

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6019891号
(P6019891)

(45) 発行日 平成28年11月2日 (2016. 11. 2)

(24) 登録日 平成28年10月14日 (2016. 10. 14)

(51) Int. Cl.

F I

G03B 21/14 (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01)
G02B 27/28 (2006.01)
F21S 2/00 (2016.01)

G O 3 B 21/14 A
 G O 2 B 5/30
 G O 2 B 27/28 Z
 F 2 1 S 2/00 3 3 O
 F 2 1 S 2/00 3 4 O

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2012-168080 (P2012-168080)
 (22) 出願日 平成24年7月30日 (2012. 7. 30)
 (65) 公開番号 特開2014-26195 (P2014-26195A)
 (43) 公開日 平成26年2月6日 (2014. 2. 6)
 審査請求日 平成27年6月15日 (2015. 6. 15)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (72) 発明者 松原 貴之
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光源装置及びプロジェクター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の光を射出する第1光源部と、
 第2の光を射出する第2光源部と、
 前記第1光源部から射出された前記第1の光と前記第2光源部から射出された前記第2の光とを合成し、合成光として射出する光合成部と、
 を備える光源装置であって、
 前記光合成部は、第1の方向に偏光している光を透過させ、かつ、該第1の方向に直交する第2の方向に偏光している光を反射する偏光分離膜を有し、
 前記第1の光は前記第1の方向に偏光しており、
 前記第2の光は前記第2の方向に偏光しており、
 前記第1の光の前記偏光分離膜への入射角度 1 及び前記第2の光の前記偏光分離膜への入射角度 2 は、 45° より大きく、
 前記第1の光の波長帯域及び前記第2の光の波長帯域に応じて定まる最も偏光合成の効率を高める前記偏光分離膜への入射角度を最大効率角度 とし、 $(45^\circ +) / 2$ としたとき、式 (1)、式 (2) 及び式 (3) を満足することを特徴とする光源装置。

$$45^\circ < \quad (1)$$

$$1 \quad 2 \quad - \quad (2)$$

$$2 \quad 2 \quad - \quad (3)$$

【請求項 2】

前記第 1 の光の前記偏光分離膜への入射角度 1 は前記第 2 の光の前記偏光分離膜への入射角度 2 と等しいことを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 3】

前記第 1 光源部の光軸と前記第 2 光源部の光軸とのなす角は、90°より小さいことを特徴とする請求項 1 及び 2 のいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 4】

前記光合成部から射出された前記合成光を集光する集光光学系と、

前記集光光学系で集光された前記合成光が照射される対象物と、をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 5】

前記光合成部から射出された前記合成光のビーム断面を調整するアフォーカル系と、

前記アフォーカル系の後段に配置され、入射した光を分割して所定位置において重畳させるように射出させるレンズアレイインテグレーターと、

前記所定位置に配置され、前記レンズアレイインテグレーターから射出された光が照射される対象物と、をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 6】

前記対象物は、光を拡散させる拡散板又は蛍光を発生させる蛍光体のうち少なくとも一方であることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の光源装置。

【請求項 7】

前記対象物を回転可能に保持する回転板をさらに備えることを特徴とする請求項 4 から 6 までのいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 までのいずれか一項に記載の光源装置と、

前記光源装置からの光を画像情報に応じて変調する光変調装置と、

前記光変調装置からの変調光を画像として投射する投射光学系と、を備えることを特徴とするプロジェクター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の光源を有する光源装置及び当該光源装置を用いたプロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

投写型映像表示装置等に適用可能な照明装置として、複数の光源を使用し、1つの光束に集めることにより、大型化させることなく高効率に照明光を形成させるものが知られている（特許文献1）。特許文献1では、互いに異なる偏光方向に偏光度の偏った光を射出する一対の光源を用いている。これらの光源のうちの光源からの直線偏光を透過させ、他の光源からの直線偏光を反射させる偏光子によって、当該複数の光源からの光が集光される。

【0003】

しかし、特許文献1において、例えば光源から射出される光の波長帯域によっては、偏光子において、例えばP偏光の透過率50%における波長とS偏光の透過率50%における波長との間隔に相当する偏光分離帯域が狭くなり、偏光合成が効果的に行えない可能性がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-158502号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、本発明は、偏光依存性を有する光源からの光を高効率に合成できる光源装置及び当該光源装置を用いて光源の大型化を抑制しつつ高輝度な画像光を形成できるプロジェクターを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、本発明に係る光源装置は、(a)第1の光を射出する第1光源部と、(b)第2の光を射出する第2光源部と、(c)第1光源部から射出された第1の光と第2光源部から射出された第2の光とを合成し、合成光として射出する光合成部と、を備える光源装置であって、(d)光合成部が、第1の方向に偏光している光を透過させ、かつ、該第1の方向に直交する第2の方向に偏光している光を反射する偏光分離膜を有し、(e)第1の光は第1の方向に偏光しており、(f)第2の光は第2の方向に偏光しており、(g)第1の光の偏光分離膜への入射角度 θ_1 及び第2の光の偏光分離膜への入射角度 θ_2 が、 45° より大きいことを特徴とする。

10

【0007】

上記光源装置によれば、第1の光及び第2の光について、偏光分離膜への入射角度 θ_1 及び入射角度 θ_2 が、 45° より大きいので、偏光分離帯域が大きくなり、第1の光と第2の光とが高効率に合成される。

【0008】

20

本発明の具体的な態様又は観点では、第1の光の偏光分離膜への入射角度 θ_1 が第2の光の偏光分離膜への入射角度 θ_2 と等しいことを特徴とする。この場合、第1の光の光軸と第2の光の光軸とが合成後に互いに平行であるため、合成光を照明光として利用しやすい。

【0009】

本発明の別の観点では、第1光源部の光軸と第2光源部の光軸とのなす角が、 90° より小さいことを特徴とする。この場合、 θ_1 と θ_2 とをともに 45° より大きな値とすることが可能になる。

【0010】

本発明のさらに別の観点では、第1の光の入射角度 θ_1 が、第1の光の波長帯域において、第1の光に対する偏光分離膜の透過率が所定の値以上であり、かつ、第1の光に対する光合成部の反射率が所定の値以下となる角度であり、第2の光の入射角度 θ_2 が、第2の光の波長帯域における第2の光に対する偏光分離膜の反射率が所定の値以上であることを特徴とする。この場合、第1の光の波長帯域及び第2の光の波長帯域のうちカバーできない範囲があることによる利用効率の低下を低減し、かつ、透過光が反射することによる利用効率の低下を低減できる。

30

【0011】

本発明のさらに別の観点では、第1の光の波長帯域及び第2の光の波長帯域に応じて定まる最も偏光合成の効率を高める偏光分離膜への入射角度を最大効率角度 θ_{max} とし、 θ_{max} を $(45^\circ + \alpha)/2$ としたとき、式(1)、式(2)及び式(3)を満足することを特徴とする。

40

$$45^\circ < \theta_1 < \theta_{max} \quad (1)$$

$$\theta_1 < \theta_2 < \theta_{max} \quad (2)$$

$$\theta_2 < \theta_1 < \theta_{max} \quad (3)$$

この場合、 θ_1 及び θ_2 が 45° である場合に比べて、高い利用効率を確保することができる。

【0012】

本発明のさらに別の観点では、光合成部が、偏光分離膜を支持する基材をさらに備え、第1の光の入射角度 θ_1 は、基材に対するブリュースター角を含む範囲内にあることを特徴とする。この場合、当該入射角度 θ_1 をブリュースター角或いはこれに近い角度とする

50

ことで、第１の光の透過率を高めることができる。

【００１３】

本発明のさらに別の観点では、光合成部から射出された合成光を集光する集光光学系と、集光光学系で集光された合成光が照射される対象物と、をさらに備えることを特徴とする。この場合、合成光を高い効率で対象物に照射することができる。

【００１４】

本発明のさらに別の観点では、光合成部から射出された合成光のビーム断面を調整するアフォーカル系と、アフォーカル系の後段に配置され、入射した光を分割して所定位置において重畳させるように射出させるレンズアレイインテグレーターと、所定位置に配置され、レンズアレイインテグレーターから射出された光が照射される対象物と、をさらに備えることを特徴とする。この場合、合成光を高い効率で、かつ高い均一性にて対象物に照射することができる。

10

【００１５】

本発明のさらに別の観点では、対象物が、光を拡散させる拡散板又は蛍光を発生させる蛍光体のうち少なくとも一方であることを特徴とする。この場合、必要に応じて適した発散性の光や適した波長帯域の光を発生させることができる。

【００１６】

本発明のさらに別の観点では、対象物を回転可能に保持する回転板をさらに備えることを特徴とする。この場合、突出して大きい光強度を有する部位が発生することを抑制し、励起用光源装置の出力を高くした時に起こる発光効率の低下を回避して、明るい照明が可能となる。

20

【００１７】

上記課題を解決するため、本発明に係るプロジェクターは、上記いずれかに記載の光源装置と、光源装置からの光を画像情報に応じて変調する光変調装置と、光変調装置からの変調光を画像として投射する投射光学系と、を備える。この場合、上記光源装置を用いることで、光源の大型化を抑制しつつ高輝度な画像光を形成できる。

【図面の簡単な説明】

【００１８】

【図１】（Ａ）は、第１実施形態の光源装置の光学系を説明する図であり、（Ｂ）は、回転蛍光板を説明するための図である。

30

【図２】光合成部の基材の、偏光の入射角に対する表面反射率を示すグラフである。

【図３】入射角に対する光合成部の光の利用効率の一例を示すグラフである。

【図４】第２実施形態の光源装置の光学系を説明する図である。

【図５】第３実施形態のプロジェクターの一例を説明する図である。

【図６】第４実施形態の光源装置の光学系を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【００１９】

〔第１実施形態〕

以下、図面を参照しつつ、本発明の第１実施形態に係る光源装置について詳細に説明する。

40

【００２０】

図１（Ａ）に示す光源装置１００は、第１光源部１０ａから発した第１の光であるレーザー光Ｌａと、第２光源部１０ｂから発した第２の光であるレーザー光Ｌｂとを光合成部８０において合成して光源光となるべき光を形成する光源装置である。光源装置１００は、励起用の光源１０、光源１０からの光を合成する光合成部８０、集光光学系である集光レンズ２０、波長変換素子を回転可能に保持する回転板である回転蛍光板３０及びモーター５０を備えている。光源１０は、第１光源部１０ａと、第２光源部１０ｂと、第１光源部１０ａからの光を平行化するコリメートレンズアレイ１２ａと、第２光源部１０ｂからの光を平行化するコリメートレンズアレイ１２ｂとを有する。なお、図１（Ｂ）に示すように、回転蛍光板３０は、円板形状になっている。

50

【 0 0 2 1 】

光源 1 0 のうち、第 1 光源部 1 0 a は、第 1 の光である青色のレーザー光 L a を射出するレーザー光源である。A X a は第 1 光源部 1 0 a の光軸である。レーザー光 L a は、直線偏光であり、例えば波長約 4 4 5 n m を発光強度のピークとし、波長帯域 4 3 0 ~ 4 5 0 n m の範囲を主たる成分としている。第 1 光源部 1 0 a は、基板 S B a の上にマウントされてレーザー光をそれぞれ射出可能な複数の固体光源素子 1 1 a を、マトリクス状に配置したものである。

【 0 0 2 2 】

光源 1 0 のうち、第 2 光源部 1 0 b は、第 2 の光である青色のレーザー光 L b を射出するレーザー光源である。A X b は第 2 光源部 1 0 b の光軸である。レーザー光 L b は、直線偏光であり、例えば波長約 4 4 5 n m を発光強度のピークとし、波長帯域 4 3 0 ~ 4 5 0 n m の範囲を主たる成分としている。第 2 光源部 1 0 b は、基板 S B b の上にマウントされてレーザー光をそれぞれ射出可能な複数の固体光源素子 1 1 b を、マトリクス状に配置したものである。

10

【 0 0 2 3 】

コリメートレンズアレイ 1 2 a は、第 1 光源部 1 0 a を構成する各固体光源素子 1 1 a に対応した複数のレンズ群 L L a からなり、各固体光源素子 1 1 a からの光をそれぞれ略平行化して光合成部 8 0 に向けて射出する。

【 0 0 2 4 】

同様に、コリメートレンズアレイ 1 2 b は、第 2 光源部 1 0 b を構成する各固体光源素子 1 1 b に対応した複数のレンズ群 L L b からなり、各固体光源素子 1 1 b からの光をそれぞれ略平行化して光合成部 8 0 に向けて射出する。

20

【 0 0 2 5 】

図 1 に一部拡大して示すように、光合成部 8 0 の基材 8 0 a の一方の面に反射防止膜 A R が設けられ、光合成部 8 0 の基材 8 0 a の他方の面に偏光分離膜 P M が設けられている。反射防止膜 A R が設けられた一方の面は、第 1 光源部 1 0 a からのレーザー光 L a が入射する光入射面 I S a である。偏光分離膜 P M が設けられた他方の面は、第 2 光源部 1 0 b からのレーザー光 L b が入射する光反射面 I S b である。なお、基材 8 0 a は、例えばホワイトガラス（白板）で構成される。また、偏光分離膜 P M は、誘電体多層膜であり、光合成部 8 0 に入射する光のうち P 偏光を透過させる一方、S 偏光を反射させる。

30

【 0 0 2 6 】

光合成部 8 0 は、図 1 の全体図で示すように、光源 1 0 から集光レンズ 2 0 までの光路中に配置されている。第 1 の光であるレーザー光 L a の偏光分離膜 P M への入射角度を 1 とし、第 2 の光であるレーザー光 L b の偏光分離膜 P M への入射角度を 2 とすれば、1 と 2 は互いに等しい。ここで、1 及び 2 を θ とする。光合成部 8 0 は、光軸 A X a と光軸 A X b との双方に対して 4 5 ° より大きい 5 5 ° としてそれぞれ交わるように配置される。すなわち、本実施形態において、 θ は 5 5 ° である。光合成部 8 0 は、一部拡大して示すように、第 1 光源部 1 0 a からのレーザー光 L a を透過させる一方、第 2 光源部 1 0 b からのレーザー光 L b を反射することにより、これらを合成し、合成光である合成レーザー光 L c として射出するものとなっている。また、レーザー光 L a の入射角度 1 とレーザー光 L b の入射角度 2 とが互いに等しい角度 θ であることで、合成後のレーザー光 L a の光軸 A X a とレーザー光 L b の光軸 A X b とが互いに平行になる。本実施形態では、合成後のレーザー光 L a の光軸 A X a がレーザー光 L b の光軸 A X b と一致するように構成しており、合成光である合成レーザー光 L c の光軸を A X とする。

40

【 0 0 2 7 】

また、以上の第 1 光源部 1 0 a 及び第 2 光源部 1 0 b に対する光合成部 8 0 の配置について別の見方をすると、第 1 光源部 1 0 a の光軸 A X a と第 2 光源部 1 0 b の光軸 A X b とのなす角 ϕ が、9 0 ° より小さくなっていることで、レーザー光 L a , レーザー光 L b の偏光分離膜 P M への入射角度である角度 θ が 4 5 ° より大きな角度となるようにしている。

50

【0028】

ここで、光合成部80には、第1光源部10aからの光であり直線偏光の状態にあるレーザー光Laと、第2光源部10bからの光であり直線偏光の状態にあるレーザー光Lbとが、各々の偏光方向が互いに直交するように入射する。具体的には、レーザー光Laは、光合成部80の光入射面ISAに対してP偏光(第1の方向に偏光している偏光)となっているのに対して、レーザー光Lbは、光合成部80の光反射面ISbに対して、S偏光(第2の方向に偏光している偏光)となっている。P偏光としてのレーザー光Laは、光合成部80の光入射面ISAから入射して、反射防止膜AR、基材80a、及び偏光分離膜PMを経て光合成部80の光反射面ISbから射出される。一方、S偏光としてのレーザー光Lbは、光合成部80の光反射面ISbから入射して、偏光分離膜PMを経て光反射面ISbから射出される。以上により、光合成部80は、P偏光のレーザー光LaとS偏光のレーザー光Lbとが合成された合成レーザー光Lcを光反射面ISbから射出する。

10

【0029】

集光レンズ20は、光合成部80の光路後段に配置され、光合成部80から射出された合成レーザー光Lcを略集光した状態で、照射される対象物である蛍光体42に入射させる。

【0030】

回転蛍光板30はいわゆる透過型の回転蛍光板である。回転蛍光板30は、図1(A)及び図1(B)に示すように、モーター50により回転可能な板材40上に、蛍光体42が板材40の回転方向に沿って連続して形成されてなる。蛍光体42が形成されている領域は、励起光(青色光)である合成レーザー光Lcが入射する領域を含む。回転蛍光板30は、合成レーザー光Lcが入射する側と反対側に向けて赤色光と緑色光とを含む混合光CLを射出する。

20

【0031】

回転蛍光板30は、使用時において7500rpmで回転する。回転蛍光板30の片面には、同心で輪帯状の蛍光体42が設けられている。詳しい説明は省略するが、回転蛍光板30の直径は例えば50mmであり、回転蛍光板30に入射する励起光の光軸が回転蛍光板30の回転中心から約22.5mm離れた場所において蛍光体42を透過するように構成されている。つまり、回転蛍光板30は、励起光の集光スポットが約18m/秒で蛍光体42上を移動するような回転速度で回転する。

30

【0032】

蛍光体42は、例えば、光源10から射出された励起光としての合成レーザー光Lc(青色光)の一部を赤色光及び緑色光を含む光に変換する。つまり、蛍光体42は、合成レーザー光Lcを、他の波長範囲の成分を含む光に変換する波長変換素子である。具体的には、蛍光体42は、波長が445nmの励起光によって効率的に励起され、光源10が射出する励起光の一部を、赤色光及び緑色光を含む黄色の蛍光に変換して射出する。黄色の蛍光のうち、長波長側の成分は赤色光として利用され、黄色の蛍光のうち、短波長側の成分は緑色光として利用される。また、合成レーザー光Lcのうち、蛍光体42で変換されない成分は青色光として利用される。つまり、混合光CLは、赤色光及び緑色光のみならず青色光の成分を含む3色の光が混合されている。

40

【0033】

蛍光体42は、例えば、YAG系蛍光体である(Y,Gd)₃(Al,Ga)₅O₁₂:Ceを含有する層からなる。蛍光体42として、励起光(青色光)を赤色光に変換する蛍光体と、励起光(青色光)を緑色光に変換する蛍光体との混合物を含有する層を用いてもよい。

【0034】

蛍光体42を支持する板材40は、例えば、石英ガラス、水晶、サファイア、光学ガラス、透明樹脂等の励起光を透過する透明な材料からなる。また、例えば誘電体多層膜からなるダイクロイック膜を蛍光体42と板材40との間に設けて蛍光体42から放射された

50

光のうち板材 40 側へ戻る成分を反射させ光の利用効率を向上させるものとしてもよい。

【0035】

以上により、光源装置において、混合光 CL が光源光 GL として形成される。なお、回転蛍光板 30 の蛍光体 42 から射出された混合光 CL の拡がりを抑えて略平行化するコリメート光学系をさらに有する構造として、当該コリメート光学系により平行化された状態の光を光源光 GL として射出させてもよい。

【0036】

本明細書においては、偏光分離膜 PM によって高効率に P 偏光を透過させ、かつ高効率に S 偏光を反射させることができる波長範囲のことを、偏光分離帯域と呼ぶ。偏光分離帯域は、例えば偏光分離膜 PM の膜設計や偏光分離膜 PM への光の入射角度に依存する。どのような波長帯域の光を入射させる場合であっても、あるいはどのような膜設計を行う場合であっても入射角度が大きいほど偏光分離帯域が広がる。本実施形態では、レーザー光 La, レーザー光 Lb の入射角度の値を、レーザー光 La, レーザー光 Lb の波長帯域が広いほど大きくすることで、広い偏光分離帯域を示す光合成部 80 を実現している。ただし、その前提として、光入射面 ISA 側から入射するレーザー光 La の損失が大きくなりすぎないことも重要である。

【0037】

図 2 は、一例として、ホワイトガラス（屈折率 $n = 1.52$ ）における偏光の表面反射率を示すグラフであり、横軸を入射角度とし、縦軸を反射率としている。本実施形態において、ホワイトガラスを光合成部 80 の基材 80a として用いている。グラフにおいて、実線の曲線 Rp が P 偏光の反射率であり、破線の曲線 Rs が S 偏光の反射率である。ここでは、基材 80a を透過する P 偏光であるレーザー光 La に対する反射率が問題となる。グラフに示す通り、ブリュスター角度は、約 55° であるため、光合成部 80 は、この角度或いはこの角度付近の角度で P 偏光であるレーザー光 La を効率良く透過させることで、レーザー光 La の基材 80a における透過性を高めることができる。このように、レーザー光 La の偏光分離膜 PM への入射に際して、基材 80a におけるレーザー光 La の透過率を十分に高く保つことができれば、光合成部 80 の反射防止膜 AR を省略する、あるいは反射防止膜 AR を簡易に構成できる単層膜の構成とすることができる。

【0038】

図 3 は、光合成部 80 における入射角度に対する光の利用効率の一例を示すグラフである。具体的に説明すると、図 3 の例では、光合成部 80 の偏光分離膜 PM として、 Nb_2O_5 で形成される膜 H を下地として 1 層設け、その上にさらに、 SiO_2 で形成される膜 L と Nb_2O_5 で形成される膜 H とを 1 組とする積層体が 9 組重ねられている構造を有するものを使用している。また、レーザー光 La, レーザー光 Lb として使用する波長帯域を $450 \pm 15 \text{ nm}$ としている。図 3 のグラフは、この入射角度を変えた場合の合成による光の利用効率を示している。つまり、図 3 において、横軸は、入射角度を示し、縦軸は、入射角度に対する光の利用効率を示している。この場合、入射角度が約 60° あたりのときに効率が最も高くなっていることが分かる。つまり、光合成部 80 に対して、第 1 の光であるレーザー光 La を、 45° より大きな角度で、より好ましくは 60° 近傍の角度で入射させて透過させ、第 2 の光であるレーザー光 Lb を、 45° より大きな角度で、より好ましくは 60° 近傍の角度で入射させて反射することで、高効率に光の合成を行うことができる。これにより、光源の大型化を抑制しつつ高輝度な光を形成できる。つまり、入射させる光の入射角度を 45° より大きくして、最大の効率が得られる 60° に近づけることで、P 偏光の透過率と S 偏光の反射率とをより高くすることができる。さらに、より広い波長帯域の光に対して P 偏光の透過率と S 偏光の反射率とを高くすることができる。これにより、合成後における全体としての光の利用効率を上げることができる。一方、入射角度を 60° よりも大きくすると、光合成部 80 の光入射面 ISA 側において、ブリュスター角との関係で P 偏光すなわち第 1 の光であるレーザー光 La の反射率が上昇し、レーザー光 La のうち光合成部 80 を透過できない成分が増加する。すなわち、レーザー光 La の反射によるロスが大きくなる。そのため、合成後における全体と

10

20

30

40

50

しての光の利用効率が下がっていくことになる。ここでは、光の利用効率が最も高くなる入射角度（本実施形態では約 60° ）を、最大効率角度と呼び、図示のように、角度で示すものとする。以上のことから、例えば、レーザー光 L_a 、レーザー光 L_b の入射角度を、プリユースター角以上であって最大効率角度以下の範囲となるように設定することで、特に光の利用効率を上げられる。

【0039】

また、入射角度を下記のように設定してもよい。例えば、 $(45^\circ + \quad) / 2$ ($> 45^\circ$) とし、 \quad を $-$ とし、 \quad を $+$ ($= 2 - \quad$) としたとき、入射角度を以上かつ以下とすることが好ましい。このようにレーザー光 L_a の入射角度 $\quad 1$ とレーザー光 L_b の入射角度 $\quad 2$ を設定すれば、レーザー光 L_a の入射角度 $\quad 1$ とレーザー光 L_b の入射角度 $\quad 2$ が従来の 45° である場合に比べて、十分に高い利用効率を確保することができる。例えば、図3の場合、入射角度が 45° では、最大効率角度のときに比べて相対的に10%以上効率が落ちるのに対して、上記範囲では、最大効率角度のときに比べて相対的に効率の下がり具合を10%未満に抑えられ、比較的高い効率が得られる。

10

【0040】

また、入射角度を下記のように設定してもよい。例えば、P偏光の透過率を所望の値以上に維持し、かつ、S偏光の反射率を所望の値以上に維持できる入射角度の下限を a とする。 a は 45° より大きい値である。また、プリユースター角を基準にして、透過光（第1の光）の反射によるロスをも所望の値以下に維持できる入射角度の上限を b とする。 b はプリユースター角よりも大きい値である。そして、入射角度を a 以上かつ b 以下の範囲に設定してもよい。このようにレーザー光 L_a の入射角度 $\quad 1$ とレーザー光 L_b の入射角度 $\quad 2$ を設定すれば、第1の光の波長帯域及び第2の光の波長帯域のうち偏光分離帯域に含まれない帯域が生じて光の利用効率が下がることを回避することができる。このように、光合成部80を透過すべきレーザー光 L_a が反射することによって生じる光の利用効率が下がることを抑制できるものとしてもよい。

20

【0041】

〔第2実施形態〕

以下、第2実施形態に係る光源装置について説明する。なお、本実施形態に係る光源装置は、第1実施形態に係る光源装置100の変形例であり、光合成部80より後段の構造を除いて、光源装置100と同様であるため、全体の説明を省略する。

30

【0042】

図4に示すように、本実施形態に係る光源装置102は、光源10、光合成部80、光合成部80からの光の強度分布を均一にするケーラー照明系22、集光レンズ20、回転蛍光板30及びモーター50を備える。光源10は、第1光源部10a及び第2光源部10bを有する。ケーラー照明系22は、光のビーム断面を調整するアフォーカル系22bと、入射した光を分割するレンズアレイインテグレーター22cとを有することにより、ケーラー照明にて蛍光体42を均一に照明する。この点において、クリティカル照明を行う第1実施形態の光源装置100と異なる。

40

【0043】

ケーラー照明系22のうちアフォーカル系22bは、正のレンズ L_1 と負のレンズ L_2 を組み合わせたレンズ群で構成される。アフォーカル系22bは、平行化された入射光の平行性を維持しつつ、そのビーム断面即ち光束断面の大きさを調整する。アフォーカル系22bによってビーム断面を調整された励起光は、レンズアレイインテグレーター22cに入射する。なお、ここでは、光束断面を小さくするように調整している。

【0044】

レンズアレイインテグレーター22cは、一対のレンズアレイ AR_1 、レンズアレイ AR_2 で構成される。レンズアレイインテグレーター22cは、アフォーカル系22bから入射した光を分割して被照射面である蛍光体42上において重畳させるように射出させることで、ある程度の広がりを持ちつつ光の強度分布を均一化する。

50

【 0 0 4 5 】

以上のように、アフォーカル系 2 2 b、及びレンズアレイインテグレーター 2 2 c は、光合成部 8 0 からの合成光である合成レーザー光 L c を調整してケーラー照明を可能にする光調整光学系として機能する。

【 0 0 4 6 】

以上のような構成から、第 1 光源部 1 0 a からのレーザー光 L a 及び第 2 光源部 1 0 b からのレーザー光 L b は、コリメートレンズアレイ 1 2 a 及びコリメートレンズアレイ 1 2 b によってそれぞれ略平行化されるとともに光合成部 8 0 によって合成される。合成によって形成された合成レーザー光 L c は、ケーラー照明系 2 2 によって、均一化されて射出される。

10

【 0 0 4 7 】

本実施形態の場合、光源 1 0、光合成部 8 0 及びケーラー照明系 2 2 を経た合成レーザー光 L c (励起光) は、その強度分布が均一化された状態で、集光レンズ 2 0 を経て回転蛍光板 3 0 の蛍光体 4 2 に入射するため、過度に強度が強い励起光が蛍光体 4 2 に局所的に照射されることを防止することができる。そのため、蛍光体 4 2 の発光効率の低下や、蛍光体 4 2 の劣化が起こりにくくなる。

【 0 0 4 8 】

本実施形態においても、光合成部 8 0 において、45°より大きな角度で、第 1 の光であるレーザー光 L a を入射させて透過し、45°より大きな角度で、第 2 の光であるレーザー光 L b を入射させて反射することで、高効率に光の合成を行うことができ、光源の大型化を抑制しつつ高輝度な光を形成できる。

20

【 0 0 4 9 】

〔 第 3 実施形態 〕

以下、第 3 実施形態として、光源装置を備えるプロジェクターについて説明する。図 5 は、上述した光源装置を備えるプロジェクターの一例を示す図である。ここでは、一例として図 4 の光源装置 1 0 2 を用いたプロジェクター 8 0 0 を示すが、光源装置 1 0 2 に代えて、図 1 の光源装置 1 0 0 を適用することも可能である。

【 0 0 5 0 】

図 5 のプロジェクター 8 0 0 は、照明光を形成する装置として、光源装置 1 0 2 を含む照明装置 1 1 0 を備える。照明装置 1 1 0 は、上述した光源装置 1 0 2 のほか、ピックアップレンズ 6 0 a、ピックアップレンズ 6 0 b で構成されるピックアップレンズ群 6 0、第 1 レンズアレイ 1 2 0、第 2 レンズアレイ 1 3 0、偏光変換素子 1 4 0、重畳レンズ 1 5 0 を備える。さらに、プロジェクター 8 0 0 は、色分離導光光学系 2 0 0、光変調装置としての液晶光変調装置 4 0 0 R、液晶光変調装置 4 0 0 G、液晶光変調装置 4 0 0 B、クロスダイクロイックプリズム 5 0 0 及び投射光学系 6 0 0 を備えている。また、色分離導光光学系 2 0 0 と液晶光変調装置 4 0 0 R、液晶光変調装置 4 0 0 G、液晶光変調装置 4 0 0 B との間各々には、集光レンズ 3 0 0 R、集光レンズ 3 0 0 G、集光レンズ 3 0 0 B が配置されている。

30

【 0 0 5 1 】

照明装置 1 1 0 は、光源装置 1 0 2 から射出される光源光を利用して、上記光変調装置 4 0 0 R、光変調装置 4 0 0 G、光変調装置 4 0 0 B を照明するための照明光を形成する。

40

【 0 0 5 2 】

ピックアップレンズ群 6 0 は、ピックアップレンズ 6 0 a、ピックアップレンズ 6 0 b で構成され、光源装置 1 0 2 から発散しながら射出される光源光 G L を略平行化するコリメート光学系として機能する。

【 0 0 5 3 】

第 1 レンズアレイ 1 2 0 は、光源装置 1 0 2 からの光を複数の部分光束に分割するための複数の第 1 小レンズ 1 2 2 を有する。第 1 レンズアレイ 1 2 0 は、ピックアップレンズ群 6 0 を経た光を複数の部分光束に分割する光束分割光学素子として機能する。第 1 レン

50

ズアレイ 120 は、光源装置 102 の光軸 AX の延長上の軸である照明装置 110 の照明光軸 AX1 と直交する面内に、複数の第 1 小レンズ 122 をマトリクス状に配列した構成を有する。図示による説明は省略するが、第 1 小レンズ 122 の外形形状は、液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B の画像形成領域の外形形状と略相似形である。

【0054】

第 2 レンズアレイ 130 は、第 1 レンズアレイ 120 の複数の第 1 小レンズ 122 に対応する複数の第 2 小レンズ 132 を有する。第 2 レンズアレイ 130 は、重畳レンズ 150 とともに、第 1 レンズアレイ 120 の各第 1 小レンズ 122 の像を液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B の画像形成領域近傍に結像させる機能を有する。第 2 レンズアレイ 130 は、複数の第 2 小レンズ 132 が照明光軸 AX1 に直交する面内にマトリクス状に配列された構成を有する。

10

【0055】

偏光変換素子 140 は、第 1 レンズアレイ 120 により分割された各部分光を偏光方向の揃った略 1 種類の直線偏光光として射出する光学素子である。偏光変換素子 140 は、光源装置 102 からの光に含まれる偏光成分のうち一方の直線偏光成分をそのまま透過し、他方の直線偏光成分を照明光軸 AX1 に垂直な方向に反射する偏光分離層と、偏光分離層で反射された他方の直線偏光成分を照明光軸 AX1 に平行な方向に反射する反射層と、反射層で反射された他方の直線偏光成分を一方の直線偏光成分に変換する位相差板と、を有する。

20

【0056】

重畳レンズ 150 は、偏光変換素子 140 からの各部分光束を集光して液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B の画像形成領域近傍に重畳させるための光学素子である。重畳レンズ 150 の光軸と光源装置 102 の光軸とが略一致するように、重畳レンズ 150 が配置されている。重畳レンズ 150 は、複数のレンズを組み合わせた複合レンズで構成されていてもよい。第 1 レンズアレイ 120、第 2 レンズアレイ 130 及び重畳レンズ 150 は、光源装置 102 からの光の面内光強度分布を均一にするインテグレーター光学系を構成する。

【0057】

なお、第 1 レンズアレイ 120 及び第 2 レンズアレイ 130 を用いたレンズインテグレーター光学系の代わりに、ロッドレンズを用いたロッドインテグレーター光学系を用いてもよい。

30

【0058】

色分離導光光学系 200 は、ダイクロイックミラー 210、ダイクロイックミラー 220、反射ミラー 230、反射ミラー 240、反射ミラー 250、リレーレンズ 260 及びリレーレンズ 270 を備えている。色分離導光光学系 200 は、照明装置 110 からの光を赤色光、緑色光及び青色光に分離し、赤色光、緑色光及び青色光のそれぞれの色光を照明対象となる液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B に導光する機能を有する。

【0059】

40

ダイクロイックミラー 210、ダイクロイックミラー 220 は、基板上に、所定の波長領域の光を反射して他の波長領域の光を通過させる波長選択透過膜が形成されたミラーである。ダイクロイックミラー 210、ダイクロイックミラー 220 のうち、ダイクロイックミラー 210 は、赤色光成分を反射し、緑色光成分及び青色光成分を通過させるダイクロイックミラーである。ダイクロイックミラー 220 は、緑色成分を反射して青色光成分を通過させるダイクロイックミラーである。反射ミラー 230 は、赤色光成分を反射するミラーである。反射ミラー 240、反射ミラー 250 は、青色光成分を反射するミラーである。

【0060】

ダイクロイックミラー 210 で反射された赤色光は、反射ミラー 230 で反射され、集

50

光レンズ 300R を通過して赤色光用の液晶光変調装置 400R の画像形成領域に入射する。ダイクロイックミラー 210 を通過した緑色光は、ダイクロイックミラー 220 で反射され、集光レンズ 300G を通過して緑色光用の液晶光変調装置 400G の画像形成領域に入射する。ダイクロイックミラー 220 を通過した青色光は、リレーレンズ 260、入射側の反射ミラー 240、リレーレンズ 270、射出側の反射ミラー 250、集光レンズ 300B を経て青色光用の液晶光変調装置 400B の画像形成領域に入射する。リレーレンズ 260、リレーレンズ 270、反射ミラー 240 及び反射ミラー 250 は、ダイクロイックミラー 220 を通過した青色光成分を液晶光変調装置 400B まで導くリレー光学系として機能する。

【0061】

液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B は、入射した色光を画像情報に応じて変調しカラー画像を形成する。

【0062】

液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B は、入射した色光を画像情報に応じて変調しカラー画像を形成する。液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B は、照明装置 110 の照明対象となる。図示を省略したが、各集光レンズ 300R、集光レンズ 300G、集光レンズ 300B と各液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B との間には、それぞれ入射側偏光板が配置され、液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B とクロスダイクロイックプリズム 500 との間には、それぞれ射出側偏光板が配置されている。入射側偏光板、液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B 及び射出側偏光板によって、入射した各色光の光変調が行われる。

【0063】

液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B は、一対の透明なガラス基板の間に電気光学物質である液晶を密閉封入した透過型の液晶光変調装置である。液晶光変調装置 400R、液晶光変調装置 400G、液晶光変調装置 400B は、例えばポリシリコン TFT をスイッチング素子として備え、与えられた画像信号に応じて、入射側偏光板から射出された 1 種類の直線偏光の偏光方向を変調する。

【0064】

クロスダイクロイックプリズム 500 は、射出側偏光板から射出された色光毎に変調された光学像を合成してカラー画像を形成する光学素子である。クロスダイクロイックプリズム 500 は、4 つの直角プリズムを貼り合わせた平面視略正方形形状をなす。直角プリズム同士を貼り合わせた略 X 字状の界面には、誘電体多層膜が形成されている。略 X 字状の一方の界面に形成された誘電体多層膜は、緑色光及び青色光を通過させ赤色光を反射する誘電体多層膜であり、他方の界面に形成された誘電体多層膜は、赤色光及び緑色光を通過させ青色光を反射する誘電体多層膜である。略 X 字状の界面に形成された 2 種類の誘電体多層膜によって赤色光及び青色光は曲折され、緑色光の進行方向と揃えられることにより、3 つの色光が合成される。

【0065】

クロスダイクロイックプリズム 500 から射出されたカラー画像は、投射光学系 600 によって拡大投射され、スクリーン上で画像を形成する。

【0066】

以上のように、上記構成のプロジェクター 800 によれば、照明装置 110 に用いる光源装置 102 において効率的に光の合成を行うことができ、光源の大型化を抑制しつつ高輝度な光を形成できる。従って、プロジェクター 800 は、光源の大型化を抑制しつつ、高輝度で明るい画像を形成することができる。

【0067】

〔第 4 実施形態〕

以下、第 4 実施形態に係る光源装置について説明する。なお、本実施形態に係る光源装

10

20

30

40

50

置は、第2実施形態に係る光源装置102等の変形例であり、光反射型の波長変換素子の構造を有することを除いて、光源装置102等と同様であるため、全体の説明を省略する。

【0068】

図6に示すように、本実施形態に係る光源装置104は、光源10、光合成部80、光合成部80からの光を均一照明可能にするケーラー照明系22、回転蛍光板34、モーター50、集光光学系であるとともにコリメート光学系としても機能するピックアップレンズ70及び波長分離素子90を備え、光源10は、第1光源部10a及び第2光源部10bを有する。ケーラー照明系22は、光のビーム断面を調整するアフォーカル系22bと、入射した光を分割するレンズアレイインテグレーター22cとを有することにより、ケーラー照明にて蛍光体42を均一に照明する。

10

【0069】

波長分離素子90は、図示のように、ケーラー照明系22から回転蛍光板34までの光路中に、光源10及び光合成部80の光軸AXとこれに直交する回転蛍光板34の光軸AXcに対して45°の角度でそれぞれ交わるように配置され、光合成部80を経た合成光である合成レーザー光Lcを、回転蛍光板34に向けて反射する。波長分離素子90は、合成レーザー光Lcの波長範囲である430~450nmの範囲の光の成分についてはそのほとんどを反射する。つまり、合成レーザー光Lcのうち主たる成分のほとんどが波長分離素子90で反射され、回転蛍光板34に向かう。

【0070】

20

ピックアップレンズ70は、回転蛍光板34と波長分離素子90との間の光路中に配置されており、波長分離素子90で反射された合成レーザー光Lcを略集光した状態で蛍光体42に入射させる。つまり、ピックアップレンズ70は、合成レーザー光Lcを集光させる集光光学系として機能するが、後述するように蛍光体42を経た混合光CLに対するコリメート光学系としても機能する。

【0071】

回転蛍光板34はいわゆる反射型の回転蛍光板である。回転蛍光板34は、モーター50により回転可能な板材44の一部に、蛍光体42が板材44の回転方向に沿って連続して形成されてなる。

【0072】

30

回転蛍光板34は、使用時において7500rpmで回転する。回転蛍光板34の片面には、同心で輪帯状の蛍光体42が設けられている。詳しい説明は省略するが、回転蛍光板34の直径は例えば50mmであり、回転蛍光板34に入射する励起光の光軸が回転蛍光板34の回転中心から約22.5mm離れた場所において蛍光体42を透過するよう構成されている。つまり、回転蛍光板34は、励起光の集光スポットが約18m/秒で蛍光体42上を移動するような回転速度で回転する。

【0073】

蛍光体42を支持する板材44は、石英ガラス、水晶、サファイア、光学ガラス、透明樹脂等の励起光を透過する透明な材料からなるものでもよく、金属等の励起光を透過しない不透明な材料からなるものでもよい。また、例えば誘電体多層膜からなるダイクロイック膜を蛍光体42と板材44との間に設けて蛍光体42から放射された光のうち板材44側へ向かう成分を波長分離素子90側へ反射させ光の利用効率を向上させるものとしてもよい。

40

【0074】

ピックアップレンズ70は、回転蛍光板34の蛍光体42から射出された混合光CLの拡がりを抑えて略平行化する。つまり、ピックアップレンズ70は、回転蛍光板34からの光である混合光CLに対してこれを平行化するコリメート光学系として機能する。

【0075】

ここで、波長分離素子90は、ピックアップレンズ70を経た混合光CLの成分のうちの一部をカットして光源光GLとして射出する。つまり、波長分離素子90は、蛍光体4

50

2を経た成分のうち、青色光の波長帯域の光を反射する。これにより、緑色光と赤色光とを含む黄色光が光源光GLとして射出される。

【0076】

なお、図示等を省略するが、例えば、光源装置104からの光源光GLと、別光源からの青色レーザー光とを合成させることで、カラー画像を形成可能にする白色光を形成する光源装置とすることができる。

【0077】

本実施形態においても、光合成部80において、45°より大きな角度で、第1の光であるレーザー光Laを入射させて透過し、45°より大きな角度で、第2の光であるレーザー光Lbを入射させて反射することで、高効率に光の合成を行うことができ、光源の大型化を抑制しつつ高輝度な光を形成できる。

【0078】

〔その他〕

以上実施形態に即して本発明を説明したが、本発明は、上記の実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0079】

上記では、蛍光体42は、モーター50により回転される板材40上に形成され、励起光の照射により生じた蛍光体42の熱は板材40の回転方向に沿った広い領域において放散し、蛍光体42の発熱による発光効率の低下を抑制しているが、発光効率の低下の恐れがない場合には、回転機構を設けずに蛍光体42を設置してもよい。

【0080】

また、例えば図1(B)では、板材40を円板としているが、板材40は円板に限られない。

【0081】

回転蛍光板に形成する蛍光体として、青色の励起光によって赤色光と緑色光を放射する例を説明したが、蛍光体はこのようなものに限定されない。例えば、紫色光又は紫外光を励起光として用い、該励起光によって赤色光、緑色光及び青色光の3つの色光を放射する蛍光体を用いてもよい。

【0082】

蛍光体として、1種類の蛍光体が板材の回転方向に沿って連続して形成される例を説明したが、蛍光体の構成はこれに限定されない。特許文献1の回転蛍光板のように、板材の回転方向に沿って複数種類の蛍光体を形成し、複数の色光を順次発光可能な構成としてもよい。回転蛍光板から順次発光された複数の色光は1つの光変調装置によって変調され、カラー画像を形成する。

【0083】

また、上記では、蛍光を発生させる蛍光体42が、合成光である合成レーザー光Lcを照射される対象物としているが、対象物は、蛍光体に限らず、例えば光を拡散させる拡散板であってもよい。

【0084】

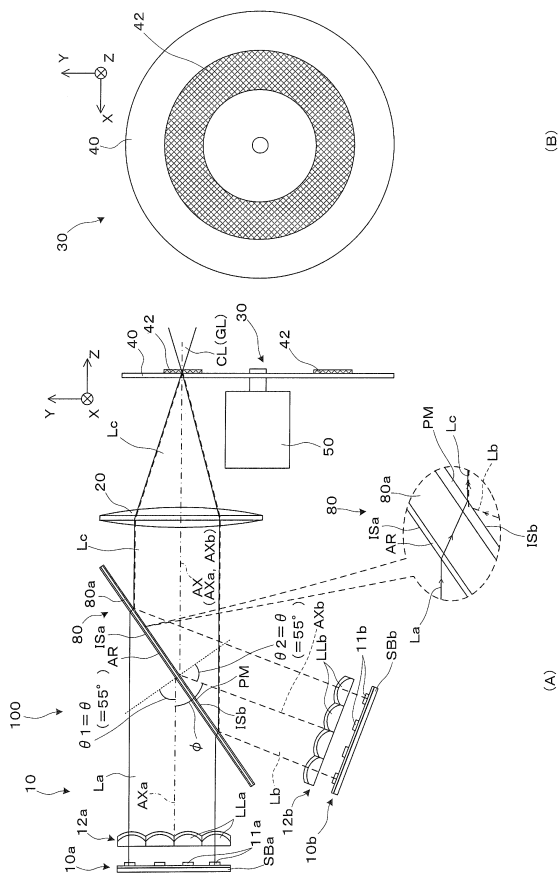
また、上記では、第1光源部10a及び第2光源部10bとして、レーザー光を射出させるレーザー光源としているが、光源は他の固体光源であってもよく、さらに、キセノンランプや水銀ランプであってもよい。たとえば、非偏光を射出するキセノンランプを第1光源部10aとして用いる場合、第1光源部10aは、第1光源部10aから射出される光をP偏光に変換するための偏光変換素子をさらに備える。また、非偏光を射出するキセノンランプを第2光源部10bとして用いる場合、第2光源部10bは、第2光源部10bから射出される光をS偏光に変換するための偏光変換素子をさらに備える。これにより、第1光源部10aから射出される光と第2光源部10bから射出される光とを高い効率で合成することができる。

【符号の説明】

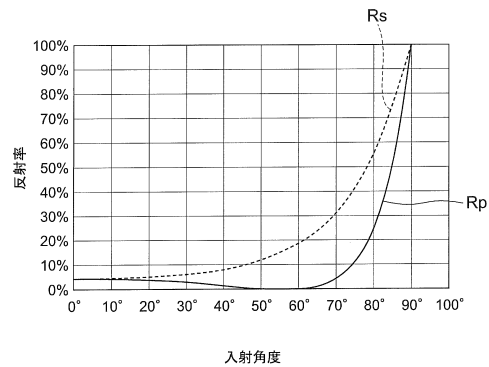
【 0 0 8 5 】

1 0 0 , 1 0 2 , 1 0 4 ... 光源装置、1 0 ... 光源、1 0 a ... 第 1 光源部、1 0 b ... 第 2 光源部、2 0 ... 集光レンズ、3 0 ... 回転蛍光板 (回転板)、4 0 ... 板材、4 2 ... 蛍光体 (波長変換素子)、5 0 ... モーター、6 0 ... ピックアップレンズ、8 0 ... 光合成部、9 0 ... 波長分離素子、1 1 0 ... 照明装置、4 0 0 R , 4 0 0 G , 4 0 0 B ... 光変調装置、6 0 0 ... 投射光学系、8 0 0 ... プロジェクター、L a , L b ... レーザー光、L c ... 合成レーザー光、C L ... 混合光

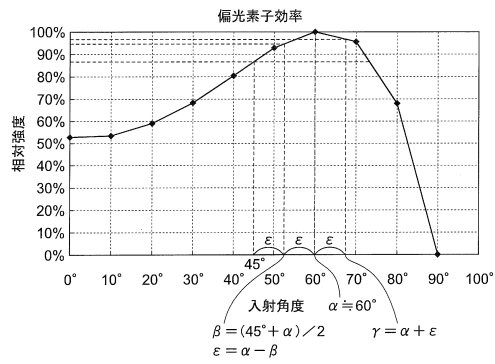
【 図 1 】



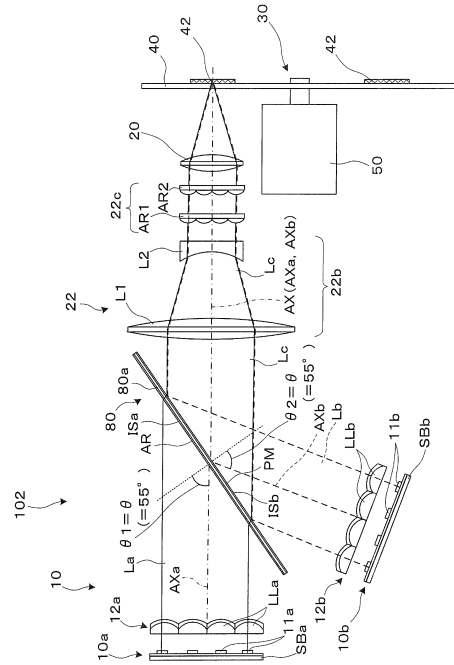
【 図 2 】



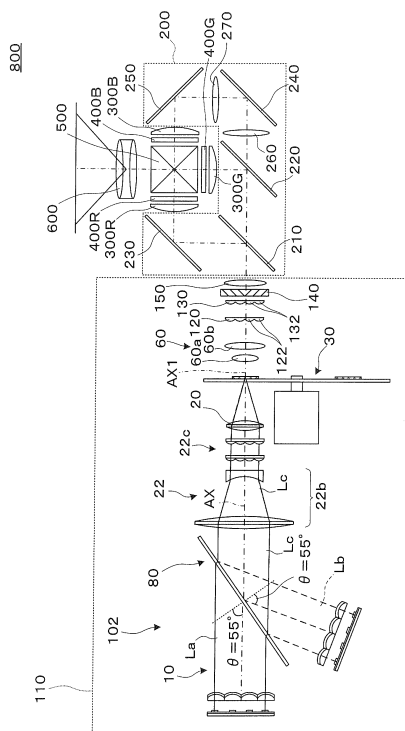
【 図 3 】



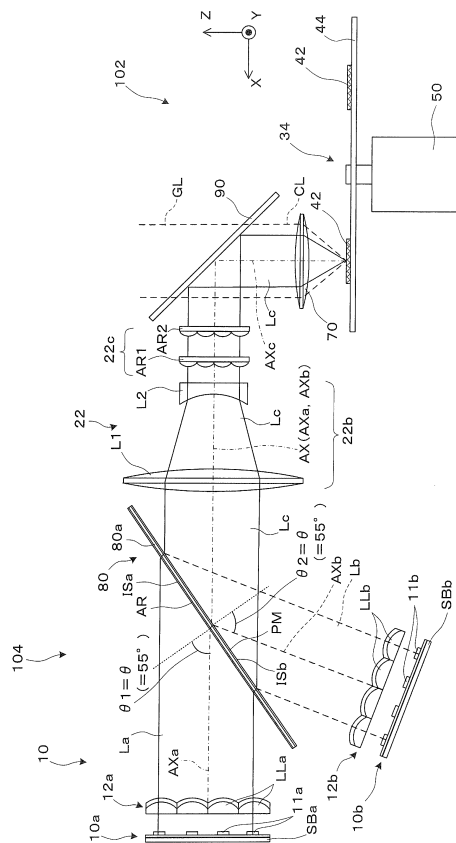
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

審査官 田辺 正樹

- (56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 5 8 5 0 2 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 1 8 1 1 0 (J P , A)
米国特許第 0 7 9 2 6 9 4 9 (U S , B 1)
国際公開第 2 0 1 2 / 0 0 4 9 5 9 (W O , A 1)
特開 2 0 0 8 - 1 8 1 0 7 4 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 8 7 9 0 8 (J P , A)
特開平 0 7 - 3 1 8 8 6 1 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 0 7 9 0 5 4 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 3 3 3 3 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 5 / 3 0、2 7 / 0 0 - 2 7 / 6 4
G 0 3 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 3 0、3 3 / 0 0 - 3 3 / 1 6