

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6790170号
(P6790170)

(45) 発行日 令和2年11月25日(2020.11.25)

(24) 登録日 令和2年11月6日(2020.11.6)

(51) Int.Cl.	F I
G03B 21/14 (2006.01)	G03B 21/14 A
G03B 21/00 (2006.01)	G03B 21/00 E
F21S 2/00 (2016.01)	F21S 2/00 340
F21V 9/35 (2018.01)	F21S 2/00 311
F21V 7/28 (2018.01)	F21V 9/35

請求項の数 7 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2019-86264 (P2019-86264)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成31年4月26日(2019.4.26)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(62) 分割の表示	特願2015-232534 (P2015-232534) の分割	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
原出願日	平成27年11月28日(2015.11.28)	(72) 発明者	川澄 健人 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内
(65) 公開番号	特開2019-140117 (P2019-140117A)	審査官	新井 重雄
(43) 公開日	令和1年8月22日(2019.8.22)		
審査請求日	令和1年5月22日(2019.5.22)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光源光学系およびこれを用いた投射型表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源からの光束を波長変換素子に導く光源光学系であって、
 複数の第1のレンズ面を備える第1のレンズ面アレイと、
 複数の第2のレンズ面を備え、前記第1のレンズ面アレイからの光束を受光する第2の
 レンズ面アレイと、
 前記第2のレンズ面アレイからの光束を前記波長変換素子に導くとともに、正のパワー
 を有する集光光学系と、
 前記第2のレンズ面アレイからの光束を、前記集光光学系を介して前記波長変換素子に
 導く導光面を備え、
 前記第2のレンズ面アレイからの光束の光束径は、前記集光光学系から前記導光面に導
 かれる光束の光束径よりも小さく、
 前記集光光学系の焦点距離を前記第2のレンズ面アレイから前記導光面に導かれる光束
 の光束径で除した値を励起光路のFナンバー F_{LD} 、前記波長変換素子上に形成される光
 源スポットの1辺の長さを d_{phos} とするとき、

【数 1】

$$1.0 < \left\{ \left(\frac{1}{F_{LD}} \right) \cdot d_{\text{phos}} \right\}^2 \quad [\text{mm}^2]$$

を満足することを特徴とする光源光学系。

【請求項 2】

10

前記集光光学系の焦点距離を前記集光光学系から前記導光面に導かれる光束の光束径で除した値を蛍光光路の F ナンバーとすると、前記励起光路の F ナンバーは前記蛍光光路の F ナンバーよりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の光源光学系。

【請求項 3】

前記蛍光光路の F ナンバーを F_{phos} 、前記励起光路の F ナンバーを F_{LD} とするとき、

【数 2】

$$0.4 < \frac{F_{\text{phos}}}{F_{LD}} < 0.6 \quad [\text{mm}^2]$$

20

を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の光源光学系。

【請求項 4】

前記導光面と、前記波長変換素子からの光束を波長に依らずに透過させる透過面とを有する導光素子をさらに備え、

前記導光面は、前記光源からの光束を反射して前記波長変換素子に導くとともに、前記波長変換素子からの光束のうち前記光源からの光束とは波長が異なる光束を前記光源とは異なる方向に透過させるダイクロイック面であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の光源光学系。

30

【請求項 5】

前記導光面と、前記波長変換素子からの光束を波長に依らずに反射する反射面とを有する導光素子をさらに備え、

前記導光面は、前記光源からの光束を透過させて前記波長変換素子に導くとともに、前記波長変換素子からの光束のうち前記光源からの光束とは波長が異なる光束を反射して前記光源とは異なる方向に導くダイクロイック面であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の光源光学系。

【請求項 6】

【数 3】

40

$$1.0 < \left\{ \left(\frac{1}{F_{LD}} \right) \cdot d_{\text{phos}} \right\}^2 < 4.0 \quad [\text{mm}^2]$$

をさらに満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の光源光学系。

【請求項 7】

前記光源と、

前記光源からの光束の進行方向に設けられた正レンズと、

前記波長変換素子と、

50

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の光源光学系と、
 光変調素子と、
 前記光源光学系からの光束を用いて前記光変調素子を照明する照明光学系と、
 前記光源光学系からの光束を前記光変調素子に導くとともに、前記光変調素子からの光束を投射光学系に導く色分離合成系を備えることを特徴とする投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光源光学系およびこれを用いた投射型表示装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

近年、高出力レーザーダイオード（以後、LD）から発する光束を励起光として蛍光体に照射し、波長変換された蛍光光を光源光として用いるプロジェクターが開発されている。このようなプロジェクターではLDの個数を増やしたり、出力を上げたりすることによりプロジェクターとしての明るさを上げることが可能である。

【0003】

しかしながら、明るさを上げるために蛍光体への入射光の強度を高めると、蛍光体面上に形成される光源スポットの光密度が高くなる。その結果、輝度飽和現象によって光変換効率が下がるといった問題が生じ、LDの出力上昇に比例した明るさを得ることができない。

20

【0004】

このような問題を解決する技術として特許文献1に記載の技術が知られている。特許文献1は、複数のLDからの光束を圧縮する光学系の後に2枚のフライアイレンズを設ける構成を開示している。このような構成によって蛍光体上に形成される光源スポットの光密度を均一にして光密度が極端に高くなる領域が出来てしまうことを抑制し、前述の光変換効率の低下を抑制することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-118110号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年は、蛍光体の光変換効率の低下のさらなる抑制が求められている。

【0007】

そこで、本発明は、波長変換素子の光変換効率の低下を抑制することが可能な光源光学系およびこれを用いた投射型表示装置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】

【0008】

光源からの光束を波長変換素子に導く光源光学系であって、
 複数の第1のレンズ面を備える第1のレンズ面アレイと、
 複数の第2のレンズ面を備え、前記第1のレンズ面アレイからの光束を受光する第2のレンズ面アレイと、

40

前記第2のレンズ面アレイからの光束を前記波長変換素子に導くとともに、正のパワーを有する集光光学系と、

前記第2のレンズ面アレイからの光束を、前記集光光学系を介して前記波長変換素子に導く導光面を備え、

前記第2のレンズ面アレイからの光束の光束径は、前記集光光学系から前記導光面に導かれる光束の光束径よりも小さく、

前記集光光学系の焦点距離を前記第2のレンズ面アレイから前記導光面に導かれる光束

50

の光束径で除した値を励起光路のFナンバー F_{LD} 、前記波長変換素子上に形成される光源スポットの1辺の長さを d_{phos} とすると、

【数1】

$$1.0 < \left\{ \left(\frac{1}{F_{LD}} \right) \cdot d_{phos} \right\}^2 \quad [mm^2]$$

10

を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、波長変換素子の光変換効率の低下を抑制することが可能な光源光学系およびこれを用いた投射型表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の第1実施例で示す光源装置の構成説明図

【図2】ダイクロイックミラーの構成説明図

【図3】レンズアレイによるレーザー光束の均一化を示す図

20

【図4】光束径の定義を示す図

【図5】本発明の第1実施例で用いるレンズアレイと光源像の関係説明図

【図6】アフォーカル系を通ることによる角度ばらつきの変化を示す図

【図7】励起光路と蛍光光路のFナンバーの関係を示す図

【図8】本発明の第2実施例で示す光源装置の構成説明図

【図9】本発明の各実施例で示す光源装置を搭載可能なプロジェクターの構成説明図

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に図面を参照して、この発明の好適な実施の形態を例示的に説明する。ただし、この実施の形態に記載されている構成部品の相対配置などは、この発明が適用される装置の構成や各種条件により適宜変更されるべきものである。すなわち、本発明は後述の実施の形態に限定されず、その要旨の範囲内で様々な変形及び変更が可能である。

30

【0012】

以下に、本発明の実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【0013】

〔第1実施例〕

(光源光学系および光源装置の構成)

図1は、本発明の第1実施例としての光源装置の構成を示す構成図である。図1において後述の集光レンズユニット8の光軸と平行な方向をX軸方向とし、X軸方向および後述のダイクロイックミラー7の法線に平行な面がXZ断面になるような方向をZ軸方向とし、X軸方向およびZ軸方向と直交する方向をY軸方向とする。つまり、図1は、図面内に図示されている座標軸にあるようにXZ断面の図になっている。

40

【0014】

本実施例で示す光源装置は、光源1とコリメータレンズ2と蛍光体9と光源光学系とを備えている。ここでいう光源光学系は、マイクロレンズアレイ63、ダイクロイックミラー7(導光素子)、集光レンズユニット8(集光光学系)と、導光光学系のことをいう。導光光学系とは、ひとつひとつ異なる曲率半径及び頂点座標を有する放物面からなる複数のミラーからなる放物ミラーアレイ3と、平面ミラー4と、凹レンズ5のことをいう。

【0015】

(光源1から照明光学系までの光路)

50

光源 1 は青色光を発する LD である。光源 1 から射出された光束は発散光束であり、光源 1 からの光束の進行方向には光源 1 と同数のコリメータレンズ 2 が設けられている。コリメータレンズ 2 は光源 1 からの発散光束を平行光束にする正レンズである。

【 0 0 1 6 】

コリメータレンズ 2 を射出した後の複数の光束は Z 軸方向に向けて進行したのち放物ミラーアレイ 3 によって互いの距離を縮めながら平面ミラー 4 へ向かう。平面ミラー 4 によって反射された光束は凹レンズ 5 に入射する。凹レンズ 5 は、その焦点位置を放物ミラーアレイ 3 の焦点と共有しているため、凹レンズ 5 は平行光束として光束を射出する。

【 0 0 1 7 】

凹レンズ 5 を射出した平行光束は、マイクロレンズアレイ 6 3 の面のうち凹レンズ 5 側の面である第 1 のレンズ面アレイ 6 1 に入射し、複数の光束に分割されて第 2 のレンズ面アレイ 6 2 に入射する。つまり、第 2 のレンズ面アレイ 6 2 は第 1 のレンズ面アレイ 6 1 からの光束を受光する位置に設けられている。

【 0 0 1 8 】

第 2 のレンズ面アレイ 6 2 を射出した分割光束は、ダイクロイックミラー 7 により反射されて集光レンズユニット 8 に向かう。ダイクロイックミラー 7 は第 2 のレンズ面アレイ 6 2 からの光束を反射する必要最小限の大きさになっており、その表面には光源 1 からの青色光は反射するが、後述の蛍光光の波長は透過する特性の誘電体多層膜（ダイクロイック膜）がコーティングされている。

【 0 0 1 9 】

（ダイクロイックミラー 7 の構成）

ダイクロイックミラー 7 の詳細な構成は図 2 に示すとおりである。図 1 に示したダイクロイックミラー 7 は図 2 (a) に示す構成になっている。具体的には、光源 1 からの青色光を反射して緑色光および赤色光を含む蛍光光を透過させる導光面であるダイクロイック面 7 1 の y 軸方向左右に、波長に依らずに光を透過させる透過面 7 2 が設けられた構成になっている。

【 0 0 2 0 】

なお、ダイクロイックミラー 7 は図 2 (a) に示す構成に限定されず、例えば図 2 (b) に示すように、ダイクロイック面 7 1 の周囲に透過面 7 2 が設けられている構成などであってもよい。さらに、ダイクロイック面 7 1 の少なくとも一辺が透過面 7 2 のある一辺と重なっている構成であってもよく、透過面 7 2 は透明な基板上の面であっても、反射防止コーティングが施された面であってもよい。

【 0 0 2 1 】

また、ダイクロイック面 7 1 の法線が、ダイクロイック面 7 1 の法線と平行で集光レンズユニット 8 の光軸を含む断面に含まれない場合、この断面にダイクロイック面 7 1 を垂直に投影した面で後述の幅 D_d を定義すればよい。

【 0 0 2 2 】

ダイクロイックミラー 7 で反射された分割光束は正のパワーを有する集光レンズユニット 8 によって蛍光体 9 上に集光および重畳される。その結果、蛍光体 9 上に光源スポットが形成される。蛍光体 9 上に形成される光源スポットは、第 1 のレンズ面アレイ 6 1 の各レンズセル（レンズ面）と共役であるため、矩形で均一な分布になっている。

【 0 0 2 3 】

（蛍光体 9 の光変換効率の低下を抑制する構成）

ここで、図 3 を用いてマイクロレンズアレイ 6 3 を設けることで蛍光体 9 の光変換効率の低下を抑制することが可能な理由について説明する。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、図 1 に示した第 1 レンズ面アレイ 6 1、第 2 レンズ面アレイ 6 2、集光レンズユニット 8、蛍光体 9 の光学的関係を簡略化して示した図である。第 1 のレンズ面アレイ 6 1 は $6 1'$ 、第 2 のレンズ面アレイ 6 2 は $6 2'$ 、集光レンズユニット 8 は $8'$ 、蛍光体 9 は $9'$ にそれぞれ対応している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

蛍光体 9' は第 2 のレンズ面アレイ 6 2' と集光レンズユニット 8' によって第 1 のレンズアレイ 6 1' の各レンズセルと略共役の位置に配置されており、第 1 のレンズ面アレイ 6 1' と蛍光体 9' 面は結像関係にある。したがって、蛍光体 9' 上には第 1 のレンズ面アレイ 6 1' の各レンズセル上に形成されている光分布に対応した光源像が形成される。また、その像の大きさはレンズセルのピッチ（レンズセルの幅）と結像系の倍率によって決まる。さらに、各レンズセル上に形成されている光源像は集光レンズユニット 8' を介して蛍光体 9' 上で重畳するように配置されている。

【 0 0 2 6 】

図 3 左側に示すように第 1 のレンズ面アレイ 6 1' に入射する光束が不均一な輝度分布を持っていたとしても、上記理由から各レンズセル上に形成される光分布はレンズセル数だけ平均化される。このため、図 3 右側に示すように蛍光体 9' 面上では均一な分布の光源像を形成することができる。

10

【 0 0 2 7 】

説明を図 1 に戻すと、凹レンズ 5 によって平行光化された光束は第 1 のレンズ面アレイ 6 1' に入射した時点では、各光源 1 からの光束が間隔をあけて並んだ離散的な光分布である。しかしながら、上記の経路により分割および重畳されることによって、蛍光体 9' 上で第 1 のレンズ面アレイ 6 1' の各レンズセル形状と相似形で均一な光分布の光源像を形成する。このため、蛍光体 9' 上において光源 1 からの光束が 1 点へ集中することを抑制し、輝度飽和現象による発光効率の低下を抑制することができる。

20

【 0 0 2 8 】

（小型化を実現する構成）

蛍光体 9' に入射した光源 1 からの青色光は、赤色光および緑色光のスペクトルを主とする蛍光光（変換光）に変換される。蛍光体 9' は、高反射率のアルミ基板上に蛍光体層を塗布して形成されており、青色光から蛍光変換された蛍光光はアルミ基板で集光レンズユニット 8' へ向かって反射される。また、一部の青色光は蛍光変換されることなく同じ波長のままアルミ基板で反射される。

【 0 0 2 9 】

こうして赤色光および緑色光を含む蛍光光と非変換の青色光で構成される白色光束が蛍光体 9' から射出され、集光レンズユニット 8' によって集光および平行光化され不図示の照明光学系に向かう。

30

【 0 0 3 0 】

このとき、集光レンズユニット 8' からの白色光束の光束径に対して、ダイクロイックミラー 7' の幅、より詳細にはダイクロイック面 7 1' の幅が十分に大きい場合を考える。この場合、ダイクロイック面 7 1' を通る白色光束のうち青色光はダイクロイック面 7 1' で反射されて光源 1 側に戻ってしまい、照明光学系へ向かうことができない。

【 0 0 3 1 】

つまり、ダイクロイック面 7 1' の幅が大きいほど青色光を減損することになってしまう。このような青色光の減損に対する解決手段として特許文献 1 に記載のように、励起光を発する光源 1 とは別に青色光源を備えた構成が考えられるが、この構成では装置全体が大型化してしまう。そこで、本実施例においては減損される青色光を極力減じるために、ダイクロイックミラー 7' の面積をできるだけ小さくすることを考えた。

40

【 0 0 3 2 】

具体的には、本実施例においてはダイクロイック面 7 1' の幅 D_d と集光レンズユニット 8' の幅 D_c を次の条件を満たすように設定している。すなわち、ダイクロイックミラー 7' の法線と平行で集光レンズユニット 8' の光軸を含む断面（XZ 断面）での集光レンズユニット 8' の光軸と直交する方向（Z 軸方向）において、ダイクロイック面 7 1' の幅 D_d は集光レンズユニット 8' の幅 D_c よりも狭い。

【 0 0 3 3 】

このような構成では、集光レンズユニット 8' からの白色光束のうちダイクロイック面 7

50

1を通る光束に含まれる青色光は光源1側に戻ってしまうが、ダイクロイックミラー7を通らない光束はそのまま照明光学系に導かれる。つまり、励起光用の光源とは別に青色光源とその周辺の光学系を設けなくても白色光束を照明光学系に導くことが可能となり、小型な光源光学系を実現することができる。

【0034】

なお、ダイクロイックミラー7が図2(a)に示した構成である場合には、ダイクロイックミラー7のZ軸方向の幅を D_d と定義すればよい。一方、図2(b)に示した構成のように、XZ断面にダイクロイック面71以外にも透過面72が存在する場合には、ダイクロイック面71のZ軸方向の幅を D_d としてもよい。

【0035】

(光束径の定義)

幅 D_d を幅 D_c よりも狭くすることは、光束径を用いてマイクロレンズアレイ63から射出する励起光の光束径 D_{LD} を集光レンズユニット8からの白色光束の光束径 D_{phos} よりも小さくすることと言い換えることができる。ここでいう光束径の定義について図4を用いて説明する。

【0036】

図4(a)は第2のレンズ面アレイ62上に形成される励起光の光源像の輝度断面図を示している。前述のとおり、第2のレンズアレイ62面上には第1のレンズアレイ61面で分割された光束が集光され、集光点ではLDの発光点の像が形成される。

【0037】

したがって、図4(a)に示す輝度断面図は、第1のレンズ面アレイ61のレンズセルピッチに対応した数の輝度ピークが並んだ離散的な分布となっている。この場合、マイクロレンズアレイ63からの励起光の光束径 D_{LD} は、輝度断面の包絡線Eにおける半値半幅、すなわち最大輝度Iの1/2の輝度が得られる幅とする。

【0038】

一方、図4(b)には集光レンズユニット8からの白色光束の光分布の輝度断面図を示す。蛍光体9からの蛍光光は全方位に発光する一方、蛍光体9の表面から面発光をするので完全拡散面光源ととらえることもできる。したがって、蛍光光束の輝度断面は光軸近傍で一番輝度が強く、集光レンズユニット8による蛍光光の取り込み角度の余弦に対応して光軸から離れるに従って輝度が弱くなっているが、集光レンズの有効径で決まる取り込み角の限界点で輝度が0になっている。この場合、蛍光光の光束径つまり集光レンズユニット8からの白色光束の光束径 D_{phos} は輝度が0になる位置の幅とする。

【0039】

以上より、本実施例の構成によって蛍光体の光変換効率の低下を抑制することができる。さらに、光源装置の小型化も達成することができる。

【0040】

(励起光の光束径を小さくすることによる課題)

ここで、前述のダイクロイックミラー7が大きいことによる青色光の減損を抑制するために、ダイクロイックミラー7の面積を更に小さくすることを考える。ダイクロイックミラーの面積を更に小さくする場合には第2のレンズ面アレイ62から射出される励起光の光束径を更に小さくする必要がある。しかしながら、励起光の光束径を小さくすると次のような課題が生じる。以下、図5および図6を用いてその課題について説明する。

【0041】

図5は本実施例における第1および第2のレンズ面アレイ61、62を拡大して図示したものである。図5(a)のように第1のレンズ面アレイ61によって分割された平行光束は、第1のレンズ面アレイ61の各レンズセルによってそれぞれ対応した第2のレンズ面アレイ62の各レンズセルに集光する。この結果、第2のレンズ面アレイ62の各レンズセルには、光源1の光源像が形成される。

【0042】

仮に、この光源像の大きさがレンズセルのピッチよりも大きくなると、対応したレンズ

10

20

30

40

50

セルに対して隣接したレンズセルに光束の一部が入射してしまう。このような成分は蛍光体 9 上で所定の光源スポットの位置に対して隣接した位置に結像されてしまい、後段に配置される照明光学系中の光学素子でけられてしまって有効に利用されない光、つまり損失となる。その結果、光利用効率を落とすことになる。

【 0 0 4 3 】

一方、図 5 (b) には前述のようにダイクロイックミラー 7 の面積を小さくするために、励起光の光束径をより小さくした場合を示す。図 5 (b) では第 2 のレンズ面アレイ 6 2 の各レンズセルに形成される光源像がレンズセルの大きさを超えてしまい、上記のような対応するレンズセルに対して隣接したレンズセルに光束が入射することによって光利用効率がより低下してしまう。これは第 1 のレンズ面アレイ 6 1 に入射する励起光の光束径を小さくすることで、励起光束の平行光束としての角度ばらつきが大きくなっているためである。

10

【 0 0 4 4 】

(励起光の光束径の角度ばらつき)

図 6 を用いてその原理を説明する。図 6 は光源 1 から凹レンズ 5 までの各光学素子の光学的関係を簡略化して示した図である。1' は光源 1、2' および 3' は正のパワーを持つ素子でそれぞれコリメータレンズ 2 と放物ミラーアレイ 3 の各ミラーに対応している。5' は負のパワーを持つ素子で凹レンズ 5 を示している。

【 0 0 4 5 】

前述のように放物ミラーアレイ 3 と凹レンズ 5 はその焦点を共有しており、所謂アフォーカル系を形成している。従って、両者に対応する素子 3' と 5' もアフォーカル系 A を形成する。光源 1' を射出した光はコリメータレンズ 2' によって平行光化され、アフォーカル系 A に入射し、所定の倍率で光束が圧縮される。

20

【 0 0 4 6 】

このとき、光源 1' の発光点が無限に小さければコリメータレンズ 2' によって完全な平行光になるが、LD の発光点は有限の大きさを持っているので、その大きさに対応した角度ばらつき θ_1 を有する平行光束となる。なお、角度ばらつき θ_1 はコリメータレンズ 2' の焦点距離 $f_{c.o.l.i}$ と発光点の大きさ L を用いて $\theta_1 = \arctan(L / f_{c.o.l.i})$ で表わされる。

【 0 0 4 7 】

このようにアフォーカル系 A に入射する平行光束は発光点の有限の大きさに対応した角度ばらつき θ_1 を有するが、平行光がアフォーカル系 A に入射して光束径が変化する際に角度ばらつきが θ_2 へ変化する。今、アフォーカル系 A の入射前後の平行光束の径をそれぞれ、 D_1 、 D_2 とすると、角倍率の関係より以下の式が成り立つ。

30

【 0 0 4 8 】

【 数 2 】

$$\frac{\tan \theta_2}{\tan \theta_1} = \frac{D_1}{D_2} \quad (= \gamma) \quad (1)$$

40

【 0 0 4 9 】

ここで γ は角倍率である。前述の第 1 のレンズ面アレイ 6 1 に入射する励起光の光束径をより小さくすることは、アフォーカル系 A から射出する光束径 D_2 をより小さくすることに等しい。光束径 D_2 を小さくすると角倍率 γ が大きくなり、これにしたがい左辺の項の数値が大きくなるので θ_2 が大きくなる。

【 0 0 5 0 】

したがって、アフォーカル系から出射する光束の径を小さくすると角度バラツキ θ_2 が大きくなり、その後段では第 1 のレンズ面アレイ 6 1 へ入射する平行光束の角度ばらつき θ_2 も大きくなる。すると、図 5 (b) に示したように第 2 のレンズ面アレイ 6 2 上の光

50

源像の大きさが大きくなる。つまり、青色光の減損を抑制する目的でダイクロミックミラー7の面積を小さくして励起光の光束径を小さくしすぎると、第2のレンズ面アレイ62に形成される光源像の大きさがレンズセルのピッチよりも大きくなって光利用効率が低下するため好ましくない。

【0051】

ここで、蛍光体9上に形成される光源スポットを小さくする場合を考える。これは、蛍光体9と結像関係にある第1のレンズ面アレイ61のレンズセルのピッチを小さくすることを意味する。第1のレンズ面アレイ61のレンズセルのピッチを小さくするのに合わせて第2のレンズ面アレイ62のレンズセルのピッチも小さくすると、レンズセルの大きさに対する光源像の大きさが相対的に大きくなる。その結果、上記と同様に光利用効率が低下してしまうため好ましくない。

10

【0052】

(より好ましい形態)

このような損失を抑制しつつ本実施例の構成をとるためには、励起光路の光束径と蛍光体9上の光源スポットの大きさが下記の条件であることが望ましい。なお、下記の説明では集光レンズユニット8の焦点距離 f_c を光束径で除した値をFナンバーとし、光束径をFナンバーで代用して説明しているが、その理由は次のとおりである。

【0053】

本実施例における集光レンズユニット8の焦点距離は $f_c = 15 \text{ mm}$ であるが、集光レンズユニット8の焦点距離は設計自由度がある。このため、照明光学系中の各光学素子の有効径が大きい場合はその分焦点距離を比例倍して、取り込み角度を維持したまま蛍光光の光束径を大きくしてもよい。この場合、集光レンズの焦点距離に比例して励起光の光束径も変化してしまうが、各光束径を集光レンズの焦点距離で除することにより、光束径を一般化できるので計算上都合が良い。

20

【0054】

本実施例における集光レンズユニット8からの白色光束の光束径を $D_{phos} = 30 \text{ mm}$ とすると、 $f_c = 15 \text{ mm}$ であるためにFナンバーは、

【0055】

【数3】

$$F = \frac{f_c}{D_{phos}} = 0.5 \quad (2)$$

30

【0056】

である。一方、マイクロレンズアレイ63からの励起光の光束径を $D_{LD} = 15 \text{ mm}$ するとFナンバーは、

【0057】

【数4】

$$F = \frac{f_c}{D_{LD}} = 1.0 \quad (3)$$

40

【0058】

である。

【0059】

つまり、本実施例においては、図7(a)に示すように蛍光光が集光レンズユニット8によって集光される光路である蛍光光路のFナンバーに対して、励起光が蛍光体9に集光される光路である励起光路のFナンバーは大きい。

【0060】

50

仮に、蛍光光路のFナンバーと励起光路のFナンバーがほぼ等しい場合を考える。この場合は図7(b)に示すように、集光レンズユニット8からの非変換光の全てあるいはほとんどがダイクロイックミラー7によって反射されて照明光学系に導かれずに損失が増大するため好ましくない。したがって、図7(a)に示す関係であることが好ましい。

【0061】

より好ましくは、条件式(2)で定義される蛍光光路のFナンバーを F_{phos} とし、条件式(3)で定義される蛍光光路のFナンバーを F_{LD} とすると、光源光学系は、

【0062】

【数5】

$$0.4 < \frac{F_{phos}}{F_{LD}} < 0.6 \quad (4)$$

10

【0063】

を満足するとよい。

【0064】

条件式(4)の下限値を逸脱することは励起光路のFナンバー F_{LD} を大きくする、つまり励起光の光束径 D_{LD} を小さくすることを意味する。励起光の光束径 D_{LD} を小さくしすぎると、前述の通り第2のレンズ面アレイ62に形成される光源像の大きさがレンズセルのピッチよりも大きくなって光利用効率が低下するため好ましくない。

20

【0065】

一方、条件式(4)の上限値を逸脱することは、蛍光光路のFナンバー F_{phos} と励起光路のFナンバー F_{LD} が近くなることを意味し、この場合は図7(b)に示したように損失が増大するために好ましくない。

【0066】

また、本実施例においては8個のLDをユニット化したものを計4ユニット、つまり計32個のLDを光源として用いており、蛍光体9上に形成される光源スポットは1辺約1.0~1.5mmの略正方形形状である。これは、前述の通り蛍光体9上の光源スポットの光密度が高くなると、輝度飽和現象によって光変換効率が下がる、あるいは蛍光体9がより早く劣化してしまうためである。

30

【0067】

仮に蛍光体9上の光源像を小さくする、つまりレンズアレイのピッチをさらに小さくすると、レンズセルに形成される光源像の大きさは変わらずに、対応するレンズセルの外形が相対的に小さくなるので前述の光利用効率の低下が生じるために好ましくない。

【0068】

上記の関係を考慮して励起光路のFナンバーを F_{LD} 、光源スポットの1辺の長さを d_{phos} とすると、光源光学系は下記の条件式を満足することが好ましい。

【0069】

【数6】

$$1.0 < \left\{ \left(\frac{1}{F_{LD}} \right) \cdot d_{phos} \right\}^2 \quad [mm^2] \quad (5)$$

40

【0070】

上記の条件式(5)は、本実施例のように励起光路のFナンバー F_{LD} が1.0の場合には光源スポットの面積が $1.0mm^2$ よりも大きい方が好ましいことを意味している。これは、前述の通り蛍光体9上の光源スポットの光密度の増大によって光変換効率の低下といった問題が生じるためである。

50

【0071】

さらに条件式(5)は、光源スポットの面積が1.0mm²よりも大きい場合には、励起光路のFナンバーF_{LD}を大きくする、つまり励起光の光束径D_{LD}を小さくすることを意味する。これにより、ダイクロイックミラー7の面積を小さくして集光レンズユニット8からの非変換光をより多く照明光学系に導くことが可能となる。

【0072】

ただし、励起光の光束径D_{LD}を小さくしすぎる、つまり励起光路のFナンバーF_{LD}を大きくしすぎると、条件式(5)の下限値を逸脱してしまう。励起光の光束径D_{LD}を小さくしすぎると前述の通り第2のレンズ面アレイ62に形成される光源像の大きさがレンズセルのピッチよりも大きくなって光利用効率が低下するため好ましくない。

10

【0073】

ただし、光源スポットの面積が大きすぎると点光源としての性能が低下してしまう。さらに励起光路のFナンバーF_{LD}が小さすぎると、つまり励起光の光束径D_{LD}が大きすぎるとダイクロイックミラー7が大型化してしまい、集光レンズユニット8からの非変換光を照明光学系に導くことが困難になってしまう。このため、光源光学系は、

【0074】

【数7】

$$1.0 < \left\{ \left(\frac{1}{F_{LD}} \right) \cdot d_{phos} \right\}^2 < 4.0 \quad [mm^2] \quad (5a)$$

20

【0075】

を満足するとより好ましい。

【0084】

本実施例では、条件式(5)を満たすことで光源スポットの大きさと励起光のFナンバーF_{LD}、つまり励起光の光束径D_{LD}とを適切な関係に設定している。これにより、蛍光体9上の光源スポットの光密度による影響を抑制しつつ、ダイクロイックミラー7の大型化を抑制することで、集光レンズユニット8からの非変換光をより多く照明光学系に導くことが可能となる。さらに、励起光の光束径D_{LD}を小さくしすぎることによって第2

30

【0096】

なお、本発明の数値実施例は下記の通りである。

【0097】

【表1】

(表1)

数値実施例	f _c [mm]	D _{LD} [mm]	F _{LD}	D _{phos} [mm]	F _{phos}	F _{phos} /F _{LD}	d _{phos} [mm]	N	S _{LA} [mm ²]	f _{LA} [mm]	条件式(10)計算結果[mm ²]
1	15.0	15.0	1.0	30.0	0.5	0.5	1.1	961	0.23	6.5	1.21
2	15.0	15.0	1.0	30.0	0.5	0.5	1.5	529	0.42	6.5	2.24
3	15.0	15.0	1.0	30.0	0.5	0.5	1.0	1156	0.19	6.5	1.03
4	15.0	15.0	1.0	30.0	0.5	0.5	2.0	289	0.76	6.5	3.92
5	15.0	15.0	1.0	30.0	0.5	0.5	0.5	4624	0.05	6.5	0.26
6	15.0	29.0	0.5	30.0	0.5	1.0	1.0	4225	0.19	6.5	3.75
7	15.0	7.5	2.0	30.0	0.5	0.3	1.0	289	0.19	6.5	0.26

40

【0098】

〔第2実施例〕

図8は本発明の第2実施例としての光源装置の構成を示す図である。前述の第1実施例と本実施例との違いは、ダイクロイックミラー7の構成と、ダイクロイックミラー7に対する集光レンズユニット8および蛍光体9の位置関係である。

【0099】

前述の第1実施例におけるダイクロイックミラー7は、光源1からの励起光を反射して

50

蛍光体 9 からの蛍光光を透過させる特性のダイクロイック面 7 1 と、波長によらずに光を透過させる透過面 7 2 とを備えた構成だった。

【 0 1 0 0 】

一方、本実施例におけるダイクロイックミラー 7 は、光源 1 からの励起光を透過させて蛍光体 9 からの蛍光光を反射する特性のダイクロイック面 7 3 と、波長によらずに光を反射する反射面 7 4 を備えた構成である。このような構成のダイクロイックミラー 7 を用いる場合には、光源 1 からの光束を進む方向にダイクロイックミラー 7、集光レンズユニット 8、蛍光体 9 が並んでいる必要がある。

【 0 1 0 1 】

このような構成であっても、励起光用の光源とは別に青色光を設けなくても白色光束を照明光学系に導くことが可能となり、小型な光源光学系を実現することができる。さらに、マイクロレンズアレイ 6 3 によって蛍光体 9 の光変換効率の低下を抑制することができる。

【 0 1 0 2 】

〔 第 3 実施例 〕

図 9 は第 1 実施例で示した光源光学系および光源装置を搭載したプロジェクター（投射型表示装置）の構成を示す図である。

【 0 1 0 3 】

1 0 0 は第 1 実施例で示した光源装置である。もちろん、第 2 実施例で示した光源装置を図 9 中の光源装置 1 0 0 として用いても良い。

【 0 1 0 4 】

2 0 0 は光源装置 1 0 0 からの光束を用いて後述の液晶パネル 2 0（光変調素子）を照明する照明光学系である。照明光学系 2 0 0 は、第 3 のフライアイレンズ 1 3 a、第 4 のフライアイレンズ 1 3 b、偏光変換素子 1 4、コンデンサーレンズ 1 5 を備えている。

【 0 1 0 5 】

光源装置 1 0 0 からの光束は第 3 のフライアイレンズ 1 3 a によって複数の光束に分割して第 4 のフライアイレンズ 1 3 b と偏光変換素子 1 4 との間に光源像を形成する。偏光変換素子 1 4 は入射した光束の偏光方向を所定の方向に揃えるように構成されており、偏光変換素子 1 4 からの光束はコンデンサーレンズ 1 5 によって色分離合成部 3 0 0 に導かれる。

【 0 1 0 6 】

色分離合成部 3 0 0 は、偏光板 1 6、ダイクロイックミラー 1 7、波長選択性位相差板 1 8、赤色用液晶パネル 2 0 r、緑色用液晶パネル 2 0 g、青色用液晶パネル 2 0 b を備えており、各液晶パネル 2 0 r、2 0 g、2 0 b をまとめて液晶パネル 2 0 とする。さらに、赤色用 / 4 板 1 9 r、緑色用 / 4 板 1 9 g、青色用 / 4 板 1 9 b、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 1 a、第 2 の偏光ビームスプリッター 2 1 b、合成プリズム 2 2 を備えている。赤色用 / 4 板 1 9 r、緑色用 / 4 板 1 9 g、青色用 / 4 板 1 9 b をまとめて / 4 板 1 9 とする。また、色分離合成部 3 0 0 のうち液晶パネル 2 0 を除く部分を色分離合成系とする。

【 0 1 0 7 】

偏光板 1 6 は偏光変換素子 1 4 によって整えられた偏光方向の光のみを透過する偏光板であり、ダイクロイックミラー 1 7 によって偏光板 1 6 からの光のうち青色光および赤色光は第 2 の偏光ビームスプリッター 2 1 b の方向に導かれる。一方、緑色光は第 1 の偏光ビームスプリッター 2 1 a の方向に導かれる。

【 0 1 0 8 】

第 1 の偏光ビームスプリッター 2 1 a および第 2 の偏光ビームスプリッター 2 1 b は偏光方向に応じてダイクロイックミラー 1 7 からの光を液晶パネル 2 0 に導くとともに、液晶パネル 2 0 からの光を合成プリズム 2 2 へ導くように構成されている。また、 / 4 板 1 9 は、液晶パネル 2 0 での反射による往復において / 2 の位相差を与えることで、検光効果を高める作用を有する。

10

20

30

40

50

【0109】

合成プリズム22は、第2の偏光ビームスプリッター21aからの青色光および赤色光と、第2の偏光ビームスプリッター21bからの緑色光を合成して投射光学系23へ導く。

【0110】

このような構成により、図8に示すプロジェクターはカラー画像をスクリーン等の被投射面に投射することが可能となる。

【0111】

なお、光源装置100、照明光学系200、色分離合成部300、投射光学系23の互いの位置関係は図8に示す関係でなくてもよい。具体的には、図8においては集光レンズユニット8の光軸、コンデンサーレンズ15の光軸、液晶パネル20の面法線、投射レンズ23の光軸の全てが同一の面内に存在している。しかしながら、必ずしも各軸は同一の面内に存在している必要はなく、ミラーなどを用いて軸によって存在する面が異なるように適宜変更してもよい。

10

【0112】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0113】

(他の実施形態)

前述の各実施例においては、マイクロレンズアレイ63の凹レンズ5側の面が第1のレンズ面アレイ61であり、ダイクロイックミラー7側の面が第2のレンズ面アレイ62である構成を例示した。このような構成は、両レンズ面アレイの相対的なズレを抑制することができるために好ましい。

20

【0114】

しかしながら、本発明は上記の構成に限定されず、マイクロレンズアレイ63の代わりに、凹レンズ5側から順に第1のレンズ面アレイ61を備える第1のフライアイレンズと、第2のレンズ面アレイ62を備える第2のフライアイレンズを設けても良い。この場合は硝子成型時の体積を減じることができるので、成型時間を短縮できる。

【0115】

また、前述の各実施例においては詳細に述べていないが、光源1とコリメータレンズ2は別々の保持部材に保持されていても、同一の保持部材に保持されていてもよい。例えば、8個の光源1と8枚のコリメータレンズ2が一体となったLDバンクを用いても良い。

30

【0116】

また、前述の各実施例で示した平面ミラー4の代わりにプリズムを用いて放物面ミラーアレイ3からの光束を凹レンズ5に導いても良い。

【0117】

また、前述の各実施例では第1のレンズ面アレイ61によって第2のレンズ面アレイ62上に光源像が形成される構成を例示したが、光源像が第2のレンズ面アレイ62の近傍に形成されればよい。言い換えれば、光源像は第2のレンズ面アレイ62と蛍光体9との間あるいは、第2のレンズ面アレイ62とダイクロイックミラー7との間に形成されればよい。

40

【0118】

また、前述の各実施例においては高反射率のアルミ基板上に蛍光体層を塗布した蛍光体9の構成を例示したが、より具体的には円形のアルミ基板上に周方向に連続して蛍光体層を塗布したホイールをモーターによって回転させる構成であってもよい。このような構成によって蛍光体層上の光源1からのレーザー光が集光する位置が変わり、蛍光体層の劣化を抑制することが可能となる。

【0119】

また、前述の各実施例では、導光面としてダイクロイック面71を設けた構成を例示したが、本発明はこのような構成に限定されるものではない。複数の光源1からの光束を所

50

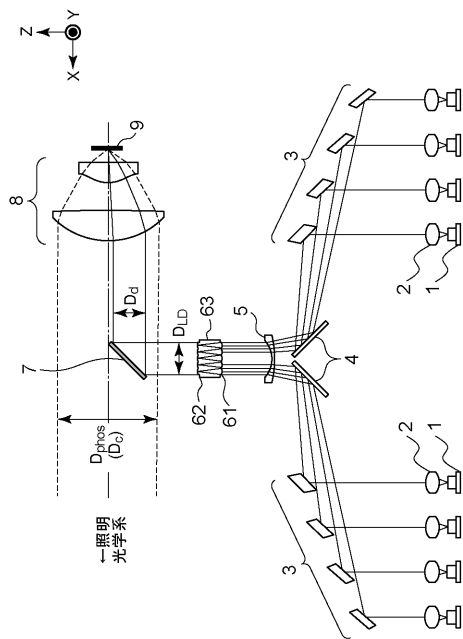
定の偏光方向に揃え、ダイクロイック面 7 1 の代わりに導光面として偏光分離面を設けた構成等であってもよい。蛍光体 9 からの光束は偏光方向が乱れた状態で出射するため、偏光分離面では光源 1 からの光束と波長が同じ光束も照明光学系に導くことが可能となる。

【符号の説明】

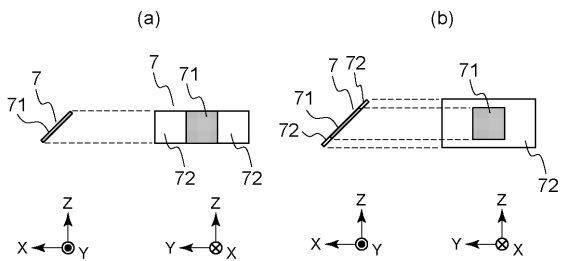
【 0 1 2 0 】

- 1 光源
- 8 集光レンズユニット（集光光学系）
- 9 蛍光体（波長変換素子）
- 6 1 第 1 のレンズ面アレイ
- 6 2 第 2 のレンズ面アレイ
- 7 1 ダイクロイック面（導光面）

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 2 1 Y 115/30 (2016.01) F 2 1 V 7/28 2 4 0
F 2 1 Y 115:30

(56)参考文献 特開2013-114980(JP,A)
特開2015-145976(JP,A)
特開2014-191248(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 3 B 2 1 / 1 4
F 2 1 S 2 / 0 0
F 2 1 V 7 / 2 8
F 2 1 V 9 / 3 5
G 0 3 B 2 1 / 0 0
F 2 1 Y 1 1 5 / 3 0