



有未(KURAMOTO Yumi); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 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, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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))

second mirror part; and a lens part which is integrally provided on the second surface side and collects the light transmitted through the first mirror part and the second mirror part on the light detector.

(57) 要約: 光検出装置は、窓部が設けられたパッケージと、パッケージ内において、窓部から入射した光を透過させるファブリペロー干渉フィルタと、パッケージ内において、ファブリペロー干渉フィルタを透過した光を検出する光検出器と、を備える。ファブリペロー干渉フィルタは、窓部側の第1表面及び光検出器側の第2表面を有する基板と、第1表面に配置され、第1ミラー部及び第2ミラー部が設けられた第1層構造体と、第2表面側に一体的に設けられ、第1ミラー部及び第2ミラー部を透過した光を光検出器に集光するレンズ部と、を有する。

明 細 書

発明の名称： 光検出装置

技術分野

[0001] 本開示は、ファブリペロー干渉フィルタを備える光検出装置に関する。

背景技術

[0002] 窓部が設けられたパッケージと、パッケージ内において、窓部から入射した光を透過させるファブリペロー干渉フィルタと、パッケージ内において、ファブリペロー干渉フィルタを透過した光を検出する光検出器と、を備える光検出装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 1 6 - 2 1 1 8 6 0 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述したような光検出装置においては、ファブリペロー干渉フィルタを透過した光が光検出器によって効率良く検出されることが望ましい。特に、汎用的な光源を用いて、被測定物からの反射光を分析するような場合には、反射光の光量が小さくなり易いことから、光を効率良く検出することが重要となる。

[0005] 光を効率良く検出するために、受光領域の大きいフォトダイオード等の光検出器を用いることが考えられる。しかし、受光領域の大きい光検出器を用いると、光検出器から出力される信号においてノイズ成分が大きくなるおそれがある。

[0006] 本開示は、高感度且つ高精度な検出が可能な光検出装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 一側面の光検出装置は、光を入射させる窓部が設けられたパッケージと、

パッケージ内に配置され、窓部から入射した光を透過させるファブリペロー干渉フィルタと、ファブリペロー干渉フィルタから離れた状態でパッケージ内に配置され、ファブリペロー干渉フィルタを透過した光を検出する光検出器と、を備え、ファブリペロー干渉フィルタは、窓部側の第1表面及び光検出器側の第2表面を有する基板と、第1表面に配置され、空隙を介して互いに対向し且つ互いの距離が可変とされた第1ミラー部及び第2ミラー部が設けられた第1層構造体と、第2表面側に一体的に設けられ、第1ミラー部及び第2ミラー部を透過した光を光検出器に集光するレンズ部と、を有する。

[0008] 上述した光検出装置では、ファブリペロー干渉フィルタが、第1ミラー部及び第2ミラー部を透過した光を光検出器に集光するレンズ部を有している。これにより、受光領域の小さい光検出器を用いたとしても、当該受光領域に、第1ミラー部及び第2ミラー部を透過した光を効率良く入射させることができる。つまり、受光領域の小さい光検出器を用いて、光検出器から出力される信号においてノイズ成分を小さくしつつ、ファブリペロー干渉フィルタを透過した光を効率良く検出することができる。ここで、光検出器の受光領域が小さくなると、光検出器に対するレンズ部の位置（特に、光軸に垂直な方向における位置）に高い精度が要求される。上述した光検出装置では、第1ミラー部及び第2ミラー部の後段にレンズ部が位置しているため、第1ミラー部及び第2ミラー部の前段にレンズ部が位置している場合に比べ、レンズ部と光検出器との距離が小さくなり、光検出器に対するレンズ部の位置に要求される精度が緩和される。また、レンズ部が、ファブリペロー干渉フィルタを構成する基板の第2表面側に一体的に設けられているため、レンズ部がファブリペロー干渉フィルタとは別体で支持部材（例えば、パッケージ内において、ファブリペロー干渉フィルタが光検出器から離れた状態でファブリペロー干渉フィルタを支持する支持部材）に取り付けられている場合に比べ、光検出器に対するレンズ部の位置にずれが生じ難い。以上により、上述した光検出装置によれば、高感度且つ高精度な検出が可能となる。

[0009] 一側面の光検出装置では、レンズ部は、基板のうち第2表面側の部分に形

成されていてもよい。この構成では、基板とレンズ部との間に界面が存在しないため、光学的なロスを抑制することができると共に、レンズ部の剥がれ等を防止することができる。また、半導体製造プロセスにおいて、レンズ部を高い位置精度で容易に形成することができる。

[0010] 一側面の光検出装置では、レンズ部は、第2表面に直接的又は間接的に設けられていてもよい。この構成によれば、レンズ部が基板の一部分に形成されている場合に比べ、ファブリペロー干渉フィルタの応力バランスを向上させることができる。また、レンズ部が採り得る形状（レンズ面の曲率等）の自由度を大きくすることができる。

[0011] 一側面の光検出装置では、ファブリペロー干渉フィルタは、第2表面に配置され、第1層構造体に対応するように構成された第2層構造体を更に有し、第2層構造体には、第1ミラー部及び第2ミラー部を透過した光が通過する開口が形成されており、レンズ部は、開口内に配置されていてもよい。この構成によれば、レンズ部が基板とは別体であったとしても、レンズ部の位置にずれが生じるのを抑制することができる。また、ファブリペロー干渉フィルタの厚さが大きくなるのを抑制しつつ、例えば、レンズ部が開口内に配置されている分だけレンズ部の厚さを大きくすることで、レンズ部の集光機能を向上させることができる。更に、レンズ部の全体を開口内に配置することで、レンズ部の破損及び汚染を防止することができる。

[0012] 一側面の光検出装置では、ファブリペロー干渉フィルタは、第2表面に配置され、第1層構造体に対応するように構成された第2層構造体を更に有し、第2層構造体には、第1ミラー部及び第2ミラー部を透過した光が通過する開口が形成されており、レンズ部は、開口を塞ぐように第2層構造体に取り付けられていてもよい。この構成によれば、ファブリペロー干渉フィルタにおいて、基板の第1表面側と第2表面側との間の応力バランスを向上させることができる。また、レンズ部50が採り得る形状（レンズ面の曲率等）の自由度を大きくすることができる。

[0013] 一側面の光検出装置では、光の入射方向から見た場合に、レンズ部の外縁

は、窓部の外縁よりも内側に位置しており、光検出器の受光領域の外縁よりも外側に位置していてもよい。この構成によれば、第1ミラー部及び第2ミラー部を透過した光を光検出器の受光領域に効率良く入射させることができる。

発明の効果

[0014] 本開示によれば、高感度且つ高精度な検出が可能な光検出装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、第1実施形態の光検出装置の断面図である。

[図2]図2は、図1に示される光検出装置の平面図である。

[図3]図3は、図1に示される光検出装置のファブリペロー干渉フィルタの平面図である。

[図4]図4は、図3に示されるIV-IV線に沿ってのファブリペロー干渉フィルタの断面図である。

[図5]図5は、図4に示されるファブリペロー干渉フィルタの変形例の断面図である。

[図6]図6は、第2実施形態の光検出装置の断面図である。

[図7]図7は、図6に示される光検出装置のファブリペロー干渉フィルタの断面図である。

[図8]図8は、図7に示されるファブリペロー干渉フィルタの変形例の断面図である。

[図9]図9は、第3実施形態の光検出装置の断面図である。

[図10]図10は、図9に示される光検出装置のファブリペロー干渉フィルタの断面図である。

[図11]図11は、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタの変形例の断面図である。

[図12]図12は、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタの変形例の断面図である。

[図13]図13は、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタの変形例の断面図である。

[図14]図14は、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタの変形例の断面図である。

[図15]図15は、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタの変形例の断面図である。

[図16]図16は、ファブリペロー干渉フィルタの参考例の断面図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する部分を省略する。

[第1実施形態]

[光検出装置の構成]

[0017] 図1に示されるように、光検出装置1Aは、パッケージ2を備えている。パッケージ2は、ステム3と、キャップ4と、を有するCANパッケージである。キャップ4は、側壁5及び天壁6によって一体的に構成されている。天壁6は、ラインLに平行な方向においてステム3と対向している。ステム3及びキャップ4は、例えば金属からなり、互いに気密に接合されている。

[0018] ステム3の内面3aには、配線基板7が例えば接着剤によって固定されている。配線基板7の基板材料としては、例えば、シリコン、セラミック、石英、ガラス、プラスチック等を用いることができる。配線基板7には、光検出器8、及びサーミスタ等の温度補償用素子（図示省略）が実装されている。光検出器8は、パッケージ2内においてラインL上に配置されている。より具体的には、光検出器8は、その受光領域の中心線がラインLに一致するようにパッケージ2内に配置されている。光検出器8は、例えば、InGaAs等が用いられた量子型センサ、サーモパイル又はボロメータ等が用いられた熱型センサ等の赤外線検出器である。紫外、可視、近赤外の各波長域の光を検出する場合には、光検出器8として、例えば、シリコンフォトダイオ

ード等を用いることができる。なお、光検出器 8 の受光領域は、1 つの受光部によって構成されていてもよいし、或いは、複数の受光部によって構成されていてもよい。複数の受光部によって構成された受光領域を有する光検出器 8 は、例えば、フォトダイオードアレイ、CCD イメージセンサ、CMOS イメージセンサ等である。また、複数の光検出器 8 が配線基板 7 に実装されていてもよい。その場合、複数の光検出器 8 の受光部の集合を受光領域と捉えることができる。

[0019] 配線基板 7 上には、複数のスペーサ（支持部）9 が例えば接着剤によって固定されている。複数のスペーサ 9 は、光検出器 8 及び温度補償用素子を挟むように或いは囲むように、パッケージ 2 内に配置されている。各スペーサ 9 の材料としては、例えば、シリコン、セラミック、石英、ガラス、プラスチック等を用いることができる。複数のスペーサ 9 上には、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A が例えば接着剤によって固定されている。ファブリペロー干渉フィルタ 10 A は、パッケージ 2 内においてライン L 上に配置されている。より具体的には、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A は、その光透過領域 10 a の中心線がライン L に一致するようにパッケージ 2 内に配置されている。スペーサ 9 は、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A が光検出器 8 から離れた状態で（すなわち、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A と光検出器 8 との間に空間が形成された状態で）ファブリペロー干渉フィルタ 10 A を支持している。つまり、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A と光検出器 8 とは、互いに離れた状態でパッケージ 2 内に配置されている。なお、スペーサ 9 は、配線基板 7 と一体的に構成されていてもよい。また、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A は、複数のスペーサ 9 によってではなく、1 つのスペーサ 9 によって支持されていてもよい。また、スペーサ 9 は、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A と一体的に構成されていてもよい。

[0020] ステム 3 には、複数のリードピン 11 が固定されている。より具体的には、各リードピン 11 は、ステム 3 との間の電気的な絶縁性及び気密性が維持された状態で、ステム 3 を貫通している。各リードピン 11 には、配線基板

7に設けられた電極パッド、光検出器8の端子、温度補償用素子の端子、及びファブリペロー干渉フィルタ10Aの端子のそれぞれが、ワイヤ12によって電氣的に接続されている。これにより、光検出器8、温度補償用素子、及びファブリペロー干渉フィルタ10Aのそれぞれに対する電気信号の入出力等が可能である。なお、リードピン11と、光検出器8と電氣的に接続された配線基板7上の電極パッドとが、ワイヤ12によって電氣的に接続された構成としてもよい。

[0021] パッケージ2には、開口2aが形成されている。より具体的には、開口2aは、その中心線がラインLに一致するようにキャップ4の天壁6に形成されている。天壁6の内面6aには、開口2aを塞ぐように光透過部材13が配置されている。光透過部材13は、開口2a内及び側壁5の内面5aに至っており、開口2aを気密に封止している。光透過部材13は、少なくとも光検出装置1Aの測定波長範囲の光を透過させる。光透過部材13の光入射面13aは、開口2aにおいて天壁6の外表面と略面一となっている。このような光透過部材13は、開口2aを下側にした状態でキャップ4の内側にガラスペレットを配置し、そのガラスペレットを溶融させることで、形成される。つまり、光透過部材13は、融着ガラスからなる。パッケージ2では、光透過部材13のうち開口2a内に位置する部分が、外部からパッケージ2内に光を入射させる窓部15として機能する。なお、例えば、ガラス、石英、シリコン、ゲルマニウム、プラスチック等からなる板状の光透過部材13が、開口2aを塞ぐように天壁6の内面6aに気密に固定されていてもよい。その場合、開口2a内の領域が窓部15として機能する。つまり、光透過部材13の有無にかかわらず、開口2a内の領域が窓部15として機能する。これら光透過部材13は、樹脂等からなる接着剤によって、天壁6の内面6aに気密に接着されていてもよい。

[0022] 光透過部材13の光出射面13b（ラインLに平行な方向において光入射面13aと対向する面）には、板状のバンドパスフィルタ14が例えば接着剤によって固定されている。バンドパスフィルタ14は、光検出装置1Aの

測定波長範囲の光を選択的に透過させる。バンドパスフィルタ 14 は、例えば、 TiO_2 、 Ta_2O_5 等の高屈折材料と、 SiO_2 、 MgF_2 等の低屈折材料との組合せからなる誘電体多層膜を有する。なお、バンドパスフィルタ 14 は、例えば蒸着等によって光透過部材 13 の光出射面 13b に形成されていてもよい。また、光透過部材 13 自体がバンドパスフィルタの機能を有していてもよい。

[0023] ライン L に平行な方向（窓部 15 に対する光の入射方向）から見た場合における各部の位置関係及び大小関係は、次のとおりである。図 2 に示されるように、窓部 15 の中心線（すなわち、開口 2a の中心線）、光透過部材 13 の中心線、バンドパスフィルタ 14 の中心線、ファブリペロー干渉フィルタ 10A の光透過領域 10a の中心線、及び光検出器 8 の受光領域 8a の中心線は、ライン L に一致している。窓部 15 の外縁、光透過部材 13 の外縁、光透過領域 10a の外縁、及び受光領域 8a の外縁は、例えば円形状である。バンドパスフィルタ 14 の外縁、ファブリペロー干渉フィルタ 10A の外縁、及び光検出器 8 の外縁は、例えば矩形状である。

[0024] 窓部 15 の外縁（すなわち、開口 2a の内縁）は、光透過部材 13 の外縁、バンドパスフィルタ 14 の外縁、及びファブリペロー干渉フィルタ 10A の外縁よりも内側に位置しており、光透過領域 10a の外縁、及び受光領域 8a の外縁よりも外側に位置している。受光領域 8a の外縁は、光透過領域 10a の外縁よりも内側に位置している。バンドパスフィルタ 14 の外縁は、光透過部材 13 の外縁よりも内側に位置しており、ファブリペロー干渉フィルタ 10A の外縁よりも外側に位置している。なお、「所定の方から見た場合に一の外縁が他の外縁よりも内側に位置している」とは、「所定の方から見た場合に他の外縁が一の外縁を囲んでいる」、「所定の方から見た場合に他の外縁が一の外縁を含んでいる」との意味である。また、「所定の方から見た場合に一の外縁が他の外縁よりも外側に位置している」とは、「所定の方から見た場合に一の外縁が他の外縁を囲んでいる」、「所定の方から見た場合に一の外縁が他の外縁を含んでいる」との意味である。

[0025] 以上のように構成された光検出装置 1 A においては、外部から、窓部 1 5、光透過部材 1 3 及びバンドパスフィルタ 1 4 を介して、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A の光透過領域 1 0 a に光が入射すると、所定の波長を有する光が選択的に透過させられる。ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A の光透過領域 1 0 a を透過した光は、光検出器 8 の受光領域 8 a に入射して、光検出器 8 によって検出される。

[ファブリペロー干渉フィルタの構成]

[0026] 図 3 及び図 4 に示されるように、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A では、第 1 ミラー部と第 2 ミラー部との距離に応じた光を透過させる光透過領域 1 0 a がライン L 上に設けられている。光透過領域 1 0 a は、例えば円柱状の領域である。光透過領域 1 0 a においては、第 1 ミラー部と第 2 ミラー部との距離が極めて精度良く制御される。つまり、光透過領域 1 0 a は、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A のうち、所定の波長を有する光を選択的に透過させるために第 1 ミラー部と第 2 ミラー部との距離を所定の距離に制御することが可能な領域であって、第 1 ミラー部と第 2 ミラー部との距離に応じた所定の波長を有する光が透過可能な領域である。

[0027] ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A は、矩形板状の基板 2 1 を備えている。基板 2 1 は、ライン L に平行な方向において互いに対向する第 1 表面 2 1 a 及び第 2 表面 2 1 b を有している。第 1 表面 2 1 a は、窓部 1 5 側（すなわち、光入射側）の表面である。第 2 表面 2 1 b は、光検出器 8 側（すなわち、光出射側）の表面である。第 1 表面 2 1 a には、第 1 層構造体 3 0 が配置されている。第 2 表面 2 1 b には、第 2 層構造体 4 0 が配置されている。

[0028] 第 1 層構造体 3 0 は、第 1 反射防止層 3 1、第 1 積層体 3 2、第 1 中間層 3 3 及び第 2 積層体 3 4 がこの順で第 1 表面 2 1 a に積層されることで、構成されている。第 1 積層体 3 2 と第 2 積層体 3 4 との間には、枠状の第 1 中間層 3 3 によって空隙（エアギャップ）S が形成されている。基板 2 1 は、例えば、シリコン、石英、ガラス等からなる。基板 2 1 がシリコンからなる場合には、第 1 反射防止層 3 1 及び第 1 中間層 3 3 は、例えば、酸化シリコ

ンからなる。第1中間層33の厚さは、例えば、数十nm～数十μmである。

[0029] 第1積層体32のうち光透過領域10aに対応する部分は、第1ミラー部35として機能する。第1積層体32は、複数のポリシリコン層と複数の窒化シリコン層とが一層ずつ交互に積層されることで、構成されている。第1ミラー部35を構成するポリシリコン層及び窒化シリコン層のそれぞれの光学厚さは、中心透過波長の $1/4$ の整数倍であることが好ましい。なお、第1ミラー部35は、第1反射防止層31を介することなく、第1表面21aに直接的に配置されていてもよい。

[0030] 第2積層体34のうち光透過領域10aに対応する部分は、第2ミラー部36として機能する。第2ミラー部36は、ラインLに平行な方向において、空隙Sを介して第1ミラー部35と対向している。第2積層体34は、複数のポリシリコン層と複数の窒化シリコン層とが一層ずつ交互に積層されることで、構成されている。第2ミラー部36を構成するポリシリコン層及び窒化シリコン層のそれぞれの光学厚さは、中心透過波長の $1/4$ の整数倍であることが好ましい。

[0031] 第1積層体32及び第2積層体34では、窒化シリコン層の代わりに酸化シリコン層が配置されていてもよい。また、第1積層体32及び第2積層体34を構成する各層の材料としては、上述した材料の他に、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、フッ化マグネシウム、酸化アルミニウム、フッ化カルシウム、シリコン、ゲルマニウム、硫化亜鉛等を用いることができる。

[0032] 第2積層体34において空隙Sに対応する部分には、第2積層体34における第1中間層33とは反対側の表面34aから空隙Sに至る複数の貫通孔34bが形成されている。複数の貫通孔34bは、第2ミラー部36の機能に実質的に影響を与えない程度に形成されている。複数の貫通孔34bは、エッチングによって第1中間層33の一部を除去して空隙Sを形成するために用いられたものである。

[0033] 第1ミラー部35には、光透過領域10aを囲むように第1電極22が形成されている。第1ミラー部35には、光透過領域10aを含むように第2電極23が形成されている。第1電極22及び第2電極23は、第1積層体32のうち空隙Sに最も近いポリシリコン層に不純物をドーピングして低抵抗化することで、形成されている。第2ミラー部36には、第3電極24が形成されている。第3電極24は、ラインLに平行な方向において、空隙Sを介して第1電極22及び第2電極23と対向している。第3電極24は、第2積層体34のうち空隙Sに最も近いポリシリコン層に不純物をドーピングして低抵抗化することで、形成されている。なお、第2電極23の大きさは、光透過領域10aの全体を含む大きさであることが好ましいが、光透過領域10aの大きさと略同一であってもよい。

[0034] 第1層構造体30には、一对の第1端子25及び一对の第2端子26が設けられている。一对の第1端子25は、光透過領域10aを挟んで互いに対向している。各第1端子25は、第2積層体34の表面34aから第1積層体32に至る貫通孔内に配置されている。各第1端子25は、配線22aを介して第1電極22と電氣的に接続されている。一对の第2端子26は、一对の第1端子25が互いに対向する方向に垂直な方向において、光透過領域10aを挟んで互いに対向している。各第2端子26は、第2積層体34の表面34aから第1中間層33の内部に至る貫通孔内に配置されている。各第2端子26は、配線23aを介して第2電極23と電氣的に接続されていると共に、配線24aを介して第3電極24と電氣的に接続されている。

[0035] 第1積層体32における第1中間層33側の表面32aには、トレンチ27、28が設けられている。トレンチ27は、配線23aにおける第2端子26との接続部分を囲むように環状に延在している。トレンチ27は、第1電極22と配線23aとを電氣的に絶縁している。トレンチ28は、第1電極22の内縁に沿って環状に延在している。トレンチ28は、第1電極22と第1電極22の内側の領域（すなわち、第2電極23が存在する領域）とを電氣的に絶縁している。第2積層体34の表面34aには、トレンチ29

が設けられている。トレンチ 29 は、第 1 端子 25 を囲むように環状に延在している。トレンチ 29 は、第 1 端子 25 と第 3 電極 24 とを電氣的に絶縁している。各トレンチ 27, 28, 29 内の領域は、絶縁材料であっても、空隙であってもよい。

[0036] 第 2 層構造体 40 は、第 2 反射防止層 41、第 3 積層体 42、第 2 中間層 43 及び第 4 積層体 44 がこの順で第 2 表面 21b に積層されることで、構成されている。第 2 反射防止層 41、第 3 積層体 42、第 2 中間層 43 及び第 4 積層体 44 は、それぞれ、第 1 反射防止層 31、第 1 積層体 32、第 1 中間層 33 及び第 2 積層体 34 と同様の構成を有している。このように、第 2 層構造体 40 は、基板 21 を基準として第 1 層構造体 30 と対称の積層構造を有している。つまり、第 2 層構造体 40 は、第 1 層構造体 30 と対応するように構成されている。第 2 層構造体 40 は、基板 21 の反り等を抑制する機能を有している。

[0037] 第 3 積層体 42、第 2 中間層 43 及び第 4 積層体 44 には、光透過領域 10a を含むように開口 40a が形成されている。開口 40a の中心線は、ライン L に一致している。開口 40a は、例えば円柱状の領域であり、光透過領域 10a と略同一の径を有している。開口 40a は、光出射側に開口しており、開口 40a の底面は、第 2 反射防止層 41 に至っている。開口 40a は、第 1 ミラー部 35 及び第 2 ミラー部 36 を透過した光を通過させる。第 3 積層体 42 は、第 2 反射防止層 41 を介することなく、第 2 表面 21b に直接的に配置されていてもよい。

[0038] 第 4 積層体 44 の光出射側の表面には、遮光層 45 が形成されている。遮光層 45 は、例えばアルミニウム等からなる。遮光層 45 の表面及び開口 40a の内面には、保護層 46 が形成されている。保護層 46 は、例えば酸化アルミニウムからなる。なお、保護層 46 の厚さを 1 ~ 100 nm (好ましくは、30 nm 程度) にすることで、保護層 46 による光学的な影響を無視することができる。また、保護層 46 は、省略することもできる。

[0039] 基板 21 の第 2 表面 21b 側には、レンズ部 50 が一体的に設けられてい

る。レンズ部50は、基板21のうち第2表面21b側の部分に形成されている。レンズ部50の光出射面50aは、第2表面21bの一部によって構成されている。レンズ部50の中心線（すなわち、光出射面50aの中心線）は、ラインLに一致している。ラインLに平行な方向から見た場合に、レンズ部50の外縁は、パッケージ2の窓部15の外縁よりも内側に位置しており、光検出器8の受光領域8aの外縁よりも外側に位置している（図2参照）。ここでは、レンズ部50は、光透過領域10aと略同一の径を有している。光出射面50aは、開口40aの底面において第2反射防止層41及び保護層46に覆われている。レンズ部50は、第1ミラー部35及び第2ミラー部36を透過した光を光検出器8の受光領域8aに集光する。

[0040] レンズ部50は、フレネルレンズとして構成されている。一例として、レンズ部50の直径は750 μ m程度であり、基板21がシリコンからなる場合には、レンズ部50の屈折率は3.5である。また、フレネルレンズの円の本数は3～60本であり、凹凸の高さは1～25 μ mであり、円と円との間隔は5～150 μ mである。このようなレンズ部50は、3Dマスク等を利用して基板21の第2表面21bにレジストをパターニングし、エッチバックすることで、形成される。

[0041] なお、図5に示されるように、レンズ部50は、光出射側に凸の光出射面50aを有する凸レンズとして構成されていてもよい。一例として、レンズ部50の直径は750 μ m程度であり、基板21がシリコンからなる場合には、レンズ部50の屈折率は3.5である。また、光出射側に凸の光出射面50aの高さは60～80 μ mである。このようなレンズ部50は、3Dマスク等を利用して基板21の第2表面21bにレジストをパターニングし、エッチバックすることで、形成される。

[0042] 以上のように構成されたファブリペロー干渉フィルタ10Aにおいては、一对の第1端子25及び一对の第2端子26を介して第1電極22と第3電極24との間に電圧が印加されると、当該電圧に応じた静電気力が第1電極22と第3電極24との間に発生する。当該静電気力によって、第2ミラー

部 3 6 が、基板 2 1 に固定された第 1 ミラー部 3 5 側に引き付けられ、第 1 ミラー部 3 5 と第 2 ミラー部 3 6 との距離が調整される。このように、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A では、第 1 ミラー部 3 5 と第 2 ミラー部 3 6 との距離が可変とされている。

[0043] ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A を透過する光の波長は、光透過領域 1 0 a における第 1 ミラー部 3 5 と第 2 ミラー部 3 6 との距離に依存する。したがって、第 1 電極 2 2 と第 3 電極 2 4 との間に印加する電圧を調整することで、透過する光の波長を適宜選択することができる。このとき、第 2 電極 2 3 は、第 3 電極 2 4 と同電位である。したがって、第 2 電極 2 3 は、光透過領域 1 0 a において第 1 ミラー部 3 5 及び第 2 ミラー部 3 6 を平坦に保つための補償電極として機能する。

[0044] 光検出装置 1 A では、例えば、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A に印加する電圧を変化させながら（すなわち、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A において第 1 ミラー部 3 5 と第 2 ミラー部 3 6 との距離を変化させながら）、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A の光透過領域 1 0 a を透過した光を光検出器 8 において検出することで、分光スペクトルを得ることができる。このとき、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A では、第 1 ミラー部 3 5 及び第 2 ミラー部 3 6 を透過した光が、レンズ部 5 0 によって光検出器 8 の受光領域 8 a に集光される。

[0045] なお、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A では、光透過領域 1 0 a （上述したように、ファブリペロー干渉フィルタ 1 0 A のうち、所定の波長を有する光を選択的に透過させるために第 1 ミラー部 3 5 と第 2 ミラー部 3 6 との距離を所定の距離に制御することが可能な領域であって、第 1 ミラー部 3 5 と第 2 ミラー部 3 6 との距離に応じた所定の波長を有する光が透過可能な領域）を、ライン L に平行な方向から見た場合に第 1 電極 2 2 の内側の領域（すなわち、補償電極として機能する第 2 電極 2 3 が存在する領域）に対応する領域と捉えることもできるし、或いは、ライン L に平行な方向から見た場合に開口 4 0 a に対応する領域と捉えることもできる。

[作用及び効果]

[0046] 光検出装置 1 A では、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A が、第 1 ミラー部 35 及び第 2 ミラー部 36 を透過した光を光検出器 8 に集光するレンズ部 50 を有している。これにより、受光領域 8 a の小さい光検出器 8 を用いたとしても、当該受光領域 8 a に、第 1 ミラー部 35 及び第 2 ミラー部 36 を透過した光を効率良く入射させることができる。つまり、受光領域 8 a の小さい光検出器 8 を用いて、光検出器 8 から出力される信号においてノイズ成分を小さくしつつ、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A を透過した光を効率良く検出することができる。ここで、光検出器 8 の受光領域 8 a が小さくなると、光検出器 8 に対するレンズ部 50 の位置（特に、光軸に垂直な方向における位置）に高い精度が要求される。光検出装置 1 A では、第 1 ミラー部 35 及び第 2 ミラー部 36 の後段にレンズ部 50 が位置しているため、第 1 ミラー部 35 及び第 2 ミラー部 36 の前段にレンズ部 50 が位置している場合に比べ、レンズ部 50 と光検出器 8 との距離が小さくなり、光検出器 8 に対するレンズ部 50 の位置に要求される精度が緩和される。また、レンズ部 50 が、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A を構成する基板 21 の第 2 表面 21 b 側に一体的に設けられているため、レンズ部 50 がファブリペロー干渉フィルタ 10 A とは別体でスペーサ 9 に取り付けられている場合に比べ、光検出器 8 に対するレンズ部 50 の位置にずれが生じ難い。以上により、光検出装置 1 A によれば、高感度且つ高精度な検出が可能となる。

[0047] 一例として、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A の光透過領域 10 a の径が $750\ \mu\text{m}$ であり、光検出器 8 の受光領域 8 a の径が $100\ \mu\text{m}$ である場合について、説明する。この場合、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A にレンズ部 50 が設けられていないと、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A の光透過領域 10 a を透過した光のうち、 $100\ \mu\text{m}$ の径の範囲しか、光検出器 8 の受光領域 8 a に入射しない。つまり、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A の光透過領域 10 a を透過した光の一部しか利用することができない。

[0048] これに対し、ファブリペロー干渉フィルタ 10 A にレンズ部 50 が設けら

れていると、ファブリペロー干渉フィルタ 10A の光透過領域 10a を透過した光の略全てが光検出器 8 の受光領域 8a に入射する。つまり、ファブリペロー干渉フィルタ 10A の光透過領域 10a を透過した光の略全てを利用することができる。特に、汎用的な光源を用いて、被測定物からの反射光を分析するような場合には、反射光の光量が小さくなり易いことから、このように光を効率良く検出することは極めて重要である。

[0049] ただし、光検出器 8 の受光領域 8a の径が $100\mu\text{m}$ であると、レンズ部 50 によって集光される光の集光位置に $\pm 50\mu\text{m}$ 以下の精度が必要となり、すなわち、光検出器 8 の受光領域 8a に対するレンズ部 50 の位置にも同様の精度が必要となる。ファブリペロー干渉フィルタ 10A では、基板 21 の第 2 表面 21b 側にレンズ部 50 が一体的に設けられることで、そのような精度の実現が可能となっている。

[0050] なお、パッケージ 2 の窓部 15 にレンズ機能を持たせることで、光検出装置 1A において高感度な検出を実現することも可能である。しかし、窓部 15 の径は、ステム 3 に対するキャップ 4 の実装精度を考慮すると、例えば $1500\mu\text{m}$ というように、ファブリペロー干渉フィルタ 10A の光透過領域 10a の径よりも十分に大きい必要がある。また、光検出器 8 の受光領域 8a に対する窓部 15 の位置に $\pm 50\mu\text{m}$ 程度の精度が必要となる。そのため、ステム 3 に対するキャップ 4 の実装においてアクティブアライメントを実施しないと、光検出器 8 の受光領域 8a に光が入射しないおそれがある。このように、レンズ部が大型化し、アクティブアライメントが必要になることから、窓部 15 がレンズ機能を有する構成は、基板 21 の第 2 表面 21b 側にレンズ部 50 が一体的に設けられた構成に比べ、コスト的なメリットが小さい。

[0051] また、光検出装置 1A では、レンズ部 50 が、ファブリペロー干渉フィルタ 10A を構成する基板 21 の第 2 表面 21b 側に一体的に設けられているため、ファブリペロー干渉フィルタ 10A を実装する際に光検出器 8 に対するアライメントのみを考慮すればよい。したがって、レンズ部 50 をファブ

リペロー干渉フィルタ 10A とは別体でスペーサ 9 に取り付けられる場合に比べ、アセンブリを著しく容易にすることができる。また、半導体製造プロセスにおいて、ファブリペロー干渉フィルタ 10A をウェハレベルで製造するような場合には、レンズ部 50 もウェハレベルで基板 21 の第 2 表面 21b 側に一体的に設けることが可能となるため、小型で且つ位置精度が高いレンズ部 50 を有するファブリペロー干渉フィルタ 10A を容易に製造することができる。

[0052] また、光検出装置 1A では、レンズ部 50 が、基板 21 のうち第 2 表面 21b 側の部分に形成されている。この構成では、基板 21 とレンズ部 50 との間に界面が存在しないため、光学的なロスを抑制することができると共に、レンズ部 50 の剥がれ等を防止することができる。また、半導体製造プロセスにおいて、レンズ部 50 を高い位置精度で容易に形成することができる。また、基板 21 がシリコンからなる場合には、レンズ部 50 の屈折率が 3.5 となる。このように、レンズ部 50 を高屈折率材料によって形成することができるため、光検出器 8 とファブリペロー干渉フィルタ 10A との距離を短くして、光検出装置 1A の小型化を図ることが可能となる。更に、レンズ部 50 の光出射面 50a が開口 40a の底面に位置しているため、光出射面 50a の破損及び汚染を防止することができる。

[0053] また、光検出装置 1A では、光の入射方向から見た場合に、レンズ部 50 の外縁が、窓部 15 の外縁よりも内側に位置しており、光検出器 8 の受光領域 8a の外縁よりも外側に位置している。この構成により、第 1 ミラー部 35 及び第 2 ミラー部 36 を透過した光を光検出器 8 の受光領域 8a に効率良く入射させることができる。例えば、光検出器 8 の受光領域 8a 上にレンズが一体的に設けられた構成では、このような効果を得ることは困難である。ファブリペロー干渉フィルタ 10A の光透過領域 10a と同等か或いはそれ以上の大きさを有するレンズ部 50 をファブリペロー干渉フィルタ 10A 側に一体的に設けることで、ファブリペロー干渉フィルタ 10A を透過した光の検出効率を最大化することができる。

[第2実施形態]

- [0054] 図6に示されるように、光検出装置1Bは、ファブリペロー干渉フィルタ10Bの構成において、上述した光検出装置1Aと主に相違している。図7に示されるように、ファブリペロー干渉フィルタ10Bでは、レンズ部50が基板21とは別体で構成されている。レンズ部50は、光出射側に凸の光出射面50a、及び平坦な光入射面50bを有している。レンズ部50の光入射面50bは、開口40aを塞いだ状態で、保護層46における光検出器8側の表面に例えば接着剤によって固定されている。つまり、レンズ部50は、開口40aを塞ぐように第2層構造体40に取り付けられている。なお、レンズ部50を第2層構造体40に取り付けるための接着剤に光学樹脂を用いて、当該光学樹脂を開口40a内に満たしてもよい。
- [0055] レンズ部50の中心線は、ラインLに一致している。ラインLに平行な方向から見た場合に、レンズ部50の外縁は、パッケージ2の窓部15の外縁よりも内側に位置しており、光検出器8の受光領域8aの外縁よりも外側に位置している。ここでは、レンズ部50は、光透過領域10aよりも大きい径を有している。一例として、レンズ部50の直径は1000 μ m程度であり、レンズ部50がシリコンからなる場合には、レンズ部50の屈折率は3.5である。また、光出射側に凸の光出射面50aの高さは50～400 μ mである。
- [0056] なお、図8に示されるように、レンズ部50は、フレネルレンズとして構成されていてもよい。一例として、レンズ部50の直径は1000 μ m程度であり、レンズ部50の基板の厚さは200 μ mであり、レンズ部50がシリコンからなる場合には、レンズ部50の屈折率は3.5である。また、フレネルレンズの円の本数は10本以上であり、凹凸の高さは40 μ m以下であり、円と円との間隔は50 μ m以下である。また、図7及び図8に示される構成において、レンズ部50は、保護層46を介することなく、第2層構造体40に取り付けられていてもよい。
- [0057] 以上のように構成された光検出装置1Bでも、基板21の第2表面21b

側にレンズ部50が一体的に設けられているので、上述した光検出装置1Aと同様に、高感度且つ高精度な検出が可能となる。

[0058] また、光検出装置1Bでは、レンズ部50が、開口40aを塞ぐように第2層構造体40に取り付けられている。この構成により、ファブリペロー干渉フィルタ10Bにおいて、基板21の第1表面21a側と第2表面21b側との間の応力バランスを向上させることができる。また、レンズ部50が採り得る形状（光出射面50a等のレンズ面の曲率等）の自由度を大きくすることができる。なお、レンズ部50によって開口40aが完全に塞がれず、開口40aの内部と外部とが連通するように構成されていてもよい。その場合、開口40a内の空気の膨張及び収縮による応力の発生を抑制することができる。

[0059] また、光検出装置1Bでは、レンズ部50が複数のスペーサ9の間に位置し（図6参照）、ファブリペロー干渉フィルタ10Bの重心が低くなるため、ファブリペロー干渉フィルタ10Bの安定性を向上させることができる。

[0060] また、レンズ部50を第2層構造体40に取り付ける際に、開口40aをアライメントの基準とすることができるので、レンズ部50を精度良く且つ容易に実装することができる。

[0061] また、半導体製造プロセスにおいて、ファブリペロー干渉フィルタ10Bをウェハレベルで製造するような場合には、レンズ部50もウェハレベルで実装することで、小型で且つ位置精度が高いレンズ部50を有するファブリペロー干渉フィルタ10Bを容易に製造することができる。

[第3実施形態]

[0062] 図9に示されるように、光検出装置1Cは、ファブリペロー干渉フィルタ10Cの構成において、上述した光検出装置1Aと主に相違している。図10に示されるように、ファブリペロー干渉フィルタ10Cでは、レンズ部50が基板21とは別体で構成されている。レンズ部50は、開口40a内に配置されており、保護層46上に設けられている。つまり、レンズ部50は、第2反射防止層41及び保護層46を介して基板21の第2表面21bに

間接的に設けられている。なお、レンズ部50は、第2反射防止層41及び保護層46を介することなく基板21の第2表面21bに直接的に設けられていてもよい。

[0063] レンズ部50は、フレネルレンズとして構成されている。一例として、レンズ部50の直径は750 μ m程度である。また、フレネルレンズの円の本数は10～50本であり、凹凸の高さは5～40 μ mであり、円と円との間隔は5～50 μ mである。このようなレンズ部50は、3Dマスクを利用してレジスト（樹脂）をパターニングする方法、型を利用した方法等によって、形成される。

[0064] なお、図11に示されるように、レンズ部50は、光出射側に凸の光出射面50aを有する凸レンズとして構成されていてもよい。一例として、レンズ部50の直径は750 μ m程度である。また、光出射側に凸の光出射面50aの高さは100～400 μ mである。このようなレンズ部50は、3Dマスクを利用してレジスト（樹脂）をパターニングする方法、通常のマスクを利用してレジスト（樹脂）をパターニングし、キュアする方法、型を利用した方法等によって、形成される。

[0065] また、図12及び図13に示されるように、基板21とは別体で構成されたレンズ部50が、開口40a内に例えば接着剤によって固定されていてもよい。この場合にも、レンズ部50は、第2反射防止層41及び保護層46を介して基板21の第2表面21bに間接的に設けられていてもよいし、或いは、第2反射防止層41及び保護層46を介することなく基板21の第2表面21bに直接的に設けられていてもよい。

[0066] 図12に示されるように、レンズ部50がフレネルレンズとして構成されている場合、一例として、レンズ部50の直径は750 μ m程度であり、レンズ部50の基板の厚さは200 μ mであり、レンズ部50がシリコンからなる場合には、レンズ部50の屈折率は3.5である。また、フレネルレンズの円の本数は5本以上であり、凹凸の高さは30 μ m以下であり、円と円との間隔は80 μ m以下である。

- [0067] 図13に示されるように、レンズ部50が凸レンズとして構成されている場合、一例として、レンズ部50の直径は750 μ m程度であり、レンズ部50がシリコンからなる場合には、レンズ部50の屈折率は3.5である。また、光出射側に凸の光出射面50aの高さは50~400 μ mである。
- [0068] 以上のように構成された光検出装置1Cでも、基板21の第2表面21b側にレンズ部50が一体的に設けられているので、上述した光検出装置1Aと同様に、高感度且つ高精度な検出が可能となる。
- [0069] また、光検出装置1Cでは、レンズ部50が、基板21の第2表面21bに直接的又は間接的に設けられている。この構成により、レンズ部50が基板21の一部分に形成されている場合に比べ、ファブリペロー干渉フィルタ10Cの応力バランスを向上させることができる。また、レンズ部50が採り得る形状（光出射面50a等のレンズ面の曲率等）の自由度を大きくすることができる。
- [0070] また、光検出装置1Cでは、レンズ部50が、開口40a内に配置されている。この構成により、レンズ部50が基板21とは別体であったとしても、レンズ部50の位置にずれが生じるのを抑制することができる。また、ファブリペロー干渉フィルタ10Cの厚さが大きくなるのを抑制しつつ、例えば、レンズ部50が開口40a内に配置されている分だけレンズ部50の厚さを大きくすることで、レンズ部50の集光機能を向上させることができる。更に、レンズ部50の全体を開口40a内に配置することで、レンズ部50の破損及び汚染を防止することができる。
- [0071] また、レンズ部50を基板21の第2表面21bに取り付ける場合には、開口40aに収めるように開口40aをアライメントの基準とすることができるので、レンズ部50を精度良く且つ容易に実装することができる。
- [0072] また、半導体製造プロセスにおいて、ファブリペロー干渉フィルタ10Cをウェハレベルで製造するような場合には、レンズ部50もウェハレベルで実装することで、小型で且つ位置精度が高いレンズ部50を有するファブリペロー干渉フィルタ10Cを容易に製造することができる。

[0073] なお、図14及び図15に示されるように、基板21の第2表面21bに第2層構造体40が構成されていなくてもよい。この場合にも、レンズ部50が基板21の一部分に形成されている場合に比べ、ファブリペロー干渉フィルタ10Cの応力バランスを向上させることができる。また、レンズ部50が採り得る形状（光出射面50a等のレンズ面の曲率等）の自由度を大きくすることができる。

[0074] 図14に示されるように、レンズ部50が凸レンズとして構成されている場合、一例として、レンズ部50の直径は1000 μ m程度であり、レンズ部50がシリコンからなる場合には、レンズ部50の屈折率は3.5である。また、光出射側に凸の光出射面50aの高さは50～400 μ mである。なお、基板21の第2表面21b側に、レンズ部50を囲むように遮光層45が形成されていてもよい。

[0075] 図15に示されるように、レンズ部50がフレネルレンズとして構成されている場合、一例として、レンズ部50の直径は1000 μ m程度であり、レンズ部50の基板の厚さは200 μ mであり、レンズ部50がシリコンからなる場合には、レンズ部50の屈折率は3.5である。また、フレネルレンズの円の本数は10本以上であり、凹凸の高さは40 μ m以下であり、円と円との間隔は50 μ m以下である。なお、基板21の第2表面21b側に、レンズ部50を囲むように遮光層45が形成されていてもよい。

[変形例]

[0076] 以上、本開示の第1実施形態、第2実施形態及び第3実施形態について説明したが、本開示は、上述した各実施形態に限定されない。例えば、各構成の材料及び形状には、上述した材料及び形状に限らず、様々な材料及び形状を採用することができる。

[0077] また、レンズ部50は、基板21の第2表面21b側に一体的に設けられていればよい。つまり、レンズ部50は、各ファブリペロー干渉フィルタ10A、10B、10Cの製造の時点において、各ファブリペロー干渉フィルタ10A、10B、10Cの一部として第1ミラー部35及び第2ミラー部

36の後段に設けられていればよい。

[0078] 第2層構造体40は、第1層構造体30と対応するように構成されていれば、基板21を基準として第1層構造体30と対称の積層構造を有していなくてもよい。第2層構造体40が設けられていない場合に比べ、基板21の反り等を抑制することができる層構造を第2層構造体40が有していれば、当該第2層構造体40は、第1層構造体30と対応するように構成されているといえる。

[0079] また、バンドパスフィルタ14は、光透過部材13の光入射面13aに設けられていてもよいし、光透過部材13の光入射面13a及び光出射面13bの両方に設けられていてもよい。

[0080] また、ラインLに平行な方向から見た場合に、各ファブリペロー干渉フィルタ10A、10B、10Cの光透過領域10aの外縁が窓部15の外縁よりも外側に位置していてもよい。この場合、窓部15から入射した光のうち光透過領域10aに入り込む光の割合が増し、窓部15から入射した光の利用効率が高くなる。また、光透過領域10aに対する窓部15の位置が多少ずれたとしても、窓部15から入射した光が光透過領域10aに入り込むため、光検出装置1A、1B、1Cの組立時における位置精度の要求が緩和される。なお、窓部15の外縁が光透過領域10aの外縁よりも外側に位置していてもよく、その場合には、窓部15から取り込むことができる光量を多くすることができ、窓部15に対する光検出器8の位置精度の要求を緩和することが可能となる。

[参考例]

[0081] 図16に示されるように、ファブリペロー干渉フィルタ100は、第1基板101と、第2基板102と、第1ミラー部103と、第2ミラー部104と、第1電極105と、第2電極106と、レンズ部107と、を備えている。ファブリペロー干渉フィルタ100には、例えば、ラインLを中心線として光透過領域110aが設定されている。

[0082] 第1基板101と第2基板102とは、ラインLに平行な方向において、

互いに重ねられている。第1基板101の表面101aは、第2基板102の表面102aに接合されている。第1ミラー部103は、第1基板101のうち光透過領域110aに対応する部分に設けられている。第2ミラー部104は、第2基板102のうち光透過領域110aに対応する部分に設けられている。第1ミラー部103と第2ミラー部104とは、ラインLに平行な方向において、空隙Sを介して互いに対向している。第1電極105は、ラインLに平行な方向から見た場合に第1ミラー部103を囲むように第1基板101に設けられている。第2電極106は、ラインLに平行な方向から見た場合に第2ミラー部104を囲むように第2基板102に設けられている。第1電極105と第2電極106とは、ラインLに平行な方向において、空隙Sを介して互いに対向している。

[0083] 第2基板102における第1基板101とは反対側の表面102bには、ラインLに平行な方向から見た場合に第2ミラー部104及び第2電極106を囲むように溝102cが形成されている。第2基板102のうち溝102cに囲まれた部分は、溝102cが形成された部分をダイヤフラム状の保持部102dとして、ラインLに平行な方向に変位可能である。なお、第2基板102の表面102aに、ラインLに平行な方向から見た場合に第2ミラー部104及び第2電極106を囲むように溝が形成されることで、ダイヤフラム状の保持部102dが構成されていてもよい。また、第1基板101における第2基板102とは反対側の表面101b、又は第1基板101の表面101aに、ラインLに平行な方向から見た場合に第1ミラー部103及び第1電極105を囲むように溝が形成されることで、ダイヤフラム状の保持部が構成されていてもよい。その場合、第1基板101のうち当該溝に囲まれた部分が、当該溝が形成された部分をダイヤフラム状の保持部として、ラインLに平行な方向に変位可能である。また、ダイヤフラム状の保持部に代えて、ラインLを中心として放射状に配置された複数の梁によって保持部が構成されていてもよい。

[0084] ファブリペロー干渉フィルタ100では、第1電極105と第2電極10

6との間に電圧が印加されると、当該電圧に応じた静電気力が第1電極105と第2電極106との間に発生する。当該静電気力によって、第2基板102のうち溝102cに囲まれた部分が第1基板101側に引き付けられ、第1ミラー部103と第2ミラー部104との距離が調整される。そして、第1ミラー部103と第2ミラー部104との距離に応じた波長を有する光が、第1基板101側から第2基板102側に第1ミラー部103及び第2ミラー部104を透過する。

[0085] レンズ部107は、第2基板102の表面102b側に一体的に設けられている。レンズ部107は、第1ミラー部103及び第2ミラー部104を透過した光を集光する。レンズ部107は、フレネルレンズとして、表面102bに直接的又は間接的に設けられている。なお、レンズ部107は、凸レンズとして、表面102bに直接的又は間接的に設けられていてもよい。また、レンズ部107は、フレネルレンズ又は凸レンズとして、第2基板102のうち表面102b側の部分に形成されていてもよい。

[0086] 一例として、第1ミラー部103及び第2ミラー部104を透過した光は、ファブリペロー干渉フィルタ100を収容するパッケージ内、又は当該パッケージ外に配置された光検出器（ファブリペロー干渉フィルタ100から離れた状態で配置された光検出器）に、レンズ部107によって集光される。以上のように構成されたファブリペロー干渉フィルタ100によれば、第2基板102の表面102b側にレンズ部107が一体的に設けられているので、後段の光検出器において高感度且つ高精度な検出が可能となる。

[0087] 以下、ファブリペロー干渉フィルタ100の具体的構成について説明する。第1基板101及び第2基板102は、例えば、ソーダガラス、結晶性ガラス、石英ガラス、鉛ガラス、カリウムガラス、ホウケイ酸ガラス、若しくは無アルカリガラス等の各種ガラス、又は水晶等によって、それぞれ、矩形板状に形成されている。第1基板101の厚さは、例えば500 μ m程度である。第2基板102の厚さは、例えば200 μ m程度である。第1基板101の表面101aと第2基板102の表面102aとは、例えばプラズマ

重合膜等によって互いに接合されている。

[0088] 第1基板101には、ラインLに平行な方向において、空隙Sを介して第2基板102の表面102aと対向する表面101c及び表面101dが形成されている。表面101cは、ラインLを中心線として円形状に形成されている。表面101dは、ラインLに平行な方向から見た場合に表面101cを囲むように、ラインLを中心線として円環状に形成されている。第1基板101の表面101cと第2基板102の表面102aとの距離は、第1基板101の表面101dと第2基板102の表面102aとの距離よりも小さい。第2基板102においてダイヤフラムを構成するための溝102cは、ラインLを中心線として円環状に形成されている。第1基板101の表面101c及び表面101dは、表面101a側から第1基板101にエッチングを施すことで形成される。第2基板102の溝102cは、表面102b側から第2基板102にエッチングを施すことで形成される。

[0089] 第1ミラー部103は、第1基板101の表面101cに形成されている。第2ミラー部104は、第2基板102の表面102aに形成されている。第1ミラー部103及び第2ミラー部104は、例えば、金属膜、誘電体多層膜、又はそれらの複合膜であり、それぞれ、ラインLを中心線として円形膜状に形成されている。

[0090] 第1電極105は、第1基板101の表面101dに形成されている。第2電極106は、第2基板102の表面102aに形成されている。第1電極105及び第2電極106は、例えば金属材料によって形成されており、それぞれ、ラインLを中心線として円環状に延在している。第1電極105は、例えば、第1基板101のうち外部からアクセス可能な領域に設けられた電極パッド（図示省略）に配線（図示省略）を介して電氣的に接続されている。当該配線は、例えば、第1基板101の表面101aに形成された溝内に設けられている。第2電極106は、例えば、第2基板102のうち外部からアクセス可能な領域に設けられた電極パッド（図示省略）に配線（図示省略）を介して電氣的に接続されている。当該配線は、例えば、第2基板

102の表面102aに形成された溝内に設けられている。

[0091] レンズ部107は、例えば、シリコン、樹脂、ガラス等によって形成されている。レンズ部107は、第2基板102の表面102aのうち溝102cの内側の領域に、例えば光学樹脂によって接合されている。ラインLに平行な方向から見た場合に、レンズ部107の外縁は、第1ミラー部103の外縁及び第2ミラー部104の外縁を含んでいる。

[0092] 第1基板101の表面101bには、開口108aを有する遮光層108が形成されている。遮光層108は、例えば金属材料によって形成されている。開口108aは、ラインLを中心線として円形状に形成されており、光透過領域110aに入射する光を絞るアパーチャとして機能する。第1基板101の表面101bのうち少なくとも第1ミラー部103と対向する領域（すなわち、少なくとも開口108aの内側の領域）、及び第2基板102の表面102bのうち少なくとも第2ミラー部104と対向する領域（すなわち、少なくともレンズ部107と対向する領域）に、それぞれ、反射防止層が形成されていてもよい。

符号の説明

[0093] 1A, 1B, 1C…光検出装置、2…パッケージ、8…光検出器、8a…受光領域、9…スペーサ（支持部）、10A, 10B, 10C…ファブリペロー干渉フィルタ、15…窓部、21…基板、21a…第1表面、21b…第2表面、30…第1層構造体、35…第1ミラー部、36…第2ミラー部、40…第2層構造体、40a…開口、50…レンズ部、S…空隙。

請求の範囲

- [請求項1] 光を入射させる窓部が設けられたパッケージと、
前記パッケージ内に配置され、前記窓部から入射した前記光を透過させるファブリペロー干渉フィルタと、
前記ファブリペロー干渉フィルタから離れた状態で前記パッケージ内に配置され、前記ファブリペロー干渉フィルタを透過した前記光を検出する光検出器と、を備え、
前記ファブリペロー干渉フィルタは、
前記窓部側の第1表面及び前記光検出器側の第2表面を有する基板と、
前記第1表面に配置され、空隙を介して互いに対向し且つ互いの距離が可変とされた第1ミラー部及び第2ミラー部が設けられた第1層構造体と、
前記第2表面側に一体的に設けられ、前記第1ミラー部及び前記第2ミラー部を透過した前記光を前記光検出器に集光するレンズ部と、を有する、光検出装置。
- [請求項2] 前記レンズ部は、前記基板のうち前記第2表面側の部分に形成されている、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項3] 前記レンズ部は、前記第2表面に直接的又は間接的に設けられている、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項4] 前記ファブリペロー干渉フィルタは、
前記第2表面に配置され、前記第1層構造体に対応するように構成された第2層構造体を更に有し、
前記第2層構造体には、前記第1ミラー部及び前記第2ミラー部を透過した前記光が通過する開口が形成されており、
前記レンズ部は、前記開口内に配置されている、請求項3に記載の光検出装置。
- [請求項5] 前記ファブリペロー干渉フィルタは、

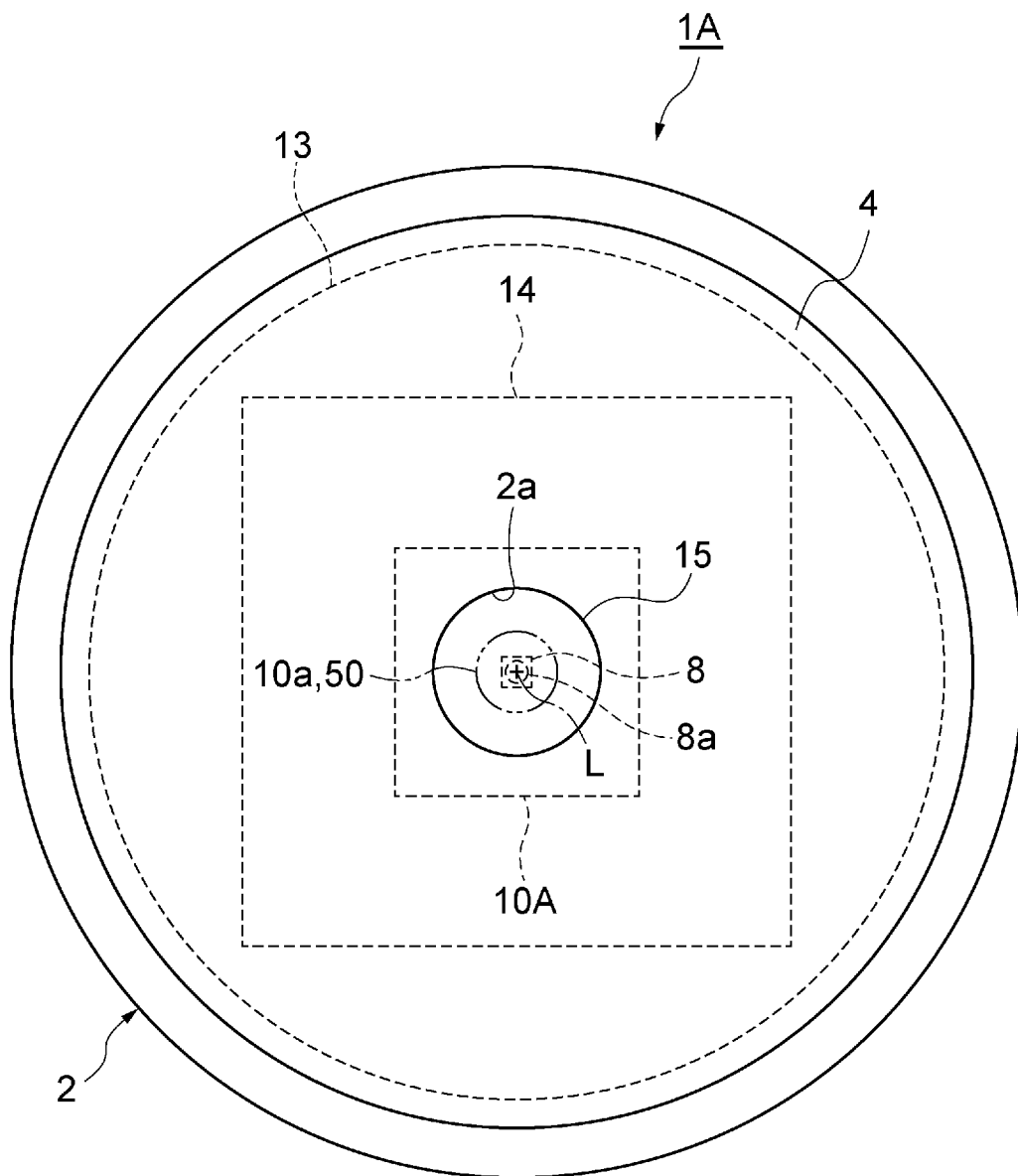
前記第 2 表面に配置され、前記第 1 層構造体に対応するように構成された第 2 層構造体を更に有し、

前記第 2 層構造体には、前記第 1 ミラー部及び前記第 2 ミラー部を透過した前記光が通過する開口が形成されており、

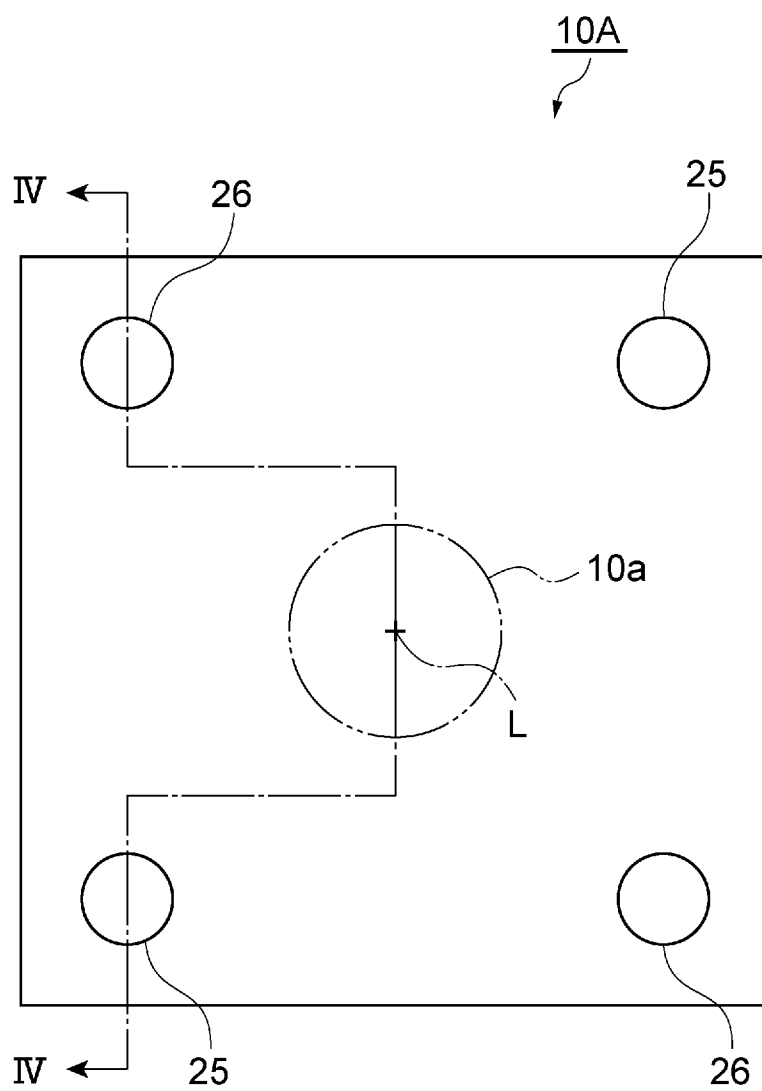
前記レンズ部は、前記開口を塞ぐように前記第 2 層構造体に取り付けられている、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項 6] 前記光の入射方向から見た場合に、前記レンズ部の外縁は、前記窓部の外縁よりも内側に位置しており、前記光検出器の受光領域の外縁よりも外側に位置している、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の光検出装置。

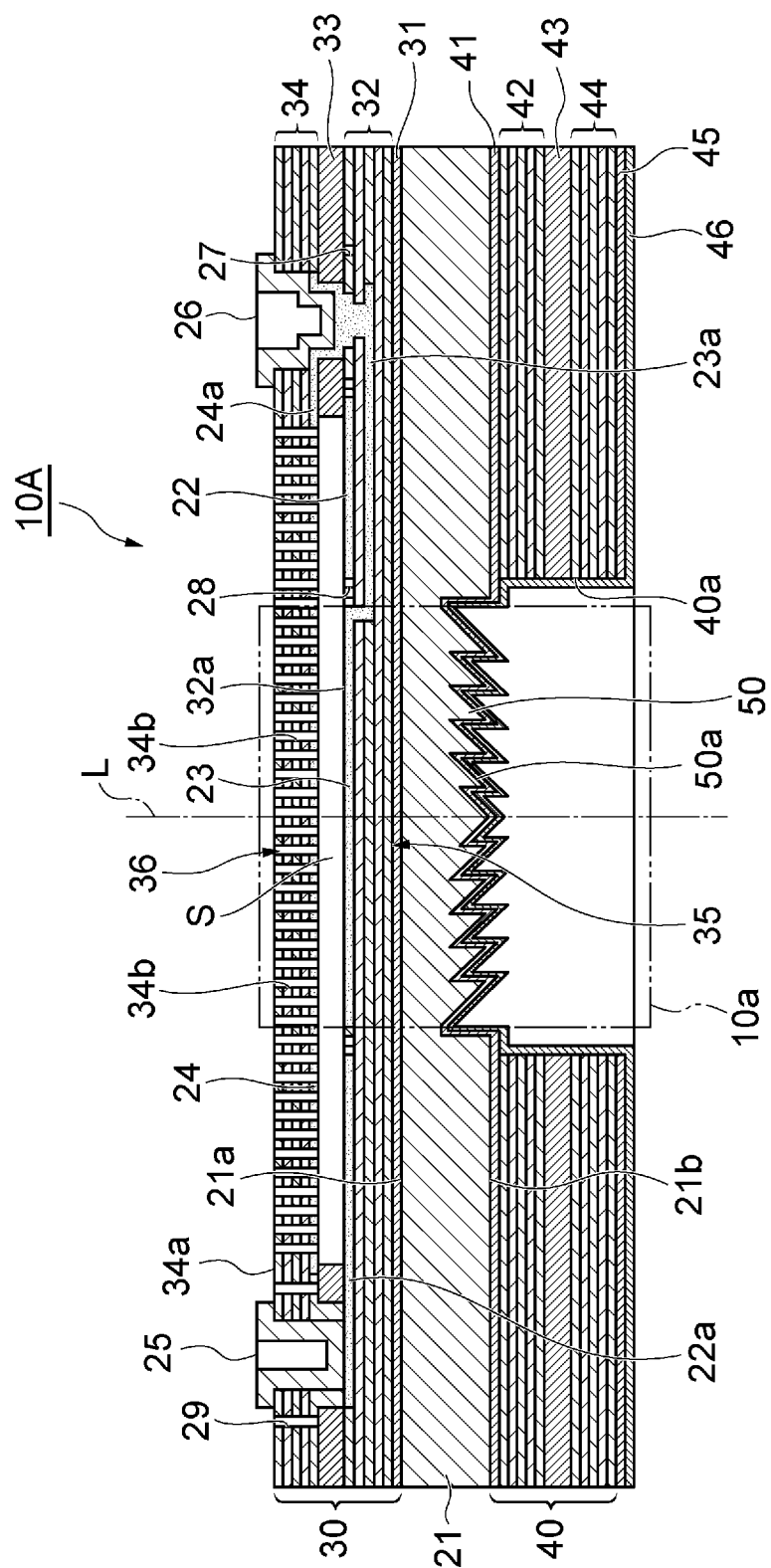
[図2]



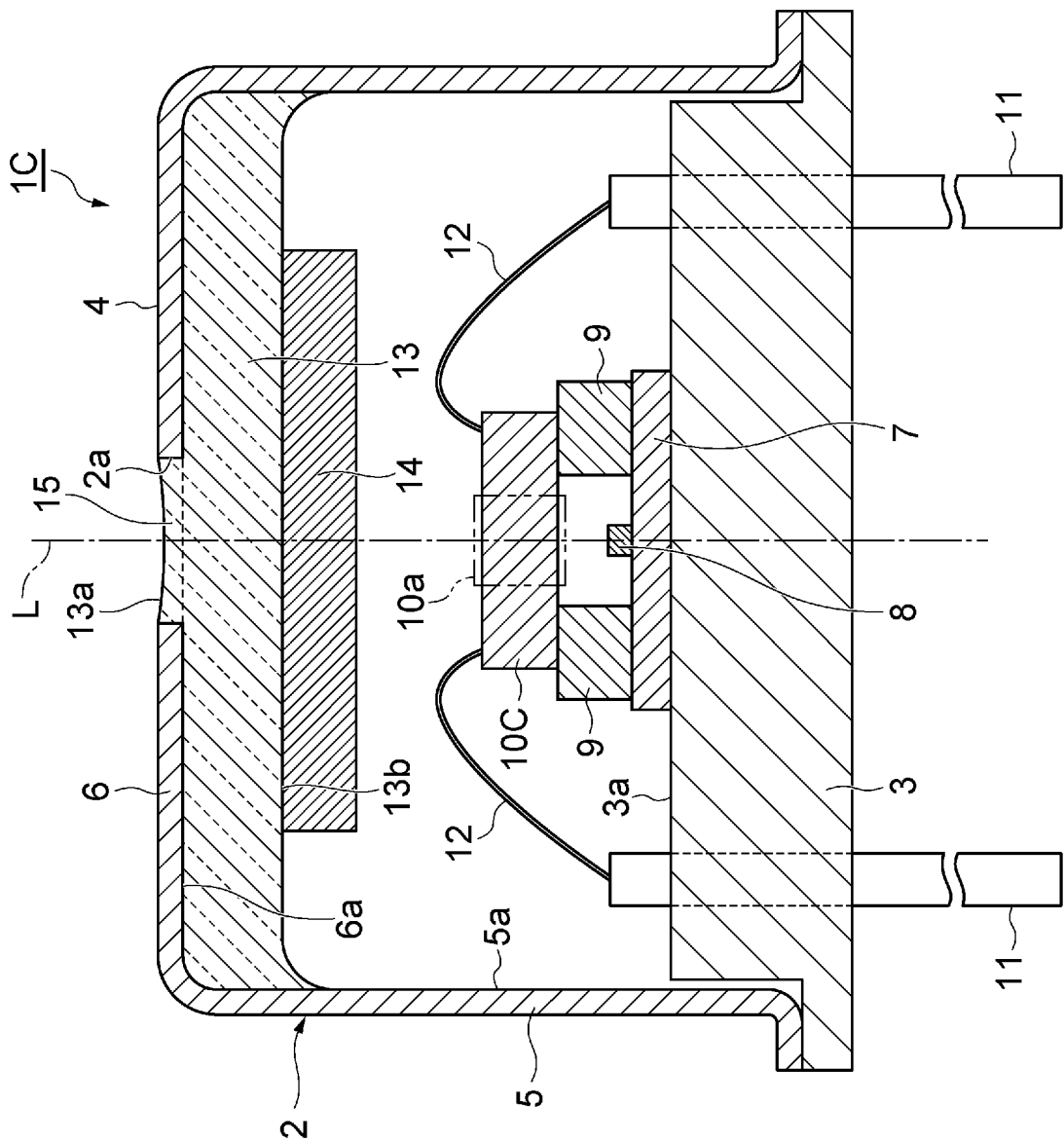
[図3]



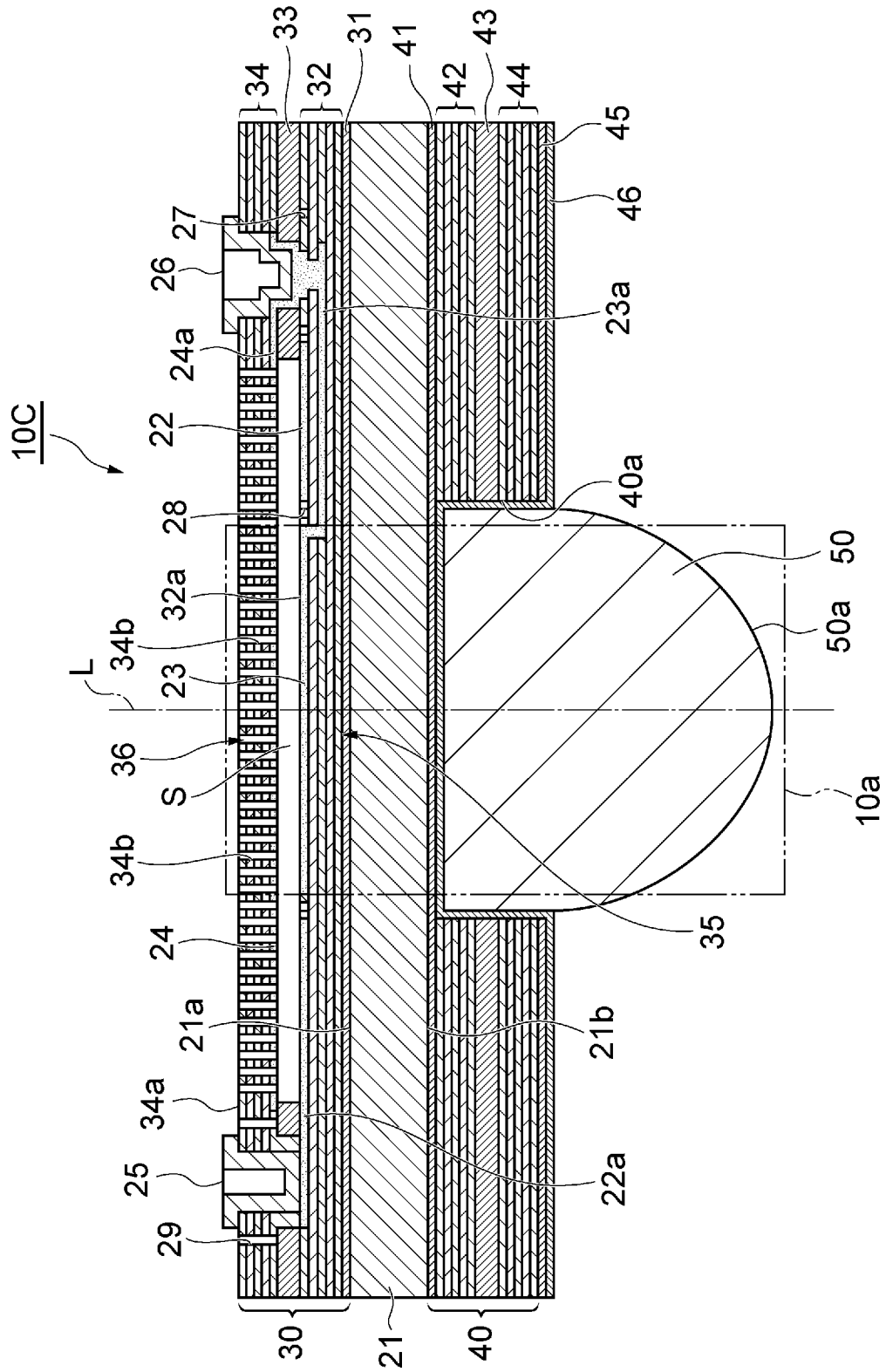
[図4]



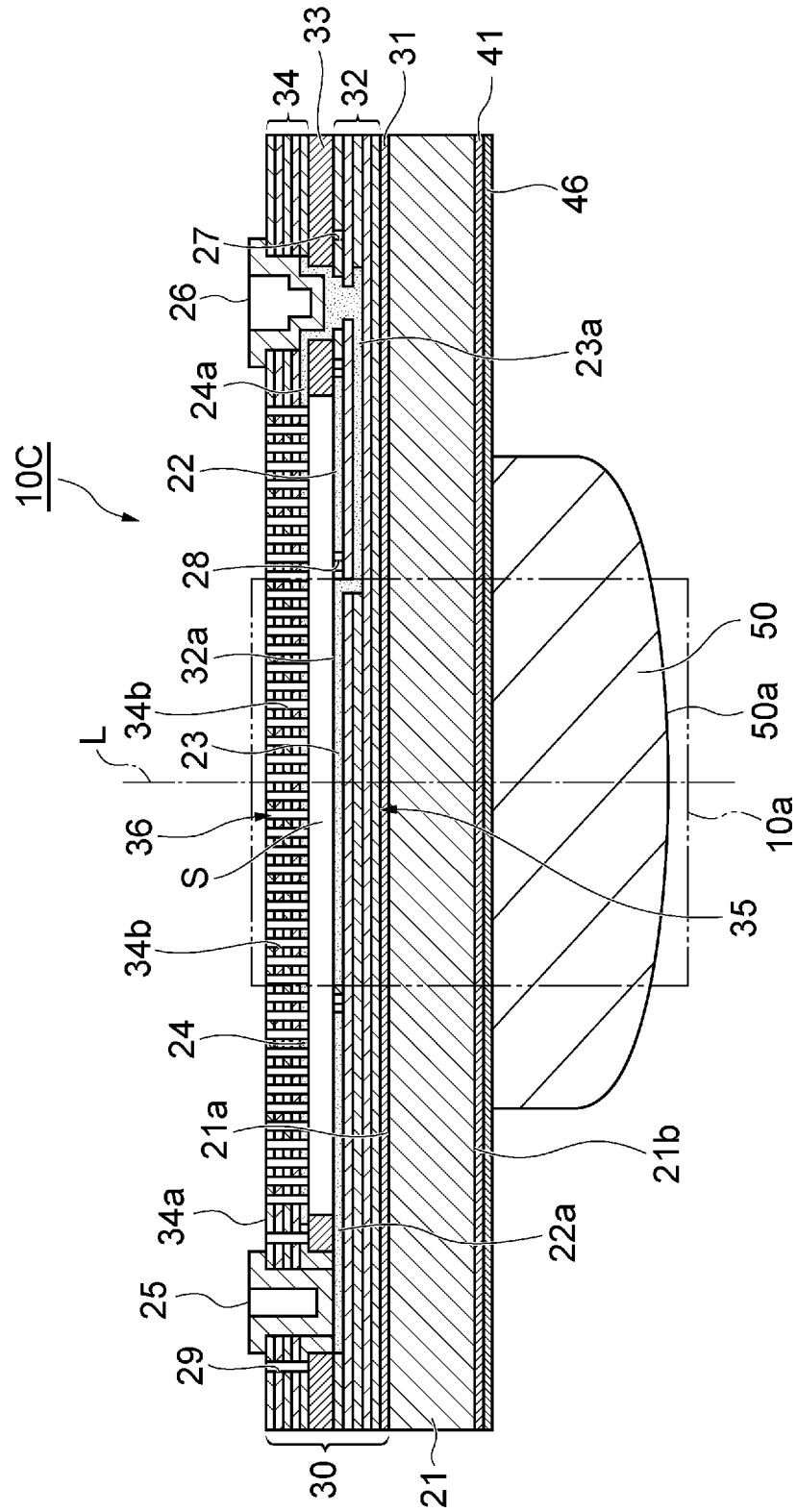
[図9]



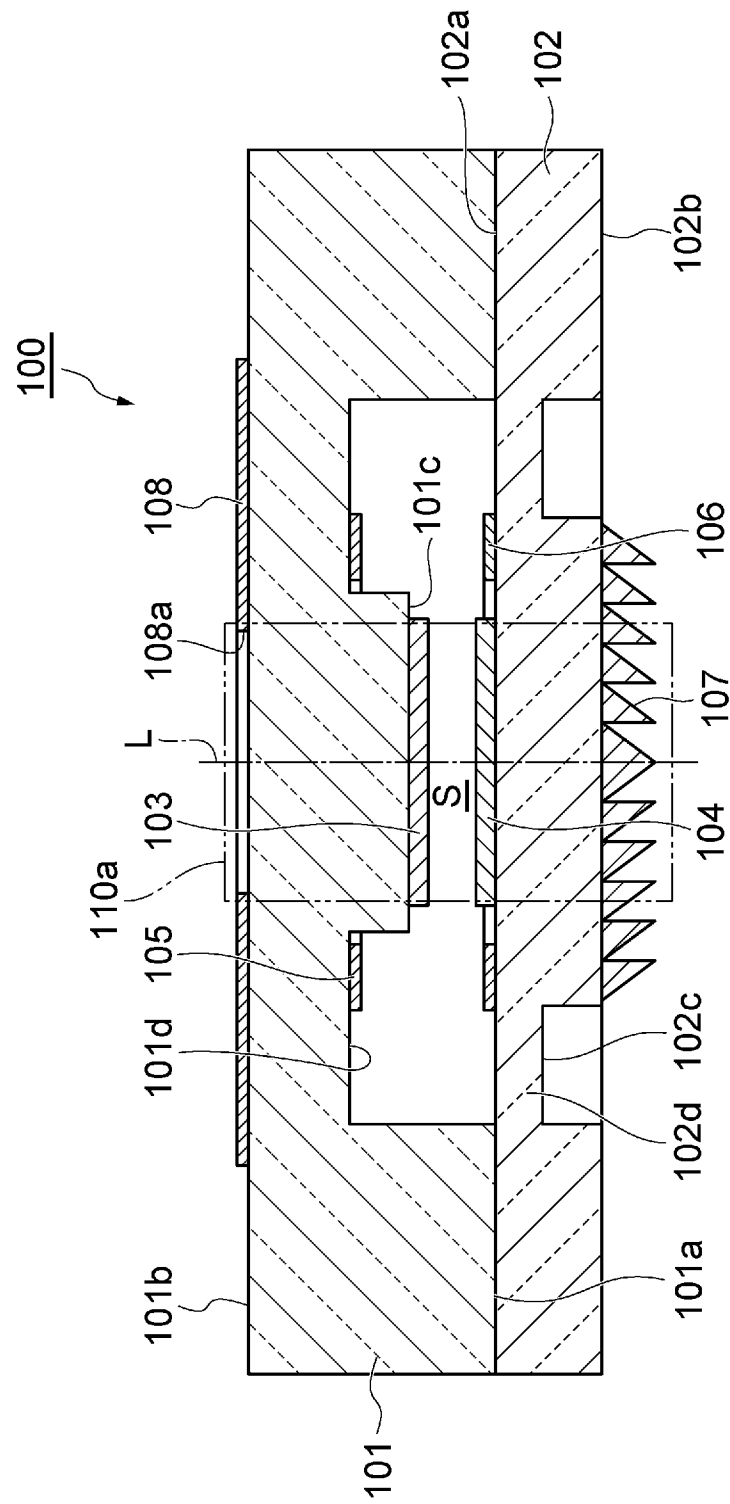
[図11]



[図14]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/006969

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01J3/26(2006.01)i, G01J1/04(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01J3/26, G01J1/04, G02B5/28, G02B26/00

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	WO 93/09422 A1 (VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS) 13 May	1-3
Y	1993, page 6, line 17 to page 8, line 31, fig. 6 & FI 915153	4, 6
A	A	5
Y	JP 2016-211860 A (HAMAMATSU PHOTONICS K. K.) 15 December 2016, paragraphs [0017]-[0063], fig. 1-4 & EP 3290880 A1, paragraphs [0017]-[0058], fig. 1-4 & WO 2016/175089 A1 & CN 107532941 A & KR 10-2017-0140170 A & TW 201643390 A	4, 6
A	JP 2016-31295 A (SEIKO EPSON CORP.) 07 March 2016 (Family: none)	1-6
A	JP 2011-205088 A (SEIKO EPSON CORP.) 13 October 2011 & US 2011/0215432 A1	1-6
A	JP 2013-24745 A (PANASONIC CORP.) 04 February 2013 (Family: none)	1-6

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

* Special categories of cited documents:	"I" 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 07 May 2018 (07.05.2018)	Date of mailing of the international search report 15 May 2018 (15.05.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01J3/26(2006.01)i, G01J1/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01J3/26, G01J1/04, G02B5/28, G02B26/00

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 Y A	WO 93/09422 A1 (VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS) 1993. 05. 13, 第6頁第17行-第8頁第31行, FIG. 6 & FI 915153 A	1-3 4, 6 5
Y	JP 2016-211860 A (浜松ホトニクス株式会社) 2016. 12. 15, [0017]-[0063], 図1-4 & EP 3290880 A1, [0017]-[0058], Figs. 1-4 & WO 2016/175089 A1 & CN 107532941 A & KR 10-2017-0140170 A & TW 201643390 A	4, 6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.05.2018

国際調査報告の発送日

15.05.2018

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）

塚本 丈二

2W

3304

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-31295 A (セイコーエプソン株式会社) 2016. 03. 07 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2011-205088 A (セイコーエプソン株式会社) 2011. 10. 13 & US 2011/0215432 A1	1-6
A	JP 2013-24745 A (パナソニック株式会社) 2013. 02. 04 (ファミリーなし)	1-6