

(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1月16日(16.01.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/010037 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/12 (2006.01) *G02B 6/13* (2006.01)
G02B 6/122 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/067643
- (22) 国際出願日: 2012年7月11日(11.07.2012)
- (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): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6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): 佐川 みすず(SAGAWA Misuzu) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 李 英根(LEE Young kun) [KR/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 牧野 茂樹(MAKINO Shigeki) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ

窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 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, 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 (AL, 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

[続葉有]

(54) Title: WAVELENGTH MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER, OPTICAL MODULE, AND SERVER USING SAME

(54) 発明の名称: 波長合分波器、光モジュールおよびそれを用いたサーバ

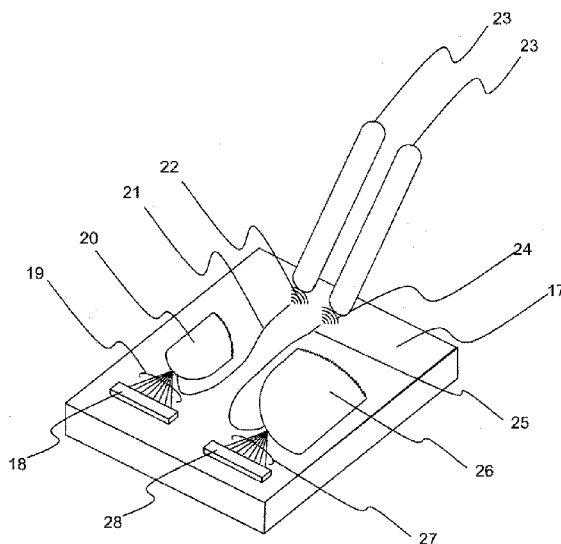


図7(a)

(57) Abstract: The present invention relates to a wavelength multiplexer/demultiplexer as a device having a multiplexing function for bundling light of different wavelengths and a demultiplexing function for separating light of different wavelength in a transmitter and receiver for realizing an optical interconnection, and the purpose of the present invention is to provide a wavelength multiplexer/demultiplexer in which the characteristics do not vary with variations in operating temperature, and in which there is no need for a temperature adjustment function. In order to achieve this purpose, the present invention is a wavelength multiplexer/demultiplexer having a diffraction grating and a plurality of optical waveguides formed on a substrate, wherein at least one of the optical waveguides is a slab waveguide, and a core of the slab waveguide is configured from air. The core constituting the slab waveguide is held between parallel flat plates of metal or a dielectric multilayer film, and the diffraction grating is formed adjacent to the slab waveguide by etching silicon. The metal or dielectric multilayer film is furthermore formed on a surface of the diffraction grating. The diffraction grating has a curvature of radius 2R, and the optical waveguides and the slab waveguide are optically connected on a circle of radius R adjacent to a portion of the circle of radius 2R formed by the diffraction grating.

(57) 要約:

[続葉有]



(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))

光インターコネクションを実現する送信器、受信器において、異なる波長の光を束ねる多重機能及び異なる波長の光を分離する分波機能デバイスである波長合分波器に関して、動作温度変化に対して特性が変化しない温度調節機能が不要な波長合分波器を提供すること。本発明では上記課題を解決するために、基板上に形成された複数の光導波路、回折格子を有する波長合分波器において、前記光導波路のうち少なくとも１つはスラブ導波路であり、該スラブ導波路のコアが空気によって構成する。また、上記スラブ導波路を構成するコアが金属または誘電体多層膜による平行平板によりはさまれ、上記回折格子は上記スラブ導波路に隣接してシリコンを食刻することにより形成する。さらに、上記回折格子の表面には上記金属または誘電体多層膜を形成する。また、上記回折格子は半径 $2R$ の曲率を有し、且、上記光導波路と上記スラブ導波路は上記回折格子が構成する半径 $2R$ の円の一部に接している半径 R の円上で光学的に接続する。

明 細 書

発明の名称：

波長合分波器、光モジュールおよびそれを用いたサーバ

技術分野

[0001] 本発明は、波長合分波器に係り、特に、1本の光ファイバで複数の波長の光を伝送する波長多重光伝送用波長合分波器、光モジュール、及びサーバの構造に関する。

背景技術

[0002] 高度情報化社会の進展とともに、ネットワークを流れる情報の伝達量は年率40%の割合で上昇し、この大容量の情報を処理するサーバやデータセンタを支える演算処理装置の高速化、高機能化が求められている。このため、この情報処理装置には、大容量化、小型化、低消費電力化が求められ、そのアプローチのひとつとしてインターコネクションの光化が進められている。光インターコネクションにおいて、大容量化を実現するための方法として波長多重伝送が有力な候補である。波長多重伝送とは、1本の伝送路に複数の波長の光がそれぞれ独立に信号を伝達する方法で、波長数倍の大容量化が実現できる。その送信器は複数の異なる波長の光源とそれらを束ねる多重機能を有し、受信器は、複数の異なる波長の光を分離する機能と、分離後の光信号を受信する受信素子により構成される。一方、光インターコネクションを実現する技術として、シリコンフォトニクスが注目されている。シリコンフォトニクスはSiを光素子として用いる技術で、高度に発達したシリコンプロセス技術を用いることができるため、微細加工、大量一括生産が可能である。このシリコンフォトニクスの技術を用いた波長多重伝送の送信器、受信器の研究開発が進んでいる。

[0003] たとえば、非特許文献1では、シリコンフォトニクス技術を用いた異なる波長の光を束ねる多重機能及び異なる波長の光を分離する分波機能デバイスが報告されている。この技術による波長合分波器は、シリコンにより構成さ

れた導波路断面が平行平板構造をしているスラブ導波路と、そのスラブ導波路に隣接した反射型回折格子、反射型回折格子の対抗側に入出力用の複数の導波路から構成されている。また、特許文献1開示されている合分波器では、スラブ導波路がフォトニック結晶により構成されている。これらの波長合分波器の特性を図2に示す。この特性は、イーサネット(登録商標)の標準化規格であるIEEE802.3baの100GBASE-ER4及び100GBASE-LR4に適合する波長合分波機能を示している。すなわち、波長間隔4.5nm、パスバンド2.3nm、4波多重の規格を満たす波長合分波機能を有する波長合分波器を実現する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-043886号

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Photronics Technology Letters
vol. 23 284ページ (Kotura)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 光インターコネクションを実現する送信器、受信器には低消費電力動作が求められている。このため、消費電力が大きい温度調節機能が不要な構成が必須である。温度調節機能が不要であるということは、動作温度が変化しても、送信器、受信器の特性が仕様範囲内の変動に収まるということを意味する。従って、波長多重伝送送信器、受信器において異なる波長の光を束ねる多重機能及び異なる波長の光を分離する分波機能デバイスについても、動作温度変化に対して特性が変化しないことが求められる。

[0007] 非特許文献1で開示された方法においては、その波長合分波器を構成するスラブ導波路がシリコンにより構成されているが、シリコンの屈折率の温度依存性は大きいため、動作温度が変化することにより、その波長合分波特性

も大きく変化する。たとえば、図3に示すように、動作温度が100度変化することにより、波長が6.5nm変動する。この温度範囲において、波長間隔4.5nm、パスバンド2.3nm、4波多重の規格を満たすためには波長変動を1nm以下にする必要がある。ところが、この構造では要求を満たすことができず、正常な動作を行うことができない。また、特許文献1で開示された方法においても同様に、波長特性が屈折率、すなわち温度に非常に敏感なため、同様に大きな動作温度の変動により正常な動作を行うことができない。

[0008] 本発明の目的は、光インターコネクションを実現する送信器、受信器において、異なる波長の光を束ねる多重機能及び異なる波長の光を分離する分波機能デバイスである波長合分波器に関して、動作温度変化に対して特性が変化しない温度調節機能が不要な光モジュールあるいは、波長合分波器を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明では上記課題を解決するための光モジュールとして、基板と、前記基板上に設けられ、複数の入射口と1の出射口とを有し、前記入射口と対抗する側の内壁に回折格子が形成された第1のスラブ導波路と、前記基板上に設けられ、1の入射口と複数の出射口とを有し、前記入射口と対抗する側の内壁に回折格子が形成された第2のスラブ導波路と、前記基板上に設けられ、前記第1のスラブ導波路に光を入射する、それぞれ波長の異なる複数の発光素子と、前記基板上に設けられ、前記第2のスラブ導波路から出射された波長の異なる光を受光する、複数の受光素子とを有し、前記第1のスラブ導波路に入射した光は、スラブ導波路内の回折格子で反射して合波され、前記第1のスラブ導波路の前記出射口から出射され、前記第2のスラブ導波路に入射した光は、前記第2のスラブ導波路内の回折格子で反射して分波され、前記第2のスラブ導波路の前記出射口から出射されることを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、低消費電力化が可能な光モジュールおよびサーバを提供

できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1] 図1は、本発明の第1の実施例である波長合分波器の図であり、図1（a）は上面図、図1（b）は図1（a）のA-A'断面図、図1（c）は図1（a）のB-B'断面図である。

[図2] 図2は、本発明の波長合分波器の波長透過特性を表す図である。

[図3] 図3は、本発明及び従来例による波長特性変化の環境温度依存性を表す図である。

[図4] 図4は、波長合分波器の波長透過特性の環境温度変化による透過特性変化を示した図である。図4（a）は従来例による環境温度変化による透過特性変化を、図4（b）は本発明による環境温度変化による透過特性変化を表した図である。

[図5(a)] 図5（a）は、本発明の第1の実施例の作製工程を表した図である。

[図5(b)] 図5（b）は、本発明の第1の実施例の作製工程を表した図である。

[図5(c)] 図5（c）は、本発明の第1の実施例の作製工程を表した図である。

[図5(d)] 図5（d）は、本発明の第1の実施例の作製工程を表した図である。

[図5(e)] 図5（e）は、本発明の第1の実施例の作製工程を表した図である。

[図5(f)] 図5（f）は、本発明の第1の実施例の作製工程を表した図である。

[図6] 図6は、本発明の第2の実施例である波長合分波器の図であり、図2（a）は上面図、図2（b）は図2（a）のA-A'断面図である。

[図7(a)] 図7（a）は、本発明の第3の実施例である波長合分波器を用いた送受信器の構造図である。

[図7(b)] 図7（b）は、本発明の第3の実施例である波長合分波器を用いた送受信器の構造図である。

[図7(c)] 図7（c）は、本発明の第3の実施例である波長合分波器を用いた送受信器の構造図である。

[図8] 図8は、本発明の第4の実施例である波長合分波器を用いた送受信器によるバックプレーンの光インターコネクションを用いたサーバやパケット光

トランスポート装置の構造図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に詳細に実施例を説明する。

[0013] (実施例 1)

本発明による波長分波機能について図 1 を用いて説明する。本発明はエッセルグレーティング、すなわち回折次数は 2 以上の回折格子を用いた波長合分波器である。波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の光は入力のための光導波路 1 から空気コアにより構成されるスラブ導波路 2 に入射される。スラブ導波路に入射した光は図 1 (a) 面内で回折により広がり、回折格子 3 に θ_i の角度で入射する。回折格子 3 に入射した光は、式 (1) に従い波長ごとに θ_d の角度で回折し、それぞれの波長に対応した出力のための光導波路 4 に入射する。この時、波長と回折角との関係は以下のとおりである。

[0014] [数1]

【数1】

$$d(\sin \theta_i + \sin \theta_d) = m\lambda / n_{eff}(T) \quad \cdots (1)$$

[0015] ここで、 d は回折格子の周期、 θ_i は回折格子に入射する光の回折格子に対する入射角、 θ_d は回折格子から回折された光の回折格子に対する回折角で波長に依存、 m は回折次数、 λ は光の波長、 $n_{eff}(T)$ はスラブ導波路の実効屈折率で温度の関数である。スラブ導波路から θ_i の角度で回折格子に入射した波長 λ の光は回折格子で回折され、 θ_d の角度で回折し、出射のための導波路に導波される。この出口側の導波路は波長 λ の光を集光できるように θ_d の角度に形成されているのである。

[0016] ここで、この波長分波器の温度が変化すると、実効屈折率 $n_{eff}(T)$ が変化する。回折格子の周期 d 、回折格子に入射する光の入射角 θ_i 、出口側の導波路の角度 θ_d 、回折次数 m は変化しないため、波長 λ が変化し、 λ' となる

。すなわち、波長 λ を集光するように設計した波長分波器において波長 λ の光が集光される。波長 λ の λ からの変化量 $\Delta\lambda$ は実効屈折率 $n_{\text{eff}}(T)$ に依存し、 $n_{\text{eff}}(T)$ の変化が小さければ、変化量 $\Delta\lambda$ は実使用条件に対して問題ない。

[0017] ところで、シリコンの屈折率温度依存性は、 $1.3 \times 10^{-2} \text{ K}^{-1}$ であるが、空気の屈折率温度依存性は $1.0 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ である。このような特性を有するシリコン及び空気をスラブ導波路に用いた場合の波長変化の温度変化依存性を図3に示す。実使用条件における温度変化は100度である。スラブ導波路をシリコンで形成した場合、温度が100度変化すると、波長は6.5 nm変化する。すなわち、波長変化量 $\Delta\lambda$ は6.5 nmである。一方、スラブ導波路を空気によって形成した場合、温度が100度変化すると、波長変化量 $\Delta\lambda$ は0.1 nmであり、使用条件の波長変化量1 nm以下を満たす。また、スラブ導波路に無機材料を用いても、同様に100度の温度変化に対する波長変化量 $\Delta\lambda$ は0.7 nmであり、使用条件の波長変化量1 nm以下を満たす。

[0018] このように、本発明により、光インターコネクションを実現する送信器、受信器において、異なる波長の光を束ねる多重機能及び異なる波長の光を分離する分波機能デバイスである波長合分波器に関して、環境温度変化に対して特性が変化しない温度調節機能が不要な波長合分波器を提供できる。

[0019] 図1は、本発明の第1の実施例である波長合分波器の構造図である。図1(a)は上面図、図1(b)は図1(a)のA-A'断面図、図1(c)は図1(a)のB-B'断面図である。

[0020] 本発明による第1の実施例を波長分波器として用いた場合の構成について説明する。本実施例は、SOI (Silicon on Insulator) 上に形成された入力のための光導波路1、金属6及び空気コア5によって構成されるスラブ導波路2、回折格子3、分波された光の出力のための光導波路4によって構成される。図1の波長合分波器を、波長分波器として用いる場合について説明する。波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の光は入力のための光

導波路 1 から空気コアにより構成されるスラブ導波路 2 に入射される。スラブ導波路に入射した光は図 1 (a) 面内で回折により広がり、回折格子 3 に θ_i の角度で入射する。回折格子 3 に入射した光は、式 (1) に従い波長ごとに θ_d の角度で回折し、それぞれの波長に対応した出力のための光導波路 4 に入射する。このとき、入力のための光導波路 1、出力のための光導波路 4 は半径 R の円周上でスラブ導波路 2 と光学的に接続する。また、回折格子 3 は半径 $2R$ の曲率を有し、前述の入力のための導波路 1 及び出力のための導波路 4 とスラブ導波路 2 との接続面である半径 R と接する。

[0021] この波長合分波器を波長合波器として用いる場合は、波長分波器の逆の光路をたどる。光の出力のための光導波路 4 からそれぞれ波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の光を入力し、スラブ導波路 2 に入射される。スラブ導波路に入射した光は図 1 (a) 面内で回折により広がり、回折格子 3 にそれぞれの波長に対応した角度 θ_d の角度で入射する。回折格子 3 に入射した光は、式 (1) に従い θ_i の角度で回折し、光導波路 1 に入射する。

[0022] 次に、本波長合分波器の作製プロセスについて図 5 を用いて説明する。シリコン酸化膜 8 上のシリコン 7 をフォトエッチング工程によりエッチングし、図 5 (b) に示す溝を形成する。この溝の上面から見た構成は図 1 (a) に示すとおりとなっている。その後、金属薄膜 9 を形成する。このとき金属薄膜 9 はシリコン酸化膜 8 上のみならずシリコン 7 の側面にも形成する。次に、図 5 (d) で示すように、図 5 (b) で形成した溝を犠牲層 10 により埋め込む。犠牲層 10 を形成した後、犠牲層 10 上に金属薄膜 9 を形成する。その後、犠牲層 10 をエッチングにより除去し、図 5 (f) で示すような平行平板である金属薄膜 9 と空気コア 5 からなる導波路を形成する。このとき、入力のための光導波路 1 の幅は 5 から 20 μm 、出力のための光導波路 4 の幅は 5 から 20 μm とする。狭幅側は光導波路を作製する際の作製誤差から、広幅側は波長合分波器の大きさからの要請である。また、回折格子の次数は 2 から 40 である。

[0023] 作製した波長分波器の分波特性を図 2 に示す。波長 1295.6 nm、1

300.1 nm、1304.6 nm、1309.1 nmを中心に、それぞれパスバンドとして2.3 nm以上で良好な分波特性を示している。この波長分波器の温度を100度上昇させ、同様に波長分波特性を調べたところ、図4(b)の実線で示す特性を示した。すなわち、その波長特性は長波長側に0.1 nmシフトした。この波長シフト量0.1 nmは、使用条件の波長変化量1 nm以下を満たす。

[0024] このように、本発明により、環境温度変化に対して温度調節機構なしでも特性が変化しない温度調節機能が不要な波長合分波器を提供できる。

[0025] なお、金属薄膜9は、誘電体多層膜に置き換えても同様の効果を得ることができる。

[0026] (実施例2)

本発明の第2の実施例を、図6を用いて説明する。図6は、本発明の第2の実施例である波長合分波器の構造図である。図6(a)は上面図、図6(b)は図6(a)のA-A断面図である。

[0027] 本発明による第2の実施例を波長合波器として用いた場合の構成について説明する。本実施例は、SOI(Silicon on Insulator)上に形成された入力のための光導波路14、窒化シリコン16によって構成されるスラブ導波路12、回折格子13、合波された光の出力のための光導波路11によって構成される。図6の波長合分波器を、波長合波器として用いる場合について説明する。波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の光は入力のための光導波路14から窒化シリコンにより構成されるスラブ導波路12に入射される。スラブ導波路に入射した光は図6(a)面内で回折により広がり、回折格子13に θ_i の角度で入射する。回折格子13に入射した光は、それぞれの波長に対応した角度 θ_o の角度で入射する。回折格子13に入射した光は、式(1)に従い θ_i の角度で回折し、光導波路11に入射する。このとき、入力のための光導波路14、出力のための光導波路11は曲率半径Rを有する曲線上に存在し、半径Rの円周上でスラブ導波路12と光学的に接続する。また、回折格子13は半径2Rの曲率を有し、前述の入力のための導波路

14 及び出力のための導波路 11 とスラブ導波路 12 との接続面である半径 R と接する。このとき、入力のための光導波路 1 の幅は 5 から $20\ \mu\text{m}$ 、出力のための光導波路 4 の幅は 5 から $20\ \mu\text{m}$ とする。また、回折格子の次数は 2 から 40 である。

[0028] この波長合分波器を波長合波器として用いる場合は、波長分波器の逆の光路をたどる。波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の光は入力のための光導波路 11 から窒化シリコンにより構成されるスラブ導波路 12 に入射される。スラブ導波路に入射した光は図 6 (a) 面内で回折により広がり、回折格子 13 に θ_i の角度で入射する。回折格子 13 に入射した光は、式 (1) に従い波長ごとに θ_d の角度で回折し、それぞれの波長に対応した出力のための光導波路 14 に入射する。このとき、入力のための光導波路 11、出力のための光導波路 14 は半径 R の円周上でスラブ導波路 12 と光学的に接続する。また、回折格子 13 は半径 $2R$ の曲率を有し、前述の入力のための導波路 11 及び出力のための導波路 14 とスラブ導波路 12 との接続面である半径 R と接する。

[0029] 作製した波長分波器の分波特性を図 2 に示す。波長 $1295.6\ \text{nm}$ 、 $1300.1\ \text{nm}$ 、 $1304.6\ \text{nm}$ 、 $1309.1\ \text{nm}$ を中心に、それぞれパスバンドとして $2.3\ \text{nm}$ 以上で良好な分波特性を示している。この波長分波器の温度を 100 度上昇させ、同様に波長分波特性を調べたところ、その波長特性は長波長側に $0.1\ \text{nm}$ シフトした。この波長シフト量 $0.7\ \text{nm}$ は、使用条件の波長変化量 $1\ \text{nm}$ 以下を満たす。

[0030] このように、本発明により、環境温度変化に対して温度調節機構なしでも特性が変化しない温度調節機能が不要な波長合分波器を提供できる。

[0031] (実施例 3)

本発明の第 3 の実施例を、図 7 を用いて説明する。図 7 (a) は、本発明の第 3 の実施例である波長合分波器を用いた送受信器の構造図、図 7 (b) はグレーティングカップラ 24 の上面図、図 7 (c) はグレーティングカップラ 24 と光ファイバ 23 の接続部の断面拡大図である。

[0032] 本構造は、8 波長の信号光を送受信する送受信器である。図 7 (a) に示

したとおり、SOI基板17上に実装された8波長の半導体レーザアレイ18、各波長に対応する8本の入力光導波路19、入力した波長が異なる信号光を合波する波長合波器20、合波した光の出力光導波路21、ファイバとへ信号光を結合するためのグレーティングカップラ22、光ファイバ23、ファイバからの信号光を結合するためのグレーティングカップラ24、8波長からなる信号光を分波器に入力するための光導波路25、入力した異なる波長の光信号を波長ごとに分波する波長分波器26、波長ごとに分波した光を出力する8本の出力光導波路27、光を検出するフォトダイオードアレイ28から構成される。SOI基板17上に実装された8波長の半導体レーザアレイ18から出射した光は入力導波路19を経由し波長合波器20に入力する。波長合波器20では各波長に対応する8本の入力光導波路19から入射した光を合波し、出力光導波路21へと出力する。出力光導波路21に導波された8波長からなる信号光はファイバへと信号光を結合するためのグレーティングカップラ22に入力する。グレーティングカップラ22は図7(b)に示された構造となっている。グレーティングカップラ22では入力した信号光を上面方向に所望の角度で出射するように形成されており、図7(c)に示したように、グレーティングカップラ22から出射した光はファイバ23へと入力され、本送受信器から信号光として出力される。一方、外部から本送受信器に入力する光はファイバ23からグレーティングカップラ24に入力され、入力のための光導波路25を経由して波長分波器26に入力され、波長分波器26において波長が分波され、それぞれの波長に対応する8本の出力光導波路26に入力され、光を検出するフォトダイオードアレイ28に入力し、光信号を検出する。本送受信器の構成では、入力光は縦横単一モード発振した半導体レーザが用いられている。半導体レーザ18から出射する光は偏波が一定で安定しているため、入力導波路19を経由して波長合波器20に入力する光の偏波も単一で安定している。このため、入射導波路から回折格子までの距離を200から600 μm とすることができる。一方、ファイバ23から入力した光の偏波面はランダムになっている。このた

め、波長分波器 26 は偏波無依存化する必要があり、入射導波路から回折格子までの距離を 1 から 4 mm とする必要がある。従って、同一の送受信器においても、波長合波器よりも波長分波器の方がサイズとして大きくする必要がある。このように、波長合波器 20 と波長分波器 26 の大きさは異なる。このようにして作製した波長合分波器を用いた送受信器により、環境温度変動 100 度の温度範囲において 8 波の信号光を送受することに成功した。

[0033] このように、本発明により、環境温度変化に対して温度調節機構なしでも特性が変化しない温度調節機能が不要な波長合分波器を提供できる。

[0034] (実施例 4)

本発明の第 4 の実施例を、図 8 を用いて説明する。図 8 は、本発明の第 4 の実施例である波長合分波器を用いた送受信器によるバックプレーンの光インターコネクションを用いたサーバやパケット光トランスポート装置の構造図である。

本実施例による装置は、複数のインターフェースカード 29、スイッチカード 30 から構成されており、それらがバックプレーンにおいてファイバ 32 により接続され、信号が送受されている。具体的には、装置外部から光ファイバ 33 を介して入力された信号は光送受信器 34 により電気信号に変換され、集積回路 35 により信号処理される。この信号処理された電気信号は光送受信器 31 により光信号に変換され、光ファイバ 32 を介してスイッチカード 30 に送られる。スイッチカード 30 上の送受信器 31 により電気信号に変換された信号はスイッチング素子 36 により信号に応じた経路にスイッチされ、その出力は送受信器 31 により光信号に変換され、光ファイバ 31 を介してインターフェースカード 29 に入力する。この光信号は、光送受信器 31 により電気信号に変換され、その後集積回路 35 により信号処理され、再度光り送受信器 34 により光信号に変換され、光ファイバ 33 を介して出力される。このときの光送受信器 31 は、実施例 4 において説明した波長合分波器を用いた温度調節不要な光送受信器 31 を用いている。

[0035] このように、本発明により、環境温度変化に対して温度調節機構なしでも

光信号の送受信特性が変化しない温度調節機能が不要な送受信器を用いることにより、大容量化を実現しながら同時に低消費電力動作可能なサーバ、パケット光トランスポート装置を提供できる。

産業上の利用可能性

[0036] 光インターコネクションを実現する送信器、受信器において、異なる波長の光を束ねる多重機能及び異なる波長の光を分離する分波機能デバイスである波長合分波器に関して、動作温度変化に対して特性が変化しない温度調節機能が不要な波長合分波器を提供できる。

符号の説明

[0037] 1、14、19、25…入力のための光導波路
2、12…スラブ導波路、
3、13…回折格子、
4、11、21、27…出力のための光導波路、
5…空気コア、
6…金属、
7…シリコン、
8…シリコン酸化膜、
9…金属薄膜、
10…犠牲層、
16…窒化シリコンコア、
17…SOI基板、
18…半導体レーザアレイ、
20…波長合波器、
22、24…グレーティングカップラ、
23、32、33…光ファイバ、
26…波長分波器、
28…フォトダイオードアレイ、
29…インターフェースカード、

- 30…スイッチカード、
- 31、34…光送受信器
- 35…集積回路
- 36…スイッチング素子

請求の範囲

[請求項1]

基板と、

前記基板上に設けられ、複数の入射口と1の出射口とを有し、前記入射口と対向する側の内壁に回折格子が形成された第1のスラブ導波路と、

前記基板上に設けられ、1の入射口と複数の出射口とを有し、前記入射口と対向する側の内壁に回折格子が形成された第2のスラブ導波路と、

前記基板上に設けられ、前記第1のスラブ導波路に光を入射する、それぞれ波長の異なる複数の発光素子と、

前記基板上に設けられ、前記第2のスラブ導波路から出射された波長の異なる光を受光する、複数の受光素子とを有し、

前記第1のスラブ導波路に入射した光は、スラブ導波路内の回折格子で反射して合波され、前記第1のスラブ導波路の前記出射口から出射され、

前記第2のスラブ導波路に入射した光は、前記第2のスラブ導波路内の回折格子で反射して分波され、前記第2のスラブ導波路の前記出射口から出射されることを特徴とする光モジュール。

[請求項2]

請求項1記載の光モジュールであって、

前記回折格子は半径 $2R$ の曲率を有し、

前記入射口と前記出射口とが設けられている側の内壁は、半径 R の曲率を有することを特徴とする光モジュール。

[請求項3]

請求項1記載の光モジュールであって、

前記第1および第2のスラブ導波路の前記回折格子は、金属膜あるいは誘電体多層膜でおおわれていることを特徴とする光モジュール。

[請求項4]

請求項3記載の光モジュールであって、

前記第1及び第2のスラブ導波路の内壁は、金属膜あるいは誘電体多層膜でおおわれていることを特徴とする光モジュール。

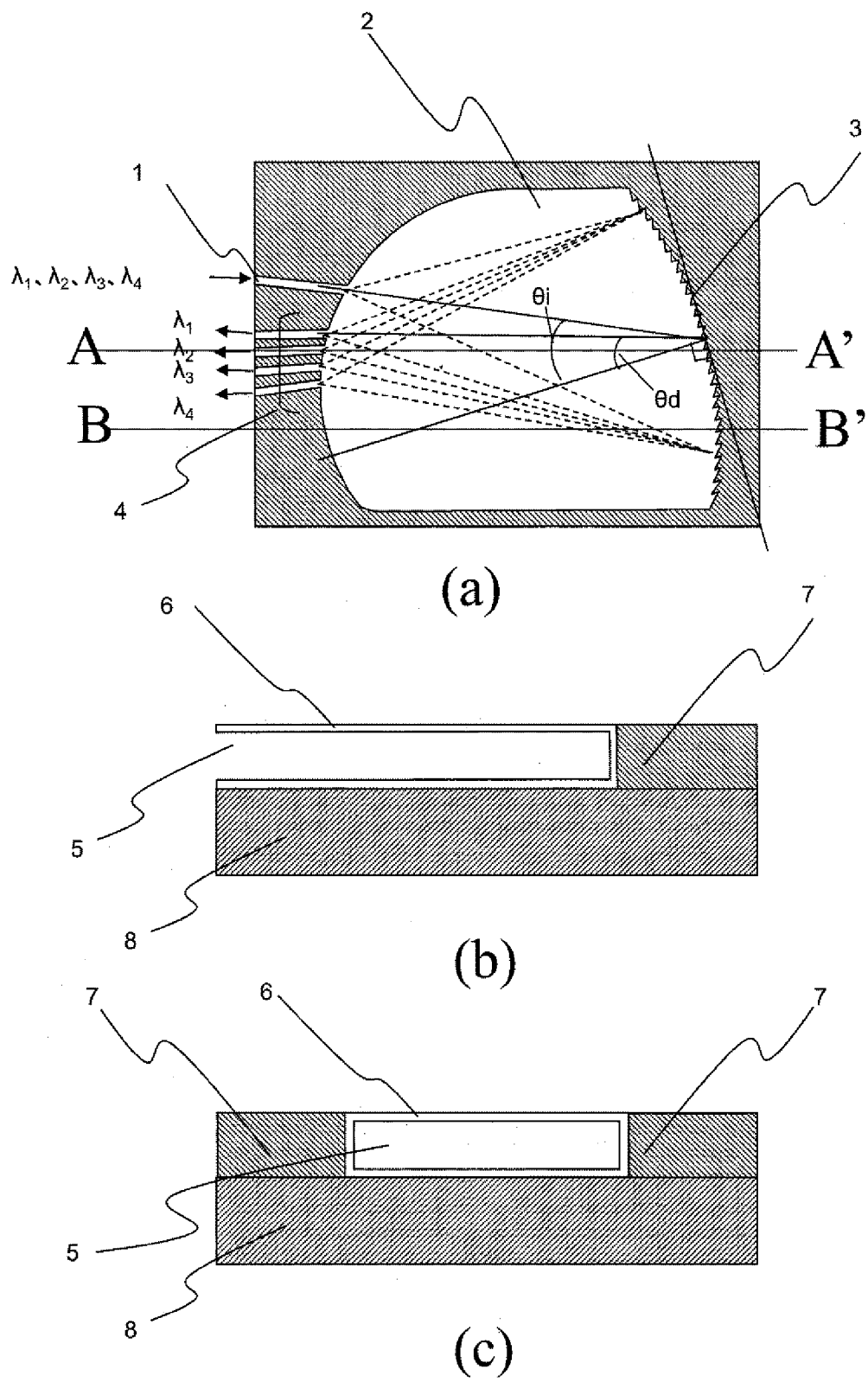
- [請求項5] 請求項4記載の光モジュールであって、
前記第1及び第2のスラブ導波路はシリコンでできていることを特徴とする光モジュール。
- [請求項6] 請求項1記載の光モジュールであって、
前記回折格子は次数が2以上であることを特徴とする光モジュール。
。
- [請求項7] 基板と、
前記基板上に設けられ、複数の入射口と1の出射口とを有し、前記入射口と対抗する側の内壁に回折格子が形成されたスラブ導波路と、
を有し、
前記入射口から入射された光は前記スラブ導波路内を導波し、前記回折格子で反射し、複数波長の光が前記出射口から出射されることを特徴とする波長合波器。
- [請求項8] 基板と、
前記基板上に設けられ、1の入射口と複数の出射口とを有し、前記入射口と対抗する側の内壁に回折格子が形成されたスラブ導波路と、
を有し、
前記入射口から入射された光は前記スラブ導波路内を導波し、前記回折格子で反射し、複数波長の光に分波され、前記出射口から出射されることを特徴とする波長分波器。
- [請求項9] 集積回路と、光モジュールと、光ファイバと接続されるコネクタと、
を有するインターフェースカードと、
集積回路と、光モジュールと、光ファイバと接続されるコネクタと、
を有するスイッチカードと、
前記インターフェースカードの前記コネクタと接続される第1のコネクタと、前記スイッチカードの前記コネクタと接続される第2のコネクタとを有するバックプレーンと、
前記第1のコネクタと前記第2のコネクタとを接続する光ファイバ

と、を有し、

前記光モジュールは、基板と、前記基板上に設けられ、複数の入射口と1の出射口とを有し、前記入射口と対向する側の内壁に回折格子が形成された第1のスラブ導波路と、前記基板上に設けられ、1の入射口と複数の出射口とを有し、前記入射口と対向する側の内壁に回折格子が形成された第2のスラブ導波路と、前記基板上に設けられ、前記第1のスラブ導波路に光を入射する、それぞれ波長の異なる複数の発光素子と、前記基板上に設けられ、前記第2のスラブ導波路から出射された波長の異なる光を受光する、複数の受光素子とを有し、前記第1のスラブ導波路に入射した光は、スラブ導波路内の回折格子で反射して合波され、前記第1のスラブ導波路の前記出射口から出射され、前記第2のスラブ導波路に入射した光は、前記第2のスラブ導波路内の回折格子で反射して分波され、前記第2のスラブ導波路の前記出射口から出射されることを特徴とするサーバ。

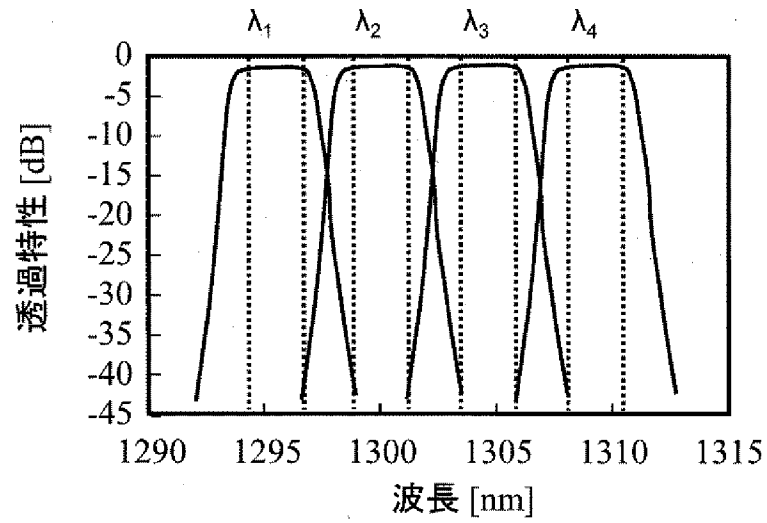
[図1]

図1



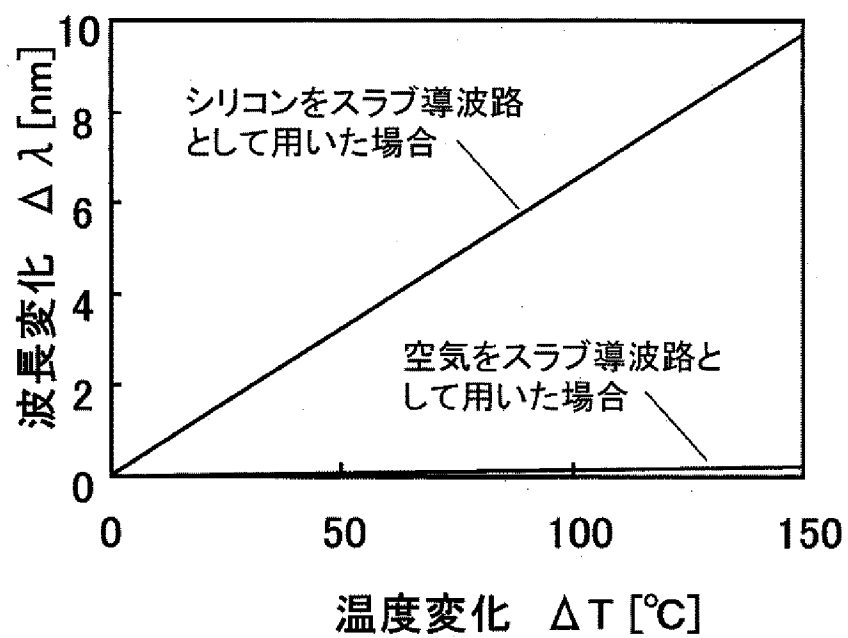
[図2]

図2



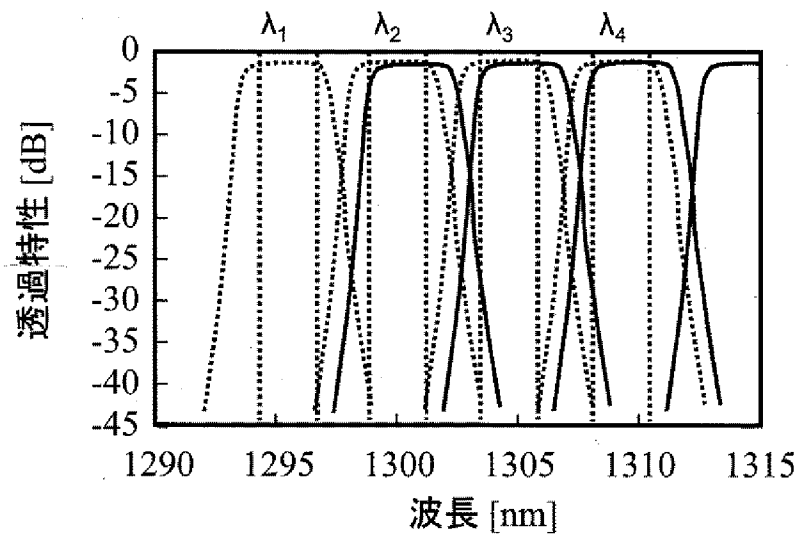
[図3]

図3

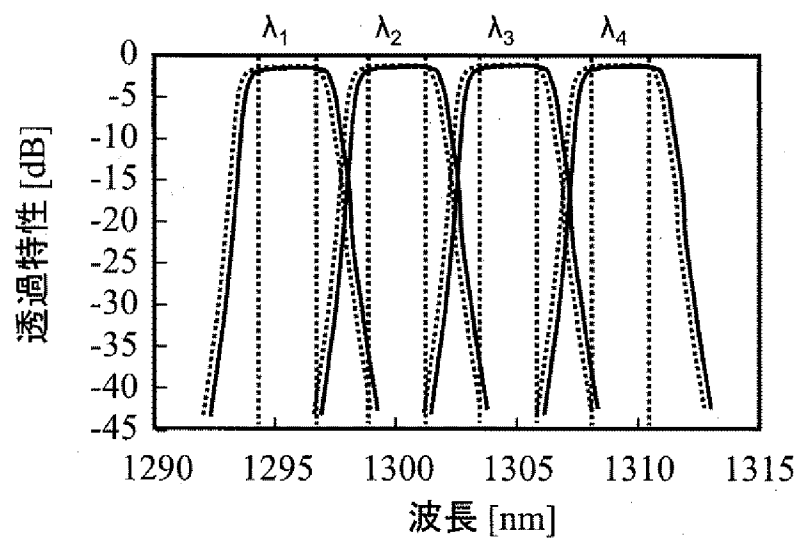


[図4]

図4



(a)



(b)

[図5(a)]

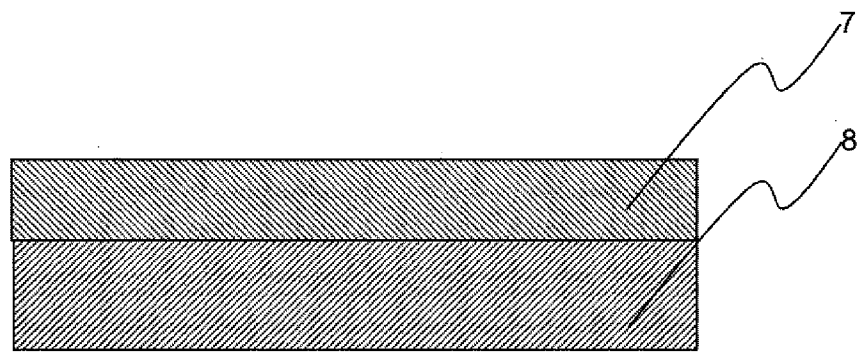


図5(a)

[図5(b)]

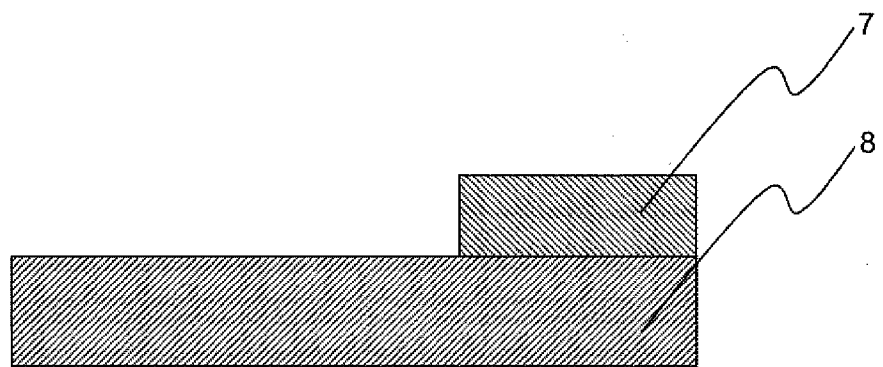


図5(b)

[図5(c)]

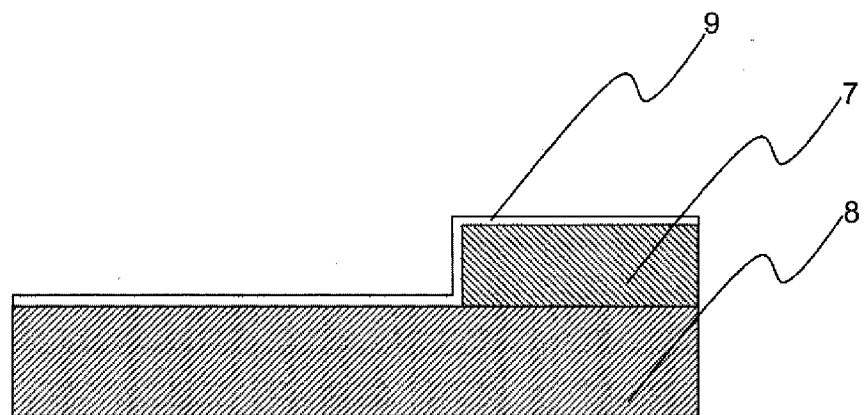


図5(c)

[図5(d)]

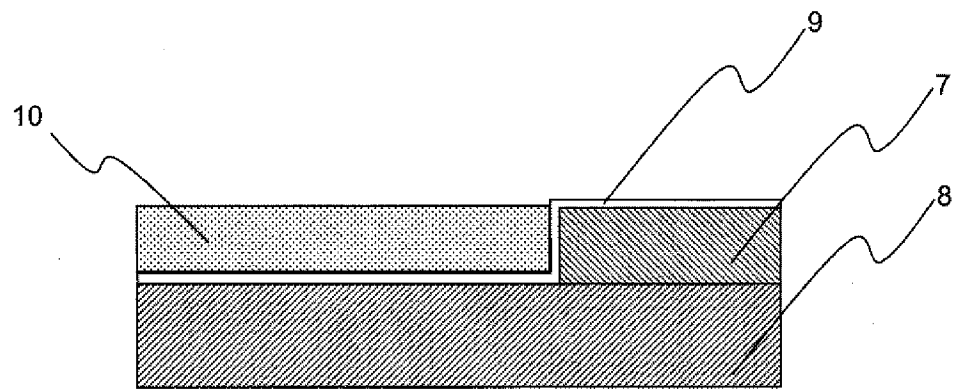


図5(d)

[図5(e)]

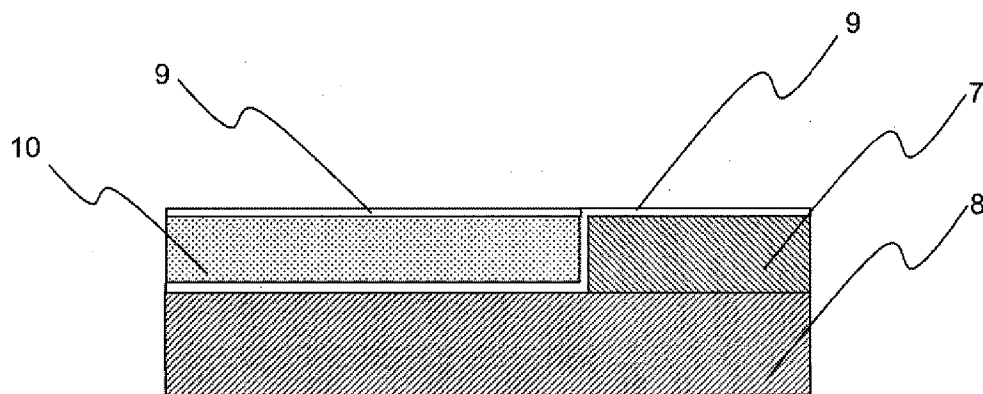


図5(e)

[図5(f)]

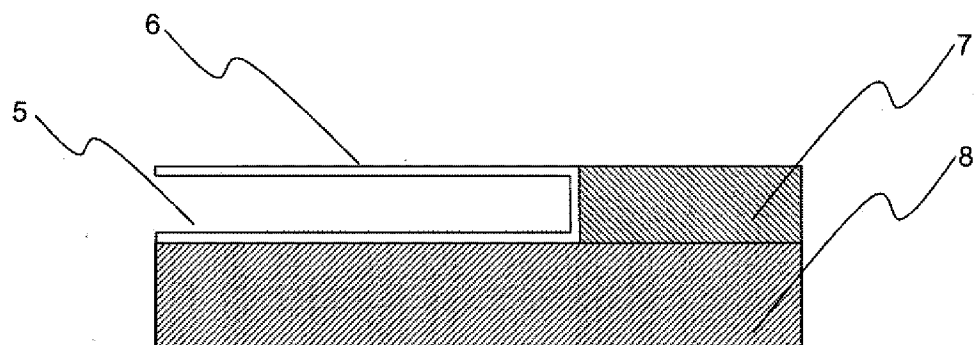
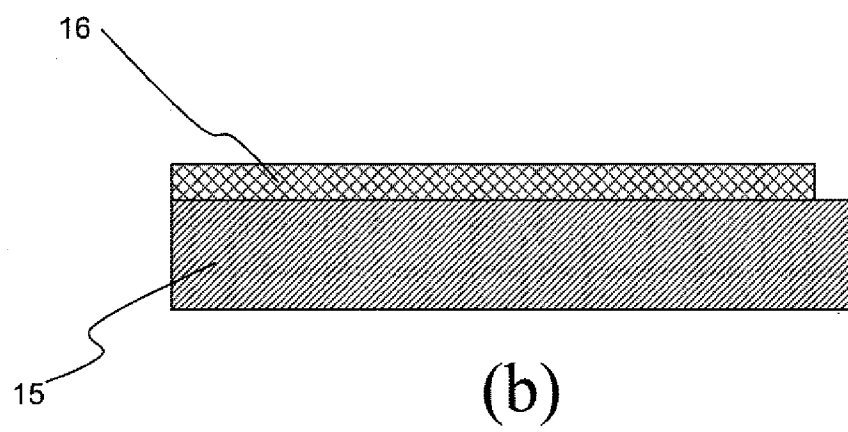
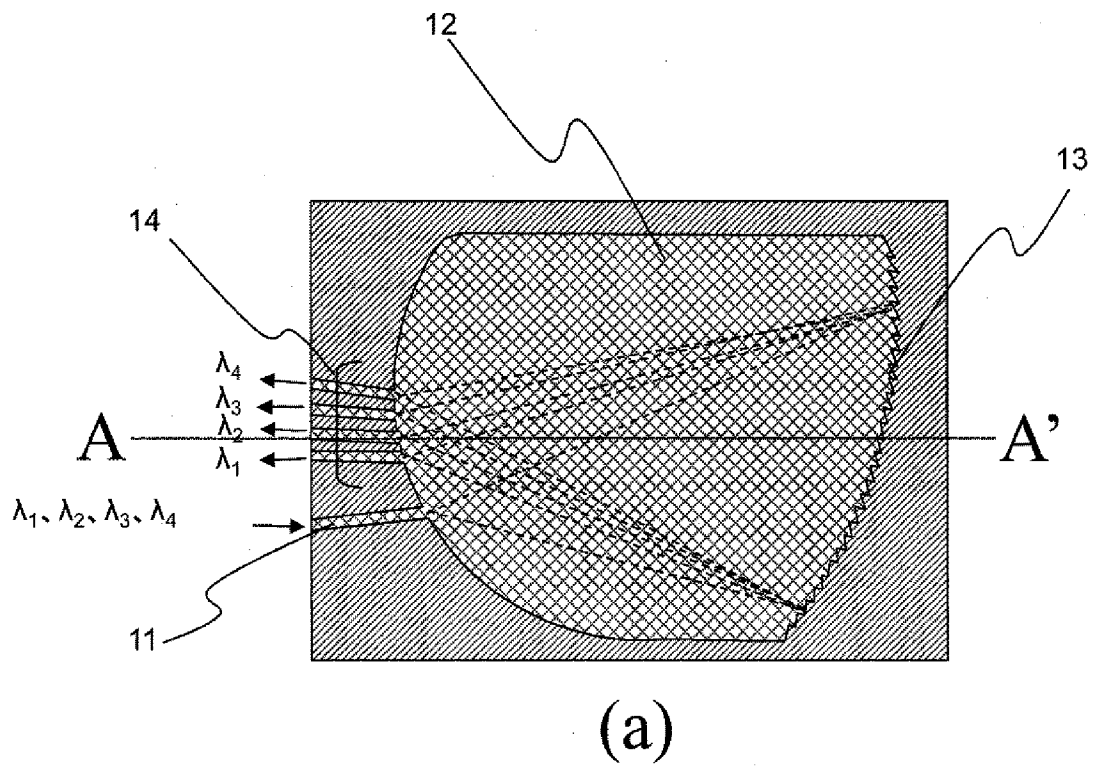


図5(f)

[図6]

図6



[図7(a)]

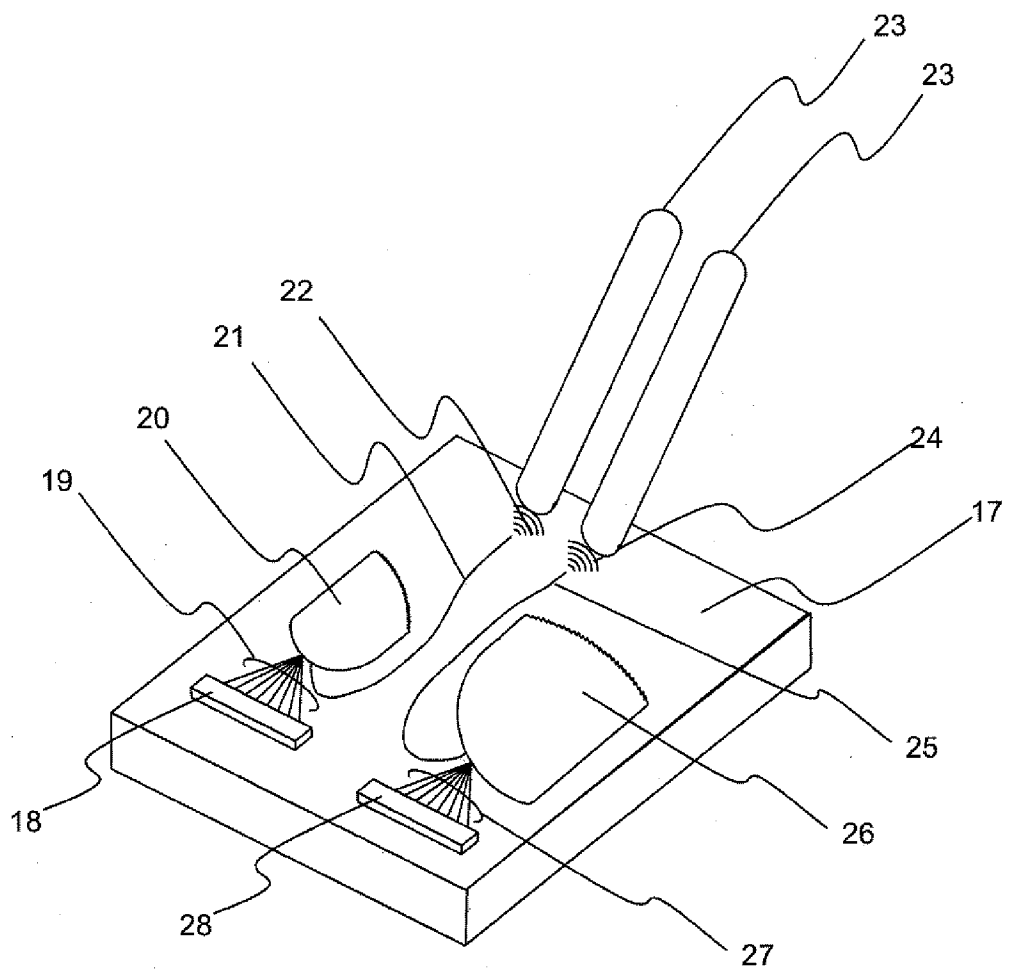


図7(a)

[図7(b)]

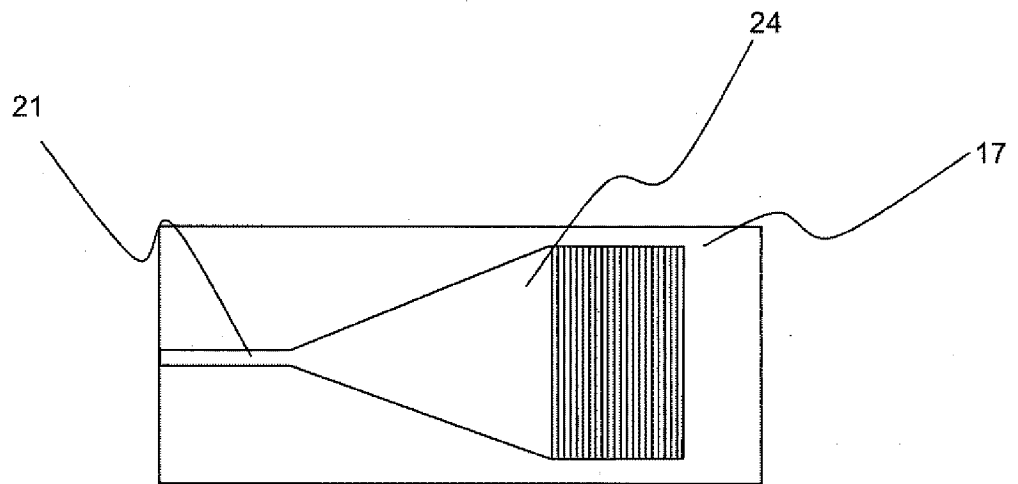


図7(b)

[図7(c)]

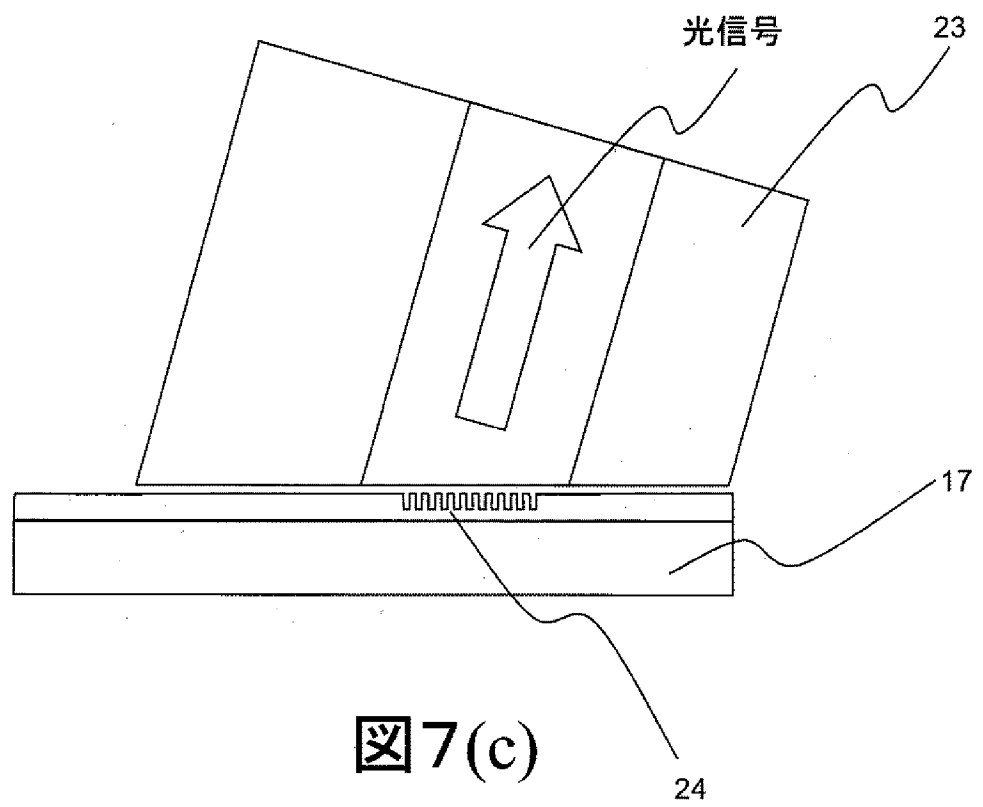
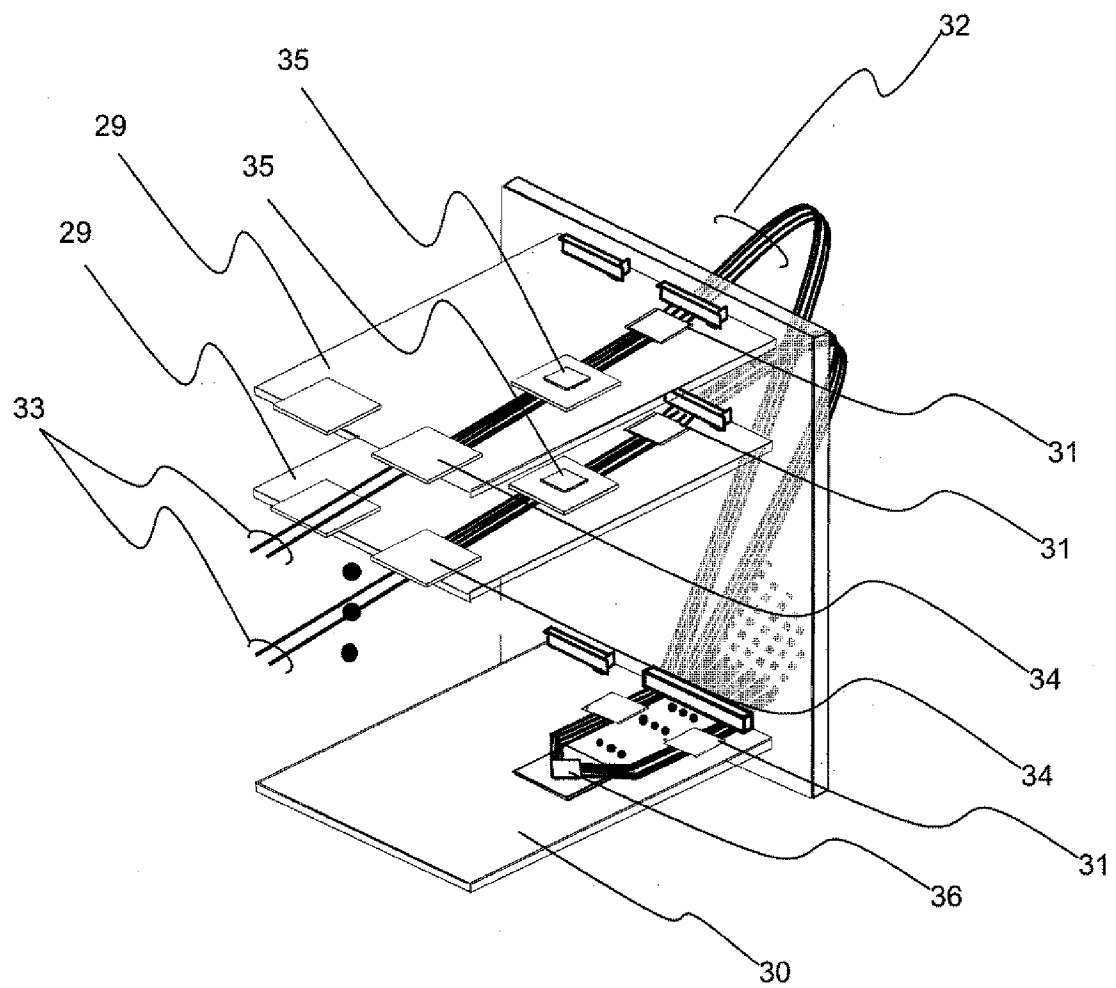


図7(c)

[図8]

図8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/067643

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/12(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02B6/13(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

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)

CiNii

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 06-085374 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 25 March 1994 (25.03.1994), paragraphs [0034] to [0036]; fig. 5 & US 5684899 A & US 5854700 A & US 5915054 A & EP 590331 A3	1, 7, 8 2
Y	JP 2007-114809 A (Electronics and Telecommunications Research Institute), 10 May 2007 (10.05.2007), paragraph [0007]; fig. 1 & US 2006/0127006 A1 & EP 1672398 A1	2
A	Mayumi ISHIKAWA et al., "Grating Demultiplexer Using Hollow Optical Waveguide", 2003 Nen IEICE Information and System Society Conference Koen Ronbunshu 1, 10 September 2003 (10.09.2003), page 156, C-3-23	1, 2, 7, 8

☒ 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 October, 2012 (31.10.12)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/JP2012/067643

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Fumio KOYAMA et al., "Tunable Hollow Optical Waveguides and Their Applications for Photonic Integrated Circuits", The Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers C, 01 June 2005 (01.06.2005), vol.J88-C, no.6, 388 to 396	1, 2, 7, 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/067643

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet (continuation of Box No. III).

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1, 2, 7 and 8

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/067643

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

A first slab waveguide 2 of the invention disclosed in document 1 corresponds to a first slab waveguide of the invention of claim 1 of the present application and the invention of claim 7 of the present application.

A second slab waveguide 3 of the invention disclosed in document 1 corresponds to a second slab waveguide of the invention of claim 1 of the present application and the invention of claim 8 of the present application.

Moreover, semiconductor lasers 34a through 34c and photodiodes 36a through 36c of the invention disclosed in document 1 respectively correspond to a plurality of light emitting elements and a plurality of light receiving elements of the invention of claim 1 of the present application. The invention disclosed in document 1 provides a module, wherein different wavelength lights emitted by these semiconductor lasers 34a through 34c are entered into the first slab waveguide 2 from a plurality of entrance openings, and are combined by being reflected by a diffraction grating 11a so as to be exited from one exit opening connected to an optical fiber 10, whereas a light from the optical fiber 10 is entered into one entrance opening of the second slab waveguide 3, and is separated by being reflected by a diffraction grating 11b so as to be exited from a plurality of exit openings of the second slab waveguide.

Therefore, the inventions of claims 1, 7 and 8 of the present application and the invention disclosed in the cited document 1 are not remarkably different from each other.

Consequently, the matter set forth in claims 1, 7 and 8 of the present application does not make a contribution over the prior art and therefore is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

Accordingly, it is obvious that the inventions of claims 1, 2, 7 and 8, the inventions of claims 3-5, the invention of claim 6 and the invention of claim 9 of the present application do not comply with the requirement of unity of invention, since any technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 cannot be found among these inventions.

Cited document 1: JP 06-085374 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 25 March 1994 (25.03.1994), paragraphs [0034] to [0036]; fig. 5

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
別紙（第Ⅲ欄の続き）参照。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項 1, 2, 7, 8。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G02B6/12(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02B6/13(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. G02B6/12-6/14		
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		
国際調査で利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） CiNii		
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 06-085374 A (富士ゼロックス株式会社) 1994. 03. 25, 段落【0034】 - 【0036】, 【図 5】	1, 7, 8
Y	& US 5684899 A & US 5854700 A & US 5915054 A & EP 590331 A3	2
Y	JP 2007-114809 A (韓国電子通信研究院) 2007. 05. 10, 段落【0007】, 【図 1】 & US 2006/0127006 A1 & EP 1672398 A1	2
☒ 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 . 1 0 . 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） 大石 敏弘 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4	2 X 3 9 1 3

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	石川真弓他, 中空光導波路による凹面回折格子型光分波回路, 2003年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集1, 2003.09.10, 第156頁, C-3-23	1, 2, 7, 8
A	小山二三夫他, 可変中空光導波路とその光回路への応用, 電子情報通信学会論文誌C, 2005.06.01, Vol. J88-C, No. 6, 第388-396	1, 2, 7, 8

第 III 欄の続き

引用文献 1 に記載された発明の第 1 のスラブ導波路 2 とは、本願請求項 1 に係る発明の第 1 のスラブ導波路、及び、本願請求項 7 に係る発明に相当する。

そして、引用文献 1 に記載された発明の第 2 のスラブ導波路 3 とは、本願請求項 1 に係る発明の第 2 のスラブ導波路、及び、本願請求項 8 に係る発明に相当する。

また、引用文献 1 に記載された発明の半導体レーザ 3 4 a ~ 3 4 c、及び、フォトダイオード 3 6 a ~ 3 6 c とは、それぞれ、本願請求項 1 に係る発明の複数の発光素子、及び、複数の受光素子に相当し、引用文献 1 に記載された発明は、それら半導体レーザ 3 4 a ~ 3 4 c によって発光した異なる波長の光が、複数の入射口から第 1 のスラブ導波路 2 に入射すると共に回折格子 1 1 a で反射して合波され、光ファイバ 1 0 に繋がる 1 つの出射口から出射され、一方、光ファイバ 1 0 からの光は、第 2 のスラブ導波路 3 の 1 つの入射口から入射し、回折格子 1 1 b で反射して分波され、第 2 のスラブ導波路の複数の出射口から出射されるモジュールである。

従って、本願請求項 1、7、8 に係る発明と引用文献 1 に記載された発明とは、格別に相違しない。

このことから、本願請求項 1、7、8 に記載の事項は、先行技術の域を出ものではないから PCT 規則 1 3. 2 の第 2 文の意味における特別な技術的特徴でない。

してみると、本願請求項 1、2、7、8 に係る発明、本願請求項 3 - 5 に係る発明、本願請求項 6 に係る発明、及び、本願請求項 9 に係る発明との間に PCT 規則 1 3 の意味における技術的な関連を見いだせないから、それらの発明が、発明の単一性の要件を満たしていないことが明らかである。

引用文献 1 :

JP 06-085374 A (富士ゼロックス株式会社) 1994. 03. 25, 段落【0034】 - 【0036】, 【図 5】