

(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8月28日(28.08.2014)



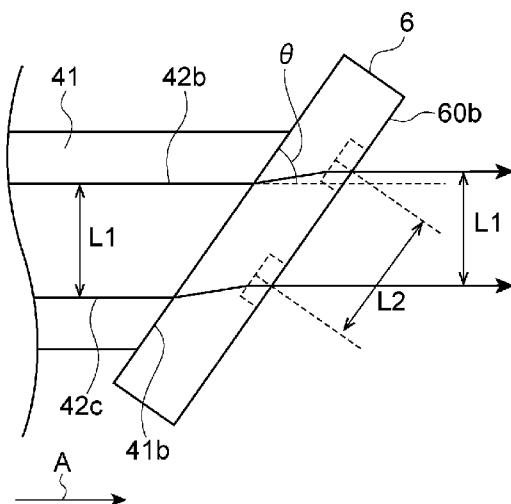
(10) 国際公開番号
WO 2014/129506 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/30 (2006.01) *G02F 1/035* (2006.01)
G02B 6/122 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/053940
- (22) 国際出願日: 2014年2月19日(19.02.2014)
- (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 2013-032404 2013年2月21日(21.02.2013) JP
- (71) 出願人: 住友大阪セメント株式会社(SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岡村 美紀(OKAMURA Miki); 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP). 原 徳隆(HARA Tokutaka); 〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (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 MY PLAZA (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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).

(54) Title: OPTICAL DEVICE

(54) 発明の名称: 光デバイス



(57) Abstract: An optical device comprising a waveguide substrate (41) having two waveguides (42b, 42c) formed along the waveguide surface and respectively emitting first and second emission lights parallel to each other from the two waveguides at the emission end surface (41b), and a light collecting member (6) having first and second light collecting elements molded on an element placement surface with a constant interval maintained therebetween, for respectively receiving, collimating, and emitting the first and second emission lights, wherein the optical device satisfies $0^\circ < |\theta| < 90^\circ$, where an angle between the emission end surface and a waveguide direction (A) in the waveguide plane is set as θ . By appropriately setting θ , the deviation of an optical path associated with manufacturing error and so forth of an interval (L1) between the two waveguides and an interval (L2) between the first and second light collecting elements can be eliminated.

(57) 要約: 導波路面に沿って2つの導波路42b、42cが形成され、出射端面41bにおいて該2つの導波路からそれぞれ第1、2の出射光が平行に出射される導波路基板41と、前記第1、2の出射光をそれぞれ入射してコリメートして出射する第1、2の集光素子が一定の間隔を保持した状態で素子設置面上に成型された集光部材6と、を有する光デバイスであって、

導波路面内における前記出射端面と導波路方向Aとのなす角を θ としたときに、 $0^\circ < |\theta| < 90^\circ$ を満たす。前記 θ を適宜設定することにより、前記2つの導波路の間隔L1と前記第1、2の集光素子の間隔L2の製造誤差等に伴う、光路のズレが解消される。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：光デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、光デバイスに関する。

背景技術

[0002] 100Gb/sの高速且つ大容量の光ファイバ通信を可能にする光デバイスとして、偏波直交4値位相変調器(DP-QPSK; Dual Polarization-Quadrature Phase Shift Keying)が知られている。例えば、特許文献1のDP-QPSKでは、LN基板上に2組のマッハツェンダ型の光導波路が設けられ、それぞれのマッハツェンダ型の光導波路から出射された光の一方または両方の偏波面を回転させ、これらの光の偏波面が互いに直交する関係で合波することにより偏波合成して出力している。偏波合成の光学系構成については、例えば特許文献2において、基板出射端面の近く配置されたレンズ(集光素子)でコリメート(集光)した後に1/2波長板で一方の偏波面を回転させ、ミラーと偏光ビームスプリッタ(PBS)によって合波して出射する構成が示されている。しかし、これらの構成では、一つ一つの光学系の取り付け、調整のためにスペースや工数を必要とするため、変調器のサイズや部材・組立コストの点で問題がある。この問題を解決するために、特許文献2の基板出射端の近くに取り付けられる集光素子として、例えば特許文献3に記載のように、2つの光路から出射された光がそれぞれ入射して平行に出射するレンズが配列形成されたレンズアレイ(集光部材)を用いることが考えられる。このようなレンズアレイや、ミラーやPBSが一体成型された偏波合成素子を用いることで、変調器のサイズ及び部材コストの低減や生産性の向上が期待される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-078508号公報

特許文献2：特開2012-047953号公報

特許文献3：特開2004-151416号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、変調器に用いられる導波路の導波路間距離・レンズアレイのレンズ間距離には、それぞれ金型やフォトリソ等による製造誤差が含まれる可能性がある。具体的には、製造誤差として $1\mu\text{m}$ 程度の誤差が各部材に発生すると考えると、両者の製造誤差を加味すると最大 $2\mu\text{m}$ 程度のずれが生じる可能性がある。この場合、2つの導波路から出射された光が互いに平行とならないなど設計上の光路とずれる等の理由によって、変調器から外部へ出力するための光出力部との結合効率が低くなり、変調器から出射される光の光量が減少することが考えられる。

[0005] 本発明は、上記を鑑みてなされたものであり、外部へ出力する光の光量を好適に維持することが可能な光デバイスを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一側面に係る光デバイスは、導波路面に沿って2つの導波路が形成され、該導波路面とは異なる出射端面において該2つの導波路からそれぞれ出射される第1の出射光及び第2の出射光が平行に出射される導波路基板と、前記第1の出射光を入射してコリメートして出射する第1の集光素子と、前記第2の出射光を入射してコリメートして出射する第2の集光素子と、が一定の間隔を保持した状態で素子設置面上に成型された集光部材と、を有する光デバイスであって、前記導波路面内における前記導波路基板の出射端面と前記導波路の延在方向である導波路方向とのなす角を θ としたときに、 $0^\circ < |\theta| < 90^\circ$ を満たすことを特徴とする。

[0007] 上記の光デバイスによれば、光導波路基板の出射端面と導波路方向とのなす角 θ を $0^\circ < |\theta| < 90^\circ$ とすることにより、2つの導波路の導波路基板からの出射端の位置を導波路方向に沿って互いにずらすことができる。これに対して、第1の集光素子と第2の集光素子とが素子設置面上に成型された

集光部材の取り付け位置を調整することで、2つの導波路間の距離と、集光部材の2つのレンズ間の距離と、の調整が可能となり、外部へ出力する光の光量を好適に維持することが可能となる。

[0008] ここで、上記作用を効果的に奏する構成として、具体的には、導波路基板の出射端面と導波路方向とのなす角 θ は、第1の出射光と第2の出射光との間の距離と、第1の集光素子と第2の集光素子との間の距離と、に基づいて決定される態様が挙げられる。

[0009] また、素子設置面と導波路方向とのなす角を x としたときに、 $\theta = x$ である態様とすることができる。

[0010] また、素子設置面と導波路方向とのなす角を x としたときに、 $\theta \neq x$ である態様としてもよい。

[0011] ここで、集光部材と導波路基板の出射端面との間の第1の集光素子から出射される光の光路上及び第2の集光素子から出射される光の光路上に、導波路とは屈折率が異なる媒質をさらに備える態様とすることもできる。

[0012] 集光部材の素子設置面は、第1の出射光及び第2の出射光が入射する端面とは逆側に設けられ、第1の出射光及び第2の出射光が入射する端面と導波路方向とのなす角は x とは異なる態様とすることができる。

[0013] このように、集光部材の素子設置面と入射側の端面とを互いに平行とはせず、異なる角度としてもよい。導波路の間隔又はレンズの間隔に応じて、集光部材の形状を適宜変更することで、外部へ出力する光の光量を好適に維持する環境をより好適に実現することができる。

発明の効果

[0014] 本発明の一側面によれば、外部へ出力する光の光量を好適に維持することが可能な光デバイスが提供される。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]第1実施形態に係る光変調器の構成を概略的に示す図である。

[図2]従来の光変調器における光導波路と集光部材との配置について説明する図である。

[図3]第1実施形態に係る光変調器における光導波路と集光部材との配置について説明する図である。

[図4]第2実施形態に係る光変調器における光導波路と集光部材との配置を説明する図である。

[図5]第2実施形態に係る光変調器で用いられる媒質による光路の変化について説明する図である。

[図6]第2実施形態に係る光変調器における光導波路と集光部材との配置の変形例を説明する図である。

[図7]第2実施形態に係る光変調器における光導波路と集光部材との配置の変形例を説明する図である。

[図8]第3実施形態に係る光変調器における光導波路と集光部材との配置を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

[0017] (第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る光デバイス的一种である光変調器の構成を概略的に示す図である。図1に示されるように、光変調器1は、光ファイバF1によって導入された入力光を変調して、光ファイバF2に変調光を出力する装置である。光変調器1は、光入力部2と、中継部3と、光変調素子4と、終端部5と、集光部材6と、偏波合成部7と、光出力部8と、モニタ部9と、筐体10と、を備え得る。

[0018] 筐体10は、一方向（以下、「方向A」という。）に延びる箱型の部材であって、例えばステンレス鋼から構成されている。筐体10は、方向Aにおける両端面である一端面10a及び他端面10bを有する。一端面10aには光ファイバF1を挿入するための開口が設けられている。筐体10は、例えば、光入力部2、中継部3、光変調素子4、終端部5、集光部材6、偏波合成部7及びモニタ部9を収容する。

[0019] 光入力部2は、光ファイバF1によって導入される入力光を光変調素子4

に供給する。光入力部 2 は、光ファイバ F 1 と光変調素子 4 との接続を補助するための補助部材を備えてもよい。

[0020] 中継部 3 は、外部から供給される電気信号である変調信号を中継して光変調素子 4 に出力する。中継部 3 は、例えば筐体 10 の側面 10 c に設けられた変調信号入力用のコネクタを介して変調信号を入力し、光変調素子 4 に変調信号を出力する。

[0021] 光変調素子 4 は、中継部 3 から出力される変調信号に応じて、光入力部 2 から供給される入力光を変調光に変換する装置である。光変調素子 4 は、基板 4 1（導波路基板）と、光導波路 4 2 と、信号電極 4 3 と、を備え得る。基板 4 1 は、例えばニオブ酸リチウム（ LiNbO_3 、以下「LN」という。）などの電気光学効果を奏する誘電体材料から構成されている。LN を用いた光変調素子を LN 光変調素子と呼ぶ。基板 4 1 は方向 A に沿って延びており、方向 A における両端部である一端部 4 1 a 及び他端部 4 1 b を有する。また、基板を構成する材料としては、誘電体材料の他に、半導体又は E O ポリマー等が挙げられる。

[0022] 光導波路 4 2 は、基板 4 1 上に設けられている。光導波路 4 2 は、例えばマッハツェンダ（Mach-Zehnder : MZ）型の光導波路であって、光変調素子 4 の変調方式に応じた構造を有する。この例では、光変調素子 4 の変調方式は、DP-QPSK（Dual Polarization-Quadrature Phase Shift Keying : 偏波直交 4 値位相変調）変調方式である。この場合、光導波路 4 2 は、入力導波路 4 2 a と、マッハツェンダ部 4 2 d と、マッハツェンダ部 4 2 e と、出力導波路 4 2 b と、出力導波路 4 2 c と、を備える。入力導波路 4 2 a は基板 4 1 の一端部 4 1 a から方向 A に沿って延び、分岐されてマッハツェンダ部 4 2 d の入力端及びマッハツェンダ部 4 2 e の入力端にそれぞれ接続されている。出力導波路 4 2 b は、マッハツェンダ部 4 2 d の出力端から他端部 4 1 b まで方向 A に沿って延びている。出力導波路 4 2 c は、マッハツェンダ部 4 2 e の出力端から他端部 4 1 b まで方向 A を含む面（導波路面）に沿って方向 A へ向かって延びている。すなわち、方向 A は、導波路の延

在方向である導波路方向に相当する。

[0023] 信号電極 4 3 は、変調信号に応じた電界を光導波路 4 2 に印加するための部材であって、基板 4 1 上に設けられている。信号電極 4 3 の配置及び数は、基板 4 1 の結晶軸の向き及び光変調素子 4 の変調方式に応じて決定される。各信号電極 4 3 には、中継部 3 から出力される変調信号がそれぞれ印加される。

[0024] 光変調素子 4 では、光入力部 2 から光変調素子 4 に入力される入力光は、入力導波路 4 2 a によってマッハツェンダ部 4 2 d 及びマッハツェンダ部 4 2 e に導かれる。入力光は、マッハツェンダ部 4 2 d 及びマッハツェンダ部 4 2 e においてそれぞれ変調され、出力導波路 4 2 b 及び出力導波路 4 2 c を通って光変調素子 4 から出力される。

[0025] 終端部 5 は、変調信号の電氣的終端である。終端部 5 は、光変調素子 4 の信号電極 4 3 の各々に対応した抵抗器を備え得る。各抵抗器の一端は光変調素子 4 の信号電極 4 3 に電氣的に接続され、各抵抗器の他端は接地電位に接続されている。各抵抗器の抵抗値は、信号電極 4 3 の特性インピーダンスと略等しく、例えば 50 Ω 程度である。

[0026] 集光部材 6 は、光変調素子 4 から出力される変調光を集光する。集光部材 6 は、基板 4 1 の他端部 4 1 b（出射端面）に設けられている。集光部材 6 は、基材 6 0 と、基板 4 1 の他端部 4 1 b 側の一端面 6 0 a と対向する他端面 6 0 b 上に例えば集光素子 6 a、6 b と、を含んで構成される。集光素子 6 a、6 b は、例えば集光レンズである。基材 6 0 は、略直方体形状を有し、集光素子 6 a、6 b と同様に透光性を有する。基材 6 0 の一端面 6 0 a と他端面 6 0 b とは互いに平行である。集光素子 6 a は出力導波路 4 2 b の出力端に設けられ、出力導波路 4 2 b の他端部 4 1 b 側の端部から出射される光（第 1 の出射光）を入力し、コリメートして出射する。また、集光素子 6 b は出力導波路 4 2 c の出力端に設けられ、出力導波路 4 2 c の他端部 4 1 b 側の端部から出射される光（第 2 の出射光）を入力し、コリメートして出射する。集光レンズとしては、一般的な球面レンズの他に、フレネルレンズ

、ホログラフィックレンズなどの回折型レンズ、屈折率分布型レンズ、などを用いることが可能である。

[0027] 上記の構成を有する集光部材6は、集光素子6a（第1の集光素子）及び集光素子6b（第2の集光素子）が一定の間隔を保持した状態で基材60の他端面60b（素子設置面）上に成型されたレンズアレイとして実現するのが好適である。集光部材6は、基材60の表面にそれぞれ独立に作成した集光素子6a、6bを貼り付けることでも製造可能だが、フォトリソプロセス又はモールド成型技術等を用いて、基材60の表面又は内部にレンズアレイとして成形すると、レンズ間隔及び性能が安定して、より好適である。以下の実施形態では、集光部材6が、集光素子6a及び集光素子6bが基材60に対して取り付けられたレンズアレイである場合について説明する。集光部材6によって集光された光は、偏波合成部7に供給される。

[0028] 偏波合成部7は、光変調素子4から出力される複数の変調光を合成する。偏波合成部7は、偏波回転部71と、偏波合成素子72と、を備え得る。偏波回転部71は、偏波回転素子と、ダミー素子と、を有してもよい。偏波回転素子は、入射光の偏波方向を回転する素子であって、例えば波長板である。ダミー素子は、入射光の偏波方向を回転することなく透過する素子である。偏波回転部71は、光変調素子4の出力導波路42bから出力される変調光と出力導波路42cから出力される変調光とのいずれか一方の偏波方向を例えば90度回転し、他方の偏波方向を回転しない。なお、別の例として一方の偏波方向を45度回転し、他方を−45度回転しても良い。

[0029] 偏波合成素子72は、入射光の偏波方向に応じて光路を変える素子であって、例えばルチル、 YVO_4 などの複屈折結晶から構成されている。偏波合成素子72は、偏波回転部71によって偏波回転される光と、偏波回転部71によって偏波回転されずに透過する光と、を合成する。また、偏波合成素子72は、偏光ビームスプリッタ（Polarization Beam Splitter：PBS）であってもよい。なお、複屈折結晶を用いる場合は、偏波を−45°と+45°に回転することで2つの入射光を互いに直交させる構成としてもよい。

[0030] 光出力部 8 は、偏波合成部 7 によって合成された光を光ファイバ F 2 に出力する。光出力部 8 は、窓部 8 1 と、集光素子 8 2 と、を備え得る。窓部 8 1 は、筐体 1 0 の他端面 1 0 b に設けられた開口に嵌め込まれている。窓部 8 1 は、例えばガラスから構成されており、偏波合成部 7 によって合成された光を筐体 1 0 の外部に透過する。集光素子 8 2 は、筐体 1 0 の外部に設けられている。集光素子 8 2 は例えば集光レンズである。窓部 8 1 を透過した光は、集光素子 8 2 によって集光され、光ファイバ F 2 に出力される。

[0031] モニタ部 9 は、例えば、各マッハツェンダ部 4 2 d, 4 2 e の光出力の相補的な光強度をモニタする。モニタ部 9 は光電変換素子を備え得る。光電変換素子は、光信号を電気信号に変換するための素子であって、例えばフォトダイオードである。光電変換素子は、例えば基板 4 1 上で、マッハツェンダ部 4 2 d の出力導波路 4 2 b と分岐した導波路上に置かれ、導波路から漏れだしたエバネッセント波を受光し、その光強度に応じた電気信号をバイアス制御部（不図示）に出力する。なお、モニタ部 9 は、光変調素子 4 から出力される放射光の光強度をモニタしてもよい。

[0032] ここで、本発明の特徴をなす部分である基板 4 1 の他端部 4 1 b（出射端面）及び集光部材 6 の形状について、図 2 及び図 3 を用いて説明する。図 2 は、一般的な従来の変調器における基板 4 1 の他端部 4 1 b と集光部材 6 との配置について説明する図である。

[0033] 図 2 に示すように、従来 of 光変調器 1' における基板 4 1 の他端部 4 1 b では、他端部 4 1 b を形成する出射端面は方向 A とのなす角 θ_0 が 90° となるように設けられることで、出力導波路 4 2 b, 4 2 c からの光は他端部 4 1 b から方向 A に向けて出射される。集光部材 6 を構成する基材 6 0 の一端面 6 0 a は、他端部 4 1 b と当接するように取り付けられる場合、出力導波路 4 2 b, 4 2 c から出射された光は、それぞれ基材 6 0 及び集光素子 6 a, 6 b を通過して、集光素子 6 a, 6 b から出射される。ここで、2 つの出力導波路 4 2 b, 4 2 c 間の距離を L_1 とし、2 つの集光素子 6 a, 6 b 間の距離を L_2 としたときに、 $L_1 = L_2$ の関係である場合には、集光素子

6 a, 6 b から出射される光は平行となる。しかしながら、 L_1 と L_2 とが $L_1 < L_2$ 又は $L_1 > L_2$ の関係となる場合には、出力導波路 4 2 b, 4 2 c から出射された光の少なくとも一方は、集光素子 6 a, 6 b の光軸とは異なる位置で集光素子に入射する。集光素子の光軸とは異なる位置で集光素子に入射した光が集光素子から出射されるとき、光の出射方向は入射方向（方向 A）とは異なる方向に出射される。このため、集光素子 6 a, 6 b から出射される 2 つの光の光路は平行とはならず、その結果、光出力部 8 における光の集光効率が低下する可能性がある。

[0034] これに対して、図 3 に示すように、本実施形態に係る光変調器 1 では、基板 4 1 の他端部 4 1 b（出射端面）と方向 A とのなす角 θ が $0^\circ < |\theta| < 90^\circ$ となるように方向 A に対して傾けられる。そして、集光部材 6 の集光素子 6 a, 6 b が設けられる他端面 6 0 b（素子設置面）と、基板 4 1 の他端部 4 1 b とが互いに平行となるように、基板 4 1 の他端部 4 1 b に対して集光部材 6 が取り付けられる。これにより集光素子 6 a, 6 b が設けられる他端面 6 0 b と方向 A とのなす角 x は、 $\theta = x$ を満たすと共に $0^\circ < |x| < 90^\circ$ とされる。ただし、集光素子の屈折率 < 基板の屈折率の場合、全反射角を除外する。例えば屈折率を 1.5 の集光素子と、屈折率 2.2 の LiNbO_3 基板を用いる場合、全反射角は $\theta = 47^\circ$ となるため、 θ は 47° 以上であることが好ましい。さらに、 θ は基板への戻り光が十分にカットできる角度であることが望ましい。例えば基板に LiNbO_3 を用いる場合は 87° 以下であれば反射戻り光を十分にカットできる。

[0035] このとき、基板 4 1 の出射端面と方向 A とのなす角 θ （及び集光部材 6 の他端面 6 0 b と方向 A とのなす角 x ）は、 $L_1 < L_2$ において、 $L_2 \sin \theta = L_1$ （ $L_2 \sin x = L_1$ ）の関係を満たすように設定する。

[0036] これにより、2 つの出力導波路 4 2 b, 4 2 c の間隔 L_1 と、集光素子 6 a, 6 b の間隔 L_2 とが互いに異なる場合に、角 x と平行な角 θ を上記の関係に基づいて設定することで、出力導波路 4 2 b, 4 2 c に対する集光素子 6 a, 6 b を好適に配置することが可能となる。具体的には、例えば、光変

調器 1 における設計値を $L_1 = L_2 = 500 \mu m$ とした場合に、製造誤差等により導波路間隔 L_1 が $499 \mu m$ となり、集光素子の中心間の間隔 L_2 が $501 \mu m$ となる可能性がある。この場合には、 $L_2 \sin \theta = L_1$ となるように、 $\theta = x = 84.9^\circ$ となるように他端部 41b（出射端面）を傾けた状態で、集光部材 6 を基板 41 に対して固定して光変調器 1 を作成することにより、光導波路間隔 L_1 に対する集光素子間隔 L_2 の差分をできるだけ小さくし、 L_1 と L_2 との差が原因となって集光素子 6a, 6b から出射される 2 つの光の光路が互いに平行とならず、光出力部 8 における光の集光効率の低下を抑制することができる。

[0037] このように、本実施形態に係る光変調器 1 では、導波路基板 41 の他端部 41b（出射端面）と導波路から出射される光の進行方向である方向 A とのなす角 θ を $0^\circ < |\theta| < 90^\circ$ とすることにより、2 つの出力導波路 42b, 42c の出射端の位置を方向 A に沿って互いにずらすことができる。これに対して、集光素子 6a, 6b とが他端面 60b 上に成型された集光部材 6 の取り付け位置を調整することで、2 つの出力導波路 42b, 42c 間の距離と、集光部材 6 の集光素子 6a, 6b 間の距離と、の調整が可能となり、外部へ出力する光の光量を好適に維持することが可能となる。

[0038] また、上記実施形態の光変調器 1 では、基板 41 の他端部 41b（出射端面）と方向 A とのなす角 θ が $0^\circ < |\theta| < 90^\circ$ となるように方向 A に対して傾けられると共に、集光部材 6 の集光素子 6a, 6b が設けられる他端面 60b と方向 A とのなす角 x は $\theta = x$ を満たす。これにより、2 つの出力導波路 42b, 42c 間の距離と、集光部材 6 の集光素子 6a, 6b 間の距離との差異に基づいた角 x の決定が容易になり、光変調器 1 の各部材についての簡単な調整で外部へ出力する光の光量を好適に維持することが可能となる。

[0039] （第 2 実施形態）

次に、第 2 実施形態に係る光変調器について説明する。第 2 実施形態以降の光変調器においては、基板 41 の他端部 41b（出射端面）と方向 A との

なす角 θ と、集光部材 6 の集光素子 6 a, 6 b が設けられる他端面 6 0 b と方向 A とのなす角 x とが互いに異なる場合について説明する。

[0040] 図 4 は、第 2 実施形態に係る光変調器 1 A の基板 4 1 の他端部 4 1 b (出射端面) 及び集光部材 6 近傍を拡大した図である。本実施形態に係る光変調器 1 A が第 1 実施形態の光変調器と異なる点は、基板 4 1 の他端部 4 1 b と方向 A とのなす角 θ と、集光部材 6 の一端面 6 0 a と方向 A とのなす角 x とが異なる点である。図 4 の光変調器 1 A では、基板 4 1 の他端部 4 1 b に対して集光部材 6 の一端面 6 0 a が傾いた状態であり、 $\theta \neq x$ となっている。そして、基板 4 1 の他端部 4 1 b と集光部材 6 の一端面 6 0 a との間の空隙には、基板 4 1 と異なる屈折率を有する媒質として、基板 4 1 と集光部材 6 とを固定する接着剤 6 5 が充填されている場合について説明する。なお、基板 4 1 と集光部材 6 との間に挿入される媒質としては、空気、光学接着剤、ガラスウェッジ板等、光を透過する媒質であれば特に制限されない。なお、媒質と集光部材との界面における光の反射を防ぐ目的から、媒質の屈折率は集光部材と同等であることが好ましい。あるいは、媒質と集光部材との界面に適宜反射防止膜を施してもよい。

[0041] 基板 4 1 と集光部材 6 との間に媒質が挿入された状態で、2 つの出力導波路 4 2 b, 4 2 c に対する集光部材 6 の集光素子 6 a, 6 b の位置を合わせる方法について、図 5 の模式図を用いて説明する。ここでは、簡単のために集光部材 6 の一端面 6 0 a (及び他端面 6 0 b) は方向 A に対して垂直であると仮定し ($x = 90^\circ$)、基板 4 1 の他端部 4 1 b と集光部材 6 の一端面 6 0 a のなす角を $90^\circ - \theta$ ($\pi/2 - \theta$) とする。この条件で、2 つの出力導波路 4 2 b, 4 2 c の間隔を L_1 とし、集光素子 6 a, 6 b の間隔を L_2 とし、基板 4 1 の屈折率を n_1 とし、媒質 (接着剤 6 5) の屈折率を n_2 としたとき、

$$L_2 = L_1 (1 - 1 / \tan \theta \cdot [\tan \{ \theta - \cos^{-1} (n_1 / n_2 \times \cos \theta) \}])$$

という関係が成り立つ。したがって、例えば、 $L_1 = 500 \mu\text{m}$ 、 $n_1 = 2$

、 $n_2 = 1.5$ 、 $\theta = 85^\circ$ だとすると、 $L_2 = 498 \mu\text{m}$ となる。また、媒質の屈折率 n_2 を変えると、これに応じて、 L_2 は変動する。したがって、屈折率の異なる媒質を選択することにより、基板 41 の他端部 41b と集光部材 6 の一端面 60a のなす角 ($90^\circ - \theta$) を変更することなく、 L_1 と L_2 との関係を変更して、2つの出力導波路 42b、42c に対する集光部材 6 の集光素子 6a、6b の位置を合わせることが可能となる。なお、第1実施形態は、 $L_1 < L_2$ のケースに対応したが、本実施形態では、前述のように $L_1 > L_2$ のケースにも対応が可能である。

[0042] 第2実施形態に示す光変調器 1A のように、基板 41 の他端部 41b (出射端面) と方向 A とのなす角 θ が $0^\circ < |\theta| < 90^\circ$ となるように方向 A に対して傾けられると共に、集光部材 6 の集光素子 6a、6b が設けられる他端面 60b と方向 A とのなす角 x は $\theta \neq x$ を満たす関係である場合でも、光変調器 1A から外部へ出力する光の光量を好適に維持することが可能となる。

[0043] さらに、基板 41 と集光部材 6 との間に屈折率が基板 41 と異なる媒質を挿入する構成とした場合には、媒質の屈折率に応じて、2つの出力導波路 42b、42c の間隔 L_1 と集光素子 6a、6b の間隔 L_2 との関係を変更して、2つの出力導波路 42b、42c に対する集光部材 6 の集光素子 6a、6b の位置を合わせることができ、光変調器 1A から外部へ出力する光の光量の維持をより好適に行うことができる。

[0044] なお、第2実施形態に係る光変調器 1A の変形例を図 6 及び図 7 に示す。図 3 及び図 4 に示す光変調器 1A では、集光部材 6 の一端面 60a 及び他端面 60b が方向 A に対して垂直である場合について説明したが、基材 60 の一端面 60a 及び他端面 60b が互いに平行であるとする、集光部材 6 の主面と方向 A とのなす角 x が $0^\circ < |x| < 90^\circ$ となる構成としてもよい。

[0045] 図 6 は、基板 41 の他端部 41b と方向 A とのなす角 θ よりも基材 60 の主面と方向 A とのなす角 x が大きい場合 ($\theta < x$) について模式的に示して

いる。また、図7では、基板41の他端部41bと方向Aとのなす角 θ よりも基材60の主面と方向Aとのなす角 x が小さい場合($\theta > x$)について模式的に示している。また、図6及び図7では、媒質として、ガラスウェッジ板66を挿入した構成を示している。ガラスウェッジ板66を基板41と集光部材6との間の媒質として用いる場合、例えば固定治具等を用いて基板41及び集光部材6を所望の角度に好適に固定しやすくなる。

[0046] 図5～図7に示すように、基板41の他端部41bと方向Aとのなす角 θ よりも基材60の主面と方向Aとのなす角 x とは異ならせることができ、さらに、 θ と x との角度は適宜変更することができる。 θ 及び x の角度は、2つの出力導波路42b、42cの間隔 L_1 、集光素子6a、6bの間隔 L_2 、基板41の屈折率と媒質の屈折率との差等に基づいて決めることが好ましい。

[0047] (第3実施形態)

次に、第3実施形態に係る光変調器について説明する。第3実施形態以降の光変調器においては、集光素子6a、6bの形状が第1実施形態及び第2実施形態と相違する。

[0048] 図8は、第3実施形態に係る光変調器1Bの基板41の他端部41b(出射端面)及び集光部材6近傍を拡大した図である。本実施形態に係る光変調器1Bでは、集光部材6の一端面60aと方向Aとのなす角 x_0 と、集光素子6a、6bが設けられる他端面60bと方向Aとのなす角 x_1 が異なる($x_0 \neq x_1$)点である。すなわち、集光部材6の基材60'がウェッジ状に成型されていて、一端面60aは基板41と接続する。一方で、他端面60bに集光素子6a、6bが設けられている。

[0049] このような構成を有する集光部材6を用いる場合には、第2実施形態の光変調器1Aのように、基板41と集光部材6との間に設けられる媒質の機能を集光部材6の基材60が備え、2つの出力導波路42b、42cに対する集光部材6の集光素子6a、6bの位置を好適に設定することができる。また、基板41と集光部材6との間に媒質を設けなくてもよいので、部品点数

を減らすこともできる。

[0050] なお、集光部材6の一端面60aと方向Aとのなす角 $\times 0$ 、及び、集光素子6a、6bが設けられる他端面60bと方向Aとのなす角 $\times 1$ については、2つの出力導波路42b、42cの間隔L1、集光素子6a、6bの間隔L2、基板41の屈折率と集光部材6の基材60の屈折率との差等に基づいて決めることが好ましい。

[0051] 以上、本実施形態に係る光変調器について説明したが、本発明に係る光デバイスは上記実施形態に限定されない。例えば、上記実施形態ではDP-QPSK変調方式の光変調器について説明をしたが、2つの出力導波路が形成されて、これらの基板から互いに平行な第1の出射光及び第2の出射光を出射する基板と、第1の出射光及び第2の出射光のそれぞれを個別にコリメートして出射する2つの集光素子を備える集光部と、を備える光デバイスであれば、本発明の構成を適用することができる。なお、以上の説明では、基材60の表面に集光素子6a、6bを設置するものとして、端面60bを素子設置面としたが、集光素子6a、6bの位置が、基材60の表面から等距離にない場合は、集光素子6a、6bを結ぶ直線を含み、出力導波路42b、42cを含む面に垂直な面を素子設置面と考えることができる。ここで、集光素子6a、6bを結ぶ直線とは、例えば、集光素子6aの主面と第1の出射光の主光線との交点と、集光素子6bの主面と第2の出射光の主光線との交点とを通る直線である。したがって、素子設置面とは実施例で記載の60bに限定されるものではなく、実質的には固定された2つの集光素子の位置関係（間隔）を説明する上で使用した概念であり、当該2つの集光素子の位置関係が固定された集光部材6と、第1の出射光及び第2の出射光との位置関係（間隔）を調整することで効率よくコリメートできれば本願の構成に含まれるものである。

[0052] また、上記では第1～第3実施形態に係る光変調器の構成について説明をしているが、各実施形態に記載の構成を組み合わせてもよい。例えば、集光部材6の基材61の形状をウェッジ状としたうえで、集光部材6と基板41

との間に媒質を設ける構成とすることもできる。

[0053] また、本発明に係る光デバイスを量産する場合には、導波路間隔及びレンズアレイのレンズ間隔は、同じロット内ではほぼばらつきなく製造することができるので、製造された部材における導波路間隔及びレンズ間隔を実測し、その結果に基づいて、基板41の他端部41bの角度 θ 、集光部材6の端面60bの角度 α 、その他集光部材6の形状等を一度決定すれば、そのロット内では同じ設定で製造することも可能であり、高精度で安定した製品を効率よく製造することが可能である。

符号の説明

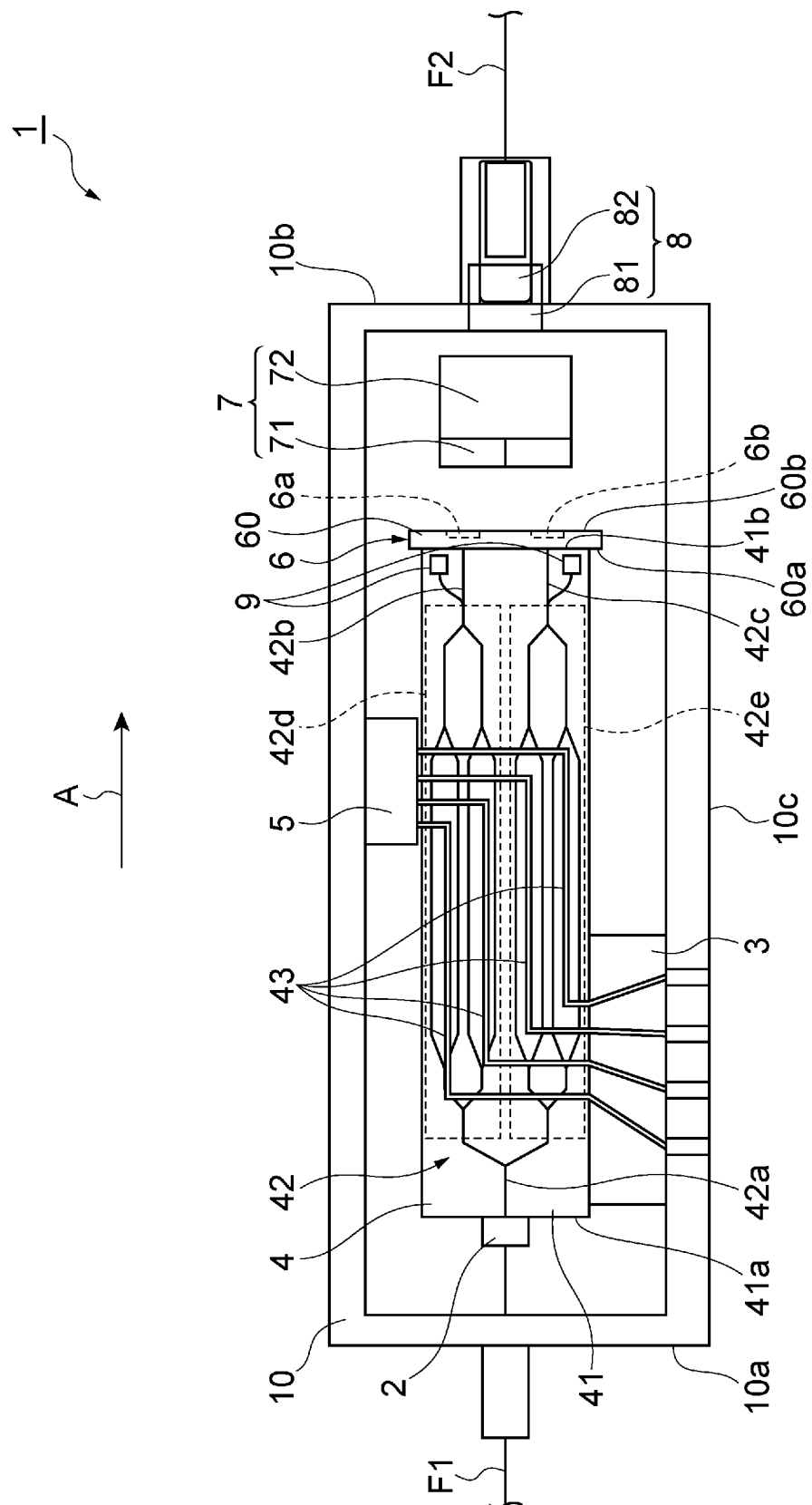
[0054] 1, 1A, 1B…光変調器、2…光入力部、3…中継部、4…光変調素子、5…終端部、6…集光部材、6a, 6b…集光素子、7…偏波合成部、8…光出力部、9…モニタ部、10…筐体、41…基板、42b, 42c…出力導波路、60…基材。

請求の範囲

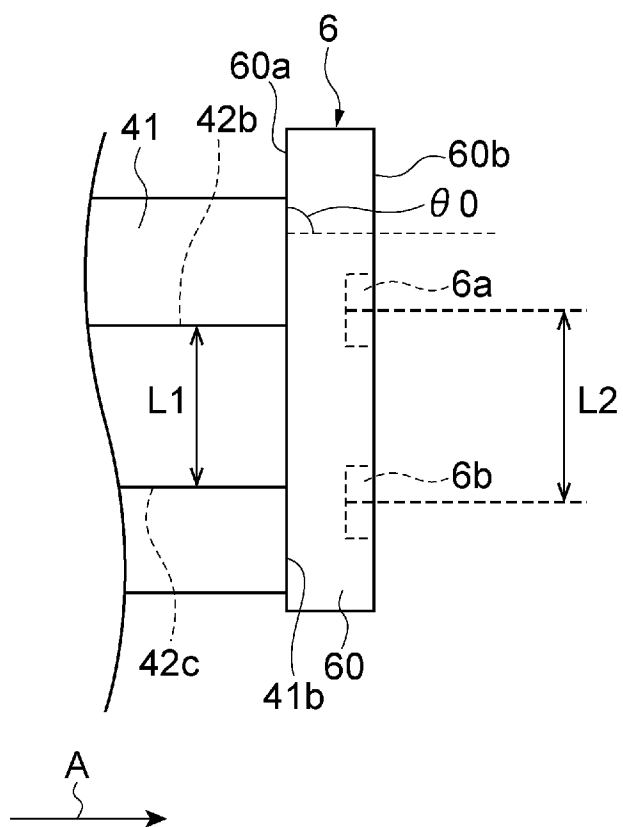
- [請求項1] 導波路面に沿って2つの導波路が形成され、該導波路面とは異なる出射端面において該2つの導波路からそれぞれ出射される第1の出射光及び第2の出射光が平行に出射される導波路基板と、
- 前記第1の出射光を入射してコリメートして出射する第1の集光素子と、前記第2の出射光を入射してコリメートして出射する第2の集光素子と、が一定の間隔を保持した状態で素子設置面上に成型された集光部材と、
- を有する光デバイスであって、
- 前記導波路面内における前記導波路基板の出射端面と前記導波路の延在方向である導波路方向とのなす角を θ としたときに、 $0^\circ < |\theta| < 90^\circ$ を満たすことを特徴とする光デバイス。
- [請求項2] 前記導波路基板の出射端面と前記導波路方向とのなす角 θ は、
- 前記第1の出射光と前記第2の出射光との間の距離と、前記第1の集光素子と前記第2の集光素子との間の距離と、に基づいて決定されることを特徴とする請求項1記載の光デバイス。
- [請求項3] 前記素子設置面と前記導波路方向とのなす角を x としたときに、
- $\theta = x$ であることを特徴とする請求項1又は2記載の光デバイス。
- [請求項4] 前記素子設置面と前記導波路方向とのなす角を x としたときに、
- $\theta \neq x$ であることを特徴とする請求項1又は2記載の光デバイス。
- [請求項5] 前記集光部材と前記導波路基板の出射端面との間の前記第1の集光素子から出射される光の光路上及び第2の集光素子から出射される光の光路上に、前記導波路とは屈折率が異なる媒質をさらに備えることを特徴とする請求項4記載の光デバイス。
- [請求項6] 前記集光部材の素子設置面は、前記第1の出射光及び前記第2の出射光が入射する端面とは逆側に設けられ、
- 前記第1の出射光及び前記第2の出射光が入射する端面と前記導波路方向とのなす角は前記 x とは異なることを特徴とする請求項4記載

の光デバイス。

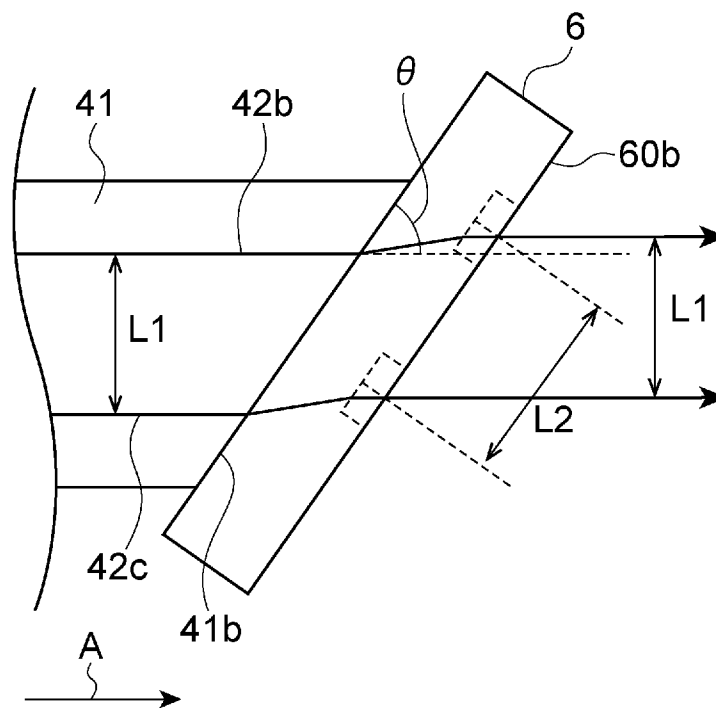
[図1]



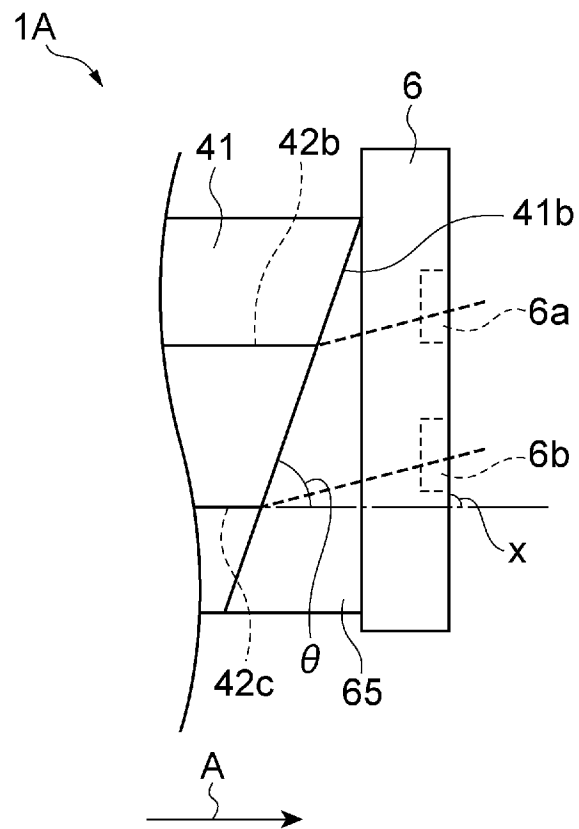
[図2]



[図3]

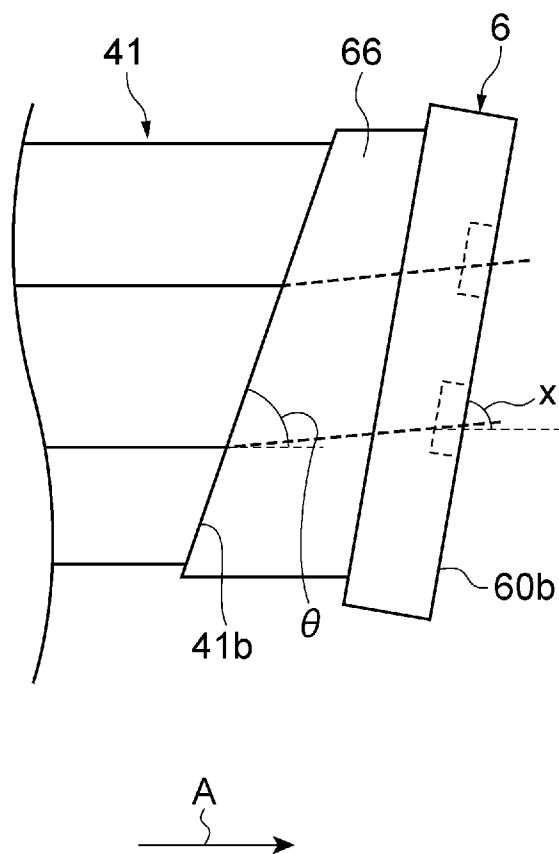


[図4]

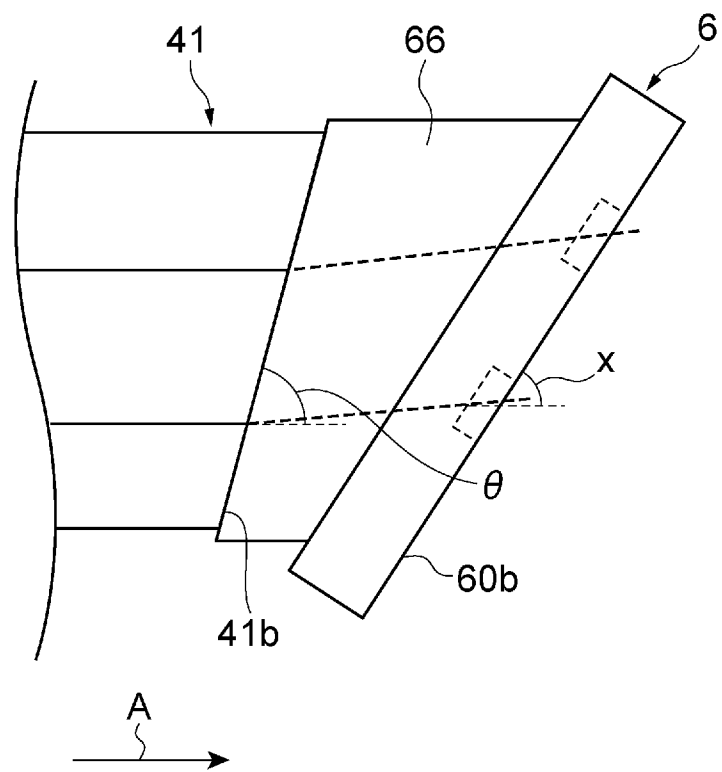


[illegible]

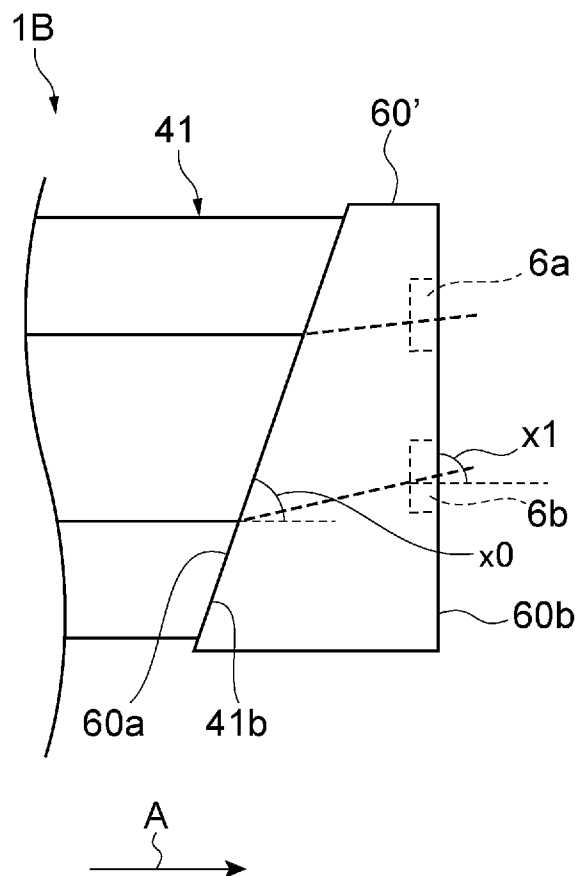
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/053940

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/30(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02F1/035(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)

G02B6/30, G02B6/122, G02F1/035

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 A	JP 2011-203377 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 13 October 2011 (13.10.2011), paragraphs [0007], [0031]; fig. 4, 9, 10 (Family: none)	1-3 4-6
Y A	JP 2012-47953 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 08 March 2012 (08.03.2012), paragraphs [0028], [0030]; fig. 3 (Family: none)	1-5 6
Y A	WO 2008/099950 A1 (NGK Insulators, Ltd.), 21 August 2008 (21.08.2008), page 14, lines 10 to 12; fig. 1, 2 & US 2009/0274408 A1	1-5 6

☒ 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
31 March, 2014 (31.03.14)

Date of mailing of the international search report
08 April, 2014 (08.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/053940

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2010-286770 A (Fujitsu Optical Components Ltd.), 24 December 2010 (24.12.2010), paragraph [0068]; fig. 16 & US 2010/0316326 A1	1-5 6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B6/30(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02F1/035(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（I P C））

Int.Cl. G02B6/30, G02B6/122, G02F1/035

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 A	JP 2011-203377 A（日本電信電話株式会社）2011.10.13, 段落【0007】、【0031】、【図4】、【図9】、【図10】（ファミリーなし）	1-3 4-6
Y A	JP 2012-47953 A（住友大阪セメント株式会社）2012.03.08, 段落【0028】、【0030】、【図3】（ファミリーなし）	1-5 6
Y A	WO 2008/099950 A1（日本碍子株式会社）2008.08.21, 14頁10-12行, 第1図, 第2図 & US 2009/0274408 A1	1-5 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

3 1 . 0 3 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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 英一

2 X

9 1 2 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4

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 A	JP 2010-286770 A (富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社) 2010.12.24, 段落【0068】、【図16】 & US 2010/0316326 A1	1-5 6