

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年8月17日(17.08.2017)



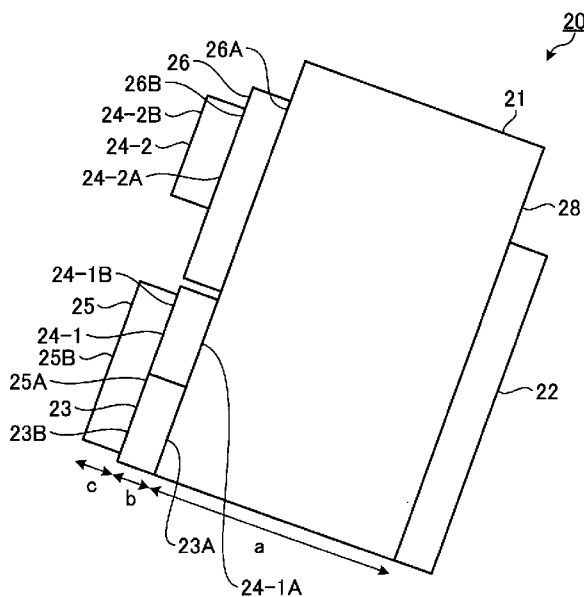
(10) 国際公開番号
WO 2017/138091 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/293 (2006.01) H01S 5/022 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/053805
- (22) 国際出願日: 2016年2月9日(09.02.2016)
- (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: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 白尾 瑞基(SHIRAO, Mizuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 佐藤 義也(SATO, Yoshiya); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 望月 敬太(MOCHIZUKI, Keita); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 村尾 寛志(MURAO, Tadashi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 野上 正道(NOGAMI, Masamichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MULTIPLEXER

(54) 発明の名称: 光合波器



(57) Abstract: This optical multiplexer comprises: a WDM filter (24-1) that reflects first vertically polarized light incident onto a first plane while transmitting second vertically polarized light incident onto a second plane, and multiplexes the first light and the second light; a WDM filter (24-2) that reflects third horizontally polarized light incident onto the first plane while transmitting fourth horizontally polarized light incident onto the second plane, and multiplexes the third light and the fourth light; and a polarization selection filter (26) that reflects the vertically polarized light incident onto the first plane while transmitting the horizontally polarized light incident onto the second plane, and multiplexes the vertically polarized light and the horizontally polarized light. The first light and the second light are not adjacent to each other along a frequency axis, and the third light and the fourth light are not adjacent to each other along a frequency axis. The light multiplexed by the WDM filter (24-1) is incident onto the first plane of the polarization selection filter (26), and the light multiplexed by the WDM filter (24-2) is incident onto the second plane of the polarization selection filter (26).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/138091 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

光合波器は、第 1 の平面に入射した垂直偏波の第 1 の光を反射するとともに第 2 の平面に入射した垂直偏波の第 2 の光を透過して第 1 の光と第 2 の光とを合波する WDM フィルタ (24-1)、第 1 の平面に入射した水平偏波の第 3 の光を反射するとともに第 2 の平面に入射した水平偏波の第 4 の光を透過して第 3 の光と第 4 の光とを合波する WDM フィルタ (24-2)、第 1 の平面に入射した垂直偏波の光を反射するとともに第 2 の平面に入射した水平偏波の光を透過して垂直偏波の光と水平偏波の光とを合波する偏波選択フィルタ (26)、を備え、第 1 の光と第 2 の光とは周波数軸上で隣接しておらず、かつ第 3 の光と第 4 の光とは周波数軸上で隣接しておらず、偏波選択フィルタ (26) の第 1 の平面に WDM フィルタ (24-1) で合波された光が入射し、偏波選択フィルタ (26) の第 2 の平面に WDM フィルタ (24-2) で合波された光が入射する。

明 細 書

発明の名称：光合波器

技術分野

[0001] 本発明は、複数の光を合波して波長多重された光信号を生成する光合波器に関する。

背景技術

[0002] 波長多重された光信号を生成する従来の機器として、光合分波器が特許文献1で開示されている。特許文献1に記載の光合分波器は、誘電体多層膜を形成した波長選択フィルタが、ガラスブロック等のフィルタ基板に張り付けられた、一体型のジグザグ型の構成とされている。波長選択フィルタは特定の波長のみを透過するバンドパスフィルタであり、隣接波長との分離を実現するため、多数の誘電体多層膜を積層して形成される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5495889号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の光合分波器においては、波長選択フィルタが隣接する波長同士を対象として分波または合波を行うため、波長選択フィルタに求められる性能が厳しく、製造が困難という課題がある。具体的には、隣接する波長同士を分離させるためにはエッジの鋭いバンドパスフィルタが必要である。しかし、そのようなフィルタ特性を実現するためには、フィルタを構成する誘電体層の数を増やす必要があり、応力による特性劣化が生じる可能性があるという問題があった。加えて、隣接する波長との十分な波長分離をするためには、入射角度を小さくする必要があり、光合分波器が大きくなるという問題があった。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、製造の容易性および小型

化を実現可能な光合波器を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる光合波器は、第1の平面および第1の平面に平行な第2の平面を有し、第1の平面に入射した垂直偏波の第1の光を反射するとともに第2の平面に入射した垂直偏波の第2の光を透過して第1の光と第2の光とを合波する第1の波長選択フィルタを備える。また、光合波器は、第1の平面および第1の平面に平行な第2の平面を有し、第1の平面に入射した水平偏波の第3の光を反射するとともに第2の平面に入射した水平偏波の第4の光を透過して第3の光と第4の光とを合波する第2の波長選択フィルタを備える。また、光合波器は、第1の平面および第1の平面に平行な第2の平面を有し、第1の平面に入射した垂直偏波の光を反射するとともに第2の平面に入射した水平偏波の光を透過して垂直偏波の光と水平偏波の光とを合波する偏波選択フィルタを備える。さらに、光合波器において、第1の光と第2の光とは周波数軸上で隣接しておらず、かつ第3の光と第4の光とは周波数軸上で隣接しておらず、偏波選択フィルタの第1の平面に第1の波長選択フィルタで合波された第1の光および第2の光が入射し、偏波選択フィルタの第2の平面に第2の波長選択フィルタで合波された第3の光および第4の光が入射する。

発明の効果

[0007] 本発明にかかる光合波器は、製造の容易性および小型化を実現できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1にかかる光合波器の構成例を示す図

[図2]実施の形態1にかかる光合波モジュールが合波する各光の波長の関係を示す図

[図3]実施の形態1にかかる光合波モジュールの構成例を示す図

[図4]実施の形態1にかかる光合波モジュールに入射した光が入射してから出射するまでの経路を示す図

[図5]実施の形態1にかかると光合波モジュールに入射する3の光が入射してから出射するまでの経路を示す図

[図6]実施の形態1にかかると光合波モジュールに入射する2の光が入射してから出射するまでの経路を示す図

[図7]実施の形態1にかかると光合波モジュールに入射する4の光が入射してから出射するまでの経路を示す図

[図8]実施の形態1にかかると光合波モジュールの動作を示す図

[図9]実施の形態1にかかると偏波回転器の機能を示す図

[図10]実施の形態1にかかると第1の波長選択フィルタの機能を示す図

[図11]実施の形態1にかかると第2の波長選択フィルタの機能を示す図

[図12]実施の形態1にかかると偏波選択フィルタの機能を示す図

[図13]実施の形態4にかかると光合波モジュールの構成および動作を示す図

[図14]実施の形態5にかかると光合波モジュールの構成および動作を示す図

[図15]実施の形態5にかかると光合波モジュールが合波する各光の波長の関係を示す図

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、本発明の実施の形態にかかると光合波器を図面に基いて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0010] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1にかかると光合波器の構成例を示す図である。本実施の形態にかかると光合波器1は、外部から入力された波長が異なる複数の光を任意の順番に並べ替えて出力する光経路変更部10と、光経路変更部10から出力された複数の光を合波して出力する光合波モジュール20とを備える。光合波器1に入力される光はTE (Transverse Electric) モードの光、すなわち水平偏波の光であるものとする。光合波器1に入力されるTEモードの光は、レーザダイオードである光源から出力された光とする。

[0011] 光経路変更部10は、反射板、特定波長の光を透過するフィルタなどを組み合わせて実現され、入射面より入射された複数の光の経路を変更して出射

する。図1では、波長が λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の光が光経路変更部10に入射し、光経路変更部10は波長が λ_2 の光の経路と波長が λ_3 の光の経路とを変更して順番を入れ替えた上で波長が λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の各光を出射する例を示している。光経路変更部10は、後段の光合波モジュール20において、周波数軸上で隣接している波長の光同士が、後述する複数の波長選択フィルタの中の同じ波長選択フィルタにおいて合波されることがないように、各波長の光を並べ替える。

[0012] 光合波モジュール20は、入射された複数の光を合波して出射する。図1では、光合波モジュール20が、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の光を合波して出射する例を示している。なお、以下の説明では「 λ_n 」（ n は正の整数）のみで波長を示す場合がある。

[0013] 図2は、実施の形態1にかかる光合波モジュール20が合波する各光の波長の関係を示す図である。図2に示したように、本実施の形態では λ_1 が最も長く、 λ_4 が最も短いものとする。4つの波長としては、 $\lambda_1 = 1309.14 \text{ nm}$ 、 $\lambda_2 = 1304.58 \text{ nm}$ 、 $\lambda_3 = 1300.05 \text{ nm}$ 、 $\lambda_4 = 1295.56 \text{ nm}$ といった波長が用いられる。周波数は800GHz間隔の配置とする。これはIEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) で規定されている100GBASE-LR4という規格に対応する。

[0014] 図3は、実施の形態1にかかる光合波モジュール20の構成例を示す図である。光合波モジュール20は、フィルタホルダ21と、全反射ミラー22と、ダミーフィルタ23と、波長選択フィルタであるWDM (Wavelength Division Multiplex) フィルタ24-1および24-2と、偏波回転器25と、偏波選択フィルタ26と、を備える。

[0015] フィルタホルダ21は光を透過する部材、例えばガラスで形成され、その外形は直方体とする。フィルタホルダ21には全反射ミラー22、ダミーフィルタ23、WDMフィルタ24-1および偏波選択フィルタ26が取り付けられている。具体的には、全反射ミラー22がフィルタホルダ21の特定

の面である第1面に固着されている。ダミーフィルタ23、WDMフィルタ24-1および偏波選択フィルタ26がフィルタホルダ21の第1面と平行な第2面に固着されている。第1面から第2面までの距離を「a」とする。なお、ここではフィルタホルダ21の外形を直方体として説明するが一例である。フィルタホルダ21は、互いに平行な2つの平面を有する形状であればどのような形状であってもよい。フィルタホルダ21は波長選択性能を有しておらず、全ての波長を透過する。

[0016] 全反射ミラー22は、波長選択性能を有せずに全ての波長の光を反射する平面である反射面を有し、この反射面がフィルタホルダ21の第1面に固着されている。全反射ミラー22の反射面はフィルタホルダ21側から入射する光を反射する。全反射ミラー22の反射面はフィルタホルダ21の第1面よりも狭く、フィルタホルダ21の第1面の一部は全反射ミラー22で覆われていない。全反射ミラー22の反射面とフィルタホルダ21の第1面とは、お互いの一端同士を揃えた状態で固着されている。フィルタホルダ21の第1面のうち、全反射ミラー22で覆われていない部分が光出力部28を形成している。フィルタホルダ21内を進んだ光は、光出力部28から外部へ出射される。

[0017] ダミーフィルタ23は、平行な2つの平面、すなわち、第1の平面23Aとこれに平行な第2の平面23Bとを有し、第1の平面23Aがフィルタホルダ21の第2面に固着されている。ダミーフィルタ23は、波長選択性能を有しておらず、外部から光が入射すると、そのまま出射する。ダミーフィルタ23の第1の平面23Aから第2の平面23Bまでの距離を「b」とする。

[0018] WDMフィルタ24-1は、平行な2つの平面、すなわち、第1の平面24-1Aとこれに平行な第2の平面24-1Bとを有し、第1の平面24-1Aがフィルタホルダ21の第2面に固着されている。WDMフィルタ24-1は、波長選択性能を有しており、特定波長の光を透過し、特定波長以外の光については反射するバンドパスフィルタである。ここでは、特定波長を

λ₃とする。WDMフィルタ24-1の第1の平面24-1Aから第2の平面24-1Bまでの距離を「b」とする。

[0019] 偏波選択フィルタ26は、平行な2つの平面、すなわち、第1の平面26Aとこれに平行な第2の平面26Bとを有し、第1の平面26Aがフィルタホルダ21の第2面に固着されている。偏波選択フィルタ26は特定偏波の光を透過し、特定偏波以外の光については反射する。ここでは、特定偏波をTEモードすなわち水平偏波とする。偏波選択フィルタ26の第1の平面26Aから第2の平面26Bまでの距離を「b」とする。

[0020] WDMフィルタ24-1は、ダミーフィルタ23と偏波選択フィルタ26との間に配置されている。また、偏波選択フィルタ26は、WDMフィルタ24-1よりも光出力部28に近い位置に配置されている。

[0021] 偏波回転器25は、平行な2つの平面、すなわち、第1の平面25Aとこれに平行な第2の平面25Bとを有し、第1の平面25Aがダミーフィルタ23の第2の平面23BおよびWDMフィルタ24-1の第2の平面24-1Bに固着されている。偏波回転器25は、入射された光の偏波状態を変更する偏波回転機能を有し、TEモードの光が入射するとTM (Transverse Magnetic) モードの光すなわち垂直偏波の光に変換して出射する。偏波回転器25は、1/2波長板を利用して実現できる。偏波回転器25の第1の平面25Aから第2の平面25Bまでの距離を「c」とする。

[0022] WDMフィルタ24-2は、平行な2つの平面、すなわち、第1の平面24-2Aとこれに平行な第2の平面24-2Bとを有し、第1の平面24-2Aが偏波選択フィルタ26の第2の平面26Bに固着されている。WDMフィルタ24-2は、波長選択性能を有しており、特定波長の光を透過し、特定波長以外の光については反射するバンドパスフィルタである。ここでは、特定波長をλ₄とする。WDMフィルタ24-2の第1の平面24-2Aから第2の平面24-2Bまでの距離を「c」とする。

[0023] ここで、フィルタホルダ21、ダミーフィルタ23、WDMフィルタ24-1、24-2、偏波回転器25および偏波選択フィルタ26は、全て同じ

屈折率 n_2 で構成される。フィルタホルダ 21、ダミーフィルタ 23、WDMフィルタ 24-1、24-2、偏波回転器 25 および偏波選択フィルタ 26 の各構成要素は、屈折率 n_2 の材料に対し、誘電体多層膜を積層して構成される。例えばガラスを使用した場合、屈折率 n_2 は約 1.5 となる。厳密には各構成要素を構成する誘電体多層膜フィルタの屈折率はガラスの屈折率とは異なるが、近似的に無視出来る。ダミーフィルタ 23、WDMフィルタ 24-1 および偏波選択フィルタ 26 の各々におけるフィルタ効果は、フィルタホルダ 21 と接している第 1 の平面で得られる。また、WDMフィルタ 24-2 におけるフィルタ効果は、偏波選択フィルタ 26 と接している第 1 の平面で得られる。光合波モジュール 20 の外は屈折率 $n_1 = 1$ の空気で満たされている。

[0024] また、光合波モジュール 20 への入射光は並行ビームすなわちコリメート光であり、全ての波長の入射光は、光合波モジュール 20 の入射面に対し入射角 θ_1 、光合波モジュール 20 の内側では入射角 θ_2 となるよう配置される。ここで入射角 θ_1 と入射角 θ_2 とはスネルの法則で関係づけられる。光合波モジュール 20 の入射面とは、偏波回転器 25 の第 2 の平面 25 B、WDMフィルタ 24-2 の第 2 の平面 24-2 B または偏波選択フィルタ 26 の第 2 の平面 26 B である。光合波モジュール 20 の内側とは、光合波モジュール 20 の入射面の内側、すなわち偏波回転器 25 の第 2 の平面 25 B の内側、WDMフィルタ 24-2 の第 2 の平面 24-2 B の内側または偏波選択フィルタ 26 の第 2 の平面 26 B の内側である。

[0025] 図 4 は、光合波モジュール 20 に λ_1 の光が入射してから出射するまでの経路を示す図である。 λ_1 の光は、偏波回転器 25 に入射し、TEモードの光からTMモードの光に変換された後、ダミーフィルタ 23 に入射する。ダミーフィルタ 23 は全ての波長を透過するため、 λ_1 の光は、ダミーフィルタ 23 を通過してフィルタホルダ 21 に入射する。図 4 では、TEモードの光を実線、TMモードの光を破線で示している。 λ_1 の光はフィルタホルダ 21 に入射した後、全反射ミラー 22 で反射され、さらに、WDMフィルタ

24-1で反射された後、再度全反射ミラー22で反射される。そして、波長 λ_1 の光は偏波選択フィルタ26と全反射ミラー22との間で複数回反射された後、光出力部28から出射される。

[0026] 図5は、光合波モジュール20に λ_3 の光が入射してから出射するまでの経路を示す図である。 λ_3 の光は、偏波回転器25に入射し、TEモードの光からTMモードの光に変換された後、WDMフィルタ24-1に入射する。WDMフィルタ24-1は λ_3 を透過する特性のため、 λ_3 の光は、WDMフィルタ24-1を通過してフィルタホルダ21に入射する。図5では、図4と同様に、TEモードの光を実線、TMモードの光を破線で示している。 λ_3 の光はフィルタホルダ21に入射した後、全反射ミラー22で反射され、さらに、偏波選択フィルタ26と全反射ミラー22との間で複数回反射された後、光出力部28から出射される。

[0027] 図6は、光合波モジュール20に λ_2 の光が入射してから出射するまでの経路を示す図である。 λ_2 の光は、偏波選択フィルタ26に入射する。偏波選択フィルタ26はTEモードの光を透過する特性のため、TEモードの光である λ_2 の光は、偏波選択フィルタ26を通過してフィルタホルダ21に入射する。 λ_2 の光はフィルタホルダ21に入射した後、全反射ミラー22で反射され、偏波選択フィルタ26に入射する。偏波選択フィルタ26は λ_2 の光を透過し、WDMフィルタ24-2に入射する。WDMフィルタ24-2は λ_4 の光を透過し、その他の波長の光は反射する特性のため、 λ_2 の光は、WDMフィルタ24-2で反射される。WDMフィルタ24-2で反射された λ_2 の光は偏波選択フィルタ26を通過してフィルタホルダ21に入射した後、光出力部28から出射される。

[0028] 図7は、光合波モジュール20に λ_4 の光が入射してから出射するまでの経路を示す図である。 λ_4 の光は、WDMフィルタ24-2に入射する。WDMフィルタ24-2は λ_4 を透過する特性のため、 λ_4 の光は、WDMフィルタ24-2を通過して偏波選択フィルタ26に入射する。偏波選択フィルタ26はTEモードの光を透過する特性であるため、偏波選択フィルタ2

6に入射した、TEモードの光である λ_4 の光は、偏波選択フィルタ26を通過してフィルタホルダ21に入射する。 λ_4 の光はフィルタホルダ21に入射した後、光出力部28から出射される。

[0029] 図8は、光合波モジュール20の動作を示す図である。図8に示したように、光合波モジュール20には λ_1 、 λ_3 、 λ_2 および λ_4 の順番に並べられた光が入射する。このとき、 λ_1 および λ_3 については、偏波回転器25において偏波状態がTEモードからTMモードに変更される。図8では、図4および図5と同様に、TEモードの光を実線、TMモードの光を破線で示している。光合波モジュール20に入射した λ_1 、 λ_3 および λ_2 の光の各々は、全反射ミラー22と、WDMフィルタ24-1、偏波選択フィルタ26またはWDMフィルタ24-2との間で反射が繰り返されて光出力部28に導かれる。また、 λ_4 の光は反射されることなく光出力部28に導かれる。各波長の光は、光出力部28に導かれている間に他の波長の光と多重化すなわち合波される。この結果、波長多重された状態の複数の光が光出力部28から出射される。

[0030] 図9は、偏波回転器25の機能を示す図である。図示したように、偏波回転器25には λ_1 の光および λ_3 の光が入射し、偏波回転器25は、入射した λ_1 の光および λ_3 の光をTEモードからTMモードに変換する。

[0031] 図10は、第1の波長選択フィルタであるWDMフィルタ24-1の機能を示す図である。図示したように、第1の波長選択フィルタには λ_1 の光および λ_3 の光が入射し、第1の波長選択フィルタは、入射した λ_1 の光と λ_3 の光とを合波する。

[0032] 図11は、第2の波長選択フィルタであるWDMフィルタ24-2の機能を示す図である。図示したように、第2の波長選択フィルタには λ_2 の光および λ_4 の光が入射し、第2の波長選択フィルタは、入射した λ_2 の光と λ_4 の光とを合波する。

[0033] 図12は、偏波選択フィルタ26の機能を示す図である。図示したように、偏波選択フィルタ26には、 λ_1 の光と λ_3 の光とが多重化された状態の

第1の波長多重化光と、 λ_2 の光と λ_4 の光とが多重された状態の第2の波長多重化光とが入射し、偏波選択フィルタ26は、入射した第1の波長多重化光と第2の波長多重化光とを合波し、 λ_1 の光、 λ_2 の光、 λ_3 の光および λ_4 の光が多重化された状態の波長多重化光を生成する。

[0034] ここで、光合波モジュール20が $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各波長の光が多重化された状態の波長多重化光を生成するためには、 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各波長の光が光合波モジュール20から出射される際に光出力部28の同じ位置を通過する必要がある。全ての波長の光を光出力部28の同じ位置から出射させようとすると、図8に示した入射光のピッチP1、P2、P3は、図3に示した寸法a、b、cを用い、以下の式(1)で決まる。

$$\begin{aligned}
 [0035] \quad P1 &= 2a \times \tan \theta_2 \times \cos \theta_1 \\
 P2 &= 2(a-b) \times \tan \theta_2 \times \cos \theta_1 - c \times \tan \theta_2 \\
 P3 &= 2(a+b) \times \tan \theta_2 \times \cos \theta_1 + c \times \tan \theta_2 \\
 &\dots (1)
 \end{aligned}$$

[0036] 例えば、 $\theta_2 = 6$ 度、基準の入射光ピッチ $P1 = 1.20$ mm、 $b = 1.00$ mm、 $c = 1.00$ mm、 $n_1 = 1$ 、 $n_2 = 1.5$ とした場合、 $a = 5.78$ mm、 $\theta_1 = 9.02$ 度、 $P2 = 0.89$ mm、 $P3 = 1.51$ mmとなる。ピッチに着目すると、 $P1 = 1.2$ mm、 $P2 = 0.89$ mm、 $P3 = 1.51$ mmと、不等間隔になる。これは λ_2 の光が光合波モジュール20に入射してから最初に反射するまでの距離すなわち入射位置から全反射ミラー22までの距離、および λ_2 の光の反射位置すなわち λ_2 の光を反射するフィルタが他の波長の光と異なるためである。

[0037] 次に、光合波モジュール20が $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各波長の光を合波する動作について、図8を参照しながら説明する。

[0038] まず、 λ_1 および λ_3 に注目する。この2つの波長の光は偏波回転器25に入射し、偏波回転器25を通過する際にTEモードからTMモードに変換される。偏波回転器25を通過した λ_1 の光は、波長選択性能を有さないダミーフィルタ23を通過し、全反射ミラー22で反射する。なお、ダミーフ

フィルタ23に代えて、 $\lambda 1$ を透過するWDMフィルタを備えるようにしてもよい。その後、 $\lambda 3$ のみを選択的に透過するWDMフィルタ24-1において、 $\lambda 1$ の光と $\lambda 3$ の光との合波が行われる。すなわち、WDMフィルタ24-1は、第2の平面24-1Bに入射した $\lambda 3$ の光を透過して第1の平面24-1Aから出射し、第1の平面24-1Aに入射した $\lambda 1$ の光を反射することにより、第1の光である $\lambda 1$ の光と第2の光である $\lambda 3$ の光とを合波する。合波されて同一光路上を進む $\lambda 1$ の光および $\lambda 3$ の光は、全反射ミラー22と、TEモードの光を透過するとともにTMモードの光を反射する偏波選択フィルタ26との間を反射しながら進み、光出力部28に至る。

[0039] 次に、 $\lambda 2$ および $\lambda 4$ に注目する。これら波長の光は光合波モジュール20内をTEモードで進む。 $\lambda 2$ の光は、TEモードの光を透過する偏波選択フィルタ26に入射し、偏波選択フィルタ26を通過する。 $\lambda 4$ の光は、 $\lambda 4$ の光のみを選択的に透過するWDMフィルタ24-2に入射し、WDMフィルタ24-2を通過する。偏波選択フィルタ26を通過してフィルタホルダ21に入射した $\lambda 2$ の光は全反射ミラー22で反射する。その後、 $\lambda 4$ の光のみを選択的に透過するWDMフィルタ24-2において、 $\lambda 2$ と $\lambda 4$ の合波が行われる。すなわち、WDMフィルタ24-2は、第2の平面24-2Bに入射した $\lambda 4$ の光を透過して第1の平面24-2Aから出射し、第1の平面24-2Aに入射した $\lambda 2$ の光を反射することにより、第3の光である $\lambda 2$ の光と第4の光である $\lambda 4$ の光とを合波する。ここで、前述のP1, P2, P3の関係を示した式(1)を満たすように各波長の光の入射位置を調整する事で、入射した全波長の光が合波され、光出力部28から出射される。

[0040] 本実施の形態において、WDMフィルタ24-1およびWDMフィルタ24-2は特定の波長のみを選択的に透過するバンドパスフィルタを想定しているが、ある波長以上のみを透過あるいは遮断するエッジフィルタを用いてもよい。

[0041] このように、本実施の形態にかかる光合波器1において、光合波モジュール

ル20は、第1の波長選択フィルタおよび第2の波長選択フィルタを備え、各波長選択フィルタは、透過せずに反射する光である第1の平面から入射する光と、透過する光である第2の平面から入射する光とが、周波数軸上で隣り合った波長同士とならない組み合わせの光、すなわち、合波する波長同士の周波数軸上での間隔が大きくなる組み合わせの光を対象として合波を行う。また、光合波器1において、光経路変更部10は、各波長選択フィルタに第1の平面から入射する光と第2の平面から入射する光とが周波数軸上で隣り合った波長同士とならないように、すなわち、各波長選択フィルタで合波する波長同士の周波数軸上での間隔が大きくなるように、各波長の光の並び順を変更する。

[0042] なお、光合波器1が合波する光が、出射する光の波長を変更可能な光源、例えばチューナブルレーザーから発光される場合、光経路変更部10を省略することができる。光経路変更部10を省略した場合、光合波モジュール20に入射する各光の並び順が所望の順番となるように光源を設定する。所望の順番とは、波長選択フィルタで合波される光、すなわち、波長選択フィルタを透過する光と反射する光とが周波数軸上で隣り合った波長同士とならない順番とする。

[0043] 本実施形態にかかる光合波器1を用いる場合、部材の角度精度が出しやすい一体成型可能な構成での光合波器形成と、以下に示すWDMフィルタへの要求精度緩和とが同時に可能となる。

[0044] 光合波器1は上記の $\lambda 1$ と $\lambda 2$ のような隣接する波長同士をWDMフィルタで合波する必要が無いため、特許文献1に記載された光合分波器に必要なエッジの鋭いバンドパスフィルタが不要となり、特許文献1に記載された光合分波器が必要とするWDMフィルタよりも少ない数の誘電体層のWDMフィルタで実現出来る。これによりWDMフィルタの製造が容易になるとともに誘電体層積層による応力を小さくする事ができ、安定した特性の光合波器を実現できる。

[0045] また、WDMフィルタへの光の入射角が大きくなると、入射角のずれに対

してフィルタ波長特性のずれが大きくなる。本実施の形態にかかる光合波器 1 の光合波モジュール 20 では、WDMフィルタが隣接波長同士の合波を行わないため、入射角のバラつきに対するフィルタ波長特性の許容ずれを大きく取ることができる。よって、より大きな入射角で光合波モジュール 20 を実現でき、その結果、光合波器 1 の小型化が可能となる。

[0046] 実施の形態 2.

実装の形態 1 にかかる光合波器 1 では、 $\lambda 1$ の光および $\lambda 3$ の光を TE モードから TM モードに変換することとしたが、 $\lambda 2$ の光および $\lambda 4$ の光を TE モードから TM モードに変換するようにしても同様の効果が得られる。この場合、 $\lambda 2$ の光の光路および $\lambda 4$ の光の光路上に偏波回転器 25 を配置し、偏波選択フィルタ 26 は TE モードを反射し、かつ TM モードを透過する特性とする。WDMフィルタ 24-1 および 24-2 の特性は実施の形態 1 と同様とする。

[0047] ダミーフィルタ 23、WDMフィルタ 24-1 または偏波回転器 25 に入射する各波長の光のピッチ $P 1$ 、 $P 2$ 、 $P 3$ は、実施の形態 1 と同様に、各入射光の入射角と、フィルタホルダ 21 の第 1 面から第 2 面までの距離 a と、ダミーフィルタ 23、WDMフィルタ 24-1、24-2、偏波回転器 25 および偏波選択フィルタの各々における第 1 の平面から第 2 の平面までの距離 b 、 c と、に基づいて求められる。

[0048] 実施の形態 3.

実施の形態 1、2 においては、偏波回転器 25 をダミーフィルタ 23、WDMフィルタ 24-2 などを介してフィルタホルダ 21 に固定することとしたが、偏波回転器 25 をフィルタホルダ 21 に固定せずに個別に配置してもよい。この場合、フィルタホルダ 21 に対して張り付ける部材が少なく済むため、光合波器 1 の作製が容易となる。偏波回転器 25 はモード変換機能のみを有し、光を反射させない。ミラー等を個別に固定する場合、張り付け時の角度ずれが生じると多重反射させた場合のビーム角度のずれにつながるため許容実装誤差が厳しいが、モード変換機能のみを有する偏波回転器 25

はビーム角度ずれに寄与しないため、固定時の角度ずれに対する許容誤差が大きく、個別に配置しても特性が不安定になる可能性は低い。

[0049] 実施の形態4.

実施の形態1～3の光合波器のWDMフィルタ24-1, 24-2および偏波選択フィルタ26は、第1の平面でフィルタ効果が得られる特性としたが、第2の平面でフィルタ効果が得られる特性としてもよい。

[0050] 図13は、実施の形態4にかかる光合波器が備えている光合波モジュールの構成および動作を示す図である。実施の形態4にかかる光合波モジュール20aは、実施の形態1で説明した光合波モジュール20のWDMフィルタ24-1, 24-2および偏波選択フィルタ26をWDMフィルタ24a-1, 24a-2および偏波選択フィルタ26aに置き換えた構成である。WDMフィルタ24a-1, 24a-2および偏波選択フィルタ26aの各フィルタは、それぞれ、WDMフィルタ24-1, 24-2および偏波選択フィルタ26と同じサイズかつ同じ配置とする。光合波モジュール20aは、WDMフィルタ24a-1, 24a-2および偏波選択フィルタ26a以外の構成については実施の形態1の光合波モジュール20と同様である。本実施の形態では実施の形態1と異なる部分について説明を行う。図示したように、WDMフィルタ24a-1, 24a-2および偏波選択フィルタ26aは、透過せずに反射する波長の光が入射した場合、第1の平面ではなく第2の平面において反射する。

[0051] 図13では、一例として、 λ_1 の光の光路および λ_2 の光の光路を示している。 λ_3 の光は、偏波回転器25を通過した後、WDMフィルタ24a-1の第2の平面に入射し、そこで λ_1 の光と合波される。 λ_4 の光は、WDMフィルタ24a-2の第2の平面に入射し、そこで λ_2 の光と合波される。偏波選択フィルタ26aの第2の平面において全ての波長の光が合波される。

[0052] なお、WDMフィルタ24a-1, 24a-2および偏波選択フィルタ26aのうち、一部を実施の形態1と同様の特性のフィルタとしてもよい。す

なわち、第1の平面でフィルタ効果が得られる特性のものと第2の平面でフィルタ効果が得られるものとを混在させてもよい。例えば、図13に示した偏波選択フィルタ26aを偏波選択フィルタ26に置き換えた構成としてもよい。

[0053] 本実施の形態の光合波器によれば、各フィルタにおける反射点が全反射ミラー22から遠くなるため、フィルタホルダ21の長さ a' を短くする事ができ、光合波モジュール20aを小型化でき、光合波器のさらなる小型化を実現できる。

[0054] 実施の形態5.

実施の形態1~4では、4波の波長を合波する光合波器について説明したが、本実施の形態では、8波の波長を合波する光合波器を説明する。

[0055] 図14は、実施の形態5にかかる光合波器が備えている光合波モジュールの構成例および動作例を示す図である。実施の形態5にかかる光合波モジュール20bは、実施の形態1で説明した光合波モジュール20のWDMフィルタ24-1, 24-2をWDMフィルタ24-3, 24-4に置き換えた構成である。WDMフィルタ24-3, 24-4は、それぞれ、WDMフィルタ24-1, 24-2と同じサイズかつ同じ配置とする。光合波モジュール20bは、WDMフィルタ24-3, 24-4以外の構成については実施の形態1と同様である。本実施の形態では実施の形態1と異なる部分について説明を行う。図14では、TEモードの光を実線、TMモードの光を破線で示している。

[0056] 図15は、実施の形態5にかかる光合波モジュール20bが合波する各光の波長の関係を示す図である。

[0057] 図15に示した λ_1 の光および λ_2 の光が光合波モジュール20bへの入力光#1を構成し、 λ_3 の光および λ_4 の光が光合波モジュール20bへの入力光#2を構成し、 λ_5 の光および λ_6 の光が光合波モジュール20bへの入力光#3を構成し、 λ_7 の光および λ_8 の光が光合波モジュール20bへの入力光#4を構成する。すなわち、光合波モジュール20bは、既に2

波が合波された状態の4つの光信号を合波する。光合波モジュール20bへの各入力光は、たとえば、異なる波長で動作する2つの半導体レーザと、2波長を合波する合波器とを半導体チップ上に集積した、集積レーザ等で生成する。

[0058] WDMフィルタ24-3は、入力光#3すなわち λ_5 の光および λ_6 の光を選択的に透過し、他の波長の光を反射する特性とする。また、WDMフィルタ24-4は、入力光#4すなわち λ_7 の光および λ_8 の光を選択的に透過し、他の波長の光を反射する特性とする。

[0059] 図14および図15に示したように、 λ_1 の光および λ_2 の光が入力光#1として偏波回転器25およびダミーフィルタ23を介してフィルタホルダ21に入射し、 λ_5 の光および λ_6 の光が入力光#3として偏波回転器25およびWDMフィルタ24-3を介してフィルタホルダ21に入射する。これらの入力光#1および#3はTMモードの状態フィルタホルダ21に入射する。また、 λ_3 の光および λ_4 の光が入力光#2として偏波選択フィルタ26を介してフィルタホルダ21に入射し、 λ_7 の光および λ_8 の光が入力光#4としてWDMフィルタ24-4および偏波選択フィルタ26を介してフィルタホルダ21に入射する。これらの入力光#2および#4はTEモードの状態フィルタホルダ21に入射する。フィルタホルダ21に入射した後の各入力光は、実施の形態1で説明した $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の光と同様に、全反射ミラー22での反射、各フィルタでの反射または透過が行われ、8波長が合波された状態の光信号が生成される。

[0060] すなわち、入力光#1および入力光#3は、第1の光および第2の光として、波長選択フィルタ24-3の第1の平面および第2の平面にそれぞれ入射する。波長選択フィルタ24-3は、第1の平面に入射した光を反射するとともに第2の平面に入射した光を透過することにより、これらの光を合波する。また、入力光#2および入力光#4は、第3の光および第4の光として、波長選択フィルタ24-4の第1の平面および第2の平面にそれぞれ入射する。波長選択フィルタ24-4は、第1の平面に入射した光を反射する

とともに第2の平面に入射した光を透過することにより、これらの光を合波する。入力光#1と入力光#3とが合波された光および入力光#1と入力光#3とが合波された光は、偏波選択フィルタ26の第1の平面および第2の平面にそれぞれ入射する。偏波選択フィルタ26は、第1の平面に入射した光を反射するとともに第2の平面に入射した光を透過することにより、これらの光を合波する。

[0061] 本実施の形態にかかる光合波器で得られる効果について説明する。上記の特許文献1に記載の光合分波器では、隣接している波長同士を分離するWDMフィルタが必要であった。特許文献1に記載の光合分波器が図15に示したような8波長の光を合波する場合、WDMフィルタのエッジは保ったまま、選択する波長の範囲すなわち透過する波長の範囲を2倍にする必要があり、WDMフィルタの作製が極めて困難となる。一方、本実施の形態にかかる光合波器を適用する場合、WDMフィルタに要求される波長選択範囲は2倍になるものの、エッジをなだらかに設定する事が可能となり、フィルタの製造が容易となる。なお、特許文献1に示す多重反射を利用する光合分波器は、反射回数を増やすことで原理的には8波といった多くの波長の合波を実現出来るが、部材の製造公差等を考えると、4波以下とする事が望ましい。

[0062] なお、WDMフィルタ24-3および24-4は、実施の形態4で説明したWDMフィルタ24a-1などと同様に、第2の平面すなわち全反射ミラー22からの距離が長い方の平面で光の反射を行う特性としてもよい。

[0063] また、合波する波長同士の間隔を800GHz以外の間隔に設定した場合も、同様の効果が得られる。

[0064] 実施の形態6.

実施の形態5では、すべての波長が800GHzで等間隔に配置されている光を対象として合波を行う光合波器について説明した。しかし、実施の形態5で説明した光合波器は、一部が不等間隔に配置された光を対象として合波を行うことも可能である。

[0065] 例えば、実施の形態5で示した8波配置構成、すなわち図15に示した8

波構成において、 λ_4 と λ_5 の間隔を、他の波長間隔と比べて倍の周波数である1.6 THzとする構成が文献「400Gb/s 8x50G PAM4 WDM 2km SMF PMD Baseline Specifications」のpage 9で開示されている (http://www.ieee802.org/3/bs/public/15_07/cole_3bs_01a_0715.pdf、参照)。この文献は、IEEE P802.3bs 400GbE標準化会合で提案されている。この文献で開示されている構成は、図15に示した $\lambda_1 \sim \lambda_8$ の8波長のうち、 $\lambda_5 \sim \lambda_8$ を短波長側に800GHzシフトさせたものに相当する。

[0066] 上記文献で開示されている構成に従った波長の光を合波する場合、図14に示したWDMフィルタ24-3で合波する λ_2 の光と λ_5 の光との波長間隔、および、図14に示したWDMフィルタ24-4で合波する λ_4 の光と λ_7 の光との波長間隔が、 λ_4 の光と λ_5 の光との波長間隔が800GHzであった場合の2.4 THzよりも800GHz拡大した3.2 THzに緩和され、更なるWDMフィルタへの要求仕様の緩和が可能となる。

[0067] 本実施の形態では、実施の形態5の光合波器が合波する波長同士が不等間隔の場合について説明したが、実施の形態1~4の光合波器においても、合波する波長同士を不等間隔とすることが可能である。

[0068] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0069] 1 光合波器、10 光経路変更部、20, 20a, 20b 光合波モジュール、21 フィルタホルダ、22 全反射ミラー、23 ダミーフィルタ、24-1, 24-2, 24-3, 24-4, 24a-1, 24a-2 WDMフィルタ、25 偏波回転器、26 偏波選択フィルタ、23A, 24-1A, 24-2A, 25A, 26A 第1の平面、23B, 24-1B, 24-2B, 25B, 26B 第2の平面、28 光出力部。

請求の範囲

[請求項1] 第1の平面および当該第1の平面に平行な第2の平面を有し、当該第1の平面に入射した垂直偏波の第1の光を反射するとともに当該第2の平面に入射した垂直偏波の第2の光を透過して当該第1の光と当該第2の光とを合波する第1の波長選択フィルタと、

第1の平面および当該第1の平面に平行な第2の平面を有し、当該第1の平面に入射した水平偏波の第3の光を反射するとともに当該第2の平面に入射した水平偏波の第4の光を透過して当該第3の光と当該第4の光とを合波する第2の波長選択フィルタと、

第1の平面および当該第1の平面に平行な第2の平面を有し、当該第1の平面に入射した垂直偏波の光を反射するとともに当該第2の平面に入射した水平偏波の光を透過して垂直偏波の光と水平偏波の光とを合波する偏波選択フィルタと、

を備え、

前記第1の光と前記第2の光とは周波数軸上で隣接しておらず、かつ前記第3の光と前記第4の光とは周波数軸上で隣接しておらず、

前記偏波選択フィルタの前記第1の平面に前記第1の波長選択フィルタで合波された前記第1の光および前記第2の光が入射し、前記偏波選択フィルタの前記第2の平面に前記第2の波長選択フィルタで合波された前記第3の光および前記第4の光が入射する、

ことを特徴とする光合波器。

[請求項2] 入射した4つの光の並び順を変更して前記第1の光、前記第2の光、前記第3の光および前記第4の光として出射する光経路変更部、
を備えることを特徴とする請求項1に記載の光合波器。

[請求項3] 平行な2つの平面を第1面および第2面として有し、入射した全ての光を透過するフィルタホルダと、

全ての光を反射する平面である反射面を有し、前記反射面が前記フィルタホルダの前記第1面に固着された全反射ミラーと、

前記フィルタホルダの前記第2面に固着された第1の平面および当該第1の平面に平行な第2の平面を有し、入射した全ての光を透過するダミーフィルタと、

水平偏波の光が入射すると垂直偏波の光に変換して出射する偏波回転器と、

を備え、

前記第1の波長選択フィルタは、前記ダミーフィルタの隣に配置され、かつ前記第1の波長選択フィルタの前記第1の平面と前記フィルタホルダの前記第2面とが固着され、

前記偏波選択フィルタは、前記第1の波長選択フィルタの隣に配置され、かつ前記偏波選択フィルタの前記第1の平面と前記フィルタホルダの前記第2面とが固着され、

前記ダミーフィルタに入射する光および前記第1の波長選択フィルタに入射する光は前記偏波回転器から出射された前記垂直偏波の光である、

ことを特徴とする請求項1または2に記載の光合波器。

[請求項4] 前記偏波回転器は、前記ダミーフィルタの前記第2の平面および前記第1の波長フィルタの前記第2の平面に固着されている、

ことを特徴とする請求項3に記載の光合波器。

[請求項5] 前記第1の波長選択フィルタは前記第1の光を前記第2の平面で反射する、

ことを特徴とする請求項1から4のいずれか一つに記載の光合波器。

[請求項6] 前記第2の波長選択フィルタは前記第3の光を前記第2の平面で反射する、

ことを特徴とする請求項1から5のいずれか一つに記載の光合波器。

[請求項7] 前記偏波選択フィルタは垂直偏波の光を前記第2の平面で反射する

、
ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一つに記載の光合波器。
。

[請求項8]

第 1 の平面および当該第 1 の平面に平行な第 2 の平面を有し、当該第 1 の平面に入射した水平偏波の第 1 の光を反射するとともに当該第 2 の平面に入射した水平偏波の第 2 の光を透過して当該第 1 の光と当該第 2 の光とを合波する第 1 の波長選択フィルタと、

第 1 の平面および当該第 1 の平面に平行な第 2 の平面を有し、当該第 1 の平面に入射した垂直偏波の第 3 の光を反射するとともに当該第 2 の平面に入射した垂直偏波の第 4 の光を透過して当該第 3 の光と当該第 4 の光とを合波する第 2 の波長選択フィルタと、

第 1 の平面および当該第 1 の平面に平行な第 2 の平面を有し、当該第 1 の平面に入射した水平偏波の光を反射するとともに当該第 2 の平面に入射した垂直偏波の光を透過して水平偏波の光と垂直偏波の光とを合波する偏波選択フィルタと、

を備え、

前記第 1 の光と前記第 2 の光とは周波数軸上で隣接しておらず、かつ前記第 3 の光と前記第 4 の光とは周波数軸上で隣接しておらず、

前記偏波選択フィルタの前記第 1 の平面に前記第 1 の波長選択フィルタで合波された前記第 1 の光および前記第 2 の光が入射し、前記偏波選択フィルタの前記第 2 の平面に前記第 2 の波長選択フィルタで合波された前記第 3 の光および前記第 4 の光が入射する、

ことを特徴とする光合波器。

[請求項9]

前記第 1 の光、前記第 2 の光、前記第 3 の光および前記第 4 の光は、周波数軸上で隣接している 2 つの波長が波長多重された状態の光である、

ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一つに記載の光合波器

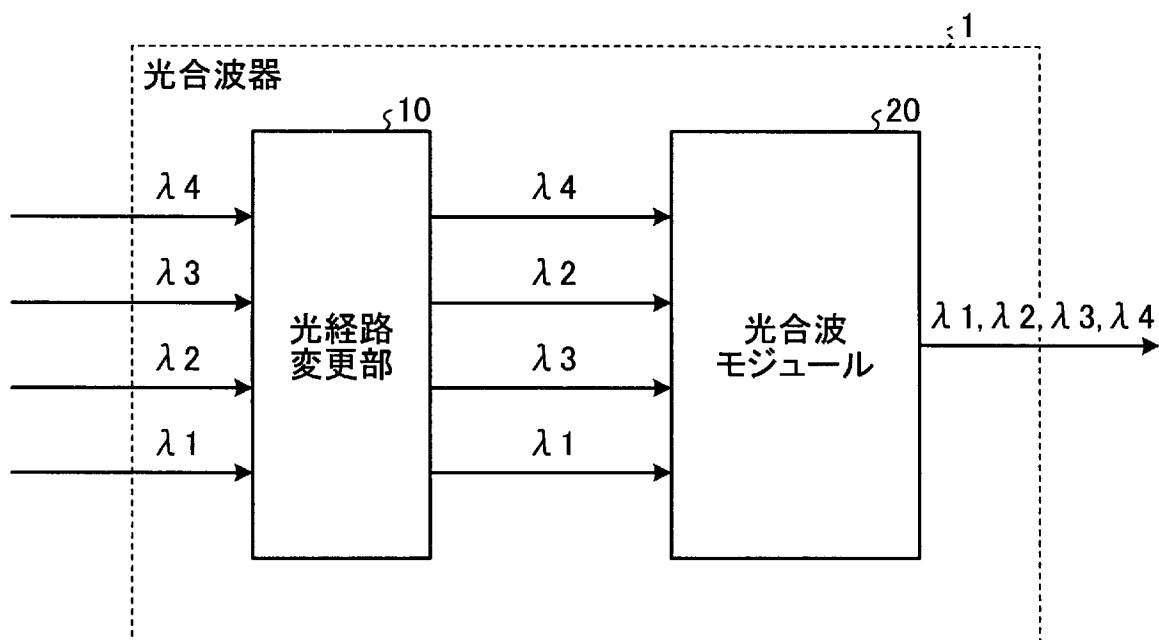
。

[請求項10] 前記第2の光と前記第3の光の周波数間隔は、前記第1の光と前記第2の光の周波数間隔および前記第3の光と前記第4の光の周波数間隔よりも大きい、

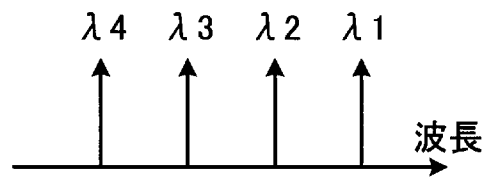
ことを特徴とする請求項1から9のいずれか一つに記載の光合波器

。

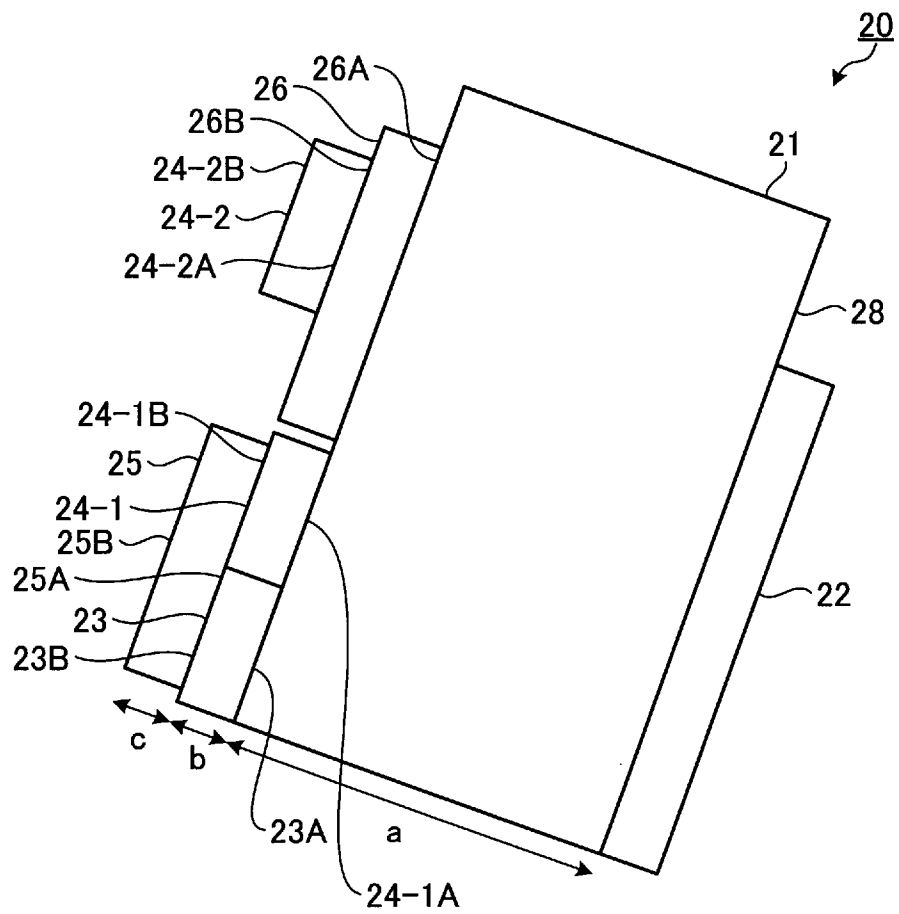
[図1]



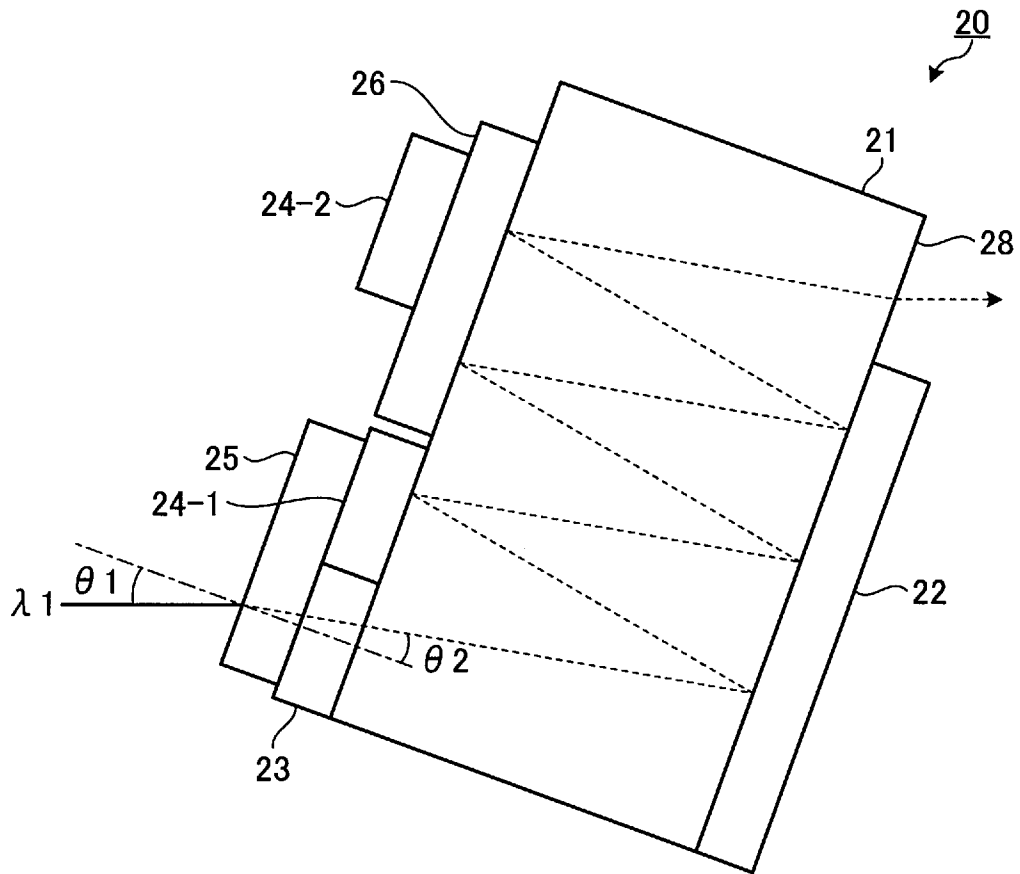
[図2]



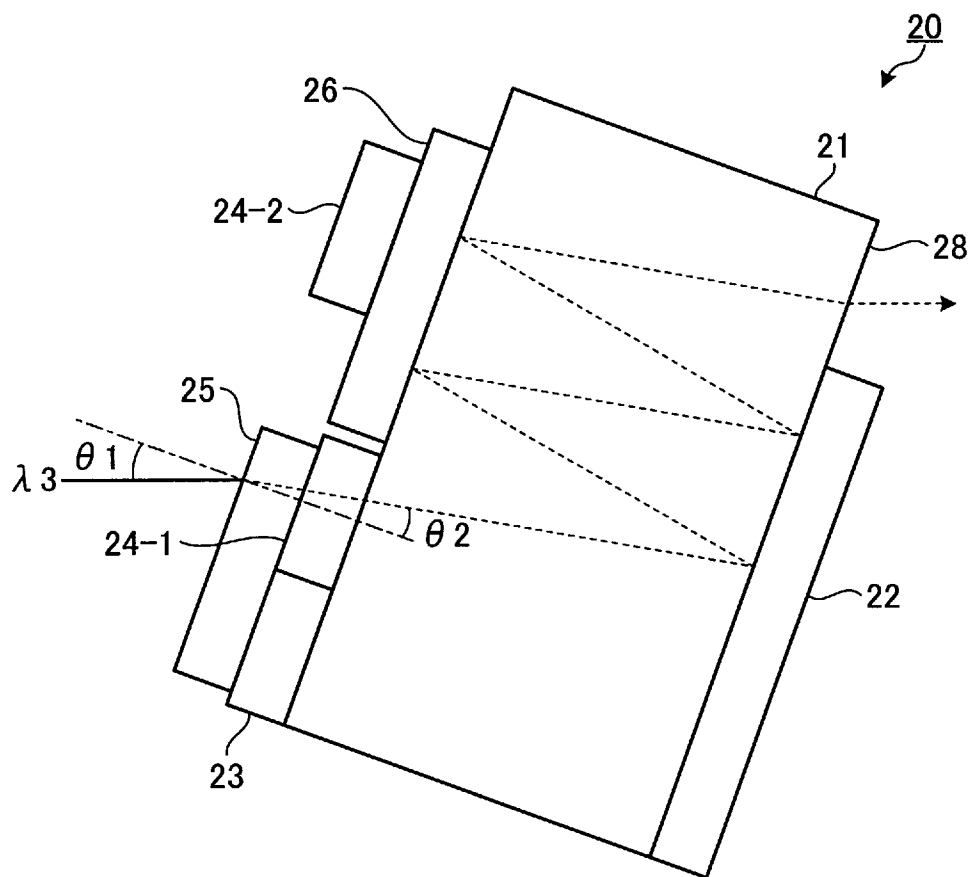
[図3]



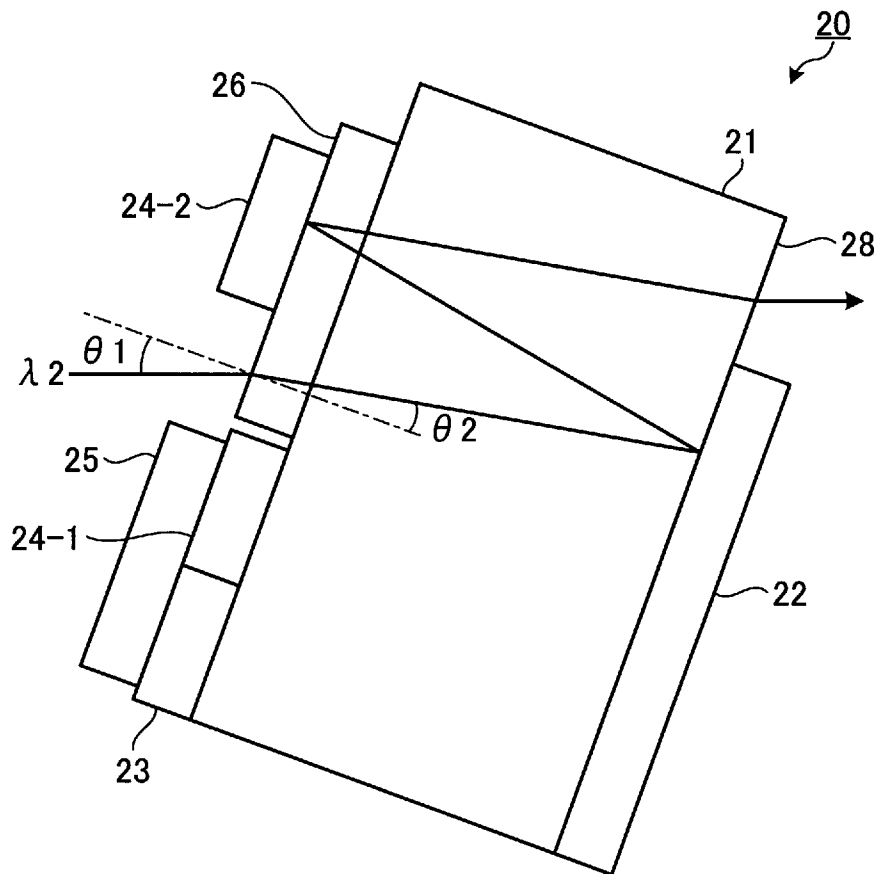
[図4]



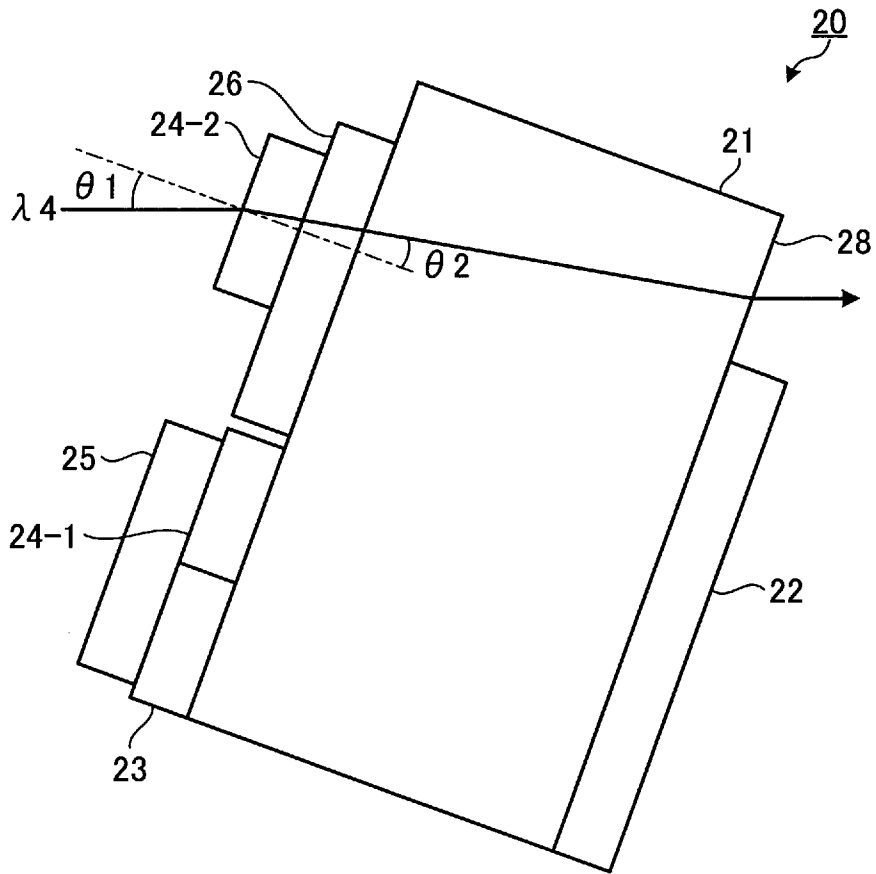
[図5]



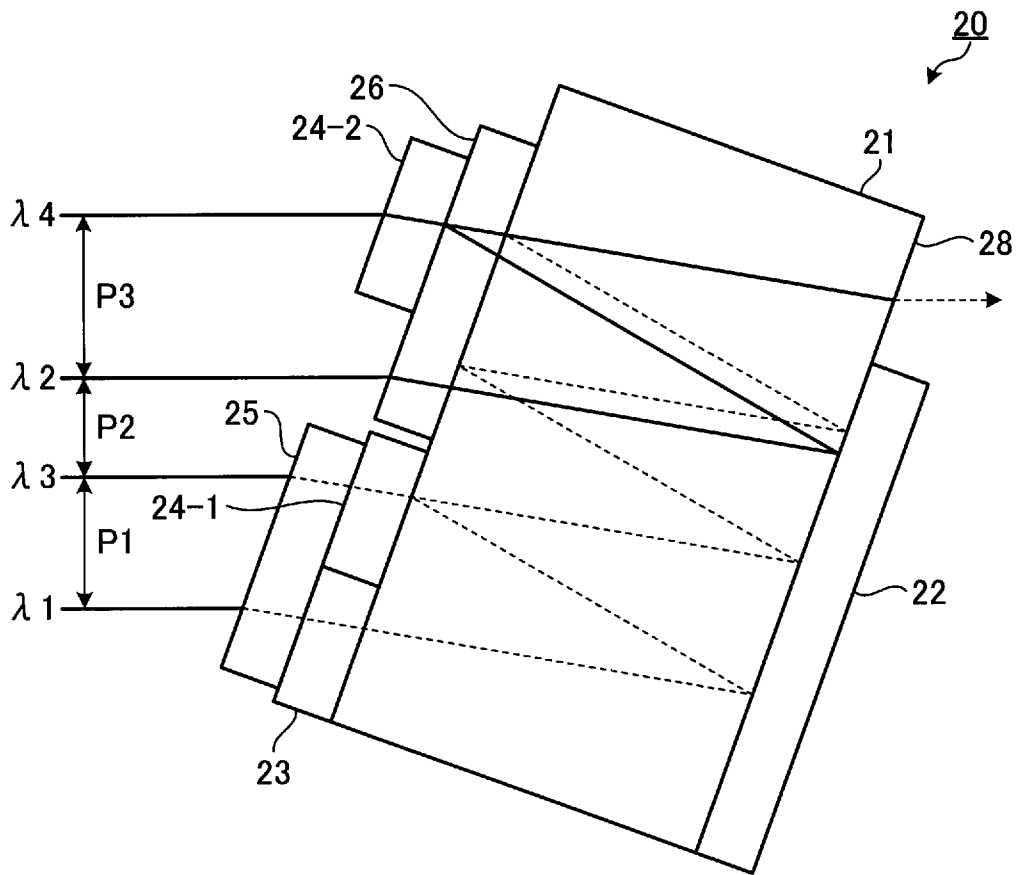
[図6]



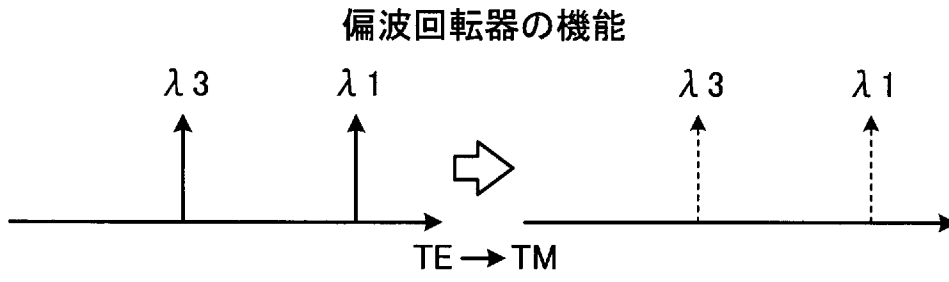
[図7]



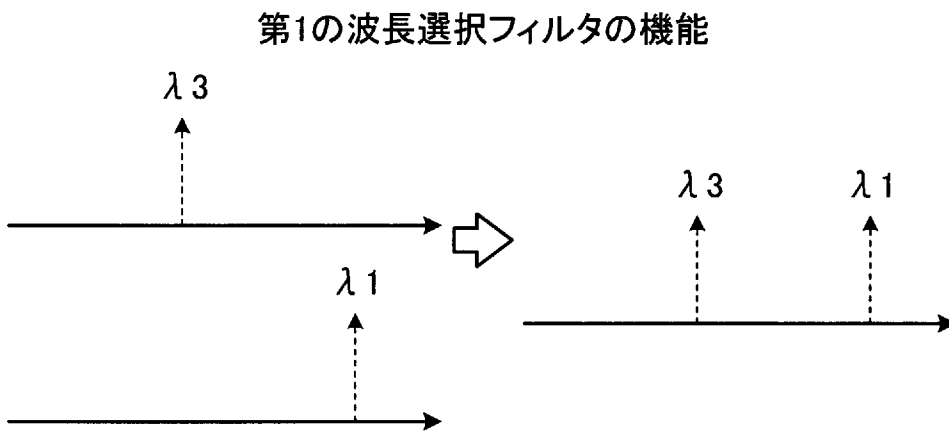
[図8]



[図9]

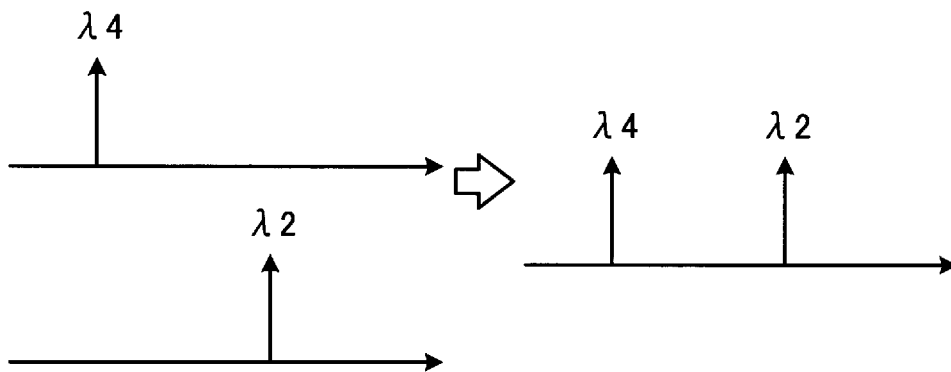


[図10]



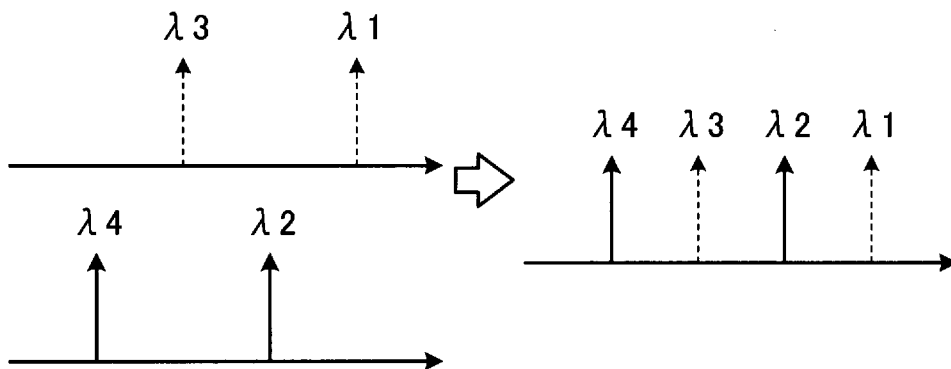
[図11]

第2の波長選択フィルタの機能

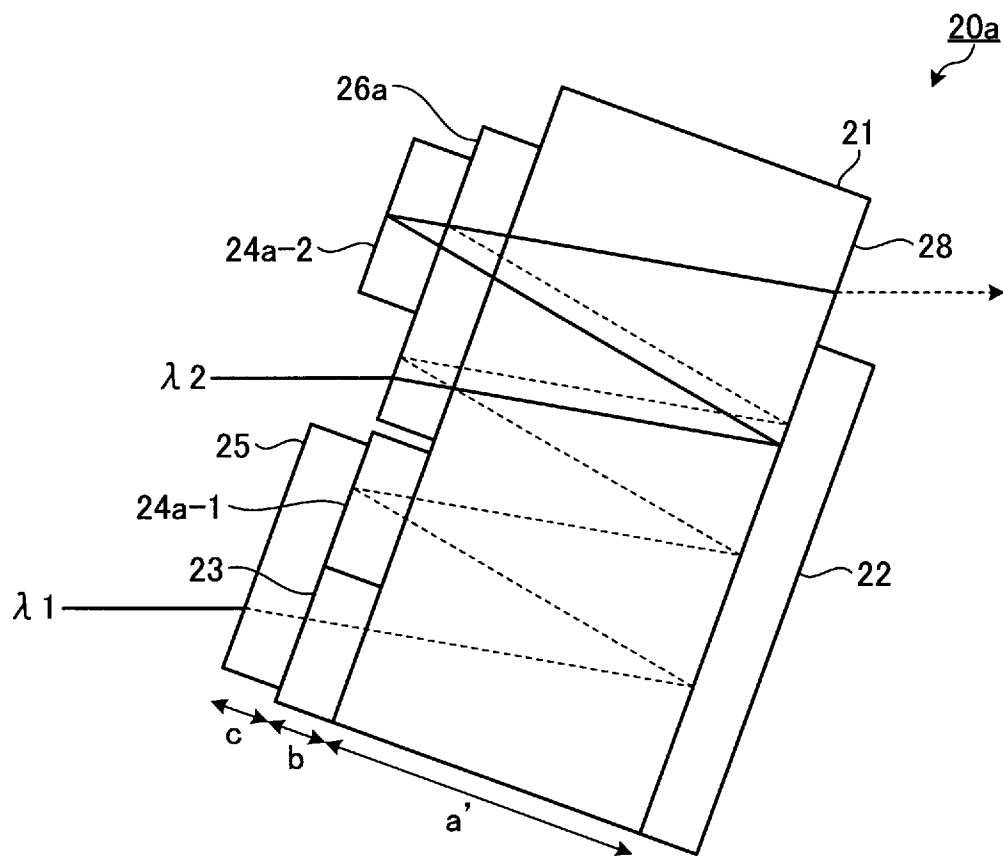


[図12]

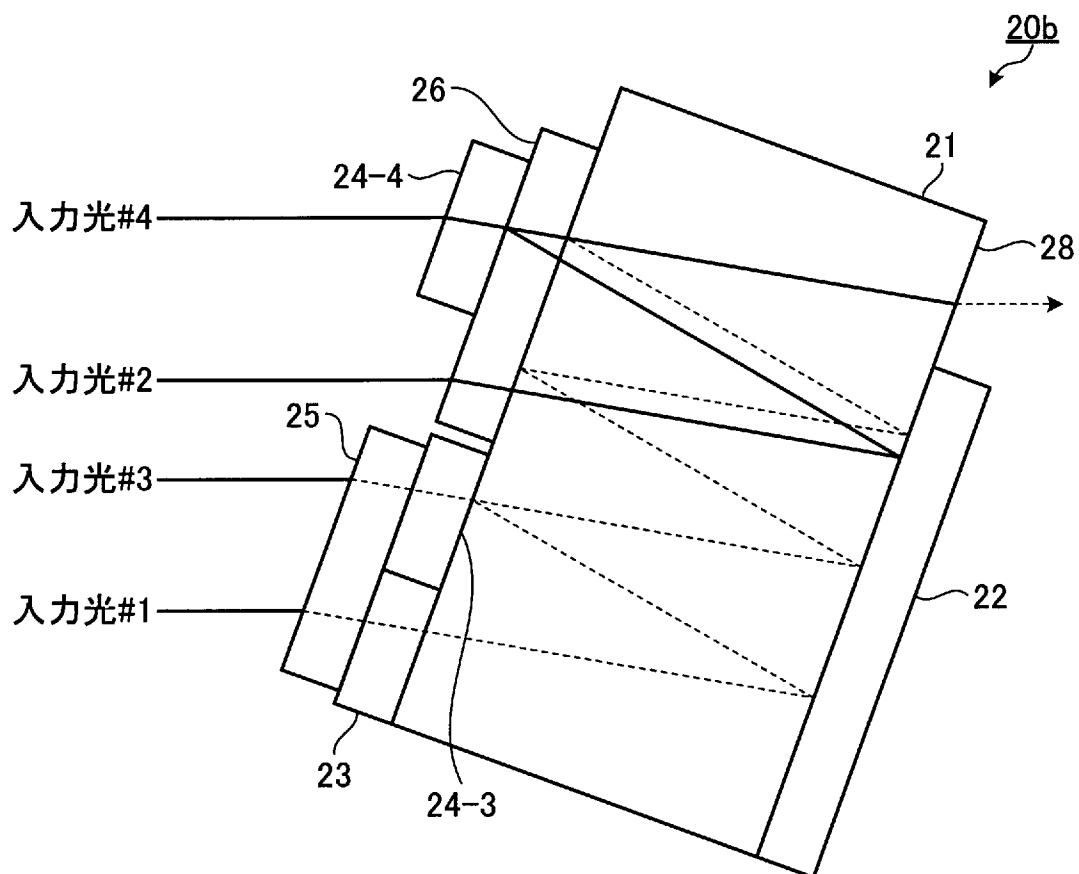
偏波選択フィルタの機能



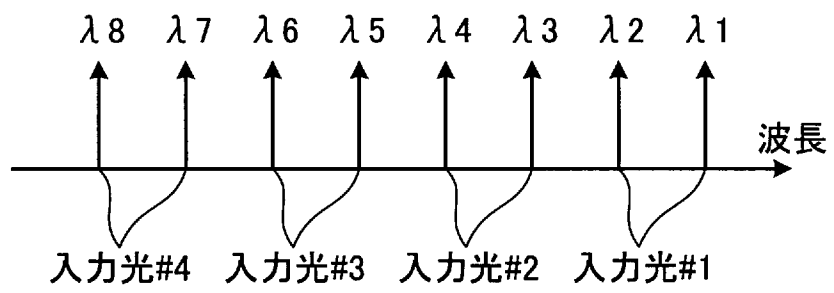
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/053805

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B6/293(2006.01)i, H01S5/022(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)
G02B6/26-6/34, G02B6/42-6/43, H01S5/00-5/50

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 Y	JP 2013-145356 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 25 July 2013 (25.07.2013), paragraphs [0050] to [0062]; fig. 1 to 4 & US 2013/0148966 A1 paragraphs [0025] to [0039], [0056]; fig. 1 to 3, 13 & US 9042731 B2 & CN 103163594 A	1, 5-8 1-10
Y	JP 2004-302279 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 28 October 2004 (28.10.2004), paragraphs [0042] to [0046]; fig. 9 (Family: none)	9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 15 April 2016 (15.04.16)	Date of mailing of the international search report 10 May 2016 (10.05.16)
---	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/053805

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-72008 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 March 2002 (12.03.2002), paragraphs [0101] to [0107]; fig. 5, 7 (Family: none)	10
Y	WO 2013/176182 A1 (NEC Corp.), 28 November 2013 (28.11.2013), paragraphs [0032] to [0038]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-10
Y	US 2010/0097700 A1 (Goldstein et al.), 22 April 2010 (22.04.2010), paragraphs [0016] to [0019]; fig. 1 & WO 2008/156598 A2	1-10
Y	JP 2005-241998 A (Nikon Corp.), 08 September 2005 (08.09.2005), paragraphs [0059] to [0062]; fig. 1 (Family: none)	3-4
Y	JP 58-149018 A (Nippon Telegraph & Telephone Public Corp.), 05 September 1983 (05.09.1983), page 4, lower left column, line 4 to lower right column, line 2; fig. 6 (Family: none)	3-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B6/293(2006.01)i, H01S5/022(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. G02B6/26-6/34, G02B6/42-6/43, H01S5/00-5/50

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 Y	JP 2013-145356 A (住友電気工業株式会社) 2013.07.25, 段落 [0050]-[0062], 図 1-4 & US 2013/0148966 A1, 段落[0025]-[0039], [0056], FIG. 1-3, 13 & US 9042731 B2 & CN 103163594 A	1, 5-8 1-10
Y	JP 2004-302279 A (松下電器産業株式会社) 2004.10.28, 段落[0042] -[0046], 図 9 (ファミリーなし)	9
Y	JP 2002-72008 A (松下電器産業株式会社) 2002.03.12, 段落[0101]- [0107], 図 5, 7 (ファミリーなし)	10

☑ 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

15.04.2016

国際調査報告の発送日

10.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 秀樹

2L

5708

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2013/176182 A1 (日本電気株式会社) 2013. 11. 28, 段落[0032]- [0038], 図 1-5 (ファミリーなし)	1-10
Y	US 2010/0097700 A1 (Goldstein et al.) 2010. 04. 22, 段落[0016]- [0019], Fig.1 & WO 2008/156598 A2	1-10
Y	JP 2005-241998 A (株式会社ニコン) 2005. 09. 08, 段落[0059]- [0062], 図 1 (ファミリーなし)	3-4
Y	JP 58-149018 A (日本電信電話公社) 1983. 09. 05, 第 4 頁左下欄第 4 行-右下欄第 2 行, 第 6 図 (ファミリーなし)	3-4