(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
2014 年 3 月 6 日(06.03.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/034655 A1

(51) 国際特許分類:
G01M 11/00 (2006.01) *G02B 6/34* (2006.01)
G02B 6/122 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/072854

(22) 国際出願日: 2013 年 8 月 27 日(27.08.2013)

(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 2012-191648 2012 年 8 月 31 日(31.08.2012) JP

(71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 清水 隆徳 (SHIMIZU Takanori); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (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).

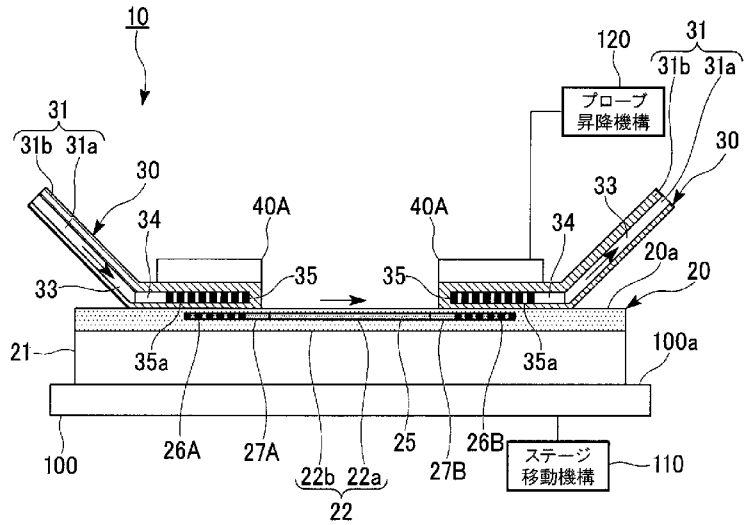
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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 PROBE, INSPECTION DEVICE, AND INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称 : 光プローブ、検査装置、検査方法



110 Stage moving mechanism
120 Probe lifting mechanism

(57) **Abstract**: Provided is an optical probe that includes an optical waveguide having a core layer and a cladding layer formed so as to cover the core layer, and a support member that supports an end portion of the optical waveguide. In the core layer, an optical waveguide core and a diffraction grating are provided. The diffraction grating is provided at an end of the optical waveguide core, has an input/output surface through which light is output to the outside or input from the outside, and converts the optical axis direction in a range between a light propagation direction in which light is propagated through the optical waveguide core and the input/output direction of light to/from the input/output surface. The support member supports the diffraction grating in such a manner that the input/output surface faces toward a predetermined direction.

(57) 要約: コア層と該コア層を覆うよう形成されたクラッド層とを有した光導波路と、 前記光導波路の先端部を支持する支持部材と、を有する光プローブ。前記コア層に、光導波路コアと、その端部に設けられ、外部に光を出力または外部から光を入力する入出力面を有し、前記光導波路コアで伝搬される光の伝搬方向と前記入出力面からの光の入出力方向との間で光軸方向を変換する回折格子とが設けられ、前記支持部材は、前記入出力面が予め定めた方向を向くよう前記回折格子を支持する。

WO 2014/034655 A1

明　細　書

発明の名称 ： 光プローブ、検査装置、検査方法

技術分野

[0001] 本発明は、ウエハに形成された光回路の光特性を検査するのに用いる、光プローブ、検査装置、検査方法に関する。

背景技術

[0002] 平面光回路（Ｐｌａｎｅｒ　Ｌｉｇｈｔｗａｖｅ　Ｃｉｒｃｕｉｔ、ＰＬＣ）の光学評価は、平面光回路の光導波路に、光ファイバを接続し、この光ファイバを介して外部から光導波路に光を入射することで行う。このとき、光導波路の屈折率を光ファイバの屈折率に合わせ、光導波路の端面と光ファイバの平坦な端面とを直接接続するようにしていた。その際、接続面の荒れなどによって光導波路の端面と光ファイバの端面との間に隙間が発生するが、両端面間にマッチングオイルを介在させることで、光導波路と光ファイバとの境界部分から光が散乱するのを防いでいる。

[0003] ところで、特許文献１に記載のように、シリコンフォトニクスの発展により、ＰＬＣにおいては、シリコンをコア、二酸化シリコンをクラッドとしたシリコン細線導波路が用いられるようになっている。シリコン細線導波路においては、最小曲げ半径を小さくできることから、１つのシリコンウエハに光導波路を有した光集積回路のチップを多数配置することが可能になっている。

[0004] しかし、従来のＰＬＣの光学評価では、光導波路の端面をダイシングなどでチップ化し、個々の測定部位ごとに光導波路の当該端面に光ファイバの端面を押し当てて測定する必要がある。

ここで、シリコン細線導波路は、光ファイバに対して、導波路幅が１／１０程度であるため、光ファイバとシリコン細線導波路との間には、大きな屈折率差が存在する。このため、光ファイバとシリコン細線導波路との間で、光学的に確実な結合を実現するため、光ファイバの先端をレンズ形状にした

先球ファイバを用いることも行われている。

この場合、光ファイバとシリコン細線導波路とを、高い調芯精度で位置合わせする必要があり、これに手間が掛かる。

[0005] そこで、特許文献１、非特許文献１には、シリコンウエハの面内に回折格子を形成し、この回折格子に光ファイバによって光を入出射することによって、光回路の光学評価を行う構成が開示されている。より具体的には、光ファイバを、シリコンウエハの表面に直交する方向に対して１０°程度傾けて回折格子に対向させ、光ファイバの先端から回折格子に光を入出射させている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１１－１０７３８４号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：Ｌ．Ｚｉｍｍｅｒｍａｎｎ ｅｔ ａｌ．、ＩＥＥＥ ＬＥＯＳ ＮＥＷＳＬＥＴＴＥＲ、２００８年１２月号、４－１４頁

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、特許文献１に記載の構成では、光ファイバとシリコンウエハとを、シリコンウエハの表面に沿ったＸＹ方向における相対位置、およびシリコンウエハの表面に直交するＺ方向における相対位置、Ｚ方向に対する光ファイバの傾斜角度について、高精度に調整する必要がある。

シリコンウエハ上には、高密度で形成された光集積回路が多数配置されているため、これらの検査を効率良くかつ確実に行うには、改善の余地がある。

本発明の目的は、シリコンウエハ上に高密度に形成された光回路の検査を、効率良くかつ確実に行うことのできる光プローブ、検査装置、検査方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 従って本発明は、検査対象物に形成された光回路の光学特性を検査する光プローブであって、コア層と該コア層を覆うよう形成されたクラッド層とを有した光導波路と、前記光導波路の先端部を支持する支持部材と、を有し、前記光導波路の前記コア層に、光を伝搬する光導波路コアと、前記光導波路コアの端部に設けられ、外部に光を出力または外部から光を入力する入出力面を有し、前記光導波路コアで伝搬される光の伝搬方向と前記入出力面からの光の入出力方向との間で光軸方向を変換する回折格子とが設けられ、前記支持部材は、前記入出力面が予め定めた方向を向くよう前記回折格子を支持することを特徴とする光プローブを提供する。

[0010] 本発明はまた、上記したような光プローブと、前記回折格子の入出力面と平行に形成され、前記検査対象物を支持する支持面を有したステージと、前記ステージと前記光プローブとを、前記支持面に沿った面内で相対移動可能とする移動機構と、前記光プローブを、前記支持面に接近・離間する方向に進退させる進退機構と、を備える検査装置も提供する。

[0011] 本発明はまた、光回路の入力端および出力端にそれぞれ光回路側回折格子が設けられた検査対象物を、上記したような光プローブを用いて検査する検査方法であって、前記検査対象物の表面において、少なくとも前記光回路の入力端の前記光回路側回折格子に対向する位置に、前記光プローブの前記回折格子を押し付ける工程と、前記光プローブの光導波路から前記回折格子を通して前記光回路側回折格子に光を入力する工程と、前記光回路を伝搬し、前記出力端の前記光回路側回折格子から出力された光に基づき、前記光回路の光学特性を評価する工程と、を備える検査方法も提供する。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、光プローブの回折格子を、検査対象物の光回路に設けられた光回路側回折格子に押し付けることで、光回路の光学特性を評価することができる。これにより、光プローブの傾斜角度調整等が不要となり、シリコンウエハ上に高密度に形成された光回路の検査を、効率良くかつ確実に行

うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の第１の実施形態に係る検査装置の構成を示す断面図である。

[図2]プローブを測定ウエハに接近させる状態を示す断面図である。

[図3]第１の実施形態の変形例を示す断面図である。

[図4]本発明の第２の実施形態におけるプローブの構成を示す斜視展開図である。

[図5]第２の実施形態におけるプローブの変形例を示す斜視展開図である。

[図6]第２の実施形態におけるプローブの他の変形例を示す斜視展開図である。

[図7]第２の実施形態におけるプローブのさらに他の変形例を示す斜視展開図である。

[図8]第２の実施形態におけるプローブのさらに他の変形例を示す斜視展開図である。

[図9A]本発明の第３の実施形態におけるプローブの構成を示す斜視図である。

[図9B]図９ＡのＸ－Ｘ断面図である。

[図10A]第３の実施形態におけるプローブの変形例の構成を示す斜視図である。

[図10B]図１０ＡのＹ－Ｙ断面図である。

[図11]本発明の第４の実施形態における、測定ウエハ上に形成された参照用光導波路を示す図である。

[図12]参照用光導波路を用いた場合における、導波路長さと損失の違い、および結合損の関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、添付図面を参照して、本発明による光プローブ、検査装置、検査方法を実施するための最良の形態を説明する。しかし、本発明はこれらの実施形態例のみに限定されるものではない。

[0015] （第１の実施形態）

図１は、測定ウエハ（検査対象物）２０を検査するための検査装置１０の概略構成を示す図である。

検査装置１０においては、測定ウエハ２０の表面に光プローブ３０を押し当てることによって、測定ウエハ２０の光導波路（光回路）２２を検査する。

[0016] 検査対象となる測定ウエハ２０は、シリコン等からなるウエハ基板２１と、ウエハ基板２１上に形成された多数の光集積回路（チップ）のそれぞれに形成された１以上の光導波路２２と、を有する。また測定ウエハ２０は通常は円形であるが、小片化してもよい。

[0017] ウエハ基板２１は、ＳＯＩ（Ｓｉｌｉｃｏｎ　ｏｎ　Ｉｎｓｕｌａｔｏｒ）基板によって形成してもよい。

[0018] 光導波路２２は、例えばシリコンからなるコア層２２ａと、コア層２２ａを覆うように形成された、例えば二酸化シリコンからなるクラッド層２２ｂと、を有する。

コア層２２ａには、線状に連続する光導波路コア２５と、その両端部にそれぞれ設けられた回折格子（光回路側回折格子）２６Ａ，２６Ｂと、テーパ導波路コア２７Ａ，２７Ｂと、が形成されている。

[0019] 回折格子２６Ａ，２６Ｂは、例えば平面視矩形状で、光導波路コア２５の両端部（入力端、出力端）に設けられている。この回折格子２６Ａ，２６Ｂは、光導波路コア２５の幅方向における結合許容度を高めるため、光導波路コア２５の幅方向において、光導波路コア２５の幅よりも大きな幅を有している。

この回折格子２６Ａ，２６Ｂは、光導波路コア２５，テーパ導波路コア２７Ａ，２７Ｂによって、測定ウエハ２０の表面２０ａと平行な方向に伝搬されてきた光を回折することによって、その光軸方向をウエハ基板２１の上方を向く方向に変換して、表面２０ａから出射させる。同様に、外部から入射された光の光軸方向を回折により変換し、回折格子に接続されるテーパ導波

路コア，光導波路コアが連続する方向に光を向かわせる。

[0020] テーパ導波路コア２７Ａ，２７Ｂは、光導波路コア２５と回折格子２６Ａ，２６Ｂとの間に設けられ、光導波路コア２５から回折格子２６Ａ，２６Ｂに向けてそのコア幅がテーパ状に漸次拡大するよう形成されている。

[0021] このような測定ウエハ２０は、ステージ１００の支持面１００ａ上に載置されている。

ステージ１００は、ステージ移動機構（移動機構）１１０によって、測定ウエハ２０の表面２０ａに沿った平面内で、互いに直交する二方向（Ｘ方向、Ｙ方向）に移動可能とされている。これにより、測定ウエハ２０の位置を、Ｘ方向、Ｙ方向に移動できるようになっている。

[0022] 測定ウエハ２０の光導波路２２を検査するには、測定ウエハ２０の表面２０ａにおいて、光導波路２２の両端部に設けられた回折格子２６Ａ、２６Ｂに対向した位置に、それぞれ、光プローブ３０を押し当てる。

光プローブ３０は、光導波路３１と、光導波路３１を支持する支持部材４０Ａと、を備える。

[0023] 光導波路３１は、コア層３１ａと、コア層３１ａを覆うよう設けられたクラッド層３１ｂと、を有する。ここで、コア層３１ａとクラッド層３１ｂは、屈折率が互いに異なるポリマー材料（クラッド層３１ｂの屈折率＜コア層３１ａの屈折率）等を用いて形成するのが好ましい。

[0024] コア層３１ａは、光導波路コア３３と、テーパ導波路コア３４と、回折格子３５とを備えている。

[0025] テーパ導波路コア３４は、光導波路コア３３と回折格子３５との間に設けられ、光導波路コア３３から回折格子３５に向けてそのコア幅がテーパ状に漸次拡大するよう形成されている。

[0026] 回折格子３５は、例えば平面視矩形状で、光導波路コア３３の先端部にテーパ導波路コア３４を介して設けられている。この回折格子３５は、光導波路コア３３の幅方向における結合許容度を高めるため、光導波路コア３３の幅方向において、光導波路コア３３の幅よりも大きな幅寸法を有している。

回折格子３５は、その入出力面３５ａにおいて外部から入射された光、または外部に出射する光の光軸方向と、テーパ導波路コア３４，光導波路コア３３が連続する方向の光軸方向とを、回折により変換する。

[0027] ここで、光プローブ３０の回折格子３５と、測定ウエハ２０の回折格子２６Ａ，２６Ｂは、対向する回折格子３５と回折格子２６Ａ，２６Ｂと間での回折光のビーム径が異なると結合許容度が下がってしまう。このため、回折格子３５、さらには回折格子２６Ａ、２６Ｂに集光機能を持たせると、回折光のビーム径を調整することができ結合許容度を高めることができる。

[0028] また、回折格子２６Ａ，２６Ｂ，３５の形状は、時間領域差分法（Ｆｉｎｉｔｅ Ｄｉｆｆｅｒｅｎｃｅ Ｔｉｍｅ Ｄｏｍａｉｎ、ＦＤＴＤ）等によって決定できる。時間領域差分法は、光が回折格子２６Ａ，２６Ｂ，３５を通ることによって光の経路長が変わり、これによって生じる、光が到達するまでの時間差に基づいて、回折格子２６Ａ，２６Ｂ，３５の形状を決定する公知の手法である。

また、回折格子２６Ａ，２６Ｂ，３５のピッチを調整することによって、反射の影響を抑えるために回折光の光軸を傾けて（例えば１０度程度）、コア層２２ａ，３１ａを伝搬してきた光の回折効率を高めることが可能である。

ここで、回折格子２６，３５に集光機能を持たせるには、非特許文献２に示されるように、屈折率を変化させるための直線状の凹凸構造を曲線状の凹凸構造に変えることにより可能となる。

非特許文献２ Ｔ．Ｓｕｈａｒａ ｅｔ ａｌ．、ＩＥＥＥ Ｊｏｕｎａｌ ｏｆ Ｑｕａｎｔｕｍ Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ、第ＱＥ２２巻、第６号、８４５－８６７頁。１９８６年６月 （図２３）

[0029] 支持部材４０Ａは、光プローブ３０において、光導波路３１の回折格子３５およびテーパ導波路コア３４の上面側に設けられている。この支持部材４０Ａは、プレート状で、光導波路３１の回折格子３５の入出力面３５ａがステージ１００上の測定ウエハ２０に対向するように、光導波路３１を保持す

る。

支持部材４０Ａは、検査装置１０に備えられたアクチュエータ等からなるプローブ昇降機構（進退機構）１２０によって、ステージ１００上にセットされた測定ウエハ２０に対し、その表面２０ａに直交する方向（Ｚ方向）に接近・離間可能とされている。これにより、光プローブ３０の先端部を測定ウエハ２０の表面２０ａに押し当て、支持部材４０Ａに支持された光導波路３１の回折格子３５の入出力面３５ａを、回折格子２６Ａ，２６Ｂに対向させることができるようになっている。

[0030] 上記したような構成の検査装置１０において測定ウエハ２０の検査を行うに際しては、ステージ１００上に測定ウエハ２０をセットし、バキューム吸着等の適宜手段により、ステージ１００に測定ウエハ２０を固定する。

[0031] そして、図２に示すように、ステージ１００をステージ移動機構１１０（図１参照）によって移動させることで、測定ウエハ２０の光導波路２２の両端部に設けられた回折格子２６Ａ，２６Ｂを、個々の光プローブ３０の回折格子３５に対向した位置に移動させる。

[0032] 次いで、各光プローブ３０の支持部材４０Ａを、測定ウエハ２０の表面２０ａに接近する方向に移動させる。

そして、図１に示したように、各光プローブ３０の先端部を、測定ウエハ２０の表面２０ａにおいて、回折格子２６Ａ，２６Ｂに対向した位置に突き当てる。

[0033] そして、外部の発光素子等の光源（図示無し）から、一方の光プローブ３０（例えば、回折格子２６Ａに対向した光プローブ３０）の光導波路コア３３を介して光を測定ウエハ２０に入射させる。光導波路コア３３を伝搬してきた光は、回折格子３５によってその光軸が変換され、この回折格子３５に対向した測定ウエハ２０の方向に出力される。

[0034] 出力された光は、測定ウエハ２０の光導波路２２の一端側の回折格子２６Ａに達し、光軸方向が変換されて、テーパ導波路コア２７Ａを経て、光導波路コア２５に伝搬される。

光導波路コア２５によって伝搬される光は、さらに、テーパ導波路コア２７Ｂを経て、回折格子２６Ｂでその光軸方向が再び変換され、この回折格子２６Ｂに対向した他方の光プローブ３０に向けて出力される。

[0035] 測定ウエハ２０の光導波路２２の他端側の回折格子２６Ｂから出力された光は、光プローブ３０の回折格子３５に到達し、その光軸方向が変換されて、テーパ導波路コア３４を経て光導波路コア３３に伝搬される。そして、光導波路コア３３によって伝搬され、検査装置１０に備えられた評価部において、損失等、所定のパラメータの値が評価される。

これにより、測定ウエハ２０に形成された光導波路２２の検査が完了する。

なお、測定ウエハ２０には、複数の光導波路２２が形成されているため、個々の光導波路２２に対し、上記の、ステージ１００の移動、光プローブ３０の測定ウエハ２０への突き当て、光導波路２２の評価、といった動作を順次繰り返す。

また、光導波路２２には分岐路が構成される場合もあり、そのときは光導波路２２に対する光の入出力部が３つ以上になる。このような場合、光プローブ３０を３つ以上用意してそれぞれの入出力部に押し付け、同時に検査を行うようにしてもよい。

[0036] 上述したような構成によれば、光プローブ３０に、測定ウエハ２０の光導波路２２の端部に設けられた回折格子２６Ａ，２６Ｂに対向して光学的に結合される回折格子３５を備えるようにした。これにより、光プローブ３０の回折格子３５を測定ウエハ２０の回折格子２６Ａ，２６Ｂに押し当てるのみで、光導波路２２の検査を行うことができる。

このとき、光プローブ３０は、測定ウエハ２０の表面２０ａに対する傾斜角度の調整が不要であるため、光導波路２２の検査を、容易かつ確実に行うことができる。

[0037] また、回折格子２６Ａ，２６Ｂ，３５に、集光機能を有したものを用いることにより、光プローブ３０と測定ウエハ２０の間で回折光のビーム径を調

整することができ、結合許容度を高めることができる。

また、光プローブ３０と測定ウエハ２０の表面２０ａとのＺ方向におけるトレランスが拡大するため、実質的に、光プローブ３０と測定ウエハ２０のＸ方向、およびＹ方向の位置合わせのみを高精度に行いさえすれば良い。これによっても、光導波路２２の検査を、容易かつ確実に行うことができる。

[0038] なお、上記第１の実施形態において、光導波路２２の両端部に設けられた回折格子２６Ａ，２６Ｂにそれぞれ光プローブ３０を押し当てて検査を行うようにしたが、図３に示すように、その一方は、測定ウエハ２０に作り込まれた受光素子５０に代えることもできる。

この場合、光導波路２２の一方の端部（入力端）の回折格子２６Ａに光プローブ３０を押し当て、上記実施形態で示したように、光プローブ３０から光導波路２２に検査光を入力する。

そして、光導波路２２の他方の端部（出力端）の受光素子５０で受光する。受光素子５０では、受光した光がその強度等に応じた電気信号に変換され、その電気信号を電気プローバ７０で受けて、検査装置１０の評価部に出力する。

このような構成においても、上記と同様の作用効果を得ることができる。

[0039] また、上記第１の実施形態では、測定ウエハ２０をステージ１００上にセットし、ステージ１００を測定ウエハ２０の表面２０ａに沿った平面内で二方向（Ｘ方向、Ｙ方向）に移動させ、光プローブ３０を表面２０ａに直交するＺ方向に移動させるようにしたが、測定ウエハ２０は固定したままとし、光プローブ３０側を、Ｚ方向に加え、Ｘ方向、Ｙ方向に移動させる構成とすることもできる。

さらに、光プローブ３０側を固定したままとし、ステージ１００がＸ方向、Ｙ方向、Ｚ方向の三方向に移動する構成とすることもできる。

さらに、光プローブ３０と測定ウエハ２０とのＸ方向、Ｙ方向の位置合わせを行うために、測定ウエハ２０上、あるいは光導波路２２上に、画像認識可能なアライメントマークを形成し、このアライメントマークを画像認識す

ることによって、高精度な位置合わせを自動的に行うようにしても良い。

[0040] （第２の実施形態）

次に、本発明の第２の実施形態について説明する。以下に説明する第２の実施形態において、上記第１の実施形態と共通する構成については、図中に同符号を付してその説明を省略し、上記第１の実施形態との差異を中心に説明を行う。

本実施形態における検査装置１０は、光プローブ３０の支持部材４０Ｂに、光導波路３１として、光導波路コア３３と、テーパ導波路コア３４と、回折格子３５とを複数組、並設して備えるようにした他は、上記第１の実施形態と同様である。

図４に示すように、支持部材４０Ｂは、一方向に沿って帯状に形成され、この支持部材４０Ｂの長手方向に沿って、複数の回折格子３５およびテーパ導波路コア３４が設けられ、各テーパ導波路コア３４には、線状の光導波路コア３３が、互いに平行に延びるよう設けられている。

[0041] このような構成によれば、測定ウエハ２０において、複数の光導波路２２に対し、複数組の回折格子３５を同時に対向させ、それぞれの光導波路２２の評価を同時に行うことが可能となる。これにより、検査効率が高まり、上記第１の実施形態で示した作用効果が、より顕著なものとなる。

[0042] （第２の実施形態の変形例）

上述のような、複数組の光導波路コア３３、テーパ導波路コア３４、回折格子３５を備えた光導波路３１を支持する支持部材４０Ｂは、適宜他の形状とすることができる。

例えば、図５に示すように、矩形の枠状の支持部材４０Ｃを設け、測定ウエハ２０において、１ショット分の露光エリアＡ内に位置する全ての光導波路２２を同時に検査できるよう、露光エリアＡの外周部に沿って所定数の回折格子３５を配置し、それぞれの回折格子３５から支持部材４０Ｃの外周側にテーパ導波路コア３４、光導波路コア３３を導出させるようにしても良い。

[0043] これ以外にも、図６に示すように、１ショット分の露光エリアＡを覆うよう、支持部材４０Ｄを例えば露光エリアＡの形状に対応する矩形状とすることもできる。

また、図７に示すように、円形の測定ウエハ２０の外周部形状Ｂに沿って、支持部材４０Ｅを環状とするとともに、所定数の回折格子３５を環状に配置することもできる。

図８に示すように、円形の測定ウエハ２０を覆うように、支持部材４０Ｆを円形としても良い。

[0044] （第３の実施形態）

次に、本発明の第３の実施形態について説明する。以下に説明する第３の実施形態において、上記第１、第２の実施形態と共通する構成については、図中に同符号を付してその説明を省略し、上記第１の実施形態との差異を中心に説明を行う。

本実施形態の検査装置１０においては、図９Ａ、９Ｂに示すように、光プローブ３０において、光導波路３１の近傍に電気信号の伝送線路５１が設けられた構成を有している。

伝送線路５１は、光プローブ３０のクラッド層３１ｂの表面において、図１に示すような測定ウエハ２０の表面２０ａに対向する側に、導体５１ａと、その両側に配置された一対の導体５１ｂとが設けられることによって形成されている。伝送線路５１は、例えば、クラッド層３１ｂを挟んで導体５１ｂとは反対側に接地導体５１ｃが形成され、この接地導体５１ｃがクラッド層３１ｂを貫通するビア５１ｄを介して導体５１ｂに電気的に接続される、グランデッドコプレーナ線路の構成とすることができる。

[0045] ここで、伝送線路５１は、回折格子３５を挟んでその両側に設けられている。互いに隣接する伝送線路５１間には、スロット（空隙）５２が形成され、クラッド層３１ｂが露出している。回折格子３５は、スロット５２に対向する位置に配置され、このスロット５２を通して光の入力または出力が行えるようになっている。

[0046] また、図１０Ａ、１０Ｂに示すように、導体５１ａを、二本の光導波路コア３３の間に配置し、２本の導体５１ｂを、これら二本の光導波路コア３３の外側に配置するようにしても良い。この場合も、回折格子３５は、導体５１ａと、その両側の導体５１ｂとの間に形成されたスロット５２において、クラッド層３１ｂが露出した位置に設けられている。

[0047] このような構成によれば、光プローブ３０を図１に示すような測定ウエハ２０の表面２０ａに押し当てることによって、光導波路２２の光学的な評価が行えるのに加え、伝送線路５１で光導波路２２に設けられた素子や、その他の素子や電気回路について、電気的な評価（検査）を行うことができる。

このとき、光プローブ３０に、光導波路３１と、伝送線路５１とを並設することによって、光学的な結合に必要な構成部材と電気的な接続に必要な構成部材とが互いに干渉することもなく、小さなスペースで光学的な結合と電気的な接続とを両立することができる。

さらに、伝送線路５１をグランデッドコプレーナ線路とすることで、１０Ｇｂｉｔ／ｓ等の高速の電気信号を入力することができる。

[0048] なお、本実施形態では、伝送線路５１をグランデッドコプレーナ線路としたが、これに限らず、適宜マイクロストリップ線路や、他のタイプのコプレーナ線路等を形成してもよい。

[0049]（第４の実施形態）

次に、本発明の第４の実施形態について説明する。以下に説明する第４の実施形態において、上記第１の実施形態と共通する構成については、図中に同符号を付してその説明を省略し、上記第１の実施形態との差異を中心に説明を行う。

本実施形態においては、図１１に示すように、測定ウエハ２０に形成された各チップＣ（図ではそのうちの１つを例示）に、本来の検査対象である光導波路２２に並設して、光導波路２２とは線路長が異なる１以上の参照用光導波路６０Ａ，６０Ｂ，…を設けるようにした。

参照用光導波路６０Ａ，６０Ｂ，…は、光導波路２２と同様、それぞれ、

その両端部に、回折格子２６Ａ，２６Ｂ，テーパ導波路コア２７Ａ，２７Ｂを備え、光導波路２２と同じ光接続構造を有している。

[0050] このような構成を備えた測定ウエハ２０を検査するに際しては、光導波路２２だけではなく、参照用光導波路６０Ａ，６０Ｂ，…についても、光導波路２２と同様に、両端部の回折格子２６Ａ，２６Ｂに光プローブ３０の回折格子３５を押し当てて、光学的な評価を行うようにする。

[0051] 図１２は、このような参照用光導波路を用いた場合における、導波路長さによる損失の違い、および結合損の関係を示す図である。図１２に示すように、光学的な結合部が同じ光接続構造であり、長さが互いに異なる複数の光導波路におけるロス（挿入損）を測定すると、光導波路の導波路長さが０（ゼロ）のときの結合損が分かる。また、導波路長さと挿入損との関係は一次関数となり、その傾きが、一定長の導波路当たりの挿入損、すなわち伝搬損となる。

したがって、長さの異なる参照用光導波路６０Ａ，６０Ｂ，…における挿入損を予め測定することで、導波路長さが０（ゼロ）のときのロス（結合損）を求めることができる。

そして、光導波路２２の検査に際しては、得られた光導波路２２の挿入損から、予め求めた前記の結合損を差し引いて補正する（即ち、光導波路２２に対する評価結果の補正を行う）ことで、光導波路２２における伝搬損を求めることが可能となる。

[0052]（その他の実施形態）

なお、本発明の光プローブ、検査装置、検査方法は、図面を参照して説明した上述の各実施形態に限定されるものではなく、その技術的範囲において様々な変形例が考えられる。

例えば、上記第１～第４の実施形態では、回折格子２６Ａ，２６Ｂ，３５として集光機能を有したものを用いるのが好ましい、としたが、回折格子２６Ａ，２６Ｂ，３５として集光機能を有したものを用いず、これら回折格子２６Ａ，２６Ｂと回折格子３５との間に、集光機能を有した回折格子を配置

することによって、光の散乱を押さえるようにしても良い。

ただしその場合、構造および製造工程が複雑化し、さらに追設した集光機能を有する回折格子は測定ウエハまたはプローブの表面に位置することになって傷や汚れがつきやすく、歩留まりが悪くなる可能性がある。これに対し、上記各実施形態で示したごとく、回折格子２６Ａ，２６Ｂ，３５として集光機能を有したものを用いれば、このような問題の発生を回避できる

また、上記第１～第４の実施形態に記載の構成を適宜組み合わせることもできる。

これ以外にも、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施の形態で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更することが可能である。

[0053] この出願は、２０１２年８月３１日に出願された日本出願特願２０１２－１９１６４８号を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

産業上の利用可能性

[0054] 本発明によれば、光プローブの回折格子を、検査対象物の光回路に設けられた光回路側回折格子に押し付けることで、光回路の光学特性を評価することができるので、光プローブの傾斜角度調整等が不要となり、シリコンウエハ上に高密度に形成された光回路の検査を、効率良くかつ確実に行うことが可能となる。

符号の説明

[0055] １０ 検査装置

２０ 測定ウエハ（検査対象物）

２０ａ 表面

２１ ウエハ基板

２２ 光導波路（光回路）

２２ａ コア層

２２ｂ クラッド層

２５ 光導波路コア

２６Ａ，２６Ｂ　回折格子（光回路側回折格子）

２７Ａ，２７Ｂ　テーパ導波路コア

３０　光プローブ

３１　光導波路

３１ａ コア層

３１ｂ クラッド層

３３　光導波路コア

３４　テーパ導波路コア

３５　回折格子

３５ａ 入出力面

４０Ａ～４０Ｆ　支持部材

５０　受光素子

５１　伝送線路

５１ａ 導体（第一の導体）

５１ｂ 導体（第二の導体）

５１ｃ 接地導体

５１ｄ ビア

５２　スロット

６０Ａ，６０Ｂ，参照用光導波路

７０　電気プローバ

１００ ステージ

１００ａ　支持面

１１０ ステージ移動機構（移動機構）

１２０ プローブ昇降機構（進退機構）

請求の範囲

[請求項1] 検査対象物に形成された光回路の光学特性を検査する光プローブであって、

コア層と該コア層を覆うよう形成されたクラッド層とを有した光導波路と、

前記光導波路の先端部を支持する支持部材と、を有し、

前記光導波路の前記コア層に、

光を伝搬する光導波路コアと、

前記光導波路コアの端部に設けられ、外部に光を出力または外部から光を入力する入出力面を有し、前記光導波路コアで伝搬される光の伝搬方向と前記入出力面からの光の入出力方向との間で光軸方向を変換する回折格子と、

が設けられ、

前記支持部材は、前記入出力面が予め定めた方向を向くよう前記回折格子を支持することを特徴とする光プローブ。

[請求項2] 前記回折格子は、前記入出力面から入出力する前記光の集光機能を有することを特徴とする請求項１に記載の光プローブ。

[請求項3] 前記光導波路の前記クラッド層の表面に沿って、電気信号を伝搬する第一の導体および第二の導体が設けられ、

前記回折格子は、前記第一の導体と第二の導体の間に形成されたスロットに対向するよう配置されていることを特徴とする請求項１または２に記載の光プローブ。

[請求項4] 請求項１から３のいずれか一項に記載の光プローブと、

前記回折格子の入出力面と平行に形成され、前記検査対象物を支持する支持面を有したステージと、

前記ステージと前記光プローブとを、前記支持面に沿った面内で相対移動可能とする移動機構と、

前記光プローブを、前記支持面に接近・離間する方向に進退させる

進退機構と、

を備えることを特徴とする検査装置。

[請求項5] 前記光プローブを二個一対で備え、

前記移動機構および前記進退機構により、一方の前記光プローブの前記回折格子を、前記ステージの前記支持面に支持された前記検査対象物の前記光回路の入力端に押し付けるとともに、他方の前記光プローブの前記回折格子を、前記光回路の出力端に押し付けることで、前記光回路の検査を行うことを特徴とする請求項４に記載の検査装置。

[請求項6] 前記光回路の出力端に、光を電気信号に変換する受光素子を配置し、

前記移動機構および前記進退機構により、前記光プローブの前記回折格子を、前記ステージの前記支持面に支持された前記検査対象物の前記光回路の入力端に押し付けるとともに、前記光回路の出力端にある前記受光素子から電気信号を出力させることで、前記光回路の検査を行うことを特徴とする請求項４に記載の検査装置。

[請求項7] 前記支持部材に、複数組の光回路を検査する複数組の光プローブが一体に設けられていることを特徴とする請求項４から６のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項8] 光回路の入力端および出力端にそれぞれ光回路側回折格子が設けられた検査対象物を、請求項１から３のいずれか一項に記載の光プローブを用いて検査する検査方法であって、

前記検査対象物の表面において、少なくとも前記光回路の入力端の前記光回路側回折格子に対向する位置に、前記光プローブの前記回折格子を押し付ける工程と、

前記光プローブの前記光導波路から前記回折格子を通して前記光回路側回折格子に光を入力する工程と、

前記光回路を伝搬し、前記出力端の前記光回路側回折格子から出力された光に基づき、前記光回路の光学特性を評価する工程と、

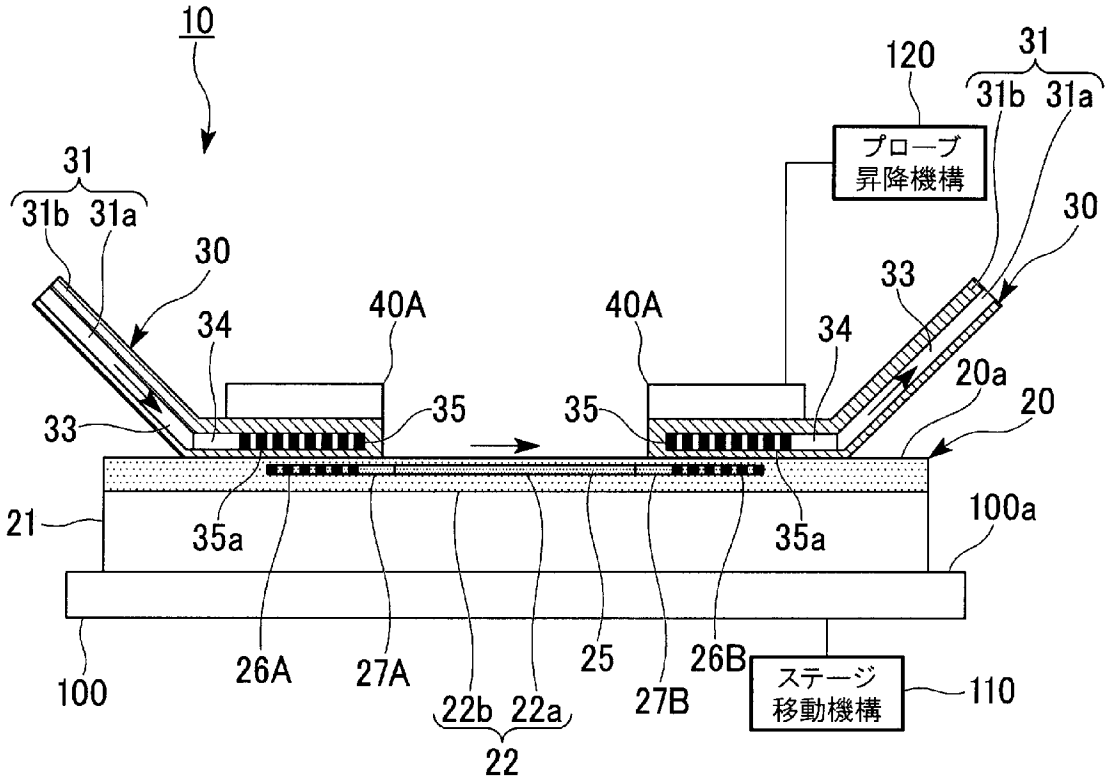
を備えることを特徴とする検査方法。

[請求項9] 前記光回路の光学特性を評価する工程は、前記検査対象物の表面において、前記光回路の前記出力端の前記光回路側回折格子に対向する位置に押し付けた他の前記光プローブの前記回折格子を介し、前記出力端の前記光回路側回折格子から出力された光を取り出して前記光回路の光学特性を評価することを特徴とする請求項８に記載の検査方法。

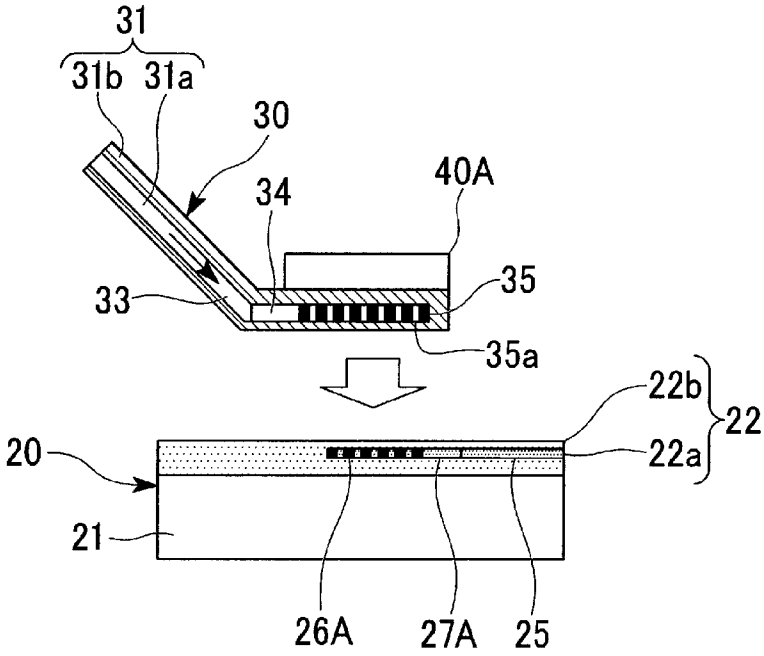
[請求項10] 前記検査対象物に、前記光回路と同じ光接続構造を有し、かつ前記光回路とは伝搬経路長が異なる複数の参照用光回路を設けておき、

前記光回路の光学特性を評価する工程で、前記光回路における光の損失と、前記参照用光回路における光の損失とをそれぞれ検出し、その検出結果に基づき、前記光回路における評価結果を補正することを特徴とする請求項８または９に記載の検査方法。

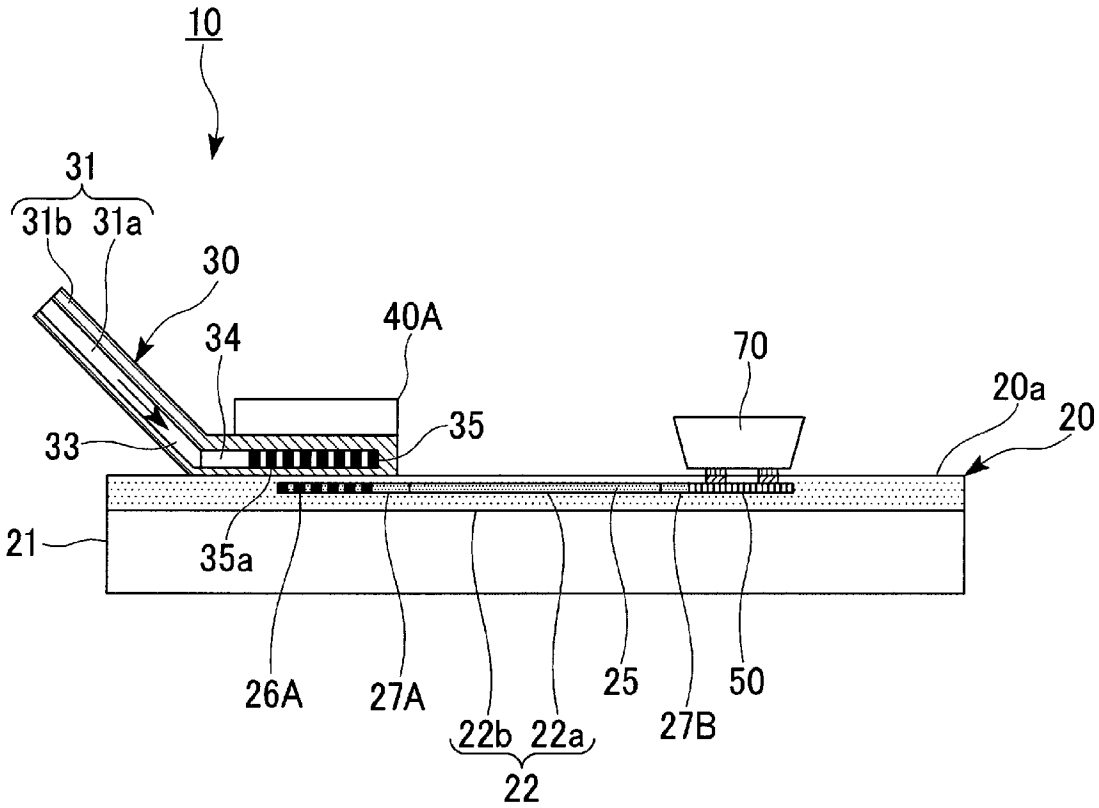
[図1]


10
120
31
31b 31a
プローブ
昇降機構
30
33
34
40A
40A
34
20a
20
35
35
33
21
35a
35a
100a
100
26A
27A
22b 22a
22
25
27B
26B
ステージ
移動機構
110

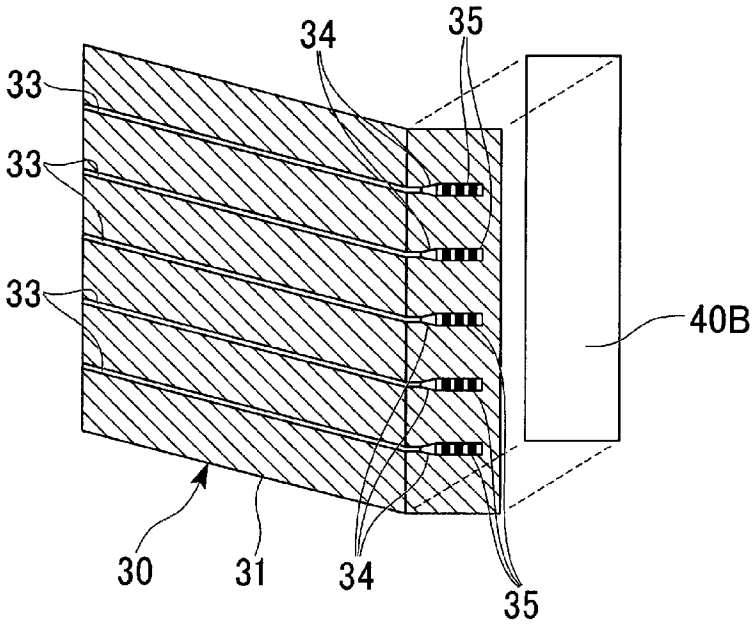
[図2]


31
31b 31a
30
34
40A
33
35
35a
22b
22
22a
20
21
26A
27A
25

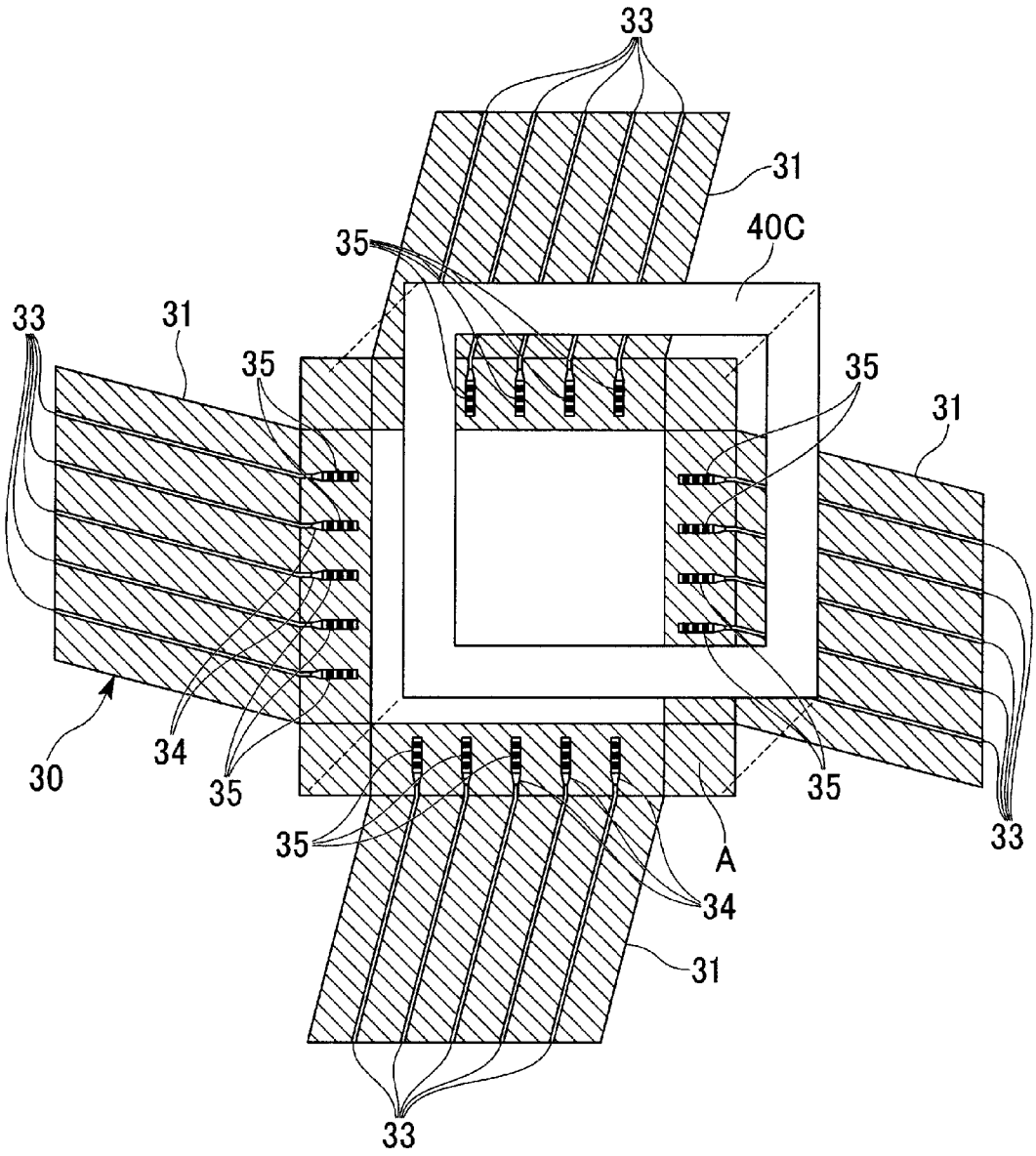
[図3]


10
31
31b 31a
30
34
40A
70
20a
20
33
35
21
35a
26A
27A
22b 22a
22
25
27B
50

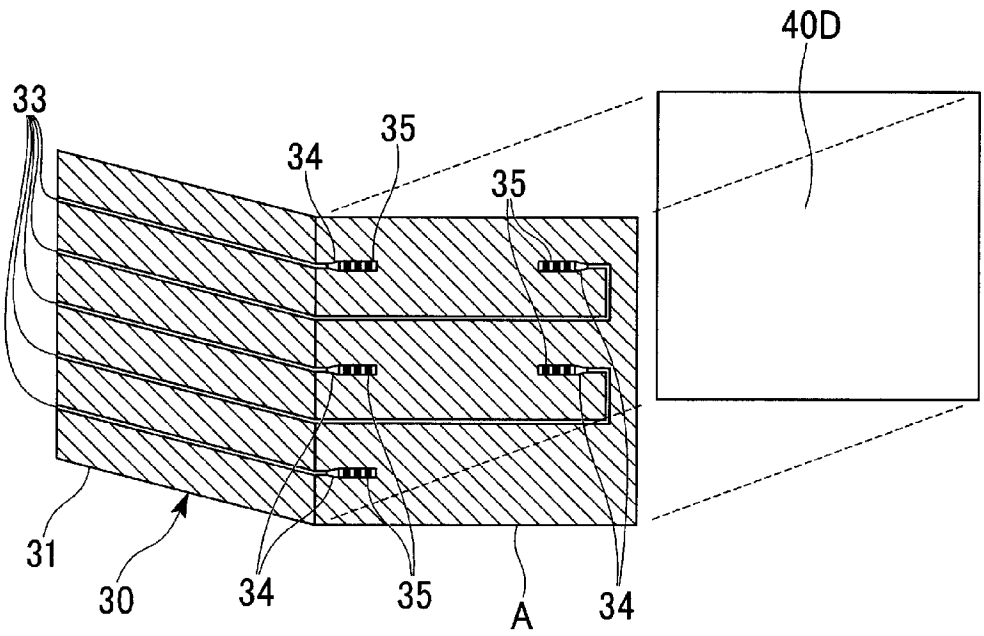
[図4]



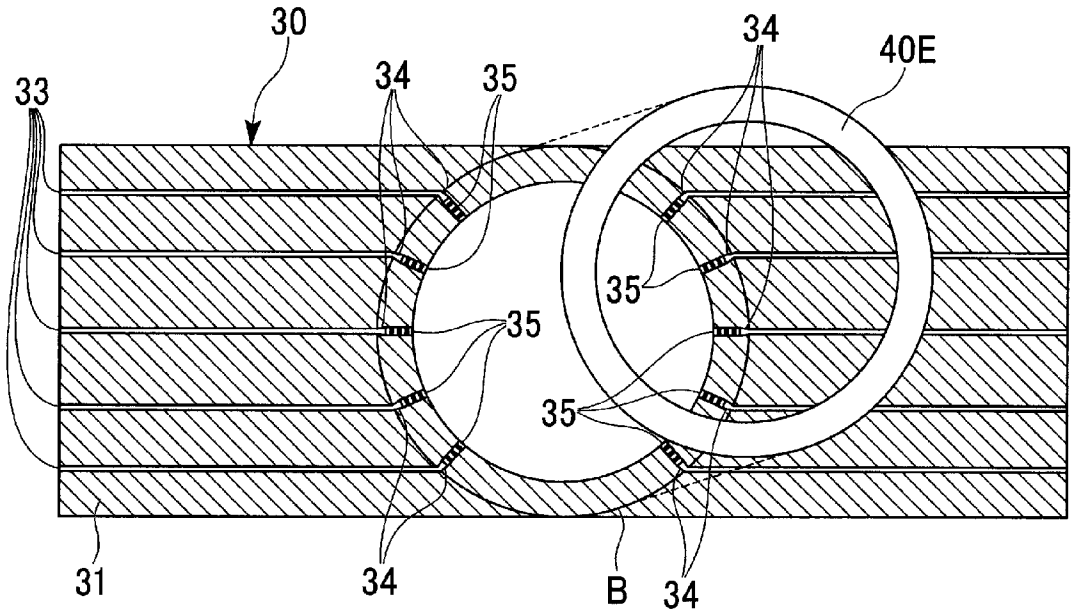
[図5]



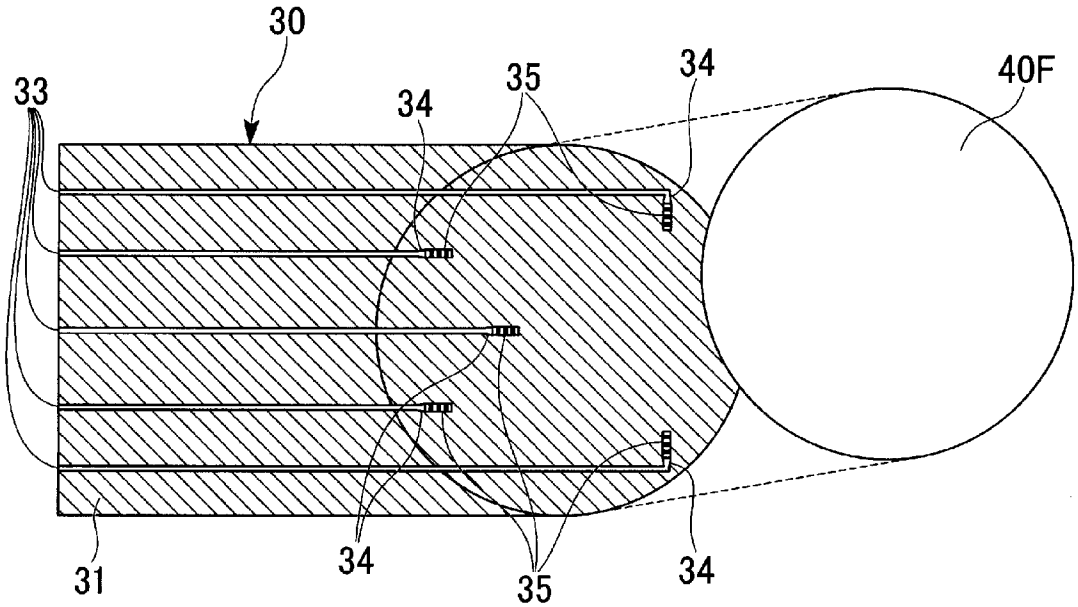
[図6]



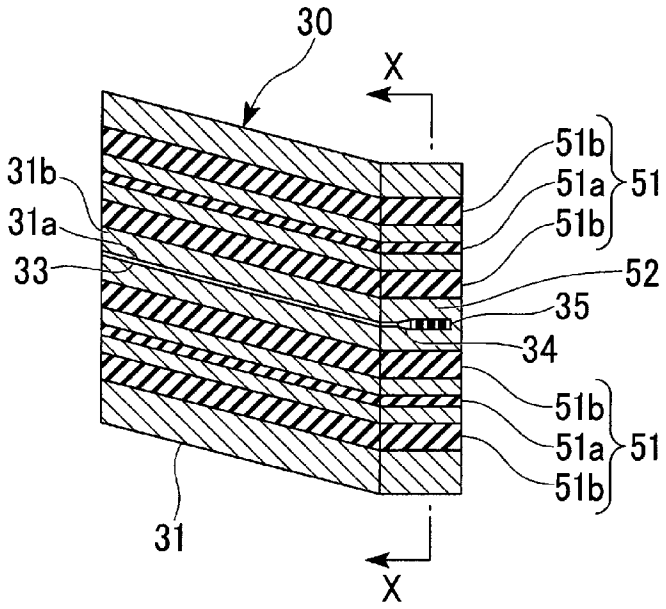
[図7]



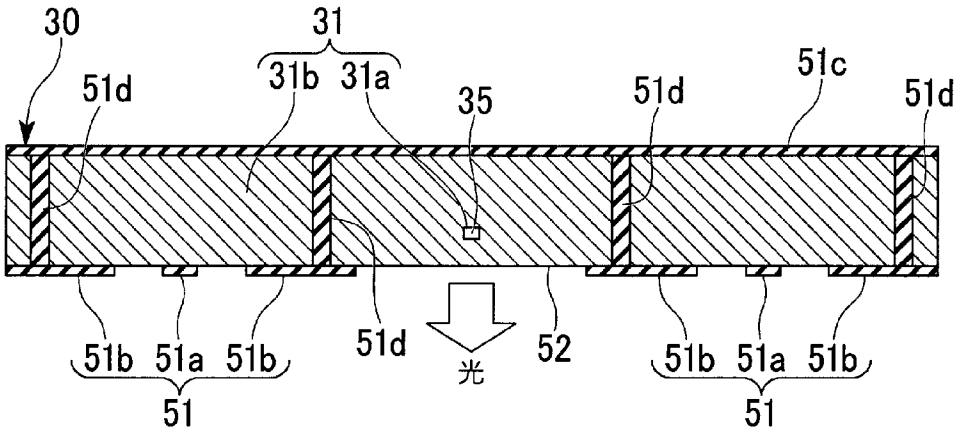
[図8]



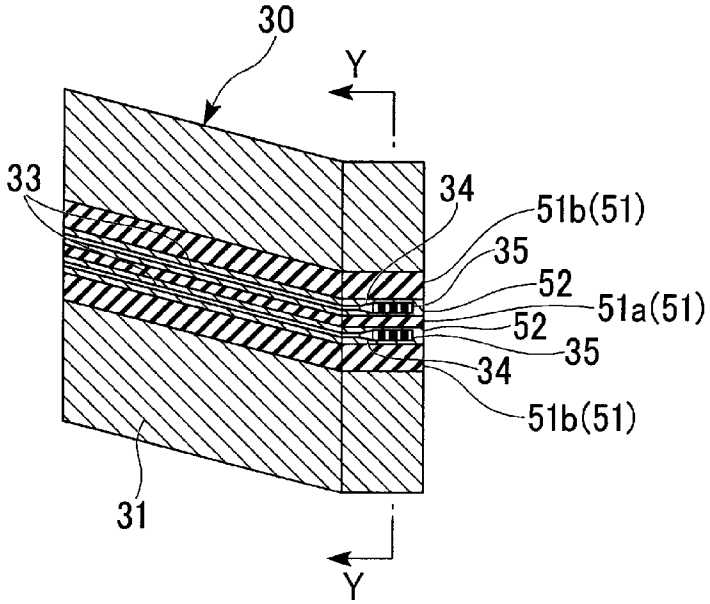
[図9A]


30
X
31b
31a
33
51b
51a
51
51b
52
35
34
51b
51a
51
51b
31
X

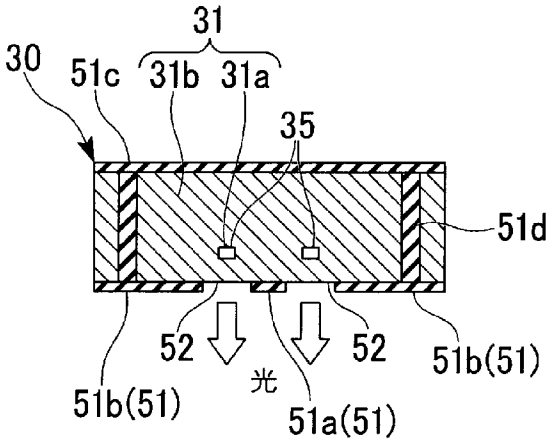
[図9B]


30
31
31b 31a
51d
35
51d
51c
51d
51b 51a 51b
51
51d
光
52
51b 51a 51b
51

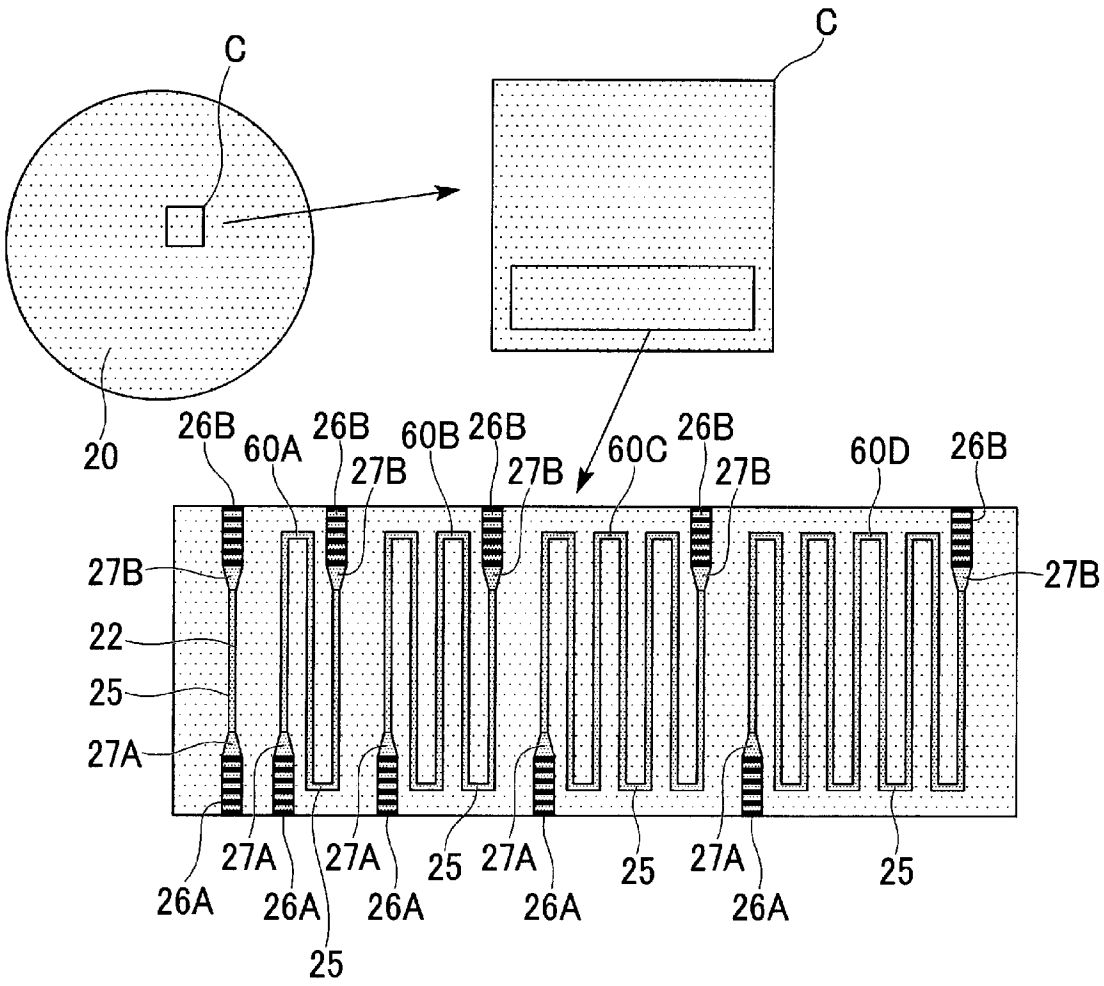
[図10A]


30
Y
33
34
51b(51)
35
52
51a(51)
52
35
34
51b(51)
31
Y

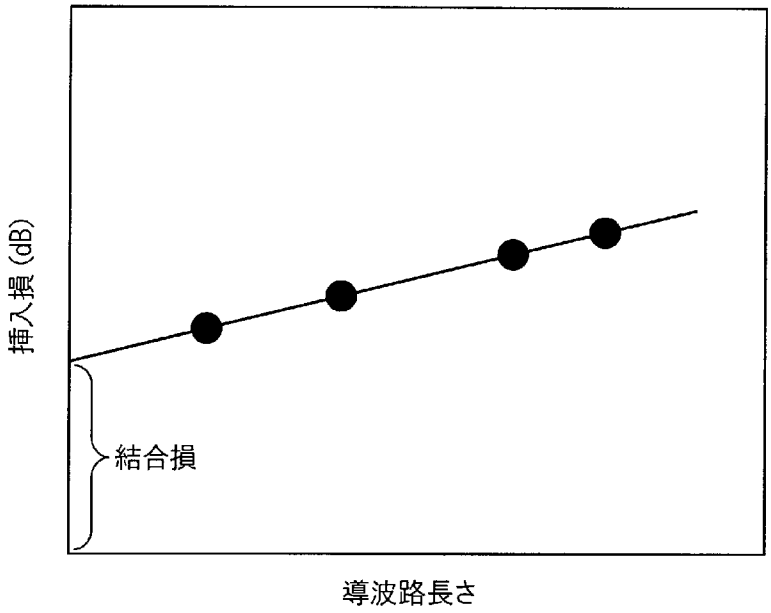
[図10B]


31
30
51c
31b
31a
35
51d
52
光
52
51b(51)
51b(51)
51a(51)

[図11]


C
C
20
26B
60A
26B
27B
60B
26B
27B
60C
26B
27B
60D
26B
27B
27B
22
25
27A
26A
27A
26A
25
27A
26A
27A
26A
25
27A
26A
25

[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/072854

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01M11/00(2006.01)i, *G02B6/122*(2006.01)i, *G02B6/34*(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)
G01M11/00, G01R1/06-1/073, G01R31/26, G02B6/00, G02B6/12-6/14, G02B6/26, G02B6/30-6/34, G02B6/42, H01L21/64-21/66

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 1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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.
Y A	JP 2010-139483 A (Synergy Optosystems Co., Ltd.), 24 June 2010 (24.06.2010), paragraphs [0026] to [0030]; fig. 1 (Family: none)	1-2,4-9 3,10
Y A	WO 01/06279 A1 (UNIVERSITY OF SYDNEY), 25 January 2001 (25.01.2001), description, page 13, lines 5 to 17; fig. 13 & JP 2003-505713 A & US 6766078 B1	1-2,4-9 3,10
Y	JP 2009-217066 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 24 September 2009 (24.09.2009), entire text; fig. 1 to 13 (Family: none)	2,4-7

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 November, 2013 (23.11.13)	03 December, 2013 (03.12.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/072854

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-304837 A (Yokogawa Electric Corp.), 05 November 1999 (05.11.1999), entire text; fig. 1 to 2 (Family: none)	4-7
Y	JP 2001-318116 A (Nihon Micronics Inc.), 16 November 2001 (16.11.2001), entire text; fig. 1 to 11 (Family: none)	7
A	JP 2008-134211 A (Mitsui Chemicals, Inc.), 12 June 2008 (12.06.2008), entire text; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０７２８５４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01M 11／00(2006.01)i,　G02B 6／122(2006.01)i,　G02B 6／34(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.　G01M 11／00,　G01R 1／06－1／073,　G01R 31／26,　G02B 6／00,　G02B 6／12－6／14,
G02B 6／26,　G02B 6／30－6／34,　G02B 6／42,　H01L 21／64－21／66

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	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３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
Ｙ	ＪＰ　２０１０－１３９４８３　Ａ （シナジーオプトシステムズ株式会社） ２０１０．０６．２４， 段落番号【００２６】－【００３０】，第１図 （ファミリーなし）	1－2，4－9
Ａ		3，10

☑　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	国際調査報告の発送日
２３．１１．２０１３	０３．１２．２０１３

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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　９８０７
平田　佳規
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５１

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
Ｙ	ＷＯ　０１／０６２７９　Ａ１ （ＵＮＩＶＥＲＳＩＴＹ　ＯＦ　ＳＹＤＮＥＹ） ２００１．０１．２５， 明細書第１３頁第５－１７行，第１３図 ＆　ＪＰ　２００３－５０５７１３　Ａ ＆　ＵＳ　６７６６０７８　Ｂ１	1－2，4－9
Ａ		3，10
Ｙ	ＪＰ　２００９－２１７０６６　Ａ　（三洋電機株式会社） ２００９．０９．２４，　全文，第１－１３図 （ファミリーなし）	2，4－7
Ｙ	ＪＰ　１１－３０４８３７　Ａ　（横河電機株式会社） １９９９．１１．０５，　全文，第１－２図 （ファミリーなし）	4－7
Ｙ	ＪＰ　２００１－３１８１１６　Ａ （株式会社日本マイクロニクス） ２００１．１１．１６，　全文，第１－１１図 （ファミリーなし）	7
Ａ	ＪＰ　２００８－１３４２１１　Ａ　（三井化学株式会社） ２００８．０６．１２，　全文，第１－１０図 （ファミリーなし）	1－10