023] 上記第10の態様によれば、第1固定部材または第2固定部材による、光ファイバを基板に固定する効果を、より一層高めることができる。また、光検出素子の受光面と光ファイバとが対向する空間内に、埃などが進入するのをより確実に抑制することができる。そして、光検出素子による散乱光の検

出結果をより安定させることができる。

[0024] 本発明の第11の態様に係る光検出器は、上記第9または第10の態様に係る光検出器において、前記固定台は、前記光検出素子を保持する本体部を有し、前記第1固定部材または前記第2固定部材のいずれかの幅が、前記本体部の幅よりも大きい。

[0025] 上記第11の態様によれば、第1固定部材または第2固定部材と基板との接触面積が大きくなる。従って、第1固定部材または第2固定部材と基板との接続強度が増加し、光ファイバを基板により一層確実に固定することができる。

[0026] 本発明の第12の態様に係る光検出器は、上記第9または第10の態様に係る光検出器において、前記固定台は、前記光検出素子を保持する本体部を有し、前記第1固定部材または前記第2固定部材のいずれかの幅が、前記本体部の幅よりも小さい。

[0027] 上記第12の態様によれば、基板のうち、第1固定部材または第2固定部材により覆われた部分の面積が小さくなる。従って、基板のうち、他の部品を実装可能な面積が増加するので、部品の実装密度を高めることができる。

[0028] 本発明の第13の態様に係る光検出器は、上記第1から第3または第5から第12のいずれか1つの態様に係る光検出器が、前記基板の取付け面に接触した状態で前記基板に固定され、前記光ファイバを載置する載置面を有し、前記載置面上に位置する前記光ファイバと前記基板とを接続する接続部材と、前記光ファイバによって導波される光の散乱光を検出する光検出素子と、前記光検出素子を前記基板に固定し、温度変化に伴って少なくとも上下方向に伸縮する固定台と、をさらに備え、前記固定台は、少なくとも1つの開口部と、前記取付け面に接触した状態で固定される接触面と、を有し、前記光ファイバの一部は、前記開口部を通じて前記固定台の内側に収容され、前記載置面は、少なくとも前記光ファイバを挟んで前記光検出素子と対向する部分に配置され、前記載置面上に位置する前記光ファイバと前記光検出素子との間の上下方向の距離が所定の範囲内となるように、前記接続部材が温度

変化に伴って少なくとも上下方向に伸縮する。

[0029] 上記第13の態様に係る光検出器によれば、光検出素子が固定台を介して基板に固定されており、固定台の接触面が基板の取付け面に接触した状態で固定されている。このため、光検出器の温度が上昇若しくは低下すると、固定台が熱膨張若しくは熱収縮して、光検出素子が基板の取付け面に対して上下方向に移動する。

一方、光ファイバは接続部材の載置面上に載置され、この接続部材は基板の取付け面に接触した状態で固定されており、載置面上に位置する光ファイバと基板とを接続する。さらに、載置面は少なくとも光ファイバを挟んで光検出素子と対向する部分に配置されている。そして、接続部材は、載置面に載置された光ファイバと光検出素子との間の上下方向の距離が所定の範囲内になるように、温度変化に伴って少なくとも上下方向に伸縮する。これにより、例えば光ファイバが基板の取付け面上に直接載置されている場合と比較して、温度変化に起因する光検出素子と光ファイバとの上下方向における相対的な位置ずれを抑制することができる。

[0030] 本発明の第14の態様に係る光検出器は、上記第13の態様に係る光検出器において、前記固定台は、上下方向における前記光検出素子の前記取付け面に対する位置を決める位置決め部を有し、前記接続部材を形成する材質の線膨張係数を α_a 、前記固定台を形成する材質の線膨張係数を α_b とし、前記接続部材のうち前記光ファイバが載置されている部分における上下方向の厚みを H_{a0} 、前記接触面から前記位置決め部までの上下方向の長さを H_{b0} とすると、 $\alpha_a \times H_{a0} (\alpha_a \times H_{a0} - 2 \times \alpha_b \times H_{b0}) < 0$ を満足する。

[0031] 上記第14の態様によれば、接続部材および固定台が $\alpha_a \times H_{a0} (\alpha_a \times H_{a0} - 2 \times \alpha_b \times H_{b0}) < 0$ を満足するように構成されている。これにより、接続部材の熱膨張量若しくは熱収縮量が固定台の熱膨張量若しくは熱収縮量を過剰に上回り、接続部材を設けたことでかえって光検出素子および光ファイバの温度変化に起因する上下方向の相対的な位置ずれが大きくなってしまふのを抑止し、上記した光検出器による作用効果をより確実に奏功させること

ができる。

[0032] 本発明の第15の態様に係る光検出器は、上記第14の態様に係る光検出器において、 $\alpha_b \times H_{b0}$ の値と $\alpha_a \times H_{a0}$ の値とが略同値である。

[0033] 上記第15の態様によれば、固定台が熱膨張若しくは熱収縮することで光検出素子が基板の取付け面に対して上下方向に移動する量と、接続部材が熱膨張若しくは熱収縮することで光ファイバが基板の取付け面に対して上下方向に移動する量と、が略同等となる。これにより、温度変化が生じたとしても光検出素子および光ファイバが上下方向における相対的な位置関係を保ったまま変位することとなり、温度変化に起因する両者の上下方向における相対的な位置ずれをより一層確実に抑えることが可能となる。

発明の効果

[0034] 本発明の上記態様によれば、温度変化に起因する光検出素子と光ファイバとの相対的な位置ずれを抑制できる光検出器を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]第1実施形態の光検出器を備えたレーザシステムの構成を示すブロック図である。

[図2]第1実施形態の光検出器の斜視図である。

[図3]第1実施形態の光検出器の上面図である。

[図4]図3の光検出器のA-A断面矢視図である。

[図5]図3の光検出器のB-B断面矢視図である。

[図6A]第1固定部材および第2固定部材が-X側に偏って形成された、比較例の光検出器を示す上面図であり、温度変化前の状態を示す。

[図6B]図6Aの温度変化後の状態を示す図である。

[図7A]本実施形態の光検出器の上面図であり、温度変化前の状態を示す。

[図7B]図7Aの温度変化後の状態を示す図である。

[図8]第1実施形態の光検出器の上面図である。

[図9]第2実施形態の光検出器を備えたレーザシステムの構成を示すブロック図である。

[図10]第2実施形態の光検出器の斜視図である。

[図11]第2実施形態の光検出器の上面図である。

[図12]図11の光検出器のA-A断面矢視図である。

[図13]図11の光検出器のB-B断面矢視図である。

[図14A]比較例の光検出器の温度が上昇した場合の説明図である。

[図14B]第2実施形態の光検出器の温度が上昇した場合の説明図である。

[図15A]図11に示す光検出器において、光ファイバの位置がずれた状態を示す上面図であり、温度変化前の状態を示す。

[図15B]図15Aの温度変化後の状態を示す図である。

[図16]第3実施形態の光検出器を備えたレーザシステムの構成を示すブロック図である。

[図17]第3実施形態の光検出器の斜視図である。

[図18]第3実施形態の光検出器の上面図である。

[図19]図18の光検出器のA-A断面矢視図である。

[図20]図18の光検出器のB-B断面矢視図である。

[図21]温度に応じた光検出素子による検出値の変動を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0036] (第1実施形態)

第1実施形態に係る光検出器の構成を、図1～図8を参照しながら以下に説明する。

なお、発明の理解を容易にするため、図1～図8では構成部品の縮尺の変更などを適宜行っている。

図1は、本実施形態に係る光検出器1Aを備えたレーザシステムの構成を示すブロック図である。

図1に示す通り、レーザシステムLSは、複数のレーザ装置31、コンバイナ32（合波装置）、光ファイバF10（出力光ファイバ）、光検出器1A、及び制御装置33（制御部）を備える。レーザシステムLSは、光ファイバF10の出力端Xから出力光L11（レーザ光）を出力する。

[0037] レーザ装置 3 1 は、制御装置 3 3 の制御の下で、レーザ光を出力する装置である。

コンバイナ 3 2 は、複数のレーザ装置 3 1 から出力される複数の出力光 L 1 を光学的に結合する。コンバイナ 3 2 の内部では、レーザ装置 3 1 の各々から延びる光ファイバ F が束ねられて 1 本にされており（溶融延伸により 1 本にされており）、その 1 本にされた光ファイバが光ファイバ F 1 0 の一端に融着接続されている。光ファイバ F 1 0 は、伝送媒体として機能する光ファイバであり、出力光 L 1 1（レーザ装置 3 1 の各々から出力される複数の出力光 L 1 をコンバイナ 3 2 で光学的に結合して得られる光）を導波する。光ファイバ F 1 0 によって導波された出力光 L 1 1 は、光ファイバ F 1 0 の出力端 X から出力される。

制御装置 3 3 は、後述する光検出器 1 A の後述する検出結果に基づいて、出力端 X から出力される出力光 L 1 1 のパワーが一定となるように複数のレーザ装置 3 1 を制御する。

[0038] 光検出器 1 A は、コンバイナ 3 2 と出力端 X との間に配置され、光ファイバ F 1 0 によって導波される光のパワーを検出する。なお、光検出器 1 A はレーザ装置 3 1 とコンバイナ 3 2 との間に配置されて、光ファイバ F によって導波される光のパワーを検出してもよい。

[0039] 図 2 は、光検出器 1 A の斜視図である。図 2 に示すように、光検出器 1 A は、基板 2 と、基板 2 上に載置された光ファイバ F 1 0 若しくは光ファイバ F（以下、単に光ファイバ F 1 0 と記す）と、第 1 固定部材 3 と、第 2 固定部材 4 と、固定台 5 と、光検出素子 6 と、を備えている。

[0040] ここで、本実施形態では X Y Z 直交座標系を設定して各構成の位置関係を説明する。Y 方向は、温度変化によって光ファイバ F 1 0 が移動する前の状態における、光ファイバ F 1 0 の延在する方向（長手方向）である。Z 方向は、基板 2 の光ファイバ F 1 0 が載置されている面に垂直な方向（上下方向）である。Z 方向において、基板 2 の光ファイバ F 1 0 が載置されている側を上側といい、その反対側を下側という。X 方向（短手方向）は、Y 方向お

よびZ方向の双方向に直交する方向である。

また、上面視（平面視）において、X方向に光ファイバF10を挟む一方側を-X側といい、他方側を+X側という場合がある。

[0041] 図3は光検出器1Aの上面図である。図4は図3のA-A断面矢視図であり、第2固定部材4の輪郭を2点鎖線により示している。図5は、図3のB-B断面矢視図である。

図2などに示すように、固定台5は、光検出素子6を保持する本体部51と、固定台5を基板2に締結するための締結部52と、を有している。固定台5の締結部52はネジ8によって基板2に固定されている。固定台5は、奥行き20mm、幅20mm、高さ8mmの略直方体状に形成されている。固定台5の材質として、例えば艶消し黒アルマイトにより表面処理されたアルミニウムを用いることができる。図4、図5に示すように、固定台5には貫通孔5aと、溝部5bとが形成されている。貫通孔5aは、固定台5の本体部51をZ方向に貫通しており、基板2に対して垂直に延びている。溝部5bは、固定台5の本体部51の底面に形成され、固定台5のX方向における全長にわたって延びている。図4、図5に示すように、溝部5bのX方向の幅及びZ方向の高さは光ファイバF10の直径よりも大きい。

[0042] 図5に示すように、固定台5は、溝部5bの開口部5b1、5b2を有している。光ファイバF10の一部は、開口部5b1、5b2を通じて溝部5b内に導入され、固定台5の内側に收容されている。第1開口部5b1は第1固定部材3によって閉塞され、第2開口部5b2は第2固定部材4によって閉塞されている。第1固定部材3の一部は、第1開口部5b1を通じて溝部5b内に入り込んでおり、固定台5の内側に位置している。第2固定部材4の一部は、第2開口部5b2を通じて溝部5b内に入り込んでおり、固定台5の内側に位置している。

[0043] 光検出素子6には、図5に示すように、円柱部6aおよびフランジ部6bが形成されている。円柱部6aはZ方向に延びており、フランジ部6bはZ方向に直交する平面内に延在している。円柱部6aが固定台5の貫通孔5a

内に嵌合することにより、光検出素子6の固定台5に対するX方向およびY方向の位置が定まる。また、フランジ部6bの下面が固定台5の上面に当接した状態で、光検出素子6はネジ7により固定台5に固定されている。これにより、光検出素子6の固定台5に対するZ方向の位置が定まる。

[0044] 以上の構成により、光検出素子6は、固定台5に対するX方向、Y方向、Z方向の位置が定まった状態で、固定台5に固定されている。また、固定台5はネジ8によって基板2に固定されているため、光検出素子6は固定台5を介して基板2に固定される。つまり、固定台5は光検出素子6を基板2に固定する。これにより、光検出素子6の円柱部6aの下端面（以下、受光面6cという）と光ファイバF10の外周面との距離Lが定まる。

[0045] 光検出素子6は、受光面6cにおいて光ファイバF10からの散乱光（例えばレイリー散乱光）を受光することにより、散乱光の強度を電力に変換する。この電力は不図示の電気回路基板上で増幅され、制御装置33に入力される。これにより、制御装置33は光ファイバF10によって導波される光のパワーをリアルタイムにモニタリングすることができる。光検出素子6としては、例えばPINフォトダイオードを用いることができる。光検出素子6としてPINフォトダイオードを用いた場合には、光ファイバF10の外周面から受光面6cまでの距離Lは数mm程度に設定される。

[0046] 第1固定部材3および第2固定部材4は、光ファイバF10を基板2に対して固定する。第1固定部材3および第2固定部材4は、X方向において光検出素子6を挟んだ両側に配置されている。第1固定部材3および第2固定部材4は、図2～図5に示すように、略球状を4分割した形状に形成されている。第1固定部材3および第2固定部材4の一部分はそれぞれ、固定台5の溝部5b内に進入している。

[0047] 図4に示すように、第1固定部材3または第2固定部材4のX方向における幅を、幅W1と表す。本体部51のX方向における幅を、幅W2と表す。図2および図4に示すように、本体部51のうち、第1開口部5b1または第2開口部5b2を有する端面を、端面51aと表す。端面51aは、Y方

向を向いている。図4に示すように、Y方向（光ファイバF10の長手方向）から見て、X方向（端面51aの面方向に略直交する方向）における第1固定部材3または第2固定部材4の幅W1は、X方向における本体部51の幅W2よりも大きい。

[0048] 本体部51のうち、Y方向（端面51aの面方向）における第1固定部材3または第2固定部材4の幅を、幅W3と表す。本実施形態では、第1固定部材3または第2固定部材4についての幅W1および幅W3が、本体部51についての幅W2よりも大きい。これにより、第1固定部材3または第2固定部材4と基板2との接触面積が大きくなる。従って、第1固定部材3または第2固定部材4と基板2との接続強度が増加し、光ファイバF10を基板2により一層確実に固定することができる。

[0049] 第1固定部材3および第2固定部材4はそれぞれ、正の線膨張係数を有する材質により形成されている。これらの固定部材の材質としては、例えば線膨張係数が 300×10^{-6} [1/K]程度のシリコン樹脂などを用いることができる。なお、第1固定部材3および第2固定部材4の具体的な材質は、互いに同じであってもよく、異なってもよい。

[0050] 図2～図5に示すように、光検出素子6の受光面6cと、光ファイバF10と、が対向する空間は、光検出素子6、固定台5、第1固定部材3、および第2固定部材4により密閉されている。より詳しくは、固定台5に形成された溝部5bの開口部5b1、5b2を、第1固定部材3および第2固定部材4が閉塞している。

この構成により、光検出素子6の受光面6cと光ファイバF10とが対向する空間内に埃などが進入して、光検出素子6による散乱光の検出結果に影響が及ぼされるのを抑制することができる。

[0051] また、本実施形態では、第1固定部材3または第2固定部材4のいずれかの一部が、固定台5の内側に位置している。この構成により、第1固定部材3または第2固定部材4のいずれかの一部が、固定台5の内側に位置していない場合と比べて、光ファイバF10を基板2に固定する効果を、より一層

高めることができる。また、固定台5の内側に、埃などが進入するのをより確実に抑制することができる。そして、光検出素子6による散乱光の検出結果をより安定させることができる。なお、第1固定部材3または第2固定部材4のいずれかの一部が、固定台5の内側に位置していなくてもよい。

[0052] ところで、図3は第1固定部材3および第2固定部材4が、光検出素子6の検出結果の温度依存性が小さくなるような形状に形成された場合を示している。具体的には、上面視において、第1固定部材3のうち、X方向に光ファイバF10を挟む一方側(-X側)の部分における体積 V_1 と、他方側(+X側)の部分における体積 V_2 と、が互いに同等となっている。同様に、上面視において、第2固定部材4のうちX方向に光ファイバF10を挟む一方側(-X側)の部分における体積 V_3 と、他方側(+X側)の部分における体積 V_4 と、が同等となっている。つまり、 $V_1 = V_2$ かつ、 $V_3 = V_4$ となるように第1固定部材3および第2固定部材4が形成されているため、光検出素子6の温度依存性が小さい。このとき、図3に示すように、第1固定部材3の重心C3および第2固定部材4の重心C4が光ファイバF10上に位置する。この理想的な状態における重心C3、C4を結ぶ直線を中心線Oという。

[0053] ここで、第1固定部材3および第2固定部材4は溶融した樹脂を硬化させて形成するため、例えば第1固定部材3および第2固定部材4が、短手方向における同じ側に偏って形成される場合がある。

例えば図6Aに示すように、第1固定部材3および第2固定部材4が、光ファイバF10に対して-X側にずれた位置に形成された場合について考える。この場合、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 > V_4$ となり、各固定部材の重心C3、C4は-X側にずれる。

[0054] 図6Bは、図6Aの状態から温度が上昇して、第1固定部材3および第2固定部材4が熱膨張した状態を示している。図6Bの実線は、第1固定部材3、第2固定部材4、および光ファイバF10の熱膨張後の位置および形状を示しており、破線は熱膨張前を示している。

図6Bに示すように、第1固定部材3および第2固定部材4の熱膨張に伴

って、光ファイバF 10は+ X側に移動する。これは、第1固定部材3および第2固定部材4が重心C 3、C 4を中心として膨張するためである。そして、熱膨張に伴う光ファイバF 10の移動量 ΔX は、温度に比例するため、光ファイバF 10と光検出素子6との間の距離が温度によって変化する。これにより、光検出器1 Aの温度に応じて光検出素子6の検出結果が異なり、温度依存性が生じてしまう。

[0055] そこで本実施形態の光検出器1 Aは、上記の温度依存性を低減するために、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 \leq V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ のいずれか一方を満足するように第1固定部材3および第2固定部材4を形成している。以下、光検出器1 Aの製造方法について、図7 A、図7 Bを用いて説明する。

[0056] 光検出器1 Aを製造する際、まず、基板2の上面に光ファイバF 10を載置する。次に、固定台5の溝部5 b内に光ファイバF 10を沿わせた状態で、固定台5を基板2に対してネジ8により固定する。次に、光検出素子6を固定台5に対してネジ7により固定する。

次に、加熱して溶融した第1固定部材3となる樹脂を、図7 Aに示すノズルN 1の先端から吐出し、基板2および光ファイバF 10上に塗布する。第1固定部材3となる樹脂の塗布量は、例えば0.5 ml程度である。塗布された樹脂が冷却され、固まることで、第1固定部材3が形成される（第1塗布工程）。

[0057] ここで、ノズルN 1の先端は、光ファイバF 10の直上に配置されている。図7 Aの例では、第1固定部材3が- X側に偏って形成され、 $V_1 > V_2$ となった状態を示している。このとき、第1固定部材3の重心C 3は- X側にずれている。

[0058] 次に、形成された第1固定部材3のうち、光ファイバF 10の- X側の部分における体積 V_1 と、+ X側の部分における体積 V_2 と、を検出する（体積検出工程）。体積 V_1 、 V_2 は、例えば、不図示の画像認識装置により検出することができる。なお、体積検出工程では、第1固定部材3が硬化する前に体積 V_1 、 V_2 を検出してもよく、硬化した後に体積 V_1 、 V_2 を検出してもよ

い。

[0059] 次に、第2固定部材4となる樹脂を、光ファイバF10の+X側および-X側の両側に各別に配置された複数のノズルN2、N3からそれぞれ吐出し、基板2および光ファイバF10上に塗布する(第2塗布工程)。第2固定部材4となる樹脂の、ノズルN2、N3から吐出される量の合計は、例えば0.5ml程度である。ノズルN2、N3の先端部(吐出孔)はそれぞれ、光ファイバF10から+X側および-X側に等間隔を空けて配置されている。ノズルN2、N3から吐出された樹脂は光ファイバF10近傍で合流し、これが冷却されて第2固定部材4が形成される。

[0060] ここで、各ノズルN2、N3のうち少なくとも一方の吐出量は、体積検出工程における検出結果に基づいて制御される。詳しくは、例えば体積検出結果が $V_1 > V_2$ であった場合は、ノズルN2からの吐出量がノズルN3からの吐出量よりも大きくなるように制御される。これにより、図7Aに示すように、第2固定部材4が+X側に偏って形成され、 $V_3 < V_4$ となる。このとき、第2固定部材4の重心C4は+X側にずれる。

なお、体積検出結果が $V_1 < V_2$ であった場合は、 $V_3 > V_4$ となるようにノズルN2、N3からの吐出量が制御される。また、体積検出結果が $V_1 = V_2$ であった場合は、 $V_3 = V_4$ となるようにノズルN2、N3からの吐出量が制御してもよい。

[0061] 次に、このようにして製造された光検出器1Aの作用について説明する。

[0062] 図7Bは、図7Aの状態から光検出器1Aの温度が上昇し、第1固定部材3および第2固定部材4が熱膨張した状態を示している。図7Bに示すように、第1固定部材3は重心C3を中心として膨張するため、光ファイバF10を+X側に向けて移動させる。一方、第2固定部材4は重心C4を中心として膨張するため、光ファイバF10を-X側に向けて移動させる。

[0063] これにより、光ファイバF10が光検出素子6の近傍の点Pを中心に回転するため、例えば図6Aのように $V_1 > V_2$ かつ $V_3 > V_4$ となっている場合と比較して、光ファイバF10の光検出素子6に対する移動量を低減すること

ができる。

なお、上述した作用は、光検出器 1 A が $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ となるように構成されている場合であっても奏功される。

[0064] 次に、図 8 に示すように、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ となっている場合に、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 の線膨張係数と、重心 C 3、C 4 に対する光ファイバ F 10 の位置の関係について考察する。

[0065] 先述の通り、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 は、温度変化に伴って、それぞれの重心 C 3、C 4 を中心に膨張若しくは収縮する。ここで、光検出素子 6 の温度依存性を低減するためには、光ファイバ F 10 が、光検出素子 6 の近傍である点 P を中心として回転するように移動させるのが好ましい。このように移動させることで、光ファイバ F 10 と光検出素子 6 の受光面 6 c との位置関係の変化を最小限に抑えられるからである。

[0066] 図 8 に示すように、上面視における第 1 固定部材 3 の重心 C 3 と光ファイバ F 10 との X 方向の距離を X_1 とする。また、上面視における第 2 固定部材 4 の重心 C 4 と光ファイバ F 10 との X 方向の距離を X_2 とする。また、第 1 固定部材 3 の線膨張係数を α_1 、第 2 固定部材 4 の線膨張係数を α_2 とする。

ここで、図 8 に示す状態から ΔT の温度変化があった後の、重心 C 3 と光ファイバ F 10 との X 方向の距離を $X_{1\Delta T}$ とし、重心 C 4 と光ファイバ F 10 との X 方向の距離を $X_{2\Delta T}$ とする。

[0067] このとき、 $X_{1\Delta T}$ および $X_{2\Delta T}$ は以下の数式 (1)、(2) により表すことができる。

$$X_{1\Delta T} = X_1 \times (\alpha_1 \times \Delta T + 1) \quad \dots (1)$$

$$X_{2\Delta T} = X_2 \times (\alpha_2 \times \Delta T + 1) \quad \dots (2)$$

[0068] そして、光ファイバ F 10 が点 P を中心に回転するための条件は以下の数式 (3) により表すことができる。

$$X_{1\Delta T} = X_{2\Delta T} \quad \dots (3)$$

数式 (3) の両辺に数式 (1)、(2) を代入して整理すると、以下の数式 (4) が得られる。

$$\alpha_1 / \alpha_2 = X_2 / X_1 \quad \dots (4)$$

[0069] 上記数式(4)を満たすように各条件を設定することにより、光ファイバF10が光検出素子6の近傍の点Pを中心に回転するため、散乱光の検出結果の温度依存性を低減することができる。

なお、第1固定部材3および第2固定部材4は、両者が正の線膨張係数を有する材質に形成されていてもよく、両者が負の線膨張係数を有する材質により形成されていてもよい。負の線膨張係数を有する材質としては、例えば日本国特許第5699454号公報に記載されているような合成樹脂を用いることができる。

第1固定部材3および第2固定部材4の両者を負の線膨張係数を有する材質により形成した場合には、例えば光検出器1Aの温度が上昇した際に各固定部材が膨張することで、光ファイバF10がたわむのを抑制することができる。

[0070] 以上説明したように、本実施形態の光検出器1Aは、第1固定部材3および第2固定部材4の体積が $V_1 > V_2$ かつ $V_3 \leq V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ のいずれか一方を満足するように構成されることにより、温度変化に伴って光ファイバF10が光検出素子6に対して回転移動する。これにより、例えば $V_1 > V_2$ かつ $V_3 > V_4$ となるように構成され、光ファイバF10が光検出素子6に対して平行移動する場合と比較して、温度変化に伴う光ファイバF10と光検出素子6との相対的な位置のずれを小さくすることができる。

さらに、 $\alpha_1 / \alpha_2 = X_2 / X_1$ を満足するように構成した場合には、光ファイバF10が光検出素子6の近傍を中心に回転するため、温度変化に伴う光検出素子6と光ファイバF10との相対的な位置のずれをより確実に低減することができる。

[0071] また、本実施形態の光検出器1Aの製造方法によれば、第1固定部材3の体積 V_1 、 V_2 の検出結果に基づいて、光ファイバF10の両側に配置された複数のノズルN2、N3から第2固定部材4となる樹脂を吐出するため、例

例えば第1固定部材3が光ファイバF10に対してX方向に偏って塗布された場合に、温度変化に伴う光検出素子6と光ファイバF10との相対的な位置のずれを低減するように複数のノズルN2、N3からの吐出量を制御して、第2固定部材4を形成することができる。

[0072] さらに、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ のいずれか一方を満足するように、複数のノズルN2、N3のうち少なくとも一つの吐出量を制御することで、温度変化に伴って光ファイバF10が回転移動するように第1固定部材3および第2固定部材4が形成されるため、温度変化に伴う光ファイバF10と光検出素子6との位置ずれをより確実に低減することができる。

[0073] なお、本発明の技術的範囲は前記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

[0074] 例えば、前記実施形態では、固定台5を用いて光検出素子6を基板2に固定したが、このような固定台5を用いず、他の構成によって光検出素子6を基板2に固定してもよい。

また、図7では、ノズルN2、N3の吐出孔はそれぞれ光ファイバF10から短手方向に等間隔を空けて配置されている例を示したが、本発明はこれに限られない。例えば、ノズルN2、N3の吐出孔の位置を可変として、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ を満たすように、これらのノズルN2、N3の位置を移動させてもよい。

[0075] また、図7では、2つのノズルN2、N3から第2固定部材4となる樹脂を吐出する例を示したが、本発明はこれに限られない。例えば、中心線O上に吐出孔が位置する一つのノズルによって、第2固定部材4となる樹脂を吐出させて、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ のいずれか一方を満足するようにしてもよい。あるいは、ノズルN2またはノズルN3のうちいずれか一方から第2固定部材4となる樹脂を吐出させることで、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ のいずれか一方を満足

するようにしてもよい。

[0076] また、前記第1実施形態では、幅W1および幅W3が幅W2よりも大きかったが、この関係は異なってもよい。つまり、幅W1または幅W3が、幅W2より小さくてもよい。この場合、基板2のうち、第1固定部材3または第2固定部材4により覆われた部分の面積が小さくなる。従って、基板2に対する他の部品の実装面積が増加するので、部品の実装密度が向上した光検出器1Aを実現することができる。

また、固定台5の本体部51は、Y方向における幅が極めて小さい板状に形成されていてもよい。この場合、固定台5は、溝部5bを有していなくてもよく、開口部5b1、5b2だけ設けられていてもよい。

[0077] (第2実施形態)

本実施形態に係る光検出器1Bの構成を、図9～図13を参照しながら以下に説明する。

なお、発明の理解を容易にするため、図9～図13では構成部品の縮尺の変更などを適宜行っている。

図9は、本実施形態に係る光検出器1Bを備えたレーザシステムLSの構成を示すブロック図である。

図9に示す通り、レーザシステムLSは、複数のレーザ装置31、コンバイナ32（合波装置）、光ファイバF10（出力光ファイバ）、光検出器1B、及び制御装置33（制御部）を備える。レーザシステムLSは、光ファイバF10の出力端Xから出力光L11（レーザ光）を出力する。

[0078] レーザ装置31は、制御装置33の制御の下で、レーザ光を出力する装置である。

コンバイナ32は、複数のレーザ装置31から出力される複数の出力光L1を光学的に結合する。コンバイナ32の内部では、レーザ装置31の各々から延びる光ファイバFが束ねられて1本にされており（溶融延伸により1本にされており）、その1本にされた光ファイバが光ファイバF10の一端に融着接続されている。光ファイバF10は、伝送媒体として機能する光フ

ファイバであり、出力光L11（レーザ装置31の各々から出力される複数の出力光L1をコンバイナ32で光学的に結合して得られる光）を導波する。光ファイバF10によって導波された出力光L11は、光ファイバF10の出力端Xから出力される。

制御装置33は、後述する光検出器1Bの後述する検出結果に基づいて、出力端Xから出力される出力光L11のパワーが一定となるように複数のレーザ装置31を制御する。

[0079] 光検出器1Bは、コンバイナ32と出力端Xとの間に配設され、光ファイバF10によって導波される光のパワーを検出する。なお、光検出器1Bはレーザ装置31とコンバイナ32との間に配設されて、光ファイバFによって導波される光のパワーを検出してもよい。

[0080] 図10は、光検出器1Bの斜視図である。図10に示すように、光検出器1Bは、基板2と、基板2上に載置された光ファイバF10若しくは光ファイバF（以下、単に光ファイバF10と記す）と、第1固定部材3と、第2固定部材4と、固定台5と、光検出素子6と、を備えている。

[0081] なお、本実施形態においては、温度変化によって光ファイバF10が移動する前の状態における、光ファイバF10が延在する方向を長手方向という。また、基板2の光ファイバF10が載置されている面に垂直な方向を上下方向という。上下方向は長手方向に直交している。上下方向において、基板2の光ファイバF10が載置されている側を上側といい、その反対側を下側という。また、長手方向および上下方向に直交する方向を左右方向という。

[0082] 図11は光検出器1Bの上面図である。図12は図11のA-A断面矢視図であり、第2固定部材4の輪郭を2点鎖線により示している。図13は、図11のB-B断面矢視図である。

図10などに示すように、固定台5はネジ8によって基板2に固定されている。固定台5は、奥行き20mm、幅20mm、高さ8mmの直方体状に形成されている。固定台5の材質として、例えば艶消し黒アルマイトにより表面処理されたアルミニウムを用いることができる。図12、図13に示す

ように、固定台5には貫通孔5 aと、溝部5 bとが形成されている。貫通孔5 aは、固定台5を上下方向に貫通しており、基板2に対して垂直に延びている。溝部5 bは、固定台5の底面に形成され、固定台5の長手方向における全長にわたって延びている。図12、図13に示すように、溝部5 bの左右方向の幅及び上下方向の高さは光ファイバF10の直径よりも大きい。

[0083] 光検出素子6には、図13に示すように、円柱部6 aおよびフランジ部6 bが形成されている。円柱部6 aは上下方向に延びており、フランジ部6 bは上下方向に直交する平面内に延在している。円柱部6 aが固定台5の貫通孔5 a内に嵌合することにより、光検出素子6の固定台5に対する長手方向および左右方向の位置が定まる。また、フランジ部6 bの下面が固定台5の上面に当接した状態で、光検出素子6はネジ7により固定台5に固定されている。これにより、光検出素子6の固定台5に対する上下方向の位置が定まる。

以上の構成により、光検出素子6は、固定台5に対する長手方向、左右方向、上下方向の位置が定まった状態で、固定台5に固定されている。また、固定台5はネジ8によって基板2に固定されているため、光検出素子6は固定台5を介して基板2に固定される。つまり、固定台5は光検出素子6を基板2に固定する。これにより、光検出素子6の円柱部6 aの下端面（以下、受光面6 cという）と光ファイバF10の外周面との距離Lが定まる。

[0084] 光検出素子6は、受光面6 cにおいて光ファイバF10からの散乱光（例えばレイリー散乱光）を受光することにより、散乱光の強度を電力に変換する。この電力は不図示の電気回路基板上で増幅され、制御装置33に入力される。これにより、制御装置33は光ファイバF10によって導波される光のパワーをリアルタイムにモニタリングすることができる。光検出素子6としては、例えばPINフォトダイオードを用いることができる。光検出素子6としてPINフォトダイオードを用いた場合には、光ファイバF10の外周面から受光面6 cまでの距離Lは数mm程度に設定される。

[0085] 第1固定部材3および第2固定部材4は、光ファイバF10を基板2に対

して固定する。第1固定部材3および第2固定部材4は、長手方向において光検出素子6を挟んだ両側に配設されている。第1固定部材3および第2固定部材4は、図10～図13に示すように、略球状を4分割した形状に形成されている。第1固定部材3および第2固定部材4の一部分はそれぞれ、固定台5の溝部5b内に進入している。

[0086] 第1固定部材3は、正の線膨張係数を有する材質により形成されている。第1固定部材3の材質としては、例えば線膨張係数が 300×10^{-6} [1/K]程度のシリコン樹脂などを用いることができる。

第2固定部材4は、負の線膨張係数を有する材質（例えば、日本国特許第5699454号公報に記載されている材質）により形成されている。

なお、本実施形態における第2固定部材4は、長手方向に負の線膨張係数を有する材質により形成されている。また、本実施形態における第2固定部材4は、その線膨張係数の絶対値が第1固定部材3を形成する材質の線膨張係数の絶対値よりも大きい材質により形成されている。

なお、上記した第1固定部材3および第2固定部材4の材質は一例であり、それぞれ正の線膨張係数を有する材質および負の線膨張係数を有する材質であれば他の材質を用いてもよい。

[0087] なお、図10～図13に示すように、光検出素子6の受光面6cと、光ファイバF10と、が対向する空間は、光検出素子6、固定台5、第1固定部材3、および第2固定部材4により密閉されている。より詳しくは、固定台5に形成された溝部5bの開口部を、第1固定部材3および第2固定部材4が閉塞している。

この構成により、光検出素子6の受光面6cと光ファイバF10とが対向する空間内に埃などが進入して、光検出素子6による散乱光の検出結果に影響が及ぼされるのを抑制することができる。

[0088] 光検出器1Bを組み立てる場合、先ず基板2の上面に光ファイバF10を載置する。次に、固定台5の溝部5b内に光ファイバF10を沿わせた状態で、固定台5を基板2に対してネジ8により固定する。次に、光検出素子6

を固定台5に対してネジ7により固定する。次に、加熱して溶融した第1固定部材3および第2固定部材4を、固定台5の溝部5bにおける長手方向両端部の近傍に塗布する。第1固定部材3および第2固定部材4の塗布量は、例えば各0.5mm程度である。これにより、第1固定部材3および第2固定部材4は半径6mm程度の4分割された略球状に形成されるとともに、第1固定部材3および第2固定部材4の一部が溝部5bに入り込む。第1固定部材3および第2固定部材4が冷却されて固化すると、光ファイバF10が第1固定部材3および第2固定部材4によって基板2に対して固定される。

[0089] 次に、以上のように構成された光検出器1Bの作用について、比較例の光検出器100と対比させて説明する。

比較例の光検出器100は、図14Aに示すように、光検出器1Bにおける第2固定部材4に代えて、第1固定部材3と同じ材質により形成された固定部材40を備えている。

[0090] 図14Aは、比較例の光検出器100の温度が上昇した状態を示す図であり、第1固定部材3および固定部材40の温度上昇に伴う変形前の形状を2点鎖線により示している。

第1固定部材3および固定部材40は、正の線膨張係数を有する材質により形成されているため、図14Aに示すように温度の上昇に伴って膨張する。このため、光ファイバF10のうち、第1固定部材3および固定部材40により固定されている部分はいずれも光検出素子6に向けて長手方向に移動する。これにより、図14Aに示すように、光ファイバF10のうち光検出素子6と上下方向に対向する部分が撓む場合がある。また、この撓みは上下方向に限らず、左右方向に生じる場合もある。これらの場合には、光ファイバF10と光検出素子6の受光面6cとの間の距離が変化する。これにより、光検出素子6による散乱光の検出結果が変化してしまう。

また、温度が低下した場合には第1固定部材3および固定部材40がともに収縮することにより、光ファイバF10のうち光検出素子6と上下方向に

対向する部分に、温度に依存した張力が作用する。この張力は、光検出素子 6 による散乱光の検出結果に影響を及ぼす場合がある。

以上により、比較例の光検出器 100 では、光検出素子 6 による散乱光の検出結果に温度依存性が生じる。

[0091] 一方、本実施形態の光検出器 1B では、上記した温度依存性を低減することができる。

図 14B は、図 13 の光検出器 1B の温度が上昇した状態を示す図であり、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 の温度上昇に伴う変形前の形状を 2 点鎖線により示している。

第 1 固定部材 3 は正の線膨張係数を有する材質により形成されているため、図 14B に示すように温度の上昇に伴って膨張する。一方、第 2 固定部材 4 は負の線膨張係数を有する材質により形成されているため、図 14B に示すように温度の上昇に伴って収縮する。これにより、第 1 固定部材 3 の膨張に伴って、光ファイバ F10 のうち第 1 固定部材 3 により固定されている部分が光検出素子 6 側に長手方向に移動しても、第 2 固定部材 4 が収縮することでこの長手方向の移動を吸収し、光ファイバ F10 が撓むのを抑止することができる。つまり、温度が上昇した場合には、光ファイバ F10 のうち光検出素子 6 と上下方向に対向する部分が、第 1 固定部材 3 側から第 2 固定部材 4 側に向けて、図 14B に示す矢印の方向に移動する。これにより、光ファイバ F10 が撓むのを抑制することができる。

[0092] また、温度が低下した場合には第 1 固定部材 3 が収縮するとともに第 2 固定部材 4 が膨張し、光ファイバ F10 のうち光検出素子 6 と上下方向に対向する部分が第 2 固定部材 4 側から第 1 固定部材 3 側に向けて長手方向に移動する。これにより、光ファイバ F10 が撓むのを抑制することができる。

[0093] ここで、光ファイバ F10 の位置が、設計上の理想的な位置からずれて固定された場合について考える。図 11 は光ファイバ F10 が設計上の理想的な位置にある場合を示している。設計上の理想的な位置とは、第 1 固定部材 3 の重心（以降、重心 C3 という）と第 2 固定部材 4 の重心（以降、重心 C

4 という) を結ぶ中心線 O に沿った位置である。

一方、図 15 A に示す状態では、光ファイバ F 10 の位置が、中心線 O からずれて位置している。より詳しくは、光ファイバ F 10 は重心 C 3 から X_{OA} ずれており、重心 C 4 から X_{OB} ずれている。

[0094] 図 15 A のように、光ファイバ F 10 が中心線 O からずれた位置で固定されると、温度が上昇した場合、図 15 B に示すように光ファイバ F 10 の位置が変化する。詳しくは、第 1 固定部材 3 が膨張するのに伴い、光ファイバ F 10 のうち第 1 固定部材 3 に固定された部分が重心 C 3 から遠ざかるように左右方向に移動する。そして、第 2 固定部材 4 が収縮するのに伴い、光ファイバ F 10 のうち第 2 固定部材 4 に固定された部分が重心 C 4 に近づくように左右方向に移動する。この位置の変化によって、光検出素子 6 の受光面 6 c と光ファイバ F 10 との位置関係が変化し、散乱光の検出結果に温度依存性が生じる場合がある。そこで、この温度依存性を低減するための条件について検討する。

[0095] 上記のような温度依存性を低減するためには、光ファイバ F 10 が、光検出素子 6 の近傍である点 P を中心として、上下方向に直交する平面内で回転するように移動させるのが好ましい。このように左右方向に移動させることで、光ファイバ F 10 と光検出素子 6 の受光面 6 c との位置関係の変化を最小限に抑えられるからである。そして、点 P を中心に光ファイバ F 10 を上下方向に直交する平面内で回転させるための条件は、温度変化に伴う光ファイバ F 10 の左右方向における移動量が、第 1 固定部材 3 に固定された部分と第 2 固定部材 4 に固定された部分とで等しくなることである。

[0096] 図 15 B に示すように、光ファイバ F 10 のうち、第 1 固定部材 3 に固定された部分の左右方向における移動量を $X_{\Delta TA}$ とし、第 2 固定部材 4 に固定された部分の左右方向における移動量を $X_{\Delta TB}$ とする。また、第 1 固定部材 3 を形成する材質の線膨張係数を α_A とし、第 2 固定部材 4 を形成する材質の線膨張係数の絶対値を α_B とする。また、図 15 A に示す状態からの温度の変化量を ΔT とする。このとき、 $X_{\Delta TA}$ および $X_{\Delta TB}$ は以下の数式 (5)、(6) に

より表すことができる。

$$X_{\Delta TA} = X_{OA} \times \alpha_A \times \Delta T \quad \dots (5)$$

$$X_{\Delta TB} = X_{OB} \times \alpha_B \times \Delta T \quad \dots (6)$$

[0097] そして、光ファイバF10が点Pを中心に上下方向に直交する平面内で回転するための条件は以下の数式(7)により表すことができる。

$$X_{\Delta TA} = X_{\Delta TB} \quad \dots (7)$$

数式(7)の両辺に数式(5)、(6)を代入して整理すると、以下の数式(8)が得られる。

$$\alpha_A / \alpha_B = X_{OB} / X_{OA} \quad \dots (8)$$

[0098] 上記数式(8)を満たすように各条件を設定することにより、光検出器1Bに温度変化が生じた場合でも、光検出素子6と光ファイバF10との左右方向における相対的な位置をより一層保ったまま、光ファイバF10が点Pを中心に上下方向に直交する平面内で時計回りもしくは反時計回りに回転するようになる。これにより、温度変化に起因する光検出素子6と光ファイバF10との左右方向における相対的な位置ずれをより一層低減することができるため、散乱光の検出結果の温度依存性を低減することができる。

なお、上記数式(8)のように両辺が同値である場合に限らず、 α_A / α_B の値と X_{OB} / X_{OA} の値とが略同値であっても、上記した散乱光の検出結果の温度依存性を低減することができる。略同値とは、例えば以下の数式(9)を満たす場合である。

$$X_{OB} / X_{OA} \times 99 / 100 \leq \alpha_A / \alpha_B \leq X_{OB} / X_{OA} \times 101 / 100 \quad \dots (9)$$

数式(9)は、 α_A / α_B の値と X_{OB} / X_{OA} の値との誤差が±1%の範囲内である場合を示している。

なお、光ファイバF10と中心線Oとが重なっている場合、すなわち $X_{OA} = 0$ かつ $X_{OB} = 0$ の場合であっても、上記と同様に、温度変化に伴って光ファイバF10と光検出素子6との相対的な位置が変化するのを抑止することができる。

[0099] 以上説明したように、本実施形態の光検出器 1 B によれば、光ファイバ F 1 0 は基板 2 に対して第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 によって固定されている。また、第 1 固定部材 3 は正の線膨張係数を有する材質により形成されており、第 2 固定部材 4 は負の線膨張係数を有する材質により形成されている。このため、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 に温度変化が生じた場合、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 のうち一方は収縮し、他方は膨張する。そして、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 は、長手方向において光検出素子 6 を挟んだ両側に配設されている。これにより、光検出器 1 B に温度変化が生じた場合に、光検出素子 6 と光ファイバ F 1 0 との相対的な位置関係を保ったまま、光ファイバ F 1 0 がこの位置に対して時計回りもしくは反時計回りに回転するようになる。これにより、光検出素子 6 と光ファイバ F 1 0 との左右方向における相対的な位置ずれが低減され、例えば第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 の両者が膨張することにより生じる光ファイバ F 1 0 と光検出素子 6 との左右方向における相対的な位置ずれを抑制することができる。また、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 の両者が収縮することによって、光ファイバ F 1 0 に張力が作用するのを抑止することができる。

[0100] また、第 2 固定部材 4 が、長手方向に負の線膨張係数を有する材質により形成されているため、第 1 固定部材 3 が温度の上昇に伴って長手方向に膨張すると第 2 固定部材 4 は長手方向に収縮する。これにより、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 の両者が長手方向に膨張することによる、光ファイバ F 1 0 の基板に対する浮き上がりをより確実に抑制することができる。

また、第 1 固定部材 3 が温度の低下に伴って長手方向に収縮し、この温度変化によって第 2 固定部材 4 は長手方向に膨張する。これにより、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 の両者が長手方向に収縮することによって、光ファイバ F 1 0 に張力が作用するのを抑止することができる。

[0101] また、第 2 固定部材 4 を形成する材質の線膨張係数の絶対値が、第 1 固定部材 3 を形成する材質の線膨張係数の絶対値よりも大きい場合、光検出器 1

Bの温度が上昇した際に、第2固定部材4の体積の収縮量が第1固定部材3の体積の膨張量を上回る。これにより、第1固定部材3と第2固定部材4との間で、主として上下方向または左右方向などにおいて、光ファイバF10が基板に対して撓むのをより確実に抑制することができる。また、これにより、光ファイバF10における光検出素子6に対する位置が変化するのをより確実に抑制することができる。

[0102] また、光検出器1Bが $\alpha_A / \alpha_B = X_{OB} / X_{OA}$ を満足するよう構成した場合には、光ファイバF10が理想的な設計位置からずれて配置されても、温度変化に伴って光ファイバF10が光検出素子6の近傍にある点Pを中心に上下方向に直交する平面内で回転するように移動するため、温度に応じた光ファイバF10の光検出素子6に対する左右方向における距離の変化量を低減することができる。これにより、光検出素子6による検出結果の温度依存性を低減することができる。

[0103] なお、本発明の技術的範囲は前記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

[0104] 例えば、前記第2実施形態では、固定台5を用いて光検出素子6を基板2に固定したが、このような固定台5を用いず、他の構成によって光検出素子6を基板2に固定してもよい。

また、前記第2実施形態では、第1固定部材3および第2固定部材4が光ファイバF10を左右方向に跨ぐように配置されていたが、本発明はこれに限られない。例えば、第1固定部材3および第2固定部材4の左右方向における先端部が光ファイバF10の側面に接するように配置されていてもよい。

また、前記第1実施形態で説明した構成を第2実施形態に適用してもよい。例えば、光検出器1Bの固定台5が少なくとも1つの開口部を有し、光ファイバの一部が、当該開口部を通じて固定台5の内側に収容されていてもよい。さらに、当該開口部が第1固定部材3または第2固定部材4のいずれか

によって閉塞されてもよい。さらに、第1固定部材3または第2固定部材4のいずれかの一部が、固定台5の内側（溝部5bの内側）に位置してもよい。あるいは、第1固定部材3または第2固定部材4が、固定台5の内側に位置していなくてもよい。あるいは、当該開口部が、第1固定部材3または第2固定部材4によって閉塞されていなくてもよい。

また、光検出器1Bが、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ のいずれか一方を満足してもよい。また、光検出器1Bが、 $\alpha_1 / \alpha_2 = X_2 / X_1$ を満足してもよい。

[0105] （第3実施形態）

本実施形態に係る光検出器1Cの構成を、図16～図21を参照しながら以下に説明する。

なお、発明の理解を容易にするため、各図では構成部品の縮尺の変更などを適宜行っている。

[0106] 図16は、本実施形態に係る光検出器1Cを備えたレーザシステムLSの構成を示すブロック図である。図16に示す通り、レーザシステムLSは、複数のレーザ装置31、コンバイナ32（合波装置）、光ファイバF10（出力光ファイバ）、光検出器1C、及び制御装置33（制御部）を備える。レーザシステムLSは、光ファイバF10の出力端Xから出力光L11（レーザ光）を出力する。

[0107] レーザ装置31は、制御装置33の制御の下で、レーザ光を出力する装置である。

コンバイナ32は、複数のレーザ装置31から出力される複数の出力光L1を光学的に結合する。コンバイナ32の内部では、レーザ装置31の各々から延びる光ファイバFが束ねられて1本にされており（熔融延伸により1本にされており）、その1本にされた光ファイバが光ファイバF10の一端に融着接続されている。光ファイバF10は、伝送媒体として機能する光ファイバであり、出力光L11（レーザ装置31の各々から出力される複数の出力光L1をコンバイナ32で光学的に結合して得られる光）を導波する。

光ファイバF 1 0によって導波された出力光L 1 1は、光ファイバF 1 0の出力端Xから出力される。

制御装置3 3は、後述する光検出器1 Cの後述する検出結果に基づいて、出力端Xから出力される出力光L 1 1のパワーが一定となるように複数のレーザ装置3 1を制御する。

[0108] 光検出器1 Cは、コンバイナ3 2と出力端Xとの間に配設され、光ファイバF 1 0によって導波される光のパワーを検出する。なお、光検出器1 Cはレーザ装置3 1とコンバイナ3 2との間に配設されて、光ファイバFによって導波される光のパワーを検出してもよい。

[0109] 図1 7は、本実施形態に係る光検出器1 Cの斜視図である。図1 7に示すように、光検出器1 Cは、基板2と、第1固定部材3と、第2固定部材4と、固定台（素子固定台）5と、光検出素子6と、を備えている。

光検出器1 Cは、基板2の取付け面2 a上に位置し、部分的に取付け面2 aに載置された光ファイバF 1 0若しくは光ファイバF（以下、単に光ファイバF 1 0と記す）によって導波される光の散乱光を検出する。

[0110] なお、本実施形態では、温度変化によって光ファイバF 1 0が移動する前の状態における、光ファイバF 1 0が延在する方向を長手方向という。また、基板2の取付け面2 aに垂直な方向を上下方向という。上下方向は長手方向に直交している。上下方向において、基板2の取付け面2 a側を上側といい、その反対側を下側という。また、長手方向および上下方向に直交する方向を左右方向という。

[0111] 以下、光検出器1 Cの詳細な構成について、図1 7～図2 0を用いて説明する。図1 8は光検出器1 Cを上側から見た上面図である。図1 9は図1 8のA-A断面矢視図である。図2 0は、図1 8のB-B断面矢視図である。

[0112] （固定台）

固定台5は、光検出素子6を基板2に固定する。固定台5は、温度変化に伴って、少なくとも上下方向に伸縮するように構成されている。固定台5の上面視（平面視）における中央部には、上下方向に延びる貫通孔が形成され

ている。図19および図20に示すように、貫通孔は、基板2の取付け面2aに対して垂直に延びている。この貫通孔は、固定台5の上面から下方に向けて延びる嵌合部5fと、嵌合部5fの下側に位置する縮径部5eと、を有する。嵌合部5fと縮径部5eとは同軸上に配置されている。嵌合部5fの内径は縮径部5eの内径より大きい。嵌合部5fの下端（以降、位置決め部5dという）は、上方を向く環状に形成されている。位置決め部5dは、固定台5の上下方向における中央部に位置している。位置決め部5dは、基板2の取付け面2aに対する光検出素子6の上下方向における位置を決める。

[0113] 固定台5の下面（以下、接触面5cという）は、基板2の取付け面2aに接触している。また、図17などに示すように、固定台5はネジ8によって基板2に固定されている。これにより、固定台5の接触面5cは、基板2の取付け面2aに接触した状態で固定されている。

図19および図20に示すように、固定台5の接触面5cには、上方に向けて窪む溝部5bが形成されている。溝部5bは、固定台5の左右方向における中央部に配置されており、縮径部5eと部分的に交差している。溝部5bは、固定台5の長手方向における全長にわたって延びている。溝部5bの左右方向の幅及び上下方向の高さは光ファイバF10の直径よりも大きい。

[0114] 図20に示すように、固定台5は、溝部5bの開口部5b1、5b2を有している。光ファイバF10の一部は、開口部5b1、5b2を通じて溝部5b内に導入され、固定台5の内側に收容されている。第1開口部5b1は第1固定部材3によって閉塞され、第2開口部5b2は第2固定部材4によって閉塞されている。第1固定部材3の一部は、第1開口部5b1を通じて溝部5b内に入り込んでおり、固定台5の内側に位置している。第2固定部材4の一部は、第2開口部5b2を通じて溝部5b内に入り込んでおり、固定台5の内側に位置している。光ファイバF10の一部分は、溝部5bの内側に收容されている。なお、上述した固定台5の溝部5bは、光ファイバF10の長手方向における幅が極めて小さく形成されていてもよい。この場合、固定台5は、溝部5bを有していなくてもよく、開口部5b1、5b2だ

け設けられていてもよい。

[0115] (光検出素子)

光検出素子6は、その底面（以下、受光面6cという）において光ファイバF10からの散乱光（例えばレイリー散乱光）を受光することにより、散乱光の強度を電力に変換する。この電力は不図示の電気回路基板上で増幅され、制御装置33（図16参照）に入力される。これにより、制御装置33は光ファイバF10によって導波される光のパワーをリアルタイムにモニタリングすることができる。光検出素子6としては、例えばPINフォトダイオードを用いることができる。光検出素子6としてPINフォトダイオードを用いた場合には、光ファイバF10の外周面から受光面6cまでの距離は数mm程度に設定される。

[0116] 光検出素子6は、図17および図18に示すように、円柱状に形成されている。図19および図20に示すように、光検出素子6の外周面が固定台5の嵌合部5f内に嵌合することにより、光検出素子6の固定台5に対する長手方向および左右方向の位置が定まる。

また、光検出素子6の底面（以下、受光面6cという）が固定台5の位置決め部5dに突き当たることにより、光検出素子6の固定台5に対する上下方向の位置が定まる。

[0117] 以上の構成により、光検出素子6は、固定台5に対する長手方向、左右方向、上下方向の位置が定まった状態で、固定台5に固定されている。また、固定台5はネジ8によって基板2に固定されているため、光検出素子6は固定台5を介して基板2に固定される。つまり、固定台5は光検出素子6を基板2に固定する。また、固定台5の接触面5cは基板2の取付け面2aと接触した状態で固定されていることから、接触面5cから位置決め部5dまでの上下方向における長さ（以下、受光面高さ H_0 という）により、基板2の取付け面2aと光検出素子6の受光面6cとの間の上下方向における距離が定まる。

[0118] 第1固定部材3および第2固定部材4は、光ファイバF10を基板2に対

して固定する。第1固定部材3および第2固定部材4は、長手方向において光検出素子6を挟んだ両側に配設されている。第1固定部材3および第2固定部材4は、図17～図20に示すように、略球状を4分割した形状に形成されている。第1固定部材3および第2固定部材4の一部分はそれぞれ、固定台5の溝部5b内に進入している。

[0119] (接続部材)

ここで、本実施形態の光検出器1Cは、図19および図20に示すように、基板2の取付け面2aに接触した状態で固定された接続部材9を備えている。接続部材9は、光ファイバF10を載置する載置面9aを有している。接続部材9は、載置面9a上に位置する光ファイバF10と、基板2の取付け面2aとを接続する。接続部材9は、基板2の取付け面2aと固定台5の接触面5cとの間を回避した部分に配置されている。図示の例では、接続部材9は、固定台5における縮径部5eの内壁と基板2の取付け面2aとにより画成された空間内に配置されている。これにより、接続部材9の載置面9aは、少なくとも光ファイバF10を挟んで光検出素子6の受光面6cと上下方向で対向する部分に配置されている。なお、例えば接続部材9が固定台5の溝部5b内に進入することで、接続部材9が部分的に受光面6cと対向していなくてもよい。

[0120] 光ファイバF10のうち、光検出素子6と対向する部分は載置面9a上に載置されており、その他の部分は基板2の取付け面2a上に載置されている。この状態で、第1固定部材3および第2固定部材4が光ファイバF10を基板2に対して固定することで、光検出素子6の受光面6cと光ファイバF10の外周面との上下方向における距離（以下、単に距離Lという）が定まる。

なお、光ファイバF10のうち光検出素子6と対向する部分の長手方向における両側の部分は、第1固定部材3および第2固定部材4によって基板2に固定されている。これにより、例えば光ファイバF10が載置面9aから浮き上がって距離Lが変動してしまうのが抑制される。

- [0121] 接続部材 9 は、例えば板状の樹脂により形成され、接着剤などによって基板 2 の取付け面 2 a に接着されていてもよい。あるいは、取付け面 2 a に接続部材 9 となる UV 硬化型樹脂または熱硬化性樹脂を所定の厚み（以下、接続部材厚み H_a という）となるように塗布することによって、接続部材 9 を取付け面 2 a 上に直接形成してもよい。
- [0122] 光検出器 1 C の製造工程は、例えば以下の通りである。まず、接続部材 9 となる UV 硬化型樹脂または熱硬化性樹脂を基板 2 の取付け面 2 a 上に塗布して、UV 光の照射や加熱などによって硬化させる。次に、光ファイバ F 10 を接続部材 9 の載置面 9 a 上に載置する。次に、光検出素子 6 が予め取り付けられた固定台 5 を、光ファイバ F 10 および接続部材 9 の上方から被せる。このとき、光ファイバ F 10 の一部を固定台 5 の溝部 5 b 内に収容する。次に、ネジ 8 によって固定台 5 を基板 2 に固定する。そして、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 となる UV 硬化型樹脂などを光ファイバ F 10 上に塗布して硬化させ、光ファイバ F 10 を基板 2 に固定する。
- [0123] 次に、以上のように構成された光検出器 1 C の作用について説明する。
- [0124] 上述した通り、光検出素子 6 は固定台 5 を介して基板 2 に固定されており、固定台 5 の接触面 5 c が基板 2 の取付け面 2 a に接触した状態で固定されている。このため、光検出器 1 C の温度が上昇すると、固定台 5 が熱膨張して、光検出素子 6 が基板 2 の取付け面 2 a に対して上方に向けて移動する。
- [0125] 一方、基板 2 の取付け面 2 a 上には接続部材 9 が配置されており、この接続部材 9 の載置面 9 a 上に光ファイバ F 10 が載置されている。光ファイバ F 10 のうち、接続部材 9 の長手方向における両側に位置する部分は、第 1 固定部材 3 および第 2 固定部材 4 によって、基板 2 の取付け面 2 a 上に固定されている。そしてこの取付け面 2 a は、載置面 9 a より下側に位置している。この構成により、光ファイバ F 10 のうち載置面 9 a に載置された部分は、載置面 9 a に向けて押し付けられている。このため、接続部材 9 が上下方向に伸縮すると、その伸縮に合わせて、光ファイバ F 10 のうち載置面 9 a に載置された部分が上下方向に移動する。

さらに、載置面 9 a は少なくとも光ファイバ F 10 を挟んで光検出素子 6 と上下方向で対向する部分に配置されている。このため、光検出器 1 C の温度が上昇すると、接続部材 9 が熱膨張して、光ファイバ F 10 のうち光検出素子 6 と対向する部分が基板 2 の取付け面 2 a に対して上方に向けて移動する。

[0126] このように、本実施形態の光検出器 1 C では、温度上昇に伴って固定台 5 および接続部材 9 の両者が熱膨張し、光検出素子 6 および光ファイバ F 10 の両者が基板 2 の取付け面 2 a に対して上方に向けて移動する。

ここで、接続部材 9 は、距離 L が所定の範囲内（例えば、温度変化に伴う距離 L の変化量が ± 1 % 以内）となるように、温度変化に伴って少なくとも上下方向に伸縮するように構成されている。また、好ましくは、接続部材 9 は、距離 L が上述した所定の範囲内を保つように、温度変化に伴って少なくとも上下方向に伸縮する。これにより、例えば光ファイバ F 10 が基板 2 の取付け面 2 a 上に直接載置されている場合と比較して、温度変化に起因する光検出素子 6 と光ファイバ F 10 との上下方向における相対的な位置ずれを抑制することができる。このため、固定台 5 の温度変化に起因する散乱光の検出結果の変化を抑制することも可能となる。

また、上述した所定の範囲内において具体的な値については、ユーザーが予め所望の値を設定して決めるが、具体的には、光検出素子 6 と光ファイバ F 10 との上下方向における相対的な位置ずれを抑制できるとユーザーが予め判断して決めた値であればよい。

[0127] なお、光検出器 1 C の温度が低下した場合には、接続部材 9 および固定台 5 の両者が熱収縮するため、光検出素子 6 および光ファイバ F 10 の両者が基板 2 の取付け面 2 a に対して下方に向けて移動する。これにより、温度が上昇した場合と同様に、温度変化に起因する光検出素子 6 と光ファイバ F 10 との上下方向における相対的な位置ずれを抑制することができる。

[0128] 次に、本実施形態の光検出器 1 C による上述した作用効果をより確実に奏功させるための条件について説明する。

[0129] まず、仮に接続部材 9 が存在せず、光ファイバ F 10 のうち光検出素子 6 の受光面 6 c と対向する部分が、基板 2 の取付け面 2 a に直接載置された状態で光検出素子 6 と対向している場合について考える。ここで、温度 T_0 における先述の受光面高さ H_b を H_{b0} として表す。また、固定台 5 を形成する材質の線膨張係数を α_b とする。

[0130] 温度が T_0 から ΔT 上昇若しくは低下すると、固定台 5 が熱膨張若しくは熱収縮することで、光検出素子 6 が基板 2 の取付け面 2 a に対して上下方向に移動する。このときの光検出素子 6 の上下方向における移動量は、 $|\Delta T \times \alpha_b \times H_{b0}|$ により算出される。一方、光ファイバ F 10 は取付け面 2 a 上に直接載置されているため、光検出素子 6 が上下方向に移動した分、距離 L が変動する。つまり、接続部材 9 を設けない場合の距離 L の変動量（以下、単に「比較例の変動量 ΔL_r 」という）は、以下の数式（10）により表される。

$$\Delta L_r = |\Delta T \times \alpha_b \times H_{b0}| \quad \dots (10)$$

[0131] これに対して、本実施形態のように、光ファイバ F 10 のうち光検出素子 6 の受光面 6 c と対向する部分が接続部材 9 上に載置されている場合について考える。ここで、接続部材 9 を形成する材質の線膨張係数を α_a とし、接続部材 9 のうち光ファイバ F 10 が載置されている部分の温度 T_0 における上下方向の厚みを H_{a0} とする。

[0132] 温度が T_0 から ΔT 上昇若しくは低下すると、固定台 5 が熱膨張若しくは熱収縮することで、光検出素子 6 が基板 2 の取付け面 2 a に対して上下方向に移動する。一方、光ファイバ F 10 のうち光検出素子 6 と対向する部分は接続部材 9 上に載置されており、接続部材 9 も熱膨張若しくは熱収縮するため、光ファイバ F 10 も取付け面 2 a に対して上下方向に移動する。このときの光ファイバ F 10 の上下方向における移動量は、 $|\Delta T \times \alpha_a \times H_{a0}|$ により算出される。

以上のことから、本実施形態のように接続部材 9 を設けた場合における距離 L の変動量（以下、単に「本実施形態の変動量 ΔL_e 」という）は、上下方

向における光検出素子6の移動量と光ファイバF10の移動量との差分となり、以下の数式(11)により表される。

$$\Delta L_e = | \Delta T \times \alpha_b \times H_{b0} - \Delta T \times \alpha_a \times H_{a0} | \quad \dots (11)$$

[0133] なお、数式(11)が成り立つための条件として、温度変化によって光検出素子6と光ファイバF10とが同じ方向に移動することが挙げられるが、この点については固定台5の線膨張係数 α_b および接続部材9の線膨張係数 α_a が両者とも正の値若しくは両者とも負の値であれば足りる。つまり、 $\alpha_b > 0$ かつ $\alpha_a > 0$ 、若しくは $\alpha_b < 0$ かつ $\alpha_a < 0$ 、のいずれか一方であればよい。

[0134] 本実施形態のように接続部材9を設けた構成が、接続部材9を設けていない構成と比較して距離Lの変動を抑えるための条件は、 $\Delta L_e < \Delta L_r$ となることである。この両辺に数式(10)、(11)を代入すると、下記数式(12)が得られる。

$$| \Delta T \times \alpha_b \times H_{b0} - \Delta T \times \alpha_a \times H_{a0} | < | \Delta T \times \alpha_b \times H_{b0} | \quad \dots (12)$$

[0135] 数式(12)の両辺から ΔT を除すと、下記数式(12A)が得られる。

$$| \alpha_b \times H_{b0} - \alpha_a \times H_{a0} | < | \alpha_b \times H_{b0} | \quad \dots (12A)$$

また、数式(12A)の両辺を二乗すると、下記数式(12B)が得られる。

$$(\alpha_b \times H_{b0} - \alpha_a \times H_{a0})^2 < (\alpha_b \times H_{b0})^2 \quad \dots (12B)$$

また、数式(12B)を整理すると、以下の数式(12C)が得られる。

$$\alpha_a \times H_{a0} (\alpha_a \times H_{a0} - 2 \times \alpha_b \times H_{b0}) < 0 \quad \dots (12C)$$

[0136] 例えば接続部材9の材質が正の線膨張係数を有する場合(すなわち、 α_a が正の数値の場合)には、 $\alpha_a \times H_{a0}$ は正の数値であるから、数式(12C)を満たすためには $\alpha_a \times H_{a0} - 2 \times \alpha_b \times H_{b0}$ が負の数値となればよい。 $\alpha_a \times H_{a0} - 2 \times \alpha_b \times H_{b0}$ が負の数値になる場合とは、接続部材9の熱膨張量若しくは熱収縮量が固定台5の熱膨張量若しくは熱収縮量を過剰に上回らない場合を意味する。つまり、接続部材9を設けたことでかえって光検出素子6お

よび光ファイバF 10の温度変化に起因する相対的な位置ずれが大きくなることを意味する。

[0137] 同様に、接続部材9の材質が負の線膨張係数を有する場合には、数式(12C)の条件を満たすためには $\alpha_a \times H_{a0} - 2 \times \alpha_b \times H_{b0}$ が正の数値となればよい。この条件も上記と同様に、接続部材9を設けたことでかえって光検出素子6および光ファイバF 10の温度変化に起因する相対的な位置ずれが大きくなることを意味する。

[0138] 以上のことから、接続部材9および固定台5が数式(12C)を満足するように構成することで、接続部材9の熱膨張量若しくは熱収縮量が、固定台5の熱膨張量若しくは熱収縮量を過剰に上回り、接続部材9を設けたことでかえって光検出素子6および光ファイバF 10の温度変化に起因する相対的な位置ずれが大きくなってしまふのをより確実に抑止することができる。このため、固定台5の温度変化に起因する散乱光の検出結果の変化もより確実に抑制することが可能となる。

[0139] 次に、温度変化による距離Lの変動を抑えるための最適な条件について考察する。

[0140] 本実施形態の変動量 ΔL は数式(11)により表される。これが0となるための条件は、以下の数式(11A)を解くことによって得られる。

$$|\Delta T \times \alpha_b \times H_{b0} - \Delta T \times \alpha_a \times H_{a0}| = 0 \quad \dots (11A)$$

上記数式(11A)の両辺を ΔT で除して整理すると、以下の条件式(13)が得られる。

$$\alpha_b \times H_{b0} = \alpha_a \times H_{a0} \quad \dots (13)$$

上記数式(13)を満たすように、接続部材9および固定台5を設計することで、温度変化による距離Lの変動が0となる。

[0141] ところで、上記数式(13)の両辺は完全に同じ値である必要はなく、 $\alpha_b \times H_{b0}$ の値と $\alpha_a \times H_{a0}$ の値とが略同値であれば、固定台5が熱膨張若しくは熱収縮することで光検出素子6が基板2の取付け面2aに対して上下方向に移動する量と、接続部材9が熱膨張若しくは熱収縮することで光ファイバF

10が基板2の取付け面2aに対して上下方向に移動する量と、が略同等となる。これにより、温度変化が生じたとしても光検出素子6および光ファイバF10が上下方向における相対的な位置関係を保ったまま変位することとなり、温度変化に起因する両者の上下方向における相対的な位置ずれを一層抑えることが可能となる。このため、固定台5の温度変化に起因する散乱光の検出結果の変化も一層抑制することが可能となる。

[0142] なお、 $\alpha_b \times H_{b0}$ の値と $\alpha_a \times H_{a0}$ の値とが略同値である場合として、例えば下記数式(14)を満たすような場合が挙げられる。

$$\alpha_b \times H_{b0} \times 99 / 100 \leq \alpha_a \times H_{a0} \leq \alpha_b \times H_{b0} \times 101 / 100 \dots (14)$$

上記数式(14)は、 $\alpha_b \times H_{b0}$ の値と $\alpha_a \times H_{a0}$ の値との誤差が±1%の場合を示している。上記数式(14)を満たすように、接続部材9が上下方向に伸縮するように構成されていることで、距離Lの温度変化に伴う変動量を±1%以内とすることができ、また、保つことができる。

[0143] 次に、本実施形態の光検出器1Cの具体的な実施例について説明する。

[0144] 本実施例では、図16に示すような高出力のレーザシステムLSの最も下流に位置する125 μ mの光ファイバF10におけるレーザパワーを検出するように光検出器1Cを実装した。光検出素子6として、受光量に応じて電流値が変動するPhoto Detector(PD)を用いた。本実施例では、固定台5の材質として艶消し黒アルマイトで表面処理されたアルミニウムを用いた。このアルミニウムの線膨張係数は、 23×10^{-6} [1/K]である。この固定台5の寸法は、長手方向に20mm、左右方向に20mm、上下方向に60mmであり、全体として直方体状に形成されている。

[0145] 本実施例の接続部材9の材質として、線膨張係数が 69×10^{-6} [1/K]の樹脂を用いた。接続部材9の上下方向の厚みを0~3mmの範囲で変化させた複数の光検出器1Cについて、光ファイバF10に一定のパワーのレーザを導波させ、光検出器1Cの温度を常温(25 $^{\circ}$ C)から80 $^{\circ}$ Cまで変化させた場合の、PDの電流値の変動(以下、PD電流変動という)を図21に

示す。なお、接続部材 9 の上下方向の厚みが 0 mm の場合とは、接続部材 9 を設けずに、光ファイバ F 10 が基板 2 の取付け面 2 a 上に直接載置されている場合を示している。

[0146] 図 21 に示すグラフの縦軸は常温 (25℃) における状態を基準とした PD 電流変動 [%] であり、横軸は光検出器 1 C の温度 [℃] である。

図 21 に示すように、接続部材 9 を設けなかった場合 (接続部材 9 の厚みが 0 mm の場合) には、光検出器 1 C が 60℃ まで昇温した際に、約 -0.06% の PD 電流変動が生じている。光ファイバ F 10 に導波させているレーザのパワーは一定であるため、この PD 電流変動は図 16 に示す距離 L の変動に起因するものであり、パワーの検出結果の精度が温度変化に応じて低下することを意味している。

[0147] 一方、本実施形態のように接続部材 9 を設けた場合は、接続部材 9 を設けなかった場合と比較して PD 電流変動の値が小さく抑えられている。具体的には、接続部材 9 の上下方向の厚みが 1 mm の場合、60℃ における PD 電流変動が約 -0.05% となっている。

また、接続部材 9 の上下方向の厚みが 3 mm の場合には、60℃ における PD 電流変動が +0.05% となっている。これにより、本実施例においては、60℃ における PD 電流変動を ±0.05% 以内に抑えるためには、接続部材 9 の上下方向における厚みを 1 ~ 3 mm の範囲内で設定すればよいことがわかる。

[0148] また、図 21 に示すように、本実施例では接続部材 9 の上下方向の厚みを 2 mm とすることで、温度に応じた PD 電流変動をほぼ無くすることができる。これは、接続部材 9 の上下方向の厚みが 2 mm の場合に、上記数式 (13) の両辺が略同値となっていることを示している。

[0149] なお、本発明の技術的範囲は前記第 3 実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

[0150] 例えば、前記第 3 実施形態では、光ファイバ F 10 のうち光検出素子 6 と

上下方向で対向する部分が接続部材 9 の載置面 9 a 上に載置され、その他の部分は基板 2 の取付け面 2 a 上に載置されていたが、本発明はこれに限られない。例えば、接続部材 9 の載置面 9 a が基板 2 の長手方向における全長にわたって延在し、載置面 9 a の全長にわたって光ファイバ F 10 が載置されていてもよい。

また、前記第 1 実施形態で説明した構成の一部を第 3 実施形態に適用してもよい。例えば、光検出器 1 C の固定台 5 が少なくとも 1 つの開口部を有し、光ファイバの一部が、当該開口部を通じて固定台 5 の内側に収容されていてもよい。さらに、当該開口部が第 1 固定部材 3 または第 2 固定部材 4 のいずれかによって閉塞されてもよい。さらに、第 1 固定部材 3 または第 2 固定部材 4 のいずれかの一部が、固定台 5 の内側（溝部 5 b の内側）に位置してもよい。あるいは、第 1 固定部材 3 または第 2 固定部材 4 が、固定台 5 の内側に位置していなくてもよい。あるいは、当該開口部が、第 1 固定部材 3 または第 2 固定部材 4 によって閉塞されていなくてもよい。

[0151] また、光検出器 1 C が、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ のいずれか一方を満足してもよい。また、光検出器 1 C が、 $\alpha_1 / \alpha_2 = X_2 / X_1$ を満足してもよい。

また、前記第 2 実施形態で説明した構成を第 3 実施形態に適用してもよい。例えば、光検出器 1 C の第 1 固定部材 3 が正の線膨張係数を有する材質により形成され、第 2 固定部材 4 が負の線膨張係数を有する材質により形成されてもよい。

[0152] その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施の形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、上記した実施形態や変形例を適宜組み合わせてもよい。

[0153] 例えば、第 1 実施形態に、第 2 実施形態に記載された内容の一部を組み合わせ、光検出器 1 A の第 1 固定部材 3 が正の線膨張係数を有する材質により形成され、第 2 固定部材 4 が負の線膨張係数を有する材質により形成されてもよい。

あるいは、第1実施形態に、第3実施形態に記載された内容の一部を組み合わせ、光検出器1Aが、基板2の取付け面2aに接触した状態で基板2に固定され、光ファイバを載置する載置面9aを有し、載置面9a上に位置する光ファイバと基板2とを接続する接続部材9を備えてもよい。さらに、光検出器1Aの固定台5が、取付け面2aに接触した状態で固定される接触面5cを有し、接触面5cが、少なくとも光ファイバを挟んで光検出素子6と対向する部分に配置されてもよい。さらに、載置面9a上に位置する光ファイバと光検出素子6との間の上下方向の距離が所定の範囲内となるように、接続部材9が温度変化に伴って少なくとも上下方向に伸縮してもよい。

[0154] 同様に、第2実施形態に、第1または第3実施形態に記載された内容の一部を組み合わせてもよい。

同様に、第3実施形態に、第1または第2実施形態に記載された内容の一部を組み合わせてもよい。

符号の説明

[0155] 1A～1C…光検出器、2…基板、2a…取付け面、3…第1固定部材、4…第2固定部材、5…固定台、5b…溝部、5c…接触面、5d…位置決め部、51…本体部、6…光検出素子、9…接続部材、9a…載置面、F…光ファイバ、F10…光ファイバ

請求の範囲

- [請求項1] 基板と、
前記基板上に載置された光ファイバと、
前記基板に対して固定され、前記光ファイバによって導波される光の散乱光を検出する光検出素子と、を備える光検出器。
- [請求項2] 前記光ファイバを前記基板に対して固定する第1固定部材および第2固定部材をさらに備え、
前記第1固定部材は、前記光ファイバの延びる長手方向において前記光検出素子を挟んだ前記第2固定部材の反対側に配置され、
前記第1固定部材のうち、上面視において、前記長手方向に直交する短手方向に前記光ファイバを挟む一方側の部分における体積を V_1 、他方側の部分における体積を V_2 とし、
前記第2固定部材のうち、上面視において、前記短手方向における前記光ファイバの前記一方側の部分における体積を V_3 、前記他方側の部分における体積を V_4 とするとき、
 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ のいずれか一方を満足する、請求項1に記載の光検出器。
- [請求項3] 前記第1固定部材を形成する材質の線膨張係数を α_1 とし、前記第2固定部材を形成する材質の線膨張係数を α_2 とし、
上面視において、前記短手方向における前記第1固定部材の重心と前記光ファイバとの距離を X_1 とし、前記短手方向における前記第2固定部材の重心と前記光ファイバとの距離を X_2 とするとき、
 $\alpha_1 / \alpha_2 = X_2 / X_1$
を満足する、請求項2に記載の光検出器。
- [請求項4] 基板と、
前記基板上に載置された光ファイバと、
前記基板に対して固定され、前記光ファイバによって導波される光の散乱光を検出する光検出素子と、

前記光ファイバを前記基板に対して固定する第1固定部材および第2固定部材と、を備え、

前記第1固定部材が、前記光ファイバの延びる長手方向において前記光検出素子を挟んだ前記第2固定部材の反対側に配置される光検出器の製造方法であって、

前記第1固定部材となる樹脂を前記基板および前記光ファイバに塗布する第1塗布工程と、

上面視において、前記第1固定部材のうち、前記長手方向に直交する短手方向に前記光ファイバを挟む一方側の部分の体積 V_1 および他方側の部分の体積 V_2 を検出する体積検出工程と、

前記体積検出工程における検出結果に基づいて、前記第2固定部材となる樹脂を前記基板および前記光ファイバに塗布する第2塗布工程と、

を有し、

上面視において、前記第2固定部材のうち、前記短手方向に前記光ファイバを挟む前記一方側の部分における体積を V_3 、前記他方側の部分における体積を V_4 とするとき、

前記第2塗布工程では、 $V_1 > V_2$ かつ $V_3 < V_4$ 若しくは $V_1 < V_2$ かつ $V_3 > V_4$ を満足するように前記第2固定部材となる樹脂の吐出量を制御する、光検出器の製造方法。

[請求項5] 前記光ファイバを前記基板に対して固定する第1固定部材および第2固定部材をさらに備え、

前記第1固定部材は、前記光ファイバの延びる長手方向において前記光検出素子を挟んだ前記第2固定部材の反対側に配設され、

前記第1固定部材は正の線膨張係数を有する材質により形成され、前記第2固定部材は負の線膨張係数を有する材質により形成されている、請求項1から3のいずれか1項に記載の光検出器。

[請求項6] 前記第2固定部材が、前記長手方向に負の線膨張係数を有する材質

により形成されている、請求項5に記載の光検出器。

[請求項7] 前記第2固定部材を形成する材質の線膨張係数の絶対値が、前記第1固定部材を形成する材質の線膨張係数の絶対値よりも大きい、請求項5または6に記載の光検出器。

[請求項8] 前記第1固定部材を形成する材質の線膨張係数を α_A とし、前記第2固定部材を形成する材質の線膨張係数の絶対値を α_B とし、前記第1固定部材の重心と前記光ファイバとの距離を X_{0A} とし、前記第2固定部材の重心と前記光ファイバとの距離を X_{0B} とするとき、

α_A/α_B の値と X_{0B}/X_{0A} の値とが略同値である、請求項5から7のいずれか1項に記載の光検出器。

[請求項9] 前記光ファイバを前記基板に対して固定する第1固定部材および第2固定部材と、

前記光検出素子を前記基板に固定する固定台と、をさらに備え、
前記固定台は、少なくとも1つの開口部を有し、

前記光ファイバの一部は、前記開口部を通じて前記固定台の内側に収容され、

少なくとも1つの前記開口部が、前記第1固定部材または前記第2固定部材のいずれかによって閉塞されている、請求項1から3または5から8のいずれか1項に記載の光検出器。

[請求項10] 前記第1固定部材または前記第2固定部材のいずれかの一部が、前記固定台の内側に位置している、請求項9に記載の光検出器。

[請求項11] 前記固定台は、前記光検出素子を保持する本体部を有し、
前記第1固定部材または前記第2固定部材のいずれかの幅が、前記本体部の幅よりも大きい、請求項9または10に記載の光検出器。

[請求項12] 前記固定台は、前記光検出素子を保持する本体部を有し、
前記第1固定部材または前記第2固定部材のいずれかの幅が、前記本体部の幅よりも小さい、請求項9または10に記載の光検出器。

[請求項13] 前記基板の取付け面に接触した状態で前記基板に固定され、前記光

ファイバを載置する載置面を有し、前記載置面上に位置する前記光ファイバと前記基板とを接続する接続部材と、

前記光検出素子を前記基板に固定し、温度変化に伴って少なくとも上下方向に伸縮する固定台と、をさらに備え、

前記固定台は、

少なくとも1つの開口部と、

前記取付け面に接触した状態で固定される接触面と、を有し、前記光ファイバの一部は、前記開口部を通じて前記固定台の内側に収容され、

前記載置面は、少なくとも前記光ファイバを挟んで前記光検出素子と対向する部分に配置され、

前記載置面上に位置する前記光ファイバと前記光検出素子との間の上下方向の距離が所定の範囲内となるように、前記接続部材が温度変化に伴って少なくとも上下方向に伸縮する、請求項1から3または5から12のいずれか1項に記載の光検出器。

[請求項14] 前記固定台は、上下方向における前記光検出素子の前記取付け面に対する位置を決める位置決め部を有し、

前記接続部材を形成する材質の線膨張係数を α_a 、前記固定台を形成する材質の線膨張係数を α_b とし、

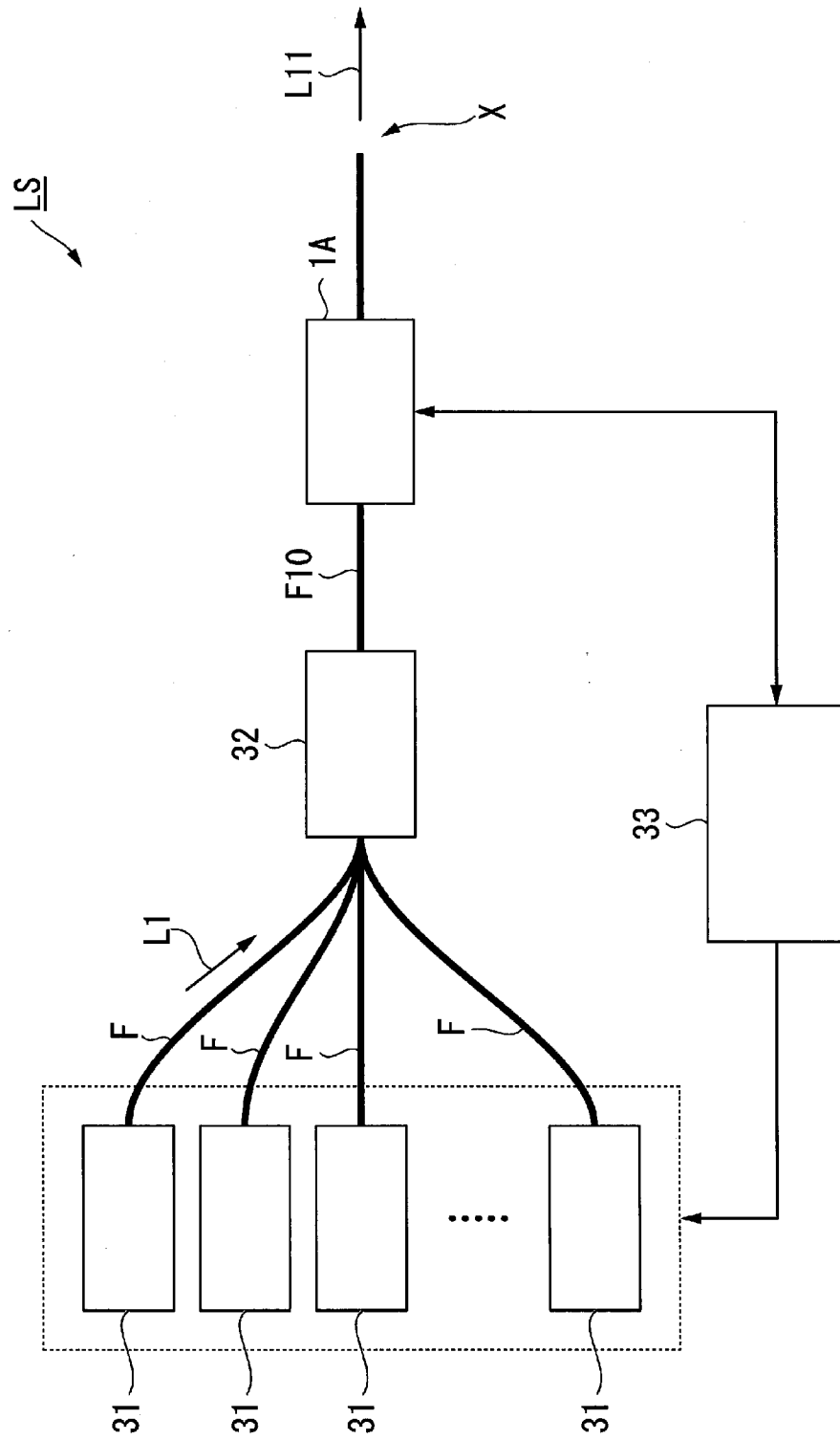
前記接続部材のうち前記光ファイバが載置されている部分における上下方向の厚みを H_{a0} 、前記接触面から前記位置決め部までの上下方向の長さを H_{b0} とするとき、

$$\alpha_a \times H_{a0} (\alpha_a \times H_{a0} - 2 \times \alpha_b \times H_{b0}) < 0$$

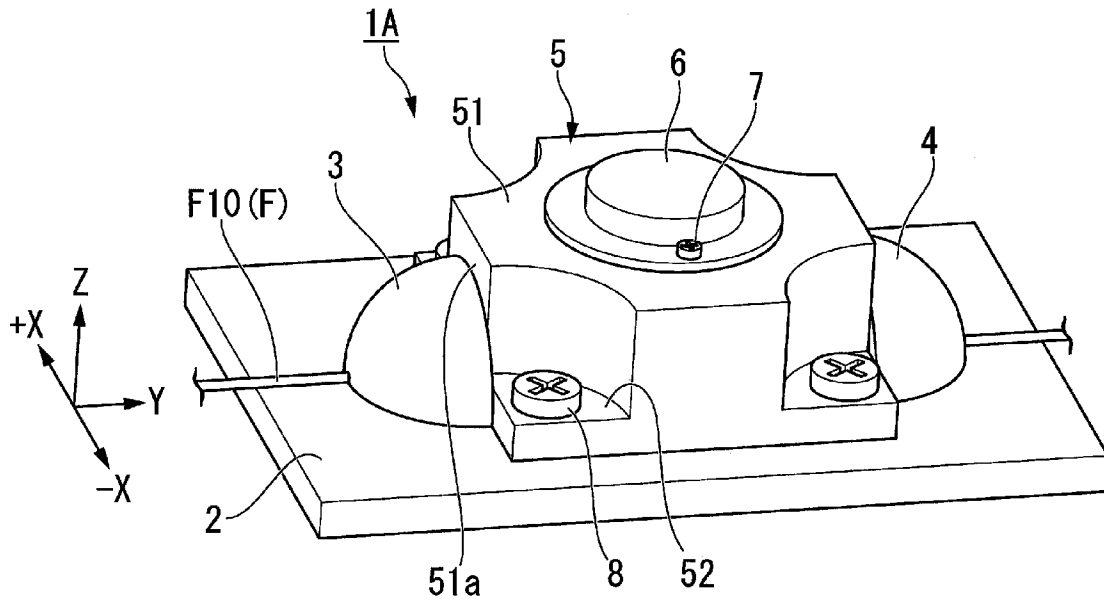
を満足する、請求項13に記載の光検出器。

[請求項15] $\alpha_b \times H_{b0}$ の値と $\alpha_a \times H_{a0}$ の値とが略同値である、請求項14に記載の光検出器。

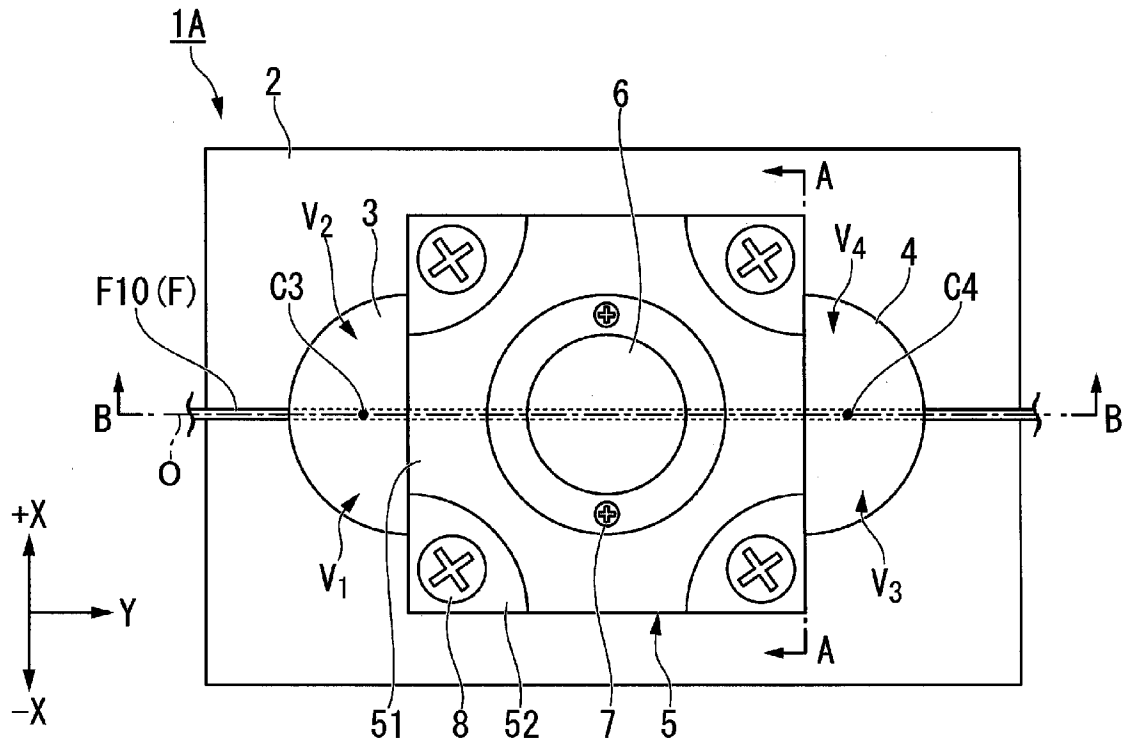
[図1]



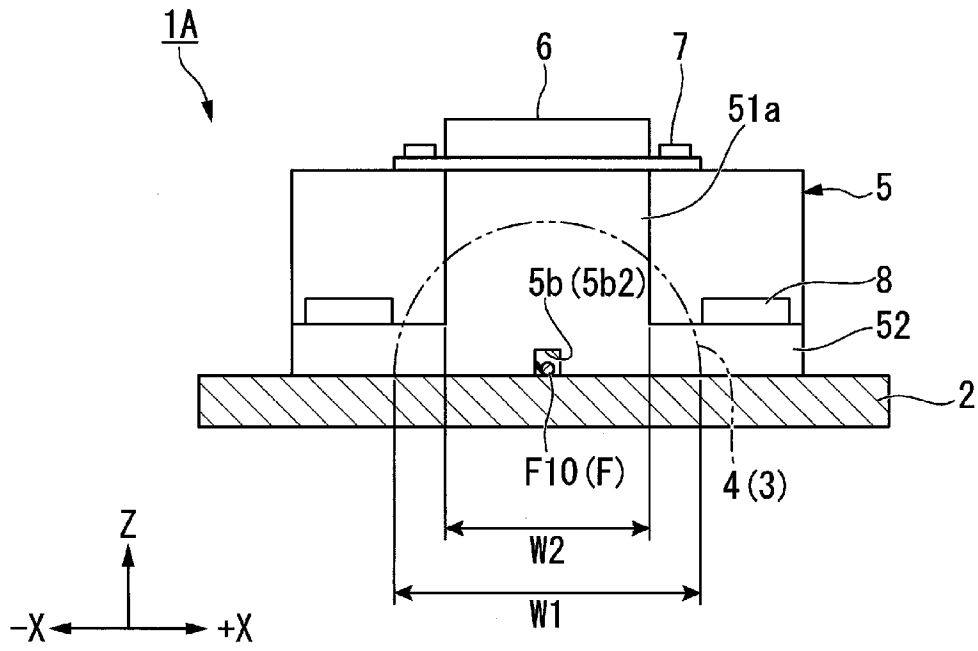
[図2]



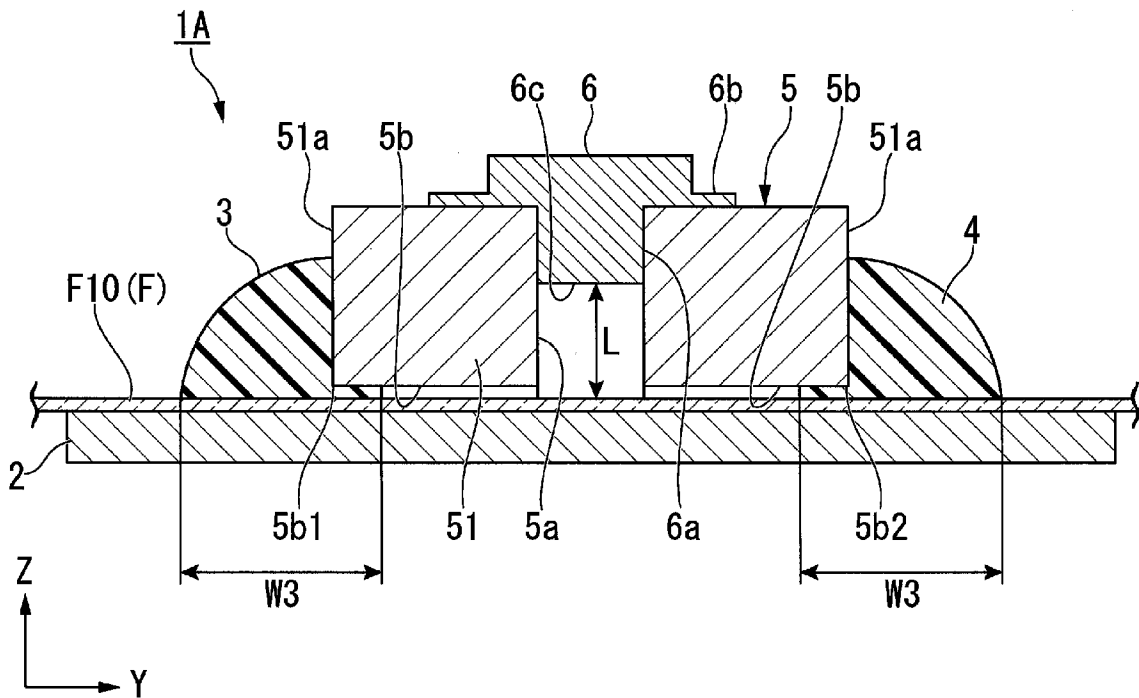
[図3]



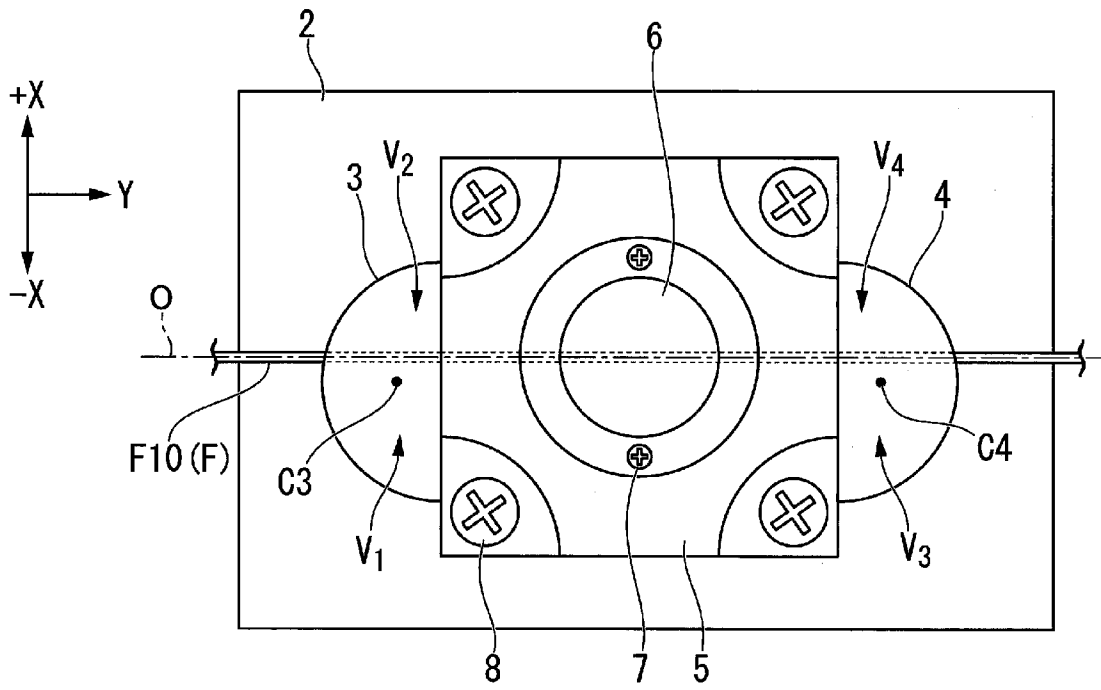
[図4]



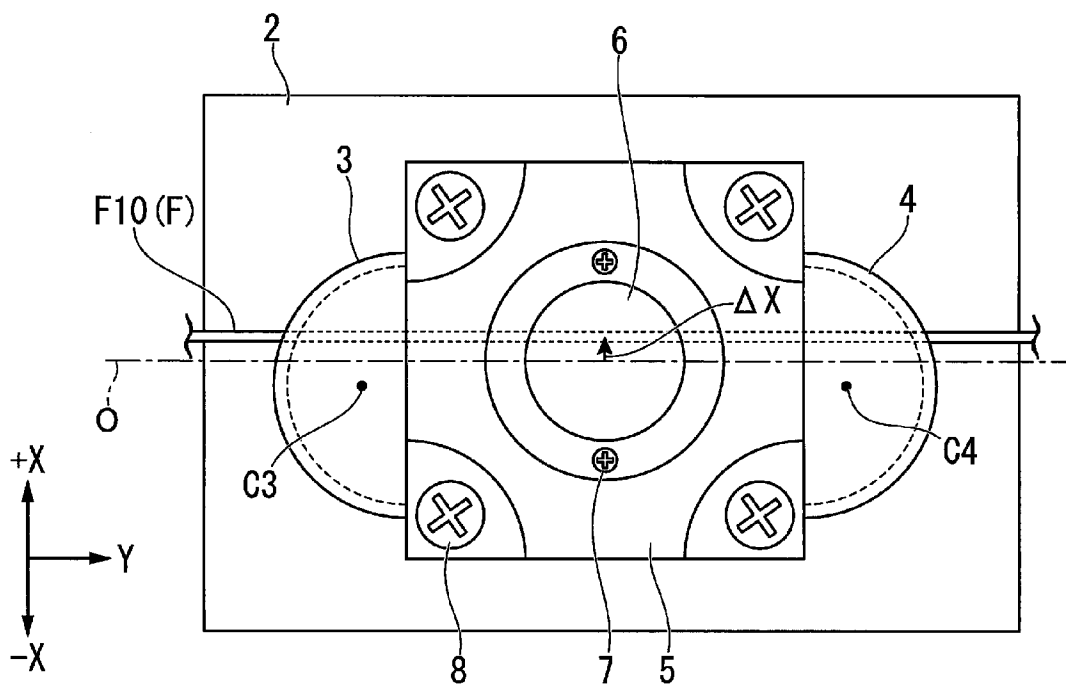
[図5]



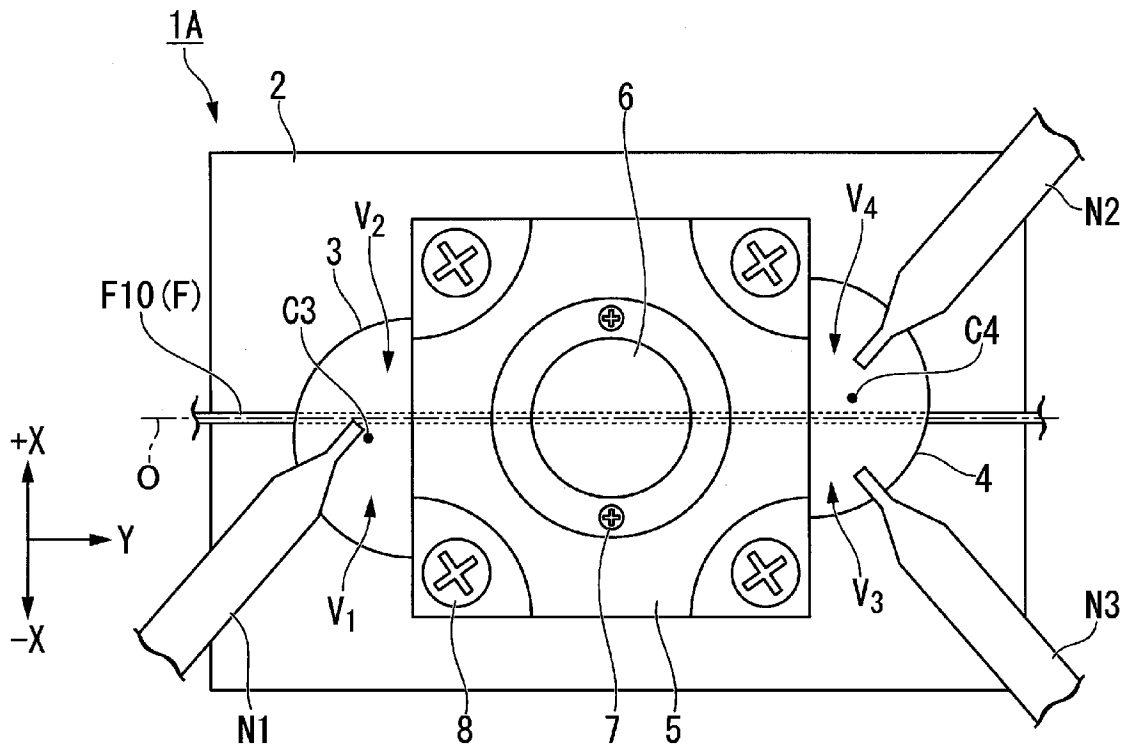
[図6A]



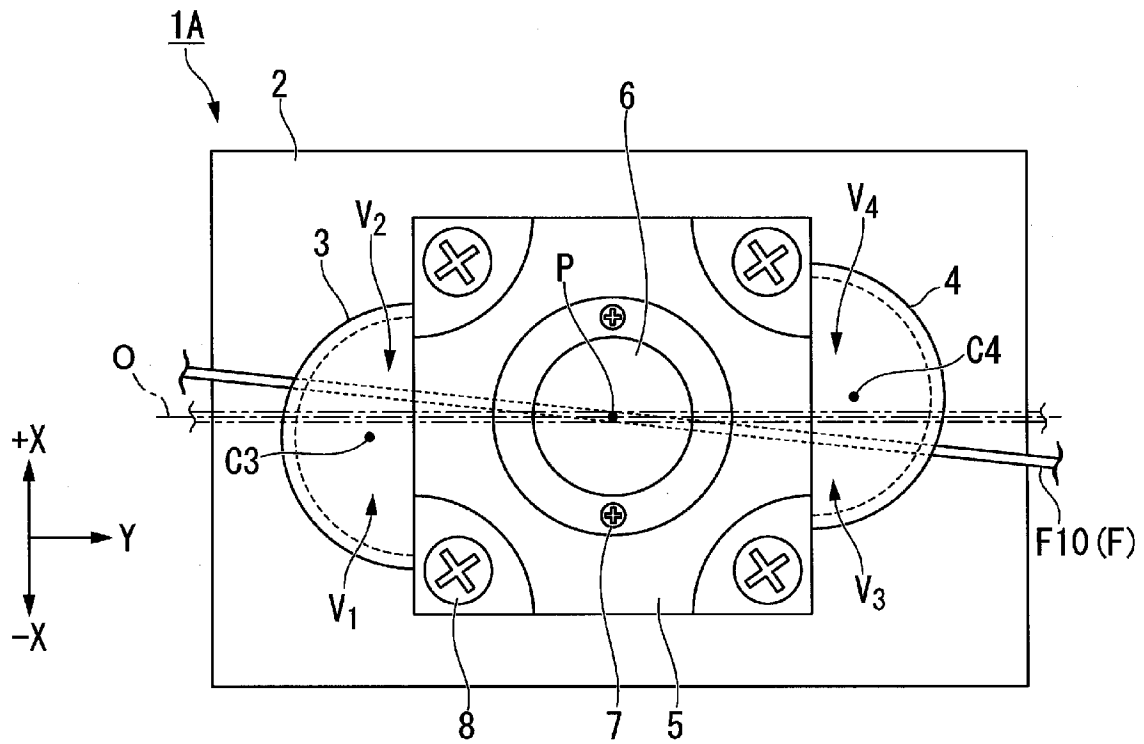
[図6B]



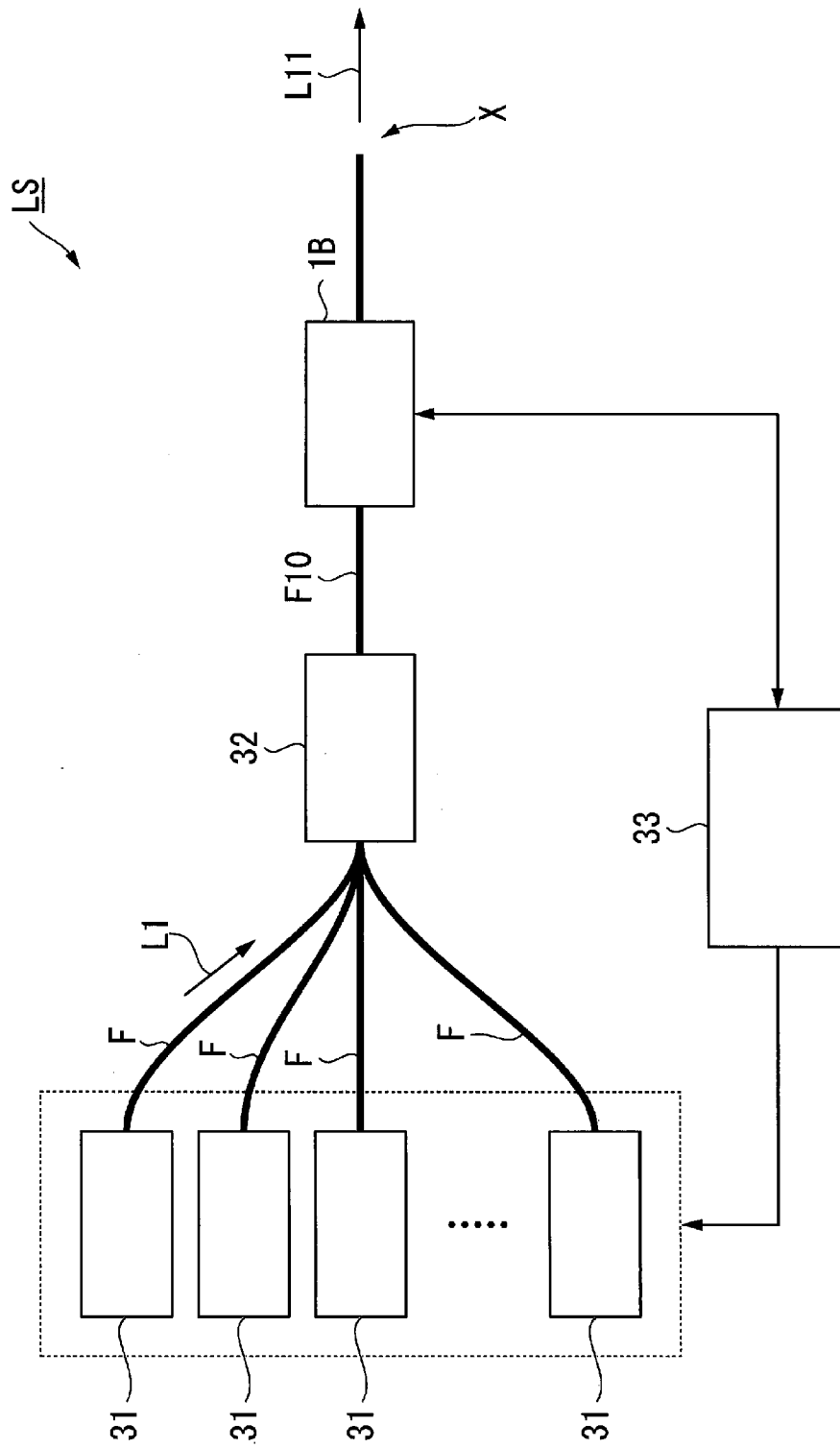
[図7A]



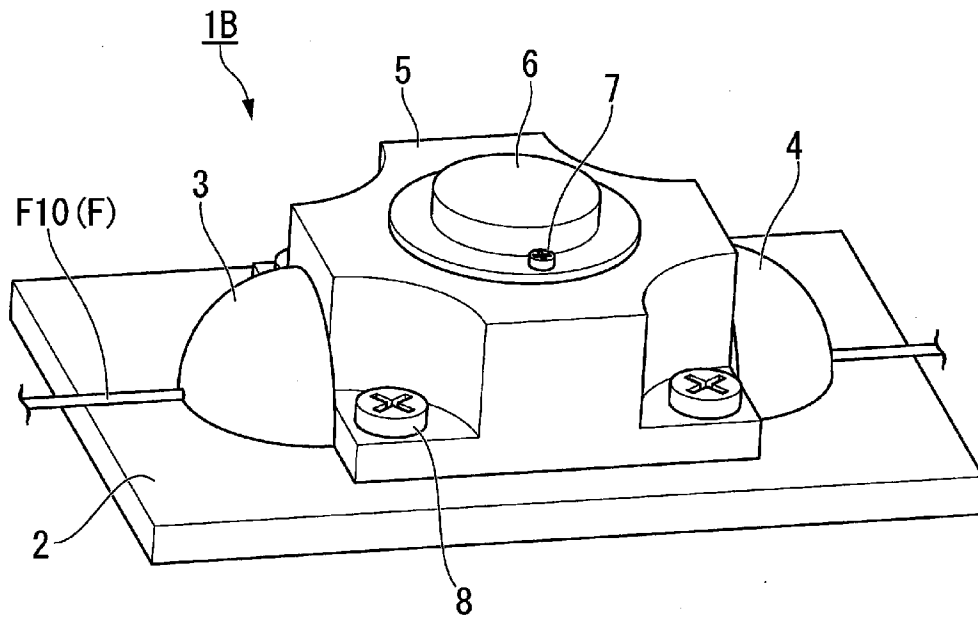
[図7B]



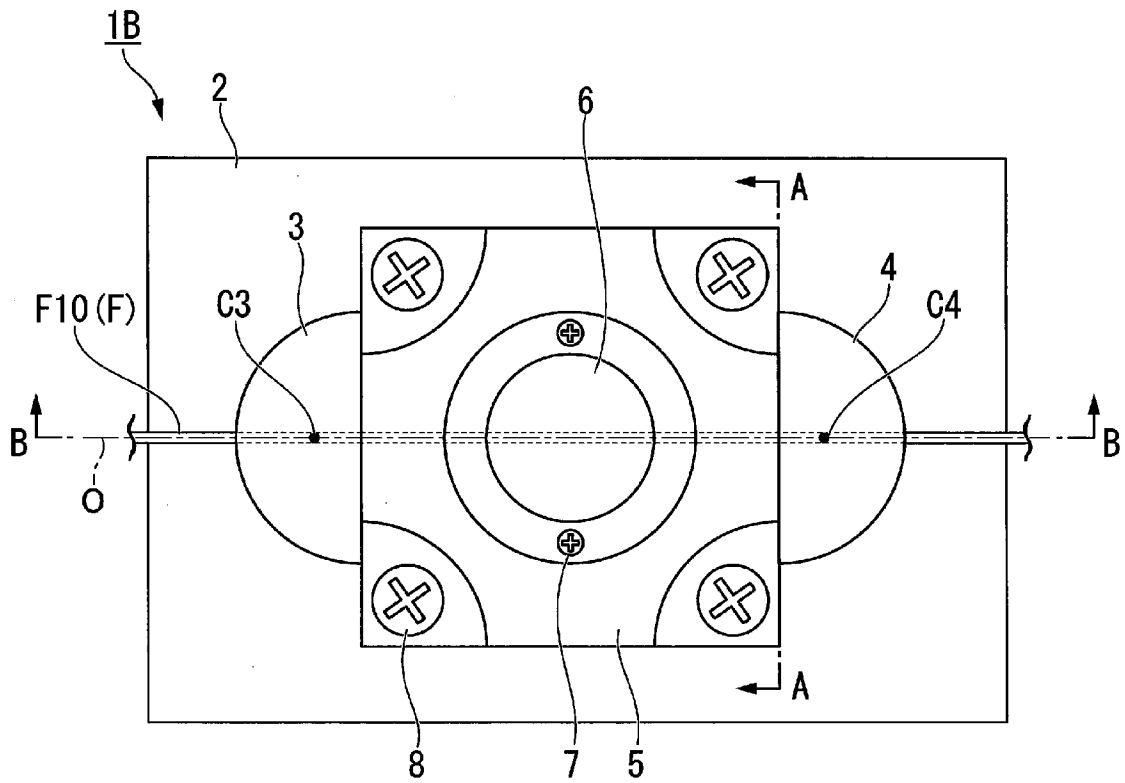
[図9]



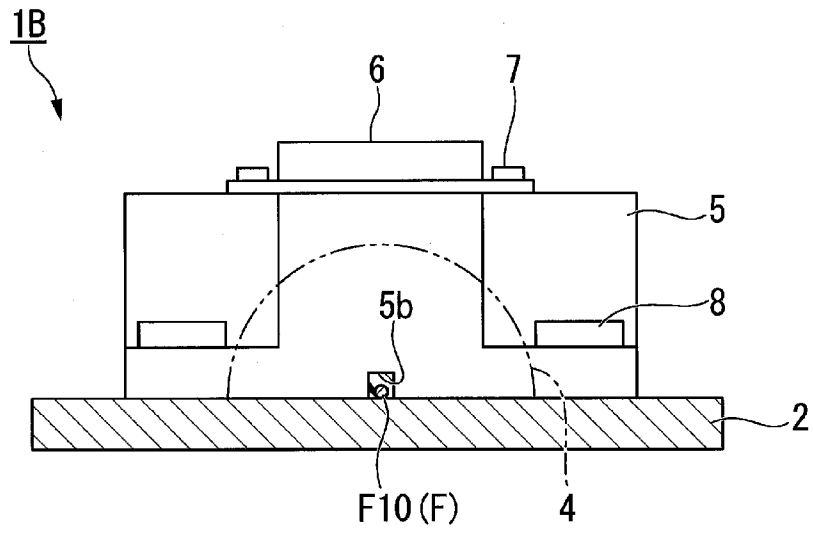
[図10]



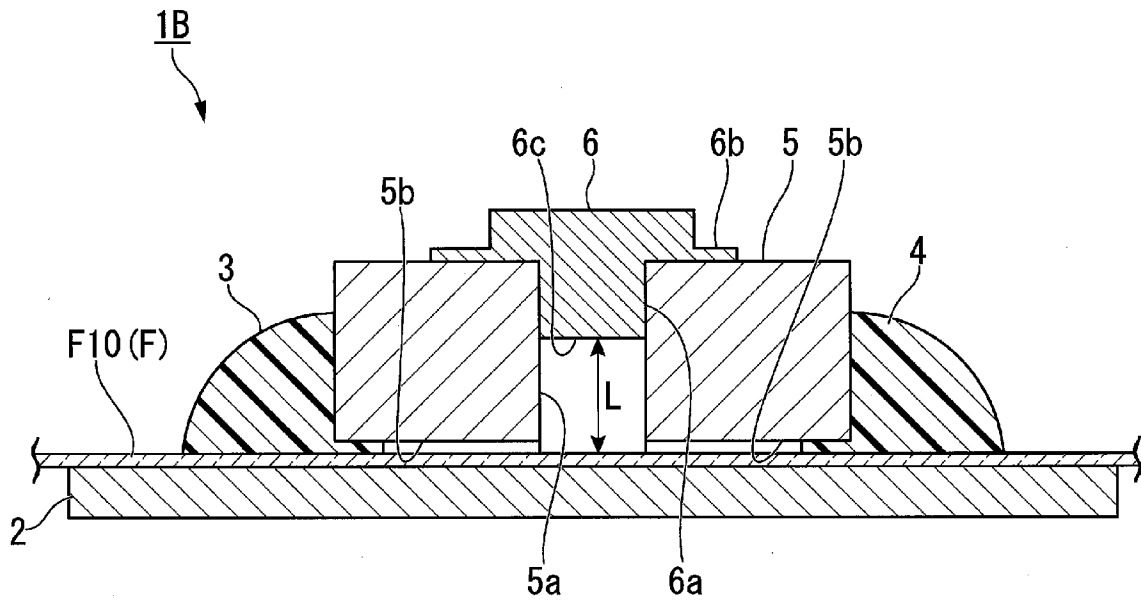
[図11]



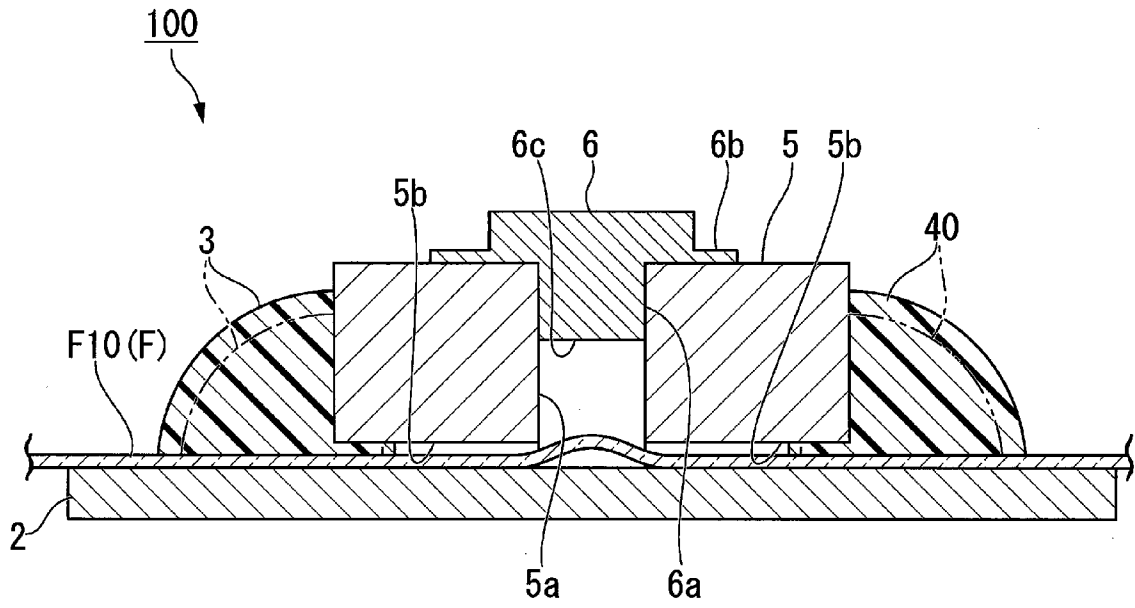
[図12]



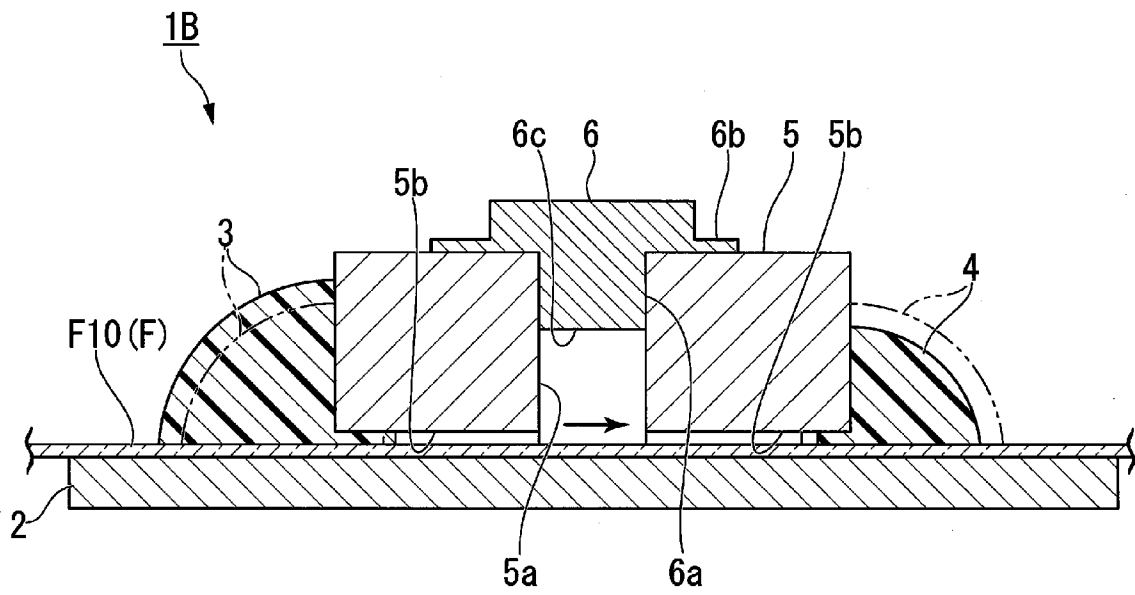
[図13]



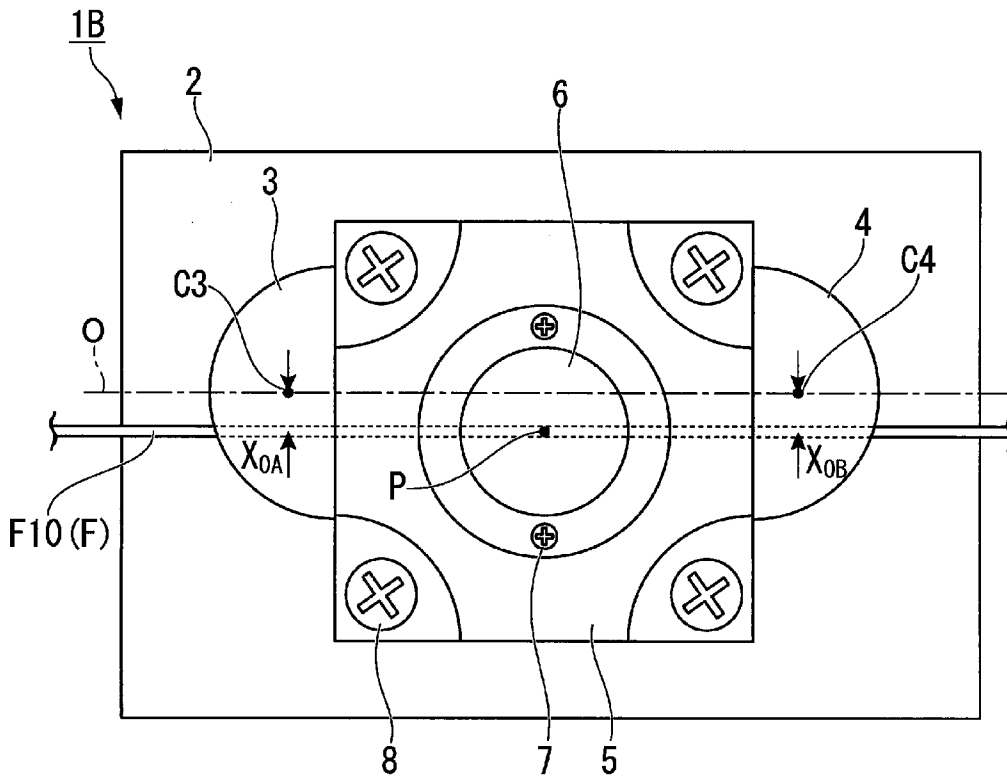
[図14A]



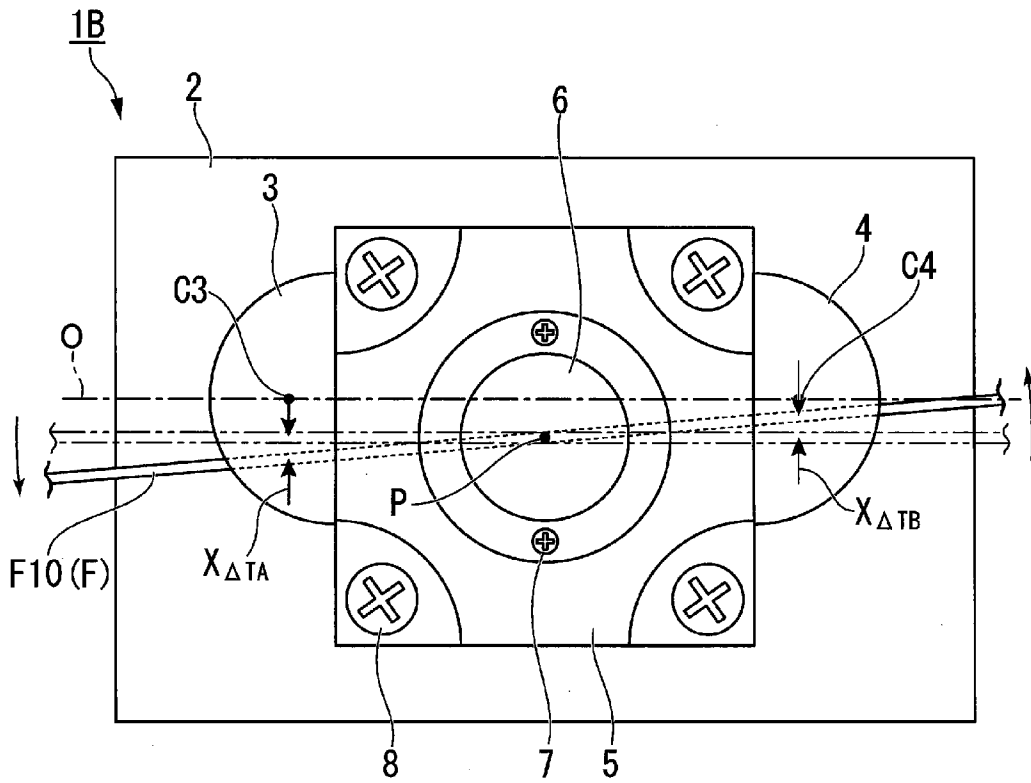
[図14B]



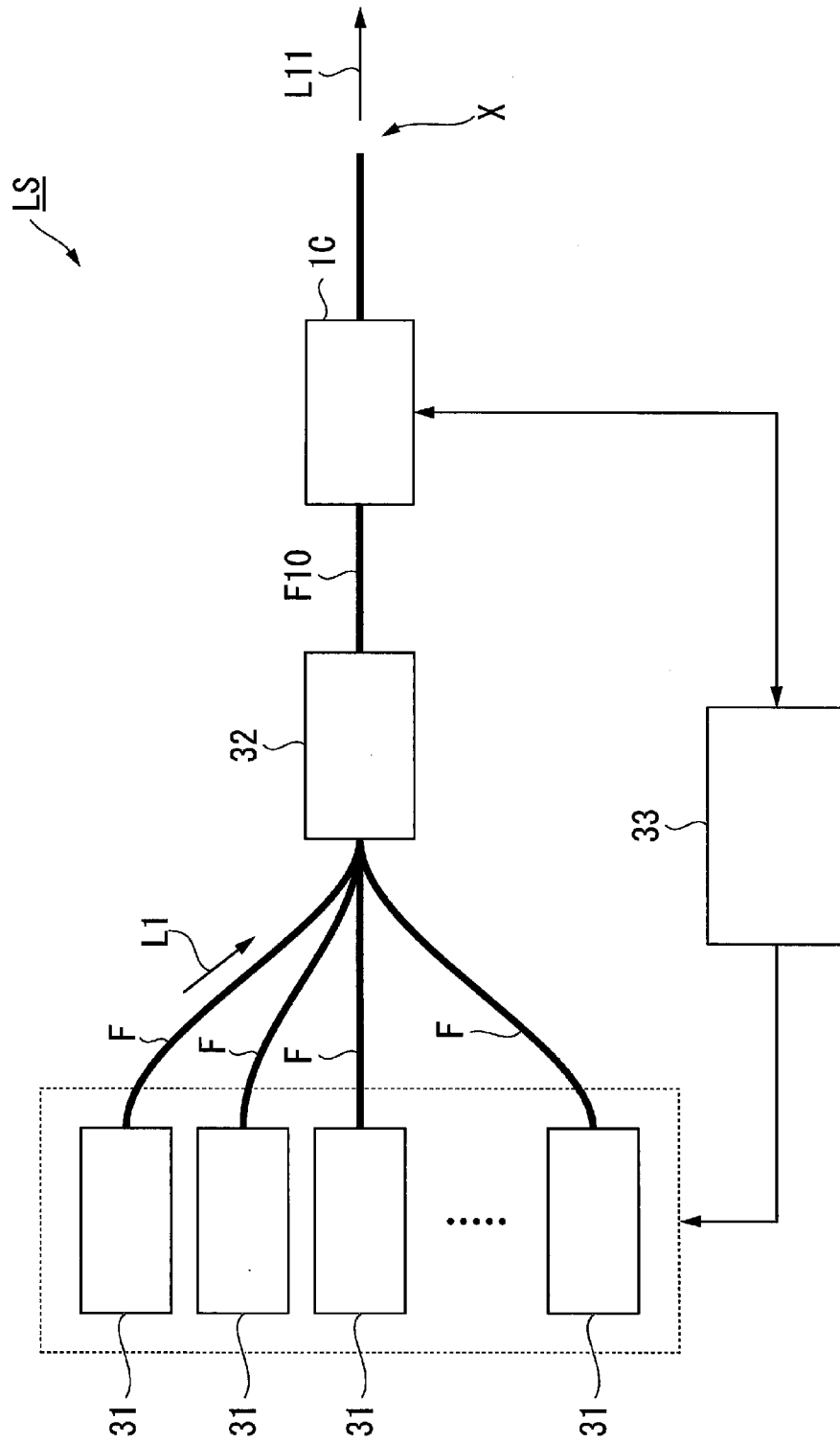
[図15A]



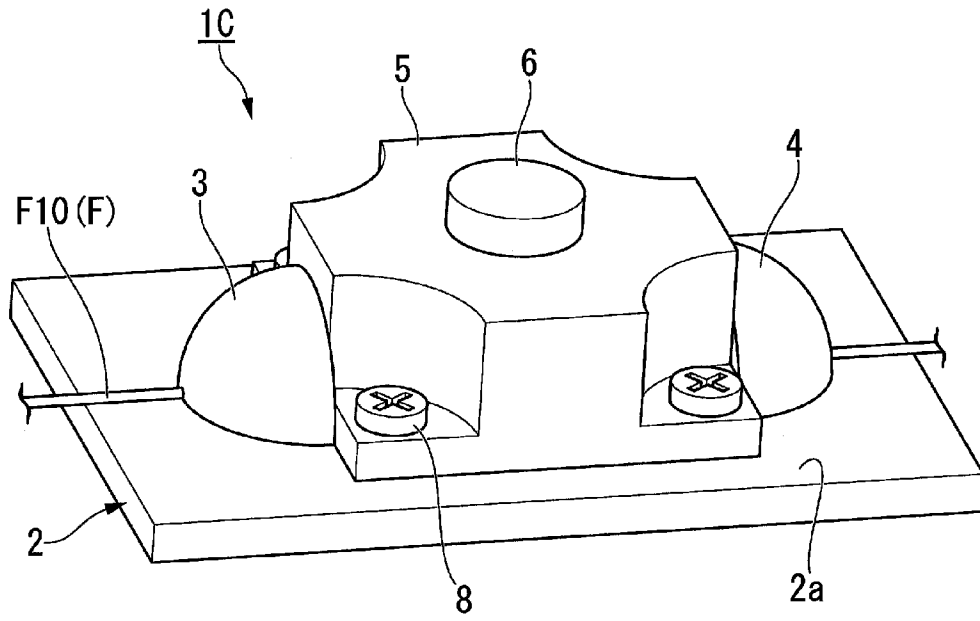
[図15B]



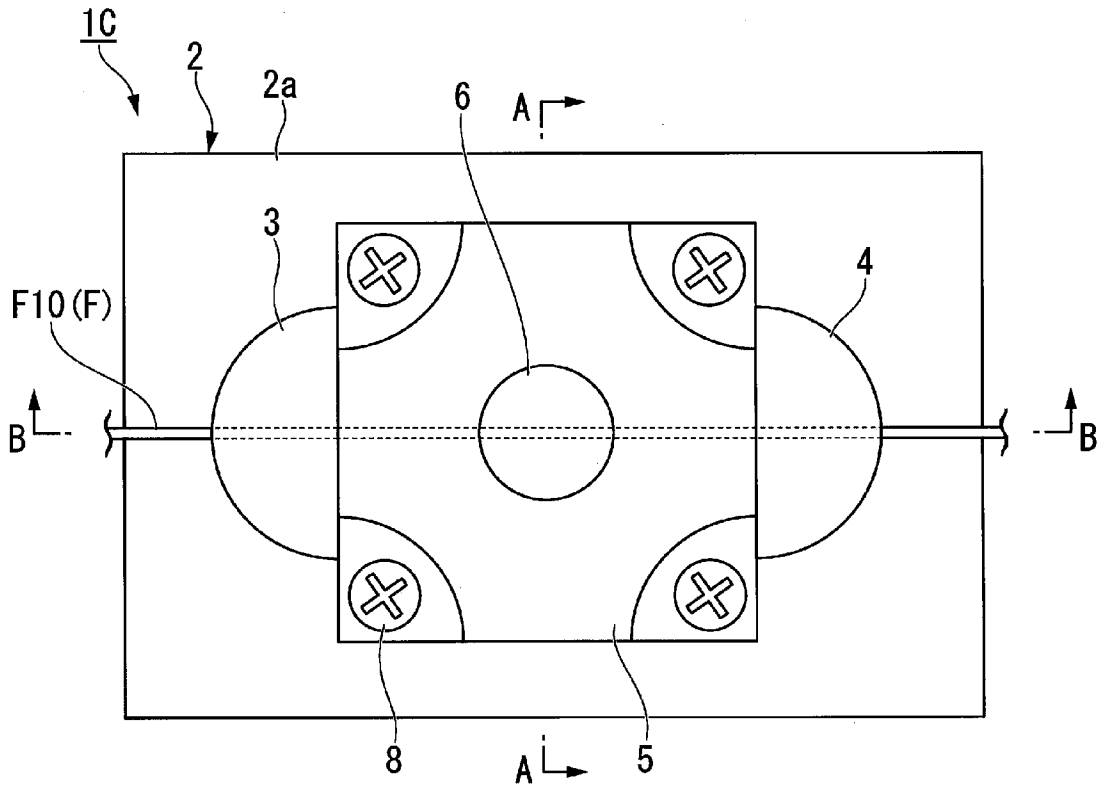
[図16]



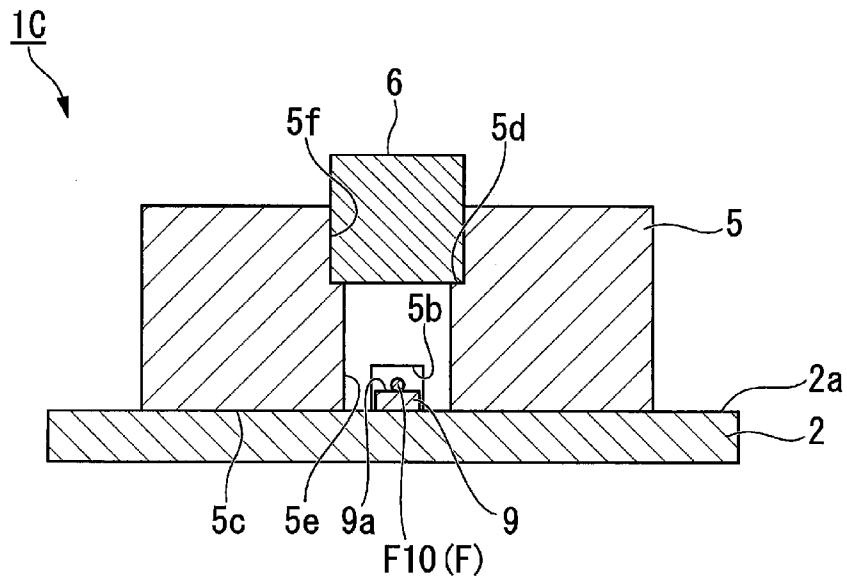
[図17]



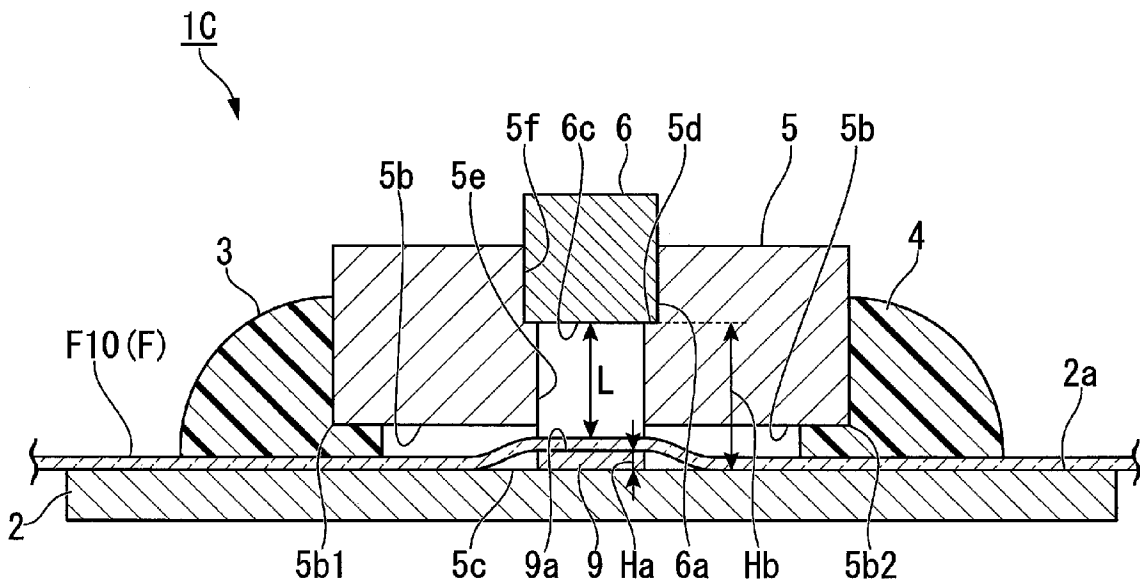
[図18]



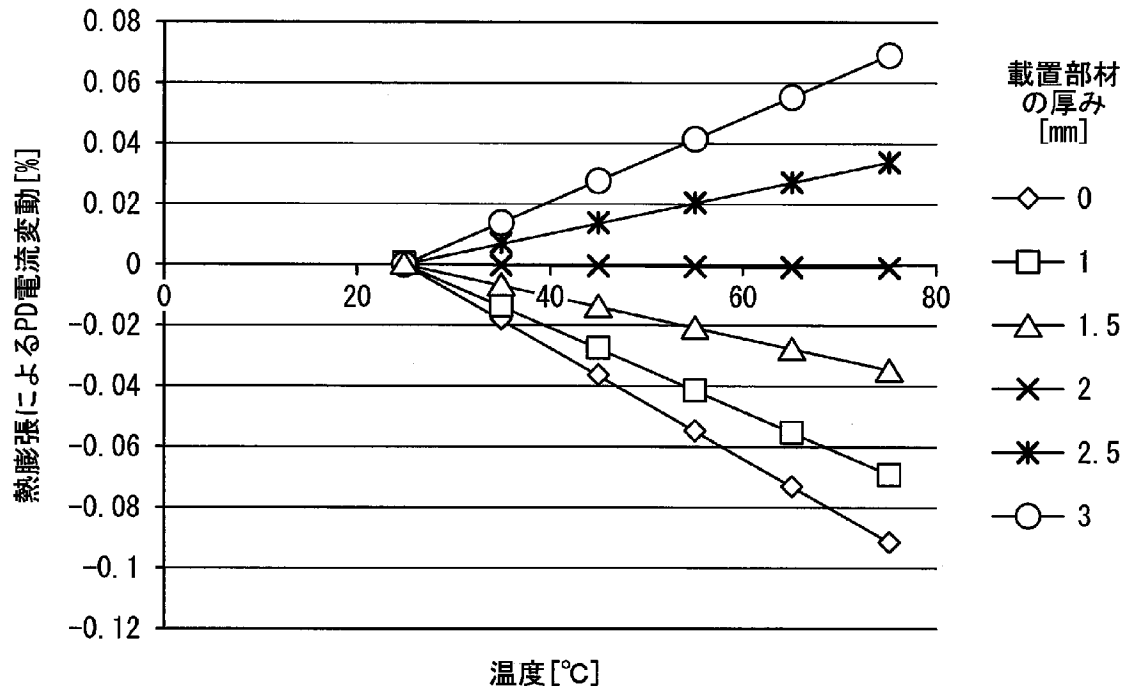
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/002931

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01J1/02 (2006.01) i, G02B6/42 (2006.01) i, H01L31/0232 (2014.01) 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)

Int.Cl. G01J1/00-1/60, G02B6/42, H01L31/0232, H01S3/00

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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	JP 2014-60251 A (SPECTRONIX CORP.) 03 April 2014, paragraphs [0021]-[0027], [0039], fig. 2, 3 (Family: none)	1-2, 9-13
A	JP 2013-174583 A (FUJIKURA LTD.) 05 September 2013 (Family: none)	1-15

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 10.04.2018	Date of mailing of the international search report 24.04.2018
---	--

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/JP2018/002931

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 2015-525342 A (IPG PHOTONICS CORPORATION) 03 September 2015 & WO 2014/035505 A2 & CN 104335018 A & KR 10-2015-0020281 A	1-15
A	US 2014/0313513 A1 (LIAO) 23 October 2014 (Family: none)	1-15
A	JP 2005-43762 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 17 February 2005 (Family: none)	1-15
A	JP 57-138191 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO., LTD.) 26 August 1982 & US 4523802 A & GB 2093631 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G01J1/02(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i, H01L31/0232(2014.01)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. G01J1/00-1/60, G02B6/42, H01L31/0232, H01S3/00

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	JP 2014-60251 A（スペクトロニクス株式会社） 2014.04.03, 段落 [0021] - [0027], [0039], 図 2-3 (ファミリーなし)	1-2, 9-13
A	JP 2013-174583 A（株式会社フジクラ） 2013.09.05 (ファミリーなし)	1-15

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	の日の後に公表された文献
「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
 10.04.2018

国際調査報告の発送日
 24.04.2018

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）	2W	3602
蔵田 真彦		
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
A	JP 2015-525342 A (アイピージー フォトニクス コーポレーション) 2015.09.03 & WO 2014/035505 A2 & CN 104335018 A & KR 10-2015-0020281 A	1-15
A	US 2014/0313513 A1 (LIAO) 2014.10.23 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2005-43762 A (住友電気工業株式会社) 2005.02.17 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 57-138191 A (国際電信電話株式会社) 1982.08.26 & US 4523802 A & GB 2093631 A	1-15