

(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2月20日(20.02.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/027397 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/122 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/070650
- (22) 国際出願日: 2012年8月13日(13.08.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 金 相憲 (KIM, Sang-Hun) [KR/JP]; 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 河島 整 (KAWASHIMA Hitoshi) [JP/JP]; 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

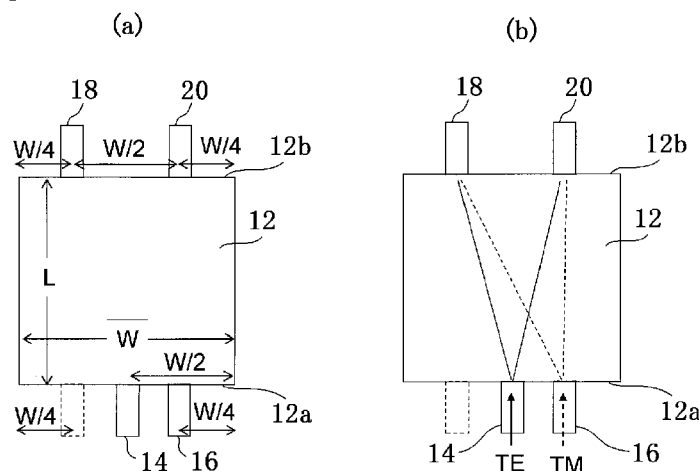
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: MULTIMODE INTERFERENCE DEVICE, 1×2 OPTICAL DISTRIBUTOR, DIFFERENTLY-POLARIZED-WAVE INTERSECTION ELEMENT, 2×2 OPTICAL DISTRIBUTOR, AND 2×2 OPTICAL SWITCH

(54) 発明の名称: 多モード干渉デバイス、 1×2 光分配器、異偏波間交差素子、 2×2 光分配器及び 2×2 光スイッチ

【図1】



(57) Abstract: A multimode interference device (10) has a width (W) and has a first end part (12a) and a second end part (12b) at both ends thereof in an optical transmission direction. The multimode interference device (10) is also provided with a first port (14) provided at the center in the width direction of the first end part, a second port (16) provided a distance W/4 toward the inside from any one of both ends in the width direction of the first end part, and a third port (18) and fourth port (20) provided a distance W/4 toward the inside from both ends, respectively, in the width direction of the second end part, the length (L) in the optical transmission direction being set so that when TE polarized light is inputted from the first port, the TE polarized light is equally distributed to the third port and the fourth port, and when TM polarized light is inputted from the second port, the TM polarized light is equally distributed to the third port and the fourth port. Through use of a multimode interference device (10) of such description, an optical distributor, a differently-polarized-wave intersection element, or an optical switch can be made polarization independent.

(57) 要約:

[続葉有]



多モード干渉デバイス（１０）は、幅が W であり、光伝送方向の両端に第一の端部（１２ a）と第二の端部（１２ b）とを有する。また、多モード干渉デバイス（１０）は、第一の端部の幅方向中央に設けられた第一ポート（１４）と、第一の端部の幅方向の両端の何れか一方から $W/4$ だけ内側に設けられた第二ポート（１６）と、第二の端部の幅方向の両端からそれぞれ $W/4$ だけ内側に設けられた第三ポート（１８）及び第四ポート（２０）とを備え、ＴＥ偏波光を第一ポートから入力したときにＴＥ偏波光を第三ポート及び第四ポートに均等に分配し且つＴＭ偏波光を第二ポートから入力したときにＴＭ偏波光を第三ポート及び第四ポートに均等に分配するように光伝送方向の長さ L が定められている。このような多モード干渉デバイス（１０）を用いることにより、光分配器、異偏波間交差素子又は光スイッチを偏波無依存化することができる。

明 細 書

発明の名称：

多モード干渉デバイス、 1×2 光分配器、異偏波間交差素子、 2×2 光分配器及び 2×2 光スイッチ

技術分野

[0001] 本発明は、新規構造を持つ多モード干渉デバイスと、これを利用して、TE 偏波光及びTM 偏波光に依らずに使用できるように偏波無依存化した、 1×2 光分配器、異偏波間交差素子、 2×2 光分配器及び 2×2 光スイッチとに関する。

背景技術

[0002] 多モード干渉デバイスは、非特許文献 1 などに開示されているように、公知の技術であり、例えば、半導体光導波路に基づく 1 入力 N 出力の $1 \times N$ 光分配器又は N 入力 N 出力の $N \times N$ 光分配器や、 $N \times N$ スイッチなどを作製するとき用いられる。

[0003] 多モード干渉デバイスによって構成した標準的な 1×2 光分配器（1 入力 2 出力の光分配器）及び 2×2 光分配器（2 入力 2 出力の光分配器）がそれぞれ図 9 及び図 10 に示されている。図 9 に示されているように、 1×2 光分配器では、その幅を W としたとき、入力ポートが入力側端部の中央（すなわち、 $W/2$ の位置）に設けられ、二つの出力ポートが出力側端部の両側端からそれぞれ $W/4$ だけ内側（中央に近づく側）の位置に設けられる。また、図 10 に示されているように、 2×2 光分配器では、その幅を W としたとき、二つの入力ポートが入力側端部の両側端からそれぞれ $W/4$ だけ内側の位置に設けられ、二つの出力ポートが出力側端部の両側端からそれぞれ $W/4$ だけ内側の位置に設けられる。このような多モード干渉デバイスによって構成された 2 出力の光分配器は、多モード干渉部の長さ L （すなわち、入力側端部と出力側端部との距離）を適切に選ぶことによって、二つの出力ポートに光が等分配される 3 dB 光分配器となり、多モード干渉部の長さ L は、

近似的に、以下の式で与えられることが一般的に知られている。

[数1]

$$L = \frac{3}{8}(2k+1)L_c \quad : 1 \times 2 \text{ 分配器の場合}$$

$$L = \frac{3}{2}(2k+1)L_c \quad : 2 \times 2 \text{ 分配器の場合}$$

[0004] ここで、 k は非負の整数である。また、 L_c は結合長と呼ばれ、 β_0 をゼロ次モードの伝播定数、 β_1 を1次モードの伝播係数としたときに、以下の式で定義される。

[数2]

$$L_c = \frac{\pi}{\beta_1 - \beta_0}$$

なお、 β_0 、 β_1 は何れも多モード干渉部の厚さ、幅 W 及び偏波の種類（TE偏波、TM偏波）に依存する定数である。すなわち、多モード干渉部の長さ L は、多モード干渉部の厚さ、幅 W 及び偏波の種類に依存して変化する。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：L.B. Soldano, E.C.M. Pennings, "Optical Multi-Mode Interference Devices Based on Self-Imaging: Principles and Applications", J. Lightwave Technology, vol.13, no.4, pp.615-627(1995)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] シリコン細線光導波路を用いた光回路は、大規模集積に向けた展望に明るい。導波路コア断面の縦横比に由来して複屈折をもつことが多く、光回路の特性が偏波依存性を有する。すなわち、光回路の特性が、光回路を伝送される光がTE偏波であるかTM偏波であるかに依存する。しかしながら、光回路は、偏波の種類に依らずに用いることができるようにすることが望まれる。

[0007] 例えば、従来の多モード干渉デバイスや、これを用いて構成された光分配器や光スイッチは、上述したように、多モード干渉部の長さ L の選定に用いられる結合長 L_c が偏波の種類に依存して変化するので、偏波依存性を有する。このため、多モード干渉デバイスや、多モード干渉デバイスを用いて構成された従来の光分配器や光スイッチは、TE偏波光専用又はTM偏波光専用に設計されており、TE偏波光にもTM偏波光にも利用できるようにすることが望まれる。しかしながら、従来の多モード干渉デバイスやこれを用いて構成された従来の光分配器又は光スイッチには、TE偏波光及びTM偏波光の両方に利用できるように偏波無依存化されたものは存在しなかった。

[0008] よって、本発明の目的は、従来技術に存する問題を解決して、光分配器、異偏波間交差素子及び光スイッチを偏波無依存化することができる多モード干渉デバイスを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的に鑑み、本発明は、光伝送方向の両端に第一の端部と第二の端部とを有する幅 W の多モード干渉デバイスであって、前記第一の端部の幅方向中央に設けられた第一ポートと、前記第一の端部の幅方向の両端の何れか一方から $W/4$ だけ内側に設けられた第二ポートと、前記第二の端部の幅方向の両端からそれぞれ $W/4$ だけ内側に設けられた第三ポート及び第四ポートとを備え、TE偏波光を前記第一ポートから入力したときに該TE偏波光を前記第三ポート及び前記第四ポートに均等に分配し且つTM偏波光を前記第二ポートから入力したときに該TM偏波光を前記第三ポート及び前記第四ポートに均等に分配するように前記光伝送方向の前記多モード干渉デバイスの長さ L を定めた多モード干渉デバイスを提供する。

[0010] 上記多モード干渉デバイスでは、TE偏波光を第一ポートに、TM偏波光を第二ポートに入力することによって、TE偏波光とTM偏波光の何れの場合でも、入力光を第三ポート及び第四ポートに均等に分配して出力することができる。

[0011] 上記多モード干渉デバイスでは、TE偏波光に対する前記多モード干渉デ

バイスの結合長を表す幅 W の関数を $L_c^{TE}(W)$ 、 TM 偏波光に対する前記多モード干渉デバイスの結合長を表す幅 W の関数を $L_c^{TM}(W)$ としたときに、以下の連立方程式を満たす L 及び W をそれぞれ前記多モード干渉デバイスの長さ及び幅とすることが好ましい。

[数3]

$$L = \frac{3}{8} L_c^{TE}(W)$$

$$L = \frac{3}{2} L_c^{TM}(W)$$

[0012] また、本発明は、入力ポートと TE 偏波出力ポートと TM 偏波出力ポートとを有し前記入力ポートに光を入力すると前記 TE 偏波出力ポートから TE 偏波光を出力すると共に前記 TM 偏波出力ポートから TM 偏波光を出力する偏波分離素子と、上記のような多モード干渉デバイスとを備え、前記偏波分離素子の前記 TE 偏波出力ポートを前記第一ポートに接続すると共に、前記偏波分離素子の前記 TM 偏波出力ポートを前記第二ポートに接続して、偏波無依存化した 1×2 光分配器を提供する。上記 1×2 光分配器では、偏波の種類に依らずに入力光が均等に配分されるので、偏波の種類に依存せずを使用することができる。

[0013] さらに、本発明は、上記のような多モード干渉デバイスを第二の端部同士が対向するように配置して、一方の多モード干渉デバイスの第三ポートと他方の多モード干渉デバイスの第四ポートとを接続すると共に、前記一方の多モード干渉デバイスの第四ポートを前記他方の多モード干渉デバイスの第三ポートとを接続し、前記一方の多モード干渉デバイスの第一ポートに入力された TE 偏波光が前記他方の多モード干渉デバイスの第一ポートから出力され、前記一方の多モード干渉デバイスの第二ポートに入力された TM 偏波光が前記他方の多モード干渉デバイスの第二ポートから出力されるようにした異偏波間交差素子を提供する。上記異偏波間交差素子では、第二の端部側が互いに対向して配置され、一方の多モード干渉デバイスの第三ポート及び第四ポートがそれぞれ他方の多モード干渉デバイスの第四ポート及び第三ポ

トに接続されているので、一方の多モード干渉デバイスの第二ポートと他方の多モード干渉デバイスの第二ポートの位置が第一ポートを挟んで反対側に配置される。したがって、第一ポートに入力されるTE偏波光と第二ポートに入力されるTM偏波光とが出力されるときに互いに対する相対位置が反転することになり、TE偏波光とTM偏波光を交差させる機能を奏する。

[0014] 上記異偏波交差素子では、前記二つの多モード干渉デバイスを一体的に形成し、幅がW、長さが2Lとなるようにしてもよい。

[0015] また、本発明は、各々が入力ポートとTE偏波出力ポートとTM偏波出力ポートとを有する第一の偏波分離素子及び第二の偏波分離素子と、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する上記の異偏波間交差素子のような第一の異偏波間交差素子と、各々が二つの入力ポートと二つの出力ポートを有するTE偏波用の2×2光分配器及びTM偏波用の2×2光分配器と、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する上記の異偏波間交差素子のような第二の異偏波間交差素子と、各々がTE偏波入力ポートとTM偏波入力ポートと出力ポートとを有する第一の偏波合成素子及び第二の偏波合成素子とを順に備え、前記第一の偏波分離素子のTE偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続すると共に前記第二の偏波分離素子のTM偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続し、前記第一の偏波分離素子のTM偏波出力ポートと前記第一の異偏波間交差素子の出力側第二ポートとを前記TM偏波用の2×2光分配器の前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記第二の偏波分離素子のTE偏波出力ポートと前記第一の異偏波交差素子の出力側第一ポートとを前記TE偏波用の2×2光分配器の前記二つの入力ポートに接続し、前記TM偏波用の2×2光分配器の前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続すると共に、前記TE偏波用の2×2光分配器の前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続し、前記TM偏波用の2×2光

分配器の前記二つ出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第一ポートとを前記第一の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記 T E 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第二ポートとを前記第二の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続して、偏波無依存化した 2×2 光分配器を提供する。

[0016] また、本発明は、各々が入力ポートと T E 偏波出力ポートと T M 偏波出力ポートとを有する第一の偏波分離素子及び第二の偏波分離素子と、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する上記の異偏波交差素子のような第一の異偏波間交差素子と、各々が二つの入力ポートと二つの出力ポートを有する T E 偏波用の 2×2 光スイッチ及び T M 偏波用の 2×2 光スイッチと、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する上記の異偏波交差素子のような第二の異偏波間交差素子と、各々が T E 偏波入力ポートと T M 偏波入力ポートと出力ポートとを有する第一の偏波合成素子及び第二の偏波合成素子とを順に備え、前記第一の偏波分離素子の T E 偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続すると共に前記第二の偏波分離素子の T M 偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続し、前記第一の偏波分離素子の T M 偏波出力ポートと前記第一の異偏波間交差素子の出力側第二ポートとを前記 T M 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記第二の偏波分離素子の T E 偏波出力ポートと前記第一の異偏波交差素子の出力側第一ポートとを前記 T E 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの入力ポートに接続し、前記 T M 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続すると共に、前記 T E 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続し、前記 T M 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差

素子の前記出力側第一ポートとを前記第一の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記TE偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第二ポートとを前記第二の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続して、偏波無依存化した 2×2 光スイッチを提供する。

発明の効果

[0017] 本発明の多モード干渉デバイスによれば、TE偏波光専用の入力ポート及びTM偏波光専用の入力ポートが設けられ、入力光がTE偏波光の場合でも、TM偏波光の場合でも入力光を二つのポートに均等に配分することができるようになる。また、上記多モード干渉デバイスを用いれば、 1×2 光分配器を偏波無依存化することができる。さらに、上記多モード干渉デバイスを用いればTE偏波光とTM偏波光とを交差させる機能を果たす異偏波間交差素子を提供することができ、これを用いることによって偏波無依存化された 2×2 光分配器及び 2×2 光スイッチが提供される。このような偏波無依存化された 1×2 光分配器、 2×2 光分配器及び 2×2 光スイッチは、光クロスコネクタなど光ノード装置に要素素子として組み込まれる素子として特に有用となる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明による多モード干渉デバイスの全体構成を示す平面図である。

[図2]入力側の中央の第一ポートから入力されたTE偏波が出力側の第三ポート及び第四ポートに分配されるために満たされるべき多モード干渉部の長さLと幅Wとの関係を表す曲線と、第一ポートから偏倚した位置に設けられた入力側の第二ポートから入力されたTM偏波が出力側の第三ポート及び第四ポートに分配されるために満たされるべき多モード干渉部の長さLと幅Wとの関係を表す曲線とを示すグラフである。

[図3]有限差分時間領域法を用いて行った、入力側の第一ポートから入力されたTE偏波と入力側の第二ポートから入力されたTM偏波が多モード干渉部を伝播する様子の演算の結果を示している。

[図4]図1に示されている多モード干渉デバイスを用いて偏波無依存化した 1×2 光分配器の全体構成を示す平面図である。

[図5]図1に示されている多モード干渉デバイスを用いて偏波無依存化した異偏波間交差素子の全体構成を示す平面図である。

[図6]図5に示される異偏波間交差素子の變形例を示す平面図である。

[図7]図6に示されている異偏波間交差素子を用いて偏波無依存化した 2×2 光分配器の全体構成を示す平面図である。

[図8]図6に示されている異偏波間交差素子を用いて偏波無依存化した 2×2 光スイッチの全体構成を示す平面図である。

[図9]多モード干渉デバイスを用いて構成された従来の 1×2 光分配器の全体構成を示す平面図である。

[図10]多モード干渉デバイスを用いて構成された従来の 2×2 光分配器の全体構成を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面を参照して、本発明による多モード干渉デバイスの実施の形態を説明する。

[0020] 最初に、図1を参照して、本発明による多モード干渉デバイス10の全体構成を説明する。多モード干渉デバイス10は、シリコン薄板によって形成された多モード干渉部12と、多モード干渉部12の長さ方向の一端部（第一の端部12a）に形成された第一ポート14及び第二ポート16と、多モード干渉部12の長さ方向の他端部（第二の端部12b）に形成された第三ポート18及び第四ポート20とを備え、各ポート14、16、18、20には、例えば SiO_2 （二酸化ケイ素）で周囲を囲まれた入出力導波路（図示せず）が接続される。以下では、多モード干渉部12の第一の端部12aと第二の端部12bの間の距離を長さL、長さLと垂直な方向を幅W、長さ方向と幅方向に垂直な方向を厚さDと記載する。

[0021] 第一ポート14は、第一の端部12aの幅方向の中央、すなわち第一の端部12aの側端から幅方向中央へ向かって $W/2$ だけ内側の位置に設けられ

、第二ポート 16 は、第一の端部 12 a の側端の両側端の何れか一方から幅方向中央へ向かって $W/4$ だけ内側の位置に中心が設けられる。図 1 では、第二ポート 16 は、第一の端部 12 a の右側端から幅方向中央へ向かって $W/4$ だけ内側の位置に中心が設けられているが、図 1 に破線で描かれているように、第一の端部 12 a の左側端から幅方向中央へ向かって $W/4$ だけ内側の位置に中心が設けられていてもよい。

[0022] 第一ポート 14 には T E 偏波光が入力され、第一ポート 14 に入力された T E 偏波光は、3 dB の損失で第三ポート 18 及び第四ポート 20 に均等に配分されて出力されるようになっている。また、第二ポート 16 には T M 偏波光が入力され、第二ポート 16 に入力された T M 偏波光は、3 dB の損失で第三ポート 18 及び第四ポート 20 に均等に配分されて出力されるようになっている。

[0023] 多モード干渉デバイス 10 では、第一ポート 14 に入力された T E 偏波光及び第二ポート 16 に入力された T M 偏波光が共に第三ポート 18 及び第四ポート 20 に出力されるようにするために、多モード干渉部の幅 W 及び長さ L が以下の連立方程式 (1) を満たすように定められる。

[数4]

$$\begin{cases} L = \frac{3}{8} L_c^{TE}(W) \\ L = \frac{3}{2} L_c^{TM}(W) \end{cases} \quad \dots \quad (1)$$

ここで、 $L_c^{TE}(W)$ は T E 偏波光に対する多モード干渉デバイスの結合長を表す幅 W の関数、 $L_c^{TM}(W)$ は T M 偏波光に対する多モード干渉デバイスの結合長を表す幅 W の関数である。

[0024] 上記式は以下のようにして求められる。

第一ポート 14 に入力された光が第三ポート 18 及び第四ポート 20 に分配されて出力されるためには、結合長を表す関数を $L_c(W)$ としたとき、1 × 2 分配器の場合と同様に、多モード干渉部 12 の幅 W 及び長さ L は以下の

式を満たさなくてはならない。

[数5]

$$L = \frac{3}{8}(2k+1)L_c(W) \quad \dots \quad (2)$$

[0025] また、第二ポート16に輸入された光が第三ポート18及び第四ポート20に分配されて出力されるためには、結合長を表す関数を $L_c(W)$ としたとき、 2×2 分配器の場合と同様に、多モード干渉部12の幅 W 及び長さ L は以下の式を満たさなくてはならない。

[数6]

$$L = \frac{3}{2}(2k+1)L_c(W) \quad \dots \quad (3)$$

[0026] よって、式(2)によって表される曲線と式(3)によって表される曲線の交点に対応する幅 W 及び長さ L をそれぞれ多モード干渉部の寸法とすれば、第一ポート14から入力されるTE偏波光に対しても、第二ポート16から入力されるTM偏波光に対しても、第三ポート18及び第四ポート20から2分岐出力が得られるようになる。

[0027] 本願発明者は、第一ポート14にTE偏波光を入力すると共に第二ポート16にTM偏波光を入力し、式(2)において $k=1$ 、式(3)において $k=0$ としたときに、図4に示すように、式(2)を満たす L と W の関係を表す曲線22と式(3)を満たす L と W の関係を表す曲線24とが交点を生じ、式(2)及び式(3)を同時に満たす L 及び W が存在することを見出し、これに基づいて、式(1)を得た。

[0028] 実例として、図3は、厚さ D が220nm、入出力導波路のコアの幅が450nm、幅 W が7.4 μm としたときのTE偏波光(図3(a))及びTM偏波光(図3(b))の伝播状態を有限差分時間領域法によって2次元演算したときのシミュレーション結果を示している。同条件で連立方程式(1)を解くと、多モード干渉部12の長さ L は153 μm となる。シミュレーション結果からも、入力側端部(図1における第一の端部12a)から15

3 μm だけ離れた位置において、TE 偏波光及び TM 偏波光が二つの共通する箇所に伝播していることが確認できる。したがって、これら二つの共通する箇所に第三ポート 18 及び第四ポート 20 を設ければ、第一ポート 14 に入力された TE 偏波光及び第二ポート 16 に入力された TM 偏波光の両方が第三ポート 18 及び第四ポート 20 から 2 分岐されて均等に出力されるようになることが分かる。

[0029] このように、本発明の多モード干渉デバイス 10 では、TE 偏波光を第一ポート 14 に入力し、TM 偏波光を第二ポート 16 に入力すれば、TE 偏波光に対しても、TM 偏波光に対しても、第三ポート 18 及び第四ポート 20 から 3 dB の損失で 2 分岐出力が得られる。

[0030] このような本発明による多モード干渉デバイス 10 を用いることにより、偏波無依存化された様々な要素素子を構成することができる。以下に、図 4 から図 8 を参照して、本発明による多モード干渉デバイス 10 を用いて構成される様々な偏波無依存の要素素子を説明する。

[0031] 図 4 は、図 1 に示されている多モード干渉デバイス 10 を用いて構成された偏波無依存の 1×2 光分配器 26 を示している。図 4 に示されている 1×2 光分配器 26 は、図 1 に示されている多モード干渉デバイス 10 と、多モード干渉デバイス 10 の前段に設けられた偏波分離素子 28 とを備える。偏波分離素子 28 は、入力ポート 30 と、TE 偏波出力ポート 32 と、TM 偏波出力ポート 34 とを有し、偏波分離素子 28 の TE 偏波出力ポート 32 は光導波路により多モード干渉デバイス 10 の第一ポート 14 に接続され、偏波分離素子 28 の TM 偏波出力ポート 34 は光導波路により多モード干渉デバイス 10 の第二ポート 16 に接続されている。偏波分離素子 28 としては、例えば方向性結合器を用いることができる。このような構成の 1×2 光分配器 26 によれば、一つの入力光が TE 偏波光か TM 偏波光かに依らずに二つに均等に分配されるようになり、偏波無依存化される。

[0032] 図 5 は、図 1 に示されているような多モード干渉デバイス 42, 44 を二つ用いて構成された要素素子 40 である。図 5 に示されている要素素子 40

は、図 1 に示されている多モード干渉デバイス 10 と同様の構成を有し縦列に配置された第一の多モード干渉デバイス 42 及び第二の多モード干渉デバイス 44 を備える。第一の多モード干渉デバイス 42 は第一の端部に設けられた第一ポート 46 及び第二ポート 48 と第二の端部に設けられた第三ポート 50 及び第四ポート 52 とを有し、同様に、第二の多モード干渉デバイス 44 も第一の端部に設けた第一ポート 54 及び第二ポート 56 と第二の端部に設けられた第三ポート 58 及び第四ポート 59 とを有する。第一の多モード干渉デバイス 42 と第二の多モード干渉デバイス 44 とは、第二の端部側（第三ポート 50、58 及び第四ポート 52、59 が設けられている側）を互いに対向させて配置され、第一の多モード干渉デバイス 42 の第三ポート 50 を第二の多モード干渉デバイス 44 の第四ポート 59 に接続し且つ第一の多モード干渉デバイス 42 の第四ポート 52 を第二の多モード干渉デバイス 44 の第三ポート 58 に接続するように、光導波路によって接続されている。

[0033] このように構成された要素素子 40 では、第一の多モード干渉デバイス 42 の第一ポート 46（図 5 における下方左側のポート）から入力された TE 偏波光は多モード干渉デバイス 44 の第一ポート 54（図 5 における上方右側のポート）から出力され、第一の多モード干渉デバイス 42 の第二ポート 48（図 5 における下方右側のポート）から入力された TM 偏波光は第二の多モード干渉デバイス 44 の第二ポート 56（図 5 における上方左側のポート）から出力される。すなわち、図 5 に示されている要素素子は、幅方向における TE 偏波光と TM 偏波光の並び順を入れ替えて出力し、TE 偏波光と TM 偏波光とを交差させる異偏波間交差素子 40 として機能する。

[0034] 図 5 に示されている異偏波間交差素子 40 の交差機能は、図 6 に示されている変形形態の異偏波交差素子 40' のように、光導波路を用いずに、第一の多モード干渉デバイス 42 と第二の多モード干渉デバイス 44 との間を接続し、一体的に形成しても、維持することができる。したがって、図 1 に示されている多モード干渉デバイス 10 の長さ L を 2 倍にし、第三ポート 18

を第一の端部 1 2 a の第二ポート 1 6 に近い側端と反対側の第二の端部 1 2 b の側端（例えば図 1 では、多モード干渉デバイス 1 0 の第二ポート 1 6 が第一の端部の右側端に近い側に設けられているので、第二の端部の左側端）から $W/4$ だけ第二の端部の中央側に設け、第四ポート 2 0 を第二の端部の中央に設ければ、図 6 に示されている異偏波間交差素子 4 0' となる。

[0035] また、図 5 又は図 6 に示されている異偏波間交差素子 4 0 又は 4 0' の T E 偏波光と T M 偏波光とを交差させる機能を利用すれば、 2×2 光分配器や 2×2 光スイッチの偏波無依存化を図ることが可能となる。

[0036] 図 7 は、図 5 又は図 6 に示されている異偏波間交差素子 4 0' を用いて偏波無依存化した 2×2 光分配器（2 入力 2 出力の光分配器）6 0 を示す。図 7 に示されている実施形態では、図 6 に示されている異偏波間交差素子 4 0' が使用されているが、異偏波間交差素子 4 0' に代えて、異偏波間交差素子 4 0 を使用してもよいことはもちろんである。

[0037] 図 7 に示されている 2×2 光分配器 6 0 は、第一の偏波分離素子 6 2 及第二の偏波分離素子 6 4 と、第一の異偏波間交差素子 6 6 と、T E 偏波用の 2×2 光分配器 6 8 及び T M 偏波用の 2×2 光分配器 7 0 と、第二の異偏波間交差素子 7 2 と、第一の偏波合成素子 7 4 及び第二の偏波合成素子 7 6 とを順に備える。

[0038] 第一の偏波分離素子 6 2 は、入力ポート 6 2 a と T E 偏波出力ポート 6 2 b と T M 偏波出力ポート 6 2 c とを有する。同様に、第二の偏波分離素子 6 4 は、入力ポート 6 4 a と T E 偏波出力ポート 6 4 b と T M 偏波出力ポート 6 4 c とを有する。第一の偏波分離素子 6 2 及び第二の偏波分離素子 6 4 としては、入力光を T E 偏波光と T M 偏波光とに分離できるものであれば任意の種類の偏波分離素子を使用することができる。

[0039] 第一の偏波合成素子 7 4 は、T E 偏波入力ポート 7 4 a と T M 偏波入力ポート 7 4 b と出力ポート 7 4 c とを有する。同様に、第二の偏波合成素子 7 6 は、T E 偏波入力ポート 7 6 a と T M 偏波入力ポート 7 6 b と出力ポート 7 6 c とを有する。第一の偏波合成素子 7 4 及び第二の偏波合成素子 7 6 と

しては、TE偏波光とTM偏波光とを合成して出力することができるものであれば、任意の種類の偏波合成素子を使用することができる。

[0040] TE偏波用の2×2光分配器68はTE偏波専用の二つの入力ポート68a, 68bと二つの出力ポート68c, 68dとを有し、TM偏波用の2×2光分配器70も同様にTM偏波専用の二つの入力ポート70a, 70bと二つの出力ポート70c, 70dとを有する。TE偏波用の2×2光分配器68及びTM偏波用2×2光分配器70としては、二つの入力ポートと二つの出力ポートとを有し且つTE偏波光又はTM偏波光の何れか一方のみについて二つの入力ポートに入力された光を二つの出力ポートに均等に分配できれば任意の種類の2×2光分配器を使用することができる。例えば、TE偏波用の2×2光分配器68及びTM偏波用の2×2光分配器70として、TE偏波専用又はTM偏波専用の2×2MMI（多モード干渉光導波路）を使用することができる。

[0041] 第一の異偏波間交差素子66は入力側第一ポート66a及び入力側第二ポート66bと出力側第一ポート66c及び出力側第二ポート66dとを有し、同様に、第二の異偏波間交差素子72は入力側第一ポート72a及び入力側第二ポート72bと出力側第一ポート72c及び出力側第二ポート72dとを有する。第一の異偏波間交差素子66及び第二の異偏波間交差素子72としては、図5又は図6に示されているような異偏波間交差素子40, 40'が使用される。

[0042] 第一の偏波分離素子62のTE偏波出力ポート62bは、光導波路によって、第一の異偏波間交差素子66の入力側第一ポート66aに接続され、第一の偏波分離素子62のTM偏波出力ポート62cは、光導波路によって、TM偏波用の2×2光分配器70の二つの入力ポート70a, 70bの一方70bに接続される。また、第二の偏波分離素子64のTE偏波出力ポート64bは、光導波路によって、第一の異偏波間交差素子66の入力側第二ポート66bに接続され、第二の偏波分離素子64のTM偏波出力ポート64cは、光導波路によって、TE偏波用の2×2光分配器68の二つの入力ポ

ート68a, 68bの一方68bに接続される。さらに、第一の異偏波間交差素子66の出力側第一ポート66cは、光導波路によって、TE偏波用の2×2光分配器68の二つの入力ポート68a, 68bの他方68aに接続され、第一の異偏波間交差素子66の出力側第二ポート66dは、光導波路によって、TM偏波用の2×2光分配器70の二つの入力ポート70a, 70bの他方70aに接続される。

[0043] TE偏波用の2×2光分配器68の二つの出力ポート68c, 68dの一方68cは、光導波路によって、第二の異偏波間交差素子72の入力側第一ポート72aに接続され、TE偏波用の2×2光分配器68の二つの出力ポート68c, 68dの他方68dは、光導波路によって、第二の偏波合成素子76のTE偏波入力ポート76aに接続される。また、TM偏波用の2×2光分配器70の二つの出力ポート70c, 70dの一方70cは、光導波路によって、第二の異偏波間交差素子72の入力側第二ポート72bに接続され、TM偏波用の2×2光分配器70の二つの出力ポート70c, 70dの他方70dは、光導波路によって、第一の偏波合成素子74のTM偏波入力ポート74bに接続される。さらに、第二の異偏波間交差素子72の出力側第一ポート72cは、光導波路によって、第一の偏波合成素子のTE偏波入力ポート74aに接続され、第二の異偏波間交差素子72の出力側第二ポート72dは、光導波路によって、第二の偏波合成素子76のTM偏波入力ポート76bに接続される。

[0044] このような構成にすることにより、二つの入力光が第一の偏波分離素子62及び第二の偏波分離素子64によってTE偏波光とTM偏波光とに分離されて第一の異偏波間交差素子66によって位置を入れ替えられた後、偏波光ごとの2入力がそれぞれの偏波光専用に設計された2×2光分配器68, 70に接続されて、2×2光分配器68, 70の出力が第二の異偏波間交差素子72によって再び位置を入れ替えられ、さらに、第一の偏波合成素子74及び第二の偏波合成素子76によってTE偏波とTM偏波が合成して二つの出力とされるようになる。したがって、偏波光の種類に依存せずに機能する

偏波無依存の 2×2 光分配器60が実現される。

[0045] 同様に、図8に示されているように、図7のTE偏波専用の 2×2 光分配器68とTM偏波専用の 2×2 光分配器70とに代えて、それぞれ、二つの入力ポート78a, 78bと二つの出力ポート78c, 78dとを有するTE偏波専用の 2×2 光スイッチ78と、二つの入力ポート80a, 80bと二つの出力ポート80c, 80dとを有するTM偏波専用の 2×2 光スイッチ80とを用いることによって、偏波の種類に依存せずに機能する偏波無依存の 2×2 光スイッチ60'が実現される。その動作は、 2×2 光分配器60と同様であるので、ここでは詳しく説明しない。なお、TE偏波専用又はTM偏波専用の 2×2 光スイッチ78, 80は、例えば二つの一般的な 2×2 光分配器と位相シフタによって構成することができることは公知である。

[0046] このように本発明による多モード干渉デバイス10を用いれば、 1×2 光分配器26、異偏波間交差素子40, 40'、 2×2 光分配器60、 2×2 光スイッチ60'などを偏波無依存化することができる。このような偏波無依存化された素子は、光クロスコネクタなど光ノード装置に要素素子として組み込むことができる。

[0047] 以上、図示される実施形態を参照して、本発明による多モード干渉デバイス10及びこれを用いた各種デバイス又は素子26, 40, 40', 60, 60'を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。例えば、図1に示されている多モード干渉デバイス10では、第二ポート16が第一ポート14に対して図中右側に設けられているが、第一ポート14に対して図中左側に設けられてもよい。

符号の説明

- [0048]
- | | |
|-----|------------|
| 10 | 多モード干渉デバイス |
| 12 | 多モード干渉部 |
| 12a | 第一の端部 |
| 12b | 第二の端部 |
| 14 | 第一ポート |

1 6	第二ポート
1 8	第三ポート
2 0	第四ポート
2 6	1 × 2 光分配器
2 8	偏波分離素子
3 0	入力ポート
3 2	T E 偏波出力ポート
3 4	T M 偏波出力ポート
4 0	異偏波間交差素子
4 0 ′	異偏波間交差素子
4 2	第一の多モード干渉デバイス
4 4	第二の多モード干渉デバイス
4 6	第一ポート
4 8	第二ポート
5 0	第三ポート
5 2	第四ポート
5 4	第一ポート
5 6	第二ポート
5 8	第三ポート
5 9	第四ポート
6 0	2 × 2 光分配器
6 2	第一の偏波分離素子
6 2 a	入力ポート
6 2 b	T E 偏波出力ポート
6 2 c	T M 偏波出力ポート
6 4	第二の偏波分離素子
6 4 a	入力ポート
6 4 b	T E 偏波出力ポート

- 6 4 c T M 偏波出力ポート
- 6 6 第一の異偏波間交差素子
- 6 6 a 入力側第一ポート
- 6 6 b 入力側第二ポート
- 6 6 c 出力側第一ポート
- 6 6 d 出力側第二ポート
- 6 8 2 × 2 光分配器
- 6 8 a, 6 8 b 入力ポート
- 6 8 c, 6 8 d 出力ポート
- 7 0 2 × 2 光分配器
- 7 0 a, 7 0 b 入力ポート
- 7 0 c, 7 0 d 出力ポート
- 7 2 第二の異偏波間交差素子
- 7 2 a 入力側第一ポート
- 7 2 b 入力側第二ポート
- 7 2 c 出力側第一ポート
- 7 2 d 出力側第二ポート
- 7 4 第一の偏波合成素子
- 7 4 a T E 偏波入力ポート
- 7 4 b T M 偏波入力ポート
- 7 4 c 出力ポート
- 7 6 第二の偏波合成素子
- 7 6 a T E 偏波入力ポート
- 7 6 b T M 偏波入力ポート
- 7 6 c 出力ポート
- 7 8 2 × 2 光スイッチ
- 7 8 a, 7 8 b 入力ポート
- 7 8 c, 7 8 d 出力ポート

80 2×2 光スイッチ

80 a, 80 b 入力ポート

80 c, 80 d 出力ポート

請求の範囲

[請求項1] 光伝送方向の両端に第一の端部と第二の端部とを有する幅 W の多モード干渉デバイスであって、

前記第一の端部の幅方向中央に設けられた第一ポートと、前記第一の端部の幅方向の両端の何れか一方から $W/4$ だけ内側に設けられた第二ポートと、前記第二の端部の幅方向の両端からそれぞれ $W/4$ だけ内側に設けられた第三ポート及び第四ポートとを備え、TE偏波光を前記第一ポートから入力したときに該TE偏波光を前記第三ポート及び前記第四ポートに均等に分配し且つTM偏波光を前記第二ポートから入力したときに該TM偏波光を前記第三ポート及び前記第四ポートに均等に分配するように前記光伝送方向の前記多モード干渉デバイスの長さ L を定めたことを特徴とする多モード干渉デバイス。

[請求項2] TE偏波光に対する前記多モード干渉デバイスの結合長を表す幅 W の関数を $L_c^{TE}(W)$ 、TM偏波光に対する前記多モード干渉デバイスの結合長を表す幅 W の関数を $L_c^{TM}(W)$ としたときに、以下の連立方程式を満たす L 及び W をそれぞれ前記多モード干渉デバイスの長さ及び幅とした、請求項1に記載の多モード干渉デバイス。

[数7]

$$\begin{cases} L = \frac{3}{8} L_c^{TE}(W) \\ L = \frac{3}{2} L_c^{TM}(W) \end{cases}$$

[請求項3] 入力ポートとTE偏波出力ポートとTM偏波出力ポートとを有し入力ポートに光を入力すると前記TE偏波出力ポートからTE偏波光を出力すると共に前記TM偏波出力ポートからTM偏波光を出力する偏波分離素子と、請求項1又は請求項2に記載の多モード干渉デバイスとを備え、前記偏波分離素子の前記TE偏波出力ポートを前記第一ポートに接続すると共に、前記偏波分離素子の前記TM偏波出力ポートを前記第二ポートに接続して、偏波無依存化したことを特徴とする1

× 2 光分配器。

[請求項4] 二つの請求項 1 又は請求項 2 に記載の多モード干渉デバイスを第二の端部同士が対向するように配置して、一方の多モード干渉デバイスの第三ポートと他方の多モード干渉デバイスの第四ポートとを接続すると共に、前記一方の多モード干渉デバイスの第四ポートを前記他方の多モード干渉デバイスの第三ポートとを接続し、前記一方の多モード干渉デバイスの第一ポートに入力された T E 偏波光が前記他方の多モード干渉デバイスの第一ポートから出力され、前記一方の多モード干渉デバイスの第二ポートに入力された T M 偏波光が前記他方の多モード干渉デバイスの第二ポートから出力されるようにしたことを特徴とする異偏波間交差素子。

[請求項5] 前記二つの多モード干渉デバイスを一体的に形成し、幅が W、長さが 2 L となるようにした、請求項 4 に記載の異偏波間交差素子。

[請求項6] 各々が入力ポートと T E 偏波出力ポートと T M 偏波出力ポートとを有する第一の偏波分離素子及び第二の偏波分離素子と、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する請求項 4 に記載の第一の異偏波間交差素子と、各々が二つの入力ポートと二つの出力ポートを有する T E 偏波用の 2 × 2 光分配器及び T M 偏波用の 2 × 2 光分配器と、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する請求項 4 に記載の第二の異偏波間交差素子と、各々が T E 偏波入力ポートと T M 偏波入力ポートと出力ポートとを有する第一の偏波合成素子及び第二の偏波合成素子とを順に備え、

前記第一の偏波分離素子の T E 偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続すると共に前記第二の偏波分離素子の T M 偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続し、

前記第一の偏波分離素子の T M 偏波出力ポートと前記第一の異偏波

間交差素子の出力側第二ポートとを前記 T M 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記第二の偏波分離素子の T E 偏波出力ポートと前記第一の異偏波交差素子の出力側第一ポートとを前記 T E 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの入力ポートに接続し、

前記 T M 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続すると共に、前記 T E 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続し、

前記 T M 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つ出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第一ポートとを前記第一の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記 T E 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第二ポートとを前記第二の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続して、偏波無依存化したことを特徴とする 2×2 光分配器。

[請求項7]

各々が入力ポートと T E 偏波出力ポートと T M 偏波出力ポートとを有する第一の偏波分離素子及び第二の偏波分離素子と、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する請求項5に記載の第一の異偏波間交差素子と、各々が二つの入力ポートと二つの出力ポートを有する T E 偏波用の 2×2 光分配器及び T M 偏波用の 2×2 光分配器と、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する請求項5に記載の第二の異偏波間交差素子と、各々が T E 偏波入力ポートと T M 偏波入力ポートと出力ポートとを有する第一の偏波合成素子及び第二の偏波合成素子とを順に備え、

前記第一の偏波分離素子の T E 偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続すると共に前記第二の偏波

分離素子の T M 偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続し、

前記第一の偏波分離素子の T M 偏波出力ポートと前記第一の異偏波間交差素子の出力側第二ポートとを前記 T M 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記第二の偏波分離素子の T E 偏波出力ポートと前記第一の異偏波交差素子の出力側第一ポートとを前記 T E 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの入力ポートに接続し、

前記 T M 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続すると共に、前記 T E 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続し、

前記 T M 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つ出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第一ポートとを前記第一の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記 T E 偏波用の 2×2 光分配器の前記二つの出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第二ポートとを前記第二の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続して、偏波無依存化したことを特徴とする 2×2 光分配器。

[請求項8]

各々が入力ポートと T E 偏波出力ポートと T M 偏波出力ポートとを有する第一の偏波分離素子及び第二の偏波分離素子と、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する請求項4に記載の第一の異偏波間交差素子と、各々が二つの入力ポートと二つの出力ポートを有する T E 偏波用の 2×2 光スイッチ及び T M 偏波用の 2×2 光スイッチと、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する請求項4に記載の第二の異偏波間交差素子と、各々が T E 偏波入力ポートと T M 偏波入力ポートと出力ポートとを有する第一の偏波合成素子と、

子及び第二の偏波合成素子とを順に備え、

前記第一の偏波分離素子の T E 偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続すると共に前記第二の偏波分離素子の T M 偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続し、

前記第一の偏波分離素子の T M 偏波出力ポートと前記第一の異偏波間交差素子の出力側第二ポートとを前記 T M 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記第二の偏波分離素子の T E 偏波出力ポートと前記第一の異偏波間交差素子の出力側第一ポートとを前記 T E 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの入力ポートに接続し、

前記 T M 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続すると共に、前記 T E 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続し、

前記 T M 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第一ポートとを前記第一の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記 T E 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第二ポートとを前記第二の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続して、偏波無依存化したことを特徴とする 2×2 光スイッチ。

[請求項9]

各々が入力ポートと T E 偏波出力ポートと T M 偏波出力ポートとを有する第一の偏波分離素子及び第二の偏波分離素子と、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する請求項5に記載の第一の異偏波間交差素子と、各々が二つの入力ポートと二つの出力ポートを有する T E 偏波用の 2×2 光スイ

ッチ及びT M偏波用の 2×2 光スイッチと、入力側第一ポート及び入力側第二ポートと出力側第一ポート及び出力側第二ポートとを有する請求項5に記載の第二の異偏波間交差素子と、各々がT E 偏波入力ポートとT M偏波入力ポートと出力ポートとを有する第一の偏波合成素子及び第二の偏波合成素子とを順に備え、

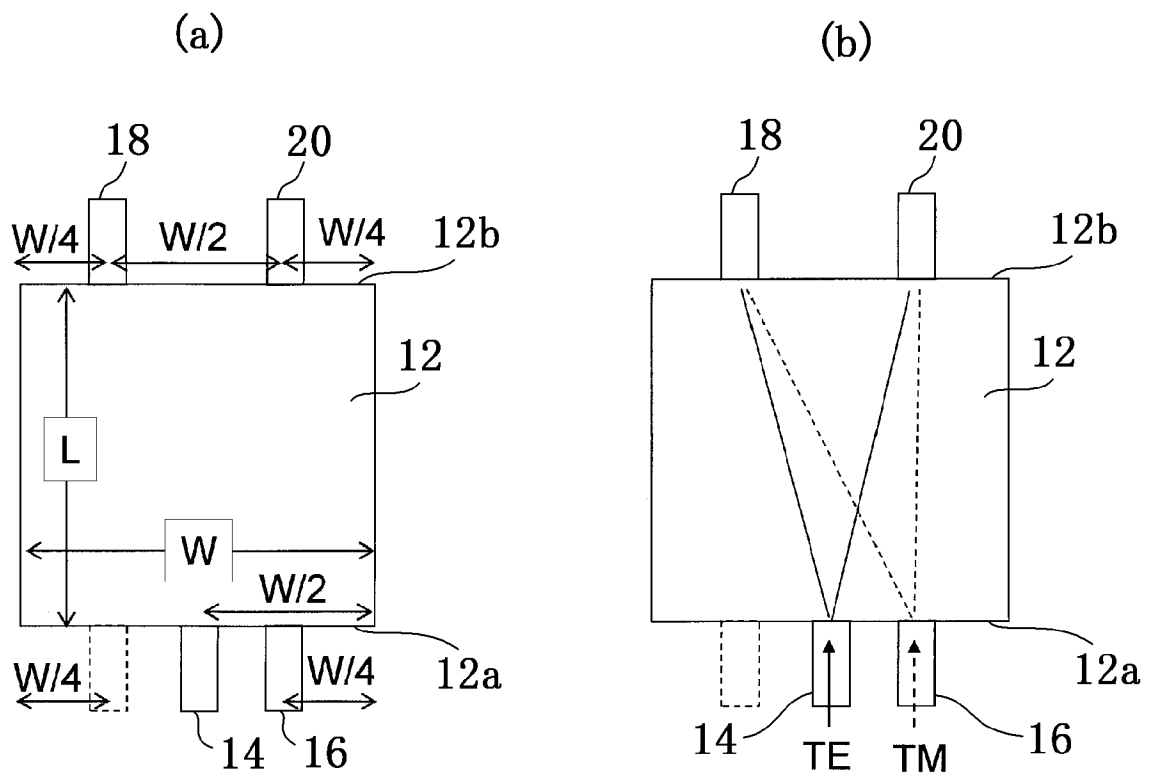
前記第一の偏波分離素子のT E 偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続すると共に前記第二の偏波分離素子のT M偏波出力ポートを前記第一の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続し、

前記第一の偏波分離素子のT M偏波出力ポートと前記第一の異偏波間交差素子の出力側第二ポートとを前記T M偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記第二の偏波分離素子のT E 偏波出力ポートと前記第一の異偏波交差素子の出力側第一ポートとを前記T E 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの入力ポートに接続し、

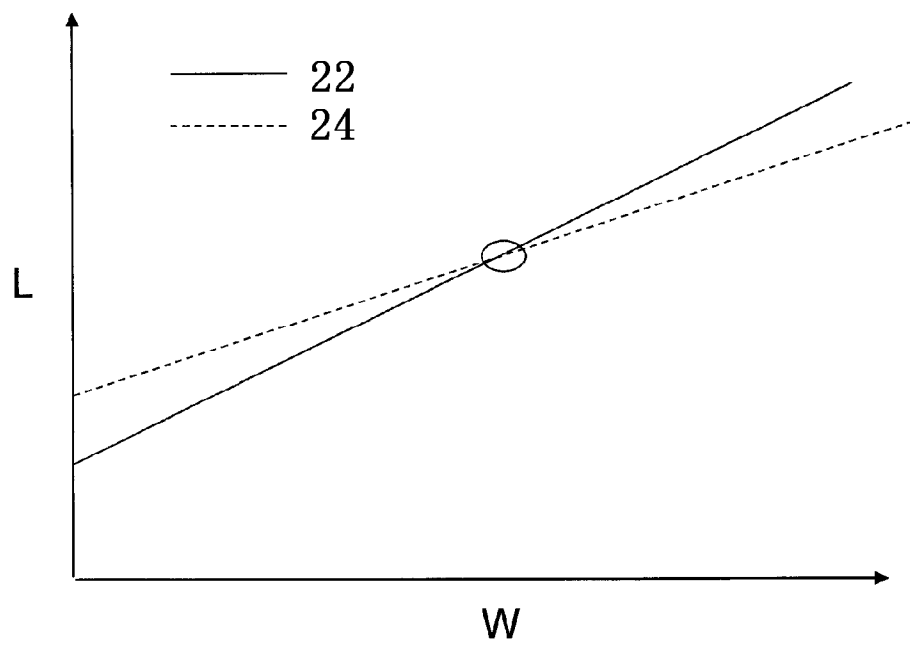
前記T M偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第二ポートに接続すると共に、前記T E 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの一方を前記第二の異偏波間交差素子の前記入力側第一ポートに接続し、

前記T M偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第一ポートとを前記第一の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続すると共に、前記T E 偏波用の 2×2 光スイッチの前記二つの出力ポートの他方と前記第二の異偏波間交差素子の前記出力側第二ポートとを前記第二の偏波合成素子の前記二つの入力ポートに接続して、偏波無依存化したことを特徴とする 2×2 光スイッチ。

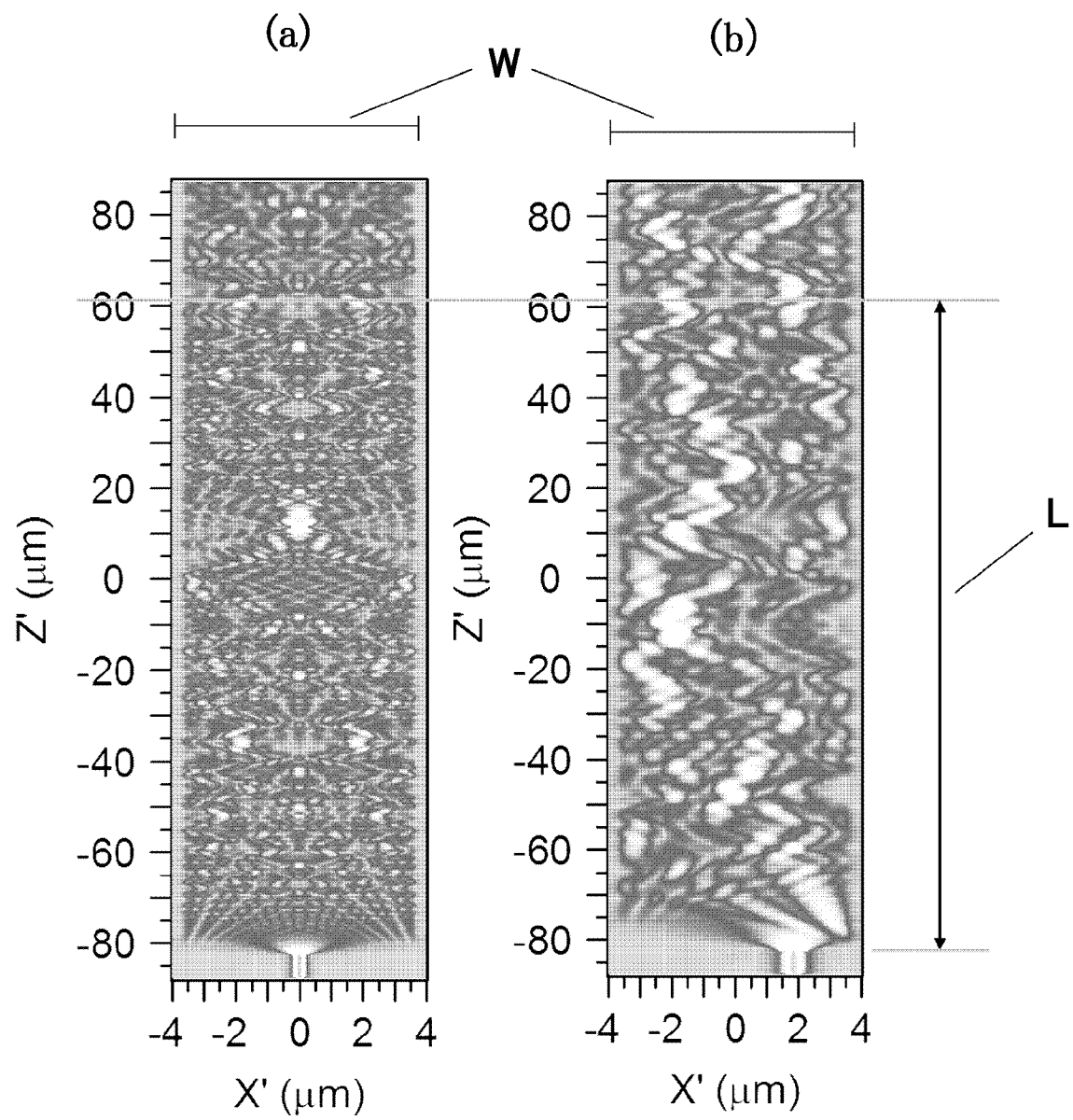
[図1]



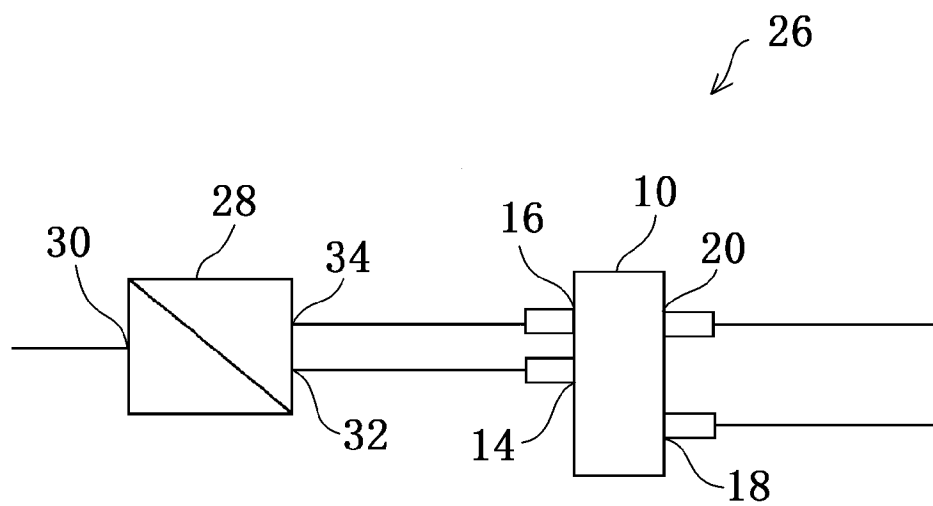
[図2]



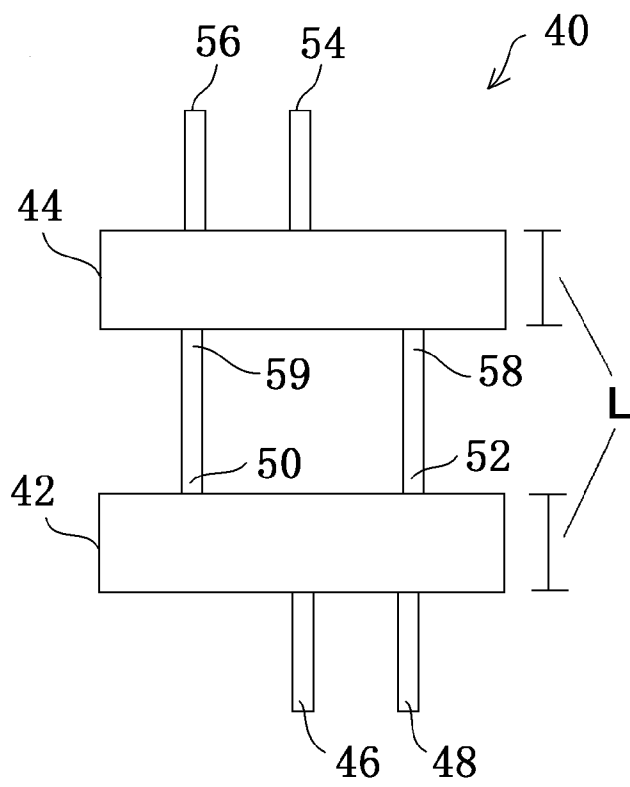
[図3]



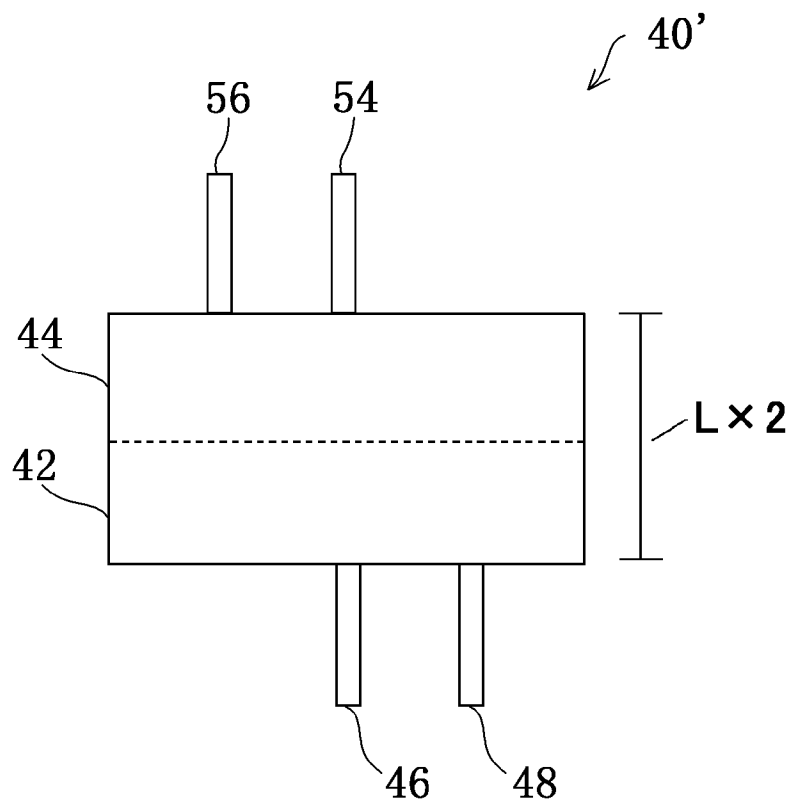
[図4]



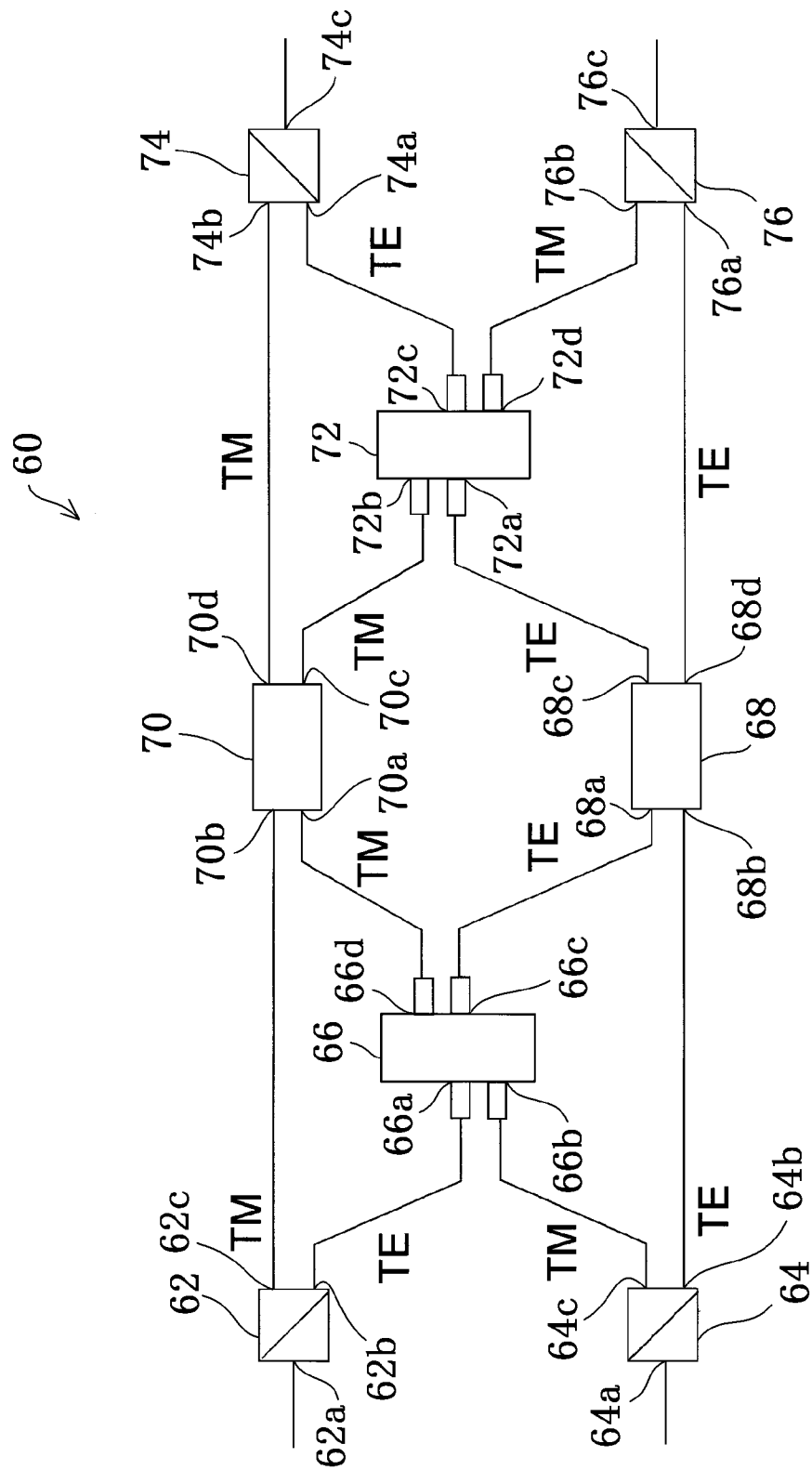
[図5]



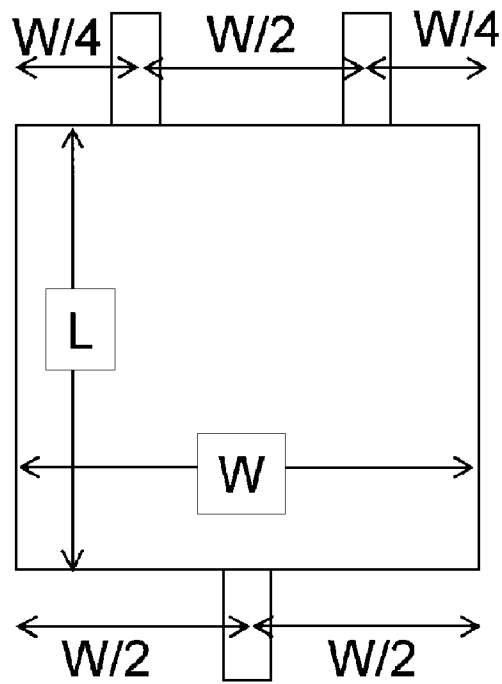
[図6]



[図7]

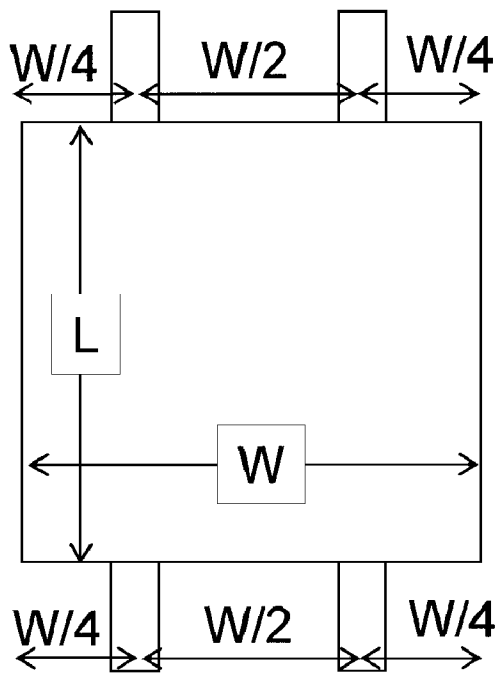


[図9]



従来技術

[図10]



従来技術

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/070650

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/122 (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)

G02B6/122

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)

IEEE Xplore, JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII), WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-58696 A (Anritsu Corp.), 22 March 2012 (22.03.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2011-109001 A (Kyushu University), 02 June 2011 (02.06.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2010-223991 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 07 October 2010 (07.10.2010), entire text; all drawings (Family: none)	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
07 November, 2012 (07.11.12)

Date of mailing of the international search report
20 November, 2012 (20.11.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/070650

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 2009-300888 A (Fujitsu Ltd.), 24 December 2009 (24.12.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2005-191364 A (NEC Corp.), 14 July 2005 (14.07.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	Lucas B.SOLDANO and Erik C.M.PENNINGS, Optical Multi-Mode Interference Devices Based on Self- Imaging: Principles and Applications, Journal of Lightwave Technology, Vol.13, No.4, IEEE, 1995.04, pages 615 to 627	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B6/122 (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. G02B6/122

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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)

IEEE Xplore
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)
WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-58696 A (アンリツ株式会社) 2012. 03. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2011-109001 A (国立大学法人九州大学) 2011. 06. 02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2010-223991 A (沖電気工業株式会社) 2010. 10. 07, 全文, 全図 (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

0 7 . 1 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 0 . 1 1 . 2 0 1 2

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

大森 伸一

2 X

9 2 2 9

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
A	JP 2009-300888 A (富士通株式会社) 2009.12.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2005-191364 A (日本電気株式会社) 2005.07.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	Lucas B.SOLDANO and Erik C.M.PENNINGS, Optical Multi-Mode Interference Devices Based on Self-Imaging: Principles and Applications, Journal of Lightwave Technology, Vol.13, No.4, IEEE, 1995.04, pages 615 to 627	1-9