

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5817022号
(P5817022)

(45) 発行日 平成27年11月18日(2015.11.18)

(24) 登録日 平成27年10月9日(2015.10.9)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 2 B 6 / 1 2 (2 0 0 6 . 0 1) G 0 2 B 6 / 1 2 3 3 1

請求項の数 5 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-61339 (P2012-61339) (22) 出願日 平成24年3月19日 (2012. 3. 19) (65) 公開番号 特開2013-195603 (P2013-195603A) (43) 公開日 平成25年9月30日 (2013. 9. 30) 審査請求日 平成27年2月16日 (2015. 2. 16)</p> <p>特許法第30条第1項適用 平成23年10月30日～ 11月2日 公益社団法人応用物理学会主催の「17th Microoptics Conference」 において文書をもって発表</p>	<p>(73) 特許権者 504145320 国立大学法人福井大学 福井県福井市文京3丁目9番1号 (74) 代理人 100110814 弁理士 高島 敏郎 (72) 発明者 勝山 俊夫 福井県福井市文京三丁目9番1号 国立大 学法人福井大学内 (72) 発明者 森本 竜治 福井県福井市文京三丁目9番1号 国立大 学法人福井大学内</p> <p>審査官 河原 正</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光合波器及びこの光合波器を用いた画像投影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長の異なる複数の可視光を導波路へ導き、前記複数の可視光を波長多重する光合波器であって、

第1可視光が入射される第1導波路と、

前記第1可視光よりも短波長の第2可視光が入射される第2導波路と、

前記第2可視光よりも短波長であり、前記第1可視光と前記第2可視光との間の波長間隔よりも前記第2可視光との間の波長間隔が短い波長の第3可視光が入射される第3導波路と、

前記第2導波路と前記第3導波路との間で可視光のモード結合を行う第1合波部及び第3合波部と、

この第1合波部と第3合波部との間に設けられ、第1導波路と前記第2導波路との間で可視光のモード結合を行う第2合波部と、

前記第1合波部と前記第3合波部との間で前記第3導波路に接続された位相制御部とを有し、

前記第1導波路、第2導波路、第3導波路、第1合波部、第2合波部及び第3合波部は、

前記第1可視光が、前記第2合波部でモード結合により前記第2導波路に伝搬され、前記第2導波路に伝搬された前記第1可視光が前記第3合波部でモード結合により前記第3導波路に伝搬されたのち前記第2導波路に伝搬され、

10

20

前記第 2 可視光が、前記第 1 合波部でモード結合により第 3 導波路へ伝搬されたのち、第 3 導波路へ伝搬された前記第 2 可視光が前記第 3 合波部でモード結合により第 2 導波路へ伝搬され、

前記第 3 可視光が、前記第 1 合波部でモード結合により第 2 導波路へ出力の一部が伝搬され、前記第 3 可視光の残りが、前記第 3 導波路から前記位相制御部に伝搬されて前記第 2 導波路に伝搬された前記第 3 可視光の残りの部分と位相整合され、前記第 3 導波路の前記第 3 可視光と前記第 2 導波路の前記第 3 可視光とが前記第 3 合波部で合波されて、

前記第 2 導波路の一端に形成された出射部から出力されるように構成されていること、を特徴とする光合波器。

【請求項 2】

前記第 1 合波部と前記第 3 合波部は、前記可視光の伝搬方向における長さが等しく、前記第 2 合波部は、前記伝搬方向における長さが前記第 1 合波部及び前記第 3 合波部の長さの半分であ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】

前記 2 合波部は前記第 1 可視光のモード結合長の長さと等しく、かつ、第 1 合波部及び前記第 3 合波部の長さの半分であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光合波器。

【請求項 4】

前記第 1 導波路、第 2 導波路及び第 3 導波路は、コア層とこのコア層の周囲に被覆され前記コア層よりも屈折率の小さいクラッド層とから形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の光合波器。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の光合波器を用いた画像投影装置であって、

前記第 1 導波路に前記第 1 可視光を出射する第 1 光源と、前記第 2 導波路に前記第 2 可視光を出射する第 2 光源と、前記第 3 導波路に前記第 3 可視光を出射する第 3 光源と、前記光合波器から出射された前記波長多重光を二次元的に走査して画像を形成し、走査された前記波長多重光を被投影面に投影する画像形成部とを備えることを特徴とする画像投影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、異なる波長の 3 つの可視光を合波する光合波器及びこの光合波器を用いた画像投影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、レーザー光を二次元的に走査させることで使用者に画像を視認させるレーザーディスプレイが知られている。レーザーディスプレイにおいては、一般的に R（赤色）、G（緑色）、B（青色）の各色に対応する光源から照射される 3 色の可視光が 1 つの光軸上で合波される。合波された 3 色の可視光は、画像表示部に伝送される。画像表示部は、伝送された光を二次元的に走査して、映像を投影する。例えば、特許文献 1 には、3 つのダイクロイックミラーを使用することで、3 色の可視光を合波する技術が開示されている。

しかし、この種のレーザーディスプレイでは、3 つのダイクロイックミラーを使用するなど光源装置の小型化が困難であった。そのため、ヘッドマウントディスプレイのように使用者の頭部にディスプレイを装着するような場合、光源装置はヘッドマウントディスプレイとは別に使用者の腰等に固定する必要がある。

【0003】

ところで、マッハツェンダー干渉（MZI）を利用した光学結合デバイスが知られている（例えば特許文献 2 参照）。このような光結合デバイスを利用すれば、ディスプレイの小型化が期待できる。

例えば、特許文献 2 には、マッハツェンダー干渉（Maha-Zhender Inter

10

20

30

40

50

interferometer: 以下、MZIと記載) 光導波路に異なる2波長を入射し、MZI光導波路の光路長差による位相差によって2波長を合波又は分波する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-93945号公報

【特許文献2】特開2010-134224号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

しかし、ディスプレイに画像を投影させるには3つの可視光を合波する必要があるのに対し、特許文献2に記載の技術では2波長の可視光しか合波することができず、そのままではディスプレイに適用することができない、という問題がある。

本発明は、可視光の3波長を合波する光合波器とこの光合波器を利用した画像投影装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するために本発明の光合波器は、波長の異なる複数の可視光を導波路へ導き、前記複数の可視光を波長多重する光合波器であって、第1可視光が入射される第1導波路と、前記第1可視光よりも短波長の第2可視光が入射される第2導波路と、前記第2可視光よりも短波長であり、前記第1可視光と前記第2可視光との間の波長間隔よりも前記第2可視光との間の波長間隔が短い波長の第3可視光が入射される第3導波路と、前記第2導波路と前記第3導波路との間で可視光のモード結合を行う第1合波部及び第3合波部と、この第1合波部と第3合波部との間に設けられ、第1導波路と前記第2導波路との間で可視光のモード結合を行う第2合波部と、前記第1合波部と前記第3合波部との間で前記第3導波路に接続された位相制御部とを有し、前記第1導波路、第2導波路、第3導波路、第1合波部、第2合波部及び第3合波部は、前記第1可視光が、前記第2合波部でモード結合により前記第2導波路に伝搬され、前記第2導波路に伝搬された前記第1可視光が前記第3合波部でモード結合により前記第3導波路に伝搬されたのち前記第2導波路に伝搬され、前記第2可視光が、前記第1合波部でモード結合により第3導波路へ伝搬されたのち、第3導波路へ伝搬された前記第2可視光が前記第3合波部でモード結合により第2導波路へ伝搬され、前記第3可視光が、前記第1合波部でモード結合により第2導波路へ出力の一部が伝搬され、前記第3可視光の残りが、前記第3導波路から前記位相制御部に伝搬されて前記第2導波路に伝搬された前記第3可視光の残りの部分と位相整合され、前記第3導波路の前記第3可視光と前記第2導波路の前記第3可視光とが前記第3合波部で合波されて、前記第2導波路の一端に形成された出射部から出力されるように構成されている。

20

30

【0007】

前記第1合波部、前記第2合波部及び前記第3合波部としては、方向性結合器やマルチモード干渉素子を利用することができる。

40

前記第1合波部と前記第3合波部は、前記可視光の伝搬方向における長さが等しく、前記第2合波部は、前記伝搬方向における長さが前記第1合波部及び前記第3合波部の長さの半分であるように構成してもよい。

【0008】

また、前記第2合波部は前記第1可視光のモード結合長の長さと同様に、かつ、第1合波部及び前記第3合波部の長さの半分であるように構成してもよい。

前記第1導波路、第2導波路及び第3導波路は、コア層とこのコア層の周囲に被覆された前記コア層よりも屈折率の小さいクラッド層とから形成することができる。

上記の光合波器を用いた本発明の画像投影装置は、前記第1導波路に前記第1可視光を

50

出射する第1光源と、前記第2導波路に前記第2可視光を出射する第2光源と、前記第3導波路に前記第3可視光を出射する第3光源と、前記合波器から出射された前記波長多重光を二次元的に走査して画像を形成し、走査された前記波長多重光を被投影面に投影する画像形成部とを備える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の好適な実施形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。

図1は本発明の一実施形態にかかる合波器の構成を説明する概略図で、(a)は平面図、(b)は図1(a)の合波器を左方向から見た側面図である。

以下に説明する本発明の合波器において合波する3つの可視光は、単色光であって、第1可視光の波長が最も長く、次いで第2可視光の波長が長く、第3可視光の波長が最も短く、かつ、前記第1可視光と前記第2可視光との間の波長間隔よりも前記第2可視光と前記第3可視光との間の波長間隔が短いことが条件となる。

【0010】

以下の説明では、波長の異なる3つの可視光として、赤色光(R)、緑色光(G)、青色光(B)を例に挙げて説明する。一般に、赤色光の波長 λ_R は620~750nm、緑色光の波長 λ_G は495~570nm、青色光の波長 λ_B は450~495nmの範囲であり、RGBの3つの波長間には、 $\lambda_B < \lambda_G < \lambda_R$ の関係が成立する。この波長範囲の中から、 $\lambda_R - \lambda_G > \lambda_G - \lambda_B$ なる関係を満たすように、例えば、赤色光として波長 $\lambda_R = 640$ nmのものを、緑色光として波長 $\lambda_G = 520$ nmのものを、青色光として波長 $\lambda_B = 455$ nmのものを選択する。

【0011】

合波器10は、基板210と、基板210の上に形成されたクラッド層220と、このクラッド層220の中に形成され、基板210と平行な平面内に配置された第1導波路101、第2導波路102及び第3導波路103とを備えている。

第1導波路101、第2導波路102及び第3導波路103には、クラッド層220の一面に露出する一端101a、102a、103aからそれぞれ波長の異なるシングルモードの赤色光(R)、緑色光(G)、青色光(B)が入射され、このRGB色光のそれぞれが、第1導波路101、第2導波路102及び第3導波路103内を伝搬されつつ合波されて、クラッド層220の他面に露出する第2導波路102の他端102bから出射される。

【0012】

第1導波路101、第2導波路102及び第3導波路103は、光結合を生じない間隔で配置される。第2導波路102の可視光の伝搬経路上には、一端102a側から順に第1合波部110、第2合波部120及び第3合波部130が設けられている。第1合波部110、第2合波部120及び第3合波部130は方向性結合器として構成され、第1合波部110及び第3合波部130では第3導波路103が第2導波路102に接し、第2合波部120では第1導波路101が第2導波路102に接して、RGB色光の合波が行われるようになっている。

【0013】

この実施形態では、第1合波部110の長さ L_1 と第3合波部130の長さ L_3 は等しくしている。また、第2合波部120の長さ L_2 は、第1可視光の波長のモード結合長の長さ(方向性結合器において一方の導波路に入射した光が、他方の導波路から100%出射する結合部の長さ)と等しく、かつ、第1合波部及び第3合波部の長さ L_1 、 L_3 のほぼ半分となるようにしている。

3つの可視光がRGB色光である場合の長さ L_1 、 L_2 、 L_3 の具体的寸法としては、例えば、長さ L_1 、 $L_3 = 1800 \mu\text{m}$ 程度、長さ $L_2 = 900 \mu\text{m}$ 程度を挙げることができる。

【0014】

第1合波部110では、第2導波路102の緑色光がモード結合により第3導波路10

10

20

30

40

50

3へ伝搬されるとともに、第3導波路103の青色光の半分がモード結合により第2導波路102へ伝搬される。なお、第1合波部110では、第2導波路102の緑色光のほぼ全部が第3導波路103へ伝搬されるのが好ましい。

第2合波部120では、第1導波路101の赤色光がモード結合により第2導波路102に伝搬される。なお、第2合波部120では、第1導波路101の赤色光のほぼ全てが第2導波路102に伝搬されるのが好ましい。また、第2導波路102に伝搬された青色光が可能な限り第1の導波路101に伝搬されないことが好ましい。

【0015】

第3合波部130では、第2導波路102に伝搬された赤色光がモード結合により第3導波路103に伝搬されたのち第2導波路102に伝搬される。また、第3導波路103に伝搬された緑色光がモード結合により第2導波路102へ伝搬され、第3導波路103の青色光と第2導波路102の青色光とが位相整合されて合波される。なお、第3合波部130では、第3導波路の赤色光、緑色光及び青色光のほぼ全部が第2導波路102に伝搬されるのが好ましい。

10

【0016】

また、第3導波路103の第1合波部110から第3合波部130までの途中には、第1合波部110を経た後に第2導波路102と第3導波路103とを伝搬する青色光(B)の位相が一致するように長さが調整された位相制御部140が設けられている。

【0017】

上記構成の合波器10は、公知の化学気相成長法(CVD)やスパッタリング法等で形成することができる。例えば、シリコン製の基板210上にクラッド層220となる低屈折率のシリコン酸化膜を化学気相成長法で成膜した後、コア層となる高屈折率のシリコン酸化膜を積層する。その後このコア層を、第1～第3導波路101、102、103の形状に応じたパターンを有するフォトリソグラフィを用いて、フォトリソグラフィにより一定幅の光導波路コアとしてパターンニングする。

20

【0018】

この後、この上にクラッド層220となる低屈折率のシリコン酸化膜を積層し、前記光導波路コア上を覆う。これにより、前記光導波路コアとその周囲のクラッド220層とで、基板210上に第1～第3導波路101、102、103が形成される。なお、クラッド層としては、例えば絶対屈折率が1.46程度のもを用いることができ、コア層としては、コア径が2μm程度で前記クラッド層との屈折率差が0.5%程度のもを用いることができる。

30

最後に、基板210及びクラッド層220の両端面を研磨して第1～第3導波路101、102、103の一端101a、102a、103a及び第2導波路102の他端102bを露出させることで、合波器10が完成する。

【0019】

[作用]

次に、上記構成の合波器10の作用について、図2を参照しつつ説明する。

図2A、B、Cは、絶対屈折率=1.46のクラッド層220と径2μmでクラッド層220との屈折率差0.5%のコア層とから構成される第1～第3導波路101、102、103を用いて数値計算によるシミュレーションを行った結果を示すもので、図2Aはシングルモードの赤色光を入射した場合、図2Bはシングルモードの緑色光を入射した場合、図2Cはシングルモードの青色光を入射した場合のそれぞれにおいて、RGBの各色光が第1合波部110、第2合波部120及び第3合波部130を経て、各導波路101、102、103内をどのように伝搬されていくかを示した写真である。

40

なお、図2A、B、Cにおいては、合波器10を伝搬する光の強度を明暗で表して、明るい部分ほど光の強度が強いことを示している。光の強度は、マクスウェル方程式を逐次的に計算して行う、周知の電磁場解析法であるビーム伝搬法(BPM)を用いて求めた。

【0020】

50

図 2 A に示すように、第 1 導波路 1 0 1 に入射された赤色光は、第 2 合波部 1 2 0 でモード結合により、出力のほぼ全部が第 2 導波路 1 0 2 に伝搬される。そして、第 2 導波路 1 0 2 に伝搬された赤色光が第 3 合波部 1 3 0 でモード結合により第 3 導波路 1 0 3 に伝搬されたのち第 2 導波路 1 0 2 に伝搬される。

【 0 0 2 1 】

図 2 B に示すように、第 2 導波路 1 0 2 に入射された緑色光は、第 1 合波部 1 1 0 でモード結合により第 3 導波路 1 0 3 へ出力のほぼ全部が伝搬されたのち、第 3 導波路 1 0 3 へ伝搬された緑色光が第 3 合波部 1 3 0 でモード結合により第 2 導波路 1 0 2 へ伝搬される。

【 0 0 2 2 】

図 2 C に示すように、第 3 導波路 1 0 3 に入射された青色光は、第 1 合波部 1 1 0 でモード結合により第 2 導波路 1 0 2 へ出力の約半分が伝搬される。なお、図 2 A , B , C の例では、第 2 導波路 1 0 2 に伝搬された青色光の一部が、第 2 合波部 1 2 0 で第 1 の導波路 1 0 1 に伝搬されている。また、第 3 導波路 1 0 3 を伝搬する青色光が、第 3 導波路 1 0 3 から位相制御部 1 4 0 に伝搬されて第 2 導波路 1 0 2 に伝搬された青色光の残りの部分と位相整合される。そして、第 3 導波路 1 0 3 の青色光と第 2 導波路 1 0 2 の青色光とが第 3 合波部 1 3 0 で合波される。

【 0 0 2 3 】

以上より、3つの導波路 1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 3 のそれぞれにシングルモードの RGB 色光を同時に入射すれば、RGB 色光を合波した合波光が各色光の強度に応じた発色光となって第 2 導波路 1 0 2 の他端 1 0 2 b から出力される。

【 0 0 2 4 】

光導波路には、その製造過程に起因する個体差が存在する。この個体差によって、各合波部を形成する方向性結合器の導波路間のギャップ幅の間隔がばらつく。また、LED や LD などの光源においても、製造過程による個体差が存在し、出射される光の波長がばらつく。以下、図 3 (a) (b) を参照しつつ、これらばらつきに対して合波器 1 0 からの出力がどのように変化するかを説明する。

【 0 0 2 5 】

図 3 では、実線、破線及び一点鎖線のそれぞれが赤色、緑色、青色に対応している。図 3 (a) の横軸は、基準のギャップ幅からのずれ量を示す。基準のギャップ幅は、 $2 \mu\text{m}$ である。図 3 (a) の縦軸は、合波器 1 0 に入力された光の強度に対する、出力された光の強度の割合を示す。基準ギャップ幅において、赤色光、緑色光及び青色光ともに、92% から 100% の出力でシングルモードを得ることができる。そして、基準ギャップに対して $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 程度のずれであれば、各波長において常に 80% 以上の出力でシングルモードを得ることができる。

【 0 0 2 6 】

図 3 (b) では、横軸が基準の波長からのずれ量を示し、縦軸は合波器 1 0 に入力された光の強度に対する、出力された光の強度の割合を示す。基準の波長は、赤色光が波長 $R = 640 \text{ nm}$ 、緑色光が波長 $G = 520 \text{ nm}$ 、青色光が波長 $B = 455 \text{ nm}$ である。図 3 (b) に示すように、基準波長に対して $\pm 10 \text{ nm}$ 程度のずれであれば、各波長において常に 88% 以上の出力でシングルモードを得ることができる。

【 0 0 2 7 】

[走査型ディスプレイの構成]

図 4 は、上記構成の合波器 1 0 を走査型ディスプレイに適用した場合における装置の概略構成図である。

図 4 に示すように、走査型ディスプレイは、制御ユニット 1 a と、表示ユニット 1 b とを有する。制御ユニット 1 a と表示ユニット 1 b とは一体に構成されていてもよいが、図示の例では制御ユニット 1 a と表示ユニット 1 b とは別体に構成されていて、制御ユニット 1 a と表示ユニット 1 b とは電氣的及び光学的な信号を伝達可能な信号線によって接続されている。

10

20

30

40

50

表示ユニット1 bは、例えば米国特許出願公開2010/0073262号公報などに開示されているように、メガネ型の装着具などを用いて使用者の頭部に装着される。

【0028】

制御ユニット1 aは、制御部1 2と、操作部1 3と、外部インターフェース(I/F)1 4と、Rレーザドライバ1 5 aと、Gレーザドライバ1 5 bと、Bレーザドライバ1 5 cと、R-LD1 6 aと、G-LD1 6 bと、B-LD1 6 cと、合波器1 0とを有する。制御部1 2は、例えばCPU、ROM、RAMを含むマイコンなどで構成される。制御部1 2は、PCなどの外部機器から外部I/F1 4を介して供給される画像データに基づいて、画像を合成するための要素となるR信号、G信号、B信号、水平信号及び垂直信号を発生する。制御部1 2は、R信号をRレーザドライバ1 5 aに、G信号をGレーザドライバ1 5 bに、B信号をBレーザドライバ1 5 cに、それぞれ送信する。

10

【0029】

制御部1 2は、水平信号を水平走査ドライバ2 3に、垂直信号を垂直走査ドライバ2 6にそれぞれ送信する。水平信号及び垂直信号には、水平スキャナ2 2及び垂直スキャナ2 5の動作のタイミングを決定する同期信号や、水平走査ドライバ2 3及び垂直走査ドライバ2 6から水平スキャナ2 2及び垂直スキャナ2 5に送信される駆動信号の電圧や周波数を設定する駆動設定信号などが含まれる。

【0030】

操作部1 3は、使用者からの走査を受け付ける各種ボタンと、各種ボタンが押下された際に発生する操作信号を制御部1 2に送信するインターフェース回路などによって構成される。使用者からの操作を受け付ける各種ボタンは、例えば、制御ユニット1 aの筐体表面に設けられる。外部I/F1 4は、制御ユニット1 aとPCなどの外部機器とを電氣的に接続するためのインターフェースである。

20

【0031】

Rレーザドライバ1 5 aは、制御部1 2からのR信号に応じた光量の赤色レーザを発生させるように、R-LD1 6 aを駆動する。Gレーザドライバ1 5 bは、制御部1 2からのG信号に応じた光量の緑色レーザを発生させるように、R-LD1 6 bを駆動する。Bレーザドライバ1 5 cは、制御部1 2からのB信号に応じた光量の青色レーザを発生させるように、B-LD1 6 cを駆動する。各色のレーザ光の強度比を調整することによって、所望の色を有するレーザ光が合成可能となる。R-LD1 6 a、G-LD1 6 b及びB-LD1 6 cから発生した各色のレーザ光は、合波器1 0に入射し、波長多重光として合波された状態で、合波器1 0から出射される。出射されたレーザ光は、信号線に含まれる光ファイバを介して、表示ユニット1 bに伝達される。

30

【0032】

表示ユニット1 bは、コリメート光学系2 1と、水平スキャナ2 2と、水平走査ドライバ2 3と、リレー光学系2 4と、垂直スキャナ2 5と、垂直走査ドライバ2 6と、接眼光学系2 7とを有する。

【0033】

コリメート光学系2 1は、光ファイバから出射したレーザ光を平行光に変換する。平行光に変換されたレーザ光は、水平スキャナ2 2に入射する。

40

【0034】

水平スキャナ2 2は、コリメート光学系2 1からのレーザ光を水平方向に操作する。具体的には、水平スキャナ2 2は、揺動する反射面を有する。反射面が揺動することで、反射面に入射したレーザ光は、水平方向に走査させる。水平スキャナ2 2は、例えば、圧電素子を用いて用道する共振型のMEMS(Micro Electro Mechanical System)ミラーで構成可能である。水平走査ドライバ2 3は、制御部1 2からの水平同期信号に従って、水平スキャナ2 2の揺動状態を制御する。水平走査されたレーザ光は、リレー光学系2 4に入射する。

【0035】

垂直スキャナ2 5は、リレー光学系2 4からのレーザ光を垂直方向に走査する。具体的

50

には、垂直スキャナ 25 は、揺動する反射面を有する。反射面が揺動することで、反射面に入射したレーザー光は、垂直方向に走査される。例えば、揺動する MEMS ミラーで構成可能である。垂直走査ドライバ 27 は、制御部 12 からの垂直同期信号にしたがって、垂直スキャナ 25 の揺動状態を制御する。ここで、レーザー光は、水平スキャナ 22 によって水平方向に捜査せられているので、垂直スキャナ 25 によって二次元的に走査された画像光となる。二次元走査された画像光は、接眼光学系 27 に入射する。

【0036】

本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記の説明に限定されるものではない。

例えば、上記の説明では波長の異なる 3 つの可視光として RGB 色光を例に挙げて説明したが、本発明は一定の波長のみからなる光（単色光）であって上記の波長条件を満たすものであれば、RGB 色光以外の 3 つの可視光を合波することも可能である。

【0037】

また、上記の説明では基板の表面と平行な面内に導波路 101, 102, 103 を形成するものとしたが、基板は必ずしも必要ではない。また、導波路 101, 102, 103 の配置も、上記のような二次元的なものに限られず、例えば導波路 102 を中心とする円周上に導波路 101, 103 を配置するなど、三次元的なものであってもよい。

さらに、上記の説明では、クラッド層 220 の内部にコア層を埋め込むことで導波路 101, 102, 103 を一体的に形成しているが、コア層とクラッド層とからなる導波路 101, 102, 103 を別々に形成し、基板等の支持体上に配置するようにしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0038】

本発明の合波器は、単色光である複数の可視光を合波して画像投影等する装置に広く適用が可能であり、使用者の網膜上に合波した光を走査させた画像投影を行う網膜走査型ディスプレイの他、レーザー光を走査させて画像を投影するレーザーディスプレイにも適用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図 1】本発明の一実施形態にかかる合波器の構成を説明する概略図で、(a) は平面図、(b) は図 1 (a) の合波器を左方向から見た側面図である。

【図 2 A】この実施形態の合波器の作用を説明する図で、シングルモードの赤色光を入射した場合における光の伝搬の様子を示したものである。

【図 2 B】この実施形態の合波器の作用を説明する図で、シングルモードの緑色光を入射した場合における光の伝搬の様子を示したものである。

【図 2 C】この実施形態の合波器の作用を説明する図で、シングルモードの青色光を入射した場合における光の伝搬の様子を示したものである。

【図 3】(a) はこの実施形態の合波器における出力とギャップ幅とのばらつきを示すグラフ、(b) はこの実施形態の合波器における出力と波長とのばらつきを示すグラフである。

【図 4】この実施形態の合波器を走査型ディスプレイに適用した場合における装置の概略構成図である。

【符号の説明】

【0040】

1 a	制御ユニット
1 b	表示ユニット
1 0	合波器
1 0 1	第 1 導波路
1 0 2	第 2 導波路
1 0 3	第 3 導波路

10

20

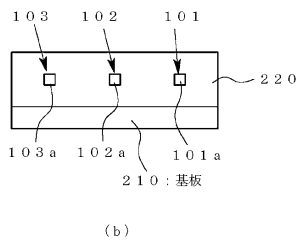
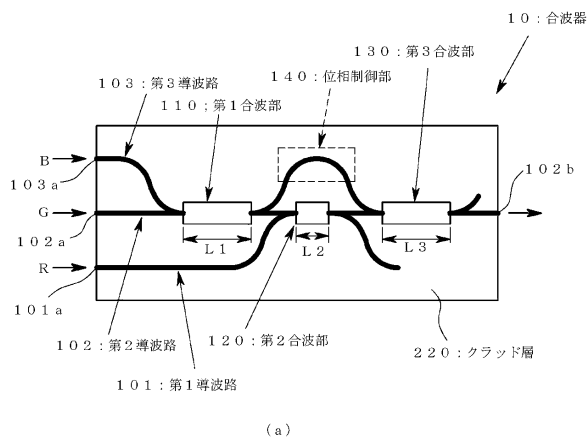
30

40

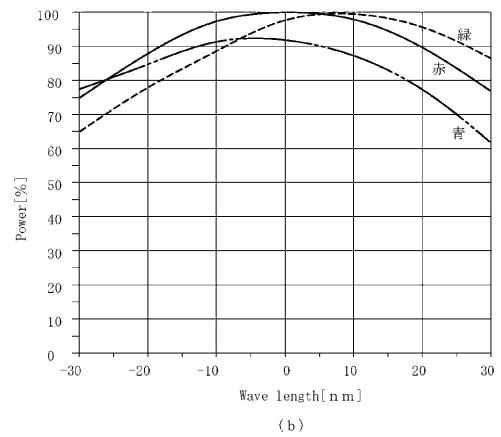
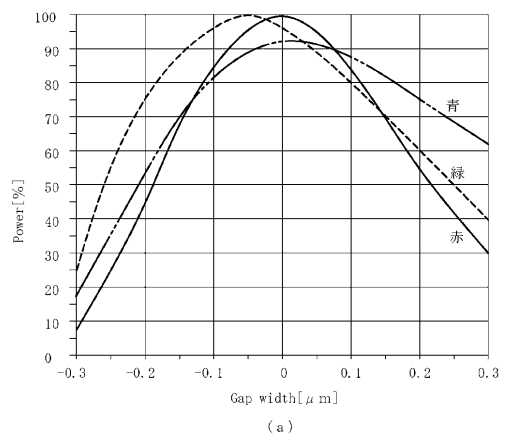
50

- 1 1 0 第 1 合波部
- 1 2 0 第 2 合波部
- 1 3 0 第 3 合波部
- 1 4 0 位相制御部

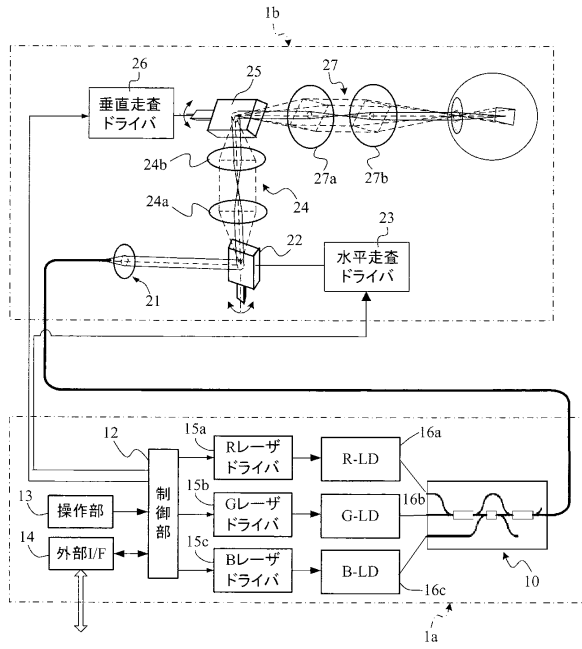
【 図 1 】



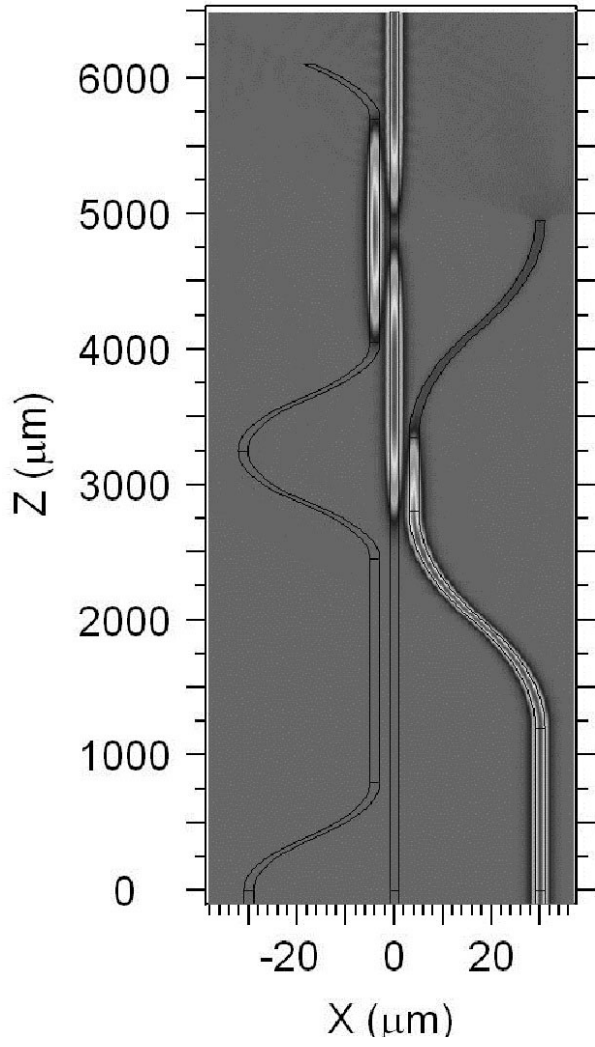
【 図 3 】



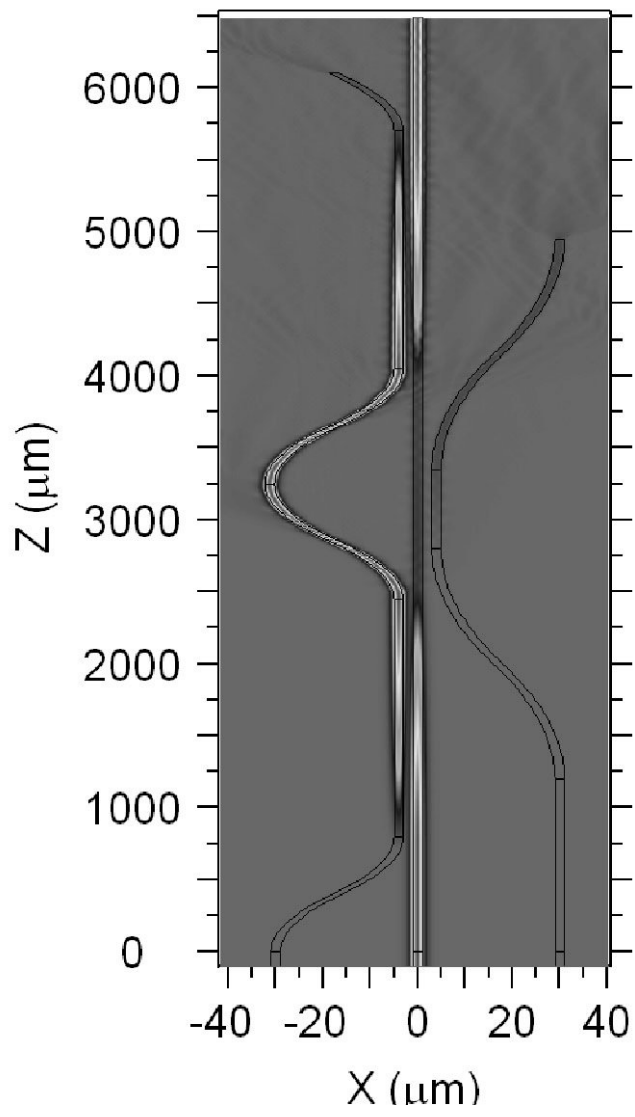
【図4】



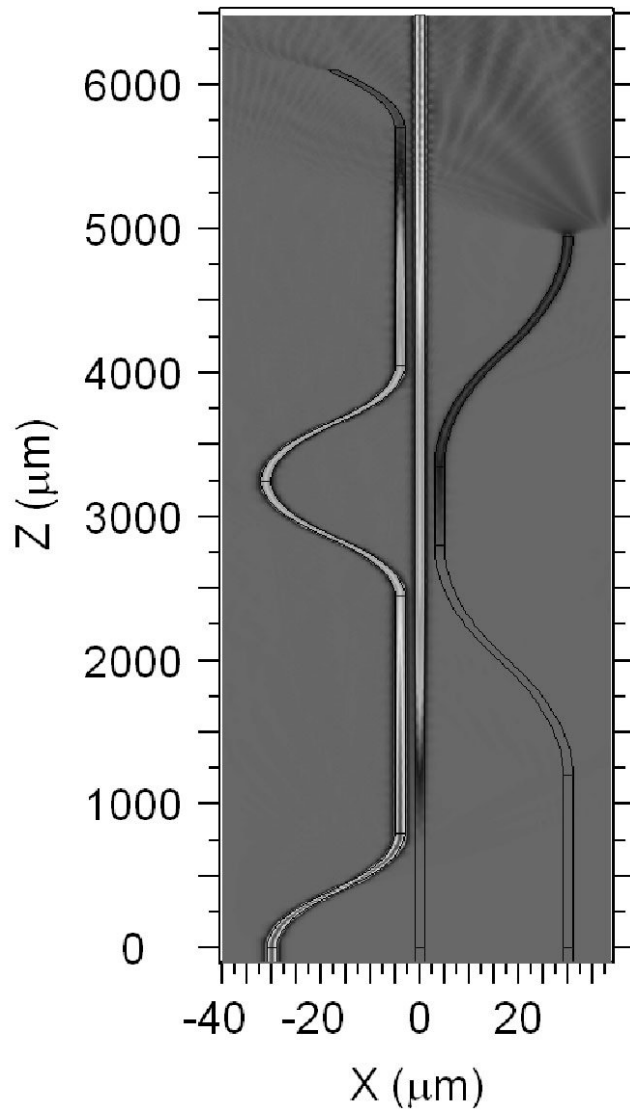
【 図 2 A 】



【 図 2 B 】



【図2C】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特表平09-511847(JP,A)
特開2010-134224(JP,A)
特開2007-093945(JP,A)
国際公開第2010/137661(WO,A1)
特開2001-308422(JP,A)
米国特許第5802222(US,A)
Optics Communications, 2009年, Vol.282, p.2818-2822
第71回応用物理学会学術講演会 講演予稿集, 2010年, 16p-G-23, p.05-112

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12 - 6/14