

(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
2015年5月14日(14.05.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/068662 A1

- (51) 国際特許分類:
G01D 5/347 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/079131
- (22) 国際出願日: 2014年10月31日(31.10.2014)
- (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 2013-229565 2013年11月5日(05.11.2013) JP
- (71) 出願人: 日本精工株式会社(NSK Ltd.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎1丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小口 寿明(OGUCHI, Toshiaki); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵜沼神明1-5-50 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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.

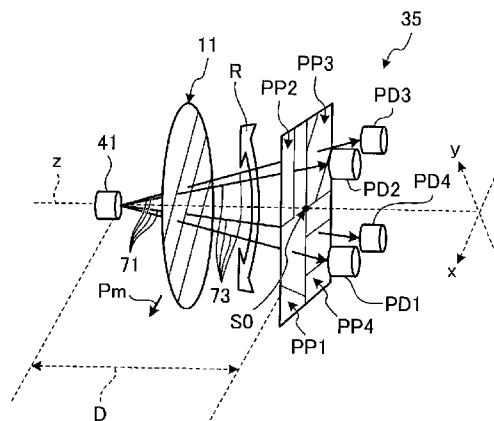
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 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:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: OPTICAL ENCODER UNIT AND OPTICAL ENCODER

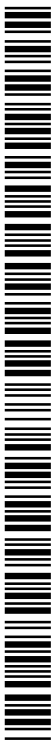
(54) 発明の名称: 光学式エンコーダユニット及び光学式エンコーダ



(57) Abstract: An optical encoder unit (31) is equipped with: a light source (41) having a prescribed light distribution; an optical scale (11) in which the polarization direction of an in-plane polarizer is oriented in a prescribed direction, and the polarization direction changes due to rotation; and an optical sensor unit (35) provided with a first light-receiving unit (PD1), a second light-receiving unit (PD2), a third light-receiving unit (PD3), and a fourth light-receiving unit (PD4) which receive incident light as a result of light from the light source being transmitted or reflected by the optical scale. The emitting surface of the light source and the optical sensor unit (35) are positioned in positions which make it possible to receive light of at least a prescribed number of times the light intensity corresponding to the dark current of the optical sensor.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2015/068662 A1



光学式エンコーダユニット31は、所定の配光分布を有する光源41と、面内における偏光子の偏光方向が所定の方向を向いており、かつ偏光方向が回転により変化する光学スケール11と、光源の光源光が光学スケールに透過又は反射して入射する入射光を受光する第1受光部PD1、第2受光部PD2、第3受光部PD3及び第4受光部PD4を備える光学センサユニット35とを備えている。光源の出射面と光学センサユニット35とは、光学センサの暗電流に相当する光強度の所定倍以上を受光可能な位置に配置されている。

明 細 書

発明の名称：光学式エンコーダユニット及び光学式エンコーダ

技術分野

[0001] 本発明は、光学スケールを用いて絶対角度を検出する光学式エンコーダユニット及び光学式エンコーダに関する。

背景技術

[0002] エンコーダは、各種機械装置において、可動要素の位置や角度を検出するために用いられている。一般に、エンコーダは、相対的な位置又は角度を検出するエンコーダと、絶対的な位置又は角度を検出するエンコーダがある。エンコーダは、光学式と磁気式とがあるが、光学式エンコーダは異物等の影響を受け、検出光量の変動の影響を受けやすい。

[0003] 特許文献1には、検出光量の変動の影響を低減しかつ分解能を高めることのできる技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2013/065737号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1の技術では、検出光量の変動の影響を低減しているが、精密な光軸調整をすることが前提と考えられていた。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、検出光量の変動の影響を低減し、精密な光軸調整を緩和できる光学式エンコーダユニット及び光学式エンコーダ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] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、光学式エンコーダユニットは、所定の配光分布を有する光源と、面内における偏光子の偏光方向が所定の方向を向いており、かつ偏光方向が回転により変化する光学スケールと

、前記光源の光源光が前記光学スケールに透過又は反射して入射する入射光を受光する第1受光部、第2受光部、第3受光部及び第4受光部を備える光学センサユニットとを含み、前記光源の出射面と前記光学センサユニットとは、前記光学センサユニットの暗電流に相当する光強度の所定倍以上を受光可能な位置に配置されている。

[0008] この構成により、光学式エンコーダユニットは、SN比が向上し、測定精度を高めることができる。また、光源と光学センサユニットとの位置関係は、要求される精密な光軸調整を緩和できる。このため、光学式エンコーダユニットは、小型にすることができる。

[0009] 本発明の望ましい態様として、前記光源の出射面と前記光学センサユニットとは、前記光学センサユニットの暗電流に相当する光強度の100倍以上を受光可能な位置に配置されていることが好ましい。この構成により、光学式エンコーダユニットは、SN比が向上し、測定精度を高めることができる。

[0010] 本発明のより望ましい態様として、前記光源の出射面と前記光学センサユニットとは、前記光学センサユニットの暗電流に相当する光強度の1000倍以上を受光可能な位置に配置されていることが好ましい。この構成により、光学式エンコーダユニットは、SN比が向上し、測定精度を高めることができる。

[0011] 本発明の望ましい態様として、前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部は、それぞれ配置中心から等距離に配置されており、前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部は、前記光源の配光分布が一様な範囲以内に配置されて受光することが好ましい。この構成により、光学センサユニットは、光源の拡散する光の影響を減じて受光できる範囲に配置可能となる。そして、光学式エンコーダユニットは、光源光の光強度の影響を抑制し、光学式エンコーダユニットの出力における、光学センサユニットと光学スケールとの距離、光源の光強度のばらつき等の影響を低減することができる。

- [0012] 本発明の望ましい態様として、前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部は、前記入射光をそれぞれ異なる偏光方向に分離する偏光層を介して受光することが好ましい。この構成により、偏光角度の演算が容易にできる。
- [0013] 本発明の望ましい態様として、円筒状のカバーと、前記カバーの内側に取り付けられた軸受により支持されて回転自在なシャフトとをさらに備え、前記カバーは、前記シャフトに取り付けられた前記光学スケールと、前記光源と、前記光学センサユニットとを囲むことが好ましい。この構成により、カバーの内部は、外来の光ノイズを抑制できる。
- [0014] 本発明の望ましい態様として、前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部を含む第1ベアチップと、前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部のそれぞれの信号を増幅する増幅回路とを備え、前記第1ベアチップと前記増幅回路とが平面視で重なり合う位置に固定されて電氣的に接続されていることが好ましい。この構成により、小型となり、信号ノイズを低減することができる。なお、前記増幅回路は、第2ベアチップである場合、より小型となり、信号ノイズを低減することができる。
- [0015] 本発明の望ましい態様として、前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部を含み、かつ、前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部のそれぞれの信号を増幅する増幅回路とが集積されたベアチップとなっていることが好ましい。この構成により、小型となり、信号ノイズを低減することができる。
- [0016] 本発明の望ましい態様として、光学式エンコーダは、上述した光学式エンコーダユニットと、前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部が検出する光強度から、前記光学スケールと前記光学センサユニットとの相対的な移動量を演算する演算手段と、を含むことが好ましい。この構成により、光学式エンコーダは、高分解能な角度の測定精度を有することができる。

[0017] 本発明の望ましい態様として、前記光学スケールの回転位置が 0° 以上 180° 未満の範囲にあるか、 180° 以上 360° 未満の範囲にあるかを記憶装置に記憶し、起動時に読み出す演算手段を有し、前記光学スケールと前記光学センサユニットとの絶対的な移動量を演算することが好ましい。これにより、エンコーダは、ロータの絶対位置が演算できるアブソリュートエンコーダとすることができる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、検出光量の変動の影響を低減し、精密な光軸調整を緩和できる光学式エンコーダユニット及び光学式エンコーダを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]図1は、実施形態1に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。
[図2]図2は、実施形態1に係る光学式エンコーダユニットの外観斜視図である。
[図3]図3は、光学スケール及び光学センサユニットの配置の一例を説明する説明図である。
[図4]図4は、実施形態1に係る光学式エンコーダのブロック図である。
[図5]図5は、実施形態1に係る光学スケールのパターンの一例を示す説明図である。
[図6]図6は、実施形態1に係る光学センサユニットの一例を説明するための説明図である。
[図7]図7は、実施形態1に係る光学センサの第1受光部の一例を説明するための説明図である。
[図8]図8は、実施形態1に係る光学センサの第3受光部の一例を説明するための説明図である。
[図9]図9は、実施形態1に係る光学センサの偏光成分の分離を説明するための説明図である。
[図10]図10は、実施形態1に係る光学センサの偏光成分の分離を説明する

ための説明図である。

[図11]図11は、実施形態1に係る光学センサの偏光成分の分離を説明するための説明図である。

[図12]図12は、実施形態1に係る光学式エンコーダの機能ブロック図である。

[図13]図13は、実施形態1に係る光学スケールの回転角度と各受光部の偏光成分の光強度変化を説明するための説明図である。

[図14]図14は、実施形態1に係る光学スケールの回転角度とリサーチ角度との関係を説明するための説明図である。

[図15]図15は、実施形態1に係る光学センサの暗電流に相当する光強度の所定倍以上を受光可能な位置を説明するための説明図である。

[図16]図16は、実施形態1に係る光源を説明するための平面図である。

[図17]図17は、実施形態1に係る光源の配光分布を円形グラフとして測定した測定例を示す説明図である。

[図18]図18は、図17の円形グラフを角度と光強度との直角座標に変換した光源の配光分布とした例を示す説明図である。

[図19]図19は、光源と光学センサユニットとの位置ずれが光源の配光分布に及ぼす影響を説明するための説明図である。

[図20]図20は、図18の配向分布を光源と光学センサユニットとの位置ずれで補正した配向分布の例を示す説明図である。

[図21]図21は、実施形態1に係る光学センサの光源の配光分布が一様な範囲以内にある受光部の位置を説明するための説明図である。

[図22]図22は、実施形態2に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。

[図23]図23は、実施形態2に係る光学スケール及び光学センサユニットの配置の一例を説明する説明図である。

[図24]図24は、実施形態3に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。

[図25]図25は、実施形態4に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。

[図26]図26は、実施形態5に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。

[図27]図27は、実施形態5に係る光学センサユニットの構成図である。

[図28]図28は、図27の光学センサユニットの平面図である。

[図29]図29は、実施形態5の変形例1に係る光学センサユニットの構成図である。

[図30]図30は、図29の光学センサユニットの平面図である。

[図31]図31は、実施形態5の変形例2に係る光学センサユニットの構成図である。

[図32]図32は、図31の光学センサユニットの平面図である。

[図33]図33は、実施形態5の変形例3に係る光学センサユニットの構成図である。

[図34]図34は、図33の光学センサユニットの平面図である。

[図35]図35は、実施形態5の変形例4に係る光学センサユニットの構成図である。

[図36]図36は、図35の光学センサユニットの平面図である。

発明を実施するための形態

[0020] 本発明を実施するための形態（実施形態）につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。以下の実施形態に記載した内容により本発明が限定されるものではない。また、以下に記載した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0021] （実施形態1）

図1は、実施形態1に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。図2は、実施形態1に係る光学式エンコーダユニットの外観斜視図である。図1は、図2の断面模式図である。図3は、光学スケール及び光学センサユニ

ットの配置の一例を説明する説明図である。図4は、実施形態1に係る光学式エンコーダのブロック図である。図5は、実施形態1に係る光学スケールのパターンの一例を示す説明図である。光学式エンコーダユニット31は、モータ等の回転機械に連結されたシャフト12を有するロータ10と、ステータ20と、信号パターンを読み取り可能な光学センサユニット35とを有している。

[0022] 図1に示すように、ロータ10は、図5に示す円板形状もしくは多角形状の部材である光学スケール11を有している。光学スケール11は例えば、シリコン、ガラス、高分子材料などで形成されている。光学スケール11は円輪状もしくは中空であってもよい。図5に示す光学スケール11は、信号トラックT1を一方の板面に有している。また、ロータ10には、光学スケール11の取り付けられた板面に対し他方の板面にシャフト12が取り付けられている。光学スケール11は、傾斜していても傾斜角度が小さい場合には偏光分離の機能に影響がない。すなわち、光学スケール11は、回転中心Zrと直交する平面に対して傾斜していても、偏光分離素子として機能する。

[0023] 図2に示すように、ステータ20は、円筒状のカバー21と、基板23とを備えている。円筒状のカバー21は、ロータ10とは独立に基板23の表面に固定され、ロータ10がステータ20に対して相対回転できる。カバー21は、軸受26と、シャフト12と、シャフト12の端部に取り付けられた光学スケール11と、光学センサユニット35とを囲む、遮光性の部材でできている。このため、カバー21の内部は、外来の光ノイズを抑制できる。カバー21は、軸受26を介してシャフト12を回転可能に支持する。カバー21の内周が軸受26の外輪に固定されており、シャフト12の外周が軸受26の内輪に固定されている。シャフト12がモータ等の回転機械からの回転により回転すると、シャフト12に連動して光学スケール11が回転中心Zrを軸中心として回転する。光学センサユニット35は、基板23に固定されている。ロータ10が回転すると、光学スケール11の信号トラッ

クT1が光学センサユニット35に対して相対的に移動する。

[0024] 図1及び図2に示すように、光学式エンコーダユニット31は、基板23に固定された、入出力端子であるコネクタCNTと、増幅器であるプリアンプAMPとを備える。実施形態1の光学式エンコーダユニット31は、光源41を光源基板42の表面に固定している。また、基板23表面又は内部に設けられた導電体の配線25と、カバー21の内側に沿って設けられた配線24とは、コネクタCNT、プリアンプAMP、光学センサユニット35及び光源41を適直接続している。

[0025] 上述したロータ10のシャフト12が回転すると、図3に示すように、光学スケール11が、例えばR方向に光学センサユニット35に対して相対的に移動する。光学スケール11は、面内における偏光子の偏光方向Pmが所定の方向を向いており、かつ偏光方向Pmが回転により変化する。光学センサユニット35は、光源41の光源光71が光学スケール11に透過して入射する入射光（透過光）73を受光して、図5に示す光学スケール11の信号トラックT1を読み取ることができる。

[0026] 実施形態1に係る光学式エンコーダユニット31は、上述した透過型の光学スケール及び光学センサの配置に限られず、後述する実施形態のように反射型の光学スケール及び光学センサユニットの配置であってもよい。光源41は、例えば発光ダイオード、半導体レーザ光源であり、詳細は後述する。

[0027] 光学式エンコーダ2は、上述した光学式エンコーダユニット31と、演算装置3と、を備えており、図4に示すように、光学式エンコーダユニット31と、演算装置3とが接続されている。演算装置3は、例えばモータ等の回転機械の制御部5と接続されている。

[0028] 光学式エンコーダ2は、光学スケール11に光源光71が透過又は反射して入射する入射光73を光学センサユニット35で検出する。演算装置3は、光学センサユニット35の検出信号から光学式エンコーダユニット31のロータ10と光学センサユニット35との相対位置を演算し、相対位置の情報を制御信号として、モータ等の回転機械の制御部5へ出力する。

- [0029] 演算装置3は、パーソナルコンピュータ（PC）等のコンピュータであり、入力インターフェース4aと、出力インターフェース4bと、CPU（Central Processing Unit）4cと、ROM（Read Only Memory）4dと、RAM（Random Access Memory）4eと、内部記憶装置4fと、を含んでいる。入力インターフェース4a、出力インターフェース4b、CPU4c、ROM4d、RAM4e及び内部記憶装置4fは、内部バスで接続されている。なお、演算装置3は、専用の処理回路で構成してもよい。
- [0030] 入力インターフェース4aは、光学式エンコーダユニット31の光学センサユニット35からの入力信号を受け取り、CPU4cに出力する。出力インターフェース4bは、CPU4cから制御信号を受け取り、制御部5に出力する。
- [0031] ROM4dには、BIOS（Basic Input Output System）等のプログラムが記憶されている。内部記憶装置4fは、例えばHDD（Hard Disk Drive）やフラッシュメモリ等であり、オペレーティングシステムプログラムやアプリケーションプログラムを記憶している。CPU4cは、RAM4eをワークエリアとして使用しながらROM4dや内部記憶装置4fに記憶されているプログラムを実行することにより、種々の機能を実現する。
- [0032] 記憶手段である内部記憶装置4fには、光学スケール11における後述する偏光軸と光学センサユニット35のセンサの出力とを対応付けたデータベースが記憶されている。また、内部記憶装置4fには、後述するパラメータ方位角 ϕ 及び傾斜角度（天頂角） θ の値と、光学スケール11の位置情報とを対応付けたデータベースが記憶されている。または、内部記憶装置4fには、後述する距離Dの値と、光学スケール11の位置情報とを対応付けたデータベースが記憶されている。
- [0033] 図5に示す信号トラックT1は、ワイヤグリッドパターンとよばれる金属細線（ワイヤー）gの配列が図1に示す光学スケール11に形成されている。光学スケール11は、信号トラックT1として、隣り合う金属細線gを平行に直線的に配置している。このため、光学スケール11は、光源光71

が照射される位置によらず同じ偏光軸となり、面内における偏光子の偏光方向が一方向を向いている。

[0034] また、ワイヤーグリッドパターンとよばれる金属細線 g を有する光学スケール 11 は、光誘起の偏光板に比較して、光学スケール 11 は耐熱性を高めることができる。また、光学スケール 11 は、局所的にも、交差するような部分のないラインパターンとなっているため、精度を高く誤差の少ない光学スケールとすることができる。また、光学スケール 11 は、一括した露光またはナノインプリント技術により安定して製造することもできるため、精度を高く誤差の少ない光学スケールとすることができる。なお、光学スケール 11 は、光誘起の偏光板としてもよい。

[0035] 複数の金属細線 g は、交差せず配置されている。隣り合う金属細線 g の間は、光源光 71 の全部又は一部が透過可能な透過領域 w である。金属細線 g の幅及び隣り合う金属細線 g の間隔、つまり金属細線 g の幅及び透過領域 w の幅は、光源 41 の光源光 71 の波長より十分小さくする場合、光学スケール 11 は、光源光 71 の入射光 73 を偏光分離することができる。このため、光学スケール 11 は、面内における偏光軸 P_m が一様な偏光子を有している。光学スケール 11 は、回転する周方向において、光学センサユニット 35 へ入射する入射光の偏光軸が光学スケール 11 の回転に応じて変化する。実施形態 1 において、偏光軸の変化は、光学スケール 11 の 1 回転に対して 2 回の増減を繰り返すことになる。

[0036] 光学スケール 11 は、偏光方向の異なるセグメントを細かくする必要がない。そして、光学スケール 11 は、一様な偏光軸 P_m を有しているため、偏光軸 P_m の異なる領域の境界がなく、この境界による入射光 73 の偏光状態の乱れを抑制できる。実施形態 1 の光学式エンコーダ 2 は、誤検出またはノイズを生じさせる可能性を低減することができる。

[0037] 図 6 は、実施形態 1 に係る光学センサユニットの一例を説明するための説明図である。図 7 は、実施形態 1 に係る光学センサの第 1 受光部の一例を説明するための説明図である。図 8 は、実施形態 1 に係る光学センサの第 3 受

光部の一例を説明するための説明図である。図3及び図6に示すように、光学センサユニット35は、ユニット基材30の表面30b上に、偏光層PP1を有する第1受光部PD1と、偏光層PP2を有する第2受光部PD2と、偏光層PP3を有する第3受光部PD3と、偏光層PP4を有する第4受光部PD4とを含む。図6に示すように、平面視で第1受光部PD1、第2受光部PD2、第3受光部PD3及び第4受光部PD4は、ユニット基材30の表面30bの配置中心S0から等距離に配置されている。

[0038] 図3に示すように、光源41から照射される光源光71は、上述した光学スケール11を透過して、入射光73として、偏光層PP1、偏光層PP2、偏光層PP3及び偏光層PP4を透過し、第1受光部PD1、第2受光部PD2、第3受光部PD3及び第4受光部PD4に入射する。

[0039] 図3に示すように、第1受光部PD1、第2受光部PD2、第3受光部PD3及び第4受光部PD4のそれぞれから配置中心S0までの距離を等しくすることが好ましい。この構造により、演算手段であるCPU4cの演算負荷を軽減することができる。

[0040] また、第1受光部PD1が配置中心S0を介して第3受光部PD3と点対称の位置に配置され、第2受光部PD2が配置中心S0を介して第4受光部PD4と点対称の位置に配置されている。第1受光部PD1が配置中心S0を介して第3受光部PD3と距離W離して配置されており、第2受光部PD2が配置中心S0を介して第4受光部PD4と距離W離して配置されている。なお、第1受光部PD1、第3受光部PD3、第2受光部PD2及び第4受光部PD4が有する幅wがあり、距離Wは、幅2wより小さくならない制約がある。実施形態1では、第1受光部PD1、配置中心S0及び第3受光部PD3を通過するユニット基材30の表面30b上の仮想軸をx軸とし、第2受光部PD2、配置中心S0及び第4受光部PD4を通過するユニット基材30の表面30b上の仮想軸をy軸とする。図6において、x軸はy軸とユニット基材30の表面上で直交している。図3に示すように、光源41の出射面と、配置中心S0との距離をDとする。x軸とy軸とによるxy平

面は、光源41の出射面と配置中心S0とを結ぶz軸と直交している。

[0041] 図3に示すように、z軸方向から平面視で見ると、第1受光部PD1、第2受光部PD2、第3受光部PD3及び第4受光部PD4のそれぞれが光源41の周囲に配置されている。第1受光部PD1、第2受光部PD2、第3受光部PD3及び第4受光部PD4のそれぞれから配置中心S0までの距離を等しくすることが好ましい。この構造により、演算手段であるCPU4cの演算負荷を軽減することができる。

[0042] 図7に示すように、第1受光部PD1は、シリコン基板34と、受光部37と、第1偏光層39aとを含む。また、図8に示すように、第3受光部PD3は、シリコン基板34と、受光部37と、第2偏光層39bとを含む。例えば、シリコン基板34はn型半導体であり、受光部37はp型半導体であり、シリコン基板34と受光部37とによりPN接合で形成されたフォトダイオードを構成することができる。第1偏光層39a及び第2偏光層39bは、光誘起の偏光層、または金属細線を平行に配列したワイヤーグリッドパターン等で形成することができる。第1偏光層39aは、図3に示す光学スケール11に光源光71から入射する入射光73を第1の偏光方向に分離し、第2偏光層39bは、上記入射光を第2の偏光方向に分離する。これら第1の分離光の偏光軸と、第2の分離光の偏光軸とは、相対的に90°異なることが好ましい。この構成により、演算装置3のCPU4cは、偏光角度の演算を容易とすることができる。

[0043] 同様に、図7及び図8を用いて説明すると、第2受光部PD2は、シリコン基板34と、受光部37と、第1偏光層39aとを含む。また、図8に示すように、第4受光部PD4は、シリコン基板34と、受光部37と、第2偏光層39bとを含む。例えば、シリコン基板34はn型半導体であり、受光部37はp型半導体であり、シリコン基板34と受光部37とによりPN接合で形成されたフォトダイオードを構成することができる。第1偏光層39a及び第2偏光層39bは、光誘起の偏光層、または金属細線を平行に配列したワイヤーグリッドパターン等で形成することができる。第1偏光層3

9 aは、図3に示す光学スケール11に光源光71から入射する入射光73を第1の偏光方向に分離し、第2偏光層39 bは、上記入射光を第2の偏光方向に分離する。これら第1の分離光の偏光軸と、第2の分離光の偏光軸とは、相対的に90°異なることが好ましい。この構成により、演算装置3のCPU4 cは、偏光角度の演算を容易とすることができる。

[0044] 第1受光部PD1、第2受光部PD2、第3受光部PD3及び第4受光部PD4は、入射光73をそれぞれ異なる偏光方向に分離する偏光層PP1、PP2、PP3及びPP4を介して受光する。このため、偏光層PP1が分離する偏光軸と、偏光層PP2が分離する偏光軸とは、相対的に45°異なることが好ましい。偏光層PP2が分離する偏光軸と、偏光層PP3が分離する偏光軸とは、相対的に45°異なることが好ましい。偏光層PP3が分離する偏光軸と、偏光層PP4が分離する偏光軸とは、相対的に45°異なることが好ましい。偏光層PP4が分離する偏光軸と、偏光層PP1が分離する偏光軸とは、相対的に45°異なることが好ましい。この構成により、演算装置3のCPU4 cは、偏光角度の演算を容易とすることができる。

[0045] 図9、図10及び図11は、実施形態1に係る角度センサの偏光成分の分離を説明するための説明図である。図9のように、光学スケール11の信号トラックT1により偏光方向Pmに偏光された入射光が入射する。図9において、センシング範囲には、異物D1及び異物D2がある。入射光の偏光方向Pmは、上述した第1の偏光方向の成分の光強度PI(−)と、第2の偏光方向の成分の光強度PI(+)と、で表現することができる。上述したように、第1の偏光方向と、第2の偏光方向とは、90°異なる方向であることが好ましく、基準方向に対して例えば+45°成分と−45°成分のようになっている。図9、図10及び図11において、ワイヤーグリッドの軸方向は、紙面に対して平行に示されているが、紙面に対して同一の角度で傾斜していても傾斜角度が小さい場合には偏光分離の機能に影響がない。すなわち、光学スケール11は、回転軸に対して傾斜していても、偏光分離素子として機能する。

[0046] 第1受光部PD1は、図10に示すように、入射光を第1の偏光方向に分離する第1偏光層39aを介して検知するため、第1の偏光方向の成分の光強度 $P_{I(-)}$ を検知する。第3受光部PD3は、図11に示すように、入射光を第2の偏光方向に分離する第2偏光層39bを介して検知するため、第2の偏光方向の成分の光強度 $P_{I(+)}$ を検知する。同様に、第2受光部PD2は、図10に示すように、入射光を第1の偏光方向に分離する第1偏光層39aを介して検知するため、第1の偏光方向の成分の光強度 $P_{I(-)}$ を検知する。第4受光部PD4は、図11に示すように、入射光を第2の偏光方向に分離する第2偏光層39bを介して検知するため、第2の偏光方向の成分の光強度 $P_{I(+)}$ を検知する。

[0047] 図12は、実施形態1に係る光学式エンコーダの機能ブロック図である。図13は、実施形態1に係る光学スケールの回転角度と各受光部の偏光成分の光強度変化を説明するための説明図である。図12に示すように、光源41は、基準信号に基づいた発光を行い、光学スケール11に光源光71を照射する。透過光である入射光73（後述する反射光である入射光72でもよい。）は、受光部である光学センサユニット35に受光される。図12に示すように、プリアンプAMPで増幅された受光信号は、差動演算回路DSで差動演算処理を行う。

[0048] 差動演算回路DSは、光学センサユニット35の検出信号である、第1の偏光方向の成分（第1分離光）の光強度 $P_{I(-)}$ と、第2の偏光方向の成分（第2分離光）の光強度 $P_{I(+)}$ とを取得する。この光強度 $P_{I(-)}$ と、光強度 $P_{I(+)}$ とに対応する、第1受光部PD1、第2受光部PD2、第3受光部PD3及び第4受光部PD4のそれぞれの出力は、例えば、図13のように、光学スケール11の回転に応じて、位相がずれた光強度 I_1 、 I_2 、 I_3 及び I_4 である。

[0049] 差動演算回路DSは、式(1)及び式(2)に従って、第1の偏光方向の成分の光強度 $P_{I(-)}$ 及び第2の偏光方向の成分の光強度 $P_{I(+)}$ から、光学スケール11の回転に依存した差動信号 V_c 及び V_s を演算する。

[0050] [数1]

$$V_c = (I_1 - I_3) / (I_1 + I_3) \quad \dots (1)$$

[0051] [数2]

$$V_s = (I_2 - I_4) / (I_2 + I_4) \quad \dots (2)$$

[0052] このように、差動演算回路DSは、光強度I₁及び光強度I₃に基づいて、光強度の和[I₁ + I₃]と、光強度の差[I₁ - I₃]を演算し、光強度の差[I₁ - I₃]を光強度の和[I₁ + I₃]で除した差動信号V_cを演算する。また、差動演算回路DSは、光強度I₂及び光強度I₄に基づいて、光強度の和[I₂ + I₄]と、光強度の差[I₂ - I₄]を演算し、光強度の差[I₂ - I₄]を光強度の和[I₂ + I₄]で除した差動信号V_sを演算する。式(1)及び式(2)により演算した差動信号V_c及びV_sには、光源光71の光強度の影響を受けるパラメータが含まれておらず、光学式エンコーダユニット31の出力は、光学センサユニット35と光学スケール11との距離、光源41の光強度のばらつき等の影響を低減することができる。そして、式(1)に示すように、差動信号V_cは、光学スケール11の回転角度となる光学スケール11の偏光軸の回転角度(以下、偏光角という)βの関数となる。ただし、光源の光量を一定に制御するオートパワーコントロール(APC)を備えている場合は、上述の除算は不要である。

[0053] 図12に示すように、差動信号V_c及びV_sは、フィルター回路NRに入力され、ノイズ除去される。次に、逓倍回路APでは、差動信号V_c及びV_sから図14に示すリサージュパターンを演算し、初期位置から回転したロータ10の回転角度の絶対角度を特定することができる。差動信号V_c及びV_sは、λ/4位相がずれた差動信号であるので、差動信号V_cのコサインカーブを横軸へ、差動信号V_sのサインカーブを縦軸にとったリサージュパターンを演算し、回転角度に応じて、リサージュ角が定まることになる。例えば、図14に示すリサージュパターンは、ロータ10が1回転すると2周する。演算装置3は、光学スケール11の回転位置が0°以上180°未満の範囲にあるか、180°以上360°未満の範囲にあるかを記憶する機能

を有する。これにより、光学式エンコーダ2は、ロータ10の絶対位置が演算できるアブソリュートエンコーダとすることができる。図12に示す構成以外にも、光学式エンコーダユニット31は、光学センサユニット35とプリアンプAMPまでを含んだ構成としてもよい。

[0054] 図15は、実施形態1に係る光学センサの暗電流に相当する光強度の所定倍以上を受光可能な位置を説明するための説明図である。図15の縦軸は、z軸の光源からの距離であり、図15の横軸は、光強度をIとしている。図16は、実施形態1に係る光源を説明するための平面図である。図17は、実施形態1に係る光源の配光分布を円形グラフとして測定した測定例を示す説明図である。図18は、図17の円形グラフを角度と光強度との直交座標に変換した光源の配光分布とした例を示す説明図である。図19は、光源と光学センサユニットとの位置ずれが光源の配光分布に及ぼす影響を説明するための説明図である。光源41は、レンズを介して出射する場合、平行光の光源光を照射できるので、光軸調整がしやすい。これに対して、レンズのない光源41は、安価であるが、拡散光を使用するためSN比が悪い傾向にある。SN比は、受光していない光学式エンコーダユニット31の暗電流と、光源41の配光分布とに依存することが、本願発明者によって明らかになった。このため図15に示すように、光源41の出射面と、配置中心S0（光学センサユニット35）との距離をDとした場合、光源41と光学センサユニット35とが距離 D_{zmax} よりも大きく、受光していない光学式エンコーダユニット31の暗電流に相当する光強度の100倍以上の光強度 I_{dc100} を受光しない場合、SN比が悪化してしまうことが判明した。このため、光源41と光学センサユニット35とが距離 D_{zmax} 以下の距離Dの位置に配置される場合、光源41と光学センサユニット35とが近く、SN比が改善される。そして、図15の検出可能範囲であれば、図16に示すような、光源41であっても、図15の検出可能範囲A_{det}であれば、光学式エンコーダユニット31は、機能できる。その結果、光源41と光学センサユニット35との位置関係は、要求される精密な光軸調整を緩和できる。

より好ましくは、光源41と光学センサユニット35との距離Dは、受光していない光学式エンコーダユニット31の暗電流に相当する光強度の1000倍以上の光強度を光学式エンコーダユニット31が受光するように、光源41と光学センサユニット35とが配置される場合、検出可能範囲A d e tが狭くなるが光学センサユニット35の出力のS N比がより改善される。ここで、図16に示す光源41は、発光ダイオード、垂直共振器面発光レーザ等のレーザ光源、フィラメント等の発光デバイス41Uをパッケージしたものである。発光デバイス41Uは、面発光型光源を用いている。

[0055] 光源41は、ベース基板41Fと、スルーホールSHに埋め込まれた貫通導電層41Hと、貫通導電層41Hと電氣的に接続された外部電極41Pと、ベース基板41Fに搭載された発光デバイス41Uと、発光デバイス41Uと貫通導電層41Hとを導通接続するボンディングワイヤ41Wと、発光デバイス41Uを保護する封止樹脂41Mと、遮光膜41Rとを備えている。

[0056] 光源41の遮光膜41Rは、発光デバイス41Uが放射する光源光71を出射面41Tの範囲に絞る光源光71の絞りの機能を奏している。出射面41Tにはレンズ面がなく、出射面41Tは、平坦面である。このような光源41としては、発光ダイオード(LED)のベアチップを用いることができる。

[0057] 光源41が放射する各方向への光の強度の分布である配光分布は、ゴニオフォトメータ(Goniophotometer)などの配光分布測定装置で測定することができる。配光分布測定装置は、受光器の受光面が光源41のある中心方向に向いたまま、受光器が光源41を中心とする円周上または球面上を回転しつつ光の強度を測定する。これにより、配光分布測定装置は、図17に示すように、光源41の周りの周方向の角度ごとの光の強度d l iの情報である円形グラフを記憶することができる。

[0058] 図17に示す円形グラフは、円形グラフの周方向の角度を横軸に、円形グラフの光強度(半径の長さ)を縦軸にした直交座標系に展開すると、図18

に示す釣鐘型の配光分布 $R d | i$ になる。ここで縦軸は、図 17 に示す円形グラフにおいて、光の強度が最強の周方向の角度における円形グラフの光強度（半径の長さ）を 100 とした場合、それぞれの周方向の角度での光の強度の比率を示している。

[0059] ここで、上述した図 3 に示したように、光源 41 と光学センサユニット 35 との位置関係は、光軸調整されて、回転中心 Z_r と平行な z 軸と一致することが望ましい。しかしながら、例えば光源 41 と光学センサユニット 35 との xz 平面又は yz 平面でみたときに、組み立てなどによる位置ずれが生じる可能性がある。例えば、図 19 に示すように、 xz 平面でみて、光源 41 と光学センサユニット 35 との位置関係が、 z 軸に対して、 θ だけ位置ずれ成分 F_A だけ光軸のずれがあると、図 18 に示す配光分布 $R d | i$ の光強度は、 $\cos \theta$ 成分に減少する。図 19 に示す例では、位置ずれ成分 F_A を例示するが、これに限られず、位置ずれ成分 F_B も考慮する必要がある。図 20 は、図 18 の配向分布を光源と光学センサユニットとの位置ずれで補正した配向分布の例を示す説明図である。図 20 の配向分布は、図 18 の配向分布に図 19 に示した位置ずれ分を補正した配向分布を円形グラフの周方向の角度を横軸に、円形グラフの光強度（半径の長さ）を縦軸にした直角座標系に再描画している。図 20 において、角度 $+\theta_0$ 及び角度 $-\theta_0$ は、所定の光強度 I_s （例えば 50%）を示す周方向の角度である。所定の光強度 I_s は、50%に限られず、他の値でもよい。所定の光強度 I_s は、光学センサユニット 35 のセンサ（受光素子）の特性がある光の強度で急激に変化する場合、変化点となる値が選択されることで、測定精度の影響を抑制できる。以下、角度 $-\theta_0$ 以上角度 $+\theta_0$ 以下の範囲を所定角度 $2\theta_0$ として説明する。なお、図 20 に示す配光分布のグラフが角度 0 に対して左右対称とは限らないので、所定の光強度 I_s （例えば 50%）を示す周方向の角度は、角度 $+\theta_1$ 及び角度 $-\theta_2$ とし、所定角度 $2\theta_0$ が角度 $-\theta_2$ 以上角度 $+\theta_1$ 以下の範囲としてもよい（角度 $+\theta_1$ 及び角度 $-\theta_2$ は不図示）。

[0060] 光源光 71 の配光分布は、出射面 41 T の断面に対して所定角度 $2\theta_0$ の配

光分布を示す。図 2 1 は、実施形態 1 に係る光学センサの光源の配光分布が一様な範囲以内にある受光部の位置を説明するための説明図である。上述した角度 $\pm \theta_0$ が $x-z$ 平面に投影されて、以下に説明するように距離 D の値及び距離 W が求められる。なお、配光分布の角度 θ_0 は、光源 4 1 に依存するが、角度 θ_0 を狭くみても 45° である。

[0061] 図 2 1 に示すパラメータライン I D C は、下記式 (3) の関係を満たす。

[0062] [数3]

$$z = \pm \frac{1}{\tan \theta_0} x \quad \dots (3)$$

[0063] 図 6 に示したように、第 1 受光部 P D 1 が配置中心 S 0 を介して第 3 受光部 P D 3 と距離 W 離して配置されており、第 2 受光部 P D 2 が配置中心 S 0 を介して第 4 受光部 P D 4 と距離 W 離して配置されている。なお、第 1 受光部 P D 1、第 3 受光部 P D 3、第 2 受光部 P D 2 及び第 4 受光部 P D 4 が有する幅 w があり、距離 W は、幅 $2w$ より小さくならない制約がある。配置中心 S 0 から第 1 受光部 P D 1、第 2 受光部 P D 2、第 3 受光部 P D 3 及び第 4 受光部 P D 4 のそれぞれまでの距離 W は、光源 4 1 の配光分布が一様な範囲以内、つまりパラメータライン I D C の間にある。そして、式 (3) より、光源 4 1 の出射面と、配置中心 S 0 (光学センサユニット 3 5) との距離 D の最大値 $D_{z \max}$ と最小値 $D_{z \min}$ は、距離 W に対して下記式 (4) の関係を満たす。

[0064] [数4]

$$\frac{W_{\max}}{2} \geq D \tan \theta_0 \geq \frac{W}{2} \quad \dots (4)$$

[0065] 実施形態 1 に係る光学式エンコーダユニット 3 1 は、レンズのついていない光源 4 1 を使用することができる。光源 4 1 の出射面と、配置中心 S 0 (光学センサユニット 3 5) との距離 D を接近させることで S N 比を向上させることができる。第 1 受光部 P D 1、第 2 受光部 P D 2、第 3 受光部 P D 3 及び第 4 受光部 P D 4 のそれぞれまでの距離 W は、光源 4 1 の拡散する光の

影響を減じて受光できる範囲に配置可能となる。このため光学式エンコーダユニット31及び光学式エンコーダ2は、測定精度が向上する。

[0066] (実施形態2)

図22は、実施形態2に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。図23は、実施形態2に係る光学スケール及び光学センサユニットの配置の一例を説明する説明図である。なお、上述したものと同一部材には同一の符号を付して重複する説明は省略する。光学式エンコーダユニット31は、光源41の光源光71が光学スケール11に反射し、この反射した反射光を入射光72として第1受光部PD1、第3受光部PD3、第2受光部PD2及び第4受光部PD4を有する光学センサユニット35Aが検知する。光源41の出射面と、配置中心S0（光学センサユニット35）との距離Dは、鏡面反射として、実施形態1の半分になる。なお、図22に示すように、実施形態2に係る光学式エンコーダユニット31は、円環状の遮光板17を有している。これにより、遮光板17が不要な反射を抑制できるため、測定精度を向上することができる。

[0067] (実施形態3)

図24は、実施形態3に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。なお、上述したものと同一部材には同一の符号を付して重複する説明は省略する。実施形態3に係る光学式エンコーダユニット31は、実施形態1と同じ透過型の光学スケール及び光学センサの配置であるが、実施形態1と異なり、基板23がフレキシブル基板23FPとなっている。プリアンプAMPは、パッケージ品のアンプ上に直接光学センサユニット35Aを積層している。プリアンプAMPがカバー21内部に内臓されるので、耐久性を高めることができる。プリアンプAMPは、ベアチップ上に受光素子と増幅回路とを搭載してもよい。また、プリアンプAMPは、受光素子と増幅回路とを半導体プロセスで一体的に形成してもよい。

[0068] (実施形態4)

図25は、実施形態4に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。

なお、上述したものと同一部材には同一の符号を付して重複する説明は省略する。実施形態4に係る光学式エンコーダユニット31は、実施形態2と同じ反射型の光学スケール及び光学センサの配置であるが、実施形態2と異なり、基板23がフレキシブル基板23FPとなっている。プリアンプAMPは、パッケージ品のアンプ上に直接に光学センサユニット35を積層している。プリアンプAMPがカバー21の内部に内臓されるので、耐久性を高めることができる。プリアンプAMPは、ベアチップ上に受光素子と増幅回路とを搭載してもよい。また、プリアンプAMPは、受光素子と増幅回路とを半導体プロセスで一体的に形成してもよい。

[0069] (実施形態5)

図26は、実施形態5に係る光学式エンコーダユニットの構成図である。なお、上述したものと同一部材には同一の符号を付して重複する説明は省略する。実施形態5に係る光学式エンコーダユニット31は、実施形態1と同じ透過型の光学スケール及び光学センサの配置であるが、実施形態1と異なり、プリアンプAMPは、増幅回路の集積回路がパッケージされたパッケージ品のアンプ上に光学センサユニット35Bを直接積層している。

[0070] 図27は、実施形態5に係る光学センサユニットの構成図である。図28は、図27の光学センサユニットの平面図である。図27及び図28に示すように、光学センサユニット35Bは、偏光層PP1を有する第1受光部PD1と、偏光層PP2を有する第2受光部PD2と、偏光層PP3を有する第3受光部PD3と、偏光層PP4を有する第4受光部PD4とを含む受光素子のベアチップである。光学センサユニット35Bは、ベアチップであるのでパッケージされていない。光学センサユニット35Bは、プリアンプAMPの上に、接着層51を介して固定されている。

[0071] 図27に示すように、基板23は、その表面上にプリアンプAMPを表面実装しており、図26に示す基板23の配線24に接続される半田などの導電性熔融金属又は導電性樹脂の接合部材52のランドとプリアンプAMPとを電氣的に接続している。これにより、プリアンプAMPは、リフロー装置

などで、基板 23 との間に挟まれたボール状又はペースト状の導電性溶融金属を溶融することで、基板 23 上に容易に固定され、かつ電氣的に接続される。

[0072] また、ボンディング装置は、上述した基板 23 の配線 24 に接続している端子 23 T と、光学センサユニット 35 B の各端子とを Au などの導電性金属ワイヤー 53 で接続する。以上により、プリアンプ AMP 上に光学センサユニット 35 B が集積され、カバー 21 の外形が小さくても、プリアンプ AMP 及び光学センサユニット 35 B は、カバー 21 に内臓される（図 26 参照）。その結果、実施形態 5 に係る光学式エンコーダユニット 31 は、小型になる。また、実施形態 5 に係る光学式エンコーダユニット 31 は、リフロー装置及びボンディング装置などで、少なくとも一部の工程を自動化することができ、コストを低減することができる。プリアンプ AMP と光学センサユニット 35 B との信号配線の接続距離が短くなることから、実施形態 5 に係る光学センサユニット 35 B は、信号ノイズが低減され、精度をより高めることができる。

[0073] 図 29 は、実施形態 5 の変形例 1 に係る光学センサユニットの構成図である。図 30 は、図 29 の光学センサユニットの平面図である。図 29 及び図 30 に示すように、実施形態 5 の変形例 1 に係る光学センサユニット 35 B は、プリアンプ AMP 1 をパッケージせず、ベアチップのままとして、光学センサユニット 35 B をプリアンプ AMP 1 の上に、接着層 51 B を介して固定している。

[0074] 実施形態 5 の変形例 1 に係る光学センサユニットにおいて、ボンディング装置は、上述した基板 23 の配線 24 に接続する端子 23 T と、プリアンプ AMP 1 の各端子 55 とを Au などの導電性金属ワイヤー 53 B で接続する。基板 23 とプリアンプ AMP 1 との間には、接着層 51 A が介在し、プリアンプ AMP 1 と光学センサユニット 35 B との間には、接着層 51 B が介在することで、基板 23、プリアンプ AMP 1 及び光学センサユニット 35 B の位置が固定される。

[0075] また、ボンディング装置は、プリアンプAMP 1の各端子5 4と、光学センサユニット3 5 Bの各端子とをAuなどの導電性金属ワイヤー5 3 Aで接続する。プリアンプAMP 1の各端子5 4と、光学センサユニット3 5 Bの各端子とは、重ね合わせたときに、下側のプリアンプAMP 1の各端子5 4が露出する必要があるため、プリアンプAMP 1のベアチップは、光学センサユニット3 5 Bのベアチップよりもチップサイズが大きくなる。以上により、プリアンプAMP 1上に光学センサユニット3 5 Bが集積され、カバー2 1の外形が小さくても、プリアンプAMP 1及び光学センサユニット3 5 Bは、カバー2 1に内臓される。プリアンプAMP 1及び光学センサユニット3 5 Bが両方ともベアチップのため、薄く、実施形態5の変形例1に係る光学式エンコーダユニット3 1は、小型となる。また、実施形態5の変形例1に係る光学式エンコーダユニット3 1は、ボンディング装置などで、少なくとも一部の工程を自動化することができ、コストを低減することができる。プリアンプAMP 1と光学センサユニット3 5 Bとの信号配線の接続距離が短くなることから、実施形態5の変形例1に係る光学センサユニット3 5 Bは、信号ノイズが低減され、精度をより高めることができる。

[0076] 図3 1は、実施形態5の変形例2に係る光学センサユニットの構成図である。図3 2は、図3 1の光学センサユニットの平面図である。図3 1及び図3 2に示すように、実施形態5の変形例2に係る光学センサユニット3 5 Bは、プリアンプAMP 2をパッケージせず、ベアチップのままとして、光学センサユニット3 5 BをプリアンプAMP 2の上に、接着層5 1 Aを介して固定している。光学センサユニット3 5 Bのベアチップは、上面及び裏面を貫通する導電性の貫通配線5 3 Cを備えている。プリアンプAMP 2のベアチップも上面及び裏面を貫通する導電性の貫通配線5 3 Dを備えている。光学センサユニット3 5 BとプリアンプAMP 2とをスタックした場合、貫通配線5 3 Cと貫通配線5 3 Dとが平面視で重なり合う位置にあるように貫通配線5 3 Cと貫通配線5 3 Dとが各ベアチップに配置されている。

[0077] 実施形態5の変形例2に係る光学センサユニットにおいて、リフロー装置

は、上述した基板 2 3 の配線 2 4 に接続する端子 2 3 T と、プリアンプ AMP 2 の貫通配線 5 3 D とを半田などの導電性金属の接合部材 5 2 で接続する。

[0078] また、リフロー装置は、プリアンプ AMP 2 の貫通配線 5 3 D と、光学センサユニット 3 5 B の貫通配線 5 3 C とを半田などの導電性金属の接合部材 5 2 A で接続する。基板 2 3 とプリアンプ AMP 2 との間には、接着層 5 1 A が介在し、プリアンプ AMP 2 と光学センサユニット 3 5 B との間には、接着層 5 1 B が介在することで、基板 2 3、プリアンプ AMP 2 及び光学センサユニット 3 5 B の位置が固定される。

[0079] 実施形態 5 の変形例 2 に係る光学センサユニットにおいて、プリアンプ AMP 2 の貫通配線 5 3 D と、光学センサユニット 3 5 B の貫通配線 5 3 C とは、重ね合わせたときにプリアンプ AMP 2 の外形が露出する必要がない。このため、プリアンプ AMP 2 のベアチップは、光学センサユニット 3 5 B のベアチップよりもチップサイズ以下であればよい。以上により、プリアンプ AMP 2 上に光学センサユニット 3 5 B が集積され、カバー 2 1 の外形が小さくても、プリアンプ AMP 2 上及び光学センサユニット 3 5 B は、カバー 2 1 に内臓される。プリアンプ AMP 2 及び光学センサユニット 3 5 B が両方ともベアチップのため、薄く、より小型になり、実施形態 5 の変形例 2 に係る光学式エンコーダユニット 3 1 は、小型となる。また、実施形態 5 の変形例 2 に係る光学式エンコーダユニット 3 1 は、リフロー装置などで、少なくとも一部の工程を自動化することができ、コストを低減することができる。プリアンプ AMP 2 と光学センサユニット 3 5 B との信号配線の接続距離が短くなることから、実施形態 5 の変形例 2 に係る光学センサユニット 3 5 B は、信号ノイズが低減され、精度をより高めることができる。

[0080] 図 3 3 は、実施形態 5 の変形例 3 に係る光学センサユニットの構成図である。図 3 4 は、図 3 3 の光学センサユニットの平面図である。図 3 3 及び図 3 4 に示すように、実施形態 5 の変形例 3 に係る光学センサユニット 3 5 C と、プリアンプ AMP 3 とを一体化して、ベアチップのままとして、基板 2

3の上に、接着層51Aを介して固定している。

[0081] 図33及び図34に示すように、光学センサユニット35Cは、偏光層PP1を有する第1受光部PD1と、偏光層PP2を有する第2受光部PD2と、偏光層PP3を有する第3受光部PD3と、偏光層PP4を有する第4受光部PD4と、を含む受光素子とプリアンプAMP3とが半導体集積回路で形成されたベアチップである。光学センサユニット35Cは、ベアチップであるのでパッケージされていない。光学センサユニット35Cの各受光部PD1からPD4は、プリアンプAMP3と集積回路内（ベアチップ内）でそれぞれ接続されている。

[0082] 基板23は、その表面上に光学センサユニット35Cを表面実装しており、上述した基板23の配線24に接続される端子23Tと、光学センサユニット35Cの各プリアンプAMP3とを、Auなどの導電性金属ワイヤー53で電氣的に接続している。

[0083] 実施形態5の変形例3に係る光学センサユニットにおいて、光学センサユニット35Cと、プリアンプAMP3とは、一体化して集積されるので、カバー21の外形が小さくても、光学センサユニット35C及びプリアンプAMP3は、カバー21に内臓される。光学センサユニット35Cは、1つのベアチップのため、薄く、より小型になる。その結果、実施形態5の変形例3に係る光学式エンコーダユニット31は、小型とすることができる。また、実施形態5の変形例3に係る光学式エンコーダユニット31は、ボンディング装置などで、少なくとも一部の工程を自動化することができ、コストを低減することができる。プリアンプAMP3と光学センサユニット35Bとの信号配線の接続距離が短くなることから、実施形態5の変形例3に係る光学センサユニット35Bは、信号ノイズが低減され、精度をより高めることができる。

[0084] 図35は、実施形態5の変形例4に係る光学センサユニットの構成図である。図36は、図35の光学センサユニットの平面図である。図35及び図36に示すように、実施形態5の変形例4に係る光学センサユニット35B

は、プリアンプAMP 2をパッケージせず、ベアチップのままとして、光学センサユニット35BをプリアンプAMP 2の上に、接合部材52Aを介して固定している。実施形態5の変形例4に係る光学センサユニット35Bは、演算回路ACBをパッケージせず、ベアチップのままとして、プリアンプAMP 2を演算回路ACBの上に、接合部材52Bを介して固定している。接合部材52A及び接合部材52Bは、上述した接合部材52と同じ導電性材料である。ここで、演算回路ACBは、実施形態1で説明した差動演算回路DSの機能を備える集積回路である。演算回路ACBは、実施形態1で説明した差動演算回路DSに加え、フィルター回路NR、通倍回路APの機能を備える集積回路であってもよい。光学センサユニット35Bのベアチップは、上面及び裏面を貫通する導電性の貫通配線53Cを備えている。プリアンプAMP 2のベアチップも上面及び裏面を貫通する導電性の貫通配線53Dを備えている。演算回路ACBのベアチップも上面及び裏面を貫通する導電性の貫通配線53Eを備えている。光学センサユニット35BとプリアンプAMP 2と演算回路ACBとをスタックした場合、貫通配線53Cと貫通配線53Dと貫通配線53Eとが平面視で重なり合う位置にあるように貫通配線53Cと貫通配線53Dと貫通配線53Eとが各ベアチップに配置されている。

[0085] 実施形態5の変形例4に係る光学センサユニットにおいて、リフロー装置は、上述した基板23の配線24に接続する端子23Tと、演算回路ACBの貫通配線53Eとを半田などの導電性金属の接合部材52で接続する。

[0086] また、リフロー装置は、演算回路ACBの貫通配線53Eと、プリアンプAMP 2の貫通配線53Dとを半田などの導電性金属の接合部材52Bで接続する。また、リフロー装置は、プリアンプAMP 2の貫通配線53Dと、光学センサユニット35Bの貫通配線53Cとを半田などの導電性金属の接合部材52Aで接続する。基板23と演算回路ACBとの間には、接着層51Aが介在し、基板23及び演算回路ACBの位置が固定される。

[0087] 実施形態5の変形例4に係る光学センサユニットにおいて、演算回路AC

B及びプリアンプAMP 2のベアチップは、光学センサユニット35Bのベアチップよりもチップサイズ以下であればよい。以上により、演算回路ACB及びプリアンプAMP 2上に光学センサユニット35Bが集積され、カバー21の外形が小さくても、演算回路ACB、プリアンプAMP 2、光学センサユニット35Bは、カバー21に内臓される。演算回路ACB、プリアンプAMP 2及び光学センサユニット35Bが両方ともベアチップのため、薄く、より小型になる。その結果、実施形態5の変形例4に係る光学式エンコーダユニット31は、小型とすることができる。また、実施形態5の変形例4に係る光学式エンコーダユニット31は、リフロー装置などで、少なくとも一部の工程を自動化することができ、コストを低減することができる。プリアンプAMP 2と光学センサユニット35Bとの信号配線の接続距離が短くなることから、実施形態5の変形例4に係る光学センサユニット35Bは、信号ノイズが低減され、精度をより高めることができる。

[0088] 実施形態5及び各変形例に係る光学センサユニット35Bは、上述した他の構成要素と適宜組み合わせることが可能である。例えば、基板23は、実施形態2に記載したフレキシブル基板23FPとしてもよい。

符号の説明

- [0089] 2 光学式エンコーダ
3 演算装置
5 制御部
10 ロータ
11 光学スケール
12 シャフト
17 遮光板
20 ステータ
21 カバー
23 基板
23FP フレキシブル基板

24、25 配線
26 軸受
30 ユニット基材
30b 表面
31 光学式エンコーダユニット
35、35A、35B 光学センサユニット
39a 第1偏光層
39b 第2偏光層
41 光源
41T 出射面
71 光源光
72、73 入射光
AMP プリアンプ
AP 逡倍回路
CNT コネクタ
D 距離
Vc 差動信号
Vs 差動信号

請求の範囲

- [請求項1] 所定の配光分布を有する光源と、
面内における偏光子の偏光方向が所定の方向を向いており、かつ偏光方向が回転により変化する光学スケールと、
前記光源の光源光が前記光学スケールに透過又は反射して入射する入射光を受光する第1受光部、第2受光部、第3受光部及び第4受光部を備える光学センサユニットとを含み、
前記光源の出射面と前記光学センサユニットとは、前記光学センサユニットの暗電流に相当する光強度の所定倍以上を受光可能な位置に配置されている光学式エンコーダユニット。
- [請求項2] 前記光源の出射面と前記光学センサユニットとは、前記光学センサユニットの暗電流に相当する光強度の100倍以上を受光可能な位置に配置されている請求項1に記載の光学式エンコーダユニット。
- [請求項3] 前記光源の出射面と前記光学センサユニットとは、前記光学センサユニットの暗電流に相当する光強度の1000倍以上を受光可能な位置に配置されている請求項2に記載の光学式エンコーダユニット。
- [請求項4] 前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部は、それぞれ配置中心から等距離に配置されており、
前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部は、前記光源の配光分布が一様な範囲以内に配置されて受光する請求項1から3のいずれか1項に記載の光学式エンコーダユニット。
- [請求項5] 前記第1受光部、前記第2受光部、前記第3受光部及び前記第4受光部は、前記入射光をそれぞれ異なる偏光方向に分離する偏光層を介して受光する請求項1から4のいずれか1項に記載の光学式エンコーダユニット。
- [請求項6] 円筒状のカバーと、前記カバーの内側に取り付けられた軸受により支持されて回転自在なシャフトとをさらに備え、
前記カバーは、前記シャフトに取り付けられた前記光学スケールと

、前記光源と、前記光学センサユニットとを囲む請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の光学式エンコーダユニット。

[請求項7] 前記第 1 受光部、前記第 2 受光部、前記第 3 受光部及び前記第 4 受光部を含む第 1 ベアチップと、前記第 1 受光部、前記第 2 受光部、前記第 3 受光部及び前記第 4 受光部のそれぞれの信号を増幅する増幅回路とを備え、前記第 1 ベアチップと前記増幅回路とが平面視で重なり合う位置に固定されて電氣的に接続されている請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光学式エンコーダユニット。

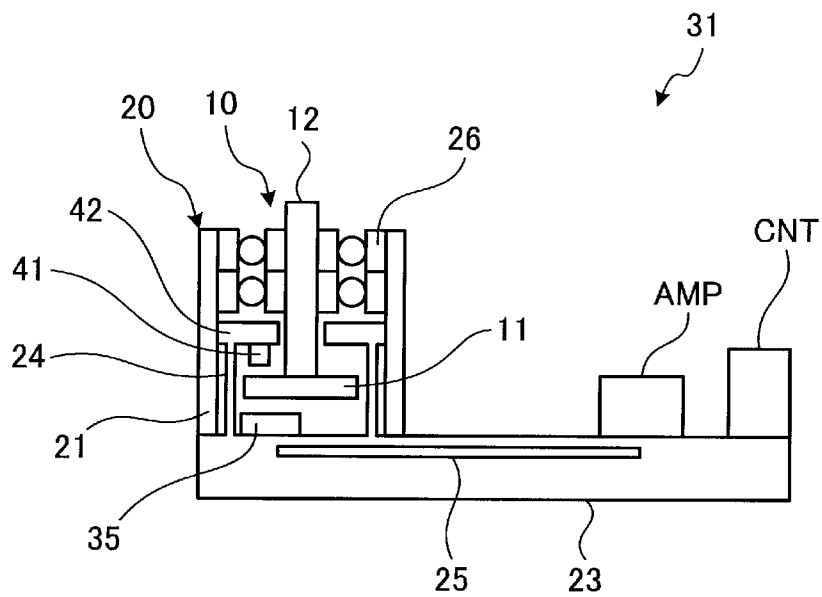
[請求項8] 前記第 1 受光部、前記第 2 受光部、前記第 3 受光部及び前記第 4 受光部を含み、かつ、前記第 1 受光部、前記第 2 受光部、前記第 3 受光部及び前記第 4 受光部のそれぞれの信号を増幅する増幅回路とが集積されたベアチップとなっている請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光学式エンコーダユニット。

[請求項9] 請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の光学式エンコーダユニットと、

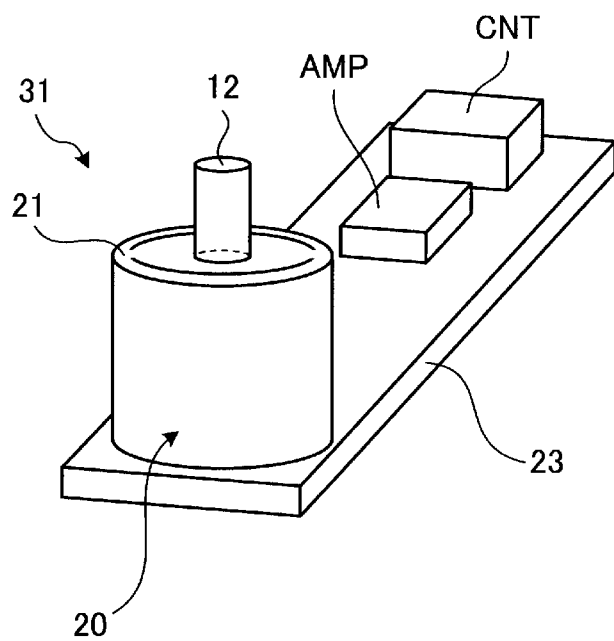
前記第 1 受光部、前記第 2 受光部、前記第 3 受光部及び前記第 4 受光部が検出する光強度から、前記光学スケールと前記光学センサユニットとの相対的な移動量を演算する演算手段と、を含む光学式エンコーダ。

[請求項10] 前記光学スケールの回転位置が 0° 以上 180° 未満の範囲にあるか、 180° 以上 360° 未満の範囲にあるかを記憶装置に記憶し、起動時に読み出す演算手段を有し、前記光学スケールと前記光学センサユニットとの絶対的な移動量を演算する請求項 9 に記載の光学式エンコーダ。

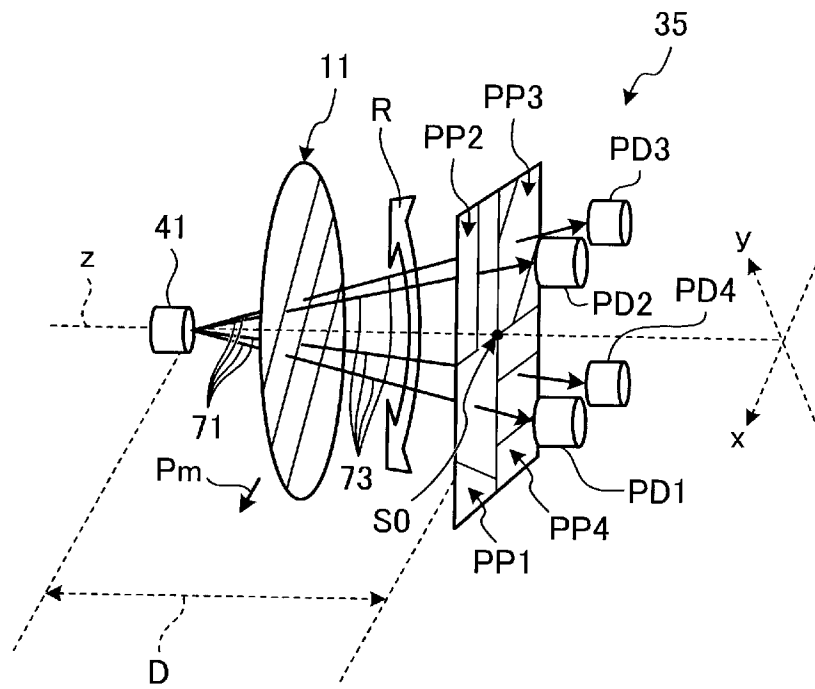
[図1]



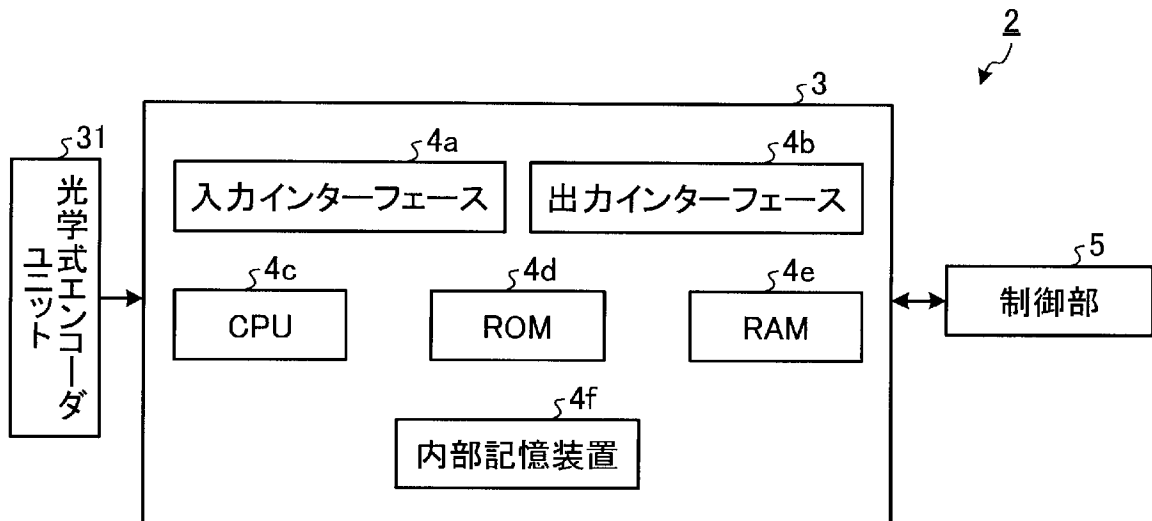
[図2]



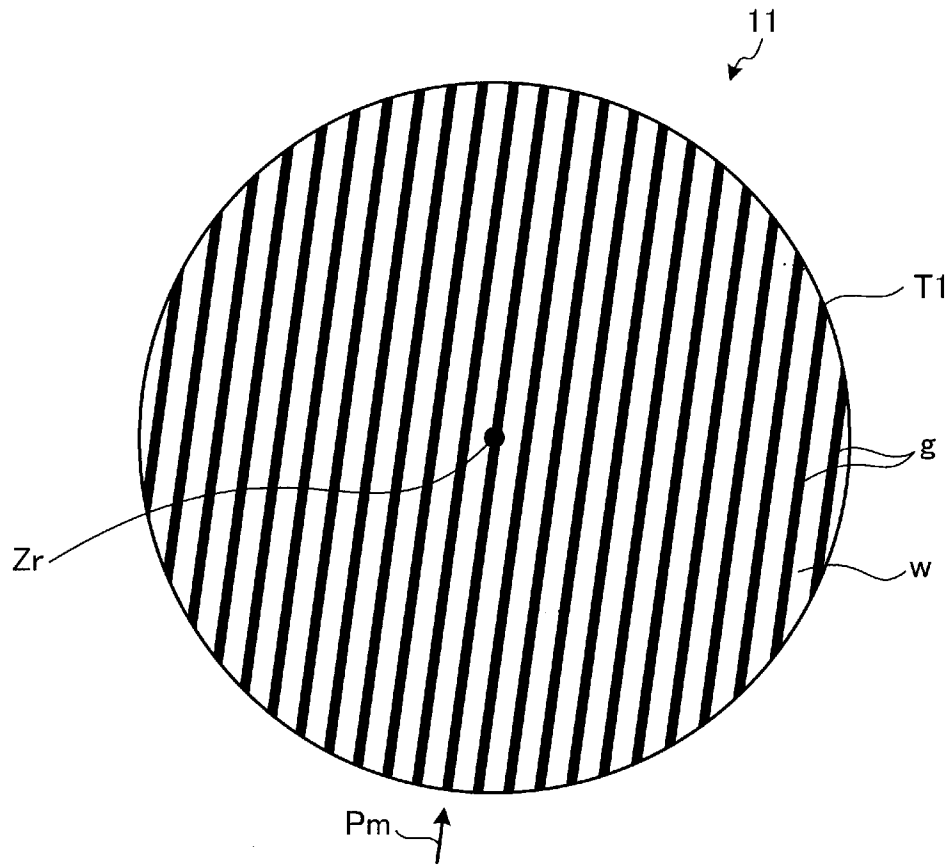
[図3]



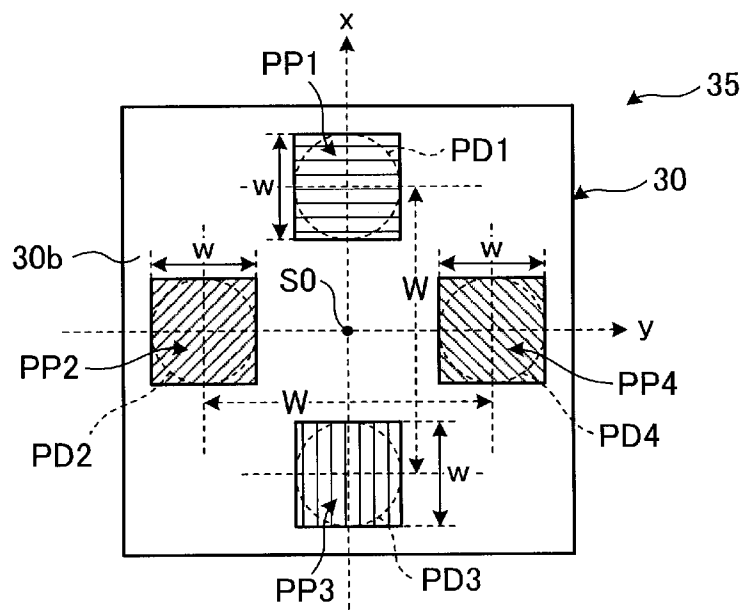
[図4]



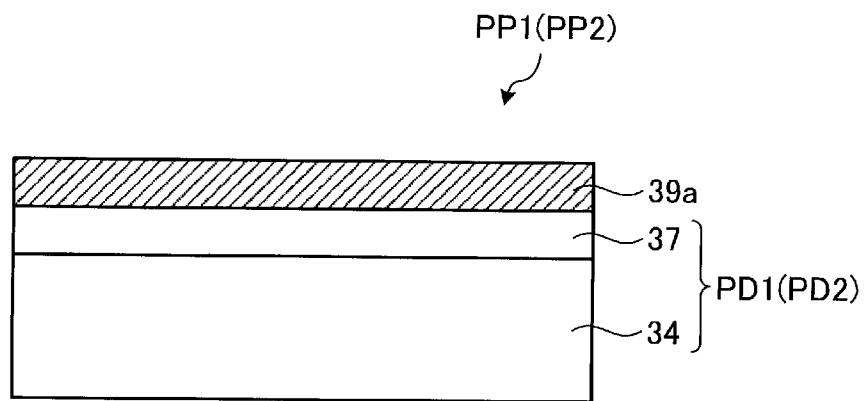
[図5]



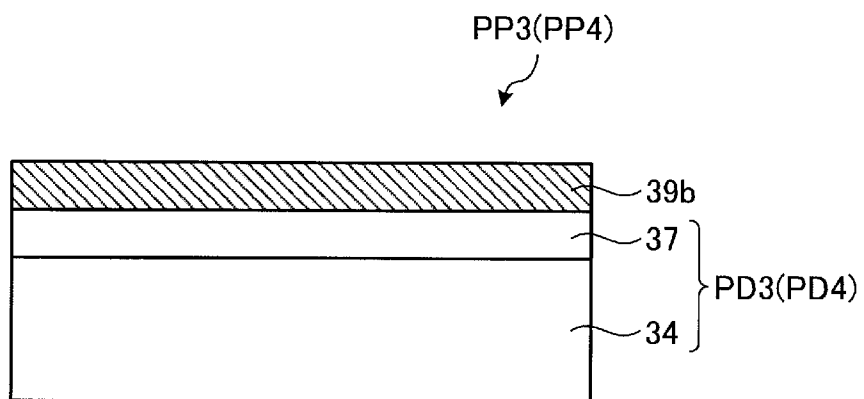
[図6]



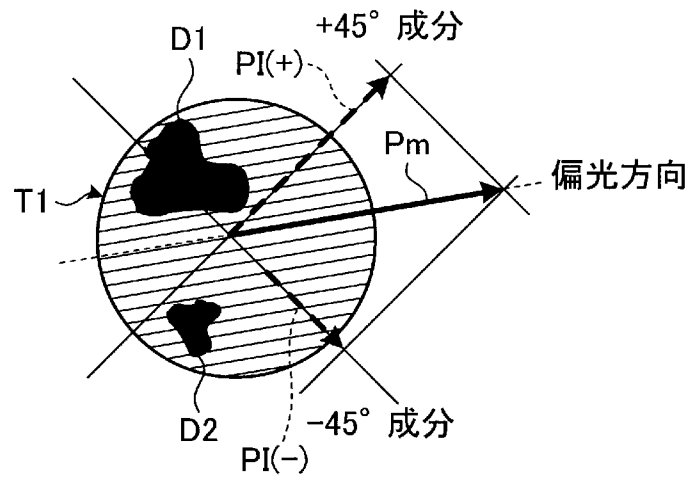
[図7]



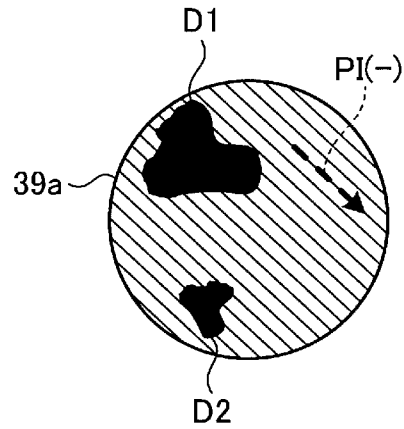
[図8]



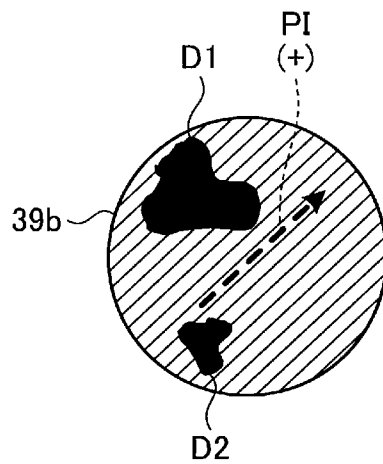
[图9]



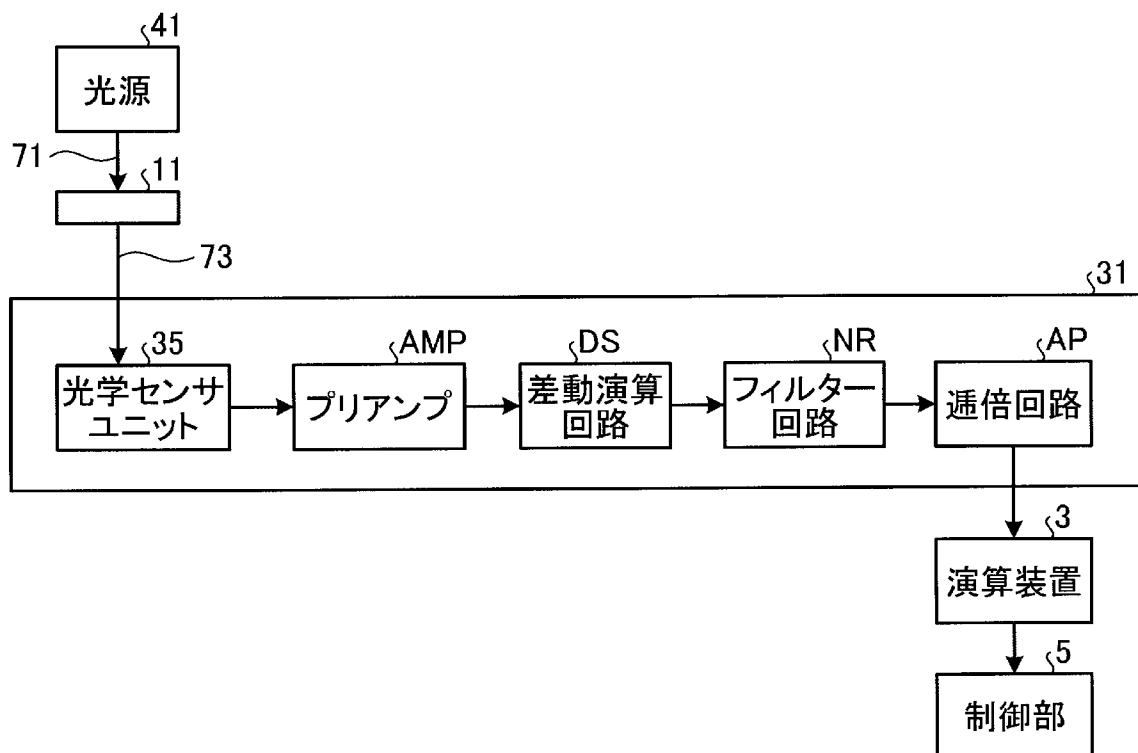
[图10]



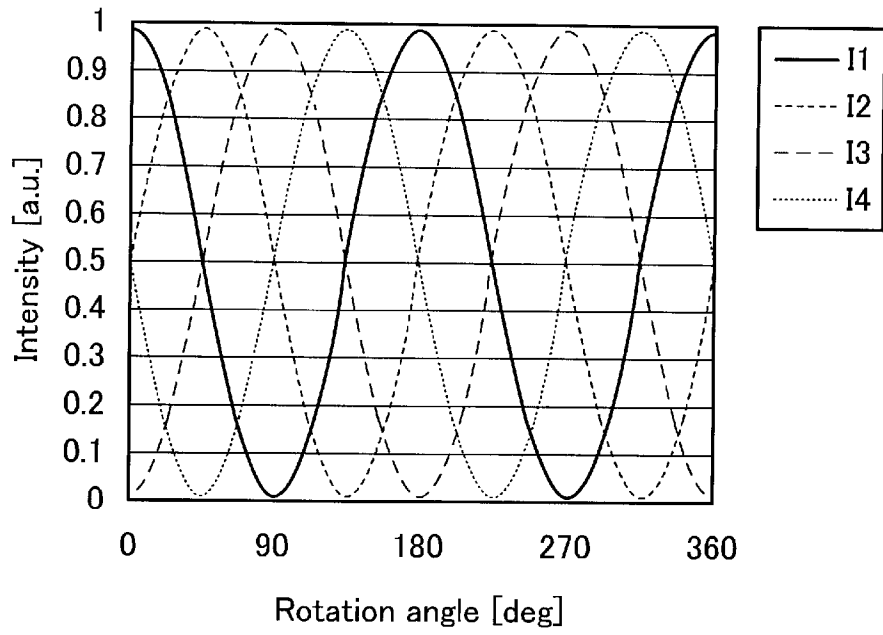
[図11]



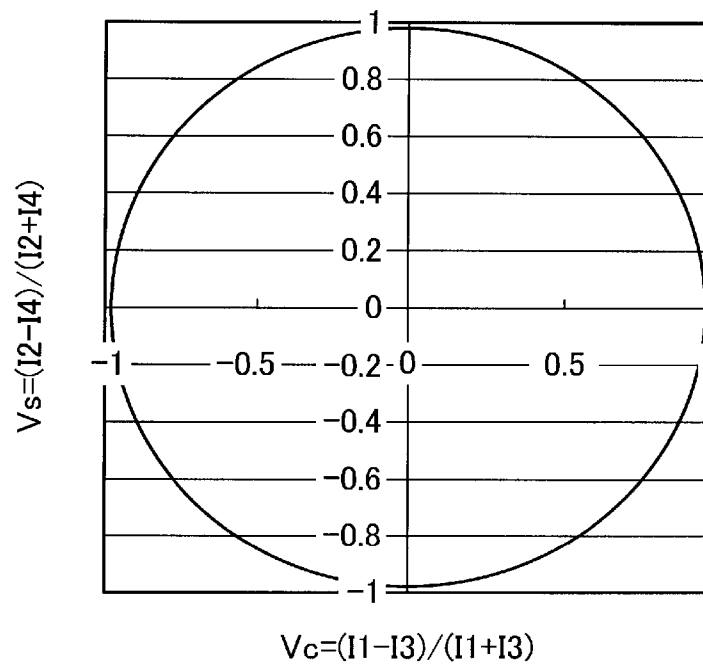
[図12]



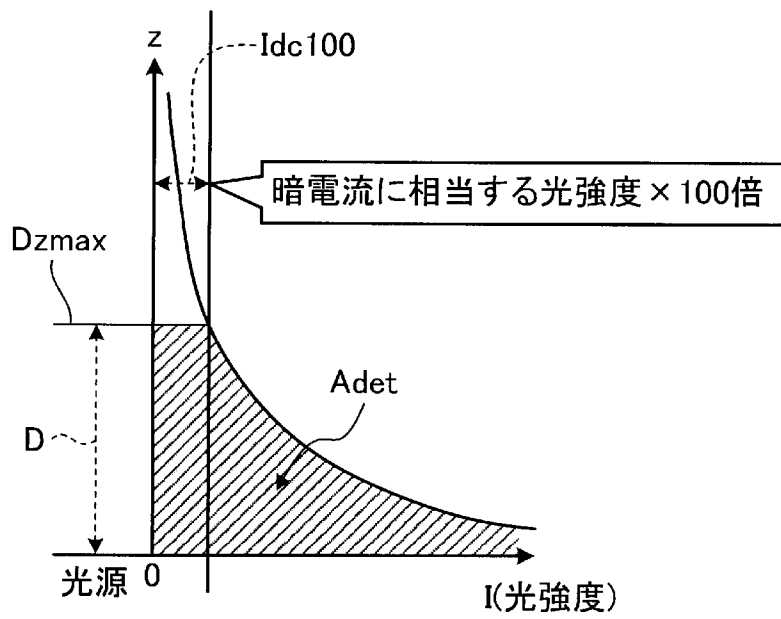
[図13]



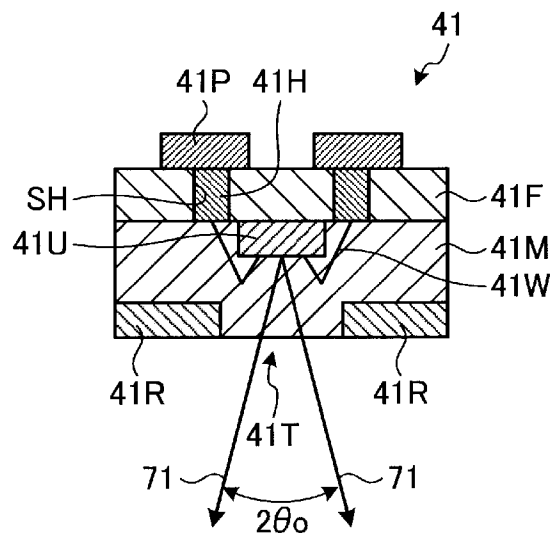
[図14]



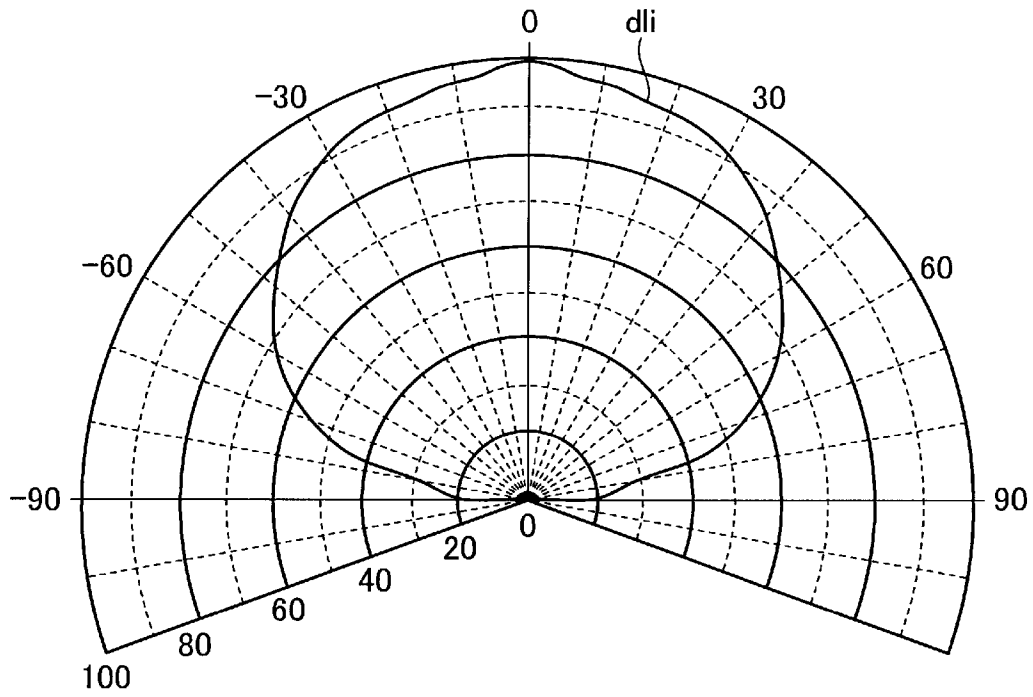
[図15]



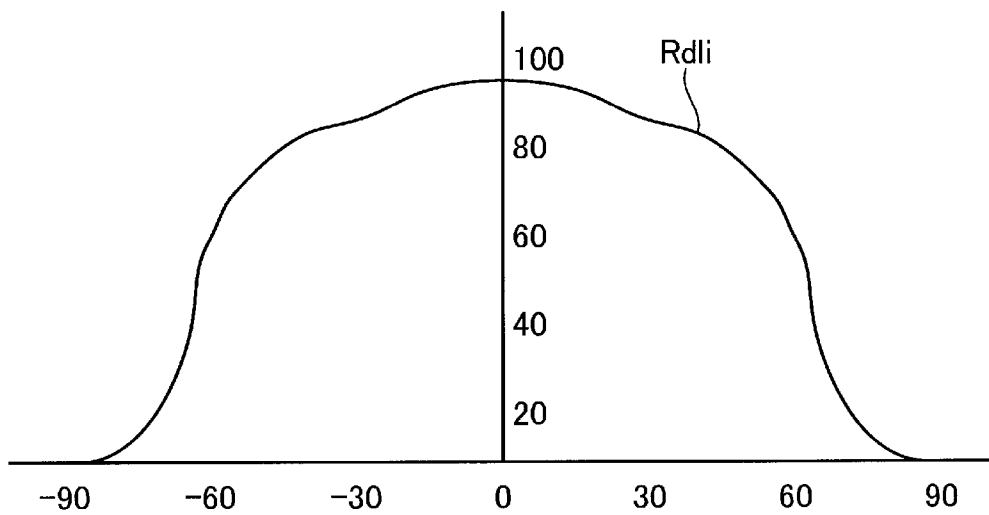
[図16]



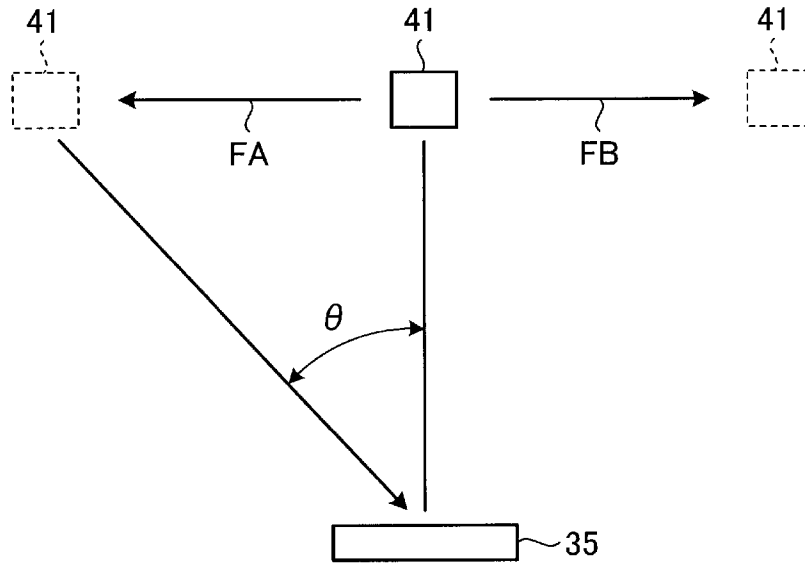
[圖17]



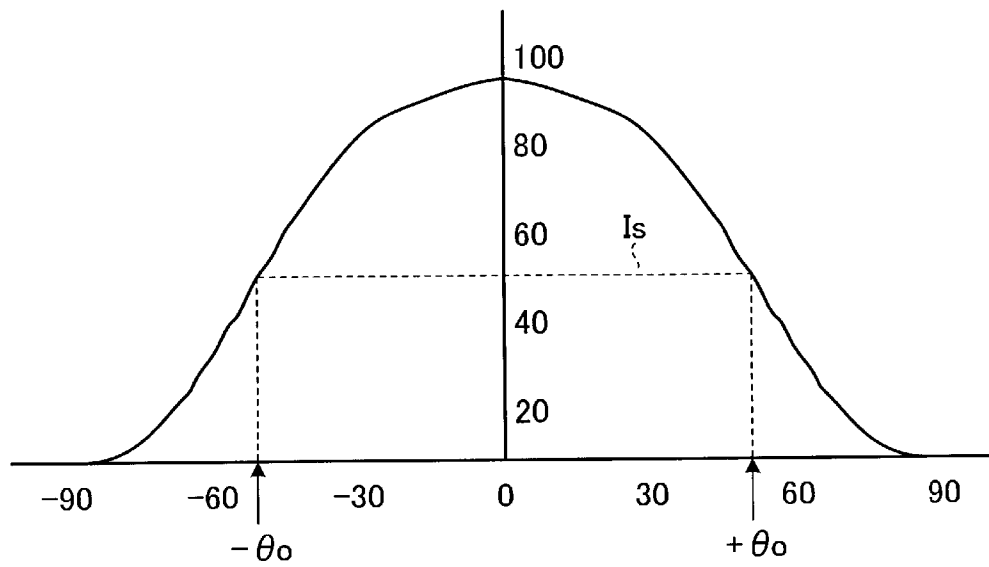
[圖18]



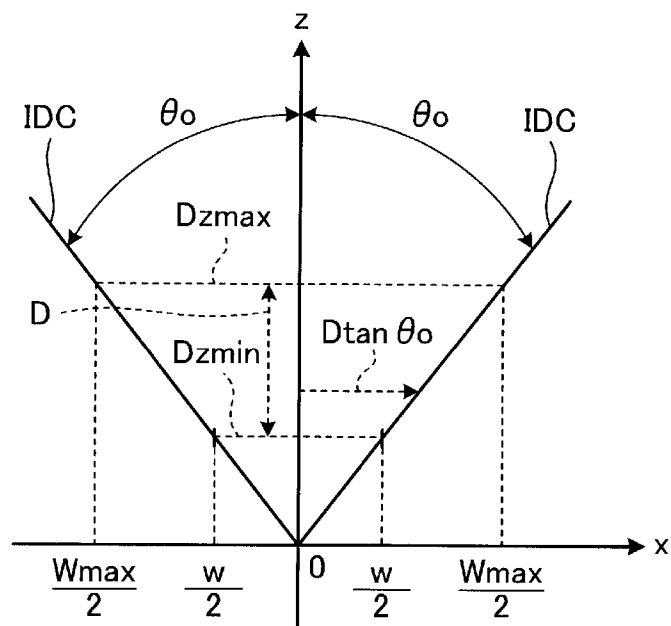
[図19]



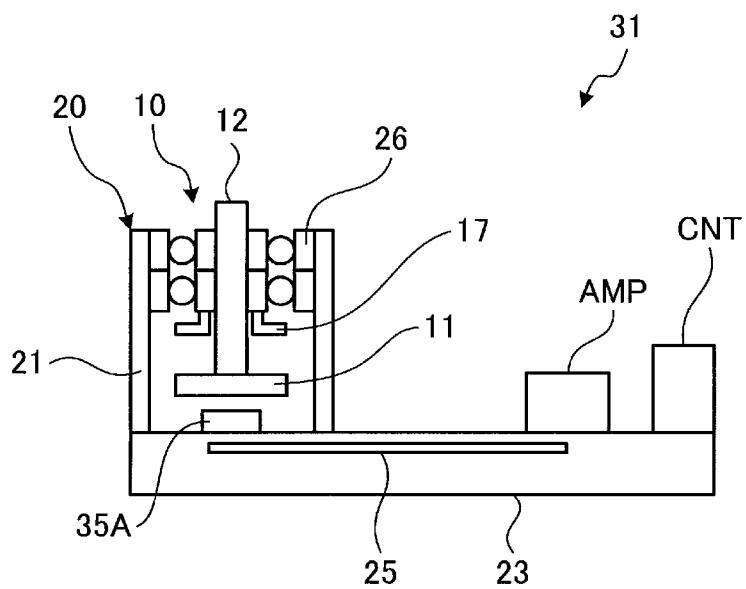
[図20]



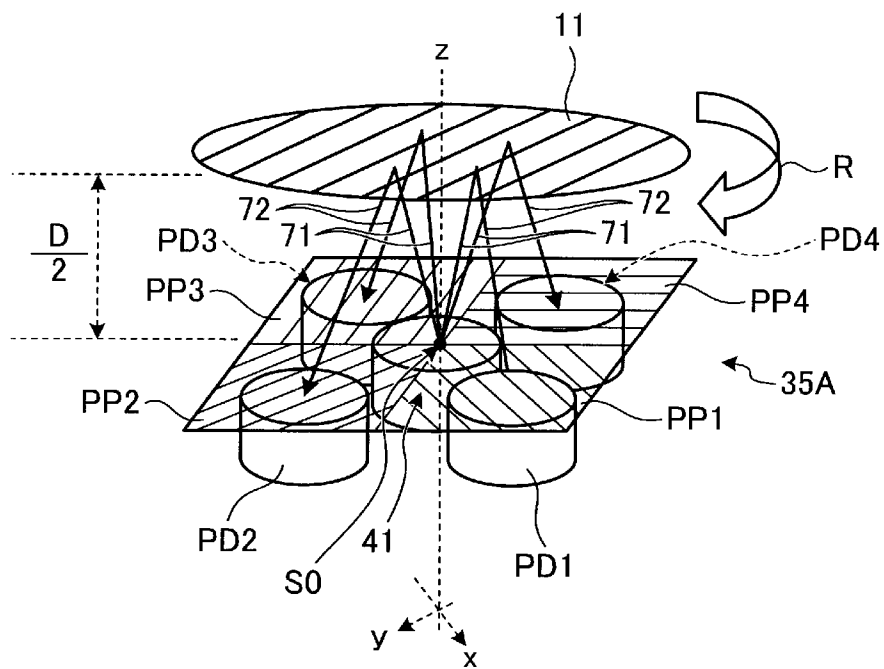
[図21]



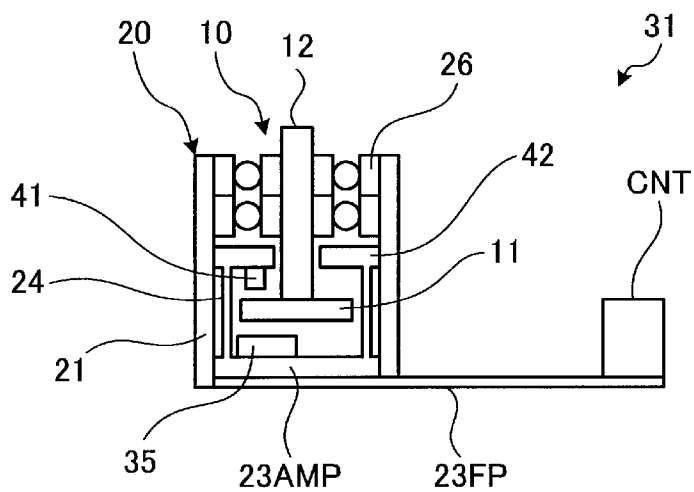
[図22]



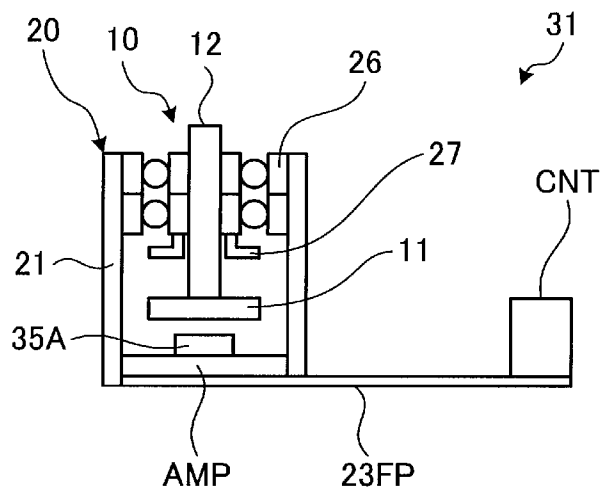
[図23]



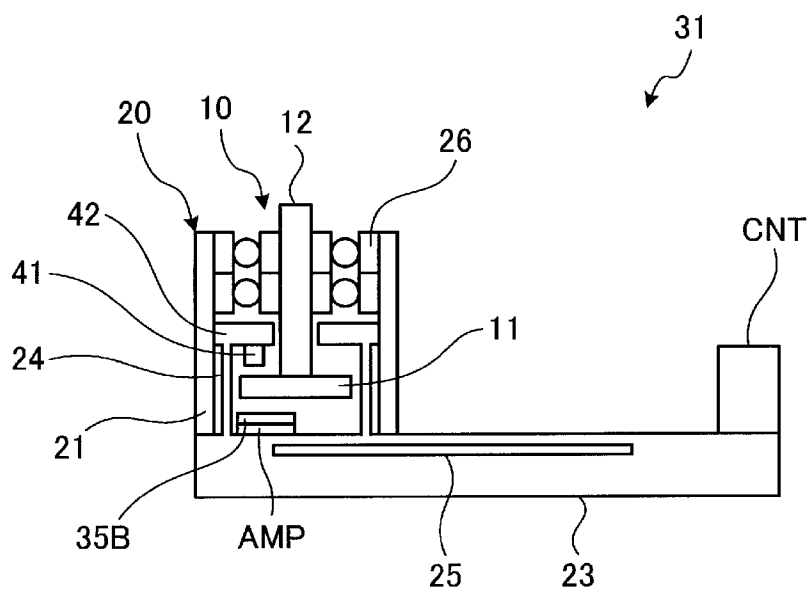
[図24]



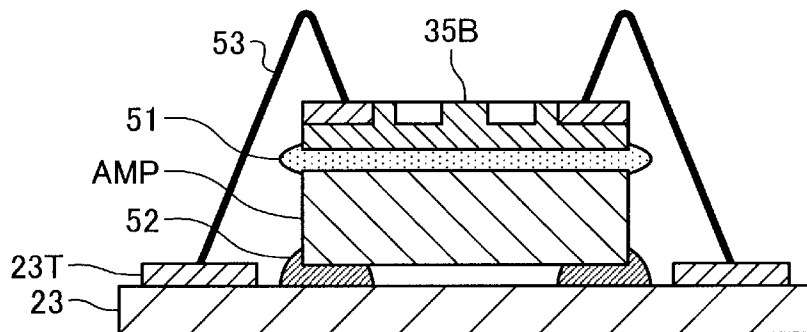
[図25]



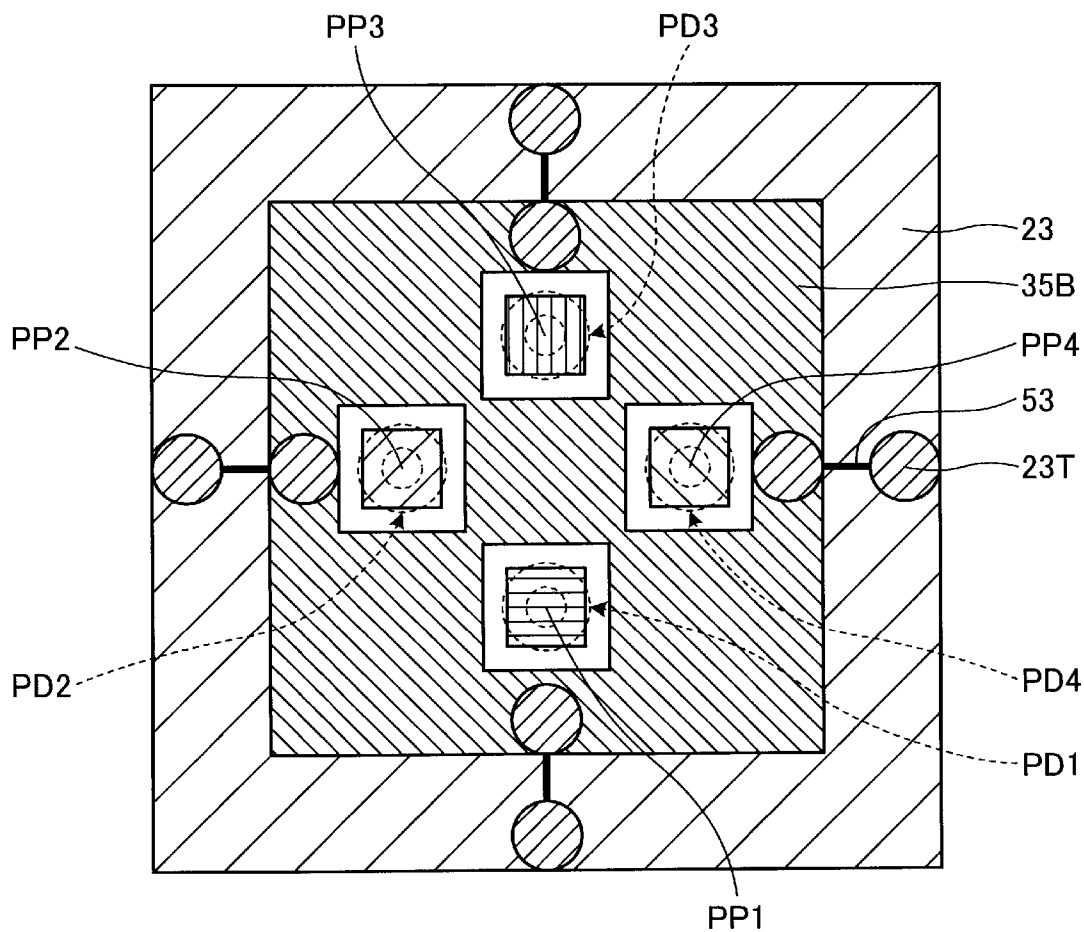
[図26]



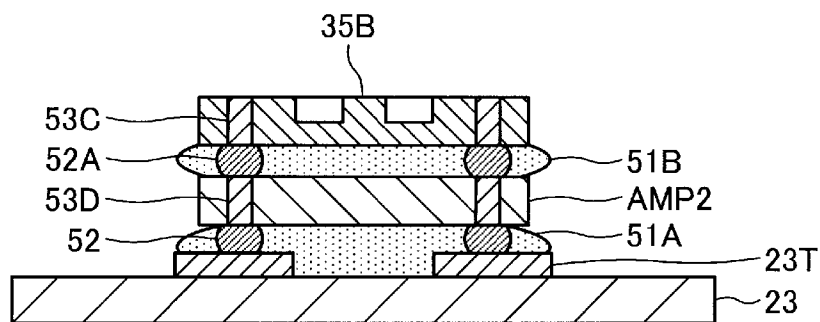
[図27]



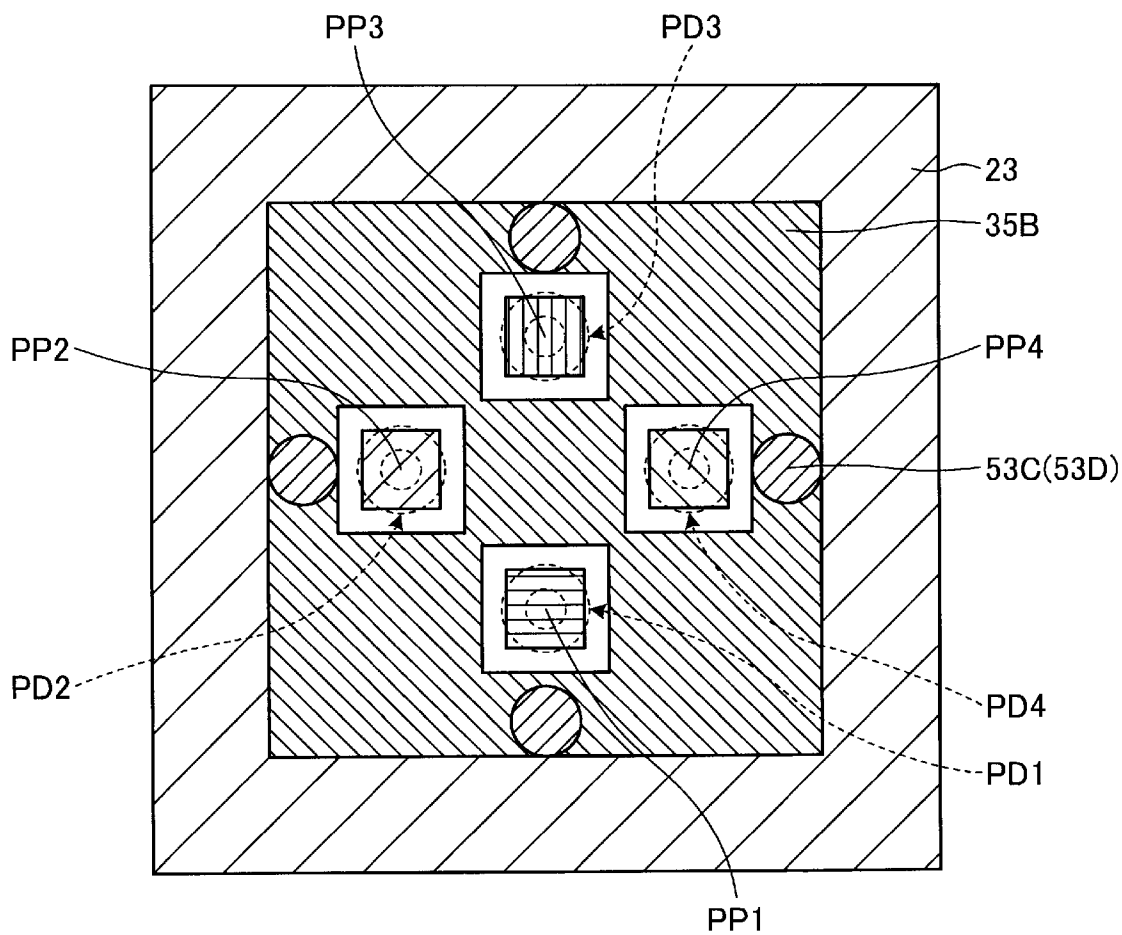
[図28]



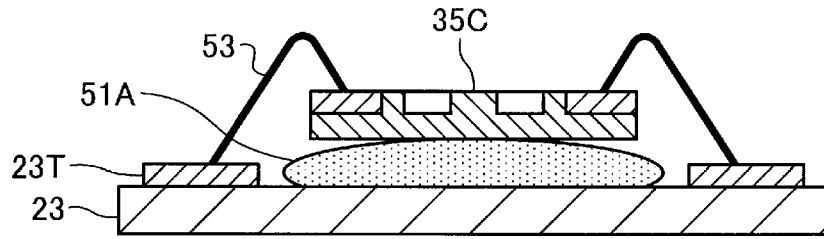
[図31]



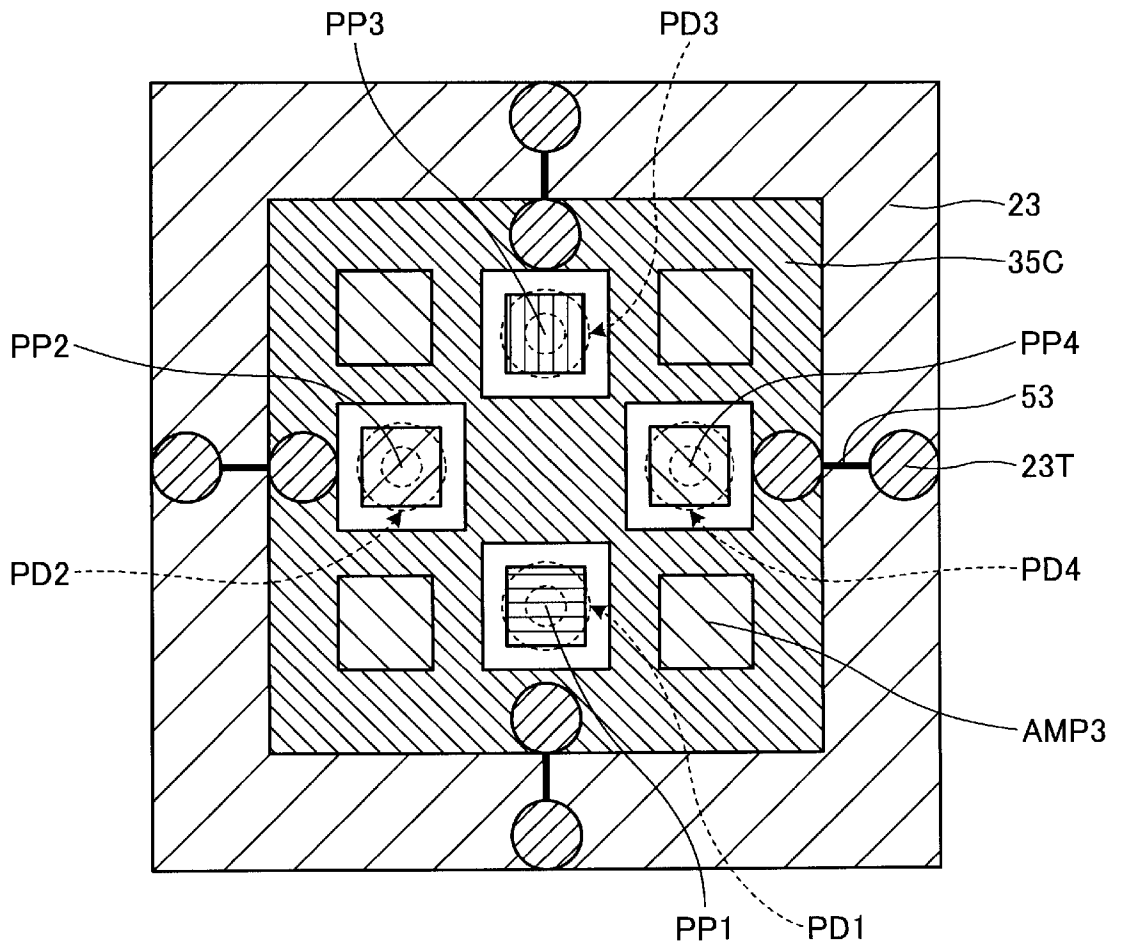
[図32]



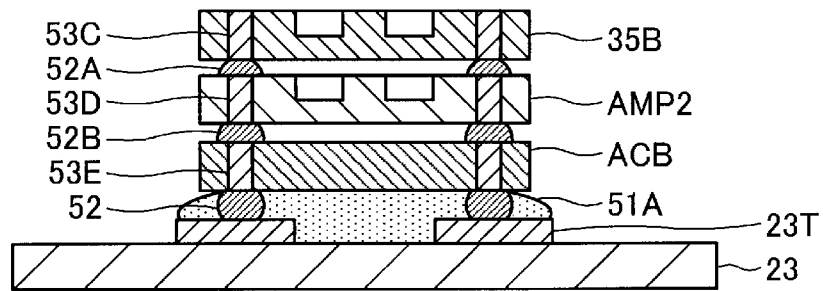
[図33]



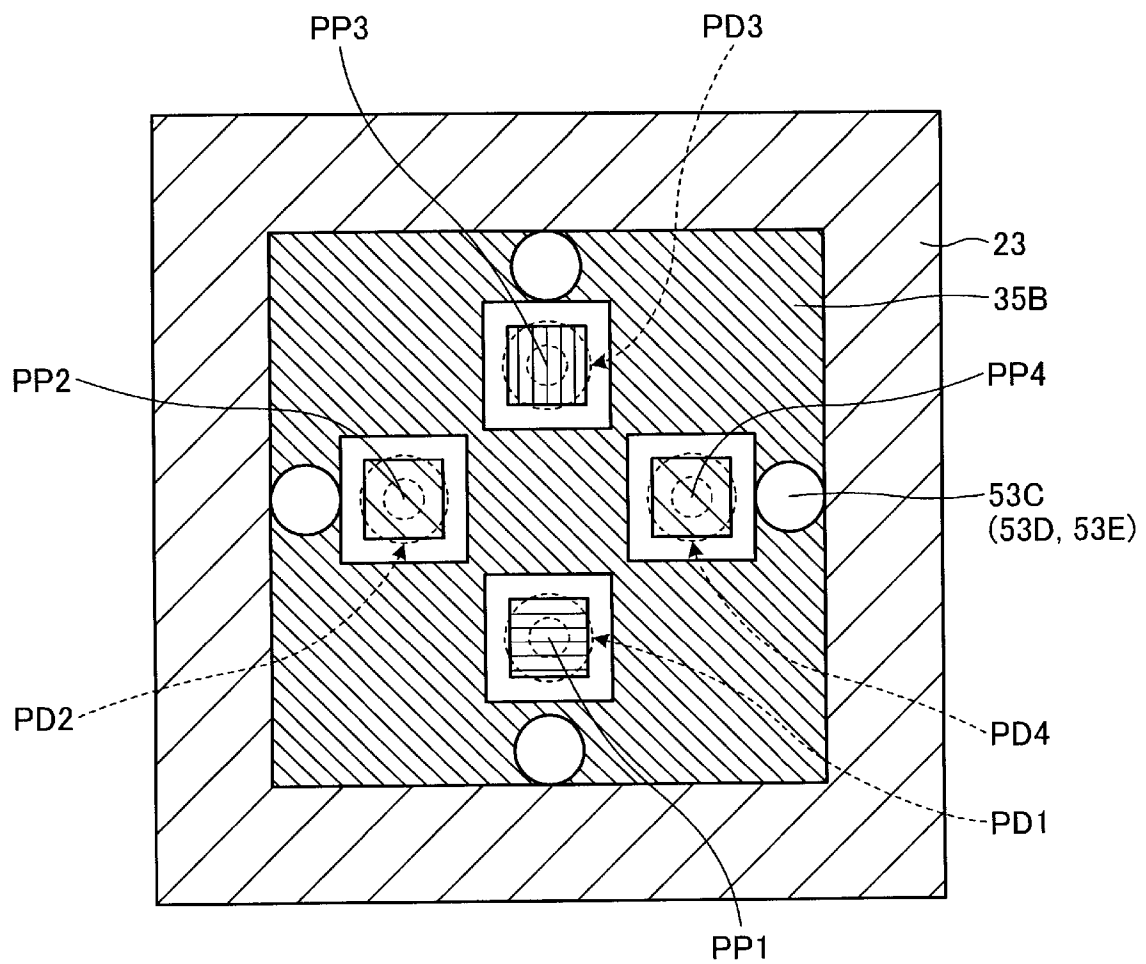
[図34]



[図35]



[図36]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/079131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01D5/347(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)
G01D5/26-5/38, G01B11/00-11/30, G01B9/00-9/10

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
A	JP 6-174494 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 24 June 1994 (24.06.1994), paragraphs [0006] to [0025]; fig. 1, 8 to 16 (Family: none)	1-10
A	WO 2013/065737 A1 (NSK Ltd.), 10 May 2013 (10.05.2013), paragraphs [0308] to [0316]; fig. 87 to 92 & US 2014/306099 A1 & US 2014/311258 A1 & EP 2775271 A1 & EP 2775269 A1 & EP 2775270 A1 & CN 104024804 A & CN 103906997 A & CN 104024803 A	1-10

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

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 20 January 2015 (20.01.15)	Date of mailing of the international search report 27 January 2015 (27.01.15)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/079131

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 2012-168167 A (Mitsutoyo Corp.), 06 September 2012 (06.09.2012), paragraphs [0015] to [0045]; fig. 1 to 10 & US 2012/193523 A1 paragraphs [0035] to [0060]; fig. 1 to 10 & EP 2482040 A2 & CN 102620762 A	1-10
A	JP 2009-238792 A (NEC Corp.), 15 October 2009 (15.10.2009), paragraphs [0064] to [0097]; fig. 5 (Family: none)	1-10
A	JP 61-225626 A (Mitsubishi Electric Corp.), 07 October 1986 (07.10.1986), page 2, upper right column, line 9 to lower left column, line 19 (Family: none)	1-10
A	JP 2009-86609 A (Zero Labo Kabushiki Kaisha), 23 April 2009 (23.04.2009), paragraphs [0005] to [0006]; fig. 5 (Family: none)	1-10
A	JP 2008-243869 A (TDK Corp.), 09 October 2008 (09.10.2008), paragraphs [0004], [0014] to [0015]; fig. 2 & US 2008/237455 A1 paragraphs [0006], [0041] to [0042]; fig. 2	1-10
A	JP 2000-22196 A (Canare Electric Co., Ltd.), 21 January 2000 (21.01.2000), paragraphs [0032] to [0036]; fig. 7 to 11 & US 2001/42861 A1 paragraphs [0068] to [0072]; fig. 7 to 11 & EP 954034 A2	1-10
A	JP 2002-208725 A (Mitsutoyo Corp.), 26 July 2002 (26.07.2002), paragraphs [0015] to [0039]; fig. 1 to 24 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G01D5/347(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. G01D5/26-5/38, G01B11/00-11/30, G01B9/00-9/10		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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
A	JP 6-174494 A（沖電気工業株式会社）1994.06.24, 段落【0006】-【0025】, 図1, 図8-16 （ファミリーなし）	1-10
A	WO 2013/065737 A1（日本精工株式会社）2013.05.10, 段落[0308]-[0316], 図87-92 & US 2014/306099 A1 & US 2014/311258 A1 & EP 2775271 A1 & EP 2775269 A1 & EP 2775270 A1 & CN 104024804 A & CN 103906997 A & CN 104024803 A	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「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 20.01.2015	国際調査報告の発送日 27.01.2015	
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） 吉田 久 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	2 F 3902

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 2012-168167 A (株式会社ミットヨ) 2012. 09. 06, 段落【0015】－【0045】, 図1－10 & US 2012/193523 A1, [0035]-[0060], FIG1-10 & EP 2482040 A2 & CN 102620762 A	1-10
A	JP 2009-238792 A (日本電気株式会社) 2009. 10. 15, 段落【0064】－【0097】, 図5 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 61-225626 A (三菱電機株式会社) 1986. 10. 07, 第2 ページ右上欄第9行-同ページ左下欄第19行 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2009-86609 A (ゼロラボ株式会社) 2009. 04. 23, 段落【0005】－【0006】, 図5 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2008-243869 A (TDK株式会社) 2008. 10. 09, 段落【0004】, 【0014】－【0015】, 図2 & US 2008/237455 A1, [0006], [0041]-[0042], FIG. 2	1-10
A	JP 2000-22196 A (カナレ電気株式会社) 2000. 01. 21, 段落【0032】－【0036】, 図7－11 & US 2001/42861 A1, [0068]-[0072], FIG. 7-11 & EP 954034 A2	1-10
A	JP 2002-208725 A (株式会社ミットヨ) 2002. 07. 26, 段落【0015】－【0039】, 図1－24 (ファミリーなし)	1-10