

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

WO2014/109333

発行日 平成29年1月19日 (2017.1.19)

(43) 国際公開日 平成26年7月17日 (2014.7.17)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G03B 21/14 (2006.01)	G03B 21/14	A 2K203
F21S 2/00 (2016.01)	F21S 2/00	340 3K243
F21V 7/22 (2006.01)	F21V 7/22	240 4C161
F21V 9/10 (2006.01)	F21V 9/10	200
F21V 9/16 (2006.01)	F21V 9/16	100

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 33 頁) 最終頁に続く

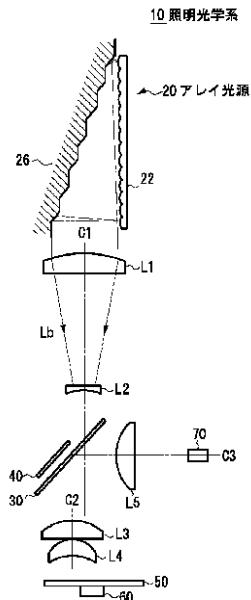
出願番号	特願2014-556425 (P2014-556425)	(71) 出願人	504462711 Z e r o L a b 株式会社 東京都渋谷区恵比寿1丁目23番17号
(21) 國際出願番号	PCT/JP2014/050155	(74) 代理人	100098497
(22) 國際出願日	平成26年1月8日 (2014.1.8)	(72) 発明者	弁理士 片寄 恒三 古賀 律生
(31) 優先権主張番号	特願2013-2224 (P2013-2224)	F ターム (参考)	東京都渋谷区恵比寿1丁目23番17号 ゼロラボ株式会社内
(32) 優先日	平成25年1月10日 (2013.1.10)		2K203 GA32 GA36 HA02 HA14 HA30 HA67 HA92 MA32 MA35
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		3K243 AA01 AA03 AC06 BC09 BE09 CD05
(31) 優先権主張番号	特願2013-10720 (P2013-10720)		4C161 FF47 QQ04 QQ10 RR04
(32) 優先日	平成25年1月24日 (2013.1.24)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2013-71142 (P2013-71142)		
(32) 優先日	平成25年3月29日 (2013.3.29)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長変換デバイス、照明光学系およびこれを用いた電子装置

(57) 【要約】

本発明の照明光学系は、青色光を発するアレイ光源20と、青色光を反射する反射領域52、青色光に基づき赤色光を発光する第1の蛍光体領域54および緑色光を発光する第2の蛍光体領域56を含む蛍光体ホイール50と、アレイ光源20からの青色光を透過し、蛍光体ホイール50からの赤色光および緑色光を反射するダイクロイックミラー30と、蛍光体ホイール50からの青色光を反射する反射ミラー40と、光軸C1を有し、アレイ光源20からの青色光を集光する前群レンズL1、L2と、光軸C1とシフトされた光軸C2を有し、前群レンズL1、L2からの青色光を蛍光体ホイール50の表面に集光する後群レンズL3、L4とを有する。

10 Lighting optical system
20 Array light source

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

照明光学系に用いられる波長変換デバイスであって、

入射された青色帯域の光に基づき青色帯域と異なる波長の光を発光する波長変換領域を含み、1つの波長変換領域は、回転中心に同心円状に形成され、前記波長変換領域は、半径方向にn組(nは、2以上の整数)形成される、波長変換デバイス。

【請求項 2】

前記1つの波長変換領域は、青色帯域の光に基づき赤色帯域の光を発光する第1の蛍光体領域と、青色帯域の光に基づき緑色帯域の光を発光する第2の蛍光体領域とを含む、請求項1に記載の波長変換デバイス。

10

【請求項 3】

n組の波長変換領域の各波長変換領域から発光される赤色帯域の光および緑色帯域の光がそれぞれ同期されるように、第1の蛍光体領域および第2の蛍光体領域が配列される、請求項2に記載の波長変換デバイス。

【請求項 4】

前記波長変換領域は、青色帯域の光を反射する領域を含む、請求項1ないし3いずれか1つに記載の波長変換デバイス。

【請求項 5】

第1および第2の蛍光体領域の裏面には、青色帯域の光を吸収する吸収領域が形成される、請求項4に記載の波長変換デバイス。

20

【請求項 6】

第1および第2の蛍光体領域の裏面には、青色帯域の光を透過する透過領域が形成される、請求項4に記載の波長変換デバイス。

【請求項 7】

第1および第2の蛍光体領域の裏面には、赤色帯域および緑色帯域の光を反射するための反射領域が形成される、請求項1ないし6いずれか1つに記載の波長変換デバイス。

【請求項 8】

第1および第2の蛍光体領域の表面には、青色帯域の光を拡散する拡散面が形成される、請求項4または5に記載の波長変換デバイス。

30

【請求項 9】

前記反射する領域は、周縁方向に向けて傾斜される、請求項4~6に記載の波長変換デバイス。

【請求項 10】

第1の波長帯域の光を反射する反射領域、少なくとも第1の波長帯域の光に基づき第2の波長帯域の光を発光する第1の蛍光体領域および第3の波長帯域の光を発光する第2の蛍光体領域を含む第1の回転部材と、

前記反射領域から反射された第1の波長帯域の光を透過する第1の透過領域、前記第1の蛍光体領域から出力された第2の波長帯域の光を透過する第2の透過領域、および前記第2の蛍光体領域から出力された第3の波長帯域の光を透過する第3の透過領域を含む第2の回転部材と、

40

を含む波長変換デバイス。

【請求項 11】

前記第2の透過領域は、第1の波長帯域の光を反射し、前記第3の透過領域は、第1の波長帯域の光を反射する、請求項10に記載の波長変換デバイス。

【請求項 12】

前記第2の透過領域は、第2の波長帯域の中から選択された波長を透過し、前記第3の透過領域は、第3の波長帯域の中から選択された波長を透過する、請求項10または11に記載の波長変換デバイス。

【請求項 13】

前記第2の回転部材は、第1の透過領域、第2の透過領域および第3の透過領域を含む組

50

を半径方向に n 組有する、請求項 10 ないし 12 いずれか 1 つに記載の波長変換デバイス。
。

【請求項 14】

第 1 の波長帯域は青色帯域、第 2 の波長帯域は赤色帯域、第 3 の波長帯域は緑色帯域である、請求項 10 ないし 13 いずれか 1 つに記載の波長変換デバイス。

【請求項 15】

第 1 の波長帯域の光を反射する反射領域、少なくとも第 1 の波長帯域の光に基づき第 2 の波長帯域の光を発光する第 1 の蛍光体領域を含む第 1 の回転部材と、

前記反射領域から反射された第 1 の波長帯域の光を透過する第 1 の透過領域、前記第 1 の蛍光体領域から出力された第 2 の波長帯域の光から第 3 の波長帯域の光を抽出する第 1 の抽出領域、および第 2 の波長帯域の光から第 4 の波長帯域の光を抽出する第 2 の抽出領域とを含む第 2 の回転部材と、
10

を含む波長変換デバイス。

【請求項 16】

前記第 1 の抽出領域は、第 1 の波長帯域の光を反射する領域を含み、前記第 2 の抽出領域は、第 1 の波長帯域の光を反射する領域を含む、請求項 15 に記載の波長変換デバイス。

【請求項 17】

第 1 の波長帯域は、青色帯域であり、第 2 の波長帯域は、黄色帯域であり、第 3 の波長帯域は、赤色帯域であり、第 4 の波長帯域は、緑色帯域である、請求項 15 または 16 に記載の波長変換デバイス。
20

【請求項 18】

請求項 1 ないし 9 いずれか 1 つに記載の波長変換デバイスと、

前記波長変換デバイスに n 組の青色帯域の光線束を入射させる光学系とを有する照明光学系。

【請求項 19】

前記光学系は、 n 組の波長変換領域の各々に青色帯域の光線束を集光させる n 組のレンズを含む、請求項 18 に記載の照明光学系。

【請求項 20】

青色帯域の光線束の光軸は、レンズの光軸と異なる、請求項 19 に記載の照明光学系。
30

【請求項 21】

前記光学系は、光源からの青色帯域の光を透過し、赤色帯域の光および緑色帯域の光を反射するダイクロイック部材を含む、請求項 18 ないし 20 いずれか 1 つに記載の照明光学系。

【請求項 22】

請求項 10 ないし 17 いずれか 1 つに記載の波長変換デバイスと、

前記波長変換デバイスに第 1 の波長帯域の光を供給する第 1 の光学系と、

前記波長変換デバイスからの光を出力する第 2 の光学系と、

を有する照明光学系。

【請求項 23】

前記第 1 の光学系の第 1 の光軸は、前記第 2 の光学系の第 2 の光軸からシフトされている
40
、請求項 22 に記載の照明光学系。

【請求項 24】

請求項 18 ないし 23 いずれか 1 つに記載の照明光学系を含むプロジェクタ。

【請求項 25】

請求項 18 ないし 23 いずれか 1 つに記載の照明光学系を含む内視鏡。

【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を発するレーザ光源を用いた照明光学系に関し、特にプロジェクタや光学機器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いかった。

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、低コスト化を図る波長変換デバイス、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。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る波長変換デバイスは、照明光学系に用いられるものであって、入射された青色帯域の光に基づき青色帯域と異なる波長の光を発光する波長変換領域を含み、1つの波長変換領域は、回転中心に同心円状に形成され、前記波長変換領域は、半径方向にn組(nは、2以上の整数)形成される。好ましくは前記1つの波長変換領域は、青色帯域の光に基づき赤色帯域の光を発光する第1の蛍光体領域と、青色帯域の光に基づき緑色帯域の光を発光する第2の蛍光体領域とを含む。

30

【0007】

さらなる本発明に係る波長変換デバイスは、第1の波長帯域の光を反射する反射領域、少なくとも第1の波長帯域の光に基づき第2の波長帯域の光を発光する第1の蛍光体領域および第3の波長帯域の光を発光する第2の蛍光体領域を含む第1の回転部材と、前記反射領域から反射された第1の波長帯域の光を透過する第1の透過領域、前記第1の蛍光体領域から出力された第2の波長帯域の光を透過する第2の透過領域、および前記第2の蛍光体領域から出力された第3の波長帯域の光を透過する第3の透過領域を含む第2の回転部材とを含む。

40

【0008】

さらなる本発明に係る波長変換デバイスは、第1の波長帯域の光を反射する反射領域、少なくとも第1の波長帯域の光に基づき第2の波長帯域の光を発光する第1の蛍光体領域を含む第1の回転部材と、前記反射領域から反射された第1の波長帯域の光を透過する第1の透過領域、前記第1の蛍光体領域から出力された第2の波長帯域の光から第3の波長帯域の光を抽出する第1の抽出領域、および第2の波長帯域の光から第4の波長帯域の光を抽出する第2の抽出領域とを含む第2の回転部材とを含む。

【0009】

本発明に係る照明光学系は、上記構成の波長変換デバイスと、波長変換デバイスにn組の青色帯域の光線束を入射させる光学系とを有する。好ましくは、前記光学系は、n組の

50

波長変換領域の各々に青色帯域の光線束を集光させるn組のレンズを含み、青色帯域の光線束の光軸は、レンズの光軸と異なる。本発明に係るプロジェクタおよび内視鏡は、上記構成の照明光学系を用いて構成される。

【発明の効果】

【0010】

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。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【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。 10

【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平面図、図3(B)は、その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反射される様子を説明する図、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/緑色帯域の光が反射される様子を説明する図である。

【図5】図5(A)は、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、図5(B)は、第2の実施例に用いられる蛍光体ホイールの平面図、図5(C)は、第2の実施例により合成されるR、G、Bの光の合成輝度を説明する図である。

【図6】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。 20

【図7】本発明の第1、第2の実施例に適用可能な蛍光体ホイールの変形例を説明する図である。

【図8】本発明の第1、第2の実施例に適用可能な蛍光体ホイールの変形例を説明する図である。

【図9】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10】本発明の第4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11】図10の蛍光体ホイールの構成を示し、図10(A)は、第2のホイール部材の平面図、図10(B)は、第1のホイール部材の平面図、図10(C)は、第2のホイール部材の変形例を示す平面図である。

【図12】緑色帯域とそこに含まれる青色帯域の光強度と角度との関係を示すグラフである。 30

【図13】本発明の第4の実施例による蛍光体ホイールを用いたときの緑色帯域と青色帯域の光強度と角度との関係を示すグラフである。

【図14】第2のホイール部材の青色透過領域、赤色透過領域および緑色透過領域における選択される波長の一例を示す図である。

【図15】本発明の第4の実施例に係る第2のホイール部材の変形例を説明する図である。

【図16】本発明の第4の実施例に係る第2のホイール部材の変形例を説明する図である。

【図17】本発明の第4の実施例に係る第2のホイール部材の変形例を説明する図である。 40

【図18】本発明の第4の実施例に係る照明光学系の変形例を示す図である。

【図19】本発明の第4の実施例に係る照明光学系の変形例を示す図である。

【図20】本発明の第5の実施例に係る照明光学系を示す図である。

【図21】図21(A)は、第5の実施例による第1のホイール部材の平面図、図21(B)は、第2のホイール部材の平面図である。

【図22】本発明の第6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23】図23(A)は、第6の実施例の蛍光体ホイールの平面図、図23(B)は、図23(A)のX-X線断面図である。

【図24】本発明の第7の実施例に係る照明光学系の原理を説明する図である。 50

【図25】本発明の第7の実施例に係る蛍光体ホイールの概略断面図である。

【図26】レーザ光を分割する他の方法を説明する図である。

【図27】本発明の第6の実施例に係る照明光学系の変形例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

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。さらに好ましい態様では、照明光学系は、DLPまたはLCDのような光変調デバイスにより光を反射するプロジェクタに利用される。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。10

【実施例】

【0013】

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。

【0014】

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光を出射するアレイ光源20と、アレイ光源20からのレーザ光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光を蛍光体ホイール50上に集光する後群レンズL3、L4と、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ダイクロイックミラー30と、ダイクロイックミラー30の後部に配され、ダイクロイックミラー30と同一角度に配された反射ミラー40と、円板状の蛍光体ホイール50と、蛍光体ホイール50を回転するモータ60と、ダイクロイックミラー30によって反射された赤色帯域および緑色帯域の光、および反射ミラー40によって反射された青色帯域の光を集めするレンズL5と、集光レンズL5によって集光された光を透過するライトトンネル70とを含んで構成される。ライトトンネル70を出射した光は、図示しないLCD等の空間変調デバイスや光ファイバ等へと導かれる。なお、集光レンズL5およびライトトンネル70は、必ずしも必須ではなく、適用される電子装置の光源に応じた光学系に置換または変更することができる。2030

【0015】

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。複数の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齊にレーザ光が出射される。

【0016】

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。40

【0017】

前群レンズL1は、例えば平凸レンズから構成され、アレイ光源20からのレーザ光線束Lbを集光し、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によりアレイ光源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。前群レンズL1、L2は、アレイ光源20からのレーザ光線束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50

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。さらにレンズは、球面レンズ、非球面レンズのいずれであってもよい。

【0018】

後群レンズL3、L4は、例えば凸レンズ、凹レンズ等の球面レンズや非球面レンズの組合せから構成され、前群レンズL1、L2で集光されたレーザ光線束Lbを蛍光体ホイール50上にさらに集光する。後群レンズL3、L4の光軸C2は、レンズL3、L4の中心である。後群レンズL3、L4は、レーザ光線束Lbを蛍光体ホイール50上に集光することができる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、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。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L3、L4の光軸C2を、前群レンズL1、L2の光軸C1からシフトさせた光学系であり、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のシフトが調整される。

10

【0019】

ダイクロイックミラー30は、光軸C1、C2上に配され、光軸C1、C2に対しほぼ45度の角度で交差する。ダイクロイックミラー30は、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光学的性質を有する。このため、前群レンズL1、L2によって集光された青色帯域の光は、ダイクロイックミラー30を透過し、後群レンズL3、L4の片側半分に入射される。また、ダイクロイックミラー30は、後述するように蛍光体ホイール50によって反射された赤色帯域および緑色帯域の光を光軸に対しほぼ直角に反射する。

20

【0020】

ダイクロイックミラー30と同角度で配された反射ミラー40は、ダイクロイックミラー30の後部に位置し、蛍光体ホイール50で正規反射された青色帯域の光を、光軸C1、C2と直交する方向に反射する。反射ミラー40は、すべての波長を反射する全反射ミラー、もしくは青色帯域の光を反射し赤色および緑色帯域の光を透過するダイクロイックミラーによって構成することができる。反射ミラー40を後者のダイクロイックミラーから構成した場合には、反射ミラー40をダイクロイックミラー30の後方に配置してもよいし、その前方に配置してもよい。より好ましくは、反射ミラー40は、前群レンズL1、L2により集光されたレーザ光Lbを遮らないように位置され、かつ集光レンズL5の光軸に一致する。但し、レーザ光Lbが反射ミラー40にオーバーラップする位置関係であってもよい。

30

【0021】

集光レンズL5は、ダイクロイックミラー30および反射ミラー40で反射された光を集め、集光した光をライトトンネル70へ入射させる。レンズL5の光軸C3は、レンズL5の中心であり、光軸C3は、反射ミラー40とダイクロイックミラー30の光軸と同一であり、かつ光軸C1、C2と直交する。従って、ダイクロイックミラー30および反射ミラー40で反射された光は、集光レンズL5によって同一光路上に集光される。

【0022】

上記したように後群レンズL3、L4は、ダイクロイックミラー30と蛍光体ホイール50との間に配され、ダイクロイックミラー30を透過した青色帯域の光を、蛍光体ホイール50の表面に集光する。蛍光体ホイール50は、図3に示すように、モータ60によって一定速度で回転される円板状の回転体であって、その表面には、円周方向に、青色帯域の光を反射する反射領域52、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第1の蛍光体領域54、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第2の蛍光体領域56を含んでいる。反射領域52、第1の蛍光体領域54、および第2の蛍光体領域56は、半径方向に一定の幅を有し、この幅は、後群レンズL3、L4によって集光されたスポットPの径よりも幾分大きい。また、反射領域52、第1の蛍光体領域54、および第2の蛍光体領域56の円周方向の長さ、すなわちそれぞれの内角は、要求されるR、G、Bの輝度等に応じて適宜選択される。

40

【0023】

50

好ましい態様では、蛍光体ホイール 50 は、ガラス、樹脂または金属から構成された基材を含む。好ましい例では、回転体の表面は、R、G、B の波長の光を反射する反射鏡を構成し、第 1 の蛍光体領域 54 および第 2 の蛍光体領域 56 は、当該反射鏡の表面に積層された蛍光体層 54a、54b を含んで構成される。また、基材の表面に少なくとも青色帯域の光を反射する反射層を形成してもよい。さらに、反射領域 52 は、入射した青色帯域の光を微小に拡散させるようにするために、その表面に凹凸を形成するものであってもよい。

【0024】

第 1 の蛍光体領域 54 は、上記したように、基材の表面に、青色帯域のレーザ光によって励起され、赤色帯域の光を発光する蛍光体層 54a を含む。蛍光体層 54a は、基材の表面に形成されてもよいし、基材の表面に反射層を形成し、当該反射層上に形成されるものでもよい。なお、図 3 (B) に示される蛍光体層 54a は、その厚さがより誇張して示されていることに留意すべきである。同様に、第 2 の蛍光体領域 56 は、青色帯域の光によって励起され、緑色帯域の光を発光する蛍光体層 56a を含む。蛍光体層 54a、56a 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、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 54a、56a 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。こうして、蛍光体ホイール 50 の表面には、スポット P の青色帯域の光が照射され、蛍光体ホイール 50 が回転されることで、反射領域 52、第 1 および第 2 の蛍光体領域 54、56 がスポット P で光学的に走査される。

10

20

20

【0025】

なお、上記の例では、蛍光体ホイール 50 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 54a、56a が形成されたが、青色レーザ光によって励起される光は、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形成するものであってもよい。

【0026】

次に、R、G、B の光がシーケンシャルに生成される動作を図 4 を参照して説明する。図 4 (A) は、蛍光体ホイール 50 の反射領域 52 によって青色帯域の光が正規反射された状態を示している。すなわち、前群レンズ L1、L2 からの平行な光線束 Lb は、ダイクロイックミラー 30 を透過し、後群レンズ L3、L4 の光軸 C2 からシフトされた片側半分に入射される。この光線束 Lb は、後群レンズ L3、L4 によって蛍光体ホイール 50 の反射領域 52 を照射する。このとき、光線束 Lb は正規反射され、すなわち光軸 C2 に対する光線束 Lb の入射角と反射角は略等しい。従って、蛍光体ホイール 50 で反射された光線束 Lb は、後群レンズ L3、L4 の反対側から出射され、さらにその光 Lb は、ダイクロイックミラー 30 を透過して、反射ミラー 40 によってほぼ直角に反射され、集光レンズ L5 によって集光される。

30

【0027】

図 4 (B) は、蛍光体ホイール 50 の第 1 または第 2 の蛍光体領域 54、56 によって赤色帯域または緑色帯域の光が反射される状態を示している。すなわち、図 4 (A) のときと同様に、青色帯域の光線束 Lb が第 1 の蛍光体領域 54 を照射する。光線束 Lb によって励起された蛍光体層 54a は、赤色帯域の光を発光する。このとき、赤色帯域の光は、ランバーシアン状 (均一拡散) に広がる光となる。ランバーシアン状に反射された赤色帯域の光 Lr は、レンズ L4、L3 によって集光され、さらにその光は、ダイクロイックミラー 30 によってほぼ直角に反射され、集光レンズ L5 に入射される。この動作は、第 2 の蛍光体領域 56 が緑色帯域の光 Lg を発光するときも同様である。

40

【0028】

こうして、青色帯域のレーザ光源を用いて、R、G、B のレーザ光線束がシーケンシャルに生成され、これがライトトンネル 70 からデジタルミラーデバイス (DMD) 等に向

50

けられる。ここには詳細に示さないが、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。

【0029】

このように、本実施例によれば、蛍光体ホイール50が、R、G、Bのすべてを反射させ、かつダイクロイックミラー30および反射ミラー40が選択的にR、G、Bの光を反射させるようにしたので、照明光学系10に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。特に、ダイクロイックミラー30と反射ミラー40は、同方向に重複するように配置され、ダイクロイックミラー30と蛍光体ホイール50の間に後群レンズL3、L4を介在させる構成であるため、省スペース化がより促進される。

10

【0030】

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の原理を示す図である。第2の実施例は、第1の実施例で用いたダイクロイックミラー30、反射ミラー40および後群レンズLを2組備え、ビームスプリッターで分離された2つの光線束からそれぞれR、G、Bを生成し、それらを最後に合成するものである。但し、蛍光体ホイールは、複数用いるのではなく単数であり、その表面には、円周方向に2組の反射領域、第1および第2の蛍光体領域が形成される。また、後群レンズLは、単一のレンズによって構成されている。

【0031】

同図に示すように、前群レンズL1、L2からの平行な光線束Lbは、ビームスプリッター200によって2つの光線束Lb1、Lb2に分離される。分離された光線束Lb1については、第1の実施例のときと同様に、ダイクロイックミラー30、後群レンズL、蛍光体ホイール50A、ダイクロイックミラー30または反射ミラー40を経由して、R、G、Bの光が集光レンズL5に入射される。光線束Lb1は、図5(B)に示すように、蛍光体ホイール50Aの外周側にフォーカスされ、そのスポットPで反射領域52、第1および第2の蛍光体領域54、56を光学的に走査する。

20

【0032】

もう一方の光線束Lb2は、反射ミラー210によってほぼ直角に反射され、光線束Lb1と平行にされる。反射ミラー210の中心または光軸C4は、後群レンズLAの光軸C2からシフトされ、光線束Lb2は、ダイクロイックミラー30Aを介して後群レンズLAの片側半分に入射される。入射した光線束Lb2は、後群レンズLAによって蛍光体ホール50Aの内周側のスポットQにフォーカスされ、スポットQによって、反射領域82、第1および第2の蛍光体領域84、86を光学的に走査する。蛍光体ホイール50Aで反射された青色帯域の光Lb2は、ダイクロイックミラー30Aを介して反射ミラー40Aによってほぼ直角に反射され、蛍光体ホイール50Aで反射された赤色帯域の光および緑色帯域の光は、ダイクロイックミラー30Aによってほぼ直角に反射され、集光レンズL5に入射される。図5(C)は、スポットPおよびスポットQのR、G、Bの輝度を合成したときの合成輝度を表している。蛍光体ホイール80A上の外周側の反射領域52、第1および第2の蛍光体領域54、56の配列と、内周側の反射領域82、第1および第2の蛍光体領域84、86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調整される。

30

【0033】

図6に、蛍光体の発光変換量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(変換効率が一定)、発光変換量が飽和する飽和領域(変換効率が低下)、発光変換量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、第1および第2の蛍光体層54、56、84、86に一定以上のエネルギーの青色光が照射されると、発光変換量が飽和ないし劣化し、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、経時変化によても発光変換効率が劣化する。

40

50

【0034】

第2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、発光変換量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。

【0035】

なお、第2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組のダイクロイックミラー、反射ミラー、レンズ、n組の反射領域および蛍光体領域が形成された蛍光体ホイールにより照明光学系を形成するようにしてもよい。

10

【0036】

次に、本実施例の蛍光体ホイールのいくつかの構成例について図7を参照して説明する。

図7(A)は、蛍光体ホイール300の平面図、図7(B)は、そのX-X線断面図である。図7(C1)ないし(C4)は、第1の蛍光体領域320の種々の変形例を示し、図7(D1)ないし(D3)は、反射領域310の種々の変形例を示している。

20

【0037】

図7(C1)において、蛍光体ホイール300を構成する円板状のガラスまたは樹脂等の基材322には、ドーナツ形状の反射層324が形成され、反射層324上には、第1の蛍光体320Aが形成される。第1の蛍光体320Aは、青色光で励起されて赤色光を発光する。反射層324を設けることで蛍光体の発光効率は向上するが、反射層324がR、G、Bのすべての波長を反射するものであると、第1の蛍光体320Aを透過した青色光が反射層324によって反射され、赤色と青色が混色してしまうおそれがある。

20

【0038】

そこで、図7(C2)に示すように、第1の蛍光体320Aの直下には、蛍光発光色を反射し、青色光を吸収するかまたは透過するダイクロイックミラー326をコーティングする。より好ましくは、R、G、(Y)を反射し、青色光を透過または吸収する層326を形成する。第2の蛍光体330の場合も同様である。これにより、蛍光発光色と青色光との混色を防止することができる。

30

【0039】

また、図7(C3)に示すように、基材322Aの端部が厚くなるようにし反射層324に傾斜を持たせるようにしてもよい。このような傾斜を持たせることで、第1の蛍光体320Aを透過した青色光が蛍光発光色と混色しないようにすることができます。すなわち、レンズ70の半面から入射された青色光は、一定の大きさの入射角を有するため、反射層324が傾斜されることで、青色光は、入射した方向に向けて反射されることになるため、反射ミラー60に入射されない。第2の蛍光体領域330の場合も同様である。

30

【0040】

また、図7(C4)に示すように、基材322の側面に、蛍光体層320Aを超える高さの反射部材328を形成するようにしてもよい。この場合、蛍光体層320Aを透過した青色光は、反射層324によって反射されるが、反射部材328によって反射ミラー60へ向かう青色光が反射されるため、蛍光発光色との混色が防止される。第2の蛍光体領域330の場合も同様である。

40

【0041】

他方、図7(D1)に示すように、青色光を反射する反射領域310は、基材312の表面に反射層314を形成することで、基材312の材料にかかわらず、青色光が効率よく反射される。また、図7(D2)に示すように、反射領域310の表面には、拡散領域316が形成されるようにしてもよい。青色レーザ光がコヒーレント光であるため、スペックルが発生する。これを除去するために、凹凸を有する拡散面にすることでコヒーレント成分を除去することができる。さらに、図7(D3)に示すように、反射領域310の

50

基材 312A の厚さが端部に向けて薄くなるように傾斜を持たせることで反射面 314 を傾斜させ、青色光と蛍光体発光色の光軸をできるだけ離し、混色を防止することができる。

【0042】

なお、上記図 7 (C1) ないし (D3) に示す 1 つもしくはそれ以上の組合せにより蛍光体ホイールを構成することが可能である。

【0043】

蛍光体ホイールのさらなる変形例を図 8 に示す。図 8 (A) に示すように、蛍光体ホイールの基材 400 上に赤、緑、または黄色等を発光させるための蛍光体層 410 が形成されるが、その表面が滑らかであると、励起光である青色帯域の光線束 Lb がその表面で正規反射 (光軸 C2 に関し、入射角 1 = 出射角 2) が生じしまう。正規反射が生じると、その光 Lb' は、ダイクロイックミラー 30 を介して反射ミラー 40 によって反射されるため、赤色帯域や緑色帯域の光に青色帯域の光が混色してしまう。

10

【0044】

その対策として、図 8 (B) に示すように、蛍光体層 410 の表面に、凹凸状の起伏を有する拡散面 420 を形成することで、青色帯域の光が正規反射されるのを防止する。あるいは、他の対策として、図 8 (C) に示すように、蛍光体層 410 の表面に、青色帯域の光の反射を防止する反射防止膜 430 を形成したり、図 8 (D) に示すように、蛍光体層 410 上に、拡散面もしくは反射防止膜が表面に形成された透明部材 440 を形成することが望ましい。

20

【0045】

次に、本発明の第 3 の実施例について説明する。第 1、第 2 の実施例では、ダイクロイックミラー 30 によって反射された R、G の光と、反射ミラー 40 によって反射された B の光とが同一光路を進行するように構成したが、第 3 の実施例では、反射ミラーの光軸がダイクロイックミラーの光軸からシフトされたものである。

【0046】

蛍光体ホイールによって正規反射された青色帯域の光は、レーザ光そのものの光であり、スペックルが発生する。これを抑制するため、青色帯域の光 Lb を反射する反射ミラー 40 の光軸をダイクロイックミラー 30 の光軸からずらし、青色帯域の光の光路上にスペックル除去光学系を設け、その光学系を通過後に、ダイクロイックミラー等で同一光路に合成する。

30

【0047】

図 9 は、第 3 の実施例の原理を説明する図である。同図に示すように、反射ミラー 40 は、その光軸がダイクロイックミラー 30 の光軸からシフトされるように配置される。反射ミラー 40 で反射された青色帯域の光 Lb は、スペックル除去光学系 500 を介して、反射ミラー 510 によって直角に反射され、さらにその光 Lb は、ダイクロイックミラー 520 によって直角に反射され、集光レンズ L5 に入射される。ダイクロイックミラー 520 は、ダイクロイックミラー 30 と同一の光軸を有し、ダイクロイックミラー 520 は、ダイクロイックミラー 30 で反射された赤色帯域の光 Lr および緑色帯域の光 Lg を透過し、青色帯域の光 Lb を反射する。こうして、スペックル除去された青色帯域の光 Lb および蛍光光 Lr、Lg が集光レンズ L5 を介してライトトンネル 70 に集光される。

40

【0048】

なお、図 9 に示す例では、スペックル除去光学系 500 を、反射ミラー 40 と反射ミラー 510 の間に介在させたが、スペックル除去光学系 500 を省略してもよい。この場合、反射ミラー 40 を拡散面にしたり、蛍光体ホイールの青色帯域の光を反射する面を拡散面にすることが望ましい。

【0049】

次に、本発明の第 4 の実施例に係る照明光学系について説明する。図 10 は、第 3 の実施例に係る照明光学系 10B の原理を説明する図である。本実施例に係る照明光学系 10B は、第 1 の実施例で説明したアレイ光源 20 (図 1 を参照) からの青色帯域のレーザ光

50

L_bを反射するダイクロイックミラー600と、集光レンズ610と、蛍光体ホイール620と、蛍光体ホイール620を回転するモータ60と、蛍光体ホイール620から出力された青色帯域のレーザ光L_bを反射し、赤色帯域および緑色帯域の光L_r、L_gを透過するダイクロイックミラー630と、蛍光体ホイール620で蛍光発色された赤色帯域および緑色帯域の光L_r、L_gを反射し、青色帯域の光を透過するダイクロイックミラー640とを含んで構成される。

【0050】

本実施例において特徴的な点は、蛍光体ホイール620が2枚のホイール部材を含み、一方のホイール部材620-1によって青色帯域、赤色帯域および緑色帯域の光を発生させ、他方のホイール部材620-2によって蛍光発色された赤色帯域および緑色帯域の光に含まれる青色帯域の光を効果的に除去する。これにより、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。10

【0051】

アレイ光源20から出力された青色帯域のレーザ光L_bは、ダイクロイックミラー600によってほぼ直角に反射される。ダイクロイックミラー600によって反射された青色帯域のレーザ光L_bは、シフト光学系となるように集光レンズ610の光軸からシフトされて集光レンズ610の片側半分に入射され、入射された光L_bは、蛍光体ホイール620上に集光される。これにより、回転される蛍光体ホイール620は青色帯域のレーザ光L_bによって光学的に走査され、その結果、蛍光体ホイール620からは、青色帯域の光L_b、赤色帯域の光L_r、緑色帯域の光L_gが順次出力される。蛍光体ホイール620によって正規反射された青色帯域の光L_bは、集光レンズ610の反対側の半分に入射され、ダイクロイックミラー630に集光される。ダイクロイックミラー630は、青色帯域の光L_bをほぼ直角方向に反射する。蛍光体ホイール620で蛍光発色された赤色帯域および緑色帯域の光L_r、L_gは、ランバーシアン状に均一に拡散された光となって集光レンズ610によって集光される。集光された光L_g、L_rは、ダイクロイックミラー600、630を透過し、ダイクロイックミラー640によってほぼ直角方向に反射される。20

【0052】

蛍光体ホイール620は、同期して回転される2つの第1および第2のホイール部材620-1、620-2を含み、両ホイール部材は連結部材622によって連結される。これらのホイール部材620-1、620-2の平面図を図11(A)、(B)に示す。第1のホイール部材620-1は、実質的に第1の実施例の蛍光体ホイールと同様の構成を有しており、すなわち、青色帯域の光を反射する青色反射領域620-1B、青色帯域の光によって励起されて赤色帯域の光を蛍光発色する赤色蛍光領域620-1R、および青色帯域の光によって励起されて緑色帯域の光を蛍光発色する緑色蛍光領域620-1Gを含んで構成される。30

【0053】

第2のホイール部材620-2は、第1のホイール部材620-1と同軸上に取付けられ、第1のホイール部材620-1と一緒に回転される。好ましくは、第2のホイール部材620-2は、第1のホイール部材620-1よりも半径(または直径)が小さく、第2のホイール部材620-2の周縁が集光レンズ610の光軸C1に重複しないように、第2のホイール部材620の外径が選択される。第2のホイール部材620-2のエッジが、第1のホイール部材620-1から出射された光の光路上に存在すると、当該エッジが映し出されてしまうことがある。これを解消するために、他の好ましい例では、第2のホイール部材620-2'は、その周縁が集光レンズ610の光軸C1を越えてよく、その場合には、図11(C)に示すように、第2のホイール部材620の円周部分は、R、G、Bお光を透過する透明領域620-2Cから構成され、この透明領域620-2Cは、青色帯域の光L_bを透過し、かつ第1のホイール部材で蛍光発色された赤色帯域および緑色帯域の光L_r、L_gを透過する。40

【0054】

第2のホイール部材620-2には、第1のホイール部材620-1の青色反射領域6

20 - 1 B、赤色蛍光領域 620 - 1 R、緑色蛍光領域 620 - 1 G にそれぞれ対応する位置に、青色帯域の光を透過する青色透過領域 620 - 2 B、青色帯域の光を反射し赤色帯域の光を透過する赤色透過領域 620 - 2 R、青色帯域の光を反射し緑色帯域の光を透過する緑色透過領域 620 - 2 G とが形成される。好ましい態様では、青色反射領域 620 - 1 B、赤色蛍光領域 620 - 1 R、緑色蛍光領域 620 - 1 G のそれとの内角は、青色透過領域 620 - 2 B、赤色透過領域 620 - 2 R、緑色透過領域 620 - 2 G の内角に等しく、すなわち、青色反射領域 620 - 1 B で反射された青色帯域の光が青色透過領域 620 - 2 B に入射され、赤色蛍光領域 620 - 1 R で蛍光発色された赤色帯域の光が赤色透過領域 620 - 2 R に入射され、緑色蛍光領域 620 - 1 G で蛍光発色された緑色帯域の光が緑色透過領域 620 - 2 G に入射されるような関係にある。

10

【0055】

図 11 (B) の第 1 のホイール部材 620 - 1 上の P1 は、集光レンズ 610 によって集光された青色帯域のレーザ光 Lb のスポット径を表している。図 11 (A) の第 2 のホイール部材 620 - 2 上の P2 は、第 1 のホイール部材 620 - 1 から出力された光のスポット径を表している。赤色帯域および緑色帯域の光 Lr、Lg は、蛍光発色により均一に拡散されるため、それらのスポット P2 の径は、青色帯域の光 Lb のスポット径 P2 よりも大きくなる。また、図 11 (C) に示す P3 は、集光レンズ 610 から第 2 のホイール部材に入射される青色帯域の光 Lb を表している。

【0056】

青色透過領域 620 - 2 B は、第 1 のホイール部材 620 - 1 で反射された青色帯域の光 Lb をそのまま透過する透明な材料から構成されるか、あるいは開口ないし貫通孔であることができる。赤色透過領域 620 - 2 R は、蛍光発色された赤色帯域の光を透過し、少なくとも青色帯域の光を反射する光学フィルタ（例えば、ダイクロイックミラーやダイクロイックフィルタ）から構成される。緑色透過領域 620 - 2 G は、蛍光発色された緑色帯域の光を透過し、少なくとも青色帯域の光を反射する光学フィルタ（例えば、ダイクロイックミラーやダイクロイックフィルタ）から構成される。例えば、第 2 のホイール部材 620 - 2 は、ガラス基板上に、赤色帯域、緑色帯域の光をそれぞれ透過する光学フィルムや光学ミラーを貼付したり、あるいは、ガラス基板上にそのような光学フィルタを構成する材料を蒸着することで形成されることができる。

20

【0057】

赤色蛍光領域 620 - 1 R、緑色蛍光領域 620 - 1 G は、青色帯域のレーザ光 Lb によって励起された赤色帯域の光、緑色帯域の光を蛍光発色するが、青色帯域の光 Lb の変換効率は 100% ではない。すなわち、青色帯域のレーザ光 Lb の一部は、赤色蛍光領域 620 - 1 R の表面で正規反射され、さらには赤色蛍光領域 620 - 1 R の内部に進行したレーザ光 Lb の一部は、蛍光発色に利用されずに赤色蛍光領域 620 - 1 R の表面から反射される。これは、緑色蛍光領域 620 - 1 G についても同様である。その結果、蛍光発色された赤色帯域の光が第 1 のホイール部材 620 - 1 から出力されるとき、その表面で正規反射された青色帯域の光、および蛍光発色に利用されなかった青色帯域の光も同時に放出される。緑色帯域の光が放出されるときも、その表面で正規反射された青色帯域の光、および蛍光発色に利用されなかった青色帯域の光が同時に放出される。

30

【0058】

図 12 は、緑色帯域の光が放出されたときに含まれる青色帯域の光を説明するグラフであり、縦軸は光強度比率、横軸は、蛍光体ホイールの表面と成す角度（表面と直角方向が 90 度）である。但し、図 12 は、蛍光体ホイールが第 1 のホイール部材のみを含むときの緑色帯域の光成分を示すものであり、本実施例のような第 2 のホイール部材を含む蛍光体ホイールから放出される緑色帯域の光成分を表すものではないことに留意すべきである。

40

【0059】

図 12 に示すように、蛍光体ホイールから蛍光発色される緑色帯域の光 Lg は、ランバーシアン状に均一拡散される光となるため、角度依存性が少ないとわかる。このよう

50

な均一拡散された緑色帯域の光 L_g は、集光レンズ 610 によって集光される。これに対し、蛍光体ホイールから出力される不所望な青色帯域の光 L_n は、上記したように蛍光領域の表面で正規反射された角度依存性のある光成分と、蛍光領域内で蛍光発色に利用されなかった拡散された光の成分の合成である。このため、不所望な青色帯域の光 L_n は、角度依存性のある光強度を有し、すなわち、正規反射される方向（角度 90 度の近傍）の近傍に大きな光強度を有する。なお、 $L_g + L_n$ は、両成分の光が合成されたときの強度を表している。

【0060】

本実施例では、このような不所望な青色帯域の光 L_n を効果的に除去するため、蛍光体ホイール 620 は、青色帯域の光 L_n をカットするための第 2 のホイール部材 620-2 を含む。第 1 のホイール部材 620-1 の緑色蛍光領域 620-1G から出力された緑色帯域の光 L_g は、第 2 のホイール部材 620-2 の緑色透過領域 620-2G を透過するが、緑色帯域の光 L_g に含まれる不所望な青色帯域の光 L_n は、緑色透過領域 620-2G によって反射される。同様に、赤色蛍光領域 620-1R から出力された赤色帯域の光 L_r は、赤色透過領域 620-2R を透過するが、赤色帯域の光 L_r に含まれる不所望な青色帯域の光 L_n は、赤色透過領域 620-2R によって反射される。

10

【0061】

図 13 は、本実施例による第 2 のホイール部材 620-2 を設けたときのダイクロイックミラー 630、640 から出力される緑色帯域の光 L_g の成分を示すグラフである。蛍光発色される緑色帯域の光 L_g の光強度はほとんど変わらないが、不所望の青色帯域の光 L_n のうち、約 0 ~ 90 度の範囲内の正規反射された光、および蛍光発色に利用されなかつた光の成分が第 2 のホイール部材 620-2 によって取り除かれる。さらに、約 90 ~ 180 度の範囲内の不所望の青色帯域の光 L_n は、第 2 のホイール部材 620-2 を透過するが、これらの光は、ダイクロイックミラー 600 によって反射され、かつダイクロイックミラー 640 を透過するため、緑色帯域の光 L_g に混色されない。この原理は、赤色帯域の光 L_r についても同様である。このように本実施例では、蛍光発色される赤色帯域および緑色帯域の光に不所望な青色帯域の光 L_n が混色されるのを効果的に防止することができる。

20

【0062】

次に、第 2 のホイール部材の種々の変形例について説明する。上記の例では、第 2 のホイール部材 620-2 の機能は、青色帯域の光の混色を防止することを主としたが、第 2 のホイール部材は、同時に、R、G、B のそれぞれの色を補正する機能を備えることができる。

30

【0063】

第 2 のホイール部材 620-2 に形成される青色透過領域 620-2B は、開口または貫通孔から構成される例を示したが、色の補正機能を持たせる場合には、青色透過領域 620-2B は、青色帯域内の選択された波長範囲 $b_1 \sim b_2$ を透過する光学フィルタまたは光学ミラー等から構成される。赤色透過領域 620-2R、および緑色透過領域 620-2G も同様に、それぞれ選択された波長範囲 $r_1 \sim r_2$ 、 $g_1 \sim g_2$ を透過するような光学フィルタまたは光学ミラーから構成される。例えば、図 14 に示すように、青色透過領域 620-2B は、450 nm 帯域を選択的に透過し、赤色透過領域 620-2R は、630 nm 帯域を選択的に透過し、緑色透過領域 620-2G は、520 nm 帯域を選択的に透過するように構成される。もし、蛍光体ホイール 620 が黄色帯域の光を蛍光発色する蛍光領域を含むならば、第 2 のホイール部材の黄色透過領域は、550 nm 帯域を選択的に透過するように構成される。

40

【0064】

また、上記実施例では、第 2 のホイール部材 620-2 を第 1 のホイール部材 620-1 に近接させ、かつ集光レンズ 610 の入射面側に配置する例を示したが、第 2 のホイール部材 620-2 は、赤色帯域および緑色帯域の光路上であれば任意の位置に挿入されてもよい。図 15 は、第 2 のホイール部材 620-2 を、集光レンズ 610 とダイクロイック

50

クミラー 630との間に配置した例を示す。この場合にも、第1および第2のホイール部材620-1、620-2は、連結部材622によって結合され同時に回転される。

【0065】

図16は、本実施例の照明光学系の他の構成例である。第2のホイール部材620-2を、集光レンズ610とダイクロイックミラー630との間に配置させた場合、第2のホイール部材620-2に入射される光のスポット径が大きくなり、その分だけ光量の損失が増える。そこで、図16に示すように、2つの集光レンズ650、660の間に第2のホイール部材620-2を配置させ、第2のホイール部材620-2へ入射される光のスポット径を小さくすることで、光量の損出を抑制することが可能になる。

【0066】

図17は、第2のホイール部材の他の変形例を示している。図17(A)に示すように、第2のホイール部材620-2は、半径方向に複数の組の透過領域を備える。図示する例では、最外周の第1組が、第1の青色透過領域620-2B、緑色透過領域620-2G、および赤色透過領域620-2Rを含み、それより内周の第2組が、第2の青色透過領域620-2B'、緑色透過領域620-2G'、および赤色透過領域620-2R'を含んでいる。例えば、第1組と第2組の透過領域は、それぞれが異なる波長帯域を選択するように構成される。

【0067】

蛍光体ホイール620は、図17(B)に示すように水平方向Hに移動可能であり、蛍光体ホイール620が位置d1にあるとき、第1のホイール部材620-1から出射された光は、第2のホイール部材620-2の第1組の透過領域にスポットP2で照射され、蛍光体ホイール620が位置d2にあるとき、第1のホイール部材620-1から出射された光は、第2のホイール部材620-2の第2組の透過領域にスポットP2'で照射される。このような切替を可能にすることで、R、G、Bの色の選択ないし微調整を行ふことができる。

【0068】

なお上記実施例では、アレイ光源20からのレーザ光Lbが入射される側と、レーザ光Lb、Lr、Lgが出射される側とが対向する例を示しているが、図18に示すようにダイクロイックミラー600の向きを反転させれば、レーザ光Lbの入射側とレーザ光Lb、Lr、Lgの出射側とを同一側にできることは勿論である。さらに他の光学系を用いることで、当業者であれば、レーザ光Lbの入射方向、レーザ光Lb、Lr、Lgの出射方向を適宜変更可能であることを理解し得る。また上記実施例では、ダイクロイックミラー630を前側に、ダイクロイックミラー640を後側に配置したが、この順序は逆であつてもよい。さらに第4の実施例に係る照明光学系は、第1ないし第3の実施例で説明した照明光学系と組み合わせて用いることも勿論可能である。

【0069】

また、上記実施例では、第1のホイール部材620-1が青色帯域の光Lbを第2のホイール部材側に向けて反射させる例を示したが、これに限らず、青色帯域の光Lbは、第1のホイール部材620-1を透過されてもよい。この場合、第1のホイール部材620-1の青色反射領域620-1Bは、青色帯域の光Lbを透過する材料、もしくは貫通しないし開口から構成される。図19は、第1のホイール部材620-1が青色帯域の光Lbを透過するときの照明光学系を示している。第1のホイール部材620-1を透過した青色帯域の光Lbは、例えば全反射ミラー630Aによって所望の方向に取り出される。

【0070】

次に、本発明の第5の実施例について説明する。上記実施例では、蛍光体ホイールは、青色帯域のレーザ光によって励起される複数の光（上記実施例では、赤色帯域の光および緑色帯域の光）を出力する例を示したが、第5の実施例では、第1のホイール部材によって単一の光が蛍光発色されるようにし、当該蛍光発色された光から複数の光を第2のホイール部材によって分離または抽出するものである。好ましい態様では、第1のホイール部材は、アレイ光源からの青色帯域のレーザ光Lbを反射しまたは透過するような青色発生

領域と、青色帯域のレーザ光 L_b によって励起されることで黄色帯域の光を蛍光発色する黄色蛍光領域とを含む。黄色帯域の光を発色させる蛍光物質は、赤色帯域または緑色帯域を蛍光発色させる蛍光物質よりも比較的変換効率が高く、そのため、黄色帯域の光の出力が高い利点がある。但し、本発明は、蛍光発色する物質は、黄色帯域に限らず、他の帯域であってもよく、シアン、またはマゼンタであってもよい。

【0071】

図20は、本発明の第5の実施例に係る照明光学系を示す図である。第5の実施例に係る照明光学系10Cでは、上記したように、蛍光体ホイール720は、単一の蛍光色を出力する第1のホイール部材720-1と、単一の蛍光色から複数の波長帯域の光を分離または抽出する第2のホイール部材720-2とを含んでいる。これ以外の構成は、図10(第4の実施例)と同一であるので、説明を省略する。図20(B)は、蛍光体ホイール720の部分拡大図であり、第1および第2のホイール部材720-1、720-2は、それぞれほぼ同径を有している。蛍光体ホイールの回転中心をC6、第1および第2のホイール部材720-1、720-2の中心C6からエッジまでの半径をr1、青色帯域の光 L_b が第1のホイール部材720-1を照射したときのスポット径のほぼ中心から回転中心C6までの半径をr2、回転中心C6から第2のホイール部材720-2の波長を選択する領域のエッジまでの半径をr3とする。722は、第1および第2のホイール部材720-1、720-2の連結部材である。

10

【0072】

図21(A)は、第1のホイール部材の平面図、図20(B)は、第2のホイール部材の平面図である。第1のホイール部材720-1には、青色帯域の光を反射する青色反射領域720-1Bと、青色帯域の光によって励起され黄色帯域の光を蛍光発色する黄色蛍光領域720-1Yとが形成される。従って、アレイ光源20からのレーザ光 L_b は、回転される第1のホイール部材720-1の青色反射領域720-1Bおよび黄色蛍光領域720-1Yを光学的に走査し、第1のホイール部材720-1からは青色帯域の光と黄色帯域の光が順次出力される。

20

【0073】

第2のホイール部材720-2は、アレイ光源からの青色帯域の光および青色反射領域720-1Bからの青色帯域の光を透過する青色透過領域720-2Bと、黄色帯域の光から赤色帯域の光を発生させる赤色発生領域720-2R、および黄色帯域の光から緑色帯域の光を発生させる緑色発生領域720-2Gとを含んでいる。

30

【0074】

青色透過領域720-2Bは、例えば、開口または貫通孔、あるいは少なくとも青色帯域の光を透過する透明な材料から構成される。赤色発生領域720-2Rは、少なくとも2つの特性の異なる領域を含む。すなわち、赤色発生領域720-2Rは、 $r_1 - r_2$ 間の領域では青色帯域の光を透過し、かつ黄色帯域に含まれる赤色帯域の光を透過する光学フィルタから構成され、 $r_2 - r_3$ 間の領域では青色帯域の光を反射し、かつ黄色帯域に含まれる緑色帯域の光を反射し、かつ黄色帯域に含まれる赤色帯域の光を透過する光学フィルタから構成される。

40

緑色発生領域720-2Gは、 $r_1 - r_2$ 間の領域では青色帯域の光を透過し、かつ黄色帯域に含まれる緑色帯域の光を透過する光学フィルタから構成され、 $r_2 - r_3$ 間の領域では青色帯域の光を反射し、かつ黄色帯域に含まれる赤色帯域の光を反射し、かつ黄色帯域に含まれる緑色帯域の光を透過する光学フィルタから構成される。

【0075】

このように第5の実施例によれば、蛍光発色の強度が大きな蛍光材料を利用し、かつ混色の少ないR、G、Bの光を得ることができる。なお、本発明の第5の実施例は、第1ないし第4の実施例と組み合わせることが可能であり、またそこに記載した技術を適用することが可能である。

【0076】

次に、本発明の第6の実施例について説明する。本実施例の照明光学系10Dは、アレ

50

イ光源（図2を参照）から出射される励起光としての青色帯域のレーザ光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光Lbの一部を透過し、残りを直角方向に反射する第1のビームスプリッターBS1と、青色帯域の光を透過し少なくとも赤色帯域の光を反射する第1のダイクロイックミラー820と、集光レンズL3と、第1のビームスプリッターBS1で反射されたレーザ光Lbの一部を透過し、残りを直角方向に反射する第2のビームスプリッターBS2と、青色帯域の光および赤色帯域の光を透過し少なくとも緑色帯域の光を反射する第2のダイクロイックミラー830と、集光レンズL4と、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第3のダイクロイックミラー840と、少なくとも赤色帯域および緑色帯域の光を反射する反射ミラー850と、集光レンズL3、L4と対向する位置に配された蛍光体ホイール860と、蛍光体ホイール860を回転駆動させる駆動モータ870とを含んで構成される。

10

【0077】

前群レンズL1は、例えば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。

20

【0078】

第1のビームスプリッターBS1は、光軸C1上に配置され、レーザ光Lbの一部、例えば、1/3の光を光軸C1の方向に透過し、残りの2/3の光を光軸C1と直角の方向に反射する。

20

【0079】

第1のダイクロイックミラー20は、光軸C1上に配置され、第1のビームスプリッタ-BS1を透過したレーザ光Lbを光軸C1の方向に透過する。また、後述するように、第1のダイクロイックミラー820は、蛍光体ホイール860によって発光された赤色帯域の光を光軸C1と直交する光軸C4の方向に反射する。

30

【0080】

集光レンズL3は、第1のダイクロイックミラー820と蛍光体ホイール860との間に配置され、集光レンズL3の中心は、光軸C1に一致する。集光レンズL3は、第1のダイクロイックミラー820を透過したレーザ光Lbを蛍光体ホイール860上に集光する。また、蛍光体ホイール860によって発せられた赤色帯域の光Lrを第1のダイクロイックミラー820上に集光する。図の例では、集光レンズL3は、1つのレンズを用いて構成されるが、集光レンズL3は、レーザ光Lbを蛍光体ホイール860に集光しかつ蛍光体ホイール860から発せられる赤色帯域の光Lrを集光できる光学系であれば良く、集光レンズL3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。さらに集光レンズL3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。さらに集光レンズは、プリズム等の光学部材を含むものであってもよい。

40

【0081】

第2のビームスプリッターBS2は、光軸C1と直交する光軸C3上に配置され、第1のビームスプリッターBS1で反射されたレーザ光Lbの一部、例えば、1/3の光を光軸C3の方向に透過し、残りの2/3の光を光軸C3と直交する方向に反射する。

【0082】

第2のダイクロイックミラー830は、光軸C4上に配置され、第2のビームスプリッタ-BS2で反射されたレーザ光Lbを光軸C4と直交する方向に透過し、かつ第1のダイクロイックミラー820で反射された赤色帯域の光Lrを光軸C4の方向に透過する。また、後述するように、第2のダイクロイックミラー830は、蛍光体ホイール860に

50

よって発光された緑色帯域の光を光軸 C 4 の方向に反射する。

【0083】

集光レンズ L 4 は、第 2 のダイクロイックミラー 830 と蛍光体ホイール 860 との間に配置され、集光レンズ L 4 の光軸 C 2 は、集光レンズ L 4 の中心である。この光軸 C 2 は、光軸 C 1 と平行である。集光レンズ L 4 は、第 2 のダイクロイックミラー 830 を透過したレーザ光 L b を蛍光体ホイール 860 上に集光し、蛍光体ホイール 860 によって発せられた緑色帯域の光 L g を第 2 のダイクロイックミラー 830 上に集光する。図の例では、集光レンズ L 4 は、1 つのレンズを用いて構成されるが、集光レンズ L 4 は、レーザ光 L b を蛍光体ホイール 860 に集光しかつ蛍光体ホイール 860 からの緑色帯域の光 L g を集光できる光学系であれば良く、集光レンズ L 4 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。さらに集光レンズ L 4 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。さらに集光レンズは、プリズム等の光学部材を含むものであってもよい。

10

【0084】

反射ミラー 850 は、第 2 のダイクロイックミラー 30 を透過した赤色帯域の光 L r および第 2 のダイクロイックミラー 830 で反射された緑色帯域の光 L g を光軸 C 4 と直交する方向に反射する。

【0085】

第 3 のダイクロイックミラー 840 は、光軸 C 3 上に配置され、第 2 のビームスプリッター B S 2 を透過したレーザ光 L b を光軸 C 3 の方向に透過し、反射ミラー 850 で反射された赤色帯域および緑色帯域の光 L r、L g を光軸 C 3 の方向に反射する。これにより、第 3 のダイクロイックミラー 840 からは、R、G、B の光が取り出され、これを合成することで白色光を得ることができる。第 3 のダイクロイックミラー 840 から出射された白色光は、その後、R、G、B に分離され、例えば液晶プロジェクタの光源に利用することができる。なお、図 22 の例では、光軸 C 3 の方向に R / G / B の光を取り出しているが、ミラー等の光学部材を用いて光軸 C 3 と直交する方向、あるいはその他の任意の方向に R / G / B の光を取り出すことが可能である。

20

【0086】

次に、蛍光体ホイールについて説明する。蛍光体ホイール 860 は、集光レンズ L 4、L 5 と対向する位置に配され、青色レーザ光 L b が照射されたとき赤色帯域および緑色帯域の光を発光する。蛍光体ホイール 860 の表面には、青色帯域のレーザ光によって励起され、赤色帯域の光を発光する環状の第 1 の蛍光体領域 862R と、青色帯域のレーザ光によって励起され、緑色帯域の光を発光する環状の第 2 の蛍光体領域 862G とが形成される。第 1 および第 2 の蛍光体領域 862R、862B は、同心円状に配置され、図の例では、第 1 の蛍光体領域 862R は、第 2 の蛍光体領域 862G よりも外周側に形成されるが、この関係は、反対であってもよい。

30

【0087】

第 1 の蛍光体領域 862R は、半径方向に一定の幅を有し、好ましくは、当該半径方向の幅の中心が光軸 C 1 に一致する。集光レンズ L 3 は、青色帯域のレーザ光 L b が第 1 の蛍光体領域 862R の幅内に収まるように、レーザ光 L b のスポット P のサイズを調整する。第 2 の蛍光体領域 862G も同様に、半径方向に一定の幅を有し、好ましくは、当該半径方向の幅の中心が光軸 C 2 に一致する。集光レンズ L 4 は、青色帯域のレーザ光 L b が第 2 の蛍光体領域 862G の幅内に収まるように、レーザ光 L b をスポット Q のサイズを調整する。

40

【0088】

蛍光体ホイール 860 は、駆動モータ 870 により一定速度で回転され、第 1 および第 2 の蛍光体領域 862R、862G がスポット P、Q によって光学的に連続的に走査される。第 1 の蛍光体領域 862R は、レーザ光 L b によって励起された赤色帯域の光 L r をランバーシアン状（均一拡散）に放射する。その放射された光 L r は、集光レンズ L 3 によって第 1 のダイクロイックミラー 820 に集光され、そこで光軸 C 1 と直交する光軸 C

50

4 の方向に反射される。第 2 の蛍光体領域 8 6 2 G は、レーザ光 L b によって励起された緑色帯域の光 L g をランバーシアン状（均一拡散）に放射する。その放射された光 L g は、集光レンズ L 4 によって第 2 のダイクロイックミラー 8 3 0 へ集光され、そこで光軸 C 2 と直交する光軸 C 4 の方向に反射される。

【 0 0 8 9 】

第 1 および第 2 の蛍光体領域 8 6 2 R、8 6 2 G を構成する蛍光体材料には、例えば、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、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。第 1 および第 2 の蛍光体領域 8 6 2 R、8 6 2 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。

10

【 0 0 9 0 】

図 2 3 (A) は、蛍光体ホイールの平面図、図 2 3 (B) は、蛍光体ホイールの X - X 線断面図である。図中の P、Q で示す円は、集光レンズ L 3、L 4 によって集光された青色帯域の光 L b のスポットを表している。

【 0 0 9 1 】

蛍光体ホイール 8 6 0 は、円盤状の支持基板 8 6 6 の表面に、青色帯域、赤色帯域および緑色帯域の光を反射する反射層 8 6 4 と、反射層 8 6 4 上に形成された第 1 および第 2 の蛍光体領域 8 6 2 R、8 6 2 G とを含む。支持基板 8 6 6 は、特にその材料を制限されないが、例えば、金属材料、樹脂材料、ガラス材料などから構成される。なお、蛍光体ホイール 8 6 0 は、レーザ光 L b の照射により温度が高くなるため、支持基板 8 6 6 は、放熱特性に優れた材料または形状を有することが望ましい。また、支持基板 8 6 6 は、円形状であることが望ましいが、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、橢円形状であってもよい。

20

【 0 0 9 2 】

第 1 の蛍光体領域 8 6 2 R がレーザ光 L b によって照射されると、蛍光体材料がレーザ光 L b によって励起され、赤色帯域の光 L r が発光される。赤色帯域の光 L r は、発光点から等方的にランバーシアン状に拡散するため、その一部の光が支持基板 8 6 6 へ向けて進行する。しかし、このような光 L r は、蛍光体ホイール 8 6 0 の裏面側に透過することなく反射層 8 6 4 によって反射されたため、赤色帯域の光 L r を効率よく取り出すことができる。第 2 の蛍光体領域 8 6 2 B で発光された緑色帯域の光 L g もまた同様に反射層 8 6 4 によって反射されるので、緑色帯域の光 L g を効率よく取り出すことができる。

30

【 0 0 9 3 】

また、青色帯域の光 L b の一部は、第 1 および第 2 の蛍光体領域 8 6 2 R、8 6 2 G において赤色帯域および緑色帯域の波長変換に寄与することなく、第 1 および第 2 の蛍光体領域 8 6 2 R、8 6 2 G を透過するものがある。しかし、このような透過したレーザ光 L b は、反射層 8 6 4 によって反射されて、再び第 1 および第 2 の蛍光体領域 8 6 2 R、8 6 2 G に戻され、波長変換に利用されることになるので、変換効率を向上させることができる。

30

【 0 0 9 4 】

さらに、図 2 3 (C) に示すように、蛍光体ホイール 8 6 0 の表面の全面、または第 1 および第 2 の蛍光体領域 8 6 2 R、8 6 2 G 上に、青色帯域 L b の光の反射を防止する反射防止膜 8 6 8 を形成することができる。これにより、青色帯域の光 L b が、第 1 および第 2 の蛍光体領域 8 6 2 R、8 6 2 G の表面で反射されるのが抑制され、蛍光体による変換効率を向上させることができる。

40

【 0 0 9 5 】

このように本実施例によれば、アレイ光源から発せられた青色帯域の光を利用して、赤色帯域および緑色帯域の光を生成することができる。蛍光体ホイールに形成される蛍光体材料を適宜選択することで、波長変換される光は、黄色帯域や他の帯域の光であることができる。さらに、青色帯域の光 L b は、レーザ光そのものでありコヒーレント光であるた

50

め、スペックルが発生する。このスペックル対策として、青色帯域のレーザ光の光路上に、拡散板等の光学部材を設置することができる。拡散板は、例えば、表面に凹凸が形成された拡散面を含み、コヒーレント成分を除去または緩和することができる。例えば、第1のビームスプリッターの表面に拡散面を形成したり、あるいはレーザ光Lbの光路上にスペックル除去光学系を追加することができる。

【0096】

さらに上記実施例では、図23に示すように、スポットP、Qの位置で蛍光体ホイール60を光学的に走査する例を示したが、ビームスプリッター等を追加することで、分割される青色帯域の光Lbの数をさらに増加し(例えば、4つ)、スポットP、Qの数を増加させることができある。この場合、追加されたスポットP、Qの照射によって発光されたR、Gの光を集光するための光学系を追加する必要があるが、他方、蛍光体ホイール860の蛍光体材料は熱等によって劣化するため、レーザ光Lbの分割する数を増加させることで1つのスポットの照射エネルギーを低減し、蛍光体ホイールの寿命を向上させることができる。

10

【0097】

次に、本発明の第7の実施例に係る照明光学系の原理について図24を参照して説明する。第1の照明光学系10Eでは、蛍光体ホイール860は、青色帯域の光によって励起された赤色帯域および緑色帯域の光を入射面側から反射するように構成されたが、第7の照明光学系10Eでは、青色帯域の光によって励起された赤色帯域および緑色帯域の光を出射面側から放射するように構成される。なお、図22に示す構成と同一のものについては同一参照番号を附し、その説明を省略する。

20

【0098】

図24に示すように、蛍光体ホイール860Aの表面は、集光レンズL3によって青色帯域のレーザ光Lbによって照射される。このレーザ光Lbは、蛍光体ホイール860Aの出射面側に形成された第1の蛍光体領域862Rに入射され、そこで赤色帯域の光を励起させる。その結果、蛍光体ホイール860Aの出射面側から赤色帯域の光Lrがランバーシアン状に放射される。同様に集光レンズL4によって集光された青色帯域の光は、第2の蛍光体領域862Gを照射し、第2の蛍光体領域862Gで励起された緑色帯域の光が蛍光体ホイール860Aの出射面側から出射される。

30

【0099】

図25は、第8の実施例による蛍光体ホイールの構成を示す概略断面図である。蛍光体ホイール860Aは、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ダイクロイックミラー864Aと、ダイクロイックミラー864Aの裏面に形成された第1および第2の蛍光体領域862R、862Gとを有する。青色帯域の光Lbは、ダイクロイックミラー864Aを介して、第1の蛍光体領域862Rに入射され、そこで励起された赤色帯域の光Lrが蛍光体ホイール860Aの出射面側から放出される。一部の赤色帯域の光Lrは、ダイクロイックミラー864Aによって反射され、蛍光体ホイール860Aの出射面側から放出される。第2の蛍光体領域862Gで励起された緑色帯域の光も同様に、蛍光体ホイール860Aの出射面側から取り出される。

40

【0100】

蛍光体ホイール860Aの出射面側から放出された赤色帯域の光Lrは、集光レンズL5によって集光された後、少なくとも赤色帯域の光を反射する反射ミラー820Aによって光軸C4方向に反射される。反射ミラー820Aは、第6の実施例のときと同様にダイクロイックミラーから構成されてもよい。また、蛍光体ホイール860Aの出射面側から放出された緑色帯域の光Lbは、集光レンズL6によって集光された後、第2のダイクロイックミラー830によって光軸C4方向に反射される。こうして、第3のダイクロイックミラー840は、光軸C3方向に、R/G/Bの光を放射する。

【0101】

次に、レーザ光を分離する他の方法を図26に示す。図22、図24に示す照明光学系では、ビームスプリッターによりレーザ光を分離したが、レーザ光の分離は、これ以外の

50

光学系を用いて行うことが可能である。図26に示すように、レーザ光Lbが光軸Cに向かって進行するとき、光軸Cに対し、それらの光軸が平行となるように2つの凸レンズ900、910を配置させ、レーザ光Lbを、それぞれのレンズ900、910の片側半分に入射させる。これにより、レーザ光Lbは、レンズ900、910によってそれぞれ集光され、レーザ光Lb1、Lb2に分離される。レンズ900、910の大きさが同一であり、かつレンズ900、910が光軸Cに関して線対称に配置されれば、レーザ光Lbは、それぞれ1/2のレーザ光Lb1、Lb2に分離される。

【0102】

次に、第6の実施例の変形例について図27を参照して説明する。第6および第7の実施例では、青色帯域、赤色帯域および緑色帯域の光を合成する例を示したが、本発明は、このような照明光学系に限定されるものではない。すなわち、図27に示すように、本発明の照明光学系10Fは、R、G、Bの光をそれぞれ個別に取り出すように構成するものであってもよい。

10

【0103】

図27に示す照明光学系10Fでは、第1のダイクロイックミラー820は、図22のときの向きを180度回転させている。従って、蛍光体ホイール860で発光された赤色帯域の光Lrは、第1のダイクロイックミラー820によって光軸C4の方向に反射する。つまり、図22のときと180度反対の方向に赤色帯域の光Lrが反射される。また、図27に示すように、反射ミラー850および第3のダイクロイックミラー840を省略すれば、それぞれ青色帯域の光Lb、および緑色帯域の光Lgを個別に取り出すことができる。なお、当業者であれば明らかであるように、個別に取り出された青色帯域の光Lb、赤色帯域の光Lrおよび緑色帯域の光Lgは、レンズ、ミラー、プリズム等の光学系を用いて所望の方向へ向けられたり、あるいはそれらの光を合成することも可能である。

20

【0104】

上記実施例では、蛍光体ホイール860/860Aには、赤色帯域および緑色帯域の光を発光させるための第1および第2の蛍光体領域862R、862Gが形成されたが、青色レーザ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。また、ダイクロイックミラーは、ダイクロイックフィルターと同義であり、反射層、反射ミラー、反射防止膜は、反射部材、反射フィルターなどと同義である。

30

【0105】

本発明に係る照明光学系は、種々の電子装置の光源に適用することができる。例えば、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。

【0106】

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。

【符号の説明】

【0107】

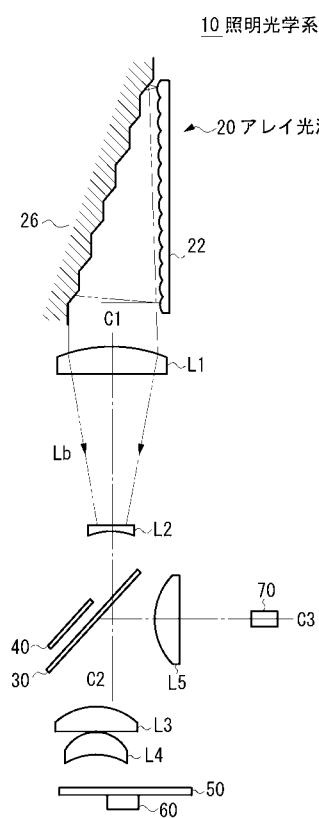
10、10A、10B、10C：照明光学系、20：アレイ光源、30、30A：ダイクロイックミラー、40：反射ミラー、50、50A：蛍光体ホイール、52、82：反射領域、54、84：蛍光体領域（R）、56、86：蛍光体領域（G）、60：モータ、70：ライトトンネル、200：ビームスプリッター、210：反射ミラー、L1、L2：前群レンズ、L3、L4：後群レンズ、L5：集光レンズ、312、322：基材、316：拡散面、324、314：反射層、326：ダイクロイックミラー、328：反射部材、600：ダイクロイックミラー、610：集光レンズ、620：蛍光体ホイール、620-1：第1のホイール部材、
620-1B：青色反射領域、620-1R：赤色蛍光領域、620-1G：緑色蛍光領域、

40

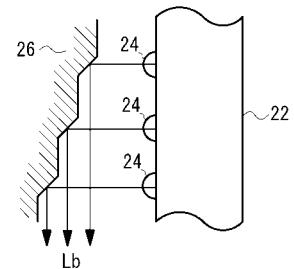
50

620-2 : 第2のホイール部材、620-2B : 青色透過領域、620-2R : 赤色透過領域、620-2G : 緑色透過領域、630 : ダイクロイックミラー、640 : ダイクロイックミラー、720 : 蛍光体ホール、720-1 : 第1のホイール部材、720-1B : 青色反射領域、720-1Y : 黄色蛍光領域、720-2 : 第2のホイール部材、720-2B : 青色透過領域、720-2R : 赤色発生領域、720-2G : 緑色発生領域

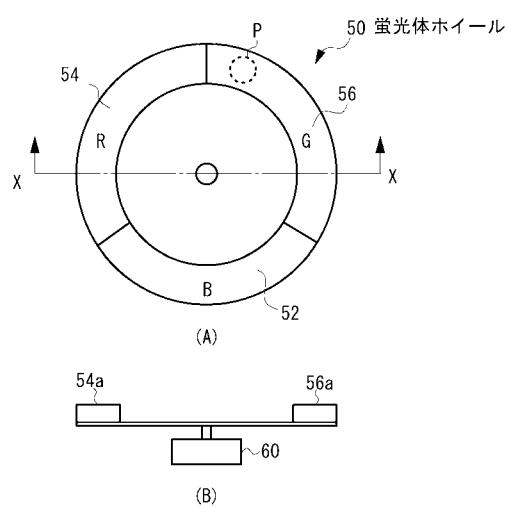
【図1】



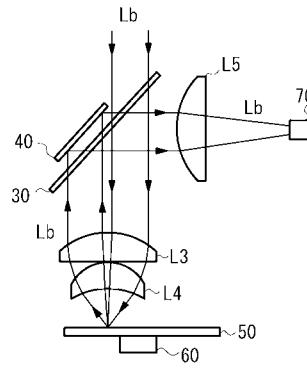
【図2】



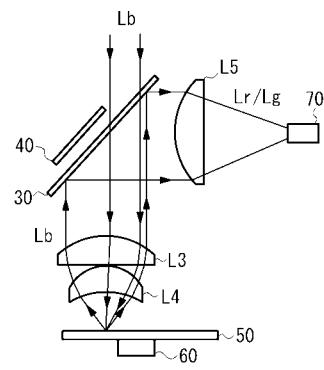
【図3】



【図4】

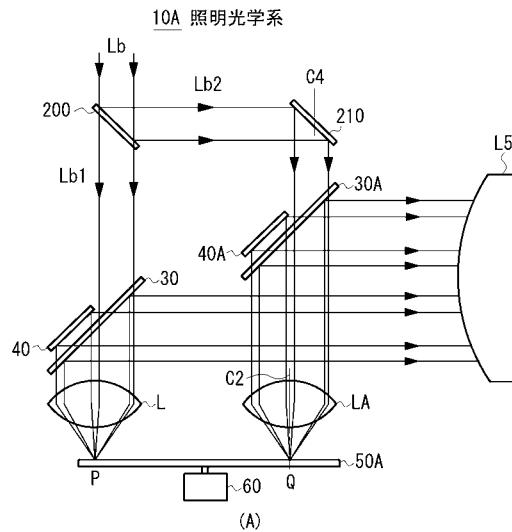


(A) 青色帯域の光の反射

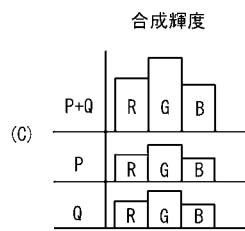
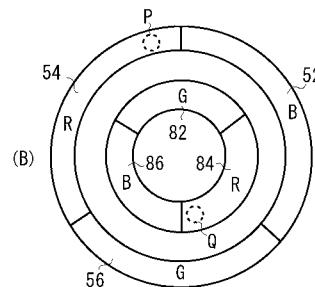


(B) 赤色帯域/緑色帯域の光の反射

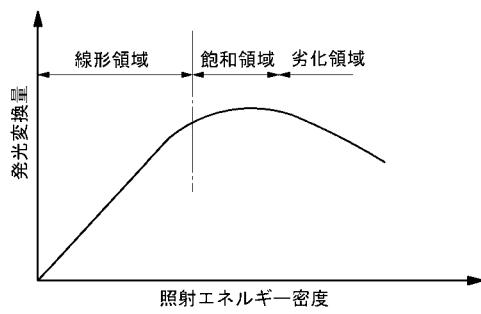
【図5】



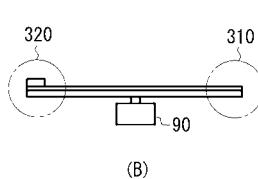
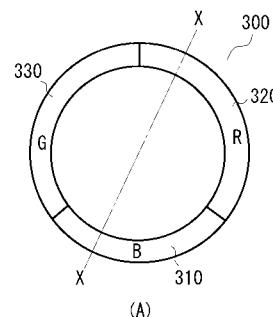
(A)



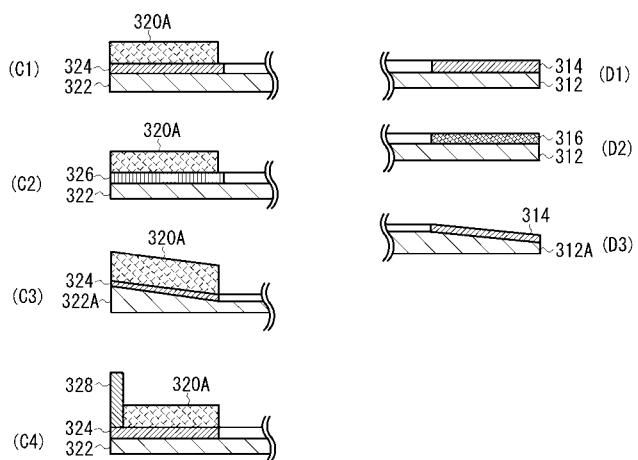
【図6】



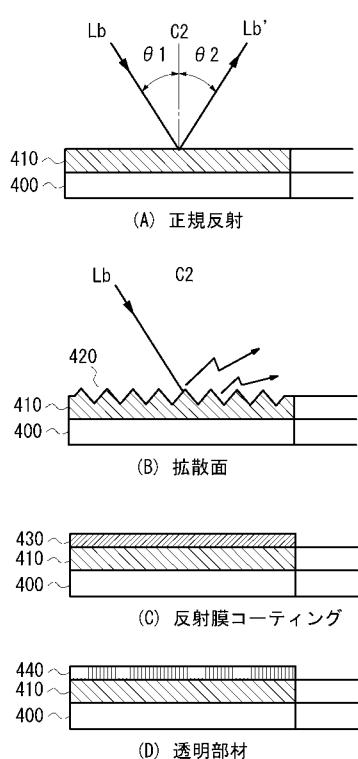
【図7】



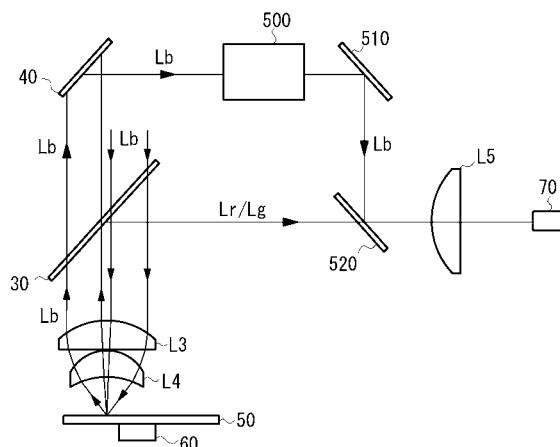
(B)



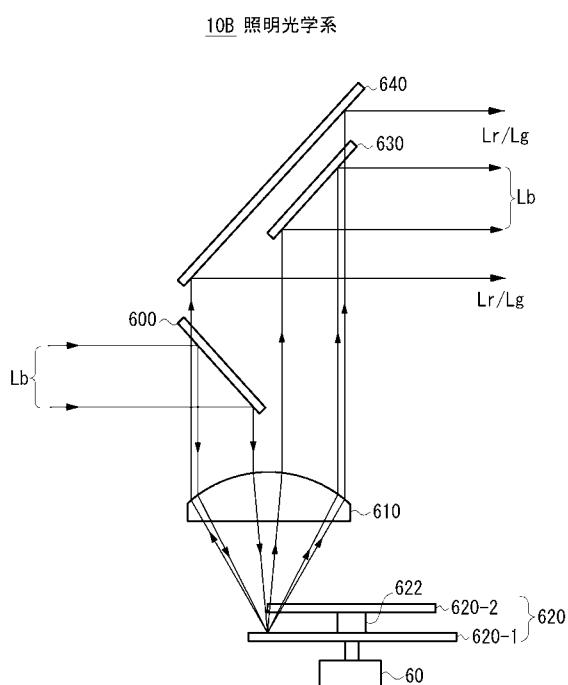
【図 8】



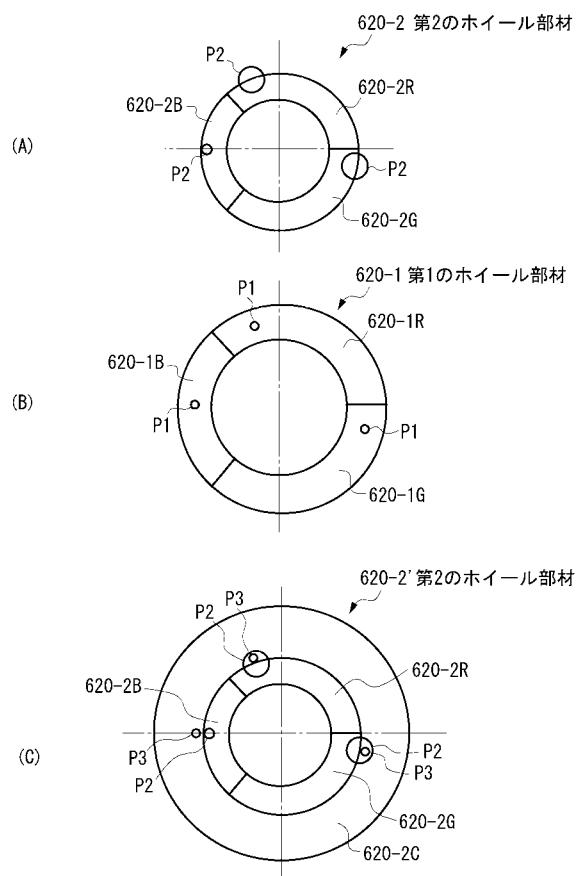
【図 9】



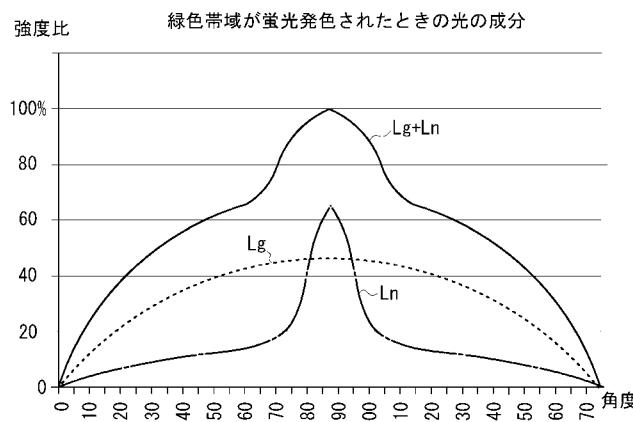
【図 10】



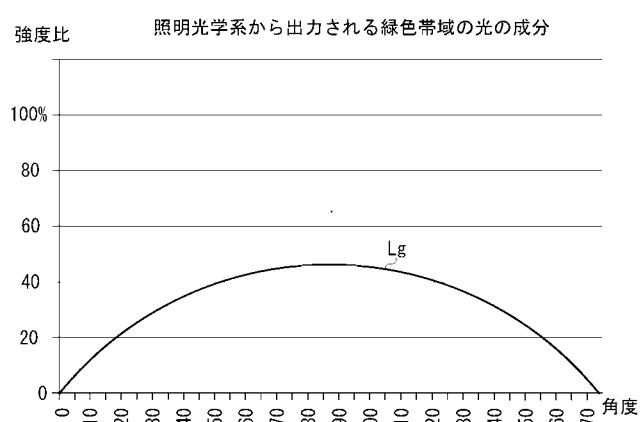
【図 11】



【図12】

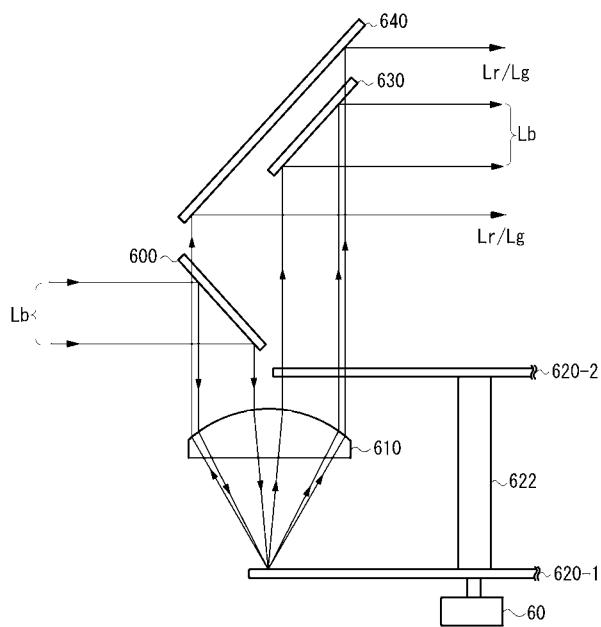


【図13】



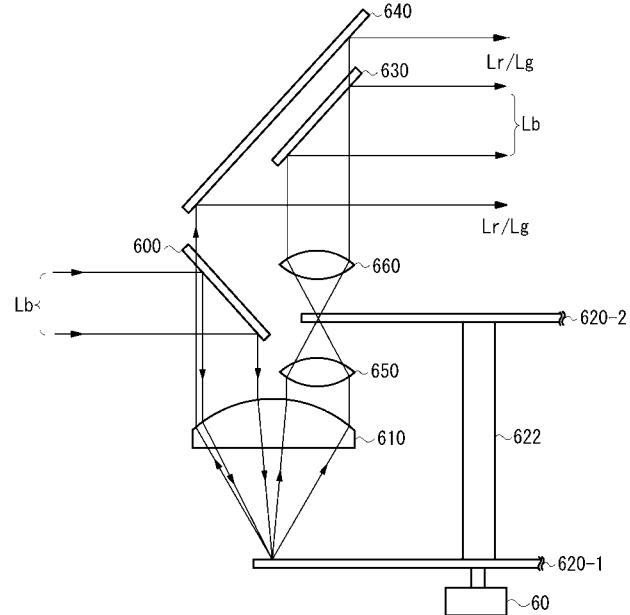
【図15】

10B 照明光学系

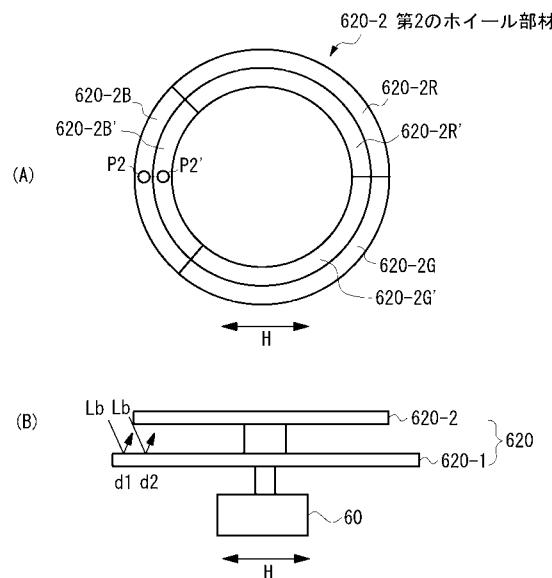


【図16】

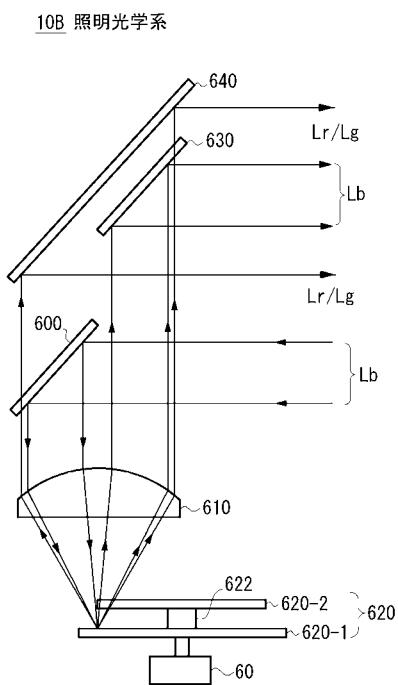
10B 照明光学系



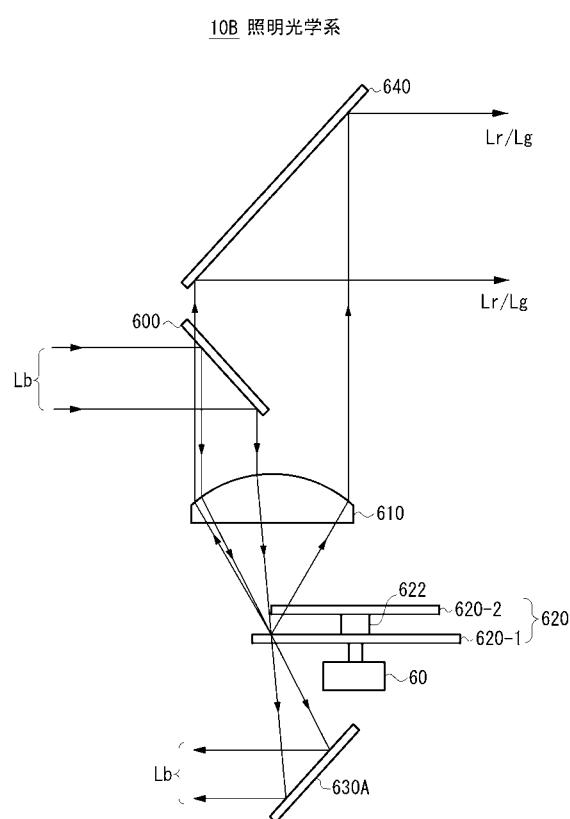
【図 17】



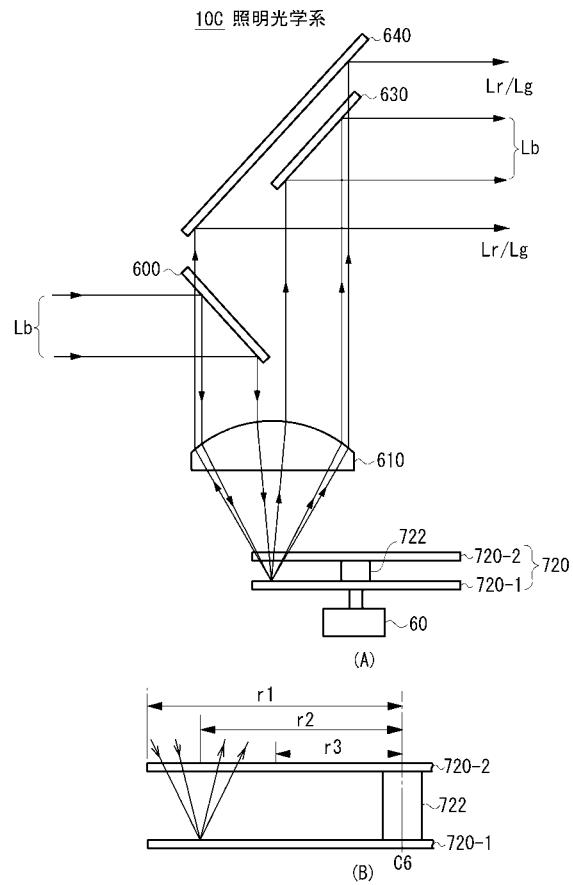
【図 18】



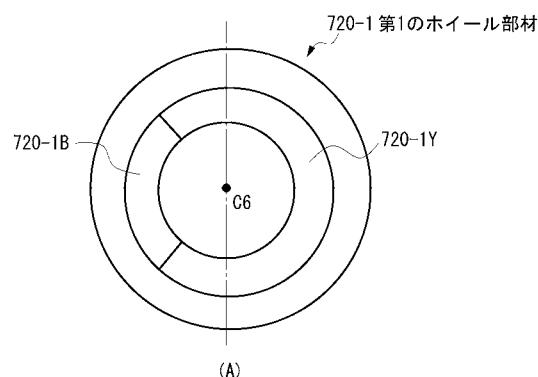
【図 19】



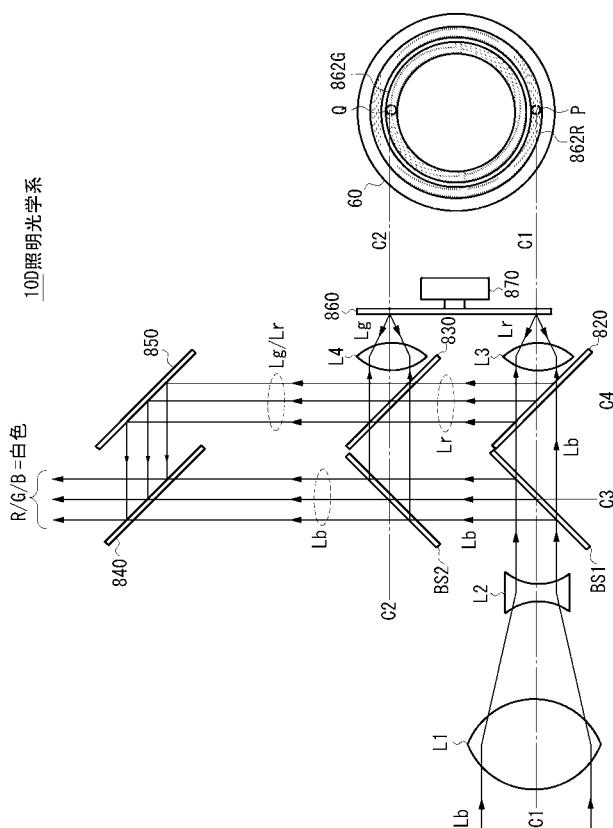
【図 20】



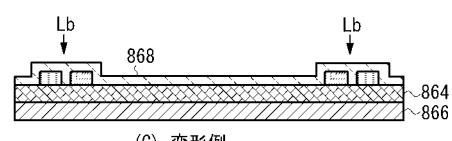
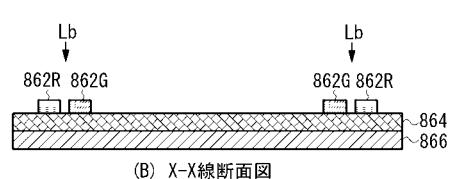
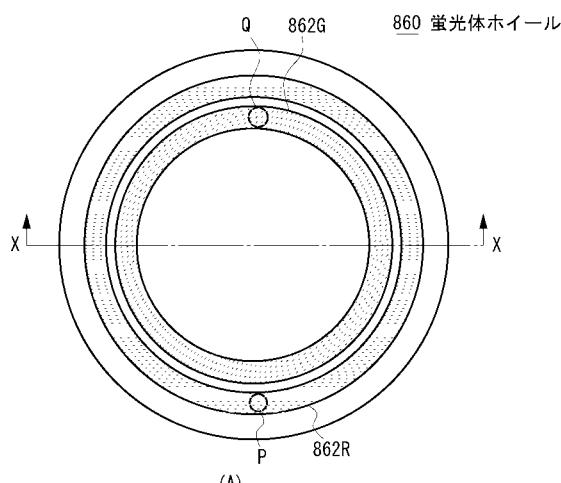
【図 2 1】



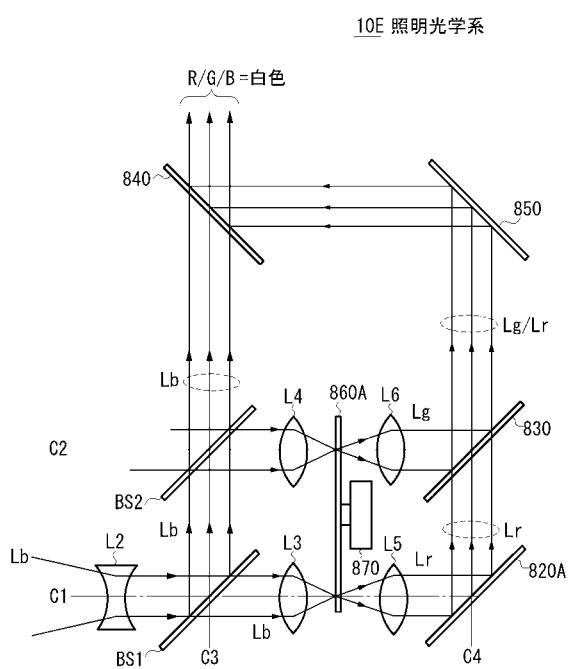
【図 2 2】



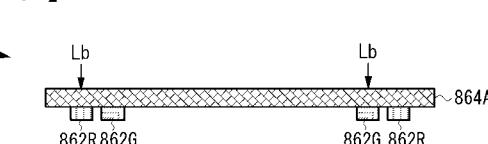
【図 2 3】



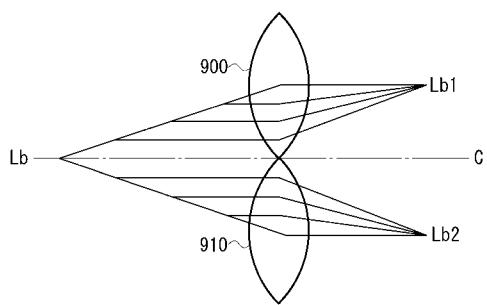
【図 2 4】



【図 2 5】

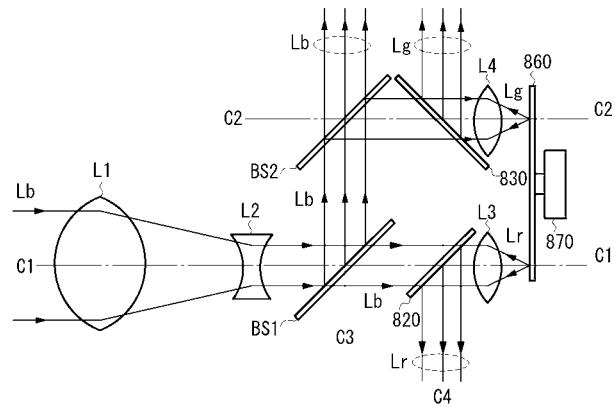


【図26】



【図27】

10F 照明光学系



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2014/050155												
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G03B21/14(2006.01)i, A61B1/06(2006.01)i, F21S2/00(2006.01)i, F21V9/10 (2006.01)i, F21V9/16(2006.01)i, H04N5/74(2006.01)i, F21Y101/02(2006.01)n</i>														
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC														
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>G03B21/14, A61B1/06, F21S2/00, F21V9/10, F21V9/16, H04N5/74, F21Y101/02</i>														
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014</i>														
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)														
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">JP 2012-181260 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 20 September 2012 (20.09.2012), paragraphs [0020] to [0038], [0084] to [0088]; fig. 1 to 3, 10 (Family: none)</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1-3 4-9, 13</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">JP 2012-133337 A (Panasonic Corp.), 12 July 2012 (12.07.2012), paragraphs [0074] to [0079]; fig. 8, 9 & US 2012/0133903 A1</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">4-9</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">WO 2011/118345 A1 (NEC Corp.), 29 September 2011 (29.09.2011), paragraphs [0033], [0034]; fig. 4(e) & US 2012/0320344 A1 & CN 102844706 A</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">5</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	JP 2012-181260 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 20 September 2012 (20.09.2012), paragraphs [0020] to [0038], [0084] to [0088]; fig. 1 to 3, 10 (Family: none)	1-3 4-9, 13	Y	JP 2012-133337 A (Panasonic Corp.), 12 July 2012 (12.07.2012), paragraphs [0074] to [0079]; fig. 8, 9 & US 2012/0133903 A1	4-9	Y	WO 2011/118345 A1 (NEC Corp.), 29 September 2011 (29.09.2011), paragraphs [0033], [0034]; fig. 4(e) & US 2012/0320344 A1 & CN 102844706 A	5
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X	JP 2012-181260 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 20 September 2012 (20.09.2012), paragraphs [0020] to [0038], [0084] to [0088]; fig. 1 to 3, 10 (Family: none)	1-3 4-9, 13												
Y	JP 2012-133337 A (Panasonic Corp.), 12 July 2012 (12.07.2012), paragraphs [0074] to [0079]; fig. 8, 9 & US 2012/0133903 A1	4-9												
Y	WO 2011/118345 A1 (NEC Corp.), 29 September 2011 (29.09.2011), paragraphs [0033], [0034]; fig. 4(e) & US 2012/0320344 A1 & CN 102844706 A	5												
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input type="checkbox"/> See patent family annex.												
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>														
Date of the actual completion of the international search 08 April, 2014 (08.04.14)		Date of mailing of the international search report 15 April, 2014 (15.04.14)												
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer												
Facsimile No.		Telephone No.												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2014/050155
C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-13897 A (JVC Kenwood Corp.), 19 January 2012 (19.01.2012), paragraphs [0011] to [0018]; fig. 1 to 4 (Family: none)	6-7
Y	JP 2010-237443 A (Casio Computer Co., Ltd.), 21 October 2010 (21.10.2010), paragraphs [0045] to [0065]; fig. 1 to 7 (Family: none)	8
Y	JP 2012-48847 A (Casio Computer Co., Ltd.), 08 March 2012 (08.03.2012), abstract; all drawings (Family: none)	9
X	JP 2012-212129 A (Panasonic Corp.), 01 November 2012 (01.11.2012), entire text; all drawings (Family: none)	10-12,14
Y		13
A		15-25

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2014/050155													
<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. G03B21/14(2006.01)i, A61B1/06(2006.01)i, F21S2/00(2006.01)i, F21V9/10(2006.01)i, F21V9/16(2006.01)i, H04N5/74(2006.01)i, F21Y101/02(2006.01)n</p>															
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. G03B21/14, A61B1/06, F21S2/00, F21V9/10, F21V9/16, H04N5/74, F21Y101/02</p>															
<p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2014年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2014年	日本国実用新案登録公報	1996-2014年	日本国登録実用新案公報	1994-2014年				
日本国実用新案公報	1922-1996年														
日本国公開実用新案公報	1971-2014年														
日本国実用新案登録公報	1996-2014年														
日本国登録実用新案公報	1994-2014年														
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）															
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2012-181260 A (三洋電機株式会社) 2012.09.20,</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>段落20-38、84-88、図1-3、10 (ファミリーなし)</td> <td>4-9, 13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2012-133337 A (パナソニック株式会社) 2012.07.12, 段落74-79、図8、9 & US 2012/0133903 A1</td> <td>4-9</td> </tr> </tbody> </table>				引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	X	JP 2012-181260 A (三洋電機株式会社) 2012.09.20,	1-3	Y	段落20-38、84-88、図1-3、10 (ファミリーなし)	4-9, 13	Y	JP 2012-133337 A (パナソニック株式会社) 2012.07.12, 段落74-79、図8、9 & US 2012/0133903 A1	4-9
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号													
X	JP 2012-181260 A (三洋電機株式会社) 2012.09.20,	1-3													
Y	段落20-38、84-88、図1-3、10 (ファミリーなし)	4-9, 13													
Y	JP 2012-133337 A (パナソニック株式会社) 2012.07.12, 段落74-79、図8、9 & US 2012/0133903 A1	4-9													
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。													
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p>															
国際調査を完了した日 08.04.2014	国際調査報告の発送日 15.04.2014														
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 鶴花 正由輝	3X	3120												
	電話番号 03-3581-1101 内線 3371														

国際調査報告		国際出願番号 PCT／JP2014／050155
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2011/118345 A1 (日本電気株式会社) 2011.09.29, 段落33、34、図4 (e) & US 2012/0320344 A1 & CN 102844706 A	5
Y	JP 2012-13897 A (株式会社 JVCケンウッド) 2012.01.19, 段落11-18、図1-4 (ファミリーなし)	6-7
Y	JP 2010-237443 A (カシオ計算機株式会社) 2010.10.21, 段落45-65、図1-7 (ファミリーなし)	8
Y	JP 2012-48847 A (カシオ計算機株式会社) 2012.03.08, 要約、全図 (ファミリーなし)	9
X	JP 2012-212129 A (パナソニック株式会社) 2012.11.01, 全文、全図 (ファミリーなし)	10-12, 14 13 15-25
Y		
A		

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
F 2 1 V 13/00 (2006.01)	F 2 1 V 13/00	1 0 0
F 2 1 V 9/08 (2006.01)	F 2 1 V 9/08	3 0 0
A 6 1 B 1/06 (2006.01)	F 2 1 S 2/00	6 1 0
F 2 1 W 131/20 (2006.01)	F 2 1 V 7/22	3 0 0
F 2 1 Y 115/10 (2016.01)	A 6 1 B 1/06	A
	F 2 1 W 131:20	
	F 2 1 Y 101:02	

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,R,S,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,KZ,LA,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(注)この公表は、国際事務局（W I P O）により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願（日本語実用新案登録出願）の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項（実用新案法第48条の13第2項）により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	波长转换装置，照明光学系统和使用其的电子设备		
公开(公告)号	JPWO2014109333A1	公开(公告)日	2017-01-19
申请号	JP2014556425	申请日	2014-01-08
[标]申请(专利权)人(译)	ZERO LAB株式会社		
申请(专利权)人(译)	ZERO LAB株式会社		
[标]发明人	古賀律生		
发明人	古賀 律生		
IPC分类号	G03B21/14 F21S2/00 F21V7/22 F21V9/10 F21V9/16 F21V13/00 F21V9/08 A61B1/06 F21W131/20 F21Y115/10 F21V9/40		
CPC分类号	A61B1/00172 A61B1/0653 G03B21/204 G03B21/2066 G03B33/08 H04N9/3114 H04N9/3161		
FI分类号	G03B21/14.A F21S2/00.340 F21V7/22.240 F21V9/10.200 F21V9/16.100 F21V13/00.100 F21V9/08.300 F21S2/00.610 F21V7/22.300 A61B1/06.A F21W131/20 F21Y101/02		
F-TERM分类号	2K203/GA32 2K203/GA36 2K203/HA02 2K203/HA14 2K203/HA30 2K203/HA67 2K203/HA92 2K203/MA32 2K203/MA35 3K243/AA01 3K243/AA03 3K243/AC06 3K243/BC09 3K243/BE09 3K243/CD05 4C161/FF47 4C161/QQ04 4C161/QQ10 4C161/RR04		
代理人(译)	片寄乔三		
优先权	2013002224 2013-01-10 JP 2013010720 2013-01-24 JP 2013071142 2013-03-29 JP		
其他公开文献	JP6292523B2 JPWO2014109333A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的照明光学系统包括发射蓝光的阵列光源20，反射蓝光的反射区域52，基于蓝光发射红光的第一荧光区域54，以及第二光区域荧光体轮50包括阵列光源20的荧光体区域56，并且包括用于反射来自荧光体轮50的红光和绿光的荧光体区域56，反射镜40用于反射来自荧光轮50的蓝光，前组透镜L1和L2具有光轴C1并会聚来自阵列光源20的蓝光，并且后组透镜L3和L4具有偏移了C1的光轴C2，并且将来自前组透镜L1和L2的蓝光会聚到荧光体轮50的表面上。

