

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6783545号  
(P6783545)

(45) 発行日 令和2年11月11日(2020.11.11)

(24) 登録日 令和2年10月26日(2020.10.26)

(51) Int.Cl.	F I	
<b>F 2 1 S</b> 2/00 (2016.01)	F 2 1 S	2/00 3 4 0
<b>G 0 3 B</b> 21/14 (2006.01)	G 0 3 B	21/14 A
<b>F 2 1 V</b> 5/02 (2006.01)	F 2 1 V	5/02 4 0 0
<b>H 0 4 N</b> 5/74 (2006.01)	H 0 4 N	5/74 Z
<b>G 0 3 B</b> 21/00 (2006.01)	G 0 3 B	21/00 D
請求項の数 18 (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2016-83744 (P2016-83744)	(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28年4月19日(2016.4.19)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65) 公開番号	特開2017-195057 (P2017-195057A)	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43) 公開日	平成29年10月26日(2017.10.26)	(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
審査請求日	平成31年4月18日(2019.4.18)	審査官	安食 泰秀
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 照明装置及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、  
 拡散素子と、固体光源と、前記固体光源からの光束を前記拡散素子に導く導光光学系と、  
 を備える複数の光源ユニットと、  
 前記複数の光源ユニットからの光束を前記照明光学系に導く光路合成系と、を備える照明装置であって、  
前記光路合成系は、前記複数の光源ユニットからの光束を反射する反射面を前記複数の光源ユニット毎に有し、

前記反射面からの光束を用いて前記照明光学系による光源像が形成される領域のうち所定の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とするとき、  
前記有効領域における前記光源像の長辺方向に沿って、前記有効領域をN個に分割した領域の長辺方向と前記有効領域における前記光源像の長辺方向が平行である、  
 ことを特徴とする照明装置。

【請求項2】

光変調素子を照明する照明光学系と、  
 拡散素子と、固体光源と、前記固体光源からの光束を前記拡散素子に導く導光光学系と、  
 を備える複数の光源ユニットと、  
 前記複数の光源ユニットからの光束を前記照明光学系に導く光路合成系と、を備える照明装置であって、

前記光路合成系は、前記複数の光源ユニットからの光束を反射する反射面を前記複数の光源ユニット毎に有し、

前記反射面からの光束を用いて前記照明光学系による光源像が形成される領域のうち所定の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とするとき、

前記有効領域における前記光源像の長辺方向に沿って、前記有効領域をN個に分割した領域の第1の辺方向の寸法をX1とし、前記第1の辺方向と直交する第2の辺方向の寸法をY1とし、前記有効領域における前記光源像の前記第1の辺方向の寸法をX2とし、前記第2の辺方向の寸法をY2とするとき、

$$0.7 \leq X1 / Y1 \cdot Y2 / X2 \leq 1.3$$

を満足する、

ことを特徴とする照明装置。

【請求項3】

前記光変調素子は、液晶表示素子であって、

前記照明光学系は、前記光路合成系からの光束を分割する第1のフライアイレンズと、前記第1のフライアイレンズからの光束を受光する第2のフライアイレンズと、偏光変換素子と、を備え、

前記有効領域は、前記偏光変換素子のうち前記偏光変換素子に入射した光の偏光方向が所定の偏光方向に変換される複数の領域の各々であって、

前記照明光学系の光軸と前記拡散素子の法線とに平行な断面を第1の断面とし、前記照明光学系の光軸と平行で前記第1の断面に直交する断面を第2の断面とし、

前記第1の断面における前記第1のフライアイレンズの幅をD1xとし、前記第2のフライアイレンズの幅をD2xとし、前記第2の断面における前記第1のフライアイレンズの幅をD1yとし、前記第2のフライアイレンズの幅をD2yとし、

前記第1の断面における圧縮率及び前記第2の断面における圧縮率を、

$$= D2x / D1x$$

$$= D2y / D1y$$

とし、

前記光変調素子の前記第1の断面における幅をX'とし、前記第2の断面における幅をY'とするとき、

前記有効領域のアスペクト比は、

$$(X' / 2) / Y'$$

あるいは、

$$X' / (Y' / 2)$$

である、

ことを特徴とする請求項1または2に記載の照明装置。

【請求項4】

前記光変調素子は、反射面の角度を調節可能な複数のマイクロミラーを備えたマイクロミラーアレイであって、

前記照明光学系は、前記光路合成系からの光束を分割する第1のフライアイレンズと、前記第1のフライアイレンズからの光束を受光する第2のフライアイレンズと、を備え、

前記有効領域は、前記第2のフライアイレンズが備える複数のレンズセル上の領域であって、

前記照明光学系の光軸と前記拡散素子の法線とに平行な断面を第1の断面とし、前記照明光学系の光軸と平行で前記第1の断面に直交する断面を第2の断面とし、

前記第1の断面における前記第1のフライアイレンズの幅をD1xとし、前記第2のフライアイレンズの幅をD2xとし、前記第2の断面における前記第1のフライアイレンズの幅をD1yとし、前記第2のフライアイレンズの幅をD2yとし、

前記第1の断面における圧縮率及び前記第2の断面における圧縮率を、

$$= D2x / D1x$$

$$= D2y / D1y$$

10

20

30

40

50

とし、

前記光変調素子の前記第 1 の断面における幅を  $X'$  とし、前記第 2 の断面における幅を  $Y'$  とするとき、

前記有効領域のアスペクト比は、

$$X' / Y'$$

である、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の照明装置。

【請求項 5】

前記光変調素子は、反射面の角度を調節可能な複数のマイクロミラーを備えたマイクロミラーアレイであって、

前記照明光学系は、ロッドインテグレータを備えており、

前記有効領域は、前記ロッドインテグレータの入射面上の領域である、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の照明装置。

【請求項 6】

前記導光光学系は、インテグレータ光学系として、前記固体光源からの光束を分割する複数の第 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 のレンズ面を備えるとともに前記第 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、を備え、

前記  $N$  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 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 7】

前記固体光源は、青色光または紫外光を射出し、

前記拡散素子は、前記固体光源からの光束の一部を前記固体光源からの光束と波長が異なる変換光に変換する波長変換素子である、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項 8】

前記複数の光源ユニットは、

前記固体光源として、赤色光を射出する第 1 の固体光源と、緑色光を射出する第 2 の固体光源と、青色光を射出する第 3 の固体光源と、

前記拡散素子として、前記第 1 の固体光源と前記第 2 の固体光源と前記第 3 の固体光源からの光束を拡散する拡散板と、を備える、

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】

前記複数の光源ユニットは第 1 の光源ユニットと第 2 の光源ユニットとを備え、

前記光路合成系は、

第 1 の反射面と第 2 の反射面とを有する第 1 の反射素子と、

前記第 1 の光源ユニットからの光束を用いて前記第 1 の反射面上に第 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束を用いて前記第 2 の反射面上に第 2 の光源像を形成する第 2 の集光光学系と、を備える、

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】

前記照明光学系の光軸方向視において、前記第 1 の光源像のうち少なくとも最大強度の

10

20

30

40

50

80%までの領域は前記第1の反射面上に位置しており、前記第2の光源像のうち少なくとも最大強度の80%までの領域は前記第2の反射面上に位置している、  
ことを特徴とする請求項9に記載の照明装置。

【請求項11】

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 $d_1$ 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、

$$0.7 \leq d_1 / d_2 \leq 1.3$$

を満足する、

ことを特徴とする請求項9または10に記載の照明装置。

10

【請求項12】

前記導光光学系は、前記固体光源からの光束を反射して前記拡散素子に導く第2の反射素子と、

前記第2の反射素子からの光束を前記拡散素子に導く第3の集光光学系と、を備える、  
ことを特徴とする請求項6乃至11のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項13】

前記第2の反射素子の法線と前記第3の集光光学系の光軸とを含む断面での前記第3の集光光学系の光軸と直交する方向において、前記第2の反射素子の幅は前記第3の集光光学系の幅よりも狭い、

ことを特徴とする請求項12に記載の照明装置。

20

【請求項14】

前記固体光源は複数の固体光源であって、

前記導光光学系は、前記複数の固体光源からの光束が入射し、前記拡散素子に導くミラーアレイを備え、

前記ミラーアレイが有する複数のミラーは互いに形状の異なる放物面の一部である、  
ことを特徴とする請求項6乃至13のいずれか一項に記載の照明装置。

【請求項15】

光変調素子を照明する照明光学系と、

第1の拡散素子と、第1の固体光源と、前記第1の固体光源からの光束を前記第1の拡散素子に導く第1の導光光学系と、を備える第1の光源ユニットと、

30

第2の拡散素子と、第2の固体光源と、前記第2の固体光源からの光束を前記第2の拡散素子に導く第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反射して前記照明光学系に導く第1の反射面と、前記第2の光源ユニットからの光を反射して前記照明光学系に導く第2の反射面とを備える光路合成系と、を備える照明装置であって、

前記第1の光源ユニット及び第2の光源ユニットは、前記第1の固体光源からの光束を用いて前記第1の導光光学系が前記第1の拡散素子上に形成する第1のスポットの像が前記第1の反射面に向けて投影され、前記第2の固体光源からの光束を用いて前記第2の導光光学系が前記第2の拡散素子上に形成する第2のスポットの像が前記第2の反射面に向けて投影されるように構成してあり、

40

前記第1の導光光学系は、前記第1の拡散素子上の前記第1のスポットの光強度分布を均一化するための第1のインテグレート光学系を備え、前記第2の導光光学系は、前記第2の拡散素子上の前記第2のスポットの光強度分布を均一化するための第2のインテグレート光学系を備えている、  
ことを特徴とする照明装置。

【請求項16】

前記第1の光源ユニットと前記第2の光源ユニットは、それぞれ、前記第1のスポット及び前記第2のスポットとして長方形のスポットを前記第1の拡散素子及び前記第2の拡散素子上に形成し、

前記第1の光源ユニットから前記第1の反射面に向けて投影される前記長方形のスポッ

50

トの像と、前記第2の光源ユニットから前記第2の反射面に向けて投影される前記長方形のスポットの像とは、前記長方形のスポットの短辺方向に並んでいる、  
ことを特徴とする請求項15に記載の照明装置。

【請求項17】

請求項1乃至16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、互いに異なる色光である第1の色光用の光変調素子と、第2の色光用の光変調素子と、第3の色光用の光変調素子と、

前記照明装置からの光束を前記第1の色光用の光変調素子と前記第2の色光用の光変調素子と前記第3の色光用の光変調素子に導くとともに、前記第1の色光用の光変調素子からの光束と前記第2の色光用の光変調素子からの光束と前記第3の色光用の光変調素子からの光束を受光する色分離合成系をさらに備える、  
ことを特徴とする投射型表示装置。

10

【請求項18】

前記色分離合成系からの光束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17に記載の投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、照明装置及びこれを用いた投射型表示装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

近年、レーザーダイオード（以後、LDと記す）が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いわゆる固体光源プロジェクターが開発されている。従来の水銀ランプを光源とするプロジェクターと同様に固体光源プロジェクターにも明るさが求められており、より明るい固体光源プロジェクターを実現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。

【0003】

特許文献1は、青色LDと蛍光体を備えることで単体でも白色光を射出可能な光源ユニットを2つ設け、2つの光源ユニットからの白色光をロッドインテグレート光入射側にある台形プリズム対で合成して光変調素子に導く構成を開示している。このような構成によって、より明るい固体光源プロジェクターを実現している。また、この2つの光源ユニットは、蛍光体上のスポットの像である光源像が台形プリズム対付近に形成されるように構成してある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2014-160233号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

40

固体光源プロジェクターにおいて、明るさをより上げるために蛍光体への入射光の強度を高めると、蛍光体面上に入射光が形成するスポットの光密度が高くなる。なお、ここでいう光密度とは単位面積当たりの光強度のことをいう。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おそれがある。

【0006】

このため、特許文献1では、LDと蛍光体の間に拡散板を設けることで、蛍光体面上に形成するスポットをばかすことにより光密度が高くなり過ぎないようにしている。拡散板を用いてスポットをばかした場合、スポットの内部における光強度分布は中心部から周辺部に行くにつれて光強度が低くなるガウス分布になる。そのため、2つの光源ユニットに

50

よって台形プリズム対付近に光強度分布がガウス分布を持つ2つの光源像が形成されることになる。

【0007】

特許文献1の台形プリズム対は、ロッドインテグレータの光入射面の半分の厚みであって入射側の先端が45度の反射面になっている台形プリズムを反射面が互いに逆向きになるように2つ重ねて構成されている。

【0008】

このような光路合成系内に光強度分布がガウス分布の2つの光源像を形成すると、合成された光源像が大きくなって台形プリズム対に入射しない光が増えるため、光の利用効率が低下する。そこで、合成された光源像を小さくするために、2つの光源像が重なるまで両者の間隔を狭めることが考えられる。しかしながら、2つの光源像が重なっている領域の光は本来入射すべき反射面とは別の反射面に入射してしまい光変調素子とは異なる方向に導かれてしまい、光の利用効率が低下する。

【0009】

そこで、本発明は、複数の光源ユニットからの光を合成することによって生じる光の利用効率の低下を従来よりも小さくすることが可能な照明装置及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】

【0010】

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、  
拡散素子と、固体光源と、前記固体光源からの光束を前記拡散素子に導く導光光学系と、  
を備える複数の光源ユニットと、  
前記複数の光源ユニットからの光束を前記照明光学系に導く光路合成系と、を備える照明装置であって、

前記光路合成系は、前記複数の光源ユニットからの光束を反射する反射面を前記複数の光源ユニット毎に有し、

前記反射面からの光束を用いて前記照明光学系による光源像が形成される領域のうち所定の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とするとき、

前記有効領域における前記光源像の長辺方向に沿って、前記有効領域をN個に分割した領域の長辺方向と前記有効領域における前記光源像の長辺方向が平行であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、複数の光源ユニットからの光を合成することによって生じる光の利用効率の低下を従来よりも小さくすることが可能な照明装置及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】

【0012】

【図1】第1実施例で示す照明装置の構成説明図

【図2】第2フライアイレンズのレンズセルと偏光変換素子が形成する有効領域の模式図

【図3】第1実施例における有効領域及び光源像の形状の関係を示す図

【図4】従来技術に対する本発明の効果を表わす図

【図5】LDの模式図

【図6】第1レンズアレイ面のレンズセル形状とLDの発光面分布の関係図

【図7】第2実施例で示す照明装置の構成説明図

【図8】第2実施例における有効領域及び光源像の形状の関係を示す図

【図9】第3実施例で示す照明装置の構成説明図

【図10】第3実施例における有効領域及び光源像の形状の関係を示す図

【図11】第4実施例で示す照明装置の構成説明図

10

20

30

40

50

【図 1 2】第 4 実施例における有効領域及び光源像の形状の関係を示す図

【図 1 3】各実施例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】

【0013】

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。

【0014】

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。

10

【0015】

〔第 1 実施例〕

図 1 から図 6 を用いて本発明の第 1 実施例としての照明装置及び投射型表示装置の構成について説明する。

【0016】

(照明装置及び投射型表示装置の構成)

図 1 は、本実施例における照明装置の構成を示す構成図である。

【0017】

なお、各図においては、後述のコリメータレンズ 2 (2 a、2 b) 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 8 (8 a、8 b) の光軸と Z 軸に平行な断面が X Z 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。つまり、コリメータレンズ 2 の光軸と集光レンズユニット 8 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 X Z 断面の図になっている。

20

【0018】

本発明の各実施例における照明装置は、第 1 の光源ユニット A a 及び第 2 の光源ユニット A b を含む複数の光源ユニット A と、合成プリズム 1 1 (光路合成素子) を含む光路合成系 B と、照明光学系 C とを備えている。照明光学系 C は光変調素子 1 7 を照明するための複数の光学素子の集まりである。また、図 1 3 に示すように照明装置 1 0 0 と色分離合成系 D とを備える装置を投射型表示装置 P という。

30

【0019】

(光源ユニットの構成)

各光源ユニットは、光源 1 (第 1 の固体光源 1 a、第 2 の固体光源 1 b)、コリメータレンズ 2 (2 a、2 b)、放物ミラーアレイ 3 (3 a、3 b)、平面ミラー 4 (4 a、4 b)、凹レンズ 5 (5 a、5 b) を備えている。さらに、後述の蛍光体 9 上 (拡散素子上) のスポットの光強度分布を均一化するためのインテグレータ光学系として第 1 のレンズ面アレイ 6 1 (6 1 a、6 1 b)、第 2 のレンズ面アレイ 6 2 (6 2 a、6 2 b) を備えている。さらに、ダイクロイックミラー 7 (7 a、7 b)、集光レンズユニット 8 (8 a、8 b)、蛍光体 9 (第 1 の拡散素子 9 a、第 2 の拡散素子 9 b) と、を備えている。

【0020】

そして、蛍光体 9 が反射した蛍光光 (変換光) を集光レンズユニット 8 が取込んで平行光化して射出する構成になっている。本発明の各実施例ではこの光源ユニットを 2 つ有し、第 1 の光源ユニット A a 及び第 2 の光源ユニット A b から射出された平行光は、凸レンズ 1 0、合成プリズム 1 1、平行化レンズ 1 2 を備える光路合成系 B に入射する。

40

【0021】

光源 1 (固体光源) は青色 LD であり、光源 1 から射出された発散光束は直後に配置されたコリメータレンズ 2 によって平行光束となる。コリメータレンズ 2 は光源 1 つに対して 1 つ配置されており、光源 1 と同数設けられている。コリメータレンズ 2 からのレーザー光束は Z 方向に向けて進行したのち放物面ミラーアレイ 3 によって反射及び集光される。

50

## 【 0 0 2 2 】

放物面ミラーアレイ（ミラーアレイ）3が有する複数のミラーは互いに形状の異なる放物面の一部になっており、放物面ミラーアレイ3によって反射されたレーザー光束は集光しながら平面ミラー4によって反射され、凹レンズ5に入射する。凹レンズ5の焦点位置と放物面ミラーアレイ3が備える各ミラーの焦点位置とを一致させているため、凹レンズ5は平行光束を射出する。このような構成は、一枚の放物面鏡と比較してより小型な照明装置を実現することができる。

## 【 0 0 2 3 】

凹レンズ5を射出した平行光束は第1のレンズ面アレイ61に入射して分割光束にされた後、第2のレンズ面アレイ62に入射する。第2のレンズ面アレイ62を射出した分割光束は、ダイクロミックミラー7により反射されて集光レンズユニット8に向かう。なお、本発明の各実施例においては、これらの放物面ミラーアレイ3、平面ミラー4、凹レンズ5、第1のレンズ面アレイ61、第2のレンズ面アレイ62、ダイクロミックミラー7、集光レンズユニット8を第1及び第2の導光光学系とする。

10

## 【 0 0 2 4 】

ダイクロミックミラー（第2の反射素子）7は第2のレンズ面アレイ62からの光束を反射するのに必要な最小限の大きさになっている。そして、その表面には光源1からの光束は反射するが、蛍光体9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。

## 【 0 0 2 5 】

集光レンズユニット8（第3の集光光学系）はダイクロミラー7で反射された光束を集光及び重畳して蛍光体9上にスポットを形成する。

20

## 【 0 0 2 6 】

蛍光体（拡散素子、波長変換素子）9は第2のレンズ面アレイ62と集光レンズユニット8について第1のレンズ面アレイ61が備える複数のレンズ面と略共役になる位置に配置されている。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61に入射した時点ではムラのある光密度分布である。しかしながら、上記の経路により分割及び重畳されることによって、蛍光体9上では第1のレンズ面アレイ61のレンズ面形状と相似形の均一な光密度分布のスポットを形成する。

## 【 0 0 2 7 】

すなわち個々のレンズ面を物体とし、これらが重畳された像を蛍光体9上に形成している。従って、蛍光体9上においてレーザー光が1点へ集中して局所的に光密度が高い分布になって輝度飽和現象による光変換効率の低下を抑制することができる。

30

## 【 0 0 2 8 】

蛍光体9に入射した光束の一部は、赤及び緑色のスペクトルを主とする蛍光光に変換されて反射され、残りは波長が変換されずに青色光のまま反射される。反射された赤、緑、青の3原色で構成される白色光束は再び集光レンズユニット8によって平行光化され、光路合成系Bに向かう。この白色光束はダイクロミックミラー7を経由するが、前述のとおりダイクロミックミラー7は蛍光光を透過させるが、レーザー光束と同じ波長である青色光は反射する。つまり、白色光束のうちダイクロミックミラー7を通過する光束に含まれる青色光は光源1側へ戻ってしまっただけで光の利用効率が低下してしまう。

40

## 【 0 0 2 9 】

このような光の利用効率の低下を抑制するためには、ダイクロミックミラー7の面積をできるだけ小さくする必要がある。具体的には、ダイクロミックミラー7の法線と集光レンズユニット8の光軸とを含む断面での集光レンズユニット8の光軸と直交する方向において、ダイクロミックミラー7の幅は集光レンズユニット8の幅よりも狭いことが好ましい。このような構成によって小型及び軽量であるとともに、光利用効率の低下を抑制することが可能光源ユニットを実現している。

## 【 0 0 3 0 】

（光路合成系の構成）

50

蛍光体 9 からの蛍光光は集光レンズユニット 8 によって集光及び平行化され、光路合成系 B に入射する。光路合成系 B では、各光源ユニットからの平行光が、凸レンズ（第 1 の集光光学系、第 2 の集光光学系）10 によって合成プリズム（第 1 の反射素子）11 の頂点近傍に集光される。合成プリズム 11 の頂点近傍は、集光レンズユニット 8 と凸レンズ 10 について蛍光体 9 と略共役の位置に配置されている。したがって、合成プリズム 11 の頂点近傍には蛍光体 9 上に形成されるスポットと相似形状の光源像が形成される。なお、2 つの光源ユニットの光源像は合成プリズム 11 の頂点近傍において近接配置されており、近接配置された 2 つの光源ユニットからの光源像はあわせて 1 つの光源像として考えることもできる。

【0031】

10

より好ましくは、複数の光源像が次の条件を満たすとよい。すなわち、合成プリズム 11 が備える複数の反射面のうち、光源ユニット A a（第 1 の光源ユニット）側の反射面を第 1 の反射面とし、光源ユニット A b（第 2 の光源ユニット）側の反射面を第 2 の反射面とする。さらに、凸レンズ 10 のうち光源ユニット A a からの光束を用いて第 1 の反射面上に第 1 の光源像を形成するものを第 1 の集光光学系とし、光源ユニット A b からの光束を用いて第 2 の反射面上に第 2 の光源像を形成するものを第 2 の集光光学系とする。

【0032】

このとき、照明光学系 C の光軸方向視において、第 1 の光源像のうち少なくとも最大強度の 80% までの領域は第 1 の反射面上に位置している。さらに、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束のうち第 1 の反射面及び第 2 の反射面に入射しない光束が少ないことが好ましい。

20

【0033】

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  $d_1$  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  $d_2$  とする。このとき、

$$0.7 \leq d_1 / d_2 \leq 1.3 \quad (1)$$

を満足するとよい。この条件式 (1) は後述の図 4 (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 11 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  $d_1 / d_2$  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。

30

【0034】

合成プリズム 11 の反射面によって反射された光は平行化レンズ 12 によって平行化され照明光学系 C に入射する。

【0035】

（照明光学系の構成）

照明光学系 C に入射した光が第 1 のフライアイレンズ 13 によって分割光束にされることで、第 2 のフライアイレンズ 14 近傍に再び光源像が形成される。第 2 のフライアイレンズ 14 は平行化レンズ 12 と第 1 のフライアイレンズ 13 について光路合成系 B の合成プリズム 11 の頂点近傍と略共役の位置に配置されている。このため、第 2 のフライアイレンズ 14 の近傍に形成される光源像は合成プリズム 11 の頂点近傍に形成される光源像と相似形状である。

40

【0036】

なお、これまでの各素子の共役関係を整理すると第 2 のフライアイレンズ 14 が配置される位置は合成プリズム 11 の頂点近傍を介して蛍光体 9 及び第 1 のレンズ面アレィ 61 と略共役関係である。したがって、第 2 のフライアイレンズ 14 近傍に形成される光源像の形状は第 1 のレンズ面アレィ 61 の各レンズ面と相似形状である。

【0037】

第 1 のフライアイレンズ 13 からの分割光束は第 2 のフライアイレンズ 14 及びコンデ

50

ンサレンズ16を介して光変調素子17上に集光及び重畳される。本実施例における光変調素子17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線の偏光状態を制御することで画像を形成する。

【0038】

光源ユニットからの蛍光光は非偏光光なので、光の利用効率を高めるために偏光変換素子15を第2のフライアイレンズ14の直後に配置している。偏光変換素子15は第2のフライアイレンズ14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。なお、偏光変換素子15の構成は、前述の半波長板とはずれた位置に遮光部を一つおきに設けた構成であってもよい。

10

【0039】

偏光変換素子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偏光に揃えられるような構成であってもよい。偏光変換素子15からの光束はコンデンサレンズ16によって光変調素子17へ導かれる。

【0040】

(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16からの光束は、図13に示す色分離合成系Dに入射する。

20

【0041】

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 $\lambda/4$ 板190r、緑色用 $\lambda/4$ 板190g、青色用 $\lambda/4$ 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 $\lambda/4$ 板190r、緑色用 $\lambda/4$ 板190g、青色用 $\lambda/4$ 板190bをまとめて $\lambda/4$ 板190とする。

【0042】

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17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17r(第1の色光用の光変調素子)、緑色用液晶パネル17g(第2の色光用の光変調素子)、青色用液晶パネル17b(第3の色光用の光変調素子)に導く。さらに、光変調素子17からの光束を受光して後述の投射光学系Eに導く。

30

【0043】

偏光板160は偏光変換素子15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。

【0044】

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17に導くとともに、光変調素子17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、 $\lambda/4$ 板190は、光変調素子17での反射による往復において $\lambda/2$ 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。

40

【0045】

合成プリズム220は、第2の偏光ビームスプリッタ210bからの青色光および赤色光と、第1の偏光ビームスプリッタ210aからの緑色光を合成して投射光学系Eへ導く。

【0046】

(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

50

Sに導く。なお、投射レンズ230は図13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。

【0047】

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。

【0048】

(有効領域の説明)

前述の偏光変換素子15のうち偏光変換素子15に入射した光の偏光方向が所定の偏光方向に変換される領域とは異なる領域に入射した光束は所望の偏光方向とは異なる偏光方向となってしまう。そのような偏光方向の光束は前述の偏光板160に吸収あるいは反射されて光変調素子17へ入射しないため、光の利用効率が低下してしまう。つまり、偏光変換素子15上で所望の偏光方向に変換される領域を有効領域としたとき、この有効領域を通過する光束を多くすることが好ましい。

10

【0049】

図2に本実施例において第2のフライアイレンズ14のレンズセルと偏光変換素子15が形成する有効領域の模式図を示す。本実施例における有効領域は、偏光変換素子15が備える複数の偏光ビームスプリッタのうち上から1、3、5、7、9番目の偏光ビームスプリッタと第2のフライアイレンズ14の各レンズセルとが重なる領域である。

【0050】

本実施例のように光変調素子17として液晶表示素子を用い、照明光学系Cが偏光変換素子と2つのフライアイレンズを備える構成における有効領域のアスペクト比は次のように求めることができる。

20

【0051】

まず、照明光学系Cの光軸と蛍光体9の法線とに平行な断面を第1の断面とし、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のフライアイレンズ13の幅を $D1x$ とし、第2のフライアイレンズの幅を $D2x$ とし、第2の断面における第1のフライアイレンズ13の幅を $D1y$ とし、第2のフライアイレンズ14の幅を $D2y$ とする。

【0052】

このとき、第1の断面における圧縮率  $\alpha$  および前記第2の断面における圧縮率  $\beta$  を、 $\alpha = D2x / D1x$ 、 $\beta = D2y / D1y$ となる。そして、光変調素子17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、有効領域のアスペクト比は、 $(X' / 2) / (Y' / 2)$ 、あるいは、 $X' / (Y' / 2)$ となる。

30

【0053】

本実施例では $D1x = D2x$ 、 $D1y = D2y$ で、 $X' : Y' = 16 : 9$ となっており、第1のフライアイレンズ13が備える複数のレンズセルは光変調素子17と相似形になっているので、 $D2x(A) : D2y(B) = 16 : 9$ 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。

【0054】

このような有効領域の近傍で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に到達できる。言い換えれば、有効領域は通過した光束が光変調素子に導かれる領域である。

40

【0055】

(有効領域と光源像の関係)

図3に本実施例における有効領域及び光源像の形状の関係を示す。図3(a)は本実施例における第1のレンズ面アレィ61を正面からみた図である。第1のレンズ面アレィが備える複数のレンズ面(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、本実施例では第1のレンズ面のアスペクト比は $x : y = 4 : 9$ になっている。前述のように蛍光体9上に形成されるスポットは第1のレンズ面アレィ61が備える

50

複数のレンズ面と相似形になるため、蛍光体 9 上にはアスペクト比が 4 : 9 の長方形のスポット（第 1 のスポット及び第 2 のスポット）が形成される。

【 0 0 5 6 】

このようなスポットを新たな光源と捉えたときには、第 1 のスポット及び第 2 のスポットの像が合成プリズム 1 1 の第 1 及び第 2 の反射面に向かって投影される、といえる。その結果、合成プリズム 1 1 の頂点近傍にアスペクト比が 4 : 9 の光源像（第 1 のスポットの像及び第 2 のスポットの像）が 2 つ隣接して形成される。これらの光源像は合成プリズム 1 1 の頂点近傍において近接配置されているので、図 3 ( b ) のように 2 つの光源像を合わせて全体として  $2x : y = 8 : 9$  のアスペクト比をもつ光源像が合成プリズムの頂点近傍に形成される。したがって、このような場合には、図 3 ( c ) のように有効領域とそ

10

【 0 0 5 7 】

このように、本実施例で示す照明装置は、照明光学系の有効領域を複数分割した領域の形状と相似形状のレンズセル形状をもつレンズアレイを光源と蛍光体の間に配置した光源ユニットを複数有している。そして、各光源ユニットからの光束を合成することによって有効領域に形成される光源像の集合体の形状を有効領域の形状と相似にすることによって、光の利用効率の低下を抑制することができる。

【 0 0 5 8 】

言い換えれば、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 の辺の方向あるいは第 1 の辺と直交する第 2 の辺の方向に沿って  $N$  個に分割した領域の形状と光源像の形状が相似である。もちろん、両者が厳密に相似である必要はなく、少なくとも前述の  $N$  個に分割した領域の長辺方向と、有効領域における光源像の長辺方向が平行であればよい。ここでいう有効領域における光源像とは、光源像が形成される領域が光学素子上ではない場合において、光源像が形成される領域の近傍の光学素子上の面に光源像を垂直に投影したものをいう。また、第 1 のスポット及び第 2 のスポットは前述のようにアスペクト比が  $x : y = 4 : 9$  の長方形のスポットであり、これら長方形スポットが合成プリズム 1 1 の反射面上あるいは有効領域において長方形の短辺方向に並んでいけばよい。

20

【 0 0 5 9 】

さらに、前述の  $N$  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、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、

30

【 0 0 6 0 】

【数 1】

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

【 0 0 6 1 】

を満足すればよい。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

40

以下、0 . 9 以上 1 . 1 以下であればより好ましい。

【 0 0 6 2 】

上述の条件式 ( 2 ) は第 1 のレンズ面の寸法を用いた条件式であったが、光源像の大きさを用いると次のように言い換えることができる。すなわち、本実施例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、拡散素子と、固体光源と、固体光源からの光束を拡散素子に導く導光光学系と、を備える複数の光源ユニットを備えている。さらに、複数の光源ユニットからの光束を照明光学系に導く光路合成系と、を備えている。

【 0 0 6 3 】

そして、光路合成系からの光束を用いて照明光学系が形成する光源像が形成される領域のうち所定の領域を有効領域とし、複数の光源ユニットの個数を  $N$  とする。さらに、有効

50

領域を有効領域の第1の辺の方向あるいは第1の辺と直交する第2の辺の方向に沿ってN個に分割した領域の第1の辺方向の寸法をX1とし、第2の辺方向の寸法をY1とする。さらに、有効領域における光源像の第1の辺方向の寸法をX2とし、第2の辺方向の寸法をY2とする。

【0064】

このとき、

$$0.7 \leq X1 / Y1 \cdot Y2 / X2 \leq 1.3 \quad (3)$$

を満足すればよい。上記の第1の辺方向及び第2の辺方向は一方が短辺方向、もう一方が長辺方向となってもよい。つまり、第1の辺方向が短辺方向の場合には、条件式(3)におけるX1は前述の条件式(2)におけるXと同義であり、Y1はYと同義である。また、有効領域をN個に分割した領域が正方形の場合には第1の辺と第2の辺が同じ長さになってもよい。

【0065】

また、上記の光源像の第1の辺方向の大きさとは、ある光源像が形成されている領域のうち最大強度の80%以上の強度になる領域の第1の辺方向の幅としてもよい。なお、最大強度の90%以上あるいは50%以上としてもよい。つまり、ある光源像が形成されている領域の強度分布における第1の辺方向の半値全幅を光源像の第1の辺方向の大きさとしてもよい。光源像の第2の辺方向の大きさについても同様である。

【0066】

さらに、条件式(2)と同様に条件式(3)の下限値及び上限値も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。

【0067】

(従来技術との比較)

図4に従来技術に対する本発明の効果を表わす図を示す。上段及び中段は合成プリズム11上での光束及び光源像の振る舞いを示しており、下段は照明光学系の有効領域と光源像との関係を示す。

【0068】

前述の従来技術のように拡散板を用いて蛍光体9上にスポットを形成する場合の光密度の空間分布は図4(a)(b)のように円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11の頂点近傍で2つの光源ユニットからの光束を合成する際、光源像の空間的な広がりが大きいため、図4(a)のように光源像を近接配置しようとする一部は、一部の光束が合成プリズム11の反射面で反射できなくなる。あるいは、一部の光束が照明光学系に導かれなくなる。このため、光の利用効率が低下する。

【0069】

一方で、図4(b)のように2つの光源像を離して配置して合成プリズム11上での損失を少なくしようとする、有効領域に入射しない光束が増えるため、光の利用効率が低下する。特に、本実施例のように有効領域のアスペクト比が8:9の略正方形形状である場合に光源像の形状が円形状であると合成時の光源像が全体としてX方向に長くなるので、有効領域においてX方向にはみ出る光束が増えてしまう。

【0070】

このような拡散板を用いて蛍光体9上にスポットを形成する場合と比較して、本実施例のようにレンズ面アレイを用いた場合には、光源像の形状を任意の形状に成型でき、且つその光密度は均一な分布とすることができる。光源像の光密度分布を均一にできる特徴を活用すれば、図4(c)のように合成プリズム11の頂点近傍において各光源ユニットからの光源像をぎりぎりまで近接配置をしても光源像のケラレを抑制し、損失を低減することができる。また、光源像の形状を任意の形状に成型できる特徴を活用することによって、2つの光源像を合成した際の全体としての光源像の形状を照明光学系の有効領域の形状に対して、容易に相似形状とすることができる。

【0071】

発明者らの検討によれば、本実施例の構成においてレンズ面アレイの代わりに拡散板を

10

20

30

40

50

用いて光源像を形成する光源ユニットを2つ用いた場合は、1つの光源ユニットを用いた場合に対して約1.3倍程度の明るさを得ることができた。これに対して本実施例のようにレンズ面アレイを用いた場合には約1.8倍程度の明るさを得ることができ、大幅な照明効率の改善が実現できた。

【0072】

(LDの構成)

ここで、第1のレンズ面アレイ61のレンズ面形状と、光源である青色LDの発光面分布の関係について述べる。図5は本発明の各実施例において光源1として用いるLDの模式図である。図5(a)は図1と同じXZ断面についてその内部構造を描いた図である。

【0073】

LDはそのパッケージ18の内部にダブルヘテロ構造の光学半導体を備えている。光学半導体はクラッド層19が活性層20を挟む構造になっており、電界が加えられることにより原子が活性化されて誘導放射を行い、活性層20内で共振状態になった光が、ハーフミラーとなっている側のへき開面から放射される。21は光が放射される側のへき開面であり、光源としてはその形状が発光分布となる。図5(b)は同じLDのYZ断面の模式図であり、図5(c)は同じLDをZ方向から見たXY断面における模式図であり、両図はLDの発光面分布がY方向に細長く伸びた形状であることを示している。

【0074】

(LDの発光面形状とレンズ面アレイとの関係)

図6は第2のレンズ面アレイ62のレンズセル形状と光源1であるLDの発光面分布の関係を示した概略図である。本実施例における第2のレンズ面アレイ62が備える各レンズ面(第2のレンズ面)62Aの形状は第1のレンズ面アレイが備える第1のレンズ面と同様に4:9のアスペクト比を持つ形状である。

【0075】

前述のように第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の各レンズ面によってそれぞれ対応した第2のレンズ面アレイ62の各レンズ面62Aに集光する。この結果、第2のレンズ面アレイ62の各レンズ面には光源1の光源像が形成される。この光源像が対応したレンズ面とは違うレンズ面に入射した場合、有効に利用されない光となり光の利用効率が低下する。

【0076】

このため、本実施例では図6(a)及び(b)に示すように、第2のレンズ面の長辺方向と、図5に示した活性層20(LDの発光面分布)の長辺方向とが平行になるようにしている。つまり、図6(b)に示すように、光源像に対してレンズ面62AがX方向及びY方向ともに余裕があるようにしている。このような構成によれば、例えばコリメータレンズ2の設置ばらつきによって光源像の位置がずれたとしても、所定のレンズ面内に光源像を納めやすくなり、光の利用効率の低下を抑制しやすくなる。

【0077】

[第2実施例]

図7は、本発明の第2実施例としての照明装置の構成を示す図である。前述の第1実施例との違いは、照明光学系の有効領域を分割する方向と、これに対応して第1のレンズ面アレイ221及び第2のレンズ面アレイ222の各レンズ面の形状が異なる点である。さらに、合成プリズム11の代わりに合成ミラー23を用いている点も異なる。

【0078】

本実施例においても、照明光学系の有効領域は8:9のアスペクト比を有する。第1実施例では有効領域を横方向に分割して4:9の分割領域として、これに対応して第1のレンズ面アレイは縦長なレンズ面を有している。これに対して本実施例では有効領域を縦方向に分割して8:4.5の横長な分割領域を有し、第1のレンズ面アレイ221が備える各レンズ面も横長な形状になっている。光源1の活性層20の長辺方向は第1実施例ではY方向であったのに対して、本実施例ではX方向になっている。このような構成にする理由は前述の第1実施例と同様である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 9 】

有効領域を Y 方向に分割する本実施例では合成プリズム 1 1 を用いることができないため、合成プリズム 1 1 の代わりに合成ミラー 2 3 を用いている。合成ミラー 2 3 は、互い逆向きを向いた 4 5 度の反射面を Y 方向の位置が異なるように設けられた 2 枚のミラーで構成されている。このような合成ミラー 2 3 を用いれば、2 つの光源ユニットからの光束を Y 方向に合成することができる。また、合成ミラー 2 3 の構成に合わせて第 1 の光源ユニット A a と第 2 の光源ユニット A b の Y 方向の位置を適宜調整している。

## 【 0 0 8 0 】

図 8 に本実施例における有効領域及び光源像の形状の関係を示す。図 8 ( a ) は本実施例における第 1 のレンズ面アレイ 2 2 1 を正面からみた図であり、各レンズ面は、 $x : y = 8 : 4.5$  のアスペクト比をもつ長方形形状である。このため、蛍光体 9 上に形成されるスポットと合成ミラー 2 3 上に形成される光源像のアスペクト比も  $8 : 4.5$  の長方形形状となる。

## 【 0 0 8 1 】

2 つの光源ユニットからの光束で形成される光源像は合成ミラー 2 3 が備える 2 つのミラーの境界近傍においてぎりぎりまで近接配置されている。このため、図 8 ( b ) のように 2 つの光源像を Y 方向で合成して全体として  $x : 2 y = 8 : 9$  のアスペクト比をもつ光源像が形成される。その結果、図 8 ( c ) のように照明光学系の有効領域とそこで形成される光源像の形状が完全な相似形状となっており、照明光学系の照明効率を最大限高めることができる。もちろん、本実施例においても前述の第 1 実施例と同様に有効領域を分割した領域と光源像とが完全に相似である必要はない。少なくとも有効領域を分割した領域の長辺方向と有効領域における光源像の長辺方向が平行であればよい。

## 【 0 0 8 2 】

以上より、本実施例においても、第 1 実施例と同様に照明光学系の有効領域を複数分割した領域の形状と相似形状のレンズ面形状をもつレンズ面アレイを光源と蛍光体の間に配置した光源ユニットを複数設けている。そして、各光源ユニットからの光束を合成することによって最終的に有効領域とここで形成される光源像の集合体の形状を相似形状とすることによって、光の利用効率の低下を抑制することができる。

## 【 0 0 8 3 】

## 〔 第 3 実施例 〕

図 9 は、本発明の第 3 実施例としての照明装置の構成を示す図である。前述の第 1 実施例との違いは偏光変換素子 1 5 を用いていない点である。さらに、液晶表示素子である光変調素子 1 7 の代わりに、反射面の角度を調節可能な複数のマイクロミラーを備えたマイクロミラーアレイである光変調素子 1 7 1 を用いた点も異なる。

## 【 0 0 8 4 】

本実施例のように、照明光学系に偏光変換素子を用いず、マイクロミラーアレイを光変調素子とする場合には照明光学系の有効領域は第 2 のフライアイレンズ 1 4 の各レンズセル上の領域になる。なお、第 2 のフライアイレンズ 1 4 の各レンズセルは光変調素子と相似形状の  $1 6 : 9$  のアスペクト比を有する。また、これに合わせて第 1 のレンズ面アレイ 2 4 1 及び第 2 のレンズ面アレイ 2 4 2 のレンズ面の形状は第 1 実施例と異なる。

## 【 0 0 8 5 】

図 1 0 に本実施例における有効領域及び光源像の形状の関係を示す。図 1 0 ( a ) は本実施例における第 1 のレンズ面アレイ 2 4 1 を正面からみた図である。各レンズ面は、横・縦の長さを  $x$ 、 $y$  とすると  $x : y = 8 : 9$  のアスペクト比をもつ略正方形形状である。したがって、蛍光体 9 上に形成されるスポットは  $8 : 9$  のアスペクト比をもつ略正方形形状となる。

## 【 0 0 8 6 】

ここで 2 つの光源ユニットからの光束によって形成される光源像は合成プリズム 1 1 の頂点近傍においてぎりぎりまで近接配置されている。このため、図 1 0 ( b ) のように 2 つの光源像を合わせて全体として  $2 x : y = 1 6 : 9$  のアスペクト比をもつ光源像が合成

10

20

30

40

50

プリズムの頂点近傍に形成される。したがって、図10(c)のように照明光学系の有効領域とそこで形成される光源像の形状が完全な相似形状となっており、照明光学系の照明効率を最大限高めることができる。もちろん、本実施例においても前述の第1実施例と同様に有効領域を分割した領域と光源像とが完全に相似である必要はない。少なくとも有効領域を分割した領域の長辺方向と有効領域における光源像の長辺方向が平行であればよい。

【0087】

以上より、本実施例においても、第1実施例と同様に照明光学系の有効領域を複数分割した領域の形状と相似形状のレンズ面形状をもつレンズ面アレイを光源と蛍光体の間に配置した光源ユニットを複数設けている。そして、各光源ユニットからの光束を合成することによって最終的に有効領域とここで形成される光源像の集合体の形状を相似形状とすることによって、光の利用効率の低下を抑制することができる。

10

【0088】

〔第4実施例〕

図11は、本発明の第4実施例としての照明装置の構成を示す図である。さらに、液晶表示素子である光変調素子17の代わりに、反射面の角度を調節可能な複数のマイクロミラーを備えたマイクロミラーアレイである光変調素子171を用いた点も異なる。また、これらの違いに合わせて第1のレンズ面アレイ251及び第2のレンズ面アレイ252のレンズセルの形状も第1実施例と異なる。

【0089】

20

本実施例では、光路合成系Bの合成プリズム11の直後にロッドインテグレータ26を配置している。このため、2つの光源ユニットからの光束によって形成される光源像が合成プリズムの頂点近傍に形成され、そのままロッドインテグレータ26の光入射面261に入射する。ロッドインテグレータ26はガラス製で長方形の断面を持つ角柱状の素子であり、入射した光が内部で全反射を繰り返し、光射出面上262で均一な照度分布を形成する。なお、誘電体多層膜や金属膜を蒸着した反射ミラーで側面部が構成された中空タイプのロッドインテグレータを用いてもよい。

【0090】

ロッドインテグレータ26の光射出面262から射出した光束はリレーレンズ系27によって光変調素子171上に照射される。ここで、光変調素子171は16:9の長方形のアスペクト比を有しており、ロッドインテグレータ26の光入射面261と光射出面262の断面形状は光変調素子と相似形状の16:9のアスペクト比の長方形となっている。本実施例のように、ロッドインテグレータを用いた照明光学系における有効領域は、ロッドインテグレータの光入射面上の領域となる。

30

【0091】

図12に本実施例における有効領域及び光源像の形状の関係を示す。図12(a)は本実施例における第1のレンズ面アレイ251を正面からみた図である。各レンズ面は、横・縦の長さをx、yとすると $x:y=8:9$ のアスペクト比をもつ略正方形形状である。したがって、蛍光体9上に形成されるスポットは8:9のアスペクト比をもつ略正方形形状となる。ここで2つの光源ユニットからの光束によって形成される光源像は合成プリズム11の頂点近傍においてぎりぎりまで近接配置されている。このため、図12(b)のように2つの光源像を合わせて全体として $2x:y=16:9$ のアスペクト比をもつ光源像が合成プリズムの頂点近傍に形成される。

40

【0092】

したがって、図12(c)のように照明光学系の有効領域とそこで形成される光源像の形状が完全な相似形状となっており、照明光学系の照明効率を最大限高めることができる。もちろん、本実施例においても前述の第1実施例と同様に有効領域を分割した領域と光源像とが完全に相似である必要はない。少なくとも有効領域を分割した領域の長辺方向と有効領域における光源像の長辺方向が平行であればよい。

【0093】

50

以上より、本実施例においても、第1実施例と同様に照明光学系の有効領域を複数分割した領域の形状と相似形状のレンズ面形状をもつレンズ面アレイを光源と蛍光体の間に配置した光源ユニットを複数設けている。そして、各光源ユニットからの光束を合成することによって最終的に有効領域とここで形成される光源像の集合体の形状を相似形状とすることによって、光の利用効率の低下を抑制することができる。

【0094】

上述のように、本発明の各実施例においては、有効領域を光源ユニットの数だけ分割した領域と光源像の形状の少なくとも長辺方向を一致させることで光の利用効率の低下を抑制することが可能な照明装置の構成を開示した。

【0095】

前述のように有効領域の位置は各実施例によって異なるが、有効領域は、光源像が形成される領域のうち所定の領域と共通して表現することもできる。また、光源像が照明光学系に含まれる光学素子と別の光学素子との間に形成される場合には、有効領域を次のように定義してもよい。つまり、照明光学系が備える光学素子のうち光源像が形成される領域の近傍の光学素子が備える面上の所定の領域を有効領域としてもよい。ここでいう所定の領域とは、光変調素子へ導かれる光束が入射する領域のことをいう。

【0096】

また、前述の光源像が形成される領域の近傍の光学素子とは、光源像が形成される領域を挟んでいる2つの光学素子のうち近い方、つまり光源像が形成される領域に最も近い光学素子としてもよい。しかしながら、他方の光学素子上で有効領域を定義してもよい。

【0097】

あるいは、有効領域外に入射した光束は最終的には光変調素子に導かれられないため、光変調素子に導かれる光束が入射する領域を有効領域としてもよい。さらに、不要な光束が光変調素子へ導かれられないように光源からの光束あるいは光源像を規制する領域を有効領域としてもよい。

【0098】

(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。例えば、光源ユニットAの個数は2つに限定されるものではなく3つや4つ以上であってもよい。

【0099】

また、レンズ面アレイを介してレーザー光を照射する素子としては蛍光体に限定されるものではない。例えば光源として青色、緑色、赤色の3色のLD(第1の固体光源、第2の固体光源、第3の固体光源)を用いて、蛍光体の代わりに拡散板を配置することでスペckルノイズを低減する構成としてもよい。つまり、波長成分を変換する蛍光体の代わりに角度成分を変換する拡散板として光特性変換素子にレーザー光を照射してもよい。あるいは、蛍光体も入射した光を拡散させる作用を併せ持つと解釈すると、蛍光体あるいは拡散板といった拡散素子にレーザー光を照射する構成であればよい。

【0100】

また、前述の各実施例においては光源1として青色LDを用い、蛍光体9として青色光を励起光として黄色光を発する黄色蛍光体を用いたが、本発明はこのような構成に限定されるものではない。例えば、光源1としては紫外光を発する固体光源を用い、蛍光体9は紫外光を励起光として青色光及び黄色光を発する蛍光体を用いてもよい。

【0101】

また、前述の各実施例においては第1のレンズ面アレイと第2のレンズ面アレイが備える各レンズ面の形状が同じ構成であったが、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のレンズ面アレイと第2のレンズ面アレイの各レンズ面の形状が互いに異なっていてもよい。

【0102】

10

20

30

40

50

また、前述の第1～第3実施例においては第1のフライアイレンズと第2のフライアイレンズ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のフライアイレンズと第2のフライアイレンズ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前述のように圧縮率及び $\gamma$ を用いて求めることができる。

【0103】

なお、前述の第3実施例のようにフライアイレンズを用いるが偏光変換素子を用いない場合には、有効領域のアスペクト比は第2のフライアイレンズの各レンズセルのアスペクト比と等しくなる。4a及び4bのように圧縮率及び光変調素子のアスペクト比を用いると、 $X'/Y'$ となる。

10

【0104】

また、前述の各実施例においては第1の光源ユニットAaと第2の光源ユニットAbの構成が照明光学系Cの光軸を軸として対称になっている。より具体的には、第1の光源ユニットAaにおいては複数の光源1aが配列している領域に対して、蛍光体9aが図1中の右側にずれているのに対して、第2の光源ユニットAbにおいては左側にずれている。その結果、ダイクロミックミラー7a及び7bとの間には空間が生まれるため、各実施例ではその間に光路合成系Bを設けている。その結果、照明装置全体として小型にすることができる。

【0105】

また、前述の各実施例においては光源ユニットAがインテグレート光学系として第1のレンズ面アレイと第2のレンズ面アレイを備える構成を例示した。具体的には、第1のレンズ面アレイと第2のレンズ面アレイが各図に示したように一体になっている構成を例示したが、第1のフライアイレンズと第2のフライアイレンズのように別体になっている構成であってもよい。

20

【0106】

また、第1のレンズ面アレイと第2のレンズ面アレイの代わりにインテグレート光学系としてロッドインテグレートをを用いた構成であってもよい。この場合、ロッドインテグレートの光出射面が蛍光体上のスポットと相似なるため、少なくともロッドインテグレートの光出射面の長手方向と、N個に分割した領域の長辺方向とを一致させればよい。

【0107】

また、第2のフライアイレンズが無く、フライアイレンズとして第1のフライアイレンズのみ備える構成も可能である。さらに、フライアイレンズの代わりに、互いのシリンドリカルレンズ面の母線方向が直交するように重ねた一対のシリンドリカルレンズアレイ(レンチキュラーレンズ)を用いてもいい。

30

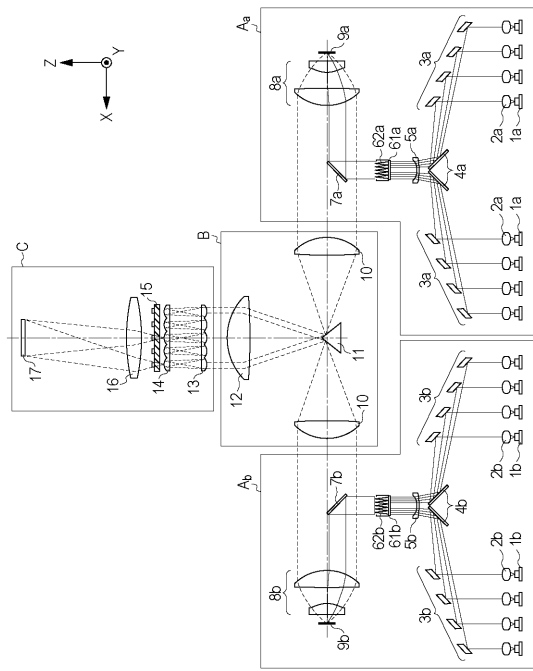
【符号の説明】

【0108】

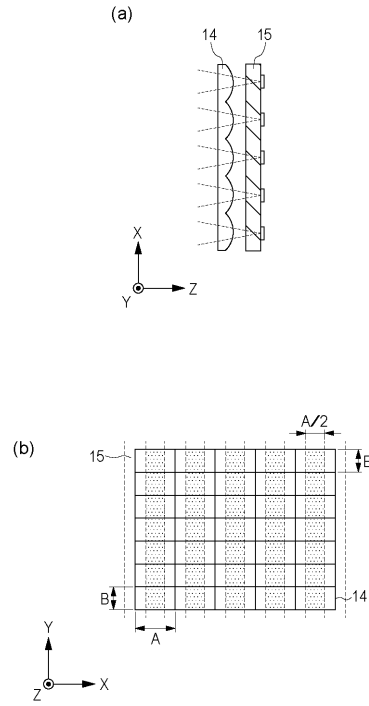
- Aa、Ab 光源ユニット
- B 光路合成系
- C 照明光学系
- 1a、1b 光源(固体光源)
- 9a、9b 蛍光体(拡散素子)
- 15 偏光変換素子
- 61a、61b 第1のレンズ面アレイ
- 62a、62b 第2のレンズ面アレイ

40

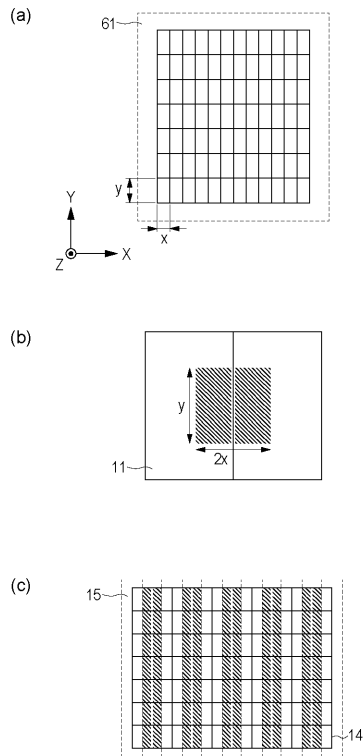
【図1】



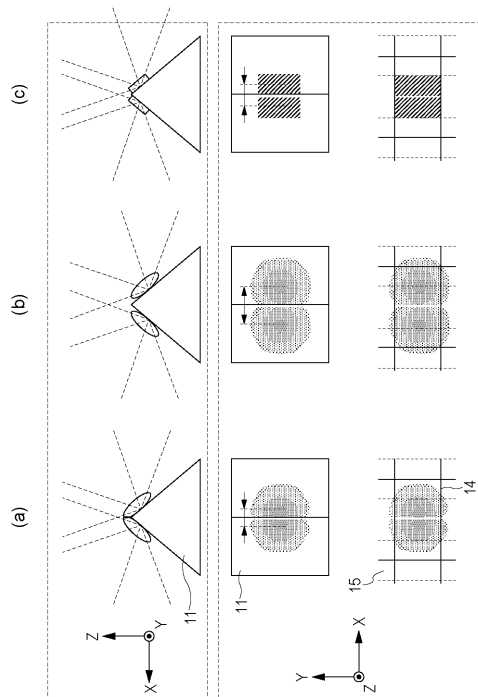
【図2】



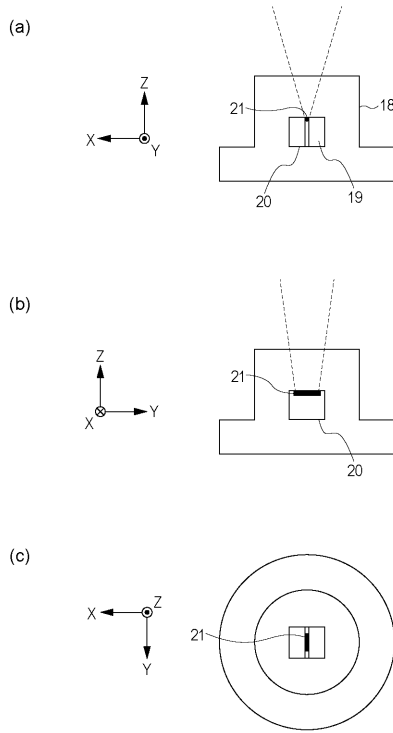
【図3】



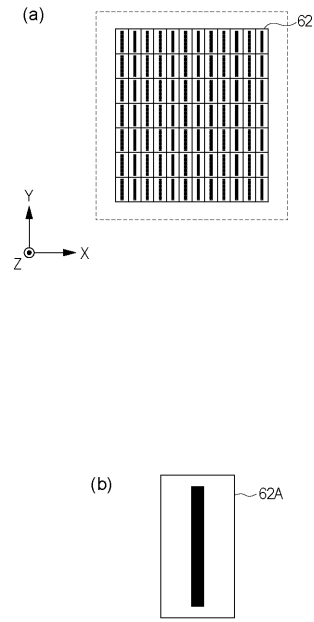
【図4】



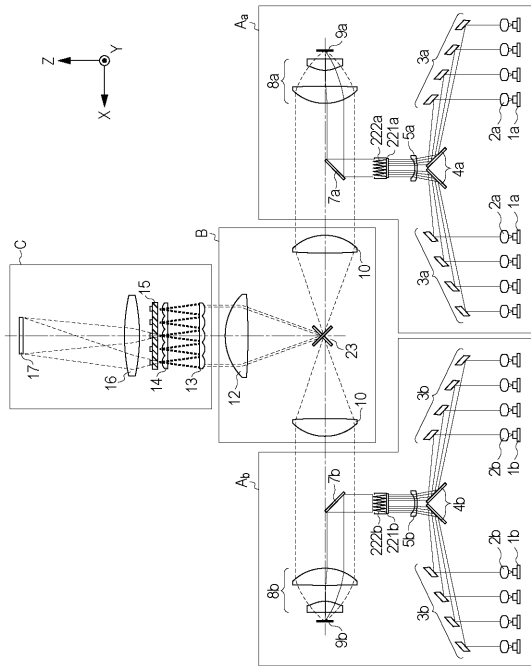
【 図 5 】



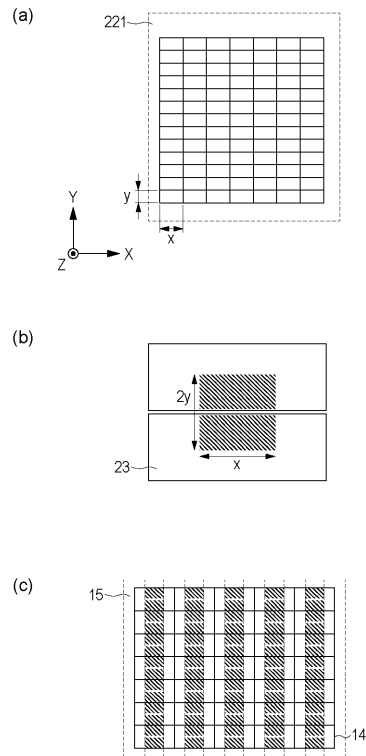
【 図 6 】



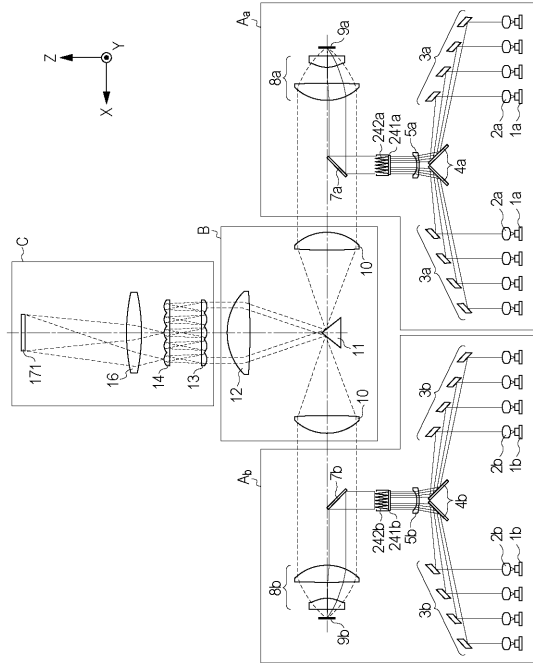
【 図 7 】



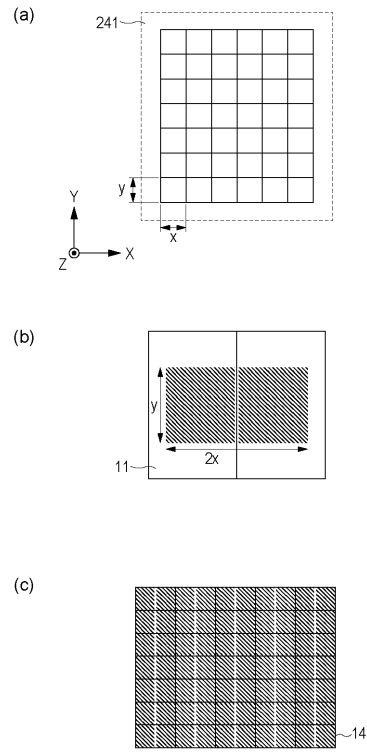
【 図 8 】



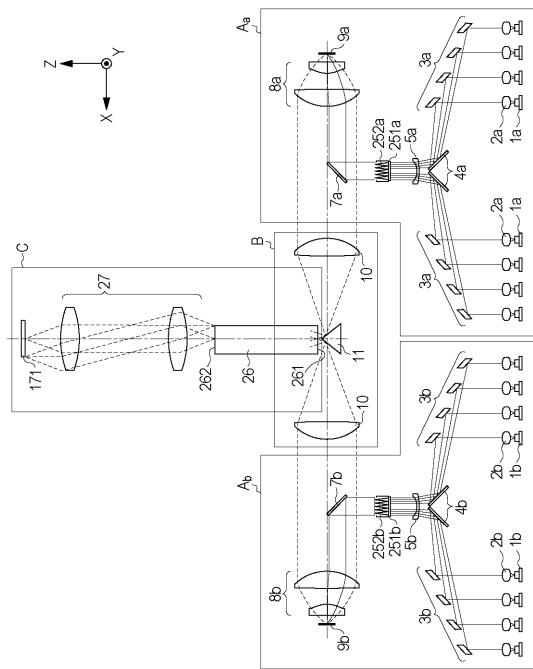
【図9】



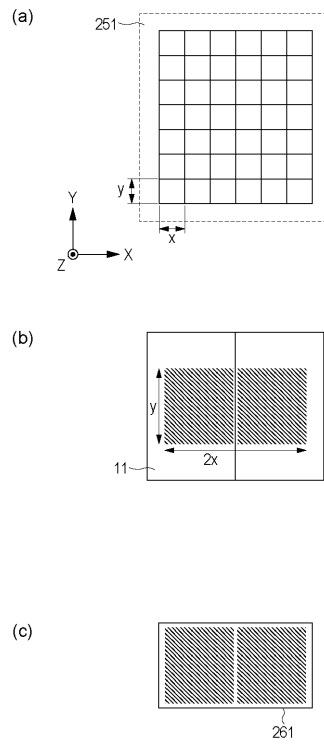
【図10】



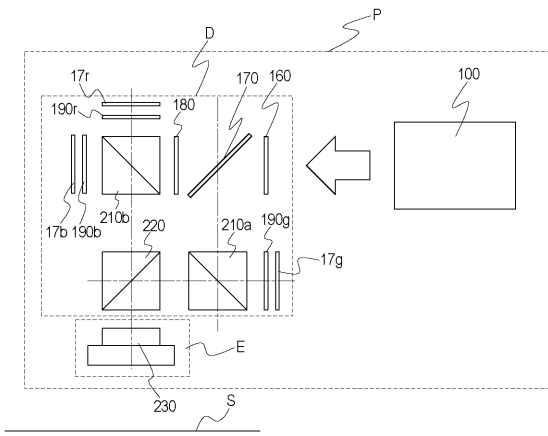
【図11】



【図12】



【図13】



---

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 Y 115:30

(56)参考文献 特開2012-118110(JP,A)  
米国特許出願公開第2012/0133904(US,A1)  
中国特許出願公開第102478754(CN,A)  
特開2012-234162(JP,A)  
米国特許出願公開第2012/0268503(US,A1)  
米国特許出願公開第2016/0091785(US,A1)

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