

(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
2017年10月5日(05.10.2017)



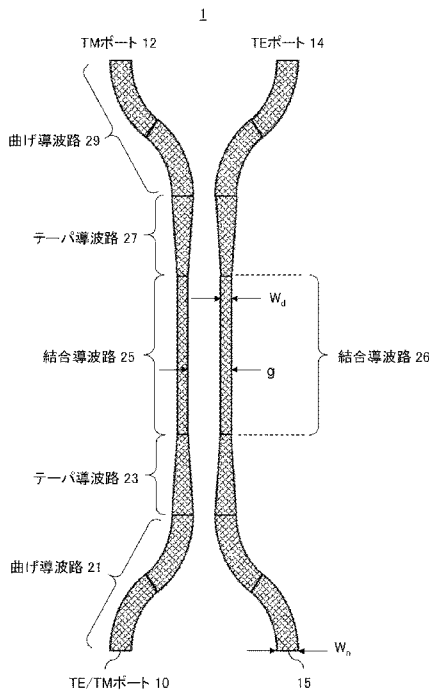
(10) 国際公開番号
WO 2017/169922 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/126 (2006.01) G02B 6/125 (2006.01)
G02B 6/122 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/010996
- (22) 国際出願日: 2017年3月17日(17.03.2017)
- (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 2016-063597 2016年3月28日(28.03.2016) 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: 松本 崇(MATSUMOTO Takashi); 〒
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: 下坂 直樹(SHIMOSAKA Naoki); 〒
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).
- (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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA,
LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN,
MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,
PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ロピア (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,

[続葉有]

(54) Title: POLARIZATION BEAM SPLITTER

(54) 発明の名称: 偏波分離素子



- 10 TE/TM port
- 12 TM port
- 14 TE port
- 21, 29 Curved waveguide
- 23, 27 Tapered waveguide
- 25, 26 Coupling waveguide

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a directional coupler type polarization beam splitter having a large allowable range for manufacturing variations. To this end, this directional coupler type polarization beam splitter has: curved waveguides; waveguides that are narrower than the curved waveguides, form optical coupling between facing waveguides and cause polarization separation, and are formed by a waveguide of the same type as the facing waveguide; and tapered waveguides connecting the curved waveguides and the waveguides.

(57) 要約: 本発明の目的は、製造バラツキの許容範囲が大きい方向性結合器型偏波分離素子を提供することである。そのために本発明の方向性結合器型偏波分離素子は、曲げ導波路、前記曲げ導波路よりも細く、対向する導波路との間で光結合して偏波分離を起こし、前記対向する導波路と同タイプの導波路で形成される導波路、前記曲げ導波路と前記導波路の間をつなぐテーパ導波路、を有する。

WO 2017/169922 A1

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 國際調查報告 (條約第 21 條(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称： 偏波分離素子

技術分野

[0001] 本発明は、偏波分離素子に関する。

背景技術

[0002] コヒーレントレシーバは、DP-QPSK (Dual Polarization-Quadrature Phase Shift Keying : 偏波多重4値位相変調) 方式のデジタルコヒーレント伝送技術のキーコンポーネントである。これまで、このようなコヒーレントレシーバには、PLC型(Planar Lightwave Circuit)の光コヒーレントミキサ、偏波分離素子(PBS : Polarization Beam Splitter)、受光素子(PD : Photo Detector)、TIA(Trans Impedance Amplifier)などが搭載されており、多くのデバイスベンダから出荷されている。さらに今後の展望として、MSA (Multi Source Agreement) ではGeneration2やMicro-ICR (Micro-Integrated Coherent Receiver) と呼ばれる小型コヒーレントレシーバの検討も進められており、これには更なるPLCの小型化が必要となる。MSAとは、通信用インターフェース用のフォームファクターを開発する際に製品業者が負う契約、あるいは製品のパッケージサイズ、ピン配置、およびスペックなどを複数のベンダー間で共通化する事で、製品の安定した供給体制を確立するためのベンダー間の取り決めである。

[0003] その中で注目されているのが、Siを光導波路の母体としたSiフォトニクスである。Siフォトニクスでは、SiとSiO₂の大きな屈折率差により、強い光閉じ込めによる小さな曲げ半径や、Geを利用したPD集積、大きな構造複屈折によるPBS集積などが期待されており、本発明者らも技術開発を進めている。

[0004] 特許文献1 (特開平2-287408号公報) は導波路型光分岐素子であり、シリコン基板上に石英ガラス形材料により形成した石英系単一モード導波路が記載されている。2本の光導波路の一部を互いに近接させて方向性結合器を構成し、結合領域での光導波路の幅を異ならせ、深さを同じにしてい

る。導波路幅を異ならせることで入力ポートから副出力ポートへのパワーの結合率の波長依存性を緩和できるとしている。さらに結合領域と入出力ポートの間をテーパ状導波路で接続した実施例が記載されている。

[0005] 特許文献2（特開平5-333289号公報）には、二つの光入射ポートから入射される光をそれぞれTE偏波とTM偏波に分離して二つの光出射ポートからそれぞれ出射する光導波路を備えた方向性偏波分離器を備えた光フロントエンドが記載されている。

[0006] 特許文献3（特開2004-151175号公報）の光方向性結合器は、光非結合領域から光結合領域に向け連続的に屈折率や導波路幅または、導波路厚を小さくすることで光結合領域部を短長化している。導入部の曲線部分（同文献図5の103等）から導波路幅を徐々に狭めているため、この部分から光結合が始まるため、所望の結合特性に調整しづらい。

[0007] 特許文献4（特開2006-065089号公報）は、MZ（Mach-Zehnder）型カプラの方向性結合部の、結合領域における直線部分の長さが0（すべて曲線）である構造である。この構成によってコア中心間距離の変動に加え、光導波路幅の変動および光導波路の比屈折率の変動を含むプロセス変動に対し、結合率の変動を低減することができるとしている。

[0008] しかしこの構造では結合長はゼロであり、PBSとしての特性を得られない。また光結合部に向かって徐々に導波路幅を狭め、離れるに従って導波路幅を広げることが開示されているが、特許文献4と同様の課題を含む。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開平2-287408号公報
特許文献2：特開平5-333289号公報
特許文献3：特開2004-151175号公報
特許文献4：特開2006-065089号公報
特許文献5：国際公開第2014/174735号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] 特許文献1～4で問題となるのが、製作バラつきによる特性劣化である。特に導波路型のPBSは導波路幅に対する制約が厳しく、導波路幅の加工精度は数nm程度と非常に狭い範囲でしか、所望の特性が得られない。これはSiフォトリソグラフィ特有の強い光閉じ込めがゆえに、加工精度に対する感度が非常に高いためである。本発明者らもPBSの検討を進める上で最も問題となるのが導波路幅のばらつきによる、特性劣化であった。
- [0011] これを解決するために、特許文献5（国際公開第2014/174735号）において、図1に示すようなリブ導波路とチャンネル導波路を組み合わせることによって、低損失かつ、ばらつきに強いマッハツェンダー干渉器型PBSを提案している。図1(a)はリブ型構造、(b)はチャンネル型構造であり、図1中のSi Sub.はSi基板、SOIはSilicon On Insulator、BOXはBuried Oxideである。特許文献5の偏波分離器は、リブ型導波路とチャンネル型導波路を用い、互いに直交する直線偏光成分の一方では、入力光に対するリブ型導波路とチャンネル型導波路の屈折率が同じで、かつ、リブ型導波路とチャンネル型導波路で導波路幅の変化に対する屈折率変化が同じになるような導波路幅であり、直線偏光成分の他方では、リブ型導波路とチャンネル型導波路を伝搬する入力光の間に位相差を生じさせている。
- [0012] しかしそれでも導波路幅のばらつきの許容範囲は±10nm程度と非常に狭い範囲にとどまり、製造工程上の制約が非常に厳しい。また、リブ構造とチャンネル構造という2つの異なる導波路構造が存在するために、製造プロセスが複雑になる。つまりリブ型を作るのにフォトリソグラフィ費用+製造工程、それに追加してチャンネル型のフォトリソグラフィ費用+製造工程がかかるので、2倍の工程が必要で製造期間が長くなり、コストも増える。
- [0013] 本発明の目的は、以上述べた問題点を解決し、製造バラつきの許容範囲が大きい方向性結合器型偏波分離素子を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0014] 本発明は、曲げ導波路、

前記曲げ導波路よりも細く、対向する導波路との間で光結合して偏波分離を起こし、前記対向する導波路と同タイプの導波路で形成される導波路、前記曲げ導波路と前記導波路の間をつなぐテーパ導波路、を有することを特徴とする方向性結合器型偏波分離素子である。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、製造バラツキの許容範囲が大きい方向性結合器型偏波分離素子が得られる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]特許文献1のシリコン導波路構造を示す断面図で、(a)はリブ型構造、(b)はチャンネル型構造を示す。

[図2]DC型PBSの動作原理を説明するための断面図である。

[図3]DC型PBSの動作原理を説明するための上面図である。

[図4]本発明の第1の実施形態のDC型PBSを示す平面図である。

[図5]本発明の実施例のDC型PBSで、導波路幅とリブ高さをパラメータとしたときの偏波消光比を示す図である。

[図6]本発明の実施例のDC型PBSで、歩留まりを見積もった図である。

[図7]第2の実施形態のDC型PBSを説明する上面図である。

発明を実施するための形態

[0017] (第1の実施形態)

まずDC型PBSの動作原理を述べる。図2にリブ導波路のDCの断面図、図3にDCの上面図をそれぞれ示す。DCは同じ形状の導波路を平行にかつ近接して配置する。片側の導波路より光を入れた場合に、導波路から染み出した光がもう片側の導波路に結合し、伝搬する。同じ構造の導波路であれば、伝搬させるにしたがって、光は完全に片方に乗り移ることとなる。さらに伝搬させることで、光は元の導波路に戻り、それを繰り返す。DC型PBSでは一本の導波路から入射した2つの偏波が2つの導波路に完全に分離するようにDC長、および導波路間距離を決める。例えば、TM偏波は全く結合しないが、TE偏波は片側の導波路に完全に結合するような条件を決めることとなる。

[0018] DC型PBSにおいても、導波路の製造ばらつきによる光の結合度のばらつきによって、偏光分離特性が劣化することが問題となる。リブ導波路で光結合が変化する要因として、導波路幅の変化、それに伴う導波路間ギャップの変化、加えて導波路脇をエッチングする量(リブ高さ)が変化することである。そこで本実施形態のDC型PBSでは、リブ高さ及び導波路幅が変化しても光結合が変化しないように最適化した。

[0019] 本実施形態のDC型PBS 1の上面図を図4に示す。DC型PBS1は相対する二本の導波路で構成されている。それぞれの導波路はいずれも、曲げ導波路21、テーパ導波路23、結合導波路25、テーパ導波路27、曲げ導波路29の順につながっている。曲げ導波路21、29、テーパ導波路23、27が非結合導波路、結合導波路25が結合導波路である。曲げ導波路21、29とテーパ導波路23、27は光結合が起こらない程度の幅の光導波路である。テーパ導波路23、27は連続的に導波路幅を変化させたテーパ形状の導波路である。偏波分離を起こす結合導波路25は非結合導波路よりも細くしかも間隔が狭いため、強い光結合が生じる。隣接する二本の結合導波路25はいずれも同じリブ型の導波路とする。TE/TMポート10にはTEモード光とTMモード光が混在した信号を入力し偏波分離され、TMポート12にはほぼTMモード波が出力され、TEポート14にはほぼTEモード波が出力される。ポート15は未使用で何も入力しない未使用ポート15である。

[0020] 一般にDC型PBSでは導波路幅を一定にし、導波路間隔を変えることで光の結合度を調整する。しかしながらそれでは導波路幅に対する自由度が失われ、製造ばらつきに対する許容範囲の高い(トレランスの高い)PBS構造にすることは難しい。これは一般に光導波路の設計は、単一モード性、および光回路で必要とされる導波路の曲げ半径によって決められるからである。一般に導波路幅が細くなるほど、単一モード性は上がり、光の染み出しが大きくなる。そのため別の導波路を近接させた場合に光の結合は強くなるが、曲げ半径は大きくなる。なお曲げ半径には最小曲げ半径と呼ばれる値が存在している。基本的には導波路を作る際の材料で決まるが、それに加えて導波路の幅や

構造でも決まる。設計者が許容できる損失値以内に収まるように曲げ半径を決める。

[0021] 本実施形態では、曲げ導波路 2 1, 2 9 の幅 W_n をある程度広くした（実施例では $1.35\mu\text{m}$ ）ため、相手の導波路がたとえ近接しても光結合しない（光閉じ込めが強い）。なお本出願では μm は μm の意味である。また曲げ導波路にしているために必要な曲げ半径を得られる。曲げ導波路にする理由は以下のとおりである。導波路型の偏波分離素子を単体で使うことは非常に少なく、他の素子とつなぎ合わせて使用することが多いことと、占有面積をできるだけ小さくして導波路チップを小さくするためである。

[0022] また、偏波分離機能に対しては、トレランスの高い偏光分離特性が得られるような導波路幅 W_d を結合導波路 2 5 に採用する。曲げ導波路 2 1, 2 9 を用いて互いの距離を近接させ、そこから偏光分離特性に適した W_d に絞るようなテーパ導波路 2 3, 2 7 を導入する。さらに PBS 動作を起こしたのちに、導波路幅を広げ、導波路幅 W_d に戻す。これにより、所望の単一モード性、曲げ半径、PBS 特性を両立させることができる。

[0023] 方向性結合器で偏波分離器を設計する場合、設計には非常に大きな自由度があり、様々な設計値を取りうる。TE/TM ポート 1 0 のある側の結合導波路 2 5 から光が染み出し、対向する結合導波路 2 6 と結合するが、TE モード光と TM モード光で、光が結合する距離が異なる。また導波路幅、導波路リブ高さが製造ばらつきによってばらついて設計値からずれ、所望の偏波消光比（TM 波と TE 波の光強度比）にならない。そこで本実施形態では、TE/TM の消光比をそれぞれ計算して、導波路幅と導波路ピッチがどのような範囲であれば、製造ばらつきがあっても消光比がずれにくいのか、を求める。

[実施例]

本実施例の DC 型 PBS では、Si コアの厚さ $1.5\mu\text{m}$ 、リブ高さ $0.975\mu\text{m}$ 、結合導波路幅 $W_d=0.5\mu\text{m}$ 、導波路間ギャップ $g=1.6\mu\text{m}$ 、曲げ導波路幅 $W_n=1.35\mu\text{m}$ を導波路の（設計値）とし、 $DCL=267.9\mu\text{m}$ とした。DCL は結合長（Directional Coupler Length）の略であり、図 4 の幅 W_d の細い導波路の長さのことである。また導波

路間ギャップ g は二本並んだ結合部の結合導波路25のピッチである。製造プロセスにおいて、導波路の中心位置はフォトマスク上での位置精度で決まり、製造プロセスにより変動しない。一方で導波路幅は、フォトリソグラフィの露光精度及びエッチング精度によって変化する。そのため、光結合を決める導波路間の側壁間の距離は変動する。そこで導波路間ギャップ g は固定したまま、導波路幅を変化させるつまり製造工程による導波路幅の変動値をパラメータとして、TMポート12とTEポート14での偏波消光比を計算した。また、同じく g は固定したまま、製造工程によるリブ高さの変動値をパラメータとして、PBS各ポートでの偏波消光比も併せて計算した。計算波長は光通信で使われる波長帯の一つであるLバンドとし、帯域内での最悪値をマップにした。このDC型PBSではTE偏光が他方の導波路に乗り移るため、急峻な波長特性を持つ、つまり偏波消光比が大きく変動する。そのため導波路構造がばらつくと、中心波長が設計値からシフトし、固定された帯域で見ると偏波消光比が劣化することとなる。

[0024] 図5は本実施例のDC型PBSの、結合導波路幅の設計値からのずれとリブ高さをパラメータとしたときの偏波消光比を示す。横軸の「導波路幅[um]」(-0.03~0.03um)は結合導波路幅の設計値0.5umからのずれを示し、縦軸の「リブ高さ[um]」(0.925~1.025um)はリブ高さそのものを示している。リブ高さの設計値は0.975umである。

[0025] 図5(a)はTMポート12から出てくるTEモードの光の減衰量、図5(b)はTEポート14から出てくるTMモードの光の減衰量を表している。減衰量とはTE/TMポート10におけるTEモード光とTMモード光の光強度に対するTMポート12またはTEポート14における光強度の比である。

[0026] また図5(c)は図5(a)、(b)の同じ設計パラメータから出てくる減衰量のうちの小さい方(減衰の小さい方)の値を表している。偏波分離素子では図5(a)と図5(b)が両立しないと意味をなさない。減衰の小さい方でも偏波消光比が所定の値以上になる(TEモード光かTMモード光が一定の比率以上減衰する)ことを示すために図5(c)を示している。なお、ここでは、図4のTE/TM

ポート10からはTEモードとTMモードの光が同じ量だけ入ってくると仮定している。

[0027] 図5では、偏光消光比(dB)は5-10、10-15、15-20、20-25、及び25-30dBの5段階にグレーのトーンを変えて表示している。

[0028] 本実施例で述べた設計パラメータでは、PBSの両ポートにおける最悪偏波消光比が図5(c)となる。10dB以上の偏波消光比を1つの基準とした場合に、導波路幅のトレランスは±30nm以上、リブ高さにおいても±25nm以上のトレランスをもつこととなる。

[0029] 本実施例のDC型PBSで、実際の製造ばらつきを用いて、ピッチ g と結合導波路幅 Wd の各設計値における歩留まりを見積もったのが図6である。横軸のGap(μm)は前述の結合導波路25、26のピッチ g の設計値、 Wd は結合導波路幅の設計値である。結合導波路幅のシリコンウェハ間での製造ばらつきを20nm、一枚のウェハ内での製造ばらつきを10nmとし、リブ高さのウェハ間製造ばらつきを25nm、面内製造ばらつきを10nmとした。各パラメータが独立に正規分布で変動したと仮定し、10dB以上の偏波消光比の範囲内に入っているかどうかを、モンテカルロシミュレーションにより求めた。

[0030] MZI (Mach-Zehnder interferometer) 型のPBSの歩留まりを基準とする。本実施例のDCPBSでは図6に示すように、 Wd の設計値が0.5 μm の場合、Gapの設計値が1.1 μm 以上で相対的な歩留まり(本実施例のDCPBSの歩留まり/MZIの歩留まり)は1を超える。特に $Wd=0.5\mu\text{m}$ ではGap1.4 μm 以上とした場合には1.75以上の相対的歩留まりが見込まれる。また $Wd=0.6\mu\text{m}$ の場合、1.0 μm から2.2 μm の間で1を超え、1.0から1.5 μm では1.25を超えると見積もることができる。これらを併せると、 Wd の設計値が0.5 μm から0.6 μm では、Gapの設計値が1.0-2.2 μm の範囲でMZI型PBSに比べて高い歩留まりを見積もることができる。同様に Wd の設計値が0.6 μm 以上、Gapの設計値が1.0-2.2 μm でも高い歩留まりを見積もることができる。

[0031] また、リブ導波路のみで構成されるDC型PBSを採用することにより、チャンネル導波路を形成するためのプロセスを排除できるため、さらなる製造ばらつ

きの低減、プロセスコストの低減が期待できる。

(第2の実施形態)

図7は第2の実施形態のDC型PBSを説明する上面図である。本実施形態では第1の実施形態のDC型PBSを二段に多段化する。つまり図4と同じPBSをもう一つ作り、一段目のDC型PBS3の後段に二段目のDC型PBS4を縦続接続する。図7の一段目のDC型PBS3のTE/TMポート10からTEモード光とTMモード光が混在した信号を入力し、TMポート12とTEポート14に偏波分離される。第1の実施形態と同様に、TMポート12にはほぼTMモード波が出力され、TEポート14にはほぼTEモード波が出力される。本実施形態ではTMポート12に出力された光がTE/TMポート100に入力される。入力された光は、二段目のDC型PBS4の結合導波路で更にTEモード波とTMモード波を偏波分離され、さらにTEモード波が減衰した光がTMポート22に出力される。TEポート14に接続されたTEポート150に入力した光はそのままTEポート24に出力される。

[0032] 本実施形態では、マイクロ集積コヒーントレーバ (Micro-ICR) で要求される20dB以上の高い偏波消光比を得ることができる。本実施形態のDC型PBSの偏波消光比は、図5と同じ特性形でしかも偏波消光比の数値が二倍になり、偏波分離性能が向上する。

(別の実施形態)

なお上記の第1、第2の実施形態ではリブ型のPBSについて説明したが、チャンネル型のPBSについてもリブ型と同様に設計することでトレランスの向上を図ることが出来る。

[0033] また、上述の実施例はSiを用いたDC型PBSであるが、InP (リン化インジウム) のような化合物材料も用いることができる。

[0034] 以上、上述した実施形態を模範的な例として本発明を説明した。しかしながら、本発明は、上述した実施形態には限定されない。即ち、本発明は、本発明のスコープ内において、当業者が理解し得る様々な態様を適用することができる。

[0035] この出願は、2016年3月28日に出願された日本出願特願2016-063597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。

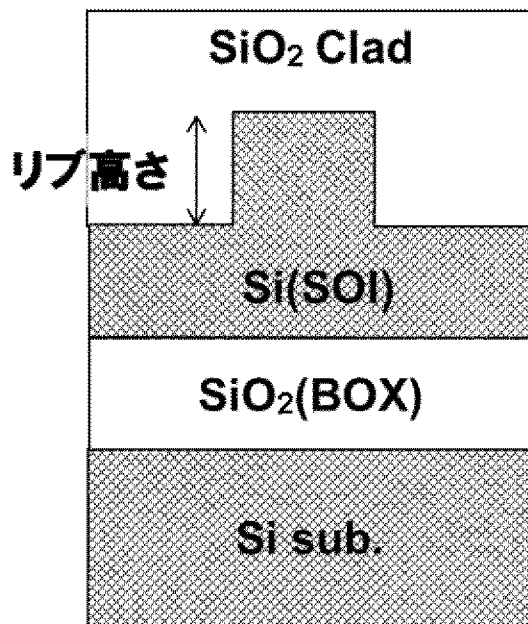
符号の説明

- [0036]
- 1 DC型PBS
 - 3 一段目のDC型PBS
 - 4 二段目のDC型PBS
 - 10、100 TE/TMポート
 - 12、22 TMポート
 - 14、24、150 TEポート
 - 15 未使用ポート
 - 21、29 曲げ導波路
 - 23、27 テーパ導波路
 - 25、26 結合導波路

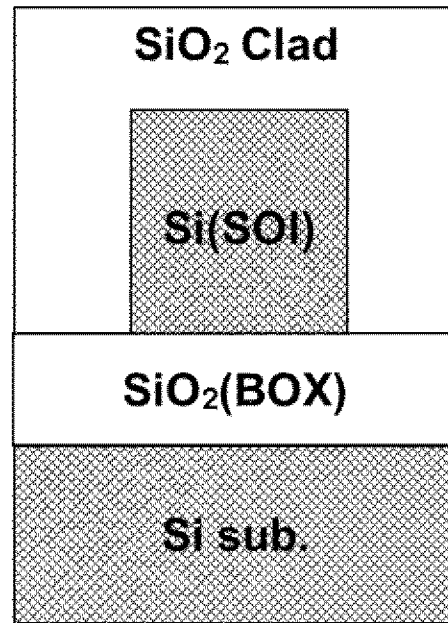
請求の範囲

- [請求項1] 曲げ導波路、
前記曲げ導波路よりも細く、対向する導波路との間で光結合して偏波分離を起こし、前記対向する導波路と同タイプの導波路で形成される導波路、
前記曲げ導波路と前記導波路の間をつなぐテーパ導波路、
を有することを特徴とする方向性結合器型偏波分離素子。
- [請求項2] 前記光結合する導波路のピッチの設計値を1.0-2.2 μm とした請求項1に記載の方向性結合器型偏波分離素子。
- [請求項3] 前記光結合する導波路の幅の設計値を0.5 μm 以上、前記導波路のピッチの設計値を1.0-2.2 μm とした請求項1または2に記載の方向性結合器型偏波分離素子。
- [請求項4] 前記光結合する導波路の幅の設計値を0.5 μm から0.6 μm 、前記導波路のピッチの設計値を1.0-2.2 μm とした請求項1から3のいずれか一項に記載の方向性結合器型偏波分離素子。
- [請求項5] 前記光結合する導波路の幅の設計値を0.5 μm 、前記導波路のピッチの設計値を1.4-2.2 μm とした請求項1から4のいずれか一項に記載の方向性結合器型偏波分離素子。
- [請求項6] 前記対向する導波路のタイプはいずれもリブ型またはチャンネル型である請求項1から5のいずれか一項に記載の方向性結合器型偏波分離素子。
- [請求項7] 前記方向性結合器型偏波分離素子の後段にさらに方向性結合器型偏波分離素子を接続した請求項1から6のいずれか一項に記載の方向性結合器型偏波分離素子。

[図1]

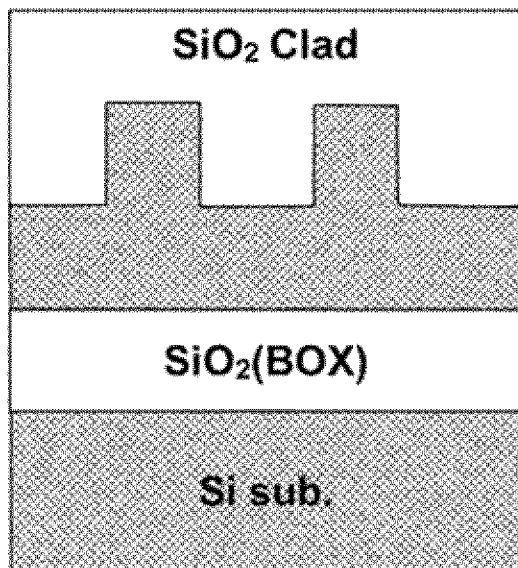


(a) リブ型構造

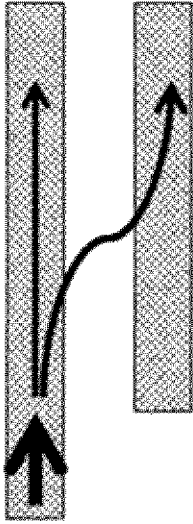


(b) チヤネル型構造

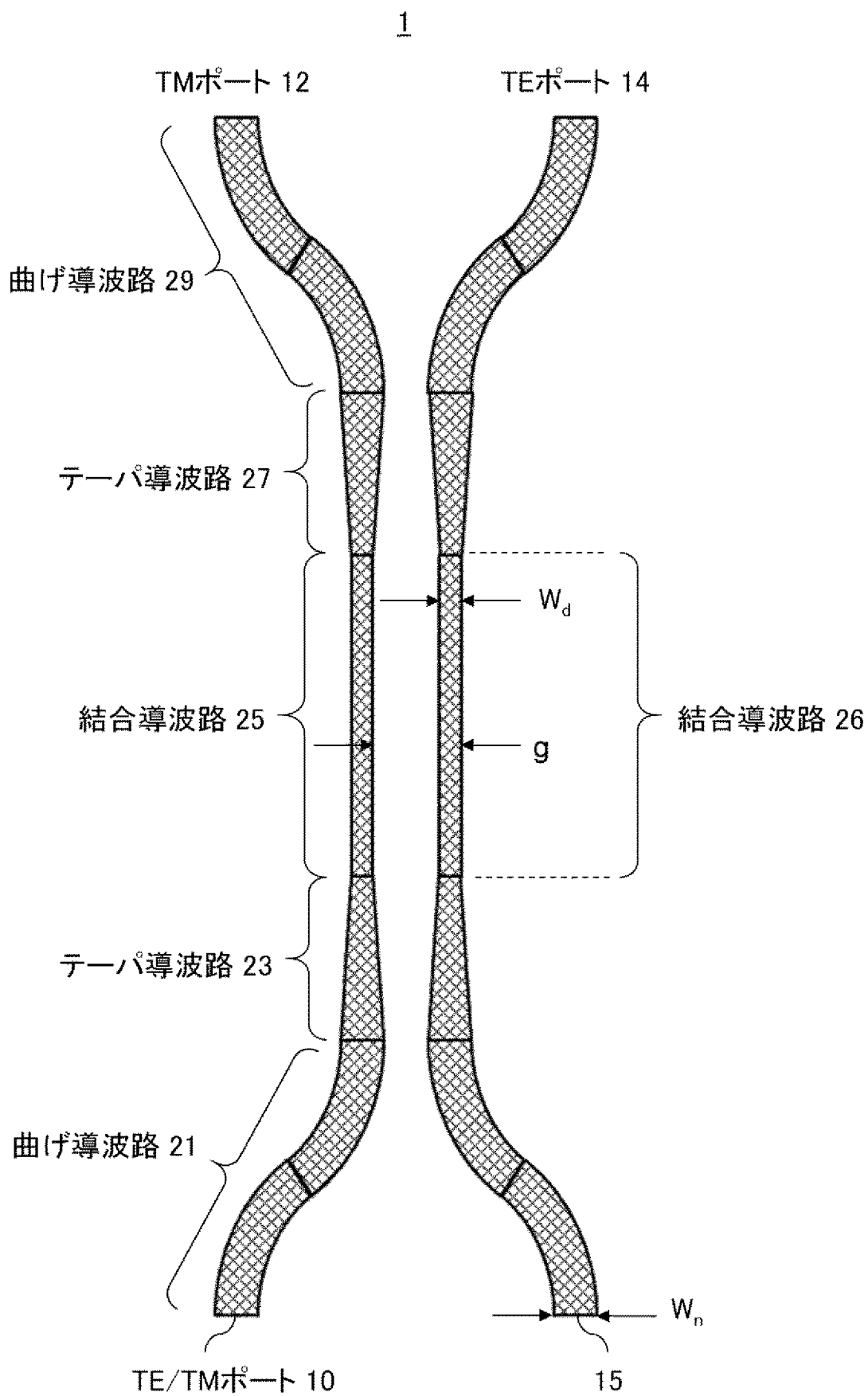
[図2]



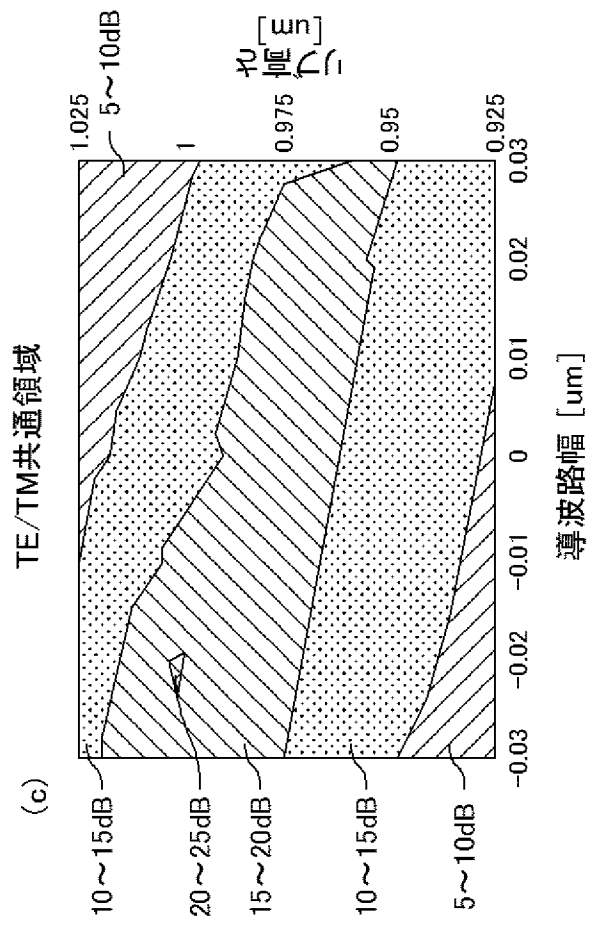
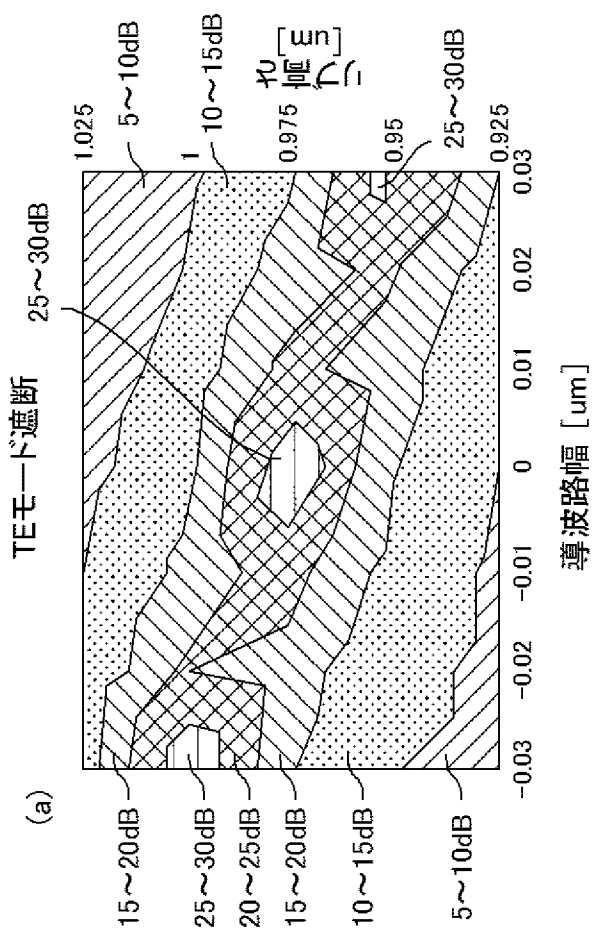
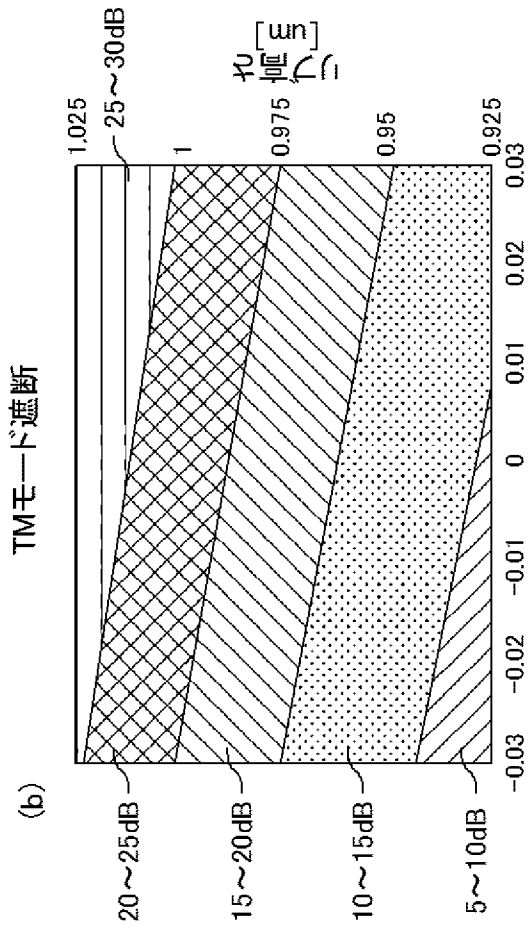
[図3]



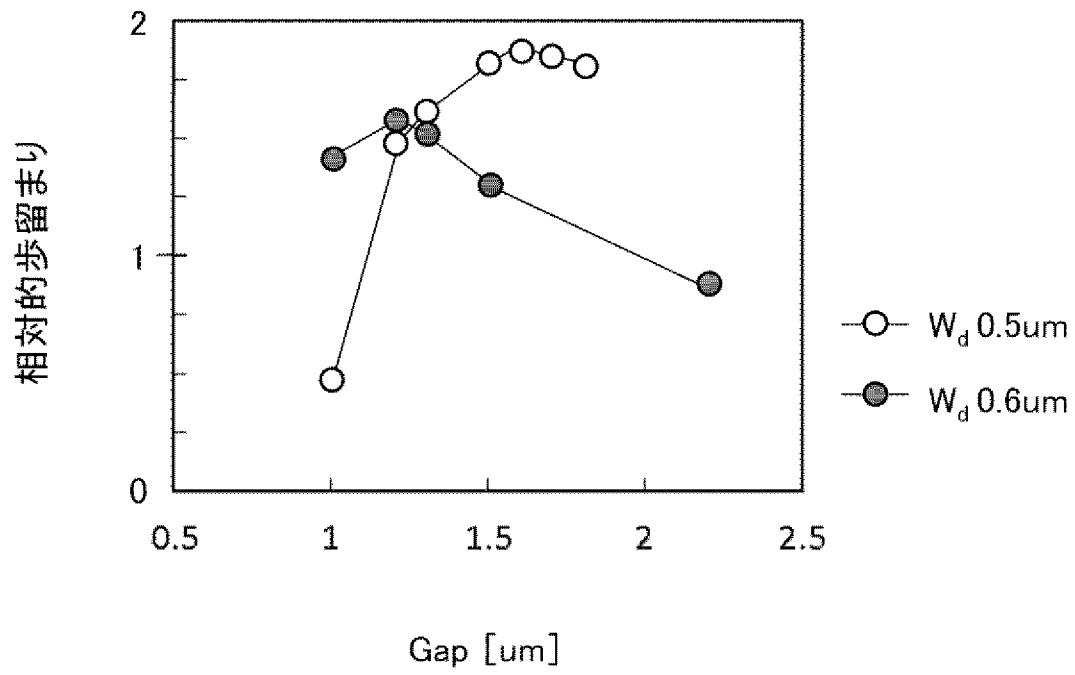
[図4]



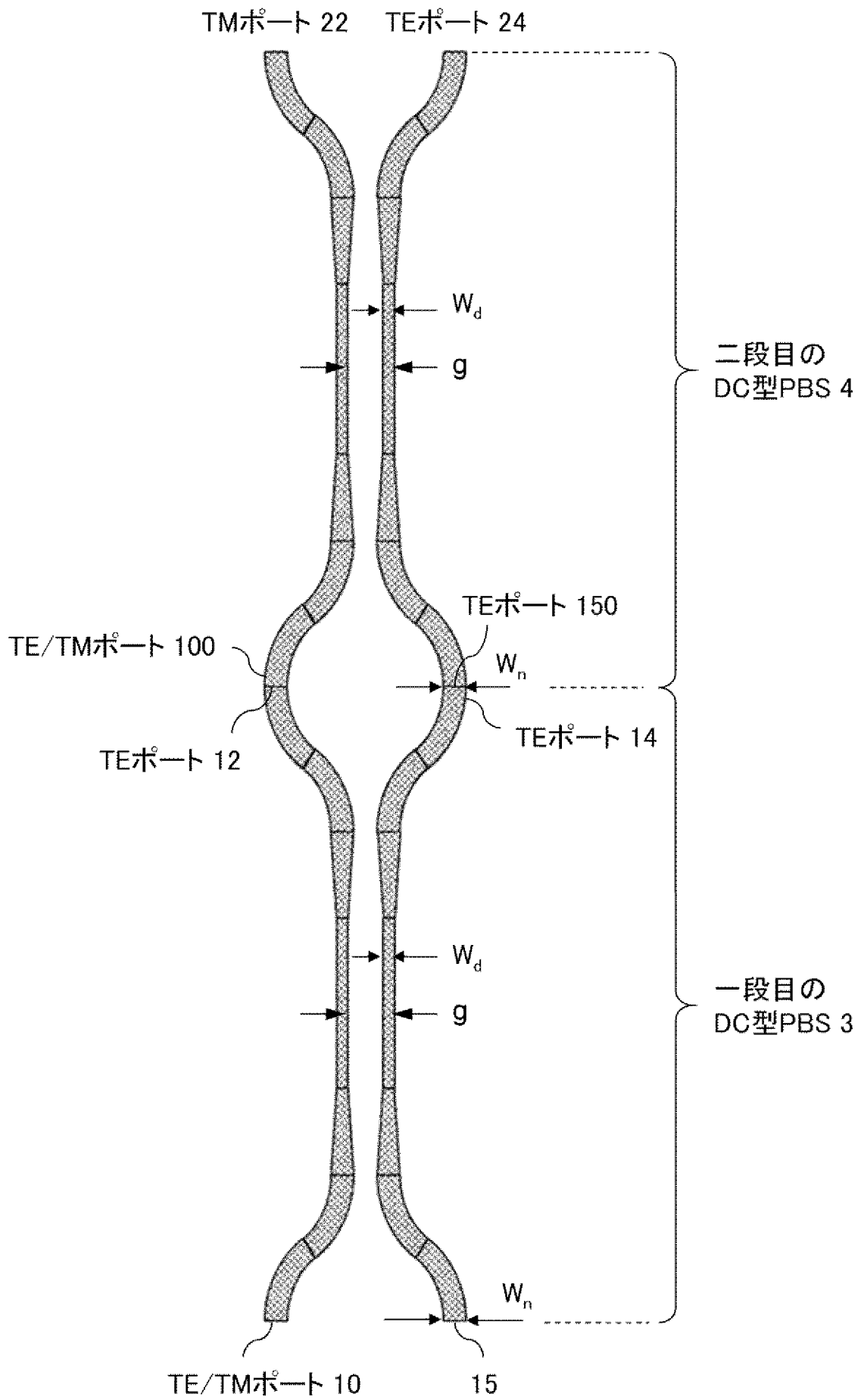
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/010996

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B6/126(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02B6/125(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)
G02B6/12-6/14, G02B6/26-6/27, G02B6/30-6/34, G02B6/42-6/43, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
OSA Publising

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2007-148290 A (Hitachi Chemical Co., Ltd.), 14 June 2007 (14.06.2007), paragraphs [0002] to [0004], [0016] to [0018], [0040] to [0041]; fig. 1 to 2, 6 to 9 & US 2007/0122080 A1 paragraphs [0002] to [0004], [0026] to [0028], [0054] to [0056]; fig. 1 to 2, 6 to 9	1 2-7
Y	JP 2015-225252 A (Fujikura Ltd.), 14 December 2015 (14.12.2015), paragraphs [0003], [0007], [0131] to [0136]; fig. 4, 10 (Family: none)	2-7

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 19 May 2017 (19.05.17)	Date of mailing of the international search report 30 May 2017 (30.05.17)
-------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/010996

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	LU et al., Wideband silicon photonic polarization beamsplitter based on point-symmetric cascaded broadband couplers, OPTICS EXPRESS, 2015.11, Vol.23, No.23, p.29413-p.29422, Fig.2	4-7
Y	CONG et al., Demonstration of a 3-dB directional coupler with enhanced robustness to gap variations for silicon wire waveguides, OPTICS EXPRESS, 2014.01, Vol.22, No.2, p.2051-p.2059, Fig.1	4-7
Y	WO 2014/125535 A1 (NEC Corp.), 21 August 2014 (21.08.2014), paragraph [0005] & US 2015/0378098 A1 paragraph [0004]	6-7
Y	WANG et al., Design of a SiO ₂ top-cladding and compact polarization splitter-rotator based on a rib directional coupler, OPTICS EXPRESS, 2014.02, Vol.22, No.4, p.4137-p.4143, Fig.1	6-7
Y	JP 2002-538486 A (Corning Inc.), 12 November 2002 (12.11.2002), paragraphs [0014], [0017]; fig. 1 & US 6175668 B1 column 3, line 64 to column 4, line 25; column 4, line 65 to column 5, line 15; fig. 1 & WO 00/50934 A1 & CN 1347510 A	7
Y	JP 2000-310721 A (Kyocera Corp.), 07 November 2000 (07.11.2000), paragraphs [0051], [0055] to [0056]; fig. 3 (Family: none)	7
A	JP 2014-115650 A (IMEC, Universiteit Gent), 26 June 2014 (26.06.2014), paragraphs [0049] to [0068], [0074] to [0078]; fig. 1 to 2, 12 to 14 & US 2014/0161384 A1 paragraphs [0064] to [0075], [0081] to [0085]; fig. 1 to 2, 12 to 14 & EP 2741113 A1	1-7
A	US 2003/0002127 A1 (GEORGE), 02 January 2003 (02.01.2003), paragraphs [0022] to [0025]; fig. 1 to 2 & WO 02/35266 A1	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B6/126(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02B6/125(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. G02B6/12-6/14, G02B6/26-6/27, G02B6/30-6/34, G02B6/42-6/43, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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）

OSA Publisng

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2007-148290 A（日立化成工業株式会社） 2007.06.14, 段落[0002]-[0004], [0016]-[0018], [0040]-[0041], 図 1-2, 6-9	1
Y	& US 2007/0122080 A1 段落[0002]-[0004], [0026]-[0028], [0054]-[0056], FIG. 1-2, 6-9	2-7
Y	JP 2015-225252 A（株式会社フジクラ） 2015.12.14, 段落[0003], [0007], [0131]-[0136], 図 4, 10 (ファミリーなし)	2-7

☑ 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

19.05.2017

国際調査報告の発送日

30.05.2017

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）

百瀬 正之

2L

4084

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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	LU et al., Wideband silicon photonic polarization beamsplitter based on point-symmetric cascaded broadband couplers, OPTICS EXPRESS, 2015.11, Vol.23, No.23, p.29413-p.29422, Fig.2	4-7
Y	CONG et al., Demonstration of a 3-dB directional coupler with enhanced robustness to gap variations for silicon wire waveguides, OPTICS EXPRESS, 2014.01, Vol.22, No.2, p.2051-p.2059, Fig.1	4-7
Y	WO 2014/125535 A1 (日本電気株式会社) 2014.08.21, 段落[0005] & US 2015/0378098 A1 段落[0004]	6-7
Y	WANG et al., Design of a SiO ₂ top-cladding and compact polarization splitter-rotator based on a rib directional coupler, OPTICS EXPRESS, 2014.02, Vol.22, No.4, p.4137-p.4143, Fig.1	6-7
Y	JP 2002-538486 A (コーニング・インコーポレーテッド) 2002.11.12, 段落[0014], [0017], 図1 & US 6175668 B1 第3欄第64行-第4欄第25行, 第4欄第65行-第5欄第15行, FIG.1 & WO 00/50934 A1 & CN 1347510 A	7
Y	JP 2000-310721 A (京セラ株式会社) 2000.11.07, 段落[0051], [0055]-[0056], 図3 (ファミリーなし)	7
A	JP 2014-115650 A (アイメック, ユニフェルジテイト・ヘント) 2014.06.26, 段落[0049]-[0068], [0074]-[0078], 図1-2, 12-14 & US 2014/0161384 A1 段落[0064]-[0075], [0081]-[0085], FIG.1-2, 12-14 & EP 2741113 A1	1-7
A	US 2003/0002127 A1 (GEORGE) 2003.01.02, 段落[0022]-[0025], Fig.1-2 & WO 02/35266 A1	1-7