

(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
2025年1月16日(16.01.2025)



(10) 国際公開番号
WO 2025/013201 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 6/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/025576

(22) 国際出願日: 2023年7月11日(11.07.2023)

(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: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 阪本 隼志 (**SAKAMOTO Junji**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 橋

本 俊和 (**HASHIMOTO Toshikazu**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

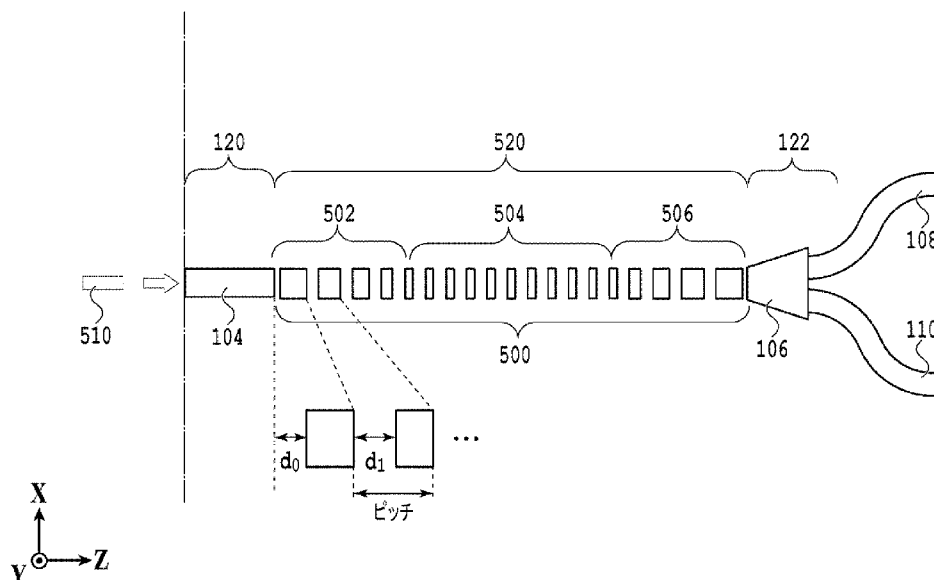
(74) 代理人: 弁理士法人谷・阿部特許事務所 (**TANI & ABE, P.C.**); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6番20号 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) **Title:** MODE FILTER AND OPTICAL CIRCUIT PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称: モードフィルタおよびそれを備えた光回路

[図5]



(57) **Abstract:** An embodiment of the present disclosure provides a mode filter. The mode filter comprises an optical waveguide. The optical waveguide is segmented into a plurality of segments. Each of the plurality of segments has a region with a core and a region with no core. The optical waveguide includes a first section, a second section, and a third section. In the first section, the length of the region without a core in the light propagation direction increases. In the second section, the length of the region without a core in the light propagation direction is constant. In the third section, the

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

length of the region without a core in the light propagation direction decreases. An embodiment of the present disclosure provides an optical circuit. The optical circuit comprises a substrate, a plurality of input waveguides having a V parameter value of 2 or more, and a plurality of mode filters connected respectively to the plurality of input waveguides. The optical circuit further comprises a plurality of optical branching circuits connected respectively to the plurality of mode filters, and an optical multiplexing circuit connected to the plurality of optical branching circuits.

(57) 要約: 本開示の一実施形態は、モードフィルタを提供する。モードフィルタは、光導波路を備える。光導波路は、複数のセグメントにセグメント化されている。複数のセグメントの各々が、コアがある領域およびコアがない領域を有する。光導波路は、第1の区間と、第2の区間と、第3の区間とを含む。第1の区間において、コアがない領域の光の伝搬方向の長さが増大する。第2の区間において、コアがない領域の光の伝搬方向の長さが一定である。第3の区間において、コアがない領域の光の伝搬方向の長さが減少する。本開示の一実施形態は、光回路を提供する。光回路は、基板と、Vパラメータの値が2以上である複数の入力導波路と、複数の入力導波路の各々と接続された前述した複数のモードフィルタとを備える。光回路は、複数のモードフィルタの各々に接続された複数の光分岐回路と、複数の光分岐回路と接続された光合波回路とをさらに備える。

明 細 書

発明の名称： モードフィルタおよびそれを備えた光回路

技術分野

[0001] 本開示は、モードフィルタおよびそれを有する光回路に関する。

背景技術

[0002] 光通信分野で発展してきた石英系平面光波回路（Planar lightwave circuit：PLC）（たとえば非特許文献1参照）は、埋め込み型の光導波路で、屈折率の高いコアと屈折率の低いクラッドがSiなどの基板上にガラスの成膜技術と半導体微細加工技術を用いて作製される。PLCは、コアの形状によって、光の分岐、波長の合分波、光路のスイッチングなどの機能をワンチップで実現できる技術である。近年では、光通信で用いる赤外光だけでなく、可視光のRGB（R：赤色光、G：緑色光、B：青色光）の3原色を合波するRGBカプラ（たとえば特許文献1参照）や光格子時計の原子冷却に用いる光の合波回路など、可視域の波長も取り扱うようになり、より広い範囲の波長の光を同じチップ内で処理する機会が増えている。

[0003] 通常、光回路は、シングルモード条件を満たすコアサイズで設計される。しかしながら、取り扱う波長域が広くなると、すべての波長域でシングルモード条件を満たすように設計すると、長波長側にとっては、非常に小さいコアとなり、光の閉じ込めが弱く、最小曲げ半径が大きくなり、チップが大型化してしまう。一方で、長波長側に合わせて、コアを大きくすると、短波長ではマルチモード条件となり、入力部でフィールドのミスマッチがあると、縦、横両方向で高次モードが励振されてしまう。

[0004] マルチモード条件は、Vパラメータ（規格化周波数とも呼ばれる。）で表現される。 $V = \pi d NA / \lambda$ であり、 λ は波長、 d はコアの径、 NA はコアの開口数である。 $V \geq 2$ のときマルチモード条件となる。光回路内において高次モードが励振されると、従来の測定方法では正確に光学特性が評価できなくなることや、光学特性が不安定になってしまう。たとえばRGBカプラ

では、長波長側のRの最小曲げ半径が大きくなることや、短波長側のBがマルチモード化するという問題が生じる。

[0005] また、PLCは、短波長の強い光で屈折率が変化するため（たとえば非特許文献2参照）、光のエネルギー密度を下げて屈折率変化を抑制するためにコアサイズを大きくすることがある。この際も、マルチモード条件となりやすいため、同様の問題が生じる。

[0006] 図1に、RGBカプラの概略構成を示す。RGBカプラ100は、基板102に形成された、光を入力する光導波路104と、入力された光を合波する光合波回路112と、合波した光を出力する光導波路114とを備える。また、RGBカプラ100は、光導波路104と光合波回路112との間に、光導波路104へ入力された光をメイン光とモニタ光とに分岐する光分岐回路106と、メイン光を光合波回路112入力する光導波路108と、モニタ光を出力する光導波路110とを備える。図1において、R、G、Bがそれぞれ入力され、分岐され、導波する要素の符号は、末尾にR、G、Bを付して、それぞれを識別している。さらに、図1には、RGBカプラ100の各機能部を構成する要素を破線で囲み、入力部120と、分岐部122と、合波部124と、メイン出力部126と、モニタ出力部128として示している。XZ面は、光回路が形成される基板102の主面であり、Zは光の伝搬方向であり、Yは基板102の厚さ方向である。

[0007] 合波部124を構成する光合波回路112は、GとBとを第1の方向性結合器で合波して、次いで、第2の方向性結合器で合波されたGおよびBとRとをさらに合波する構成とすることができる。光合波回路112は、第1の方向性結合器で合波されたRおよびGとBとをさらに合波するために、第2の方向性結合器をマルチモード（MM）変換導波路を使用する構成としてもよい（たとえば特許文献1の図4参照）。あるいは、合波部124を多モード干渉計（Multimode Interferometer：MMI）導波路を用いて構成してもよい。

[0008] RGBカプラ100において、レーザーダイオード（Laser Diode；LD）

等の光源（不図示）から直接にまたはファイバー等の光導波路（不図示）を介して、入力部１２０へ入力された光は、分岐部１２２でメイン光とモニタ光に分岐される。モニタ光は、モニタＰＤ（不図示）と光学的に接続できる位置に設けられたモニタ出力部１２８から空間に放出される。メイン光は、合波部１２４でＲ、Ｇ、Ｂを合波してメイン出力部１２６から（すなわち１つの光導波路１１４を介して）空間に放射される。

[0009] 図２に、図１のＲＧＢカプラ１００の変形例である、別のＲＧＢカプラの概略構成を示す。図２に示すＲＧＢカプラ２００のように、メイン出力部１２６とモニタ出力部１２８と間のクロストークを避けるために、光導波路１１０を９０度曲げて、メイン出力部１２６とモニタ出力部１２８とを異なる端面に配置する場合もある。

[0010] ＲＧＢカプラ１００または２００において、入力部１２０を構成する光導波路１０４のコアのサイズがマルチモード条件の場合、フィールドのミスマッチや位置ずれが原因で高次モードが励振される。高次モードの光が、分岐部１２２を構成する光分岐回路１０６または合波部１２４を構成する方向性結合器に入ると、高次モードの状態によって分岐率が変わるため、光回路の特性が不安定となる。こうした状況をさけるために従来は、光導波路の幅を細くしたモードフィルタを挿入していた。

[0011] 図３に、モードフィルタを挿入したＲＧＢカプラの概略構成を示す。図３に示すＲＧＢカプラ３００は、図１のＲＧＢカプラ１００の入力部１２０と分岐部１２２との間に、モードフィルタ部３２０を挿入したものである。モードフィルタ部３２０は、光導波路１０４と光分岐回路１０６とに結合された、光導波路１０４よりも幅を細くした光導波路で構成されている。図３に示すようにモードフィルタ３０４は、光導波路１０４側に、光の伝搬方向に沿って幅が細くなるテーパ形状を有しており、光分岐回路１０６側に一定の細い幅が続く形状を有する。しかしながら、ＲＧＢカプラのように、広い波長域を取り扱う場合、現実的に作製可能な細い幅を有するモードフィルタ３０４で構成したモードフィルタ部３２０では高次モードをフィルタリング

できないこともある。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：国際公開第WO 2 0 1 7 / 1 4 2 0 7 6 号

非特許文献

[0013] 非特許文献1：A. Himeno, et al., “Silica-Based Planar Lightwave Circuits”, Published in: IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Volume: 4, Issue: 6, 1998, pp.913-924

非特許文献2：Y. Fujiwara, et al., “Silica-based planar lightwave circuits with high resistance against blue light for visible-light application”, Japanese Journal of Applied Physics, 61, SK1021, 2022

発明の概要

[0014] 図4（a）および（b）に、細い幅を有するモードフィルタ304におけるLP11aおよびLP11bの伝搬の様子をそれぞれ示す。図4は、例示としてコア層とクラッド層の屈折率差が1%、コア層の厚さが2 μ mの基板102に、幅が1 μ m、長さが100 μ mのモードフィルタ304を形成した場合の波長445nmにおけるLP11aおよびLP11bの伝搬の様子をそれぞれ示す。図4（a）に示すように、横方向の高次モードであるLP11aは、光導波路の幅を細くしたことで95%カットされることがわかる。一方、図4（b）に示すように、縦方向の高次モードであるLP11bは、フィルタリングされることなくほぼそのまま透過することがわかる。幅を細くした光導波路を十分長くして、LP11bを取り除く方法もあるが、チップサイズが大型化するという問題が生じる。

[0015] 本開示は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、縦および横の双方向の高次モードをフィルタするモードフィルタを提供することにある。また、本開示は、当該モードフィルタを有する光回路を

提供することになる。

[0016] 本開示の一実施形態のモードフィルタは、光導波路を備え、光導波路は、複数のセグメントにセグメント化されており、複数のセグメントの各々が、コアがある領域およびコアがない領域を有し、光導波路は、第1の区間と、第2の区間と、第3の区間とを含み、第1の区間において、コアがない領域の光の伝搬方向の長さが増大し、第2の区間において、コアがない領域の光の伝搬方向の長さが一定であり、第3の区間において、コアがない領域の光の伝搬方向の長さが減少する。

[0017] 本開示の一実施形態の光回路は、基板と、Vパラメータの値が2以上である複数の入力導波路と、複数の入力導波路の各々と接続された複数の上記モードフィルタとを備える。

[0018] 本開示によれば、縦および横の双方向の高次モードをフィルタするモードフィルタを提供することができる。また、本開示によれば、モードフィルタを入力部と分岐部との間に配置することで、特性不安定化を抑制した光回路を提供することができる。

する。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]従来のRGBカプラの概略構成を示す上面図である。

[図2]従来のRGBカプラの概略構成を示す上面図である。

[図3]従来のRGBカプラの概略構成を示す上面図である。

[図4]従来のモードフィルタの細い幅を有する光導波路における光の伝搬の様子説明する図であり、(a)は横方向の高次モードの伝搬の様子説明する図、(b)は縦方向の高次モードの伝搬の様子説明する図である。

[図5]本開示の一実施形態にかかるモードフィルタの概略構成を示す上面図である。

[図6]本開示のモードフィルタの細い幅を有する光導波路における光の伝搬の様子説明する図であり、(a)は横方向の高次モードの伝搬の様子説明する図、(b)は縦方向の高次モードの伝搬の様子説明する図である。

[図7]本開示の一実施形態にかかるモードフィルタの概略構成を示す上面図である。

[図8]本開示の一実施形態にかかるモードフィルタの光導波路幅と透過率との関係を示す図である。

[図9]本開示の一実施形態にかかる光回路の概略構成を示す上面図である。

[図10]本開示の一実施形態にかかる光回路の概略構成を示す上面図である。

[図11]本開示の一実施形態にかかる光回路の概略構成を示す上面図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、図面を参照しながら本開示の種々の実施形態について詳細に説明する。同一または類似の参照符号は、同一または類似の要素を示し、繰り返しの説明を省略する場合がある。以下の説明における数値は例示であり、本開示の実施形態は要旨を逸脱しない限り他の数値で実施することができる。以下、図5から8を参照して本開示の一実施形態にかかるモードフィルタを説明する。その後、図9から11を参照して本開示の一実施形態にかかる光回路を説明する。

[0021] (実施形態1)

図5および図6を参照して、本開示の実施形態1にかかるモードフィルタを説明する。図5に示すモードフィルタ500は、図1を参照して上述したRGBカップラ100の入力部120を構成する光導波路104と、分岐部122を構成する光分岐回路106との間に挿入して、モードフィルタ部520を構成することができる。勿論、モードフィルタ500は、図2を参照して上述したRGBカップラ200に挿入することもできる。入力部120における光導波路104の幅（コアの幅）や厚さ（コアの厚さ）は、マルチモード条件となっているとする。光導波路104の幅は、入力部の光導波路104に接続するLD510またはファイバー（不図示）のフィールドに合わせて構成される場合があり、また実装トレランスを高くするために意図的にと広くする場合などがある。

[0022] 図5に示すモードフィルタ500は、光導波路104側に、セグメント毎

にコアの長さ（Z方向の長さ）が光の伝搬方向に向かって減少する（短くなる）第1の区間（コア長減少区間ともいう）502、光分岐回路106側に、セグメント毎にコアの長さが光の伝搬方向に向かって増加する（長くなる）第3の区間（コア長増加区間ともいう）506、および、第1の区間と第3の区間との間に、セグメント毎のコアの長さが一定の（変化しない）第2の区間（コア長一定区間ともいう）を含む。ここで、第1と第3の区間は、基底モードの光パワーの損失を抑えるように徐々にコアの長さを増減させる。

[0023] 本実施形態において、基板102に形成されたモードフィルタ500は、コアの幅が $2.7\mu\text{m}$ 、コアの厚さが $2\mu\text{m}$ である。3つの区間502、504、および506のZ方向の長さはそれぞれ、 $40\mu\text{m}$ 、 $120\mu\text{m}$ 、および $40\mu\text{m}$ である。各区間において隣接する2つのコアのピッチは $4\mu\text{m}$ である。すなわち一つのセグメントの長さは $4\mu\text{m}$ である。

[0024] この例では、コア長一定区間504において、30個にセグメント化されている。1つのセグメントにおけるコアのZ方向の長さ（光導波路長ともいう）は、 $1.3\mu\text{m}$ であり、隣接するコアのピッチは $4\mu\text{m}$ である。隣接する2つのコアの間隔（コアが存在しない部分のZ方向の長さ）は $2.7\mu\text{m}$ である。

[0025] また、この例では、コア長減少加区間502において、コアは、10個のセグメントを用いて、コア長一定区間504のコアの長さになるように徐々にコアの長さを短くしている。コアが存在しない部分が突然現れると、伝搬する基底モードの光の損失が大きくなる。したがって、光の伝搬方向に向かって隣接する2つのコアの間隔は、光導波路104に近いほど小さく、コア長一定区間504に近いほど（コア長減少加区間502における光の伝搬距離に応じて）大きくなり、コア長一定区間504におけるコアの間隔である $2.7\mu\text{m}$ に近づくか等しくなるようにしている。なお、コアが存在しない部分の数が多いほど、伝搬する基底モードの光の損失が増加する。したがって、コアが存在しない部分の数および隣接する2つのコアの間隔は、上述し

たように、基底モードの光のパワーの損失を抑制しつつ伝搬させるように、且つ励振した高次モードの光を伝搬させないように、決定する必要がある。

[0026] 図5に示すように、光導波路104に最も近いセグメントにおけるコアが存在しない部分の長さを d_0 とすると、光導波路104側から n 番目（この例では、 n は10以下の整数）のセグメントにおけるコアが存在しない部分の長さ d_n は、 $d_n = d_0 + \Delta d (n - 1)$ と表すことができる。 d_0 と Δd は、 d_{10} の値が $2.7 \mu\text{m}$ に近い値となるか等しくなるよう、予め決定された値である。また、 d_0 は製造可能な最小ギャップとなるように設定することが多い。

[0027] 一方、この例では、コア長増加区間506においては、コアは、10個のセグメントに配置されている。コア長減少区間502と反対に、コア長増加区間506において、光の伝搬方向に向かって隣接する2つのコアの間隔は、コア長一定区間504に近いほど大きくなり、 $2.7 \mu\text{m}$ に近づくか等しくなり、光分岐回路106に近いほど（コア長増加区間506における光の伝搬距離に応じて）小さくなるようにしている。コア長一定区間504側から n 番目（この例では、 n は10以下の整数）のセグメントにおけるコアが存在しない部分の長さ d_n は、 $d_n = d_0 - \Delta d (n - 1)$ と表すことができる。 d_0 と Δd は、 d_0 の値が $2.7 \mu\text{m}$ に近い値となるか等しくなるよう、予め決定された値である。なお、この例では、コア長増加区間506における d_0 と d_{10} の値がコア長減少区間501の d_{10} と d_0 の値となるように設定している。

[0028] 図6(a)および(b)に、図5のモードフィルタ500におけるLP11aおよびLP11bの伝搬の様子をそれぞれ示す。図6から、LP11a、LP11bの透過率が、それぞれ50%、20%となり、図3に示したモードフィルタ部320における幅を細くした光導波路によるモードフィルタ304ではカットされなかったLP11bが効果的にカットできることが分かる。基板102に形成される光回路の途中では、コアの厚さは一定で、高さの分布が少ないため、縦方向の高次モードの殆どが入力部120で発生する。このため、入力部120の直後にモードフィルタ500を配置して光の

高次モードをフィルタリングすることは重要であり、光回路の特性の安定化につながる。また、光回路の大型化を避けるために、モードフィルタと分岐部122は直接接続することが望ましい。なお、モードフィルタ500により次数の高い高次モードはより効果的にカットされるため、したがって、図6においては、高次モードとして、LP11の透過特性を示している。

[0029] (実施形態2)

図7および図8を参照して、本開示の実施形態2にかかるモードフィルタを説明する。図7に示すモードフィルタ700は、図1を参照して上述したRGBカプラ100の入力部120を構成する光導波路104と、分岐部122を構成する光分岐回路106との間に挿入されて、モードフィルタ部720を構成する。勿論、モードフィルタ700は、図2を参照して上述したRGBカプラ200に挿入することもできる。

[0030] モードフィルタ部720は、コア長減少区間702、コア長一定区間704、コア長増加区間706、およびテーパ光導波路708を含む。モードフィルタ部720は、コア長減少区間702、コア長一定区間704、コア長増加区間706、およびテーパ光導波路708におけるコアの幅(X方向の長さ)が狭い点、並びに、光導波路104のコアの幅をコア長減少区間702のコア幅に減少するモードフィルタ500を含む点で、図5のモードフィルタ部520と異なる。モードフィルタ部720のその他の点は、モードフィルタ500と同じであるので説明を省略する。

[0031] 図8に、コア長一定区間704の導波路長(光の伝搬方向の長さ)をそのままに、コアの幅のみを変えた場合の、波長450nmにおける基底モードであるLP01、横方向の1次モードであるLP11a、縦方向の1次モードであるLP11bそれぞれの透過率を示す。図8から、コアの幅を細くすることで、LP01の透過率はそのままに、LP11aおよびLP11bの透過率を大きく落とすことが可能であることがわかる。光を入力するための光導波路104の幅は、ファイバーやLDと所望の結合を得るための値に設定される。したがって、通常、高次モードをフィルタリングするのに最適な

幅とは異なる。このため、本実施形態においては、光導波路104の幅を徐々に変化させるテーパ光導波路708を配置して、所望のフィルタリング効果が得られる光導波路の幅に変換する。ただし、図8から理解されるように、コア長減少区間702、コア長一定区間704、コア長増加区間706におけるコアの幅を細くしすぎると、LP01の損失も発生する。図8から理解されるように、コアの幅を $1.5\mu\text{m}$ 以上にするこで、低損失かつ高効率な高次モードのフィルタリングが可能である。この際、光回路の大型化をさけるために、テーパ光導波路708とコア長減少区間702とを直接接続することが望ましい。

[0032] (実施形態3)

図9を参照して、本開示の実施形態3にかかる光合波回路を説明する。図9に示す光合波回路900は、図1を参照して上述したRGBカップラ100の入力部120を構成する光導波路104と、分岐部122を構成する光分岐回路106との間に、図5に示したモードフィルタ500を挿入したものである。モードフィルタ500は、縦および横の双方向の高次モードを透過させないようにするモードフィルタ部520を構成する。光合波回路900は、RGBカップラとして機能する。勿論、光合波回路900が合波する光は3原色に限定されない。光合波回路900は、任意の波長領域の2つ以上の光を合波するように構成された光回路とすることができる。

[0033] 図9に示す光合波回路900は、基板102に形成された、光を入力する光導波路104と、モードフィルタ500と、入力された光を合波する光合波回路112と、合波した光を出力する光導波路114とを備える。また、光合波回路900は、RGBカップラ100と同様に、光導波路104と光合波回路112との間に、光導波路104へ入力された光をメイン光とモニタ光とに分岐する光分岐回路106と、メイン光を光合波回路112入力する光導波路108と、モニタ光を出力する光導波路110とを備える。

[0034] 光合波回路900において所望の出射角やLDとの結合を得るために、入力される光の全ての波長（本実施形態では、R、G、B）において光回路の

コアの厚さの設定がマルチモード条件となる場合がある。このため、全色域において光を出力する光導波路 114 の直後にモードフィルタ 500 を挿入することが重要である。また、RGB カプラとして、メイン出力部 126 およびモニタ出力部 128 から出力される光に高次モードが含まれる場合、光の出射角がずれるなど、ビーム品質の劣化につながるため、メイン出力部 126 およびモニタ出力部 128 に伝搬する基底モードのみであることが重要である。

[0035] 本実施形態では、光合波回路 900 の入力部 120 を構成する光導波路 104 と、分岐部 122 を構成する光分岐回路 106 との間に、図 5 を参照して説明したモードフィルタ 500 を挿入したことにより、縦および横の双方向の高次モードが光合波回路 112 以降を伝搬しないようにすることができる。これにより、光回路の特性の安定化が可能になる。

[0036] なお、本実施形態の光合波回路 900 において、メイン出力部 126 とモニタ出力部 128 と間のクロストークを避けるために、光導波路 110 を 90 度曲げて、メイン出力部 126 とモニタ出力部 128 とを異なる端面に配置してもよい。この場合、図 2 を参照して上述した RGB カプラ 200 の入力部 120 を構成する光導波路 104 と、分岐部 122 を構成する光分岐回路 106 との間に、図 5 に示したモードフィルタ 500 を挿入した態様となる。

[0037] (実施形態 4)

図 10 を参照して、本開示の実施形態 4 にかかる光合波回路を説明する。図 10 に示す光合波回路 1000 は、図 1 を参照して上述した RGB カプラ 100 の入力部 120 を構成する光導波路 104 と、分岐部 122 を構成する光分岐回路 106 との間に、図 7 に示したモードフィルタ 700 を挿入したものである。光合波回路 1000 は、RGB カプラとして機能する。勿論、光合波回路 1000 が合波する光は 3 原色に限定されない。光合波回路 1000 は、任意の波長領域の 2 つ以上の光を合波するように構成された光回路とすることができる。

[0038] 光合波回路 1000 は、モードフィルタ 700 を挿入したことにより、図 9 に示した光合波回路 900 よりも効果的に、縦および横の双方向の高次モードが光合波回路 112 以降を伝搬しないようにすることができ、光回路の特性のさらなる安定化が可能になる。

[0039] なお、本実施形態の光合波回路 1000 においても、メイン出力部 126 とモニタ出力部 128 と間のクロストークを避けるために、光導波路 110 を 90 度曲げて、メイン出力部 126 とモニタ出力部 128 とを異なる端面に配置してもよい。この場合、図 2 を参照して上述した RGB カプラ 200 の入力部 120 を構成する光導波路 104 と、分岐部 122 を構成する光分岐回路 106 との間に、図 7 に示したモードフィルタ 700 を挿入した態様となる。

[0040] (実施形態 5)

図 11 を参照して、本開示の実施形態 5 にかかる光合波回路を説明する。図 11 に示す光合波回路 1100 は、基板 102 に複数の光合波回路 1000 を配置した構成である。光合波回路 1100 は、マルチビーム光源として使用することができる。光合波回路 1100 もまた、モードフィルタ 700 を挿入したことにより、縦および横の双方向の高次モードが光合波回路 112 以降を伝搬しないようにすることができ、光回路の特性のさらなる安定化が可能になる。

産業上の利用可能性

[0041] 縦および横の双方向の高次モードをフィルタするモードフィルタを提供することが可能となる。また、特性不安定化を抑制した光回路を提供することが可能となる。

符号の説明

[0042] 100, 200, 300 RGB カプラ

102 基板

104, 104R, 104G, 104B 光導波路

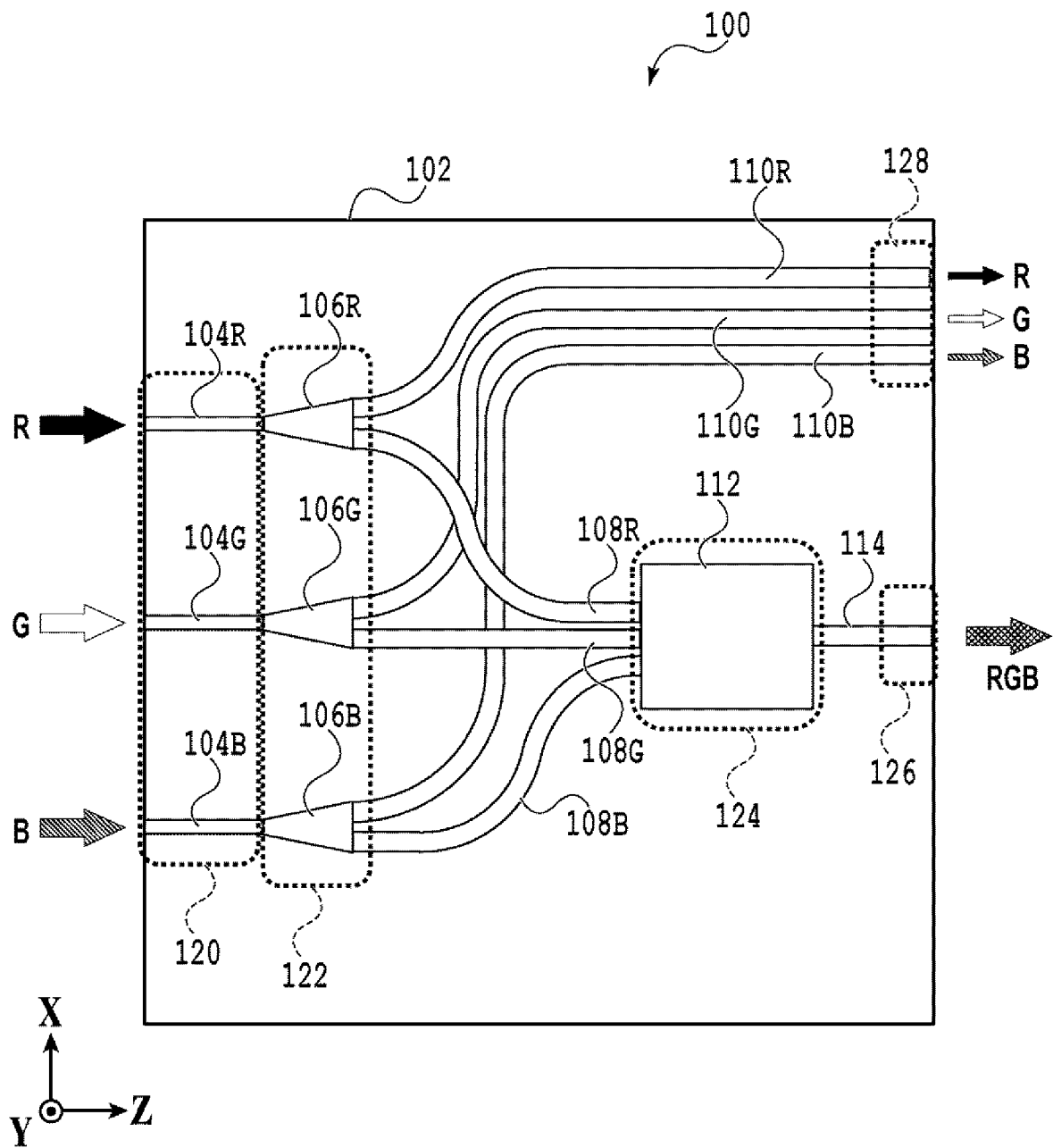
106, 106R, 106G, 106B 光分岐回路

108, 108R, 108G, 108B 光導波路
110, 110R, 110G, 110B 光導波路
112 光合波回路
114 光導波路
120 入力部
122 分岐部
124 合波部
126 メイン出力部
128 モニタ出力部
304, 304R, 304G, 304B, 500, 500R, 500G, 500B, 700, 700R, 700G, 700B モードフィルタ
320, 520, 720 モードフィルタ部
502, 702 コア長減少区間
504, 704 コア長一定区間
506, 706 コア長増加区間
510 レーザーダイオード
708 テーパー光導波路
900, 1000, 1100 光回路

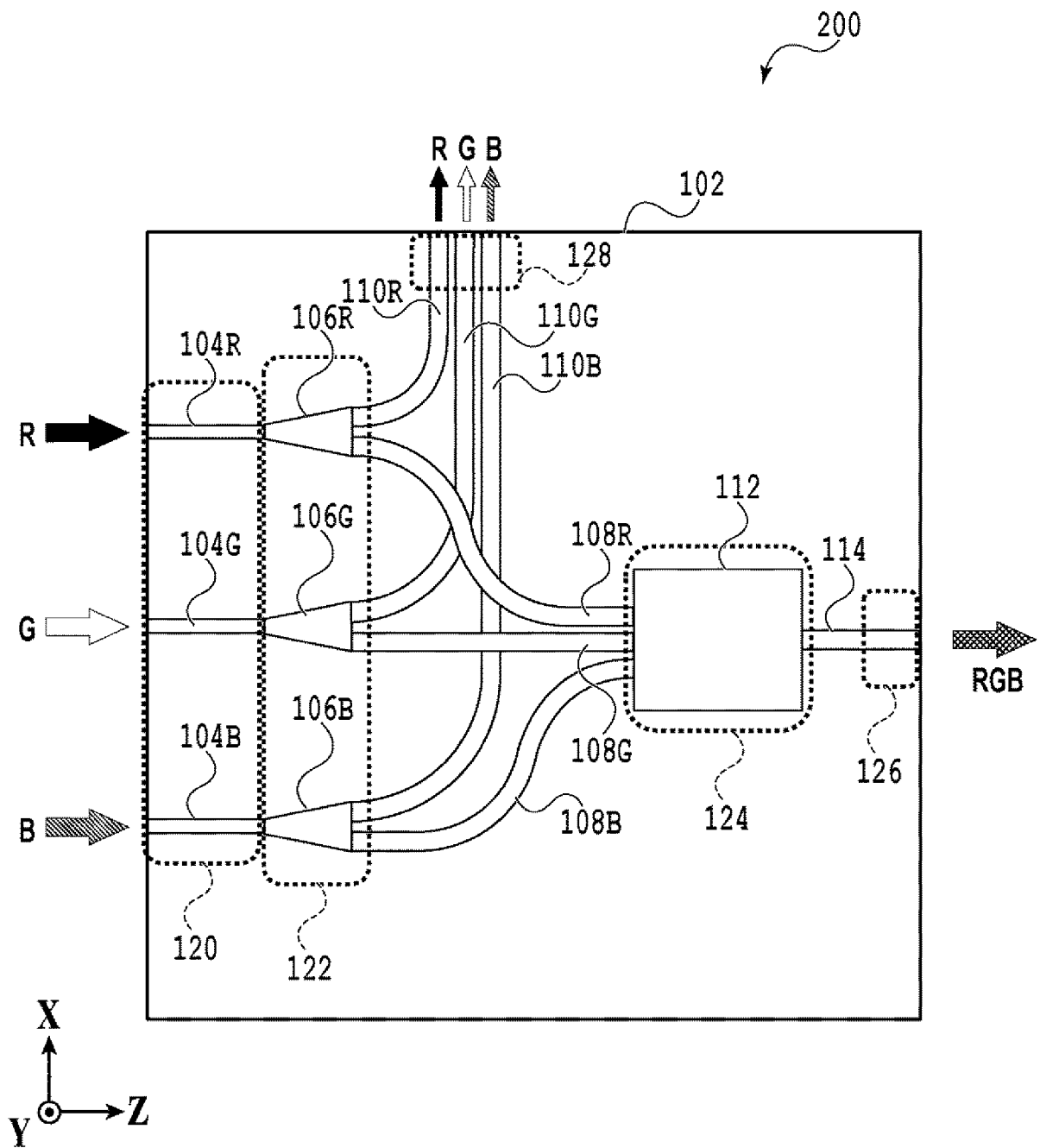
請求の範囲

- [請求項1] モードフィルタであって、
光導波路を備え、
前記光導波路は、複数のセグメントにセグメント化されており、前記複数のセグメントの各々が、コアがある領域およびコアがない領域を有し、前記光導波路は、第1の区間と、第2の区間と、第3の区間とを含み、
前記第1の区間において、前記コアがない領域の光の伝搬方向の長さが増大し、
前記第2の区間において、前記コアがない領域の光の伝搬方向の長さが一定であり、
前記第3の区間において、前記コアがない領域の光の伝搬方向の長さが減少する、モードフィルタ。
- [請求項2] 前記光導波路の幅は、入力光導波路の幅よりも狭く、
前記入力光導波路の幅を前記光導波路の幅に変換するテーパ光導波路
をさらに備えた、請求項1に記載のモードフィルタ。
- [請求項3] 光回路であって、
基板と、
Vパラメータの値が2以上である複数の入力光導波路と、
前記複数の入力光導波路の各々と接続された請求項1に記載の複数のモードフィルタと
を備えた、光回路。
- [請求項4] 前記複数のモードフィルタの各々に接続された複数の光分岐回路と、
前記複数の光分岐回路と接続された光合波回路と
をさらに備えた、請求項3に記載の光回路。
- [請求項5] 請求項3に記載の光回路を複数備えた光回路。

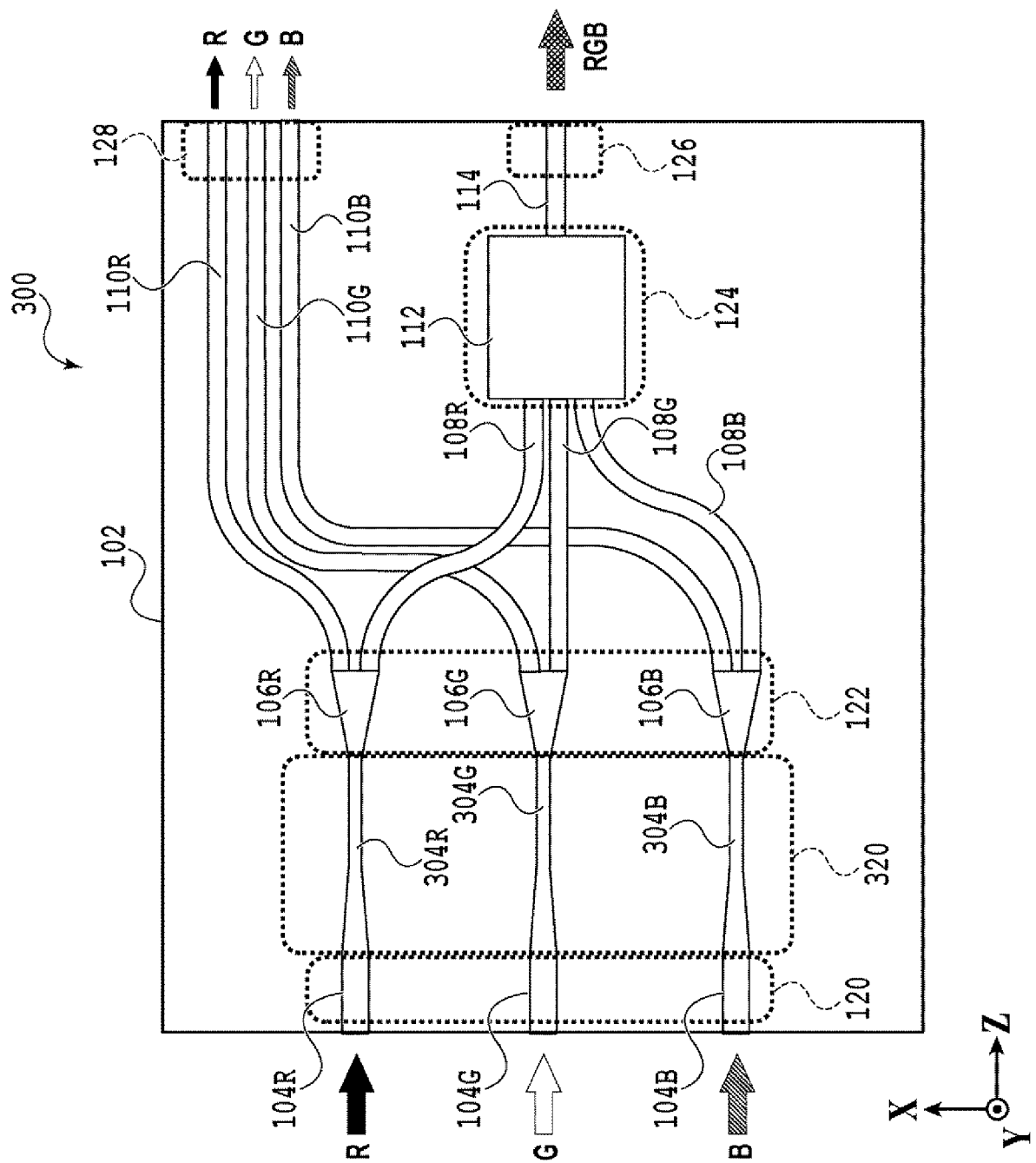
[図1]



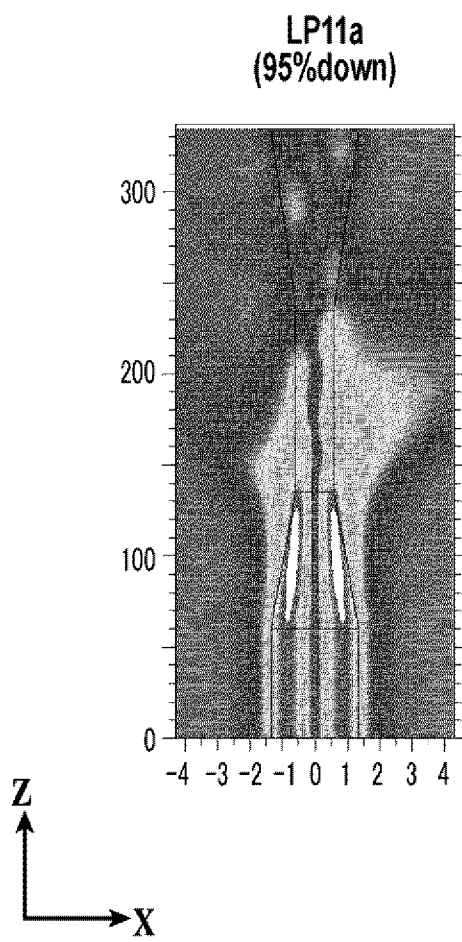
[図2]



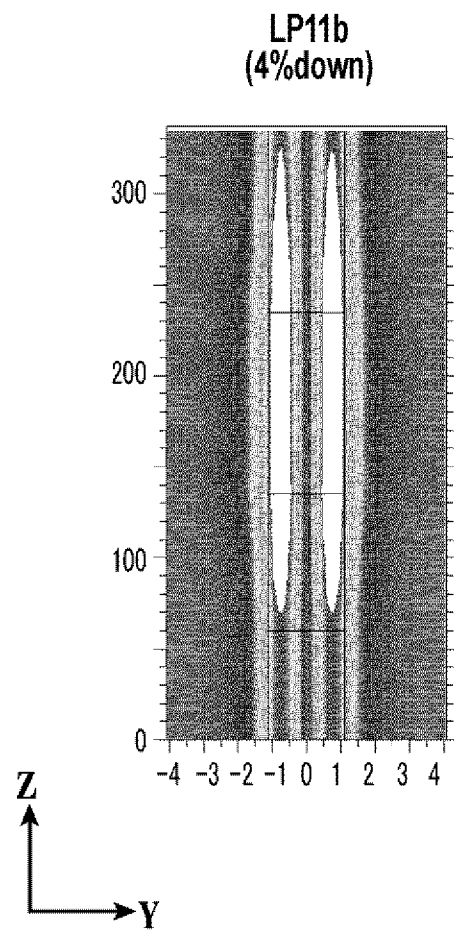
[図3]



[図4]

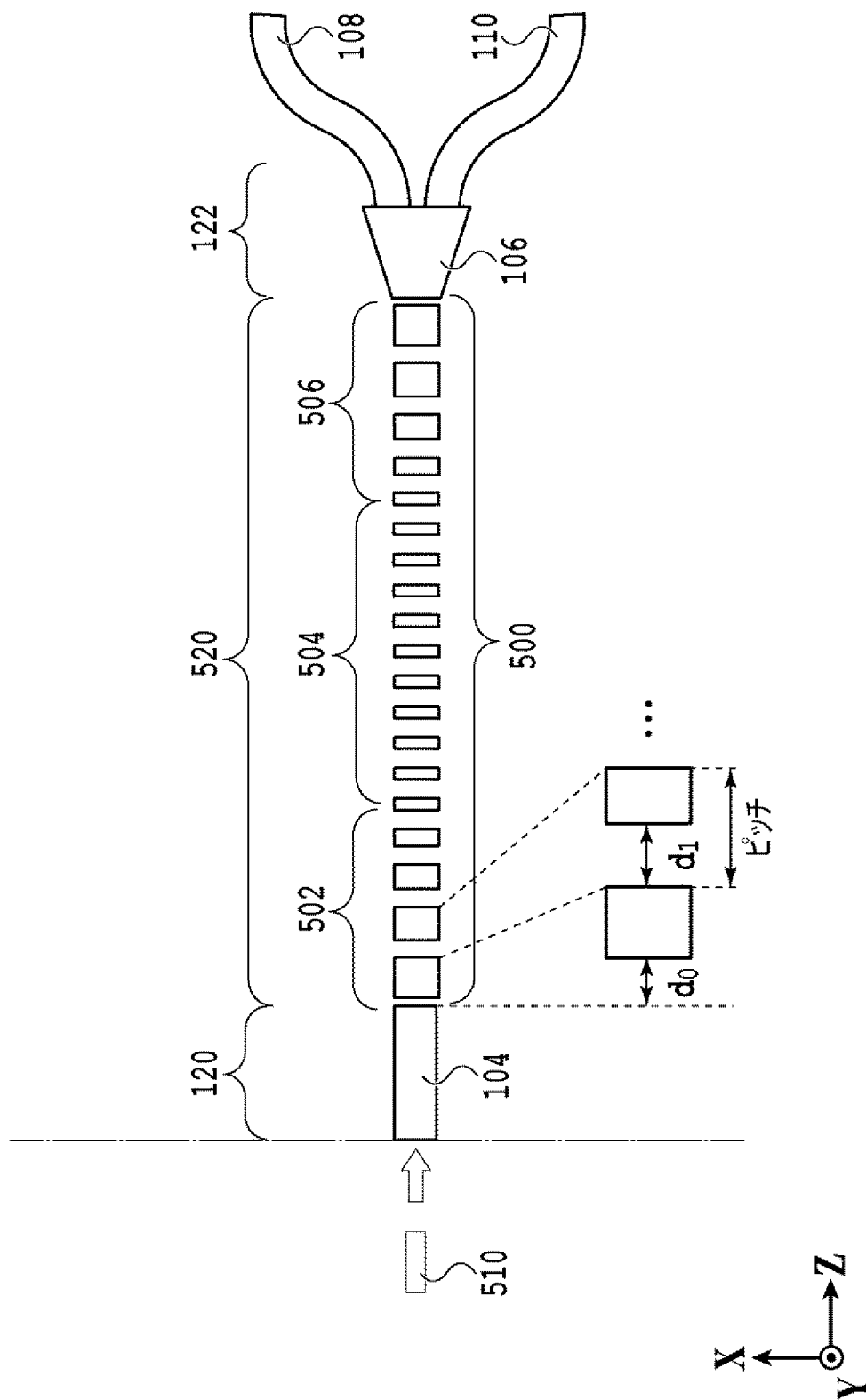


(a)

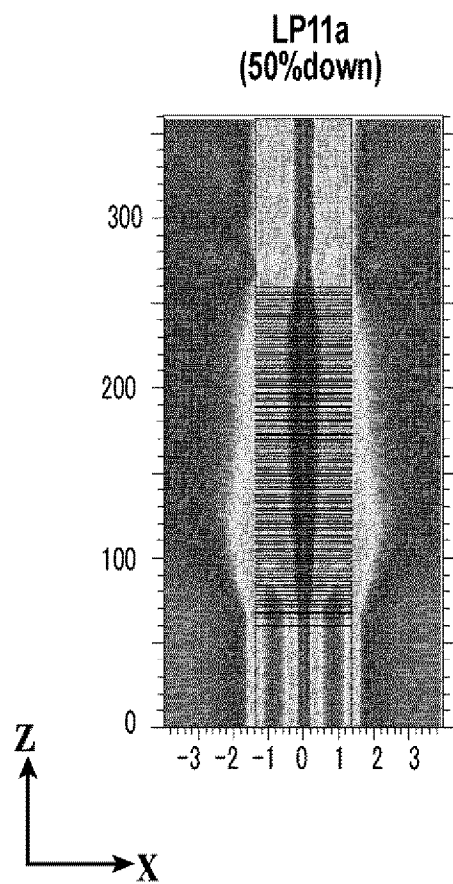


(b)

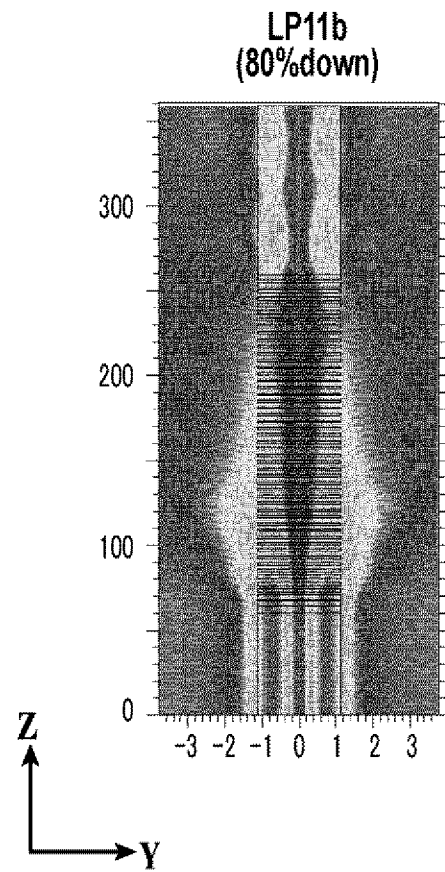
[図5]



[図6]

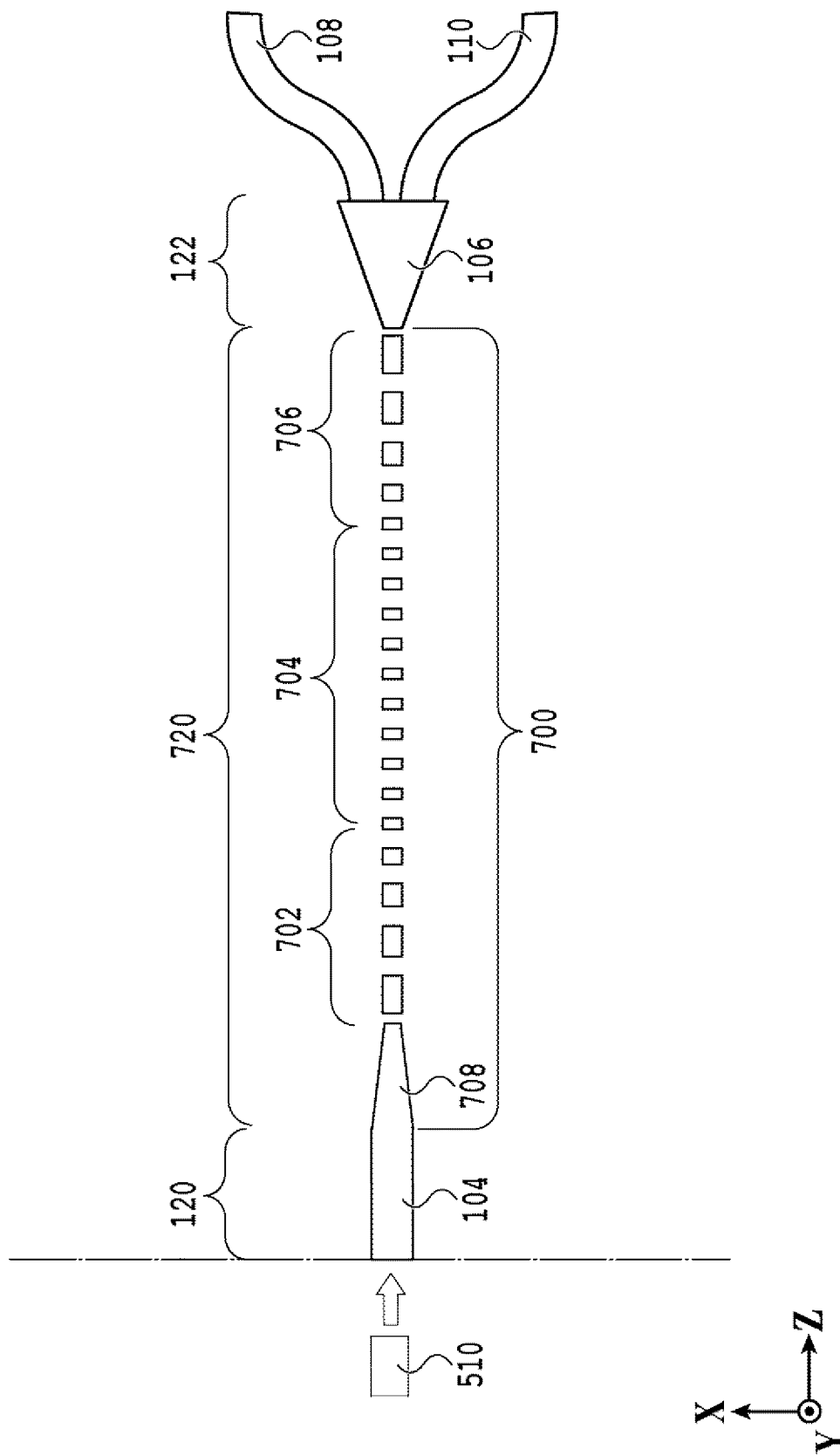


(a)

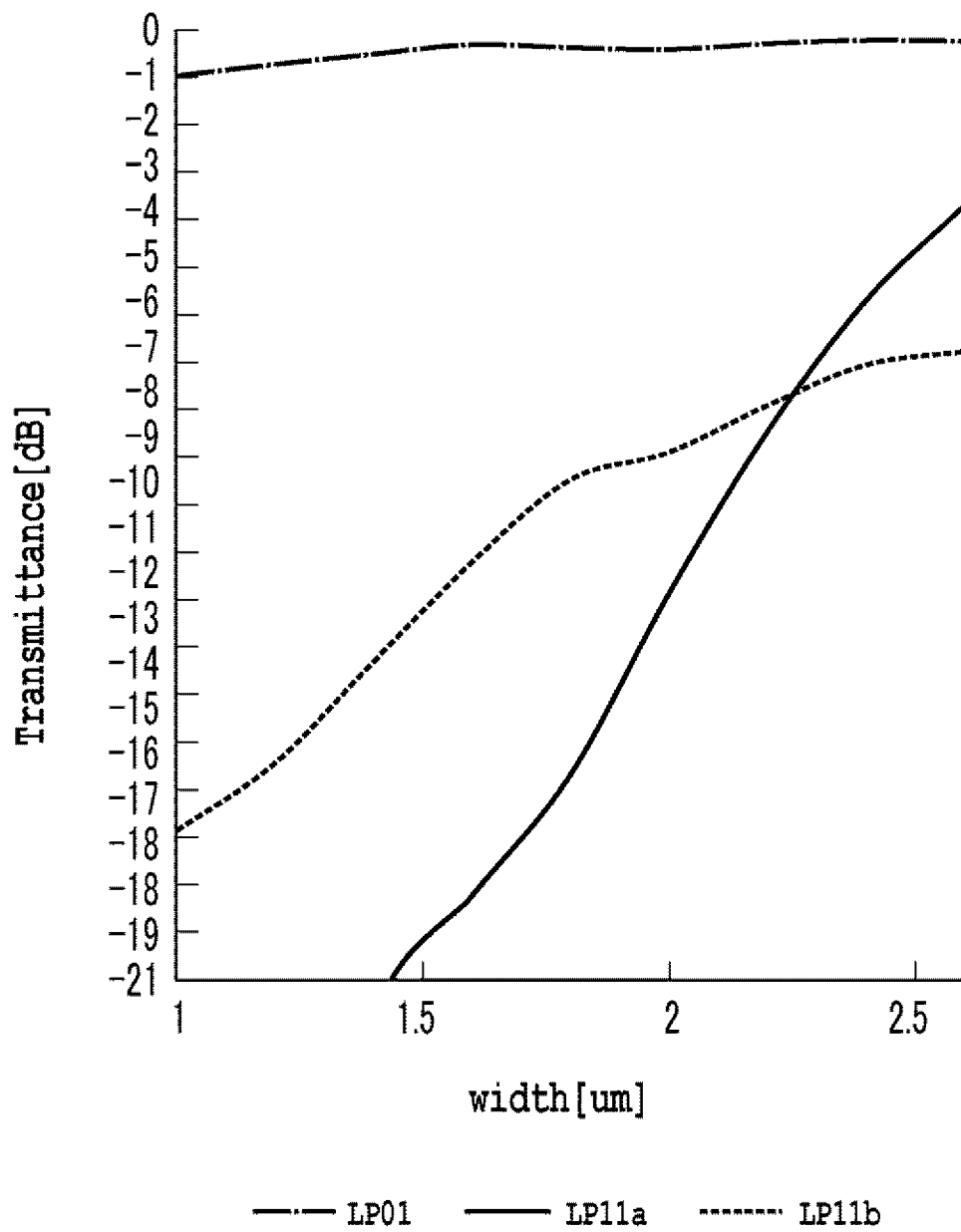


(b)

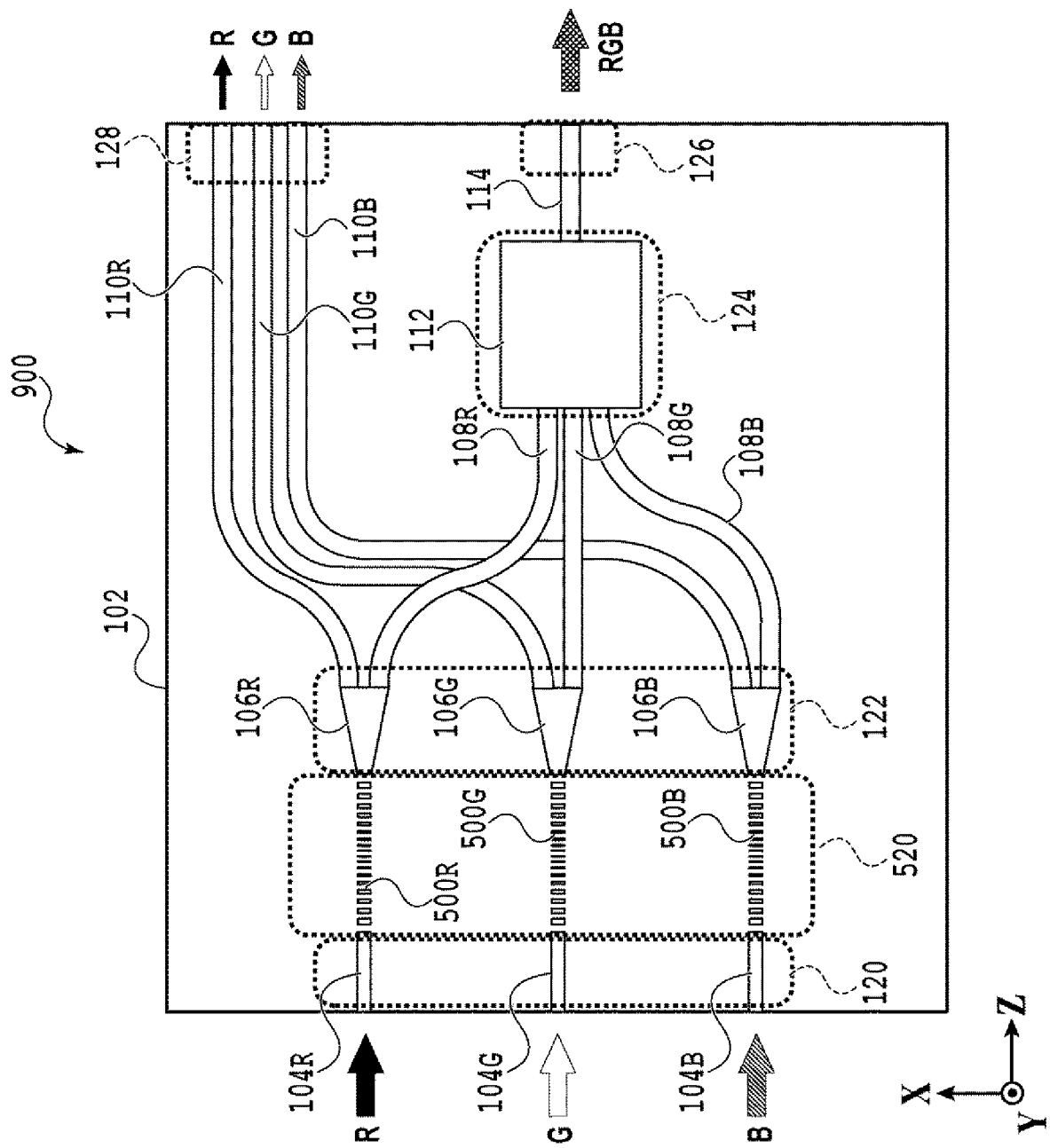
[図7]



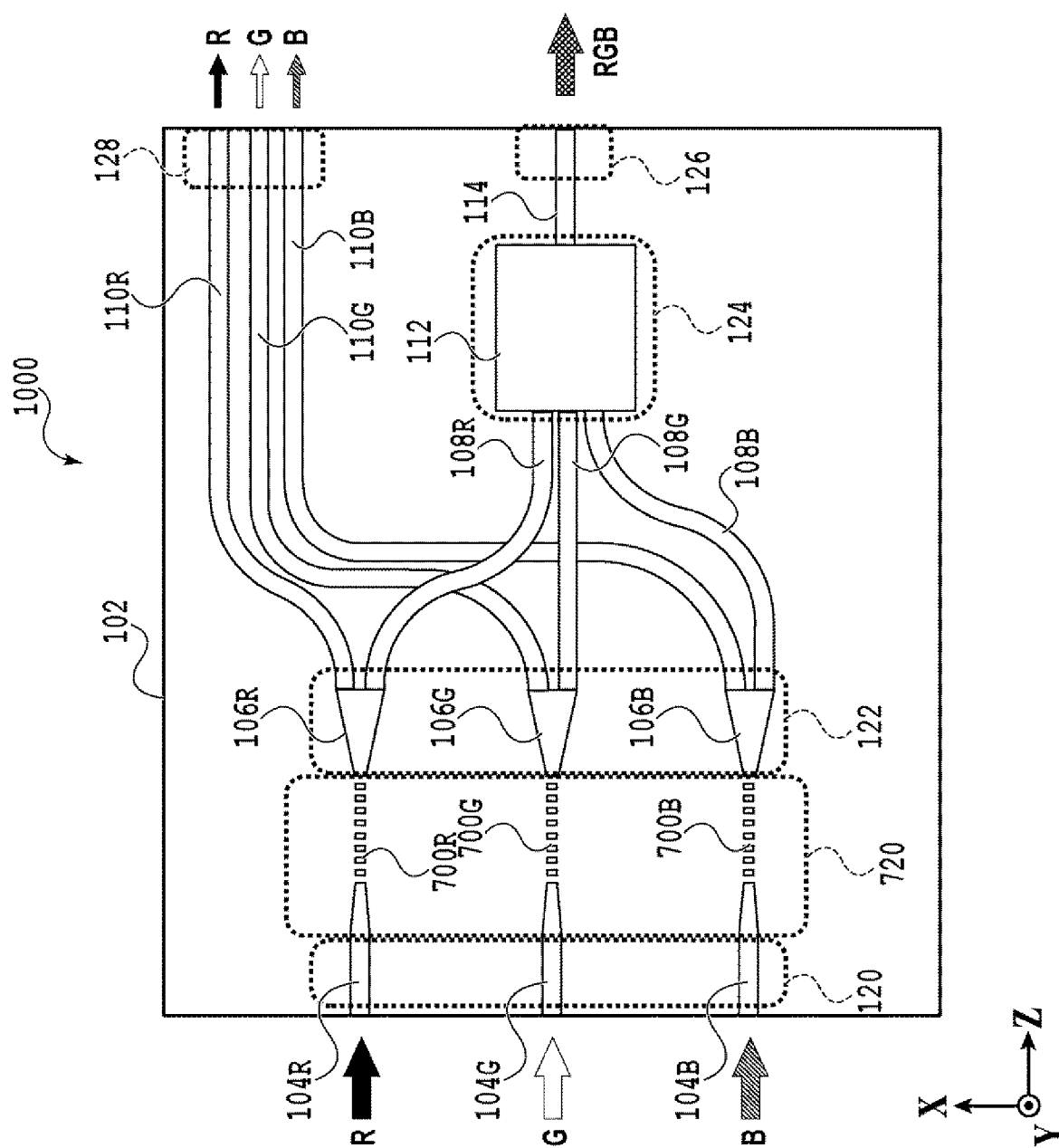
[図8]



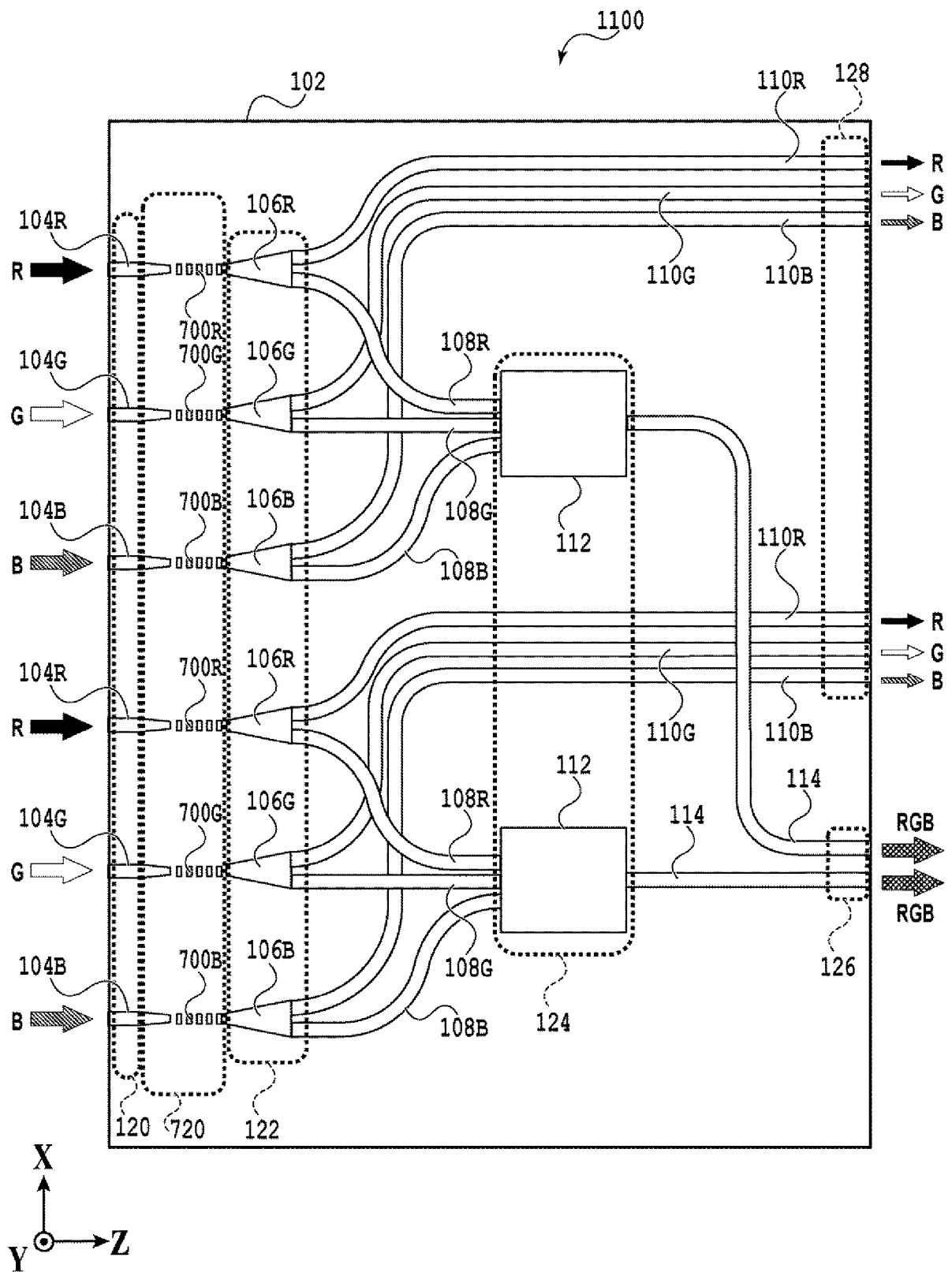
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/025576

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 6/12**(2006.01)i

FI: G02B6/12 321

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-172308 A (NIPPON SHEET GLASS COMPANY, LIMITED) 19 June 1992 (1992-06-19) claims, page 3, upper left column, line 1 to upper right column, line 17, fig. 1	1-5
Y	JP 2007-279455 A (OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.) 25 October 2007 (2007-10-25) paragraphs [0029]-[0081], fig. 1-4	1-5
Y	JP 2016-156928 A (OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.) 01 September 2016 (2016-09-01) paragraphs [0031]-[0032], [0057], fig. 2	1-5
Y	WO 2021/234787 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 25 November 2021 (2021-11-25) paragraphs [0027]-[0034], fig. 6	4
A	WO 2017/159044 A1 (NEC CORPORATION) 21 September 2017 (2017-09-21) entire text, all drawings	1-5
A	JP 8-262244 A (AT&T CORP.) 11 October 1996 (1996-10-11) entire text, all drawings	1-5



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

11 September 2023

Date of mailing of the international search report

26 September 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/025576

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-6160 A (FUJITSU LIMITED) 09 January 2002 (2002-01-09) entire text, all drawings	1-5
A	US 2002/0031304 A1 (ROBERTS, S. W.) 14 March 2002 (2002-03-14) entire text, all drawings	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/025576

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	4-172308	A	19 June 1992	US 5289551 A claim 8, column 3, line 56 to column 4, line 44, fig. 3 EP 484878 A2	
JP	2007-279455	A	25 October 2007	(Family: none)	
JP	2016-156928	A	01 September 2016	(Family: none)	
WO	2021/234787	A1	25 November 2021	US 2023/0152541 A1 paragraphs [0038]-[0045], fig. 6	
WO	2017/159044	A1	21 September 2017	US 2019/0011636 A1 CN 108700709 A	
JP	8-262244	A	11 October 1996	US 5629999 A EP 731367 A2	
JP	2002-6160	A	09 January 2002	(Family: none)	
US	2002/0031304	A1	14 March 2002	GB 2367376 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/12(2006.01)i FI: G02B6/12 321		
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）） 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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus/JST7580 (JDreamII)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 4-172308 A（日本板硝子株式会社）19.06.1992（1992-06-19） 特許請求の範囲，第3頁左上欄第1行-右上欄第17行，第1図	1-5
Y	JP 2007-279455 A（沖電気工業株式会社）25.10.2007（2007-10-25） 段落 [0029] - [0081]，第1-4図	1-5
Y	JP 2016-156928 A（沖電気工業株式会社）01.09.2016（2016-09-01） 段落 [0031] - [0032]，[0057]，第2図	1-5
Y	WO 2021/234787 A1（日本電信電話株式会社）25.11.2021（2021-11-25） 段落 [0027] - [0034]，第6図	4
A	WO 2017/159044 A1（日本電気株式会社）21.09.2017（2017-09-21） 全文，全図	1-5
A	JP 8-262244 A（エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション）11.10.1996 （1996-10-11） 全文，全図	1-5
A	JP 2002-6160 A（富士通株式会社）09.01.2002（2002-01-09） 全文，全図	1-5
☒ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 11.09.2023		国際調査報告の発送日 26.09.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 山本 元彦 2L 3914 電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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

US 2002/0031304 A1 (ROBERTS, S. W.) 14.03.2002 (2002 - 03 - 14)
全文, 全图

1-5

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/025576

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	4-172308	A	19.06.1992	US 5289551 A 請求項8, 第3欄第56行-第4 欄第44行, 第3図 EP 484878 A2	
JP	2007-279455	A	25.10.2007	(ファミリーなし)	
JP	2016-156928	A	01.09.2016	(ファミリーなし)	
WO	2021/234787	A1	25.11.2021	US 2023/0152541 A1 段落 [0038] - [0045], 第 6図	
WO	2017/159044	A1	21.09.2017	US 2019/0011636 A1 CN 108700709 A	
JP	8-262244	A	11.10.1996	US 5629999 A EP 731367 A2	
JP	2002-6160	A	09.01.2002	(ファミリーなし)	
US	2002/0031304	A1	14.03.2002	GB 2367376 A	