

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6711705号
(P6711705)

(45) 発行日 令和2年6月17日(2020.6.17)

(24) 登録日 令和2年6月1日(2020.6.1)

(51) Int.Cl.

F 1

GO3B 21/14	(2006.01)	GO3B 21/14	A
GO3B 21/00	(2006.01)	GO3B 21/00	E
F21S 2/00	(2016.01)	F21S 2/00	3 1 1
F21V 7/22	(2018.01)	F21V 7/22	
HO4N 5/74	(2006.01)	HO4N 5/74	A

請求項の数 13 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-124963 (P2016-124963)
(22) 出願日	平成28年6月23日 (2016.6.23)
(65) 公開番号	特開2017-227809 (P2017-227809A)
(43) 公開日	平成29年12月28日 (2017.12.28)
審査請求日	令和1年6月20日 (2019.6.20)

(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
(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(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

審査官 新井 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明装置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】

光変調素子を照明する照明光学系と、

第1の固体光源と、前記第1の固体光源からの光の少なくとも一部を前記第1の固体光源からの光とは波長が異なる第1の変換光に変換する第1の波長変換素子と、前記第1の固体光源からの光を前記第1の波長変換素子に導く第1の導光光学系とを備える第1の光源ユニットと、

第2の固体光源と、前記第2の固体光源からの光の少なくとも一部を前記第2の固体光源からの光とは波長が異なるとともに前記第1の変換光とは分光分布が異なる第2の変換光に変換する第2の波長変換素子と、前記第2の固体光源からの光を前記第2の波長変換素子に導く第2の導光光学系とを備える第2の光源ユニットと、

前記第1の光源ユニットからの光を前記照明光学系に導く第1の導光面と、前記第1の導光面とは異なる導光面であって前記第2の光源ユニットからの光を前記照明光学系に導く第2の導光面と、を有する光路合成系と、を備え、

前記照明光学系の光軸方向視において、前記第1の導光面は前記第2の導光面と重ならないとともに前記第2の導光面とは異なる位置に設けられており、

前記光路合成系は、前記第1の光源ユニットからの光を用いて前記第1の導光面上に第1の光源像を形成する第1の集光光学系と、前記第2の光源ユニットからの光を用いて前記第2の導光面上に第2の光源像を形成する第2の集光光学系と、を備え、

前記照明光学系の光軸方向視において、前記第1の光源像と前記第2の光源像との間の

10

20

距離を d 1 とし、前記第 1 の光源像の幅のうち前記第 1 の光源像と前記第 2 の光源像が並んでいる方向の幅を d 2 とするとき、

0 . 7 d 1 / d 2 1 . 3

を満足する、

ことを特徴とする照明装置。

【請求項 2】

前記第 1 の導光光学系および前記第 2 の導光光学系は、前記第 1 の固体光源からの光および前記第 2 の固体光源からの光を分割するための複数の第 1 のレンズ面を備える第 1 のレンズ面アレイと、前記第 1 のレンズ面からの光を受光するための複数の第 2 のレンズ面を備える第 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を前記波長変換素子に導く重畳光学系と、を備える、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 3】

前記照明装置は、前記第 1 の光源ユニットと前記第 2 の光源ユニットを含む複数の光源ユニットを備え、

前記照明光学系は、前記光路合成系からの光の偏光方向を変換する偏光変換素子を備え、

前記偏光変換素子の入射面のうち前記光路合成系からの光の偏光方向が所定の偏光方向へ変換される領域を有効領域とし、前記複数の光源ユニットの個数を N とし、前記有効領域を前記有効領域の第 1 の辺あるいは前記第 1 の辺と直交する第 2 の辺の方向の少なくとも一方に沿って N 個に分割した領域の短辺方向の寸法を X とし、長辺方向の寸法を Y とし、前記第 1 のレンズ面の短辺方向の寸法を x とし、長辺方向の寸法を y とするとき、

【数 1】

$$0 . 7 \leq \frac{X}{Y} \cdot \frac{y}{x} \leq 1 . 3$$

を満足する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の照明装置。

【請求項 4】

前記第 1 の導光面は、前記第 1 の光源ユニットからの光を反射する第 1 の反射面であって、

前記第 2 の導光面は、前記第 2 の光源ユニットからの光を反射するとともに、前記照明光学系の光軸と前記第 1 の反射面の法線とに平行な面において前記照明光学系の光軸と直交する方向の位置が前記第 1 の反射面とは異なる第 2 の反射面である、

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照明装置。

【請求項 5】

前記光路合成系は、前記第 1 の反射面と前記第 2 の反射面を備えるプリズムを備える、ことを特徴とする請求項 4 に記載の照明装置。

【請求項 6】

前記第 1 の導光面は、前記第 1 の光源ユニットからの光を反射する第 1 の反射面であって、

前記第 2 の導光面は、前記第 2 の光源ユニットからの光を反射するとともに前記第 1 の反射面とは異なる第 2 の反射面であって、

前記光路合成系は、

前記第 1 の反射面を有する第 1 の反射ミラーと、

前記第 2 の反射面を備えるとともに、前記照明光学系の光軸と前記第 1 の反射面の法線とに平行な面の法線方向の位置が前記第 1 の反射ミラーとは異なる第 2 の反射ミラーと、を備える、

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照明装置。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

前記第1の導光面は、前記第1の光源ユニットからの光を反射する第1の反射面であつて、

前記第2の導光面は、前記第2の光源ユニットからの光を透過させるとともに、前記照明光学系の光軸と前記第1の反射面の法線とに平行な面において前記照明光学系の光軸と直交する方向の位置が前記第1の反射面とは異なる第1の透過面である、

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照明装置。

【請求項 8】

前記第1の波長変換素子は、前記固体光源からの光の少なくとも一部を緑色帯域の光に変換する緑色用蛍光体であつて、

10

前記第2の波長変換素子は、前記固体光源からの光の少なくとも一部を赤色帯域の光に変換する赤色用蛍光体である、

ことを特徴とする請求項1乃至7のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 9】

前記第1の波長変換素子は、第1の基板と、前記第1の基板上に第1の方向に連続して形成された第1の波長変換層とを備え、

前記第2の波長変換素子は、第2の基板と、前記第2の基板上に第2の方向に連続して形成された第2の波長変換層とを備え、

前記第1の波長変換層からの光の分光分布と、前記第2の波長変換層からの光の分光分布とは互いに異なる、

20

ことを特徴とする請求項1乃至8のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 10】

前記第1の基板は円形であり、前記第1の方向は前記第1の基板の周方向であつて、

前記第2の基板は円形であり、前記第2の方向は前記第2の基板の周方向である、

ことを特徴とする請求項9に記載の照明装置。

【請求項 11】

請求項1乃至10のいずれか一項に記載の照明装置と、

前記光変調素子としての第1の光変調素子、第2の光変調素子、第3の光変調素子と、前記照明装置からの光を前記第1の光変調素子、前記第2の光変調素子、前記第3の光変調素子に導くとともに、前記第1の光変調素子、前記第2の光変調素子、前記第3の光変調素子からの光を合成する色分離合成系と、を備える、

30

ことを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 12】

前記色分離合成系からの光を被投射面に導く投射光学系をさらに備える、

ことを特徴とする請求項11に記載の投射型表示装置。

【請求項 13】

前記色分離合成系は、前記所定の偏光方向の光を、前記所定の偏光方向の光と偏光方向が異なる光よりも多く透過させる偏光板を有している、

ことを特徴とする請求項11または12に記載の投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、照明装置およびこれを用いた投射型表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、レーザーダイオード（以後、LDと記す）から発する光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所謂固体光源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として特許文献1に記載のものが知られている。

【0003】

特許文献1に記載のプロジェクターは、励起光源としての青色LDと、径の異なる3つ

50

の円周上にそれぞれ青色拡散層、緑色蛍光体層、赤色蛍光体層を設けた発光素子と、発光素子からの光を合成するダイクロイックミラーを備えている。このような構成によって赤色、緑色、青色の光を照明光学系に導くことができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-137608号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

一般に、蛍光体から射出する蛍光光は広帯域の分光分布をもつので、緑色用と赤色用のそれぞれの蛍光体からの分光分布は互いに重なりあう波長帯域が存在する。このため、2つの異なる蛍光体からの光をダイクロイックミラーで合成する特許文献1に記載の構成では、前述の2つの異なる蛍光体の分光分布の間で重なり合う波長帯域で損失が生じてしまう。

【0006】

そこで、本発明は、互いに異なる特性の複数の波長変換素子からの光を合成する際の光の損失を従来よりも小さくすることが可能な照明装置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】

20

【0007】

上記課題の解決のために、本発明における照明装置は、
光変調素子を照明する照明光学系と、

第1の固体光源と、前記第1の固体光源からの光の少なくとも一部を前記第1の固体光源からの光とは波長が異なる第1の変換光に変換する第1の波長変換素子と、前記第1の固体光源からの光を前記第1の波長変換素子に導く第1の導光光学系とを備える第1の光源ユニットと、

第2の固体光源と、前記第2の固体光源からの光の少なくとも一部を前記第2の固体光源からの光とは波長が異なるとともに前記第1の変換光とは分光分布が異なる第2の変換光に変換する第2の波長変換素子と、前記第2の固体光源からの光を前記第2の波長変換素子に導く第2の導光光学系とを備える第2の光源ユニットと、

30

前記第1の光源ユニットからの光を前記照明光学系に導く第1の導光面と、前記第1の導光面とは異なる導光面であって前記第2の光源ユニットからの光を前記照明光学系に導く第2の導光面と、を有する光路合成系と、を備え、

前記照明光学系の光軸方向視において、前記第1の導光面は前記第2の導光面と重ならないとともに前記第2の導光面とは異なる位置に設けられており、

前記光路合成系は、前記第1の光源ユニットからの光を用いて前記第1の導光面上に第1の光源像を形成する第1の集光光学系と、前記第2の光源ユニットからの光を用いて前記第2の導光面上に第2の光源像を形成する第2の集光光学系と、を備え、

前記照明光学系の光軸方向視において、前記第1の光源像と前記第2の光源像との間の距離をd1とし、前記第1の光源像の幅のうち前記第1の光源像と前記第2の光源像が並んでいる方向の幅をd2とするとき、

0.7 d1 / d2 1.3

40

を満足する、

ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、互いに異なる特性の複数の波長変換素子からの光を合成する際の光の損失を従来よりも小さくすることが可能な照明装置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。

50

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1の実施形態としての照明装置の構成説明図

【図2】2つの蛍光体から発生する蛍光光の分光分布を示す図

【図3】2つの異なる分光分布をもつ光を合成した場合に生じる課題を示す図

【図4】第2フライアイレンズと偏光変換素子によって形成される有効領域を示す図

【図5】本発明の第2の実施形態としての照明装置の構成説明図

【図6】本発明の第3の実施形態としての照明装置の構成説明図

【図7】本発明の第3の実施形態における有効領域及び光源像の形状の関係を示す図

【図8】励起光路に挿入されたレンズアレイの効果を表わす図

10

【図9】光を空間的に合成する光学素子の变形例の構成説明図

【図10】各実施形態で示す照明装置を搭載した投射型表示装置の構成説明図

【発明を実施するための形態】

【0010】

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。

【0011】

〔第1の実施形態〕

20

以下、図1から図4を用いて本発明の第1の実施形態としての照明装置について説明する。

【0012】

(照明装置の構成)

図1は、本発明の第1の実施形態としての照明装置の構成を示す構成図である。図1においては、後述のコリメータレンズ2(2a、2b)の光軸と平行な方向をZ軸方向としている。そして、後述の集光レンズユニット7(8a、8b)の光軸とZ軸に平行な断面がXZ断面となるようなZ軸方向と直交する方向をX軸方向としている。なお、コリメータレンズ2の光軸と集光レンズユニット7の光軸は直交していなくてもよい。そして、Z軸方向及びX軸方向と直交する方向をY軸方向としている。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。

30

【0013】

本実施形態における光源ユニットA(Aa、Ab)は、青色LDである光源1(1a、1b)、コリメータレンズ2、ひとつひとつが互いに異なる曲率半径及び頂点座標を有する複数の放物面ミラーを備える放物面ミラーアレイ3(3a、3b)を備えている。光源ユニットAはさらに、平面ミラー4(4a、4b)、凹レンズ5(5a、5b)、ダイクロイックミラー6(6a、6b)、集光レンズユニット7、波長変換素子としての蛍光体8(8a、8b)を備えている。蛍光体8が反射した蛍光光を集光レンズユニット7が取込んで平行光化して射出する構成になっている。そして、ここでは光源1と蛍光体8との間に設けられている各光学素子の一部あるいは全てを導光光学系と称する。

40

【0014】

本実施形態としての照明装置は、図1に示すように光源ユニットAとして第1の光源ユニットAaと、第2の光源ユニットAbの計2つの光源ユニットを備えている。各光源ユニットから射出された光は、凸レンズ9、合成プリズム10、平行化レンズ11を備える光路合成系Bへ入射して合成されたのち照明光学系Cに入射する。

【0015】

照明光学系Cは第1フライアイレンズ12、第2フライアイレンズ13、偏光変換素子14、コンデンサレンズ15を備え、光路合成系Bからの光を用いて光変調素子16を照明する。光変調素子16で変調された光は投射光学系(図中不記載)に入射し、被投射面に映像を投射する。なお、ここでいう投射光学系は照明装置や後述の色分離合成系を保持

50

する筐体に対して着脱可能であっても、固定されていてもよい。

【0016】

以下、光源1から光変調素子16へ至るまでの光路について説明する。

【0017】

(光源1～蛍光体8までの光路)

光源1から射出された光は発散光であるが、光源1の直後に配置されたコリメータレンズ2によって平行光となる。本実施形態においてコリメータレンズ2の個数は光源1と同じであるが、光源1とコリメータレンズ2の数は必ずしも等しくなくてもよい。コリメータレンズ2から射出された光はZ方向に進行したのち放物面ミラーアレイ3によって反射される。

10

【0018】

放物面ミラーアレイ3によって反射された複数の光は集光しながら平面ミラー4へ入射する。言い換えると、放物面ミラーアレイ3からの複数の光は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面ミラーアレイ3の焦点と共有しているため、平面ミラー4から凹レンズ5へ入射した光は平行光となって凹レンズ5からダイクロイックミラー6へ向かう。

【0019】

ダイクロイックミラー6は、後述するように蛍光体8からの光のうちの青色光の損失を少なくするために、凹レンズ5からの光を反射するのに必要な最小限の大きさになっている。より詳細には、図1に示すXZ断面において、ダイクロイックミラー6のZ軸方向の幅は集光レンズユニット7のZ軸方向の最大幅よりも小さい。さらに、ダイクロイックミラー6のX軸方向の幅は、凹レンズ5のうち平面ミラー4からの光が入射する領域のX軸方向の幅よりも大きくなっていてもよい。

20

【0020】

ここでいうダイクロイックミラー6の各方向の幅はダイクロイックミラー6のうち後述の誘電体多層膜がコーティングされている領域の各方向の幅と置き換えるても良い。また、凹レンズ5のうち平面ミラー4からの光が入射する領域のX軸方向の幅は凹レンズ5の外径の90%あるいは80%の幅と置き換えるてもよい。

【0021】

30

ダイクロイックミラー6の表面には光源1からの光は反射するが、蛍光体8からの蛍光光は透過する特性の誘電体多層膜がコーティングされている。このため、凹レンズ5からの平行光はダイクロイックミラー6で反射されて集光レンズユニット7によって蛍光体8上に集光される。

【0022】

(蛍光体8～光路合成系Bまでの光路)

蛍光体8に入射した光の少なくとも一部は、緑から赤色成分までを含む広帯域の分光分布を有する蛍光光に変換されて反射される。そしての残りは蛍光光に変換されずに光源1からの光と同じスペクトルのまま青色光として反射される。つまり、蛍光体8からの光は赤色光、緑色光、青色光を含む白色光である。

40

【0023】

蛍光体8から射出された白色光は集光レンズユニット7によって平行光化されて光路合成系Bへ向かう。このとき、蛍光体8からの白色光はダイクロイックミラー6を経由するが、前述のとおりダイクロイックミラー6は光源1からの光を反射して蛍光光を透過させる特性を有する。このため、蛍光体8からの白色光のうちダイクロイックミラー6を通過する光に含まれる青色光は反射されて光変調素子16へ導かれず、損失となってしまう。このような青色光の損失を少なくするために、前述のようにダイクロイックミラー6は凹レンズ5からの光を反射するのに必要な最小限の大きさになっている。

【0024】

本実施形態では、前述のように放物面ミラーアレイ3を用いることで大型化を抑制しつ

50

つ、複数の光源 1 からの光を細く圧縮しているため、ダイクロイックミラー 6 の面積を蛍光体 8 からの白色光の断面積に対して小さくすることができる。その結果、前述のように青色光の損失を少なくしつつ、小型および軽量な照明装置を実現することができる。

【 0 0 2 5 】

(ダイクロイックミラーによる合成の際に生じる光の損失)

次に、前述の特許文献 1 におけるダイクロイックミラーによる合成の際に生じる光の損失と、その損失を少なくするために本発明の各実施形態が採用している構成について説明する。

【 0 0 2 6 】

第 1 の光源ユニット A_a が備える蛍光体 8 a と、第 2 の光源ユニット A_b が備える蛍光体 8 b は互いに特性が異なる。具体的には、図 2 に示すように蛍光体 8 a は相対的に緑色成分の発光量が多い蛍光体（緑色用蛍光体）であり、蛍光体 8 b は相対的に赤色成分の発光量が多い蛍光体（赤色用蛍光体）である。言い換えると、蛍光体 8 a からの蛍光光（第 1 の変換光）の主波長（第 1 の主波長）と蛍光体 8 b からの蛍光光（第 2 の変換光）の主波長（第 2 の主波長）とは互いに異なる。さらに言い換えると、図 2 に示すように第 1 の変換光と第 2 の変換光は互いに分光分布が異なる。

10

【 0 0 2 7 】

ここでいう主波長あるいはピーク波長とは図 2 に示すように蛍光体 8 a 及び 8 b からの蛍光光のうち最も強度が高い波長のことであり、本実施形態においては蛍光体 8 a からの光の主波長は 525 nm、蛍光体 8 b からの光の主波長は 600 nm である。なお、図 2 に示す相対強度とは主波長の強度を 1 としたときの各波長の強度を示すものである。

20

【 0 0 2 8 】

また、本発明の各実施形態における赤色成分及び緑色成分の光、あるいは赤色帯域及び緑色帯域の光を次のように定義する。すなわち、赤色成分の光あるいは赤色帯域の光を主波長が 590 ~ 660 nm の間にある光とし、緑色成分の光あるいは緑色帯域の光を主波長が 500 ~ 540 nm の間にある光とする。同様に、青色成分の光あるいは青色帯域の光を主波長が 440 ~ 480 nm の光とし、黄色成分の光を主波長が 540 ~ 580 nm の光とする。

【 0 0 2 9 】

図 2 に示すように、蛍光体 8 a からの光及び蛍光体 8 b からの光は互いに重なりあう波長領域の光を有している。前述の特許文献 1 に示すようにダイクロイックミラーを用いてこのような 2 つの異なる分光分布をもつ光を合成した場合に生じる課題について、図 3 を用いて説明する。

30

【 0 0 3 0 】

図 3 (a) のように一般的なダイクロイックミラーは所定のカットオフ波長よりも長波長側の光を透過し、短波長側の光を反射するように設計されている。より具体的には、図 3 (a) に示すダイクロイックミラーは、蛍光体 8 a からの光を反射して蛍光体 8 b からの光を透過させる。この構成のダイクロイックミラーを用いて一部の波長帯域に重なりがある 2 つの異なる分光分布の蛍光光を合成する場合、図 3 (b) のようにそれぞれの分光分布に対してカットオフ波長の前後の光（斜線部 A、B ）が損失になってしまう。ここでいうカットオフ波長とは図 3 (b) に示すように透過率あるいは反射率が 50 % になる波長のことをいう。

40

【 0 0 3 1 】

つまり、理想的にいえば全て反射されてほしい蛍光体 8 a からの光の一部がダイクロイックミラーを透過して光変調素子 16 へ導かれず、損失が生じる。同様に理想的にいえば全て透過してほしい蛍光体 8 b からの光の一部がダイクロイックミラーで反射されて光変調素子 16 へ導かれず、損失が生じる。このようなダイクロイックミラーを用いた合成に対して、本発明の各実施形態として示す照明装置において、ダイクロイックミラーを用いずに前述の光路合成系 B を用いて 2 つの光源ユニットからの光を空間的に合成している。このため、前述のダイクロイックミラーによる合成の際に生じる光の損失を従来よりも少

50

なくすることができる。以下、光路合成系 B による 2 つの光源ユニットからの光の合成について説明する。

【0032】

(光路合成系 B による合成)

蛍光体 8 からの光は集光レンズユニット 7 によって集光および平行光化され、光路合成系 B に入射する。光路合成系 B では凸レンズ 9 a (第 1 の集光光学系) が光源ユニット A a からの光を用いて第 1 の導光面としての第 1 の反射面 10 a 上 (第 1 の導光面上) に第 1 の集光スポット (第 1 の光源像) を形成する。そして、凸レンズ 9 b (第 2 の集光光学系) が光源ユニット A b からの光を用いて第 2 の導光面としての第 2 の反射面 10 b 上 (第 2 の導光面上) に第 2 の集光スポット (第 2 の光源像) を形成する。

10

【0033】

より具体的には、合成プリズム 10 の照明光学系 C 側の頂点が第 1 の集光スポットと第 2 の集光スポットの中間に位置するように合成プリズム 10 が配置されている。言い換えれば、第 1 の集光スポットおよび第 2 の集光スポットは、その境界が合成プリズム 10 の照明光学系 C 側の頂点上に来るよう互いに近接して配置されるように光路合成系 B が構成されている。なお、本実施形態において各光源ユニットからの光を空間的に合成する素子とは合成プリズム 10 を指す。

【0034】

合成プリズム 10 の頂点近傍は集光レンズユニット 7 と凸レンズ 9 について蛍光体 8 上の蛍光光の発光スポットと光学的に共役の位置に配置されている。従って、前述の第 1 の反射面 10 a 上に形成される第 1 の集光スポットは蛍光体 8 a 上の蛍光光の発光スポットと相似形状である。同様に第 2 の反射面 10 b 上に形成される第 2 の集光スポットは蛍光体 8 b 上の蛍光光の発光スポットと相似形状である。また、前述のように 2 つの集光スポットは合成プリズム 10 の頂点近傍において互いに近接して配置されているので、2 つの集光スポットを実質的に 1 つの新たな光源として考えることができる。

20

【0035】

(光路合成系 B ~ 照明光学系 Cまでの光路)

合成プリズム 10 の第 1 の反射面 10 a および第 2 の反射面 10 b が約 90° の角度を成しており、各光源ユニットからの光は第 1 の反射面 10 a および第 2 の反射面 10 b によって平行光化レンズ 11 へ向かい平行光化され、照明光学系 C へ向かう。このとき、本発明の各実施形態においては、各光源ユニットからの光をダイクロイックミラーで合成するのではなく、空間内に合成しているので光の損失を少なくすることができる。

30

【0036】

ここでいう各光源ユニットからの光を空間的に合成するとは、照明光学系の光軸方向視において、第 1 の導光面は第 2 の導光面と重ならないとともに第 2 の導光面とは異なる位置に設けられていることをいう。より具体的には、本実施形態においては、照明光学系 C の光軸と第 1 の反射面 10 a の法線とに平行な面において照明光学系 C の光軸と直交する方向の位置が第 1 の反射面 10 a とは異なる位置に第 2 の反射面 10 b が設けられていることをいう。

【0037】

なお、照明光学系の光軸方向視とは、より詳細には照明光学系 C が備えるコンデンサレンズ 15 の光軸方向視のことをいう。あるいは、光路合成系 B が備える平行光化レンズ 11 の光軸方向視に置き換えてよい。図 1 において照明光学系の光軸方向視とは、Z 軸方向視と同義であるが、仮に第 1 フライアイレンズ 12 と第 3 フライアイレンズ 13 との間にミラーがあり、コンデンサレンズ 15 の光軸が Y 軸方向と平行になったとする。このような場合は、ミラーによる折り返しを展開してミラーがあったとしても照明光学系の光軸方向視は図 1 に示すように Z 軸方向視と同義であるとする。

40

【0038】

(照明光学系 C ~ 光変調素子 16 までの光路)

照明光学系 C に入射した光は第 1 フライアイレンズ 12 に入射して複数の部分光束に分

50

割された後、第2フライアイレンズ13と後述の偏光変換素子14との間に、合成プリズム10の頂点近傍に形成された実質的な光源の像を形成する。ここで、第2フライアイレンズ13は平行光化レンズ11と第1フライアイレンズ12について合成プリズム10の頂点近傍と光学的な共役の位置に配置されている。このため、第2フライアイレンズ13と偏光変換素子14との間に形成される光源像は合成プリズム10の頂点近傍に形成される照明光学系Cにとっての実質的な光源と相似形状である。

【0039】

第1フライアイレンズ12によって分割された複数の部分光束は第2フライアイレンズ13およびコンデンサレンズ15によって光変調素子16上に重畠され、その結果光変調素子16が照明される。なお、本発明の各実施形態における光変調素子16は16:9のアスペクト比をもつ液晶パネルであり、各画素へ入射する光の偏光状態を制御することで画像を形成する。

【0040】

(偏光変換素子14の構成)

ここで各光源ユニットからの蛍光光は非偏光光なので、本実施形態では光の利用効率を高めるために偏光変換素子14を第2フライアイレンズ13の直後に配置している。

【0041】

図4(a)(b)に示すように偏光変換素子14は第2フライアイレンズ13を構成するレンズセルの約半分の幅を有する細長の偏光ビームスプリッタを複数並べ、偏光ビームスプリッタの射出面に一つおきに半波長板を配した構造をしている。偏光変換素子14に入射した光は偏光分離膜でP偏光とS偏光に分離され、S偏光は隣接する偏光分離膜でP偏光と同じ方向に反射され、P偏光の射出側に配された半波長板でS偏光と同じ偏光状態に変換することで、所定の偏光状態に光が揃えられる。なお、S偏光の射出側に半波長板を配置してP偏光に揃えられる場合もある。

【0042】

(有効領域での光の損失の低減)

ここで、照明光学系の照明効率を高めるためには、図4(a)(b)に示すように第2フライアイレンズ13を構成するレンズセル及び偏光変換素子14が形成する有効領域内を通過する光量を高める必要がある。ここでいう有効領域とは、図4(b)に点線で示す偏光変換素子14上で入射光が所望の偏光方向の光に変換される領域と第2フライアイレンズ13の各レンズセルがXY面上で重なる領域である。

【0043】

具体的には、本実施形態では第2フライアイレンズ13の各レンズセルの横および縦の長さをA、Bとするとき、第2フライアイレンズ13の各レンズセルは光変調素子と同じ16:9のアスペクト比を有しているため、A:B=16:9となる。このとき、偏光変換素子14と第2フライアイレンズ13の各レンズセルが形成する有効領域のアスペクト比はA/2:Bとなり、本実施形態では8:9の矩形形状になる。

【0044】

光源像を形成する光のうち偏光変換素子14の所望の偏光ビームスプリッタに入射した光は所望の偏光方向に揃えられる。しかしながら、所望の偏光ビームスプリッタに隣接する偏光ビームスプリッタに入射した光は、所望の偏光方向と直交する偏光方向に揃えられてしまうので、液晶パネルに対して不要光となって投射画像が暗くなってしまう。

【0045】

一方、第1フライアイレンズ12のレンズセルからの光のうち第2フライアイレンズ13の対応するレンズセルを通過する光は光変調素子16上に到達する。しかしながら、対応するレンズセルに隣接するレンズセルを通過する光は光変調素子16の所定領域の外を照明してしまうため、投射画像が暗くなってしまう。

【0046】

つまり、前述の有効領域近傍に形成される光源像のうち、有効領域内を通過する成分のみが最終的に光変調素子16に到達できる。従って、有効領域に対する光源像の大きさが

10

20

30

40

50

照明効率に対して重要となる。具体的には、有効領域近傍に形成される光源像を小さくすることができる照明効率にとっては好ましい。

【0047】

そこで本実施形態においては、前述のように各光源ユニットからの光の集光スポットを合成プリズム10の頂点を中心としてなるべく互いに接近して配置されるようにすることで、有効領域外に入射する光の量を少なくしている。

【0048】

このような構成によって、本実施形態で示す照明装置は、前述のように各光源ユニットからの光を合成する際の光の損失の量を従来よりも少なくしつつ、有効領域での光の損失の量も少なくすることができる。

10

【0049】

(合成プリズム10の変形例)

本実施形態では図9(a)のように2つの蛍光体から射出した互いに異なる分光分布の光を、合成プリズム10の第1の反射面10aと第2の反射面10bを用いることで空間的に合成していた。しかしながら、合成プリズム10の構成はこのような構成に限定されるものではなく、例えば図9(b)に示すように反射面10'bと透過面10'aをもつ合成プリズム10'を用いて2つの蛍光体からの光を合成してもよい。つまり、照明装置が第1の光源ユニットAaと第2の光源ユニットAbを備えている場合には、光路合成系Bが第1の導光面と第2の導光面を備えていればよく、第1の導光面および第2の導光面の特性は必ずしも同じでなくてもよい。また、第1の光源ユニットAaと第2の光源ユニットAbは平行光化レンズ11の光軸を対称軸として左右対称な位置に設けられていなくてもよい。

20

【0050】

(より好ましい形態)

前述のように、合成プリズム10の頂点近傍には2つの集光スポットが互いに近接して配置されているが、以下の条件を満たすように照明装置が構成されていることが好ましい。

【0051】

照明光学系Cの光軸方向視において、第1の反射面10a上の集光スポット(第1の光源像)のうち少なくとも最大強度の80%までの領域が第1の反射面10a上に位置していることが好ましい。さらに、第2の反射面10b上の集光スポット(第2の光源像)のうち少なくとも最大強度の80%までの領域は第2の反射面10b上に位置していることが好ましい。つまり、各光源ユニットからの光のうち第1の反射面10aおよび第2の反射面10bに入射しない光が少ないことが好ましい。

30

【0052】

さらに好ましくは、第1の光源像と第2の光源像との間の距離をd1とし、第1の光源像の幅のうち第1の光源像と第2の光源像が並んでいる方向の幅をd2とする。このとき

$$0.7 \leq d1/d2 \leq 1.3 \quad (1)$$

を満足するとよい。この条件式(1)は後述の図8(c)に示すように、第1の光源像と第2の光源像がほぼ隣接して配置されていることを意味している。条件式(1)を満たすと合成プリズム10で合成された光源像を小さくして後段の光学素子でけられる光束を減らすことで光の利用効率の低下を抑制することができるため好ましい。もちろんd1/d2の値は0.8以上1.2以下あるいは0.9以上1.1以下であれば、なお好ましい。

40

【0053】

なお、ここでいう光源像の幅とは光源像の強度分布における半値全幅のことをいう。また、第1の光源像と第2の光源像との間の距離とは、両光源像の強度分布における最大強度となる位置間の距離あるいは第1の光源像の重心と第2の光源像の重心間の距離のことをいう。なお、第1の光源像の強度分布における半値全幅の中心と、第2の光源像の強度分布における半値全幅の中心との間の距離を、第1の光源像と第2の光源像との間の距離

50

としてもよい。

【0054】

〔第2の実施形態〕

図5は、本発明の第2の実施形態としての照明装置の構成を示す図である。前述の第1の実施形態との違いは、2つの蛍光体8aおよび8bから発生する互いに異なる分光分布をもつ光を空間的に合成する光学素子として合成プリズム10ではなく、より製造が容易な反射ミラー17を用いている点である。これ以外については第1の実施形態と変わらないので全体の光学系の説明は省略する。

【0055】

前述の第1の実施形態においては、図1に示すY軸方向の位置が同じである第1の反射面10aおよび第2の反射面10bを両面のなす角度が約90度になるような合成プリズム10を用いた。このような合成プリズム10と同様に、第1の導光面としての第1の反射ミラー17aと、第2の導光面としての第2の反射ミラー17bをY軸方向の位置が同じで両ミラーのなす角度が約90度になるように配置したとする。この場合、両ミラーは所定のガラス平板の厚みを持っているので、両ミラーの接点ではガラス平板の厚み分のギャップが生じてしまう。その結果、両ミラーに形成される集光スポットを互いに近接して配置することが困難になってしまふので、前述の有効領域での光の損失を充分に低減できないおそれがある。

【0056】

そこで、本実施形態では、図5に示すように第1の反射ミラー17aと第2の反射ミラー17bをY軸方向の位置が異なるように配置し、かつY軸方向視で両ミラーが互いに交差して約90度をなすように両ミラーを配置した。つまり、前述の第1の実施形態においては、第1の光源ユニットAaおよび第2の光源ユニットAbからの光に基づく集光スポットが合成プリズム10においてX軸方向に並べられた。これに対して本実施形態においては両光源ユニットからの光に基づく集光スポットが反射ミラー17においてY軸方向に並べられている。言い換えれば、第2の反射ミラー17bは、照明光学系Cの光軸と第1の反射ミラー17aの法線とに平行な面の法線方向の位置が第1の反射ミラー17aとは異なっている。

【0057】

このような構成であっても、前述の第1の実施形態と同様にダイクロイックミラーを用いずに2つの蛍光体8aおよび8bからの光を合成でき、互いに異なる特性の複数の波長変換素子からの光を合成する際の光の損失を従来よりも小さくすることができる。なお、このような反射ミラー17の構成に合わせて、第1の光源ユニットAaおよび第2の光源ユニットAbのY軸方向の位置を適宜調整してもよい。

【0058】

〔第3の実施形態〕

図6は、本発明の第3の実施形態としての照明装置の構成を示す図である。前述の第1の実施形態との違いは、凹レンズ5とダイクロイックミラー6との間に複数のレンズセルがマトリクス状に配置されたレンズアレイ18(18a、18b)が配置されていることである。これ以外については第1の実施形態と変わらないので全体の光学系の説明は省略する。

【0059】

(凹レンズ5～レンズアレイ18～蛍光体8までの光路)

レンズアレイ18は入射側に第1レンズ面アレイ181(181a、181b)を有しており、出射側に第2レンズ面アレイ182(182a、182b)を有している。このため、凹レンズ5を射出してレンズアレイ18に入射した平行光は第1レンズ面アレイ181で複数の部分光に分割された後、第2レンズ面アレイ182に入射する。そして、第2レンズ面アレイ182を射出した光は、ダイクロイックミラー6により反射されて集光レンズユニット7に向かう。

【0060】

10

20

30

40

50

ダイクロイックミラー 6 から蛍光体 8 までの光路は前述の各実施形態と同様であるが、前述の各実施形態においては蛍光体 8 上に光源 1 の発光面と相似形状の集光スポットが形成されていた。これに対して本実施形態においては、集光レンズユニット 7 によって第 1 レンズ面アレイ 181 からの複数の部分光が蛍光体 8 上に重畳されて集光スポットが形成される。つまり、集光レンズユニット 7 は重畳光学系ともいえる。

【0061】

蛍光体 8 は第 2 レンズ面アレイ 182 と集光レンズユニット 7 について第 1 レンズ面アレイ 181 の各レンズセルと略共役の位置に配置されている。このため、凹レンズ 5 によって平行光化された光は第 1 レンズ面アレイ 181 に入射した時点では、ムラのある光分布であるが、上記の経路により分割および重畳される。その結果、蛍光体 8 上には第 1 レンズ面アレイ 181 のレンズセル形状と相似形の均一な光密度分布の集光スポットが形成される。10

【0062】

すなわち、第 1 レンズ面アレイ 181 の個々のレンズセルを物体とし、これらが重畳された像を蛍光体 8 上に形成する。従って、蛍光体 8 上において光源 1 から光が 1 点へ集中して輝度飽和現象によって蛍光体の光変換効率が低下することを抑制することができる。

【0063】

(蛍光体 8 ~ 光路合成系 B ~ 照明光学系 C までの光路)

蛍光体 8 から光路合成系 B を介して照明光学系 C に至るまでの光路は前述の各実施形態と同様であり、第 1 の実施形態と同様に合成プリズム 10 を用いて 2 つの光源ユニットからの光を、ダイクロイックミラーを用いずに合成している。20

【0064】

(第 1 レンズ面アレイ 181 と有効領域との関係)

照明光学系 C に入射した光に基づいて第 2 フライアイレンズ 13 と偏光変換素子 14 との間の有効領域近傍に光源像が形成され、これら光源像からの光がコンデンサレンズ 15 を介して光変調素子上に重畳されるのは前述の各実施形態と同様である。しかしながら、有効領域近傍に形成される光源像は前述の各実施形態とは異なるため、図 7 (a) (b) を用いて説明する。

【0065】

図 7 (a) は第 1 レンズ面アレイ 181 を正面からみた図である。第 1 レンズ面アレイ 181 の各レンズセルは、横および縦の長さを x 、 y とすると、 $x : y = 4 : 9$ のアスペクト比をもつ長方形形状である。これは、アスペクト比が 8 : 9 の有効領域を Y 軸方向で二等分した分割領域と同じアスペクト比である。前述のように、蛍光体 8 上には第 1 レンズ面アレイ 181 の各レンズセルと相似形状の集光スポットが形成されるため、蛍光体 8 上の集光スポットはアスペクト比が 4 : 9 の長方形形状となる。30

【0066】

さらに、合成プリズム 10 の第 1 の反射面 10a および第 2 の反射面 10b 上には蛍光体 8 上の蛍光光の発光スポットと相似形状の集光スポットが形成されるため、両反射面上の集光スポットはアスペクト比が 4 : 9 の長方形形状となる。そして、図 7 (b) に示すように合成プリズム 10 の頂点近傍に形成される 2 つの集光スポットは互いに近接して配置されている。このため、 2 つの集光スポットを合わせると、全体として $2x : y = 8 : 9$ のアスペクト比をもつ集光スポットが合成プリズム 10 の頂点近傍に形成される。40

【0067】

また、前述のように有効領域近傍には合成プリズム 10 の頂点近傍に形成される集光スポットと相似形状の光源像が形成される。従って、図 7 (c) のように照明光学系の有効領域とそこで形成される合成プリズム 10 の頂点近傍に形成された実質的な光源の像の形状が相似形状となっており、有効領域での光の損失を低減しつつ、照明光学系の照明効率を高めることができる。

【0068】

(レンズアレイ 18 による効果)

10

20

30

40

50

図8に本実施形態でレンズアレイ18を追加した効果を示す。上段及び中段は合成プリズム10上での光(光源像)の振る舞いを示す。下段は照明光学系の有効領域と合成プリズムの頂点近傍に形成された実質的な光源の像との関係を示す。

【0069】

前述の各実施形態においては光源1からの光を、レンズアレイ18を用いずに蛍光体に照射しているため、光源1からレーザー光の出力を上げていくと光密度が高くなり、前述の輝度飽和現象によって蛍光体8の光変換効率が低下する。このような光変換効率の低下を低減するために、例えば凹レンズ5とダイクロイックミラー6との間に拡散素子を設けることが考えられる。

【0070】

拡散素子を用いて光源1からレーザー光による集光スポットをばかして形成した場合は、光密度の空間分布は図8(a)(b)のように円形形状且つ光密度はガウシアンのような不均一な分布となる。この場合、合成プリズム10の頂点近傍で2つの光源ユニットからの光を合成する際、集光スポットの空間的な広がりが大きい。このため、図8(a)のように集光スポットを近接配置しようとすると一部の光が合成プリズムの反射面で反射できなくなるため損失が生じる。

【0071】

一方で、図8(b)のように2つの集光スポットを離して配置して合成プリズム10上での損失を少なくすると、照明光学系の有効領域における光源の像が離れて有効領域から外れる光が増えるため光の損失が大きくなる。また、本発明の各実施形態では有効領域はアスペクト比が8:9の略正方形形状であり、光源の形状が円形形状であると合成時の光源像が全体としてX方向に長くなる。その結果、Y方向では光源像が有効領域内に収まつたとしても、X方向では有効領域から外れる光が増えるため光の損失が大きくなる。

【0072】

そこで、前述のようにレンズアレイ18を用いて蛍光体8上の集光スポットを形成すると、第1レンズアレイ181の各レンズセルの形状を調整することで、合成プリズム10の頂点近傍の集光スポットの形状を任意の形状に成型できる。さらに集光スポットの光密度を均一な分布として前述の輝度飽和現象による影響を低減することができる。

【0073】

その結果、図8(c)の中段に示すように、2つの集光スポットを互いに近接配置しても合成プリズム10での光の損失を図8(a)に示す場合よりも低減することができる。さらに、図8(c)の下段に示すように有効領域に有効領域と相似形状の光源像を容易に形成することができる。

【0074】

(拡散素子を用いた場合とレンズアレイ18を用いた場合との比較)

なお、発明者らの検討によれば、図8(a)(b)のように拡散素子と2つの光源ユニットを用いた場合には光源ユニットが1つの場合と比較して明るさが約1.3倍程度明るくなった。一方、図8(c)のようにレンズアレイ18と2つの光源ユニットを用いた場合には光源ユニットが1つの場合と比較して明るさが約1.8倍程度明るくなつた。

【0075】

(より好ましい形態)

前述のように、合成プリズム10の頂点近傍には合わせて有効領域と相似形状になる2つの集光スポットが形成されるが、以下の条件を満たすように照明装置が構成されていることが好ましい。

【0076】

前述の有効領域を、光路合成系Bからの光を用いて照明光学系Cが形成する複数の光源像が形成される領域のうち所定の領域とする。あるいは、偏光変換素子14の入射面のうち光路合成系Bからの光の偏光方向が所定の偏光方向へ変換される領域を有効領域とする。より詳細には上記の所定の偏光方向へ変換される領域のうち第2フライアイレンズ13が備える複数のレンズセルと対応している一つ一つの領域を有効領域とする。

10

20

30

40

50

【0077】

そして、複数の光源ユニットの個数をNとし、有効領域を有効領域の第1の辺あるいは第1の辺と直交する第2の辺の方向の少なくとも一方に沿ってN個に分割した領域短辺方向の寸法をXとし、長辺方向の寸法をYとする。さらに、第1レンズ面アレイ181が各レンズセル(第1のレンズ面)の短辺方向の寸法をxとし、長辺方向の寸法をyとする。このとき、照明装置が、

【0078】

【数1】

$$0.7 \leq \frac{X}{Y} \cdot \frac{y}{x} \leq 1.3 \quad (2)$$

10

【0079】

を満足することが好ましい。この条件式(2)は有効領域を光源ユニットの数で分割した領域の形状と、光源像の形状とが略相似であることを意味している。この条件を満たせば、1つの光源ユニットを用いた場合に対して2つの光源ユニットを用いた際の明るさを1.4倍程度にすることができる。もちろん、条件式(2)の下限値及び上限値が0.8以上1.2以下、0.9以上1.1以下であればより好ましい。

【0080】

〔第4の実施形態〕

本発明の第4の実施形態として、前述の各実施形態の照明装置を搭載可能な投射型表示装置の構成について、図10を用いて説明する。

20

【0081】

(投射型表示装置Pの構成)

図10に示すように投射型表示装置Pは、前述の各実施形態で説明したように、第1の光源ユニットAa、第2の光源ユニットAb、光路合成系B、照明光学系Cを備える照明装置と、色分離合成系Dと、投射光学系Eを備えている。照明装置の構成は前述の通りなので、以下では色分離合成系Dおよび投射光学系Eの構成について説明する。

【0082】

(色分離合成系の構成)

前述の照明光学系Cが備えるコンデンサレンズ15からの光束は、図10に示す色分離合成系Dに入射する。色分離合成系Dは、偏光板160、ダイクロイックミラー170、波長選択性位相差板180、赤色用/4板190r、緑色用/4板190g、青色用/4板190bを備えている。さらに、第1の偏光ビームスプリッタ210a、第2の偏光ビームスプリッタ210b、合成プリズム220を備えている。なお、赤色用/4板190r、緑色用/4板190g、青色用/4板190bをまとめて/4板190とする。

30

【0083】

このような構成の色分離合成系Dは、照明光学系Cからの光束を前述の光変調素子16、互いに異なる色光である第1の色光、第2の色光、第3の色光用の光変調素子に導く。具体的には、赤色用液晶パネル16r(第1の光変調素子)、緑色用液晶パネル16g(第2の光変調素子)、青色用液晶パネル16b(第3の光変調素子)に導く。さらに、光変調素子16からの光束を受光して後述の投射光学系Eに導く。

40

【0084】

偏光板160は偏光変換素子14によって整えられた所定の偏光方向の光のみを透過する偏光板である。ダイクロイックミラー170は、偏光板160からの光のうち青色光および赤色光を第2の偏光ビームスプリッタ210bの方向に導き、緑色光を第1の偏光ビームスプリッタ210aの方向へ導くように構成されている。

【0085】

第1の偏光ビームスプリッタ210aおよび第2の偏光ビームスプリッタ210bは偏光方向に応じてダイクロイックミラー170からの光を光変調素子16に導くとともに、光変調素子16からの光を合成プリズム220へ導くように構成されている。また、/50

4板19は、光変調素子16での反射による往復において $\pi/2$ 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。

【0086】

合成プリズム220は、第2の偏光ビームスプリッタ210a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210bからの緑色光を合成して投射光学系Eへ導く。

【0087】

(投射光学系の構成)

投射光学系Eは、投射レンズ230を備えており、色分離合成系Dからの光を被投射面Sに導く。なお、投射レンズ230は図10に示す投射型表示装置Pに対して着脱可能であってもよく、投射光学系Eは投射レンズ230をその光軸と直交する方向に移動させるシフト機構をさらに備えていても良い。このような構成によって、投射型表示装置Pは被投射面Sに画像を表示することが可能となる。

【0088】

(他の実施形態)

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。

【0089】

前述の各実施形態においては光源ユニットを2つ用い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く、光源ユニットが3つ以上ある、つまり3つ以上の蛍光体からの光を合成する構成などであってもよい。

【0090】

また、蛍光体8a(第1の波長変換素子)は、第1の基板と、第1の基板上に第1の方向に連続して形成された第1の波長変換層とを備える構成であってもよい。さらに、蛍光体8b(第2の波長変換素子)は、第2の基板と、第2の基板上に第2の方向に連続して形成された第2の波長変換層とを備える構成であってもよい。

【0091】

より具体的には、第1の基板は円形であり、第1の方向は前記第1の基板の周方向であって、第2の基板は円形であり、第2の方向は前記第2の方向の周方向である。蛍光体8をこのような構成にして回転可能にすることで蛍光体8が備える蛍光層(波長変換層)が劣化することを抑制することができる。

【0092】

さらに、蛍光体8aおよび8bが備える第1の基板および第2の基板は前述の各実施例のように光を反射するように構成されていてもよいが、光を透過させるように構成されていてもよい。

【0093】

また、前述の各実施形態においては照明光学系Cが第1フライアイレンズ12および第2フライアイレンズ13を備える構成であった。しかしながら、本発明はこのような構成に限定されるものではなく、例えば、第1フライアイレンズ12および第2フライアイレンズ13の代わりにロッドインテグレータを用いた構成などであってもよい。

【0094】

また、前述の各実施形態においては第1フライアイレンズ12と第2フライアイレンズ13が備える各レンズセルの形状が同じであったが、本発明はこのような構成に限定されるものではない。例えば、第1フライアイレンズ12と第2フライアイレンズ13の各レンズセルの形状が互いに異なっていてもよく、このような場合の有効領域のアスペクト比は圧縮率 α 及び β を用いて求めることができる。具体的には、照明光学系Cの光軸と平行で第1の断面に直交する断面を第2の断面とする。さらに、第1の断面における第1フライアイレンズ12の幅を D_{1x} とし、第2フライアイレンズ13の幅を D_{2x} とし、第2の断面における第1フライアイレンズ12の幅を D_{1y} とし、第2フライアイレンズ13の幅を D_{2y} とする。

10

20

30

40

50

【0095】

このとき、第1の断面における圧縮率 α および第2の断面における圧縮率 β を、 $\alpha = D_2 x / D_1 x$ 、 $\beta = D_2 y / D_1 y$ となる。そして、光変調素子16の第1の断面における幅を X' とし、第2の断面における幅を Y' とするとき、有効領域のアスペクト比は、 $(X' / 2) / Y'$ 、あるいは、 $X' / (Y' / 2)$ となる。

【0096】

本発明の各実施形態では $D_1 x = D_2 x$ 、 $D_1 y = D_2 y$ で、 $X' : Y' = 16 : 9$ となっており、第1フライアイレンズ12が備える複数のレンズセルは光変調素子16と相似形になっているので、 $D_2 x (A) : D_2 y (B) = 16 : 9$ となる。そして、有効領域のアスペクト比は $A / 2 : B$ となり、有効領域はアスペクト比が8:9の矩形形状になる。

10

【0097】

また、前述の各実施形態においては青色LDを励起光源として用いたが、本発明はこのような構成に限定されるものではなく、固体光源としてLD以外にもLEDを用いた構成などであってもよい。

【0098】

また、前述の各実施形態においては光変調素子として反射型の液晶パネルを3枚用い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。例えば、光変調素子として透過型の液晶パネルを3枚用いた構成や、角度調整が可能なマイクロミラーアレイを3枚用いた構成などであってもよい。なお、光変調素子としてマイクロミラーアレイを用いる場合には、照明装置は偏光変換素子14を備えなくてもよい。この場合、第2フライアイレンズ13が備える各レンズセルが設けられている領域の一つ一つを有効領域と定義する。

20

【0099】

また、前述の各実施形態においては照明光学系Cが備えるインテグレータ光学系として、第1フライアイレンズ12および第2フライアイレンズ13を用い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。インテグレータ光学系として、ロッドインテグレータや、4枚のシリンドリカルレンズアレイを用いた構成などであってもよい。ロッドインテグレータを用いた構成においてはロッドインテグレータの入射面が設けられている領域を有効領域と定義する。

30

【符号の説明】

【0100】

A a、b 光源ユニット（複数の光源ユニット）

B 光路合成系

C 照明光学系

1 a、b 青色LD（固体光源）

2 a、b コリメータレンズ（導光光学系）

3 a、b 放物ミラーアレイ（導光光学系）

4 a、b 反射ミラー（導光光学系）

5 a、b 凹レンズ（導光光学系）

6 a、b ダイクロイックミラー（導光光学系）

7 a、b 集光レンズ（導光光学系）

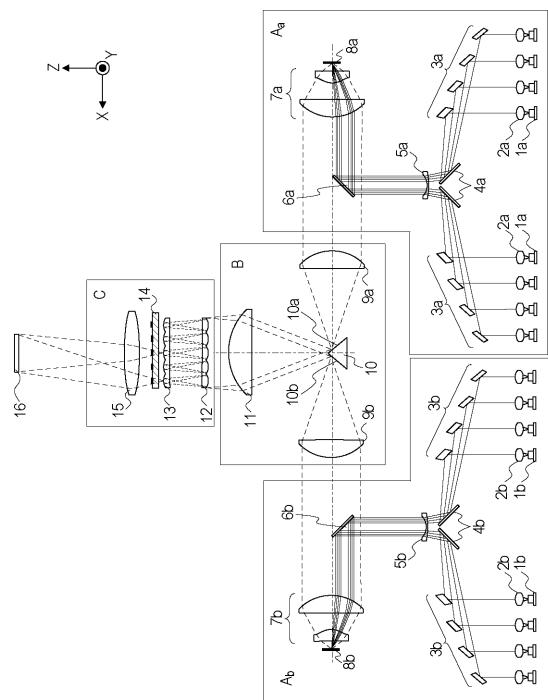
8 a、b 蛍光体（第1、第2の波長変換素子）

10 a、b 反射面（第1、第2の導光面）

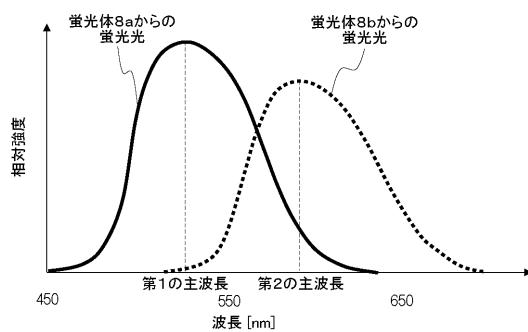
16 光変調素子

40

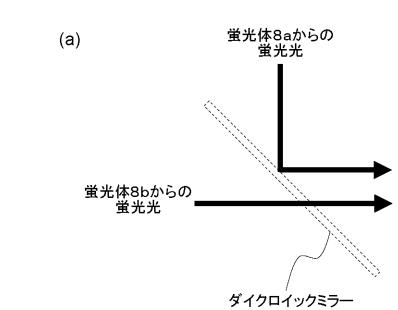
【図1】



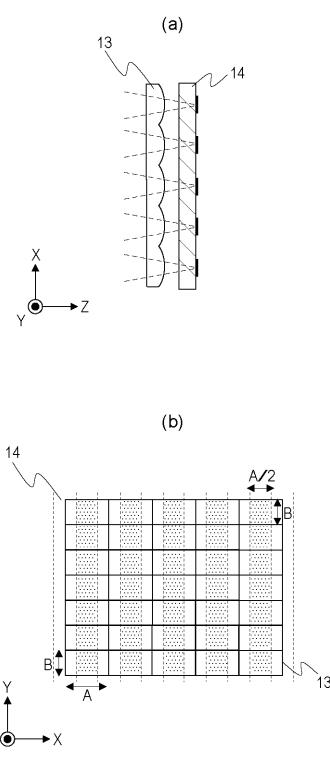
【図2】



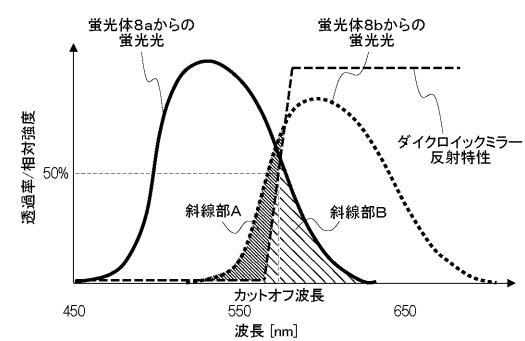
【図3】



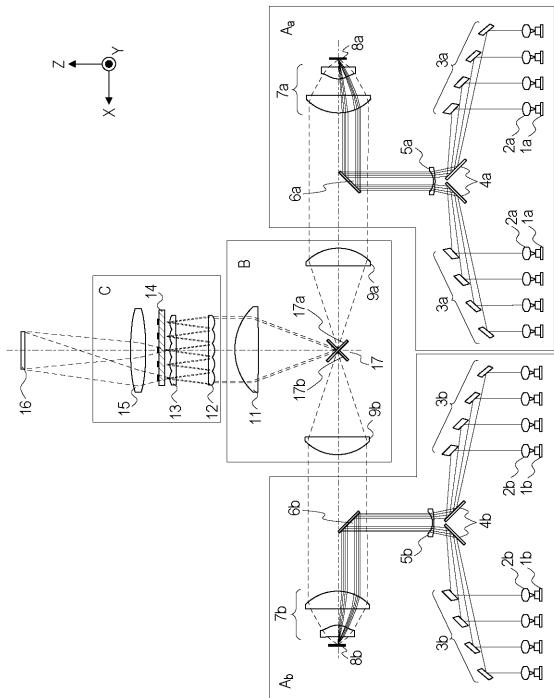
【図4】



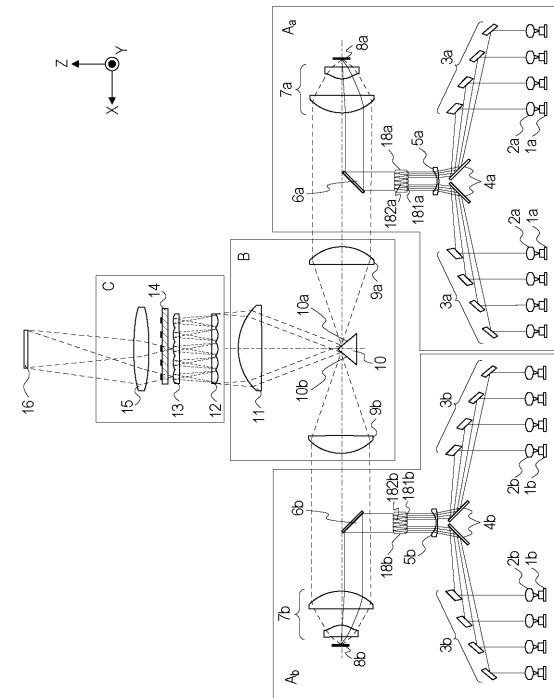
(b)



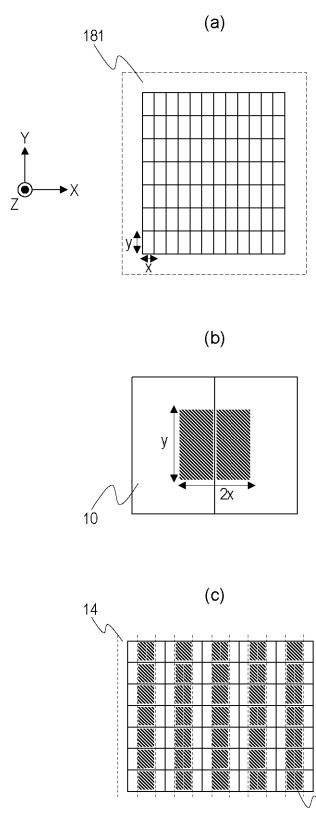
【 図 5 】



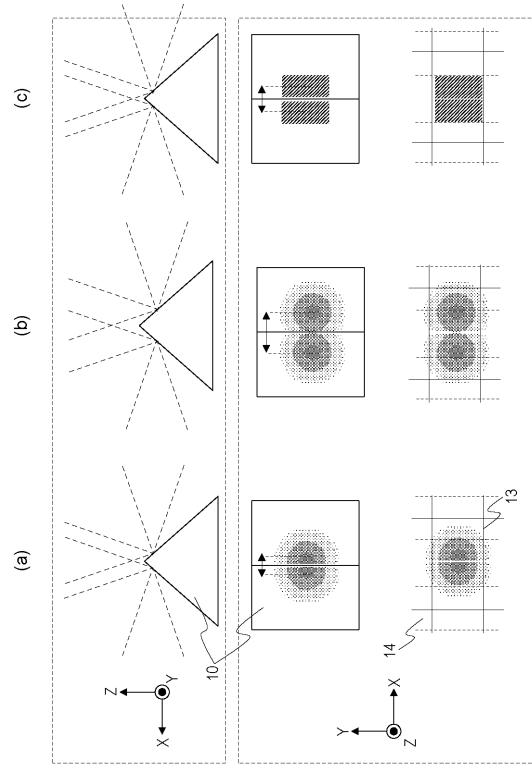
【 図 6 】



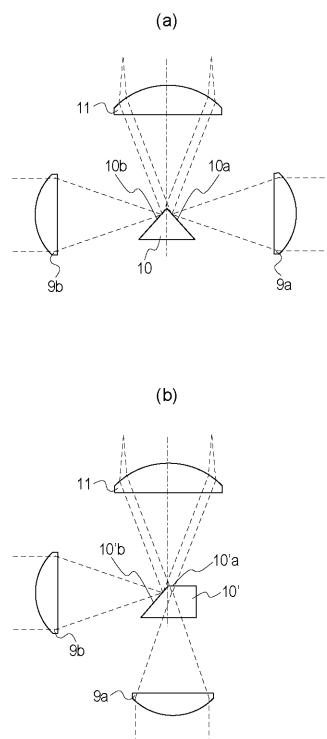
【図7】



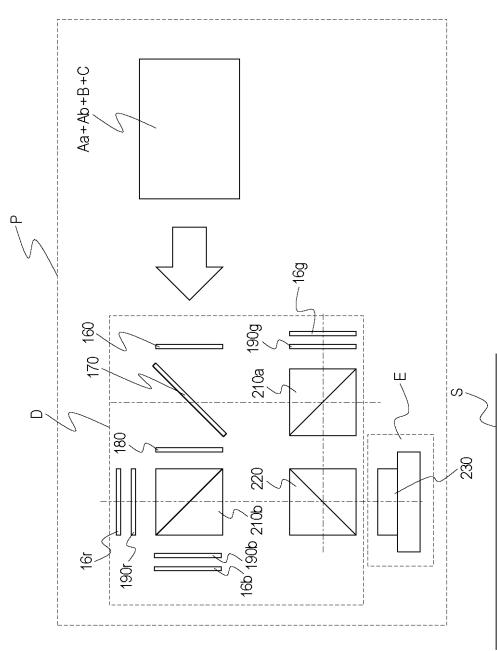
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 21Y 115/30 (2016.01) F 21Y 115:30

(56)参考文献 特開2011-221504 (JP, A)
特開2016-031402 (JP, A)
特開2010-129503 (JP, A)
特開2000-180796 (JP, A)
特開2016-071128 (JP, A)
特開2012-123948 (JP, A)
特開2015-148796 (JP, A)
特開2015-227998 (JP, A)
国際公開第2015/149700 (WO, A1)
米国特許出願公開第2014/0098351 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 03 B 21/14
F 21 S 2/00
F 21 V 7/22
G 03 B 21/00
H 04 N 5/74
F 21 Y 115/30