(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
2012 年 8 月 30 日(30.08.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/115133 A1

(51) 国際特許分類:
G02F 1/035 (2006.01) *G02B 6/30* (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054228

(22) 国際出願日: 2012 年 2 月 22 日(22.02.2012)

(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 2011-037718 2011 年 2 月 23 日(23.02.2011) JP
特願 2011-037719 2011 年 2 月 23 日(23.02.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 加藤 圭(**KATOU Kei**) [JP/JP]; 〒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). 菅野 慎介(**KANNO Shinsuke**) [JP/JP]; 〒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). 清水 亮(**SHIMIZU Ryo**) [JP/JP]; 〒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). 宮崎 徳一(**MIYAZAKI Norikazu**) [JP/JP]; 〒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). 一明 秀樹(**ICHIMEI Hideki**) [JP/JP]; 〒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: 田村 爾, 外(**TAMURA Chikashi** et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂１丁目３番１９号 芳明ビル４階 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, 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, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

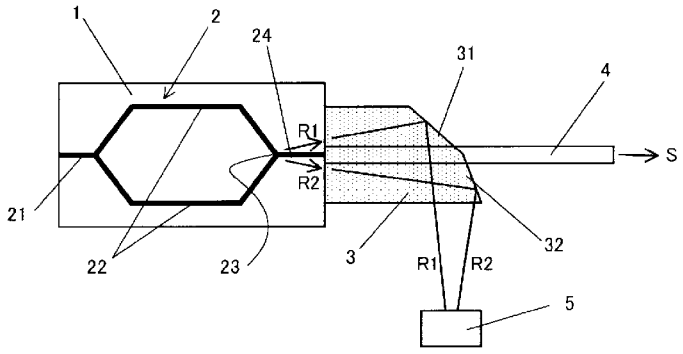
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) **Title**: LIGHT MODULATOR

(54) 発明の名称 : 光変調器

[図1]



(57) **Abstract**: The purpose of the present invention is to provide a light modulator that is capable of compensating for a phase difference between the output light of the light modulator and monitor light, and that has a structure which is simple and which can be miniaturized. A light modulator is provided with the following: a substrate (1) having an electro-optic effect; an optical waveguide (2) that includes Mach-Zehnder type optical waveguides (21 to 24) formed on the substrate; a modulation electrode for modulating the light waves propagated through the optical waveguide; and an optical fiber (4) that guides the light projected from the optical waveguide. The light modulator is characterized by having the following means: a light concentration means (31, 32) that concentrates two radiated light rays (R1, R2) emitted from the Mach-Zehnder type optical waveguides toward a single light-receiving element (5); and a light intensity ratio adjustment means that adjusts the light intensity ratio of the two radiated light rays received by the light-receiving element (5).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/115133 A1

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則 4.17 に規定する申立て:

— 発明者である旨の申立て (規則 4.17(iv))

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

光変調器の出力光とモニタ光との位相差が補償可能であり、かつ簡単な構成で小型化可能な構成を有する光変調器を提供することを目的とする。　電気光学効果を有する基板１と、該基板に形成されたマッハツェンダー型光導波路（２１～２４）を含む光導波路２と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極と、該光導波路からの出射光を導波する光ファイバ４とを有する光変調器において、該マッハツェンダー型光導波路から放出される２つの放射光（Ｒ１，Ｒ２）を１つの受光素子５に向けて集光する集光手段（３１，３２）と、該受光素子５が受光する該２つの放射光の光量比を調整する光量比調整手段とを有することを特徴とする。

明　細　書

発明の名称 ： 光変調器

技術分野

[0001] 本発明は、光変調器に関するものであり、特に、マッハツェンダー型光導波路からの放射光を受光素子で検出する構成を有する光変調器に関する。

背景技術

[0002] 光通信分野や光計測分野において、マッハツェンダー型光導波路を有する強度変調器など光変調器が多用されている。マッハツェンダー型光導波路は、入力導波路を２つに分岐し、２つの分岐導波路を結合して出力導波路につなげる構成を有している。また、光変調器の種類に応じて、マッハツェンダー型光導波路を一つのみ使用する場合や、一つのマッハツェンダー型光導波路の各分岐導波路の途中に他のマッハツェンダー型光導波路を入れ子状に組み込む場合など、種々の形態が存在する。

[0003] マッハツェンダー型光導波路の各分岐導波路を伝搬した光波が合波部分において、同相で結合する場合には、出力用導波路に出力される光波はＯｎ状態となり、逆相の場合には光導波路が形成される基板中に放射又は出力導波路を挟むように配置された放射光用導波路に導入され、出力導波路の出力はＯｆｆ状態となるように動作する。以下では、Ｏｎ状態の出力導波路から出力される光波をＯｎ光と呼び、Ｏｆｆ状態で合波部分から放射される光波をＯｆｆ光又は放射光と呼ぶ。

[0004] マッハツェンダー型光導波路から出力される光の強度変化は、正弦関数的な特性を示すため、光変調器の用途に応じて、最適な出力光の強度を得るため、マッハツェンダー型光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極に印加される変調信号は、適切な動作バイアス点に設定することが必要となる。

[0005] このため、従来では、光変調器に接続された光ファイバで導出される出力光（Ｏｎ光）の一部、あるいはＯｆｆ光をモニタ光として光検出器のような

受光素子で検出し、光変調器の出力光の強度の状態をモニタすることが行われている。そして、受光素子の検出値（モニタ出力）に基づき、変調電極に印加される変調信号の動作バイアス点を調整（バイアス制御）している。

[0006] 上述のようにモニタでバイアス制御を行う場合でも、光変調器からの出力が適正となるためには、光変調器の光ファイバ出力とモニタ出力との出力関数が、変調電極への印加電圧に対して同相又は逆相の関係にあってその間に位相差が無いことが求められる。このため、モニタ光への不要光混入を防止する構造や、２つのＯｆｆ光を利用する構造が提案されている。

[0007] 従来の光通信の制御においては、モニタ出力に若干のバイアス点ずれが生じていた場合であっても、重大な問題とはならなかった。これは、信号として検出される光レベルは、マッハツェンダー型光導波路を有する強度変調器の出力関数の最大透過あるいは最小透過のレベルであり、この場合は出力関数の非線形性によって波形整形されるため、数％の位相差は許容可能であった。

[0008] これに対し、近年の通信の大容量化に伴い、例えば、差動四相位相偏移変調方式（ＤＱＰＳＫ）などの多値変調フォーマットが利用される場合などでは、出力関数の１／２強度点が出力光レベルとなるようにバイアス設定する必要がある。この場合は、光強度変化に敏感な点にバイアス点が設定されるため、出力信号の品質を良好に保つため、光変調器の動作バイアス点を厳密に、例えば、半波長電圧Ｖπに対して１％以下の精度で制御を行う必要がある。

[0009] ところで、マッハツェンダー型光導波路の構造として、合波部のＹ分岐構造において、２つの分岐導波路から光波が同相で合波部に入力される場合には、その大部分は出力用導波路の基本モードに変化されＯｎ光として出力される。しかし、一部の光については、変換損として出力用導波路の両側にＯｎ光と同じ位相で放射される。

[0010] また、２つの分岐導波路から光波が逆相で合波部に入力される場合には、出力用導波路は通常、基本モードのみを導波するよう設計されているため、

出力用導波路の両側で位相が異なる光（逆相）が放射され、Ｏｆｆ光となる。この結果、放射光には、Ｏｆｆ光（逆相）だけでなく、変換損となった一部の光（Ｏｎ光と同相に変化）が混在するため、２つの放射光は、互いに逆相状態とはならず、逆相状態からずれた位相差を発生することとなる。

[0011] このため、特許文献１のように、モニタ光として、放射光の一方のみを検出する構成では、Ｏｆｆ光の正規の位相からずれた状態を検出しているため、上述のような１／２強度点にバイアスを精確に調整することは困難である。

[0012] また、光変調器の高性能化のため、基板厚が２０μｍ以下の薄板構造を使用する場合には、特許文献２のように合波部分に放射光用導波路を設ける必要がある。このような場合には、スラブ導波路の特性を有する薄板基板により、不要な光が基板中に広がらずに伝搬していくため、モニタ出力に様々な不要光が混入し易く、光変調器の出力であるメイン出力とモニタ出力との間に位相差を生じ易くなる。

[0013] さらに、特許文献３に示すように、出力導波路の両側に放射される２つの放射光をモニタ光として利用することで、モニタ特性の改善を図ることが提案されている。これは、放射光間での位相差のズレが起きる方向がモニタ出力間で符号が異なるため、双方の放射光を利用することで、そのずれを補正することができる。

[0014] しかしながら、特許文献３のように、モニタ出力を得るためには、受光面の大きな光検出器、あるいは２つの光検出器を用いる必要がある。前者の場合には、受光径が大きい光検出器は、部品サイズが大きくなる。しかも、モニタ出力の高速周波数応答性が劣るという問題を生じる。また、後者の場合には、部品点数が増え、構造や接続が複雑化し、大型化や高コスト化の原因となる。

先行技術文献

特許文献

[0015] 特許文献1：特開２００１－２８１５０７号公報

特許文献2：特開２０１０－２３７３７６号公報

特許文献3：米国特許第６，７９５，６２０号

特許文献4：特開平１１－４４８６７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0016] 本発明が解決しようとする課題は、上述したような問題を解決し、光変調器の出力光とモニタ光との位相差が補償可能であり、かつ簡単な構成で小型化可能な構成を有する光変調器を提供することである。

課題を解決するための手段

[0017] 上記課題を解決するため、請求項１に係る発明では、電気光学効果を有する基板と、該基板に形成されたマッハツェンダー型光導波路を含む光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極と、該光導波路からの出射光を導波する光ファイバとを有する光変調器において、該マッハツェンダー型光導波路から放出される２つの放射光を１つの受光素子に向けて集光する集光手段と、該受光素子が受光する該２つの放射光の光量比を調整する光量比調整手段とを有することを特徴とする。

[0018] 請求項２に係る発明では、請求項１に記載の光変調器において、該集光手段は、該基板の端部に該光ファイバを接続するための補強用キャピラリに設けられた反射手段であることを特徴とする。

[0019] 請求項３に係る発明では、請求項１に記載の光変調器において、該集光手段は、レンズ、ミラー又は光ファイバの少なくとも一つを用いて構成することを特徴とする。

[0020] 請求項４に係る発明では、請求項１乃至３のいずれかに記載の光変調器において、該光量比調整手段は、該受光素子の配置位置を調整する手段であることを特徴とする。

[0021] 請求項５に係る発明では、請求項４に記載の光変調器において、該集光手段により２つの放射光が互いに交差するように構成され、該受光素子は、前記２つの放射光が交差する交差点から外れた位置に配置されることを特徴と

する。

[0022] 請求項６に係る発明では、請求項５に記載の光変調器において、該受光素子は、前記２つの放射光の光路間隔が、該受光素子の受光径の０．５～２倍となる位置に配置されていることを特徴とする。

[0023] 請求項７に係る発明では、請求項１乃至３のいずれかに記載の光変調器において、該光量比調整手段は、光強度調整フィルターであることを特徴とする。

[0024] 請求項８に係る発明では、請求項１乃至７のいずれかに記載の光変調器において、該基板には、該放射光を導波する放射光用導波路が形成されていることを特徴とする。

[0025] 請求項９に係る発明では、請求項１乃至８のいずれかに記載の光変調器において、該基板の厚みは２０μｍ以下であることを特徴とする。

発明の効果

[0026] 請求項１に係る発明により、電気光学効果を有する基板と、該基板に形成されたマッハツェンダー型光導波路を含む光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極と、該光導波路からの出射光を導波する光ファイバとを有する光変調器において、該マッハツェンダー型光導波路から放出される２つの放射光を１つの受光素子に向けて集光する集光手段と、該受光素子が受光する該２つの放射光の光量比を調整する光量比調整手段とを有するため、受光径が小さな１つの受光素子を用いて、２つの放射光が同時に受光できる。しかも、２つの放射光は光変調器の出力光に対して逆相でそれぞれ正負にずれた特性を持っており、同時受光によりそれぞれの光強度が加算され出力特性が補償される。つまり、該受光素子が出力する電気信号の変化が、該光ファイバに導波される出射光の強度変化と逆相状態となるため、光変調器の出力光（出射光）と逆相状態となるモニタ光（モニタ出力）を容易に得ることができる。

[0027] 請求項２に係る発明により、集光手段は、基板の端部に光ファイバを接続するための補強用キャピラリに設けられた反射手段であるため、部品点数の

増加が抑制されるため、製造時の組立作業を容易にし、低コスト化を図ることが可能となる。

[0028] 請求項３に係る発明により、集光手段は、レンズ、ミラー又は光ファイバの少なくとも一つを用いて構成するため、多様な集光手段を形成することが可能となる。

[0029] 請求項４に係る発明により、光量比調整手段は、受光素子の配置位置を調整する手段であるため、受光素子の位置合わせにより、２つの放射光の光量比を容易に調整することが可能となる。

[0030] 請求項５に係る発明により、集光手段により２つの放射光が互いに交差するように構成され、受光素子は、前記２つの放射光が交差する交差点から外れた位置に配置されるため、受光素子の位置を調整するだけで、２つの放射光が受光素子に入射する光量比（光強度の比率）を容易に調整することが可能であり、受光素子が検出するモニタ出力を適正な位相差に補償することが可能となる。

[0031] 請求項６に係る発明により、受光素子は、２つの放射光の光路間隔が、該受光素子の受光径の０．５～２倍となる位置に配置されているため、当該範囲内で受光素子を放射光の伝搬方向に垂直な面内に移動させるだけで、受光素子が検出するモニタ出力を適正な位相差に補償することが可能となり、高い受光感度がえられ、かつ受光感度の変動を少なくすることができる。

[0032] 請求項７に係る発明により、強度調整手段は、光強度調整フィルターであるため、２つの放射光の少なくとも一方に配置することにより、容易に光量比調整を行うことが可能となる。

[0033] 請求項８に係る発明により、基板には、放射光を導波する放射光用導波路が形成されているため、放射光が基板から放出される位置及び方向を調整することが可能となり、２つの放射光を適正な位置に容易に導くことが可能となる。

[0034] 請求項９に係る発明により、基板の厚みは２０μｍ以下であるため、薄板基板に閉じ込められた不要光が多い場合でも、２つの放射光を利用して精確

なモニタ光を得ることできる。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]本発明の光変調器の第１の実施例を説明する図である。

[図2]本発明の光変調器における出力光と放射光との関係を説明する図である。

[図3]本発明の光変調器における放射光の伝搬方向と受光素子との位置関係を説明する図である。

[図4]本発明の光変調器における放射光の断面と受光素子の受光径との関係を説明する図である。

[図5]本発明の光変調器の第２の実施例を説明する図である。

[図6]本発明の光変調器の第３の実施例を説明する図である。

[図7]本発明の光変調器の第４の実施例を説明する図である。

[図8]本発明の光変調器の第５の実施例を説明する図である。

[図9]本発明の光変調器の第６の実施例を説明する図である。

[図10]本発明の光変調器に使用される光強度調整フィルターの一例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0036] 以下、本発明を、好適例を用いて詳細に説明する。

図１は、本発明の光変調器の第１の実施例を示す。

本発明は、電気光学効果を有する基板１と、該基板に形成されたマッハツェンダー型光導波路（２１～２４）を含む光導波路２と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極（不図示）と、該光導波路からの出射光を導波する光ファイバ４とを有する光変調器において、該マッハツェンダー型光導波路から放出される２つの放射光（Ｒ１，Ｒ２）を１つの受光素子５に向けて集光する集光手段（３１，３２）と、該受光素子５が受光する該２つの放射光の光量比を調整する光量比調整手段とを有することを特徴とする。

[0037] 本発明の光変調器における集光手段としては、図１に示すような、基板１

の端部に光ファイバ４を接続するための補強用キャピラリ３に設けられた反射手段（３１，３２）を用いることが可能である。例えば、補強用キャピラリ３の端部の切断角を図１のように変更することで、合波部分２３で生じた２つの放射光（Ｒ１，Ｒ２）を受光径の小さな１つの受光素子５で受光することが可能となる。これにより、モニタ光と光ファイバ出力光Ｓとの間の位相差を補償し、良好なモニタ特性を得ることができる。

[0038] 具体的には、光ファイバの出射光Ｓの光強度は、図２のグラフＡで表示される。グラフの横軸は、変調電極に印加されるバイアス電圧（入力電圧）である。２つの放射光（Ｒ１，Ｒ２）の光強度は、Ｂ及びＣで表示される。通常、放射光の光強度は、Ｏｆｆ光のみの場合には、出力光に対して逆相で変化し、２つの放射光の電界振幅は互いに逆の状態となる。これに、Ｏｎ光における変換損となる一部の光（Ｏｎ光と同相状態）が混在すると、２つの放射光（Ｒ１，Ｒ２）の光強度は、図２のＢ及びＣで表示するように、互いに逆方向にズレて、位相差を生じることになる（２つの放射光が受光素子に到達する際の両者の位相差が０でない状態となる）。そして、放射光Ｂ及びＣを同時に受光すると、変換損となる一部の光の影響はキャンセルされ、モニタ出力としてグラフＤを得ることができる。このように、放射光の出力特性が補正され、光ファイバから出力される出力光に対して位相差の無いモニタ出力を得ることができる。つまり、モニタ出力Ｄは出力光Ａと逆相状態となる。なお、各グラフの高さは規格化して示している。

[0039] 実際は、図１の放射光Ｒ１及びＲ２が受光素子に到達する際の光強度分布は同じではない。これは図２のグラフのＢ及びＣの振幅値が異なることを意味している。このため、両者を１つの受光素子に入射し、単純に光強度変化を加算してもグラフＤの出力は得られない。本発明では、受光素子が受光する２つの放射光の光量比を調整する光量比調整手段を設けている。

[0040] 光量比調整手段としては、受光素子の配置位置を調整する手段として構成することが可能である。例えば、図３に示すように、２つの放射光Ｒ１及びＲ２の伝搬方向を交差するよう設定し、交差点Ｘを避けて、所定の範囲ｈに

受光素子５の受光面が配置されるよう調整している。この「交差点」は放射光の伝搬方向が同一平面にある場合に限らず、ねじれの位置関係でも両者が近接する部分があれば良い。

[0041] 受光素子５は、図３の上下方向及び左右方向に位置を調整して設置することが可能である。これにより、図４に示すように、放射光Ｒ１のビーム形状と放射光Ｒ２のビーム形状に対して、相対的に受光面ＰＤの位置を変化させることができ、受光素子に入射する放射光Ｒ１とＲ２の光強度を変更することが可能となる。

[0042] 受光素子５の位置は、２つの放射光（Ｒ１，Ｒ２）の光路間隔ｄ（光強度分布のピーク間隔）が、該受光素子の受光径（受光面ＰＤの直径）の０．５～２倍となる位置に配置することが好ましい。０．５倍より小さいと、受光素子を図３や図４の左右方向移動させても、受光する各放射光の光強度比を大きく変化させることができず、また、２倍より大きい場合には、１つの受光素子で両者の放射光を同時に効率良く受光することが困難となる。

[0043] 受光面は、円形に限定されず、矩形状であっても良い。その場合、「受光径」は、図４の受光面ＰＤを矩形にし、矢印ｄに相当する方向の長さが該当する。

[0044] 図３の範囲ｈの部分では、上述した２つの放射光（Ｒ１，Ｒ２）の光路間隔ｄが、受光素子の受光径の０．５～２倍となる範囲を示している。また、範囲ｈは、２つの放射光が交差する交差点Ｘから外れた位置に配置される。受光素子を交差点Ｘから外れた位置に配置することで、位置ズレなどによる感度変動を最小限に抑えつつ、２つのモニタ光の受光量の比率が調整可能となり、モニタ出力の位相差を調整することができる。

[0045] 補強用キャピラリ３に設けられた反射手段は、図１に示すように平面であっても良いし、曲面であっても良い。また、反射手段で放射光が全反射するよう構成することで、放射光を効率良く受光素子方向に指向させることが可能となる。全反射させる手段は、放射光の光軸と反射面の関係が全反射を満たすようにキャピラリの端面角度を設定したり、キャピラリの反射面に金属

などを製膜によるミラー形成することなどにより実現できる。

[0046] 図１に示すような光変調器により、モニタ光の光軸が受光素子の受光径程度の間隔がある地点に受光素子５を設置することで、感度の変動が少なく位相差が０となるモニタ出力を得ることができる。しかも、従来の片側の放射光を受光する場合と比較し、受光素子に入力される光パワーが多くなるため、モニタ用の受光素子の感度も高感度とすることができる。さらに、受光素子の受光径が小さいものを使用することができ、周波数応答にも優れたモニタ出力を得ることができる。例えば、受光径を１００μｍ以下とすることで、数百Ｍ～数ＧＨｚ程度の高速なモニタ光の応答特性が実現できる。

[0047] 次に、図５に示すように、マッハツェンダ型光導波路の合波部分から放出される放射光を導波するため、出力用導波路２４を挟むように配置される放射光用導波路６を設けることが好ましい。特に、基板の厚さが２０μｍ以下の薄板を使用する際には、放射光用導波路を設けることで、出力光との分離を効率良く行うことができる。

[0048] しかも、この放射光用導波路６の形状を調整することで、放射光（Ｒ１，Ｒ２）が補強用キャピラリ３に放出される位置及び方向を調整することが可能となり、当該補強用キャピラリの反射手段（３１，３２）と共働して、２つの放射光を適正な位置に容易に導くことが可能となる。

[0049] 次に、図６に示すように、補強用キャピラリの中心部分に切り欠き部３３を設けることも可能である。この構成により、基板内の出力用導波路２４と光ファイバ４との接続部で放出される、光ファイバのデカップリング光Ｌが受光素子に入射することを抑制でき、モニタ出力の消光比の劣化を抑制することができる。

[0050] また、図６のように、基板と光ファイバ又は補強用キャピラリとはスネルの法則を満足する角で傾斜させて接合し、光波が接合面で正反射し逆行するのを抑制することも可能である。

[0051] さらに、本発明の光変調器では、受光素子の設置位置を、図３のように、放射光の伝搬方向が交差した前又は後に配置することで、受光素子の位置に

より、放射光の受光比率を容易に調整することができるため、製造誤差などがある場合でも、最適な位相差の光変調器を得ることができる。

[0052] また、光変調器と光ファイバとを、特許文献４のように、補強用キャピラリを用いずに、集光レンズを用いて空間光学系で光学的に接続する場合がある。このような光学系では、図７又は８に示すように、２つの放射光の集光手段として、基板１に形成された、放射光を導波する放射光用導波路（６１，６２）を利用することも可能である。放射光用導波路（６１，６２）から出射した放射光（Ｒ１，Ｒ２）が受光素子５に向かうように、放射光用導波路の形状を調整することで実現することが可能である。図７の符号７は、光変調器からの出力光（出射光）Ｓを光ファイバ４に導くための集光レンズである。

[0053] 図８に示すような放射光を導波する光ファイバ（８１，８２）を設け、受光素子５に放射光（Ｒ１，Ｒ２）を導光するよう構成することも可能である。光ファイバ（８１，８２）に代えて、レンズやミラーを用いることも可能である。

[0054] さらに、図９に示すように放射光用導波路６２を基板の側面で折り曲げ、該側面に反射膜等の反射手段６３を配置し、２つの放射光（Ｒ１，Ｒ２）を基板１上で交わるように構成することも可能である。受光素子５は、基板１の放射光用導波路に接触又は近接して配置することで、当該導波路を伝搬する２つの放射光を受光することが可能となる。当然、放射光用導波路に対して受光素子５の位置を調整することで、受光素子が受光する２つの放射光の光量比も調整することが可能となる。

[0055] 本発明の光変調器では、光量比調整手段として、上述した受光素子の位置調整手段に代えて、図１０に示すような、光強度調整フィルター９を利用することも可能である。光強度調整フィルター９を少なくとも一方の放射光の光路中に挿入して、受光素子５に入射する２つの放射光の光量比を調整する。当該フィルター９はその挿入量により光の透過率が変化するよう構成することにより、より多様なレベルで光量を調整することも可能となる。

産業上の利用可能性

[0056] 以上のように、本発明に係る光変調器によれば、光変調器の出力光とモニタ光との位相差が補償可能であり、かつ簡単な構成で小型化可能な構成を有する光変調器を提供することが可能となる。

符号の説明

[0057] １　電気光学効果を有する基板

２　光導波路

２１　入力用導波路

２２　分岐導波路

２３　合波部分

２４　出力用導波路

３　補強用キャピラリ

３１，３２　反射手段

３３　切り込み部

４　光ファイバ

５　受光素子

６　放射光用導波路

Ｒ１，Ｒ２　放射光（Ｏｆｆ光等）

請求の範囲

[請求項1] 電気光学効果を有する基板と、該基板に形成されたマッハツェンダー型光導波路を含む光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極と、該光導波路からの出射光を導波する光ファイバとを有する光変調器において、

該マッハツェンダー型光導波路から放出される２つの放射光を１つの受光素子に向けて集光する集光手段と、

該受光素子が受光する該２つの放射光の光量比を調整する光量比調整手段とを有することを特徴とする光変調器。

[請求項2] 請求項１に記載の光変調器において、該集光手段は、該基板の端部に該光ファイバを接続するための補強用キャピラリに設けられた反射手段であることを特徴とする光変調器。

[請求項3] 請求項１に記載の光変調器において、該集光手段は、レンズ、ミラー又は光ファイバの少なくとも一つを用いて構成することを特徴とする光変調器。

[請求項4] 請求項１乃至３のいずれかに記載の光変調器において、該光量比調整手段は、該受光素子の配置位置を調整する手段であることを特徴とする光変調器。

[請求項5] 請求項４に記載の光変調器において、該集光手段により２つの放射光が互いに交差するように構成され、該受光素子は、前記２つの放射光が交差する交差点から外れた位置に配置されることを特徴とする光変調器。

[請求項6] 請求項５に記載の光変調器において、該受光素子は、前記２つの放射光の光路間隔が、該受光素子の受光径の０．５～２倍となる位置に配置されていることを特徴とする光変調器。

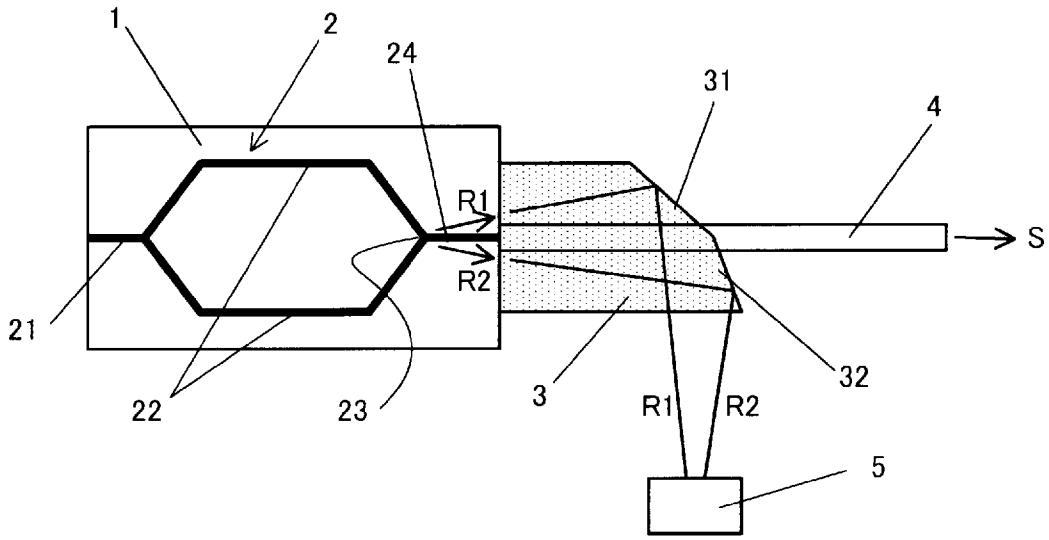
[請求項7] 請求項１乃至３のいずれかに記載の光変調器において、該光量比調整手段は、光強度調整フィルターであることを特徴とする光変調器。

[請求項8] 請求項１乃至７のいずれかに記載の光変調器において、該基板には

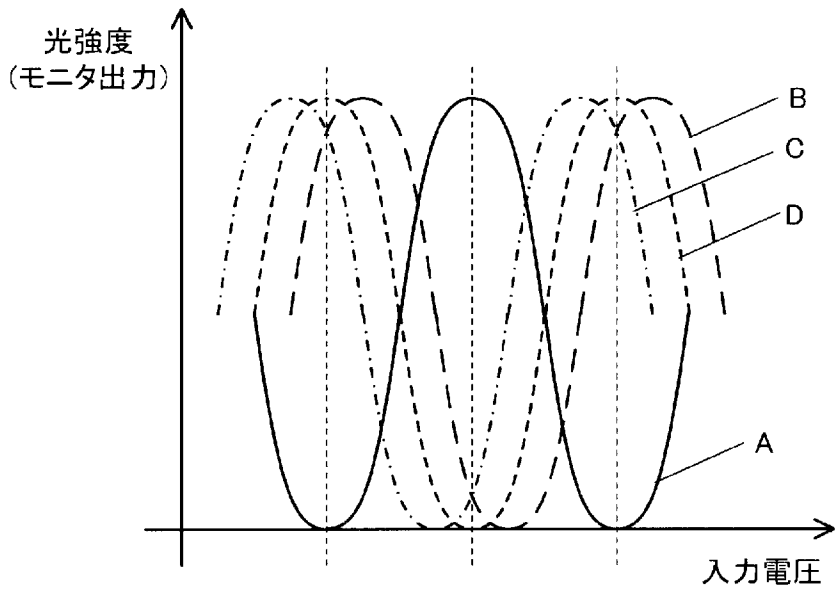
、該放射光を導波する放射光用導波路が形成されていることを特徴とする光変調器。

［請求項9］ 請求項１乃至８のいずれかに記載の光変調器において、該基板の厚みは２０μｍ以下であることを特徴とする光変調器。

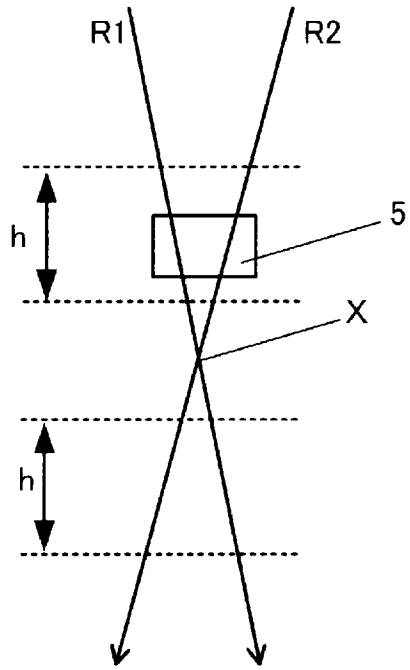
[図1]



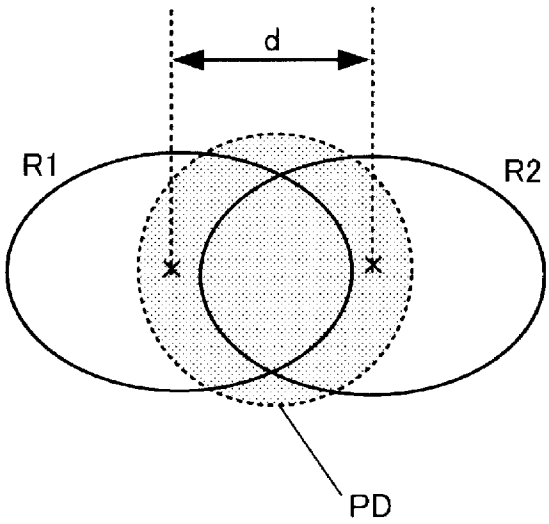
[図2]



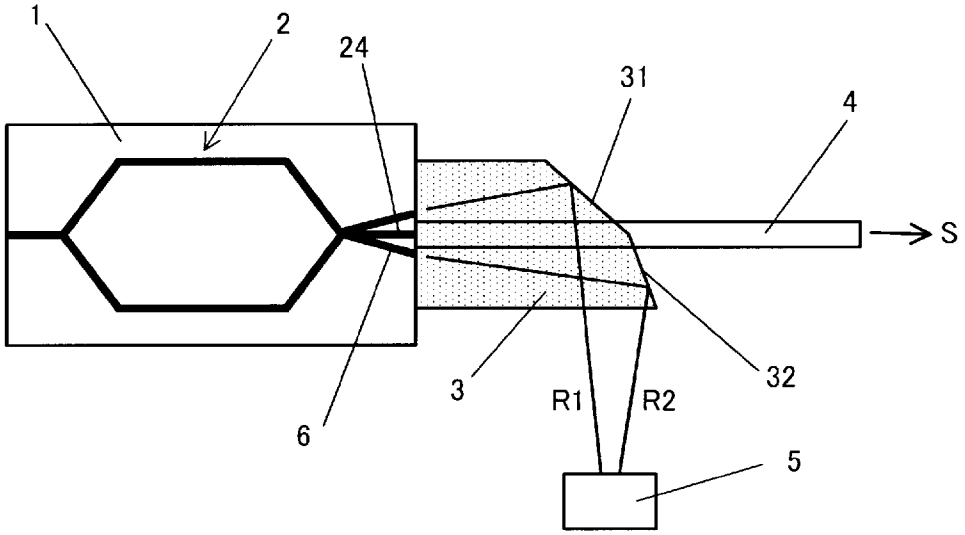
[図3]



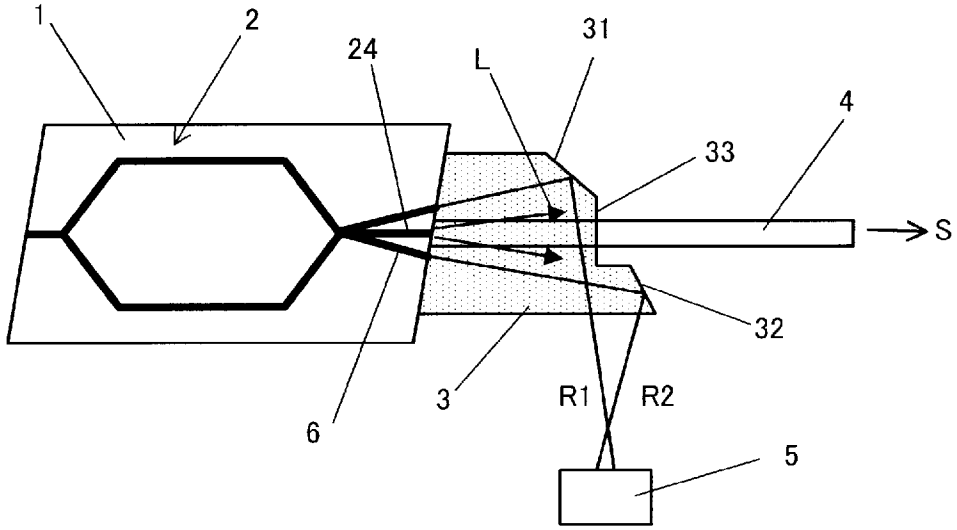
[図4]



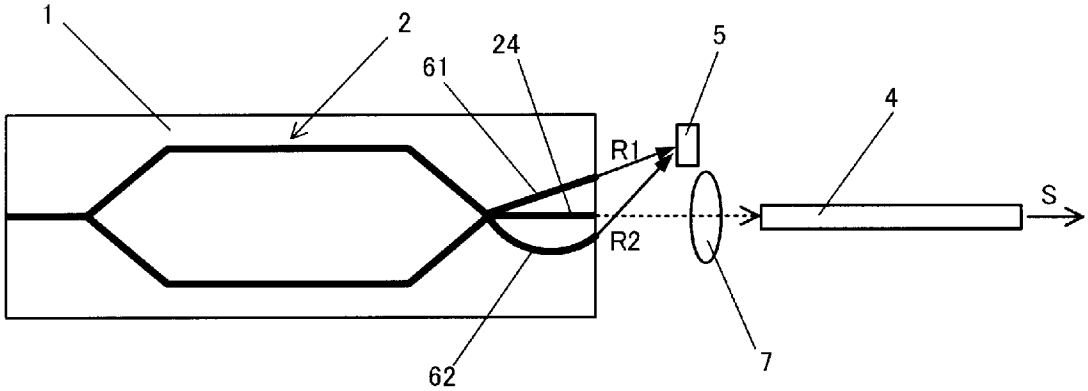
[図5]


1
2
24
31
4
S
3
R1
R2
32
6
5

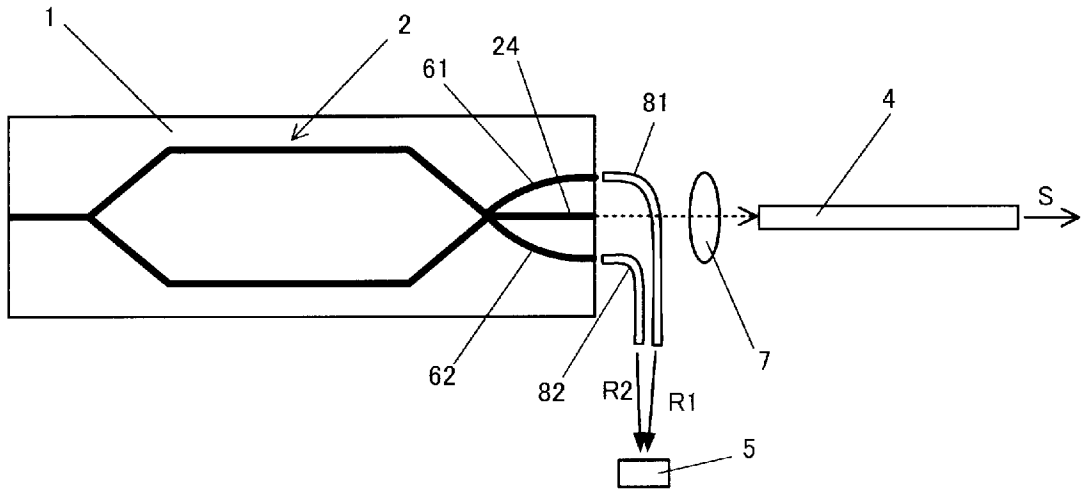
[図6]


1
2
24
L
31
4
33
S
32
3
R1
R2
6
5

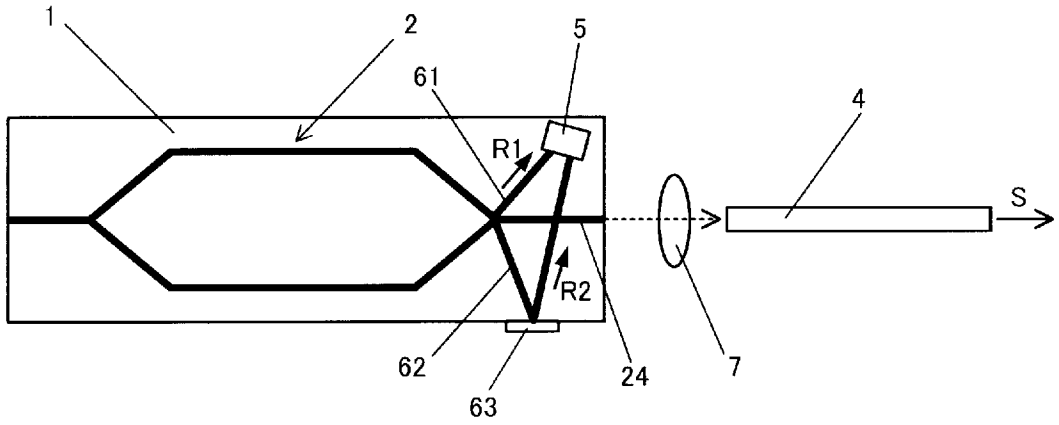
[図7]


1
2
61
24
5
4
R1
S
R2
62
7

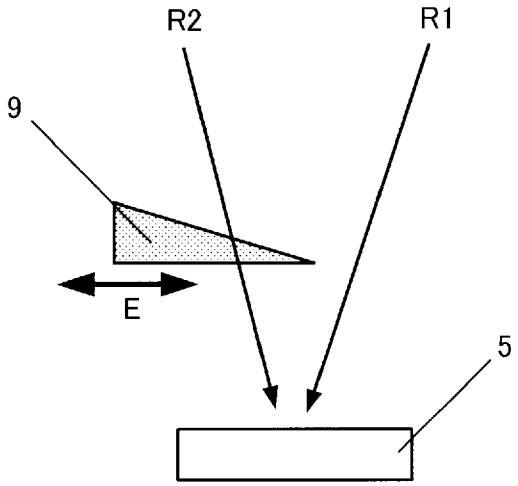
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/054228

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02F1/035(2006.01)i, *G02B6/12*(2006.01)i, *G02B6/30*(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)
G02B6/10-6/122, 6/30, 6/42, G02F1/00-1/065, H04B10/00-10/06

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2005/124438 A1 (Anritsu Corp.), 29 December 2005 (29.12.2005), paragraphs [0038] to [0057], [0104] to [0108]; fig. 5, 17 to 20 & US 2008/0044123 A1 & EP 1653273 A1	1-9
A	JP 05-053086 A (Fujitsu Ltd.), 05 March 1993 (05.03.1993), paragraphs [0007] to [0016]; fig. 1, 4 (Family: none)	1-9
A	JP 2006-301612 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 02 November 2006 (02.11.2006), claim 4; paragraphs [0037] to [0056]; fig. 2, 9, 10 & US 2008/0002926 A1	1-9

☒ 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
16 March, 2012 (16.03.12)	27 March, 2012 (27.03.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/054228

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 05-066334 A (Fujitsu Ltd.), 19 March 1993 (19.03.1993), paragraph [0005]; fig. 3 (Family: none)	1-9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０５４２２８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02F1/035(2006.01)i, G02B6/12(2006.01)i, G02B6/30(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.　G02B6/10-6/122, 6/30, 6/42,
G02F1/00-1/065,
H04B10/00-10/06

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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）

JSTPlus(JDreamII)
JST7580(JDreamII)

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	WO 2005/124438 A1 (アンリツ株式会社) 2005.12.29, 段落【0038】-【0057】, 【0104】-【0108】, 第5,17-20図 & US 2008/0044123 A1 & EP 1653273 A1	1-9
A	JP 05-053086 A (富士通株式会社) 1993.03.05, 段落【0007】-【0016】, 第1,4図 (ファミリーなし)	1-9

☑　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 １６．０３．２０１２	国際調査報告の発送日 ２７．０３．２０１２
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）　２Ｘ　４０８６ 山本　貴一 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９４

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 2006-301612 A (住友大阪セメント株式会社) 2006.11.02, 請求項4, 段落【0037】-【0056】, 第2,9,10図 & US 2008/0002926 A1	1-9
A	JP 05-066334 A (富士通株式会社) 1993.03.19, 段落【0005】, 第3図 (ファミリーなし)	1-9