

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6094866号  
(P6094866)

(45) 発行日 平成29年3月15日(2017.3.15)

(24) 登録日 平成29年2月24日(2017.2.24)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 3 B 21/14 (2006.01)

G O 3 B 21/14

A

G O 3 B 21/00 (2006.01)

G O 3 B 21/00

F

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2013-4649 (P2013-4649)  
 (22) 出願日 平成25年1月15日(2013.1.15)  
 (65) 公開番号 特開2014-137406 (P2014-137406A)  
 (43) 公開日 平成26年7月28日(2014.7.28)  
 審査請求日 平成28年1月14日(2016.1.14)

(73) 特許権者 504462711  
 Zero Lab株式会社  
 東京都渋谷区恵比寿1丁目23番17号  
 (74) 代理人 100098497  
 弁理士 片寄 恭三  
 (72) 発明者 古賀 律生  
 東京都渋谷区恵比寿1丁目23番17号  
 ゼロラボ株式会社内

審査官 村川 雄一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

青色帯域の光を発する光源と、

青色帯域の光を入射し、少なくとも青色帯域、赤色帯域および緑色帯域の光を発生させる回転体であって、当該回転体は、第1の面と、当該第1の面に対向する第2の面とを有し、前記第1の面には、少なくとも青色帯域の光を反射する反射領域と、青色帯域の光を透過し少なくとも赤色帯域および緑色帯域の光を反射するダイクロイック領域とが形成され、前記第2の面には、前記ダイクロイック領域を透過した青色帯域の光に基づき赤色帯域の光を発光する第1の蛍光体領域および緑色帯域の光を発光する第2の蛍光体領域が形成される、前記回転体と、

前記回転体と前記光源の間に配され、前記光源からの青色帯域の光を第1の光軸に集光する第1の光学系と、

前記第1の光軸からシフトされた第2の光軸を有し、前記第1の光学系によって集光された青色帯域の光を前記回転体に集光させる第2の光学系とを有し、前記第1の光学系によって集光された光は、前記第2の光学系のレンズの片側半分に入射される、照明光学系

。

【請求項 2】

前記第1および第2の蛍光体領域は、前記第2の面の半径方向に複数組形成される、請求項1に記載の照明光学系。

【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、青色帯域のレーザ光等を発するアレイ光源を用いた照明光学系に関し、特にプロジェクタや照明装置等の電子装置等の光源に用いられる照明光学系に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

プロジェクタの光源ユニットに、青色レーザ発光器を光源に利用したのが知られている（特許文献1）。この光源ユニットは、青色レーザ発光器と、蛍光体ホイールと、複数の反射ミラーやダイクロイックミラーとを備えて構成される。蛍光体ホイールは、モータによって回転される円板形状を有し、蛍光体ホイールには、青色帯域の光を透過する透過部、および青色帯域の光を赤色帯域および緑色帯域の光を発する蛍光体層がそれぞれ形成されている。

10

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特許第4711154号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

上記特許文献1に示される光源ユニットは、蛍光体ホイールが青色帯域の光を透過する構成であるため、その光学系のレイアウト等に制約が生じてしまい、必ずしも光源ユニットの小型化、省スペース化に適しているとはいえなかった。

20

## 【0005】

そこで、本発明は、光学部品の点数を減らし、省スペース、軽量化、低コスト化を図る照明光学系およびこれを用いた電子装置を提供することを目的とする。

さらに本発明は、青色帯域の光と、赤色帯域および緑色帯域の光の混色を効果的に防止することができる回転体およびこれを用いた照明光学系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】

本発明に係る回転体は、青色帯域に光を入射し、少なくとも青色帯域、赤色帯域および緑色帯域の光を発生させるものであって、前記回転体は、第1の面と、当該第1の面に対向する第2の面とを有し、前記第1の面には、少なくとも青色帯域の光を反射する反射領域と、青色帯域の光を透過し少なくとも赤色帯域および緑色帯域の光を反射するダイクロイック領域とが形成され、前記第2の面には、前記ダイクロイック領域を透過した青色帯域の光に基づき赤色帯域の光を発光する第1の蛍光体領域および緑色帯域の光を発光する第2の蛍光体領域が形成される。好ましい態様では、第1の面上の反射領域は、反射ミラー、反射層、反射部材、反射フィルターなどによって構成される。また、第1の面上に形成されるダイクロイック領域は、ダイクロイックミラーやダイクロイックフィルターから構成される。さらに好ましい態様では、前記第1および第2の蛍光体領域は、前記第2の面の半径方向に複数組形成されるようにしてもよい。さらに好ましくは、前記回転体は、第1の面および当該第1の面と対向する第2の面を有する透明基板を含み、前記反射領域および前記ダイクロイック領域は、前記透明基板の第1の面上に形成され、前記第1および第2の蛍光体領域は、前記透明基板の第2の面上に形成される。

30

40

## 【0007】

本発明に係る照明光学系は、上記記載の回転体と、青色帯域の光を発する光源と、前記回転体と前記光源の間に配され、前記光源からの青色帯域の光を第1の光軸に集光する第1の光学系と、前記第1の光軸からシフトされた第2の光軸を有し、前記第1の光学系によって集光された青色帯域の光を前記回転体に集光させる第2の光学系とを有する。好ましい態様では、前記第1の光学系によって集光された光は、前記第2の光学系のレンズの片側半分に入射される。照明光学系はさらに、前記回転体から発せられた赤色帯域および

50

緑色帯域の光を集光する集光レンズを含むことができる。照明光学系はさらに、前記光源からの青色帯域の光を  $n$  組 ( $n$  は、2 以上の整数) の光に分割する分割部材を含むことができる。照明光学系はさらに、前記集光レンズで集光された光を反射するダイクロイックミラーを含むことができ、当該ダイクロイックミラーは、青色帯域の光を反射し、少なくとも赤色帯域および緑色帯域の光を透過する。照明光学系はさらに、前記集光レンズで集光された光を反射するダイクロイックミラーを含むことができ、当該ダイクロイックミラーは、青色帯域の光を透過し、少なくとも赤色帯域および緑色帯域の光を反射する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、部品点数を削減し、小型化、軽量化、低コスト化を図った照明光学系およびそれを用いた電子装置を提供することができる。さらに本発明の回転体を用いることで、青色帯域の光が赤色帯域および緑色帯域の光に混色するのを効果的に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1の実施例に係る照明光学系の原理を説明する図である。

【図2】図1に示すアレイ光源の構成例を示す概略断面図である。

【図3】図3(A)は、本実施例の蛍光体ホイールの入射面側の平面図、図3(B)は、蛍光大ホイールの出射面側の平面図、図3(C)は、図3(B)のX-X線断面図である。

【図4】図4(A)は、本実施例による蛍光体ホイールにより青色帯域の光が発生される様子を模式的に説明する図、図4(B)は、本実施例による蛍光体ホイールにより赤色帯域/緑色帯域の光が発生される様子を模式的に説明する図である。

【図5】本発明の第2の実施例に係る照明光学系の原理を説明する図である。

【図6】本発明の第3の実施例に係る照明光学系の原理を説明する図である。

【図7】蛍光体の発光変化効率と照射エネルギー密度との関係を示すグラフである。

【図8】本発明の実施例に係る照明光学系においてR/G/Bの光を合成する例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。本発明の好ましい態様では、照明光学系には、波長が短い青色光を発する半導体発光素子として、青色レーザー素子または青色発光ダイオードをアレイ化したアレイ光源が利用される。照明光学系は、青色帯域の光を利用し、それよりも波長の長い赤色帯域、緑色帯域、あるいは黄色帯域等の光を発生させるために、光軸がシフトされたシフト光学系、および波長変換のための蛍光体領域が形成された回転体を用いる。なお、図面のスケールは、発明の特徴を分かり易くするために強調しており、必ずしも実際のデバイスのスケールと同一ではないことに留意すべきである。

【実施例】

【0011】

図1は、本発明の第1の実施例に係る照明光学系の基本原理を説明する図である。なお、以下の説明で、赤色帯域の光、緑色帯域の光、青色帯域の光を、便宜上、R、G、Bと略すことがある。

【0012】

本実施例の照明光学系10は、励起光としての青色帯域のレーザー光Lbを出射するアレイ光源20と、アレイ光源20からのレーザー光Lbを集光する前群レンズL1、L2と、前群レンズL1、L2によって集光されたレーザー光Lbを蛍光体ホイール30上に集光する後群レンズL3と、青色帯域のレーザー光Lbを選択的に反射および透過する領域を含み、かつ透過された青色帯域のレーザー光Lbによって励起され赤色帯域の光Lrおよび緑色帯域の光Lbを発光する蛍光体領域を備えた円盤状の蛍光体ホイール30と、蛍光体ホイ

ール30の中心軸に結合され蛍光体ホイール30を回転するモータ40と、蛍光体ホイール30の入射面側で反射された青色帯域のレーザ光Lbを一定方向に反射する反射ミラー50と、蛍光体ホイール30の出射面側から出射された赤色帯域の光Lr、および緑色帯域の光Lgを集光する集光レンズL4と、集光レンズL4によって集光された赤色帯域および緑色帯域の光Lr/Lbを一定方向に反射する反射ミラー60を含んで構成される。

【0013】

アレイ光源20は、青色帯域のレーザ光を出射する半導体レーザ素子（または青色発光ダイオード）をアレイ状に複数含んで構成される。半導体レーザ素子は、一次元または二次元に配列され、複数の半導体レーザ素子を同時に駆動することで、各半導体レーザ素子から一斉にレーザ光が出射される。

【0014】

図2は、アレイ光源の一構成例を示す概略断面図である。同図に示すように、複数の半導体レーザ素子を搭載する基板は、熱伝導性の高い金属材料、例えばアルミニウムのような材料によって構成された支持部材22によって支持される。また、支持部材22の表面には、各半導体レーザ素子から出射されたレーザ光をそれぞれコリメートするレンズ24が取り付けられる。さらに支持部材22と対向する側には、反射ミラー26が配置され、反射ミラー26は、各半導体レーザ素子から出射された青色帯域の光を一定方向に反射し、レーザ光線束Lbを生成する。

【0015】

前群レンズL1は、例えば平凸レンズ等から構成され、前群レンズL2は、例えば凹レンズから構成され、前群レンズL1、L2は、アレイ光源20からのレーザ光線Lbを平行光に集光する。前群レンズL1、L2の光軸C1は、レンズL1、L2の中心である。この例では、前群レンズとして2つの組合せレンズを用いているが、前群レンズは、アレイ光源20からのレーザ光Lbを集光することができる光学系であれば良く、前群レンズを構成するレンズの数は、1つであってもよいし、あるいは3つ以上であってもよい。さらに前群レンズは、球面レンズ、非球面レンズのいずれから構成されるものであってもよい。さらに前群レンズは、プリズム等の光学部材を含むものであってもよい。

【0016】

後群レンズL3は、例えば平凸レンズから構成され、前群レンズL1、L2で集光された光を入射し、これを蛍光体ホイール30上に集光する。後群レンズL3の光軸C2は、レンズL3の中心である。ここで留意すべき点は、本実施例の照明光学系10は、後群レンズの光軸C2は、前群レンズの光軸C1からシフトされた光学系であり、前群レンズL1、L2によって集光されたレーザ光Lbは、後群レンズL3の片側半分に入射されるように、光軸C1、C2のシフト量が調整される。図の例では、後群レンズL3は、1つのレンズを用いて構成されるが、後群レンズは、レーザ光Lbを蛍光体ホイール30上に集光することができるシフト光学系であれば良く、後群レンズを構成するレンズの数は、複数の組合せレンズであってもよい。さらに後群レンズは、球面レンズ、非球面レンズのいずれから構成されるものであってもよい。さらに後群レンズは、プリズム等の光学部材を含むものであってもよい。

【0017】

蛍光体ホイール30は、後群レンズL3と集光レンズL4との間に配され、後群レンズL3からの青色帯域のレーザ光Lbを正規反射し、かつ透過した青色帯域のレーザ光によって励起された赤色帯域および緑色帯域の光を反対側の面から出射させる。蛍光体ホイールについては後に詳細に説明する。

【0018】

集光レンズL4は、例えば平凸レンズから構成され、蛍光体ホイール30の出射面側から発せられた赤色帯域および緑色帯域の光を集光する。集光レンズL4の光軸C3は、レンズL4の中心であり、好ましくは光軸C3は、光軸C2と一致する。この例では、集光レンズL4は、1つのレンズを用いて構成されるが、集光レンズは、蛍光体ホイール30から発せられた赤色帯域および緑色帯域の光を集光することができる光学系であれば良く

10

20

30

40

50

、集光レンズを構成するレンズの数は、複数の組合せであってもよい。さらに集光レンズは、球面レンズ、非球面レンズのいずれから構成されるものであってもよい。

【0019】

反射ミラー60は、集光レンズL4で集光された赤色帯域および緑色帯域の光を、例えば光軸C3と直交する方向に反射する。反射ミラー60は、青色、赤色および緑色の全波長帯域の光を反射する全反射ミラーから構成されてもよいし、あるいは青色帯域の光を透過し、赤色および緑色帯域の光を反射するダイクロイックミラーから構成されてもよい。後者の場合、蛍光体ホイール30で赤色帯域および緑色帯域の波長変換に利用されずに透過された青色帯域の光が、赤色帯域および緑色帯域の光に混色するのを効果的に防止することができる。

10

【0020】

図3に本実施例の蛍光体ホイール30の構成例を示す。図3(A)は、蛍光体ホイール30の入射面側の平面図、図3(B)は、蛍光体ホイール30の出射面側の平面図、図3(C)は、図3(B)のX-X線断面図である。図中のPで示す円は、後群レンズL3によって集光された青色帯域の光Lbのスポットを表している。

【0021】

蛍光体ホイール30は、円盤状の透明基板32と、透明基板32の入射面側に形成されたダイクロイックミラー34Aおよび反射ミラー34Bと、透明基板32の出射面側に形成された蛍光体層36R、36Gとを含んで構成される。蛍光体ホイール30は、好ましくは円形状であるが、必ずしもこのような形状に限定されるものではなく、例えば、多角形上、楕円形状であってもよい。

20

【0022】

透明基板32は、R、G、Bのすべての帯域の光を透過する材料から構成され、例えば、ガラスなどから構成される。ダイクロイックミラー34Aは、図3(A)に示すように、透明基板32の入射面側に形成され、青色帯域の光を透過し、赤色帯域および緑色帯域の光を反射する。図に示す例では、ダイクロイックミラー34Aは、ほぼ内角が240度の領域に扇状に形成される。が、このダイクロイックミラー34Aが形成される領域は、透明基板32の出射面側に形成される赤色帯域および緑色帯域の光を発色する蛍光体層36R、36Gの領域に一致または重複する。なお、ダイクロイックミラー34Aは、ダイクロイックフィルターと同義である。

30

【0023】

透明基板32の入射面側のダイクロイックミラー34Aが形成されない領域には、青色帯域の光Lbを反射する反射ミラー34Bが形成される。反射ミラー34Bは、少なくとも青色帯域の光を反射するダイクロイックミラーであってもよいし、R、G、Bの全帯域の光を反射する全反射ミラーであってもよい。反射ミラーは、反射層、反射部材、反射フィルターなどと同義である。

【0024】

透明基板32の出射面側には、図3(B)に示すように、赤色帯域の光を発色する蛍光体層36R、および緑色帯域の光を発色する蛍光体層36Gが形成される。蛍光体層36Rは、ダイクロイックミラー32を透過した青色帯域の光によって励起されて赤色帯域の光を発光する。蛍光体層36Gは、ダイクロイックミラー32を透過した青色帯域の光によって励起されて緑色帯域の光を発光する。図に示す例では、蛍光体層36R、36Gは、ダイクロイックミラー34Aの大きさに対応し、それぞれの内角が120度の扇状に形成される。但し、これは一例であって、要求されるR、G、Bの輝度等に応じて蛍光体層36R、36G、ダイクロイックミラー34A、反射ミラー34Bのそれぞれの内角を適宜選択することができる。透明基板32の出射面側の蛍光体層36R、36Gが形成されない領域は、透明基板の表面が露出されている。

40

【0025】

蛍光体層36R、36Gを構成する蛍光体材料には、YAG(イットリウム・アルミニウム・ガーネット)系、TAG(テルビウム・アルミニウム・ガーネット)系、サイアロン系

50

、BOS（バリウム・オルソシリケート）系、窒化化合物系が知られている。蛍光体層 36 R、36 G は、例えば、蛍光体材料と樹脂材料やセラミック材料に混ぜ合わせたものを基材表面の塗布したり、蛍光体材料を混ぜ合わせたシート状のものと基材表面に貼り付けるようにしてもよい。

#### 【0026】

なお、上記の例では、蛍光体ホイール 30 には、赤色帯域および緑色帯域の光を発光させるための蛍光体層 36 R、36 G が形成されたが、青色レーザー光によって励起され、波長変換される光は、必ずしも赤色帯域および緑色帯域の光に限定されるものではない。例えば、黄色、マゼンタ、シアンの帯域の光が励起されるような蛍光体層を含むものであってもよい。

10

#### 【0027】

次に、本実施例の照明光学系の動作について説明する。図 4（A）、（B）、（C）は、それぞれ青色帯域、緑色帯域、赤色帯域の光の発生を説明する模式的な図である。先ず、青色帯域の発生について図 4（A）を参照して説明する。前群レンズ L1、L2 によって集光された青色帯域の光 Lb は、光軸 C2 がシフトされた後群レンズ L3 の片側半分に入射され、入射された青色帯域の光は光軸 C2 に向けて偏向され、蛍光体ホイール 30 上に集光される。青色帯域の光 Lb は、蛍光体ホイール 30 の反射ミラー 34 B を照射するときに正規反射される。すなわち、青色帯域の光 Lb は、光軸 C2 に関し反射ミラー 34 B に入射角  $\theta_1$  で入射し、入射角  $\theta_1$  と等しい出射角  $\theta_2$  ( $\theta_1 = \theta_2$ ) で正規反射される。正規反射された光 Lb は、後群レンズ L3 の反対側の片側半分に入射され、反射ミラー 50 に向けて集光される。

20

#### 【0028】

次に、赤色帯域および緑色帯域の光の発生について図 4（B）を参照して説明する。後群レンズ L3 からの青色帯域のレーザー光 Lb が蛍光体ホイール 30 のダイクロイックミラー 34 A を照射すると、その青色帯域の光 Lb は、ダイクロイックミラー 34 A および透明基板 32 を透過し、蛍光体層 36 R または 36 G に入射される。蛍光体材料は、青色帯域のレーザー光 Lb によって励起され、赤色帯域または緑色帯域の光を発光する。図 4（B）の模式図にあるように、青色帯域のレーザー光 Lb によって励起された蛍光体の仮想的な発光点を W としたとき、発光点 W からは等方的に、すなわちランバーシアン状（均一拡散）するように、R または B の光が放射される。このため、蛍光発色された R または B の一部が蛍光体ホイール 30 の入射面側に進行するが、その R または B の光は、ダイクロイックミラー 34 A によって蛍光体ホイール 30 の出射面側へ反射されるので、R または G の抽出効率を向上させ、R、B の輝度を増加させることができる。

30

#### 【0029】

こうして、蛍光体ホイール 30 を回転させることで、ダイクロイックミラー 34 A および反射ミラー 34 B がスポット P によって光学的に走査され、蛍光体ホイール 30 の入射面側から青色帯域の光 Lb が取り出され、出射面側から赤色帯域および緑色帯域の光 Lr / Lg が取り出される。

#### 【0030】

照明光学系 10 によって発生された R、G、B の光は、プロジェクタや内視鏡などの光源に利用される。例えば、R、G、B の光は、図示しないライトトンネルにシーケンシャルに入射され、そこから出射された R、G、B の光がデジタルミラーデバイス（DMD）を照明する。DMD は、複数のミラー素子が二次元アレイ状に形成され、各ミラー素子は、デジタル画像データに従い第 1 の角度または第 2 の角度に傾斜され、DMD によって反射された R、G、B の光は、投射画像を生成する。また、照明光学系 10 によって発生された R、G、B の光を合成することで白色光を生成し、これを光ファイバーに入射させ、内視鏡の光源とすることができる。

40

#### 【0031】

本実施例の照明光学系は、必要な光学部材を低減させ、コンパクトな構成を得ることができる。さらに本実施例の照明光学系では、蛍光体ホイールの入射面側から青色帯域の光

50

を取り出し、出射面側から赤色帯域および緑色帯域の光を取り出すようにしたので、青色帯域の光が、赤色帯域および緑色帯域の光に混色することを効果的に抑制することができる。

#### 【0032】

上記実施例に係る蛍光体ホイールは、透明基板の入射面側に、ダイクロイックミラー34Aおよび反射ミラー34Bの光学フィルター形成し、出射面側に蛍光体層36R、36Gの光学フィルターを形成する例を示したが、これは一例であり、蛍光体ホイールは、このような構成に限定されるものではない。例えば、蛍光体ホイールは、透明基板を用いることなく、ダイクロイックミラー34Aと反射ミラー34Bとの側面を接着剤等により接合し、そのダイクロイックミラーの裏面に、蛍光体層36R、36Bを直接積層または貼付するようにしてもよい。

10

#### 【0033】

さらに、上記実施例では、透明基板上に反射ミラー34Bを形成したが、反射ミラー34Bを形成する代わりに、透明基板の一部を、少なくとも青色帯域の光を反射する材料から構成するようにしてもよい。

#### 【0034】

さらに、反射ミラー34Bの表面に、入射した青色帯域の光を微小に拡散させるような凹凸のある拡散面を形成し、青色レーザ光のスペckルを抑制するようにしてもよい。

#### 【0035】

次に、本発明の第2の実施例について説明する。図5は、第2の実施例に係る照明光学系10Aを示しており、図1と同一構成については同一参照番号を付してある。第2の実施例では、同図に示すように、集光レンズL4と反射ミラー60との間に、ダイクロイックミラー70が設けられている。ダイクロイックミラー70は、青色帯域の光を反射し、それ以外の帯域の光、すなわちこの例では、赤色帯域および緑色帯域の光を透過するように構成される。ダイクロイックミラー70は、蛍光体ホイール30とほぼ平行に配置され、集光レンズL4によって集光された光を入射し、この光に含まれる青色帯域の光Lbを蛍光体ホイール30に向けて反射させる。

20

#### 【0036】

後群レンズL3から蛍光体層36R、36Gに入射された青色帯域の光Lbの大部分は、蛍光体を励起し、赤色帯域および緑色帯域の光に変換されるが、一部の青色帯域の光Lbは、波長変換に利用されずに蛍光体層36R、36Gを透過することがある。そうすると、赤色および緑色帯域の光Lr/Lgに、青色帯域の光Lbが混色してしまい好ましくない。そこで、第2の実施例では、蛍光体層36R、36Gにおいて蛍光発色に寄与されずにそこを透過した青色帯域の光Lbをダイクロイックミラー70により反射させ、青色帯域の光Lbを蛍光体層36R、36G内へ入射させ、青色帯域の光を蛍光発色に再利用させる。これにより、蛍光体による変換効率が向上され、同時に、赤色帯域および緑色帯域の光に青色帯域の光が混色するのを防止することができる。

30

#### 【0037】

次に、本発明の第3の実施例について説明する。図6は、第3の実施例に係る照明光学系10Bの原理を示す図である。第3の実施例は、第1の実施例で用いた後群レンズL3、集光レンズL4、反射ミラー50および反射ミラー60を2組備え、前群レンズL1、L2（図示しない）からの青色帯域のレーザ光Lbをビームスプリッター100で2つの光線束に分離し、それぞれの光学系からR、G、Bを生成するものである。但し、蛍光体ホイールは、複数用いることなく単数であり、その表面には、円周方向に2組の蛍光体層36R、36G等が形成される。

40

#### 【0038】

同図に示すように、前群レンズL1、L2からの平行なレーザ光Lbは、ビームスプリッター100によって2つの光線束Lb1、Lb2に分離される。光線束Lb2はさらに、反射ミラー110によってほぼ直角に反射され、光線束Lb1と平行にされる。2つの光線束Lb1、Lb2は、第1の実施例のときと同様に、光軸がシフトされた2つの後群

50

レンズL3のそれぞれ片側半分に入射される。光線束Lb1は、蛍光体ホイール30の外周側に集光され、スポットPで蛍光体ホイール30を光学的に走査し、光線束Lb2は、蛍光体ホイール30の内周側に集光され、スポットQで蛍光体ホイールを光学的に走査する。蛍光体ホイール30で反射された青色帯域の光Lb1、Lb2は、2つの反射ミラー50によってそれぞれ反射された後、集光レンズL5によって合成される。

【0039】

また、蛍光体ホイール30を透過した青色帯域の光Lb1、Lb2によって励起された赤色帯域および緑色帯域の光Lr、Lgは、2つの集光レンズL4によってそれぞれ集光された後、2つの反射ミラー60によってそれぞれ反射され、その後、集光レンズL6によって合成される。

10

【0040】

図6(C)は、スポットPおよびスポットQで蛍光体ホイールを走査したときのR、G、Bの合成輝度を表している。蛍光体ホイール30の外周側に形成される蛍光体層36R、36Gおよび反射ミラー34Bの配列と、内周側に形成される蛍光体層36R、36Gおよび反射ミラー34Bの配列は、R、G、Gが生成されるタイミングが同期するように調整される。

【0041】

図7に、蛍光体の発光変換効率と励起光の照射エネルギー密度との関係を示す。蛍光体の特性として、光の照射エネルギー密度の増加に伴い、発光変換効率が増加する線形領域、発光変換効率が飽和する飽和領域、発光変換効率が劣化する劣化領域をもつことが知られている。このため、蛍光体層36R、36Gに一定以上のエネルギーの青色光が照射されると、発光変換効率が飽和しないし劣化し、蛍光体が熱損傷または熱劣化してしまう。熱損傷等を防止するためには、蛍光体層ないし蛍光体ホイールを冷却する必要がある。さらに、蛍光体は、経時変化によっても発光変換効率が劣化する。

20

【0042】

第3の実施例では、励起光としての青色帯域の光の照射エネルギーを高くしても、青色帯域の光を2分割し、蛍光体ホイール上に2組の蛍光体層を形成するようにしたので、蛍光体層に照射される照射エネルギーを実質的に半減させることができる。これにより、蛍光体を線形領域で使用することが可能になり、発光変換効率が劣化するのを防止することができる。同時に、蛍光体層の熱損傷または熱劣化を抑制することができ、蛍光体の寿命を延ばすことが可能になる。

30

【0043】

第3の実施例では、光線束Lbを2つに分離する例を示したが、光線束Lbをn個に分割し、n組の蛍光体層36R、36G（およびダイクロイックミラー34A、反射ミラー34B）を、蛍光体ホイールの半径方向に形成することも可能である。また、図6に示す構成では、蛍光体ホイール30から出射されるR/Gの光を集光する集光レンズL4および反射ミラー60を2組用意したが、集光レンズL4および反射ミラー60は1つであってもよい。

【0044】

上記した第1ないし第3の実施例に係る照明光学系は、それぞれが独立で実施されてもよいし、第1ないし第3の実施例がそれぞれ組み合わせられて実施されてもよい。また、第1ないし第3の実施例では、R、G、Bの光を個別に利用したり、シーケンシャルなR、G、Bの光として利用することができる。さらに、R、G、Bの光を合成して白色光とすることも可能である。図8(A)ないし(D)に、R、G、Bを合成する光学系の一例を示す。図8(A)では、赤色および緑色帯域の光Lr/Lgを反射ミラー200によってダイクロイックミラー210に向けて直角に反射させる。ダイクロイックミラー210は、Bを透過し、R、Gを反射するものであり、これにより、R/G/Bが合成される。また、図8(B)は、ダイクロイックミラー210Aが、Bを反射し、R、Bを透過するように構成され、この場合、図8(A)のときと合成された白色光が出射される方向が90度異なる。図8(C)の光学系では、反射ミラー50で反射された青色帯域の光Lbが反

40

50



射ミラー 220 によってダイクロイックミラー 230 へ向けて直角に反射される。ダイクロイックミラー 230 は、B を反射し、R、G を透過するように構成され、これにより R / G / B が合成される。図 8 (D) は、ダイクロイックミラー 230 A が、B を透過し、R、G を反射するように構成され、図 8 (C) のときと直交する方向に R / G / B の合成された光を出射させる。このような光学系を用いることで、本発明に係る照明光学系を、プロジェクタ、リアプロジェクタ、内視鏡、照明機器などの光源に用いることができる。

【0045】

以上、本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明は、特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

10

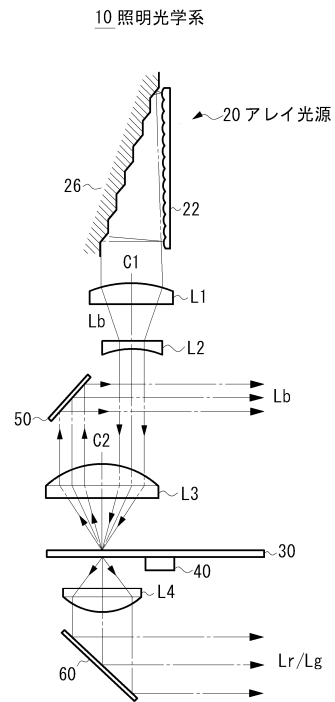
【符号の説明】

【0046】

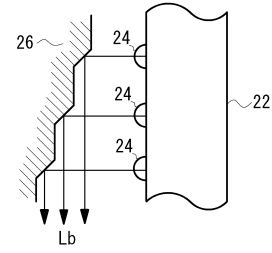
10、10A、10B：照明光学系  
20：アレイ光源  
30：蛍光体ホイール  
34A：ダイクロイックミラー  
34B：反射ミラー  
36R、36B：蛍光体層  
40：モータ  
50：反射ミラー  
60：反射ミラー  
70：ダイクロイックミラー  
100：ビームスプリッター  
110：反射ミラー  
L1、L2：前群レンズ  
L3：後群レンズ  
L4、L5：集光レンズ

20

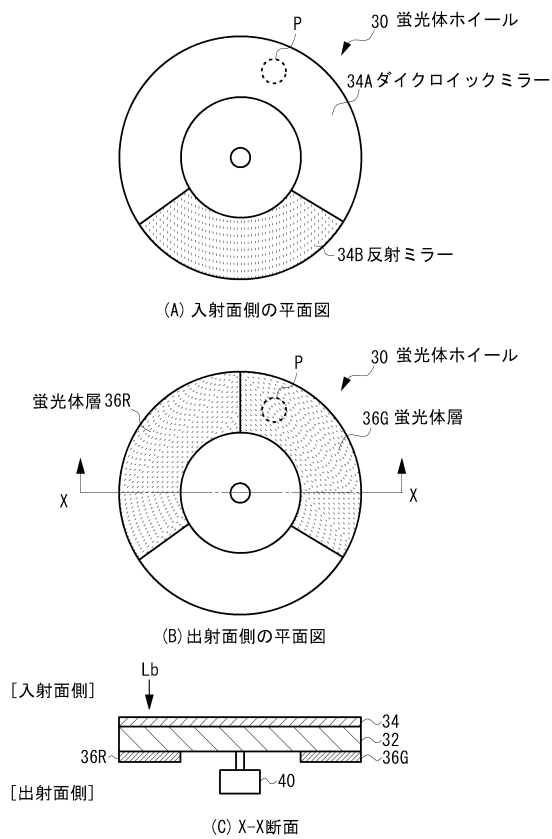
【図 1】



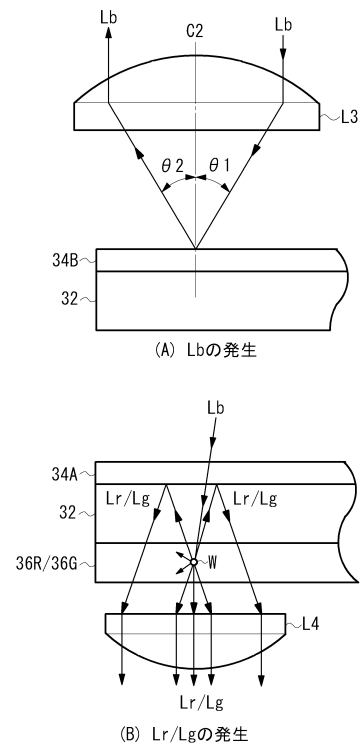
【図 2】



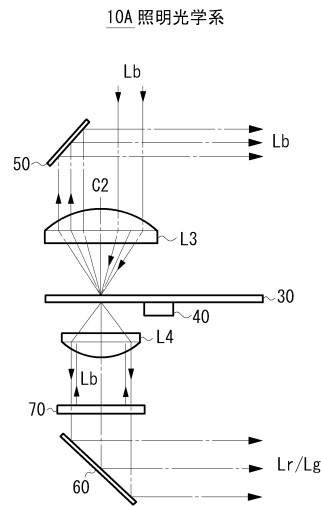
【図 3】



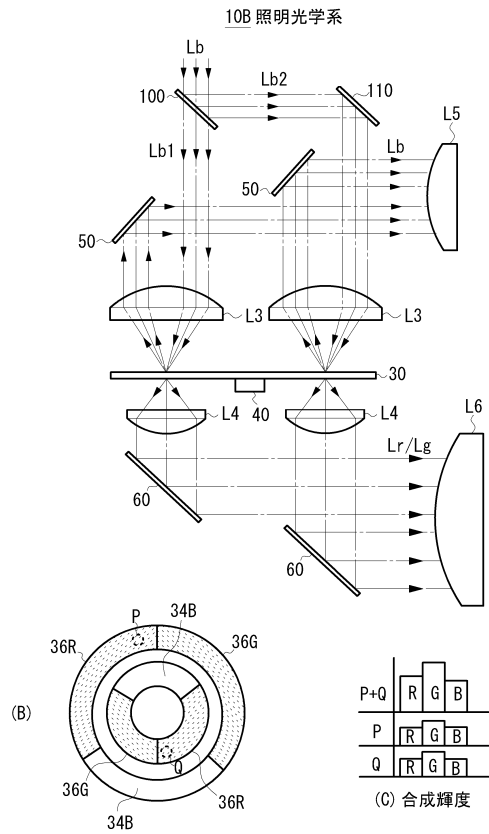
【図 4】



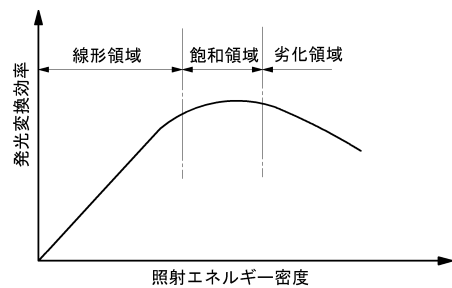
【図 5】



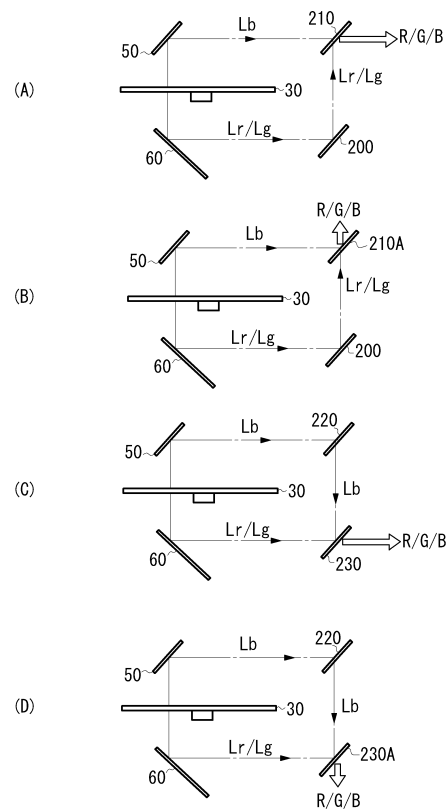
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2012-027052 (JP, A)  
特開 2012-220932 (JP, A)  
特開 2012-113224 (JP, A)  
特開 2011-124002 (JP, A)  
特開 2012-073489 (JP, A)  
特開 2011-013313 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03B	21/00	-	21/10
G03B	21/12	-	21/13
G03B	21/134	-	21/30
G03B	33/00	-	33/16
F21K	9/00	-	9/90
F21S	2/00	-	19/00
G02F	1/1335	-	1/13363