

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-86009

(P2021-86009A)

(43) 公開日 令和3年6月3日(2021.6.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO3B 21/14 (2006.01)	GO3B 21/14	A 2K203
GO3B 21/00 (2006.01)	GO3B 21/00	D 5C058
HO4N 5/74 (2006.01)	HO4N 5/74	Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2019-215069 (P2019-215069)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	令和1年11月28日 (2019.11.28)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区新宿四丁目1番6号
		(74) 代理人	100116665
			弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(74) 代理人	100216253
			弁理士 松岡 宏紀
		(72) 発明者	秋山 光一
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	2K203 FA03 FA34 FA44 FA62 GA08
			GA23 GA25 GA36 HA03 HA43
			HA92 MA05 MA32
			5C058 BA29 EA13 EA26 EA51

(54) 【発明の名称】 光源装置およびプロジェクター

(57) 【要約】

【課題】被照明領域中央部での照度低下が少なく、小型の光源装置を提供する。

【解決手段】本願の光源装置は、第1光源と、第2光源と、第3光源と、第4光源と、拡散素子と、第1光路変更素子と、第2光路変更素子と、第3光路変更素子と、第4光路変更素子と、を備える。第1光源は、第1光源像を拡散素子上の第1位置に形成し、第2光源は、第2光源像を拡散素子上の第2位置に形成し、第3光源は、第3光源像を拡散素子上の第3位置に形成し、第4光源は、第4光源像を拡散素子上の第4位置に形成する。第1光源像の長手方向および第3光源像の長手方向は、拡散素子上の第1方向に沿い、第2光源像の長手方向および第4光源像の長手方向は、拡散素子上の第1方向に直交する第2方向に沿い、第1の光の光路上に第1位相差板が設けられ、第3の光の光路上に第2位相差板が設けられている。

【選択図】 図4

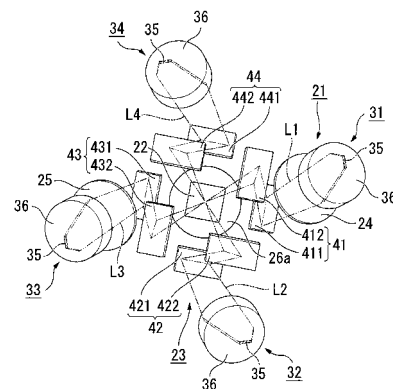


図4

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の光を射出する第 1 光源と、
第 2 の光を射出する第 2 光源と、
第 3 の光を射出する第 3 光源と、
第 4 の光を射出する第 4 光源と、

前記第 1 の光、前記第 2 の光、前記第 3 の光、および前記第 4 の光を拡散させる拡散素子と、

前記第 1 光源と前記拡散素子との間の前記第 1 の光の光路上に設けられ、前記第 1 の光の光路を折り返す第 1 光路変更素子と、

前記第 2 光源と前記拡散素子との間の前記第 2 の光の光路上に設けられ、前記第 2 の光の光路を折り返す第 2 光路変更素子と、

前記第 3 光源と前記拡散素子との間の前記第 3 の光の光路上に設けられ、前記第 3 の光の光路を折り返す第 3 光路変更素子と、

前記第 4 光源と前記拡散素子との間の前記第 4 の光の光路上に設けられ、前記第 4 の光の光路を折り返す第 4 光路変更素子と、

を備え、

前記第 1 光源は、第 1 光源像を前記拡散素子上の第 1 位置に形成し、

前記第 2 光源は、第 2 光源像を前記拡散素子上の前記第 1 位置とは異なる第 2 位置に形成し、

前記第 3 光源は、第 3 光源像を前記拡散素子上の前記第 1 位置および前記第 2 位置とは異なる第 3 位置に形成し、

前記第 4 光源は、第 4 光源像を前記拡散素子上の前記第 1 位置、前記第 2 位置および前記第 3 位置とは異なる第 4 位置に形成し、

前記第 1 光源像の長手方向および前記第 3 光源像の長手方向は、前記拡散素子上の第 1 方向に沿い、

前記第 2 光源像の長手方向および前記第 4 光源像の長手方向は、前記拡散素子上の前記第 1 方向に直交する第 2 方向に沿い、

前記第 1 の光の光路上に第 1 位相差板が設けられ、前記第 3 の光の光路上に第 2 位相差板が設けられている、光源装置。

【請求項 2】

前記第 1 光路変更素子は、前記第 1 光源から射出された前記第 1 の光を反射させる第 1 前段ミラーと、前記第 1 前段ミラーで反射した前記第 1 の光を反射させる第 1 後段ミラーと、を有し、

前記第 2 光路変更素子は、前記第 2 光源から射出された前記第 2 の光を反射させる第 2 前段ミラーと、前記第 2 前段ミラーで反射した前記第 2 の光を反射させる第 2 後段ミラーと、を有し、

前記第 3 光路変更素子は、前記第 3 光源から射出された前記第 3 の光を反射させる第 3 前段ミラーと、前記第 3 前段ミラーで反射した前記第 3 の光を反射させる第 3 後段ミラーと、を有し、

前記第 4 光路変更素子は、前記第 4 光源から射出された前記第 4 の光を反射させる第 4 前段ミラーと、前記第 4 前段ミラーで反射した前記第 4 の光を反射させる第 4 後段ミラーと、を有する、請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 3】

前記第 1 光源像、前記第 2 光源像、前記第 3 光源像、および前記第 4 光源像は、前記拡散素子上において、前記第 1 光源像の一つの短辺が前記第 2 光源像の一つの長辺に対向し、前記第 2 光源像の一つの短辺が前記第 3 光源像の一つの長辺に対向し、前記第 3 光源像の一つの短辺が前記第 4 光源像の一つの長辺に対向し、前記第 4 光源像の一つの短辺が前記第 1 光源像の一つの長辺に対向するように、配置されている、請求項 1 または請求項 2 に記載の光源装置。

10

20

30

40

50

【請求項 4】

前記第 1 位相差板は、前記第 1 の光の波長帯に対する 1 / 2 波長板で構成され、
前記第 2 位相差板は、前記第 3 の光の波長帯に対する 1 / 2 波長板で構成されている、
請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の光源装置と、
前記光源装置からの光を画像情報に応じて変調する光変調装置と、
前記光変調装置により変調された光を投射する投射光学装置と、
を備える、プロジェクター。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本願は、光源装置およびプロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

プロジェクターに用いる光源装置として、レーザー光源が注目されている。下記の特許文献 1 には、複数の発光点を有するレーザー光源と、複数の発光点から射出された複数のレーザー光を集光する集光レンズと、集光レンズによって集光された複数のレーザー光の各々の拡散角を広げる拡散素子と、を備えたレーザー光源装置が開示されている。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 96777 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 の光源装置において、小型化を図るため、例えば集光レンズを省いてレーザー光源から拡散素子までの距離を短くすると、拡散角の広い拡散素子が必要となる。ところが、透過型の拡散素子を用いる場合、拡散角を広くし過ぎると、内部全反射の影響によって光の透過率が低下する。したがって、光の透過率を確保するためには、拡散角が比較的狭い拡散素子を用いる必要がある。

30

【0005】

拡散角が狭い拡散素子に対して 1 個のレーザー光源から光を照射したとしても、特に問題は生じない。ところが、例えば光源装置の高輝度化を目的として、拡散角が狭い拡散素子に対して複数のレーザー光源から光を照射した場合には、拡散素子の中央部、すなわち、拡散素子の光軸に近い領域で所望の照度が得られず、拡散素子上の照度分布が不均一となるおそれがあった。その結果、このレーザー光源装置を備えたプロジェクターにおいては、投射画像の明るさムラおよび色ムラが生じるおそれがあった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

40

上記の課題を解決するために、本願の一つの態様の光源装置は、第 1 の光を射出する第 1 光源と、第 2 の光を射出する第 2 光源と、第 3 の光を射出する第 3 光源と、第 4 の光を射出する第 4 光源と、前記第 1 の光、前記第 2 の光、前記第 3 の光、および前記第 4 の光を拡散させる拡散素子と、前記第 1 光源と前記拡散素子との間の前記第 1 の光の光路上に設けられ、前記第 1 の光の光路を折り返す第 1 光路変更素子と、前記第 2 光源と前記拡散素子との間の前記第 2 の光の光路上に設けられ、前記第 2 の光の光路を折り返す第 2 光路変更素子と、前記第 3 光源と前記拡散素子との間の前記第 3 の光の光路上に設けられ、前記第 3 の光の光路を折り返す第 3 光路変更素子と、前記第 4 光源と前記拡散素子との間の前記第 4 の光の光路上に設けられ、前記第 4 の光の光路を折り返す第 4 光路変更素子と、を備え、前記第 1 光源は、第 1 光源像を前記拡散素子上の第 1 位置に形成し、前記第 2 光

50

源は、第2光源像を前記拡散素子上の前記第1位置とは異なる第2位置に形成し、前記第3光源は、第3光源像を前記拡散素子上の前記第1位置および前記第2位置とは異なる第3位置に形成し、前記第4光源は、第4光源像を前記拡散素子上の前記第1位置、前記第2位置および前記第3位置とは異なる第4位置に形成し、前記第1光源像の長手方向および前記第3光源像の長手方向は、前記拡散素子上の第1方向に沿い、前記第2光源像の長手方向および前記第4光源像の長手方向は、前記拡散素子上の前記第1方向に直交する第2方向に沿い、前記第1の光の光路上に第1位相差板が設けられ、前記第3の光の光路上に第2位相差板が設けられている。

【0007】

本願の一つの態様の光源装置において、前記第1光路変更素子は、前記第1光源から射出された前記第1の光を反射させる第1前段ミラーと、前記第1前段ミラーで反射した前記第1の光を反射させる第1後段ミラーと、を有し、前記第2光路変更素子は、前記第2光源から射出された前記第2の光を反射させる第2前段ミラーと、前記第2前段ミラーで反射した前記第2の光を反射させる第2後段ミラーと、を有し、前記第3光路変更素子は、前記第3光源から射出された前記第3の光を反射させる第3前段ミラーと、前記第3前段ミラーで反射した前記第3の光を反射させる第3後段ミラーと、を有し、前記第4光路変更素子は、前記第4光源から射出された前記第4の光を反射させる第4前段ミラーと、前記第4前段ミラーで反射した前記第4の光を反射させる第4後段ミラーと、を有しているてもよい。

10

【0008】

本願の一つの態様の光源装置において、前記第1光源像、前記第2光源像、前記第3光源像、および前記第4光源像は、前記拡散素子上において、前記第1光源像の一つの短辺が前記第2光源像の一つの長辺に対向し、前記第2光源像の一つの短辺が前記第3光源像の一つの長辺に対向し、前記第3光源像の一つの短辺が前記第4光源像の一つの長辺に対向し、前記第4光源像の一つの短辺が前記第1光源像の一つの長辺に対向するように、配置されていてもよい。

20

【0009】

本願の一つの態様の光源装置において、前記第1位相差板は、前記第1の光の波長帯に対する1/2波長板で構成され、前記第2位相差板は、前記第3の光の波長帯に対する1/2波長板で構成されていてもよい。

30

【0010】

本願の一つの態様のプロジェクターは、本願の一つの態様の光源装置と、前記光源装置からの光を画像情報に応じて変調する光変調装置と、前記光変調装置により変調された光を投射する投射光学装置と、を備える。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1実施形態のプロジェクターの概略構成図である。

【図2】第1光源装置の概略構成図である。

【図3】第2光源装置の概略構成図である。

【図4】第2光源装置の要部の斜視図である。

40

【図5】拡散素子上の複数の光源像の配置を示す図である。

【図6】拡散素子から射出された光束の照度分布を示す図である。

【図7】変形例の第2光源装置による拡散素子上の複数の光源像の配置を示す図である。

【図8】拡散素子から射出された光束の照度分布を示す図である。

【図9】第1比較例の光源装置の概略構成図である。

【図10】拡散素子から射出された光束の照度分布を示す図である。

【図11】第2比較例の光源装置の概略構成図である。

【図12】拡散素子から射出された光束の照度分布を示す図である。

【図13】第2実施形態の第2光源装置の概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 2 】

[第 1 実施形態]

以下、本願の第 1 実施形態について、図 1 ~ 図 1 2 を用いて説明する。

図 1 は、本実施形態のプロジェクターの概略構成図である。

なお、以下の各図面においては各構成要素を見やすくするため、構成要素によって寸法の縮尺を異ならせて示すことがある。

【 0 0 1 3 】

図 1 に示すように、本実施形態のプロジェクター 1 は、照明装置 1 0 0 と、色分離導光光学系 2 0 0 と、光変調装置 4 0 0 と、クロスダイクロイックプリズム 5 0 0 と、投射光学装置 6 0 0 と、を備える。光変調装置 4 0 0 は、赤色光用の光変調素子 4 0 0 R と、光変調素子 4 0 0 G と、光変調素子 4 0 0 B と、を有する。

10

【 0 0 1 4 】

照明装置 1 0 0 は、第 1 光源装置 1 0 1 と、第 2 光源装置 1 0 2 とを含む。第 1 光源装置 1 0 1 は、赤色光 R と緑色光 G とを含む黄色の蛍光 Y L を色分離導光光学系 2 0 0 に向けて射出する。第 2 光源装置 1 0 2 は、青色光 B を色分離導光光学系 2 0 0 に向けて射出する。

【 0 0 1 5 】

色分離導光光学系 2 0 0 は、ダイクロイックミラー 2 1 0 と、反射ミラー 2 2 0 と、反射ミラー 2 3 0 と、反射ミラー 2 5 0 と、を備える。色分離導光光学系 2 0 0 は、第 1 光源装置 1 0 1 から射出された黄色の蛍光 Y L を赤色光 R と緑色光 G とに分離し、赤色光 R を光変調素子 4 0 0 R に導き、緑色光 G を光変調素子 4 0 0 G に導く。また、色分離導光光学系 2 0 0 は、第 2 光源装置 1 0 2 から射出された青色光 B を光変調素子 4 0 0 B に導光する。

20

【 0 0 1 6 】

フィールドレンズ 3 0 0 R は、色分離導光光学系 2 0 0 と光変調素子 4 0 0 R との間に設けられている。フィールドレンズ 3 0 0 G は、色分離導光光学系 2 0 0 と光変調素子 4 0 0 G との間に設けられている。フィールドレンズ 3 0 0 B は、色分離導光光学系 2 0 0 と光変調素子 4 0 0 B との間に設けられている。

【 0 0 1 7 】

ダイクロイックミラー 2 1 0 は、赤色光 R を透過させ、緑色光 G を反射させる。反射ミラー 2 2 0 は、ダイクロイックミラー 2 1 0 で反射した緑色光 G を反射させる。反射ミラー 2 3 0 は、ダイクロイックミラー 2 1 0 を透過した赤色光 R を反射させる。反射ミラー 2 5 0 は、第 2 光源装置 1 0 2 から射出された青色光 B を反射させる。

30

【 0 0 1 8 】

ダイクロイックミラー 2 1 0 を透過した赤色光 R は、反射ミラー 2 3 0 で反射され、フィールドレンズ 3 0 0 R を透過して赤色光用の光変調素子 4 0 0 R の画像形成領域に入射する。ダイクロイックミラー 2 1 0 で反射された緑色光 G は、反射ミラー 2 2 0 でさらに反射され、フィールドレンズ 3 0 0 G を透過して緑色光用の光変調素子 4 0 0 G の画像形成領域に入射する。反射ミラー 2 5 0 で反射された青色光 B は、フィールドレンズ 3 0 0 B を経て青色光用の光変調素子 4 0 0 B の画像形成領域に入射する。

40

【 0 0 1 9 】

光変調素子 4 0 0 R、光変調素子 4 0 0 G、および光変調素子 4 0 0 B は、入射された色光を画像情報に応じて変調し、各色に対応する画像光を形成する。光変調素子 4 0 0 R、光変調素子 4 0 0 G、および光変調素子 4 0 0 B のそれぞれは、液晶パネルで構成されている。図示を省略したが、光変調素子 4 0 0 R、光変調素子 4 0 0 G、および光変調素子 4 0 0 B の光入射側に、入射側偏光板がそれぞれ配置されている。光変調素子 4 0 0 R、光変調素子 4 0 0 G、および光変調素子 4 0 0 B の光射出側に、射出側偏光板がそれぞれ配置されている。

【 0 0 2 0 】

クロスダイクロイックプリズム 5 0 0 は、光変調素子 4 0 0 R、光変調素子 4 0 0 G、

50

および光変調素子400Bから射出された各画像光を合成して合成光を生成し、カラー画像を形成する。クロスダイクロイックプリズム500は、4つの直角プリズムを貼り合わせた平面視略正形状をなし、直角プリズム同士を貼り合わせた略X字状の界面には誘電体多層膜が設けられている。

【0021】

投射光学装置600は、クロスダイクロイックプリズム500から射出された合成光をスクリーンSCRに拡大投射し、カラー画像を形成する。

【0022】

以下、第1光源装置101の構成について説明する。

図2は、第1光源装置101の概略構成図である。

図2に示すように、第1光源装置101は、第1発光部121と、第1コリメーター光学系122と、アフォーカル光学系123と、ホモジナイザー光学系124と、ダイクロイックミラー150と、ピックアップ光学系127と、波長変換素子110と、第1インテグレート光学系131と、偏光変換素子132と、重畳光学系133と、を備えている。

【0023】

第1発光部121は、複数の第1発光素子121aを有している。複数の第1発光素子121aは、光軸と直交する面内にアレイ状に配列されている。第1発光素子121aの個数は、特に限定されない。第1発光素子121aは、例えば440~470nmの励起波長帯を有する励起光BLを射出する。すなわち、励起光BLは、青色波長帯の光である。

【0024】

本実施形態において、第1発光部121の中央の第1発光素子121aから射出される主光線の光路を光軸ax2とする。また、後述する波長変換素子110から射出される光の主光線の光路を光軸ax3とする。光軸ax2と光軸ax3とは、同一平面内にあり、かつ、互いに直交している。

【0025】

光軸ax2上において、第1発光部121、第1コリメーター光学系122、アフォーカル光学系123、ホモジナイザー光学系124、およびダイクロイックミラー150は、この順に並んで配置されている。光軸ax3上において、波長変換素子110、ピックアップ光学系127、ダイクロイックミラー150、第1インテグレート光学系131、偏光変換素子132、および重畳光学系133は、この順に並んで配置されている。

【0026】

第1コリメーター光学系122は、第1発光部121の各第1発光素子121aから射出された励起光BLを平行光に変換する。第1コリメーター光学系122は、例えばアレイ状に並べられた複数のコリメーターレンズ122aで構成されている。1つのコリメーターレンズ122aは、1つの第1発光素子121aに対応して配置されている。第1コリメーター光学系122によって平行光に変換された励起光BLは、アフォーカル光学系123に入射する。

【0027】

アフォーカル光学系123は、複数の励起光BLからなる光束のスポット径を変換する。アフォーカル光学系123は、例えば凸レンズからなるアフォーカルレンズ123aと、凹レンズからなるアフォーカルレンズ123bと、から構成されている。アフォーカル光学系123を通過した励起光BLは、ホモジナイザー光学系124に入射する。

【0028】

ホモジナイザー光学系124は、被照明領域において励起光BLの光強度分布を均一な分布、いわゆるトップハット分布に変換する。ホモジナイザー光学系124は、例えばマルチレンズアレイ124aと、マルチレンズアレイ124bと、から構成されている。ホモジナイザー光学系124から射出された励起光BLは、ダイクロイックミラー150に入射する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

ダイクロイックミラー 1 5 0 は、青色光成分を反射させ、黄色光成分を透過させる波長選択性を有している。すなわち、ダイクロイックミラー 1 5 0 は、第 1 発光部 1 2 1 から射出された励起光 B L を反射させ、後述する波長変換素子 1 1 0 から射出された蛍光 Y L を透過させる特性を有する。ダイクロイックミラー 1 5 0 は、光軸 $a \times 2$ および光軸 $a \times 3$ に対して 45° の角度をなすように配置されている。ダイクロイックミラー 1 5 0 に入射した励起光 B L は、ダイクロイックミラー 1 5 0 で反射してピックアップ光学系 1 2 7 に向かって進む。

【 0 0 3 0 】

ピックアップ光学系 1 2 7 は、励起光 B L を波長変換素子 1 1 0 の波長変換層 1 1 に向かって集光させるとともに、波長変換層 1 1 から射出される蛍光 Y L を平行化する。ピックアップ光学系 1 2 7 は、ピックアップレンズ 1 2 7 a と、ピックアップレンズ 1 2 7 b と、から構成されている。

10

【 0 0 3 1 】

波長変換素子 1 1 0 は、波長変換層 1 1 と、波長変換層 1 1 を支持する支持基板 1 2 と、波長変換層 1 1 と支持基板 1 2 との間に設けられた反射層 1 3 と、を有している。波長変換層 1 1 は、例えば Y A G 蛍光体粒子が焼結された焼結体で構成されている。波長変換素子 1 1 0 は、励起光 B L を、励起波長帯とは異なる黄色波長帯の蛍光 Y L (第 1 波長帯の第 1 の光) に波長変換する。蛍光 Y L は、例えば $500 \sim 700 \text{ nm}$ の波長帯にピーク波長を有する。

20

【 0 0 3 2 】

支持基板 1 2 は、例えば銅、アルミニウム等の熱伝導性に優れた金属材料から構成されている。反射層 1 3 は、例えば銀、アルミニウム等の反射率が高い金属材料または誘電体多層膜から構成されている。波長変換層 1 1 で生成された蛍光 Y L のうち、支持基板 1 2 に向かって進む蛍光 Y L は、反射層 1 3 によって反射され、波長変換層 1 1 から外部に射出される。波長変換素子 1 1 0 から射出された蛍光 Y L は、ピックアップ光学系 1 2 7 に向かって進む。

【 0 0 3 3 】

蛍光 Y L は、ピックアップ光学系 1 2 7 によって平行光に変換された後、ダイクロイックミラー 1 5 0 を透過し、第 1 インテグレーター光学系 1 3 1 に入射する。第 1 インテグレーター光学系 1 3 1 は、入射した蛍光 Y L を複数の光束に分割する。第 1 インテグレーター光学系 1 3 1 は、第 1 レンズアレイ 1 3 1 a と、第 2 レンズアレイ 1 3 1 b と、から構成されている。第 1 レンズアレイ 1 3 1 a および第 2 レンズアレイ 1 3 1 b のそれぞれは、複数のレンズがアレイ状に配列された構成を有している。

30

【 0 0 3 4 】

第 1 インテグレーター光学系 1 3 1 から射出された蛍光 Y L は、偏光変換素子 1 3 2 に入射する。偏光変換素子 1 3 2 は、蛍光 Y L を所定の偏光方向を有する直線偏光に変換する。偏光変換素子 1 3 2 は、偏光分離膜と、位相差板と、ミラーと、から構成されている。

【 0 0 3 5 】

偏光変換素子 1 3 2 を通過した蛍光 Y L は、重畳レンズ 1 3 3 a に入射する。重畳レンズ 1 3 3 a は、偏光変換素子 1 3 2 から射出された複数の光束を照明対象である光変調装置の画像形成領域上で互いに重畳させる。これにより、蛍光 Y L は、画像形成領域を均一に照明することができる。重畳光学系 1 3 3 は、第 1 レンズアレイ 1 3 1 a および第 2 レンズアレイ 1 3 1 b からなる第 1 インテグレーター光学系 1 3 1 と、重畳レンズ 1 3 3 a と、により構成されている。

40

【 0 0 3 6 】

以下、第 2 光源装置 1 0 2 の構成について説明する。

図 3 は、第 2 光源装置 1 0 2 の概略構成図である。図 4 は、第 2 光源装置 1 0 2 の要部の斜視図である。図 4 では、第 2 光源装置 1 0 2 のうち、光源部 2 1、拡散素子 2 2、距

50

距離短縮部 23、第 1 位相差板 24、および第 2 位相差板 25 を図示し、その他の構成要素の図示を省略する。

【0037】

図 3 に示すように、第 2 光源装置 102 は、光源部 21 と、拡散素子 22 と、距離短縮部 23 と、第 1 位相差板 24 と、第 2 位相差板 25 と、第 2 コリメーター光学系 26 と、第 2 インテグレーター光学系 27 と、偏光分離素子 28 と、第 3 位相差板 29 と、凹面ミラー 30 と、を備えている。

【0038】

後述する光源部 21 から射出される青色光束 BH の中心軸を光軸 $a \times 4$ と定義する。光源部 21、距離短縮部 23、拡散素子 22、第 2 コリメーター光学系 26、第 2 インテグレーター光学系 27、偏光分離素子 28、第 3 位相差板 29、および凹面ミラー 30 は、光軸 $a \times 4$ に沿ってこの順に配置されている。

10

【0039】

図 4 に示すように、光源部 21 は、第 1 の光 L1 を射出する第 1 光源 31 と、第 2 の光 L2 を射出する第 2 光源 32 と、第 3 の光 L3 を射出する第 3 光源 33 と、第 4 の光 L4 を射出する第 4 光源 34 と、を有する。第 1 光源 31、第 2 光源 32、第 3 光源 33、および第 4 光源 34 のそれぞれは、第 2 発光素子 35 と結像レンズ 36 とを含む CAN パッケージ型のレーザー光源から構成されている。第 1 光源 31、第 2 光源 32、第 3 光源 33、および第 4 光源 34 のそれぞれは、全て同一のレーザー光源から構成されている。したがって、光源部 21 は、第 1 の光 L1、第 2 の光 L2、第 3 の光 L3、および第 4 の光 L4 を含む青色光束 BH を射出する。なお、図 4 においては、第 2 発光素子 35 と結像レンズ 36 とを収容するパッケージの図示を省略する。

20

【0040】

第 2 発光素子 35 は、半導体レーザー素子から構成されている。第 2 発光素子 35 は、例えば 440 ~ 470 nm の波長帯を有する青色光 B を射出する。第 2 発光素子 35 の波長帯は、第 1 発光素子 121a の波長帯と同じであってもよいし、異なってもよい。また、青色光 B は、後述する偏光分離素子 28 に対する P 偏光である。第 2 発光素子 35 は、全体がチップ状の形状を有し、青色光 B の射出方向から見て長方形の発光面を有する。結像レンズ 36 は、第 2 発光素子 35 から射出された光を拡散素子 22 に向けて集光し、拡散素子 22 上に第 2 発光素子 35 の光源像を形成する。

30

【0041】

拡散素子 22 は、光源部 21 から射出された青色光束 BH を拡散させる。拡散素子 22 は、例えば光軸 $a \times 4$ に垂直な光入射面 22a および光射出面 22b を有し、光入射面 22a および光射出面 22b のいずれか一方に凹凸構造が設けられた透過型の拡散素子で構成されている。拡散素子 22 は、凹凸構造の形状および寸法等が最適化されることにより、青色光束 BH の偏光状態を乱さずに拡散させる特性を有する。拡散素子 22 は、比較的狭い拡散角で青色光束 BH を拡散させる特性を有する。

【0042】

距離短縮部 23 は、光源部 21 と拡散素子 22 との間の青色光束 BH の光路上に設けられている。距離短縮部 23 は、光源部 21 から射出された青色光束 BH の光路を折り返すことによって、光源部 21 と拡散素子 22 との間の実質的な光路長を確保しつつ、光源部 21 と拡散素子 22 との間の物理的距離を短縮する。

40

【0043】

距離短縮部 23 は、第 1 の光 L1 の光路を折り返す第 1 光路変更素子 41 と、第 2 の光 L2 の光路を折り返す第 2 光路変更素子 42 と、第 3 の光 L3 の光路を折り返す第 3 光路変更素子 43 と、第 4 の光 L4 の光路を折り返す第 4 光路変更素子 44 と、を有する。第 1 光路変更素子 41 は、第 1 光源 31 と拡散素子 22 との間の第 1 の光 L1 の光路上に設けられている。第 2 光路変更素子 42 は、第 2 光源 32 と拡散素子 22 との間の第 2 の光 L2 の光路上に設けられている。第 3 光路変更素子 43 は、第 3 光源 33 と拡散素子 22 との間の第 3 の光 L3 の光路上に設けられている。第 4 光路変更素子 44 は、第 4 光源 3

50

4と拡散素子22との間の第4の光L4の光路上に設けられている。

【0044】

第1光路変更素子41は、第1前段ミラー411と、第1後段ミラー412と、を有する。第1前段ミラー411は、第1光源31から射出された第1の光L1を第1後段ミラー412に向けて反射させる。第1後段ミラー412は、第1前段ミラー411で反射した第1の光L1を拡散素子22に向けて反射させる。

【0045】

第2光路変更素子42は、第2前段ミラー421と、第2後段ミラー422と、を有する。第2前段ミラー421は、第2光源32から射出された第2の光L2を第2後段ミラー422に向けて反射させる。第2後段ミラー422は、第2前段ミラー421で反射した第2の光L2を拡散素子22に向けて反射させる。

10

【0046】

第3光路変更素子43は、第3前段ミラー431と、第3後段ミラー432と、を有する。第3前段ミラー431は、第3光源33から射出された第3の光L3を第3後段ミラー432に向けて反射させる。第3後段ミラー432は、第3前段ミラー431で反射した第3の光L3を拡散素子22に向けて反射させる。

【0047】

第4光路変更素子44は、第4前段ミラー441と、第4後段ミラー442と、を有する。第4前段ミラー441は、第4光源34から射出された第4の光L4を第4後段ミラー442に向けて反射させる。第4後段ミラー442は、第4前段ミラー441で反射した第4の光L4を拡散素子22に向けて反射させる。

20

【0048】

各光路変更素子41, 42, 43, 44を構成する全てのミラー411, 412, 421, 422, 431, 432, 441, 442は、長方形の外形を有している。これらのミラーは、必ずしも長方形の外形を有していなくてもよく、例えば正方形の外形を有していてもよい。しかしながら、第2発光素子35の長方形の発光面から射出された長方形の断面を有する各光L1, L2, L3, L4が各ミラー411, 412, 421, 422, 431, 432, 441, 442に入射するため、ミラーの形状も光に合わせて長方形とした方が、ミラーの形状を正方形とした場合よりもミラーの面積が少なく済み、ミラーを小型化することができる。

30

【0049】

第1位相差板24は、第1光源31と第1前段ミラー411との間の第1の光L1の光路上に設けられている。第1位相差板24は、第1の光L1の波長帯に対する1/2波長板で構成されている。第2位相差板25は、第3光源33と第3前段ミラー431との間の第3の光L3の光路上に設けられている。第2位相差板25は、第3の光L3の波長帯に対する1/2波長板で構成されている。第1位相差板24および第2位相差板25は、必ずしも1/2波長板でなくてもよいが、1/2波長板であることが望ましい。

【0050】

第2コリメーター光学系26は、拡散素子22から射出された青色光束BHを平行化する。第2コリメーター光学系26は、第1コリメーターレンズ26aと、第2コリメーターレンズ26bと、から構成されている。

40

【0051】

第2インテグレーター光学系27は、基材の2つの面に複数のレンズがそれぞれ形成された両面レンズアレイで構成されている。これにより、2枚のレンズアレイを備えたインテグレーター光学系を用いた場合に比べて、物理的な光路長を短くすることができ、第2光源装置102の小型化が図れる。

【0052】

偏光分離素子28は、S偏光成分を反射し、P偏光成分を透過する。第2インテグレーター光学系27から射出された青色光束BHは、光源部21から射出された直後の偏光方向が維持されたP偏光であるため、偏光分離素子28を透過し、第3位相差板29に向か

50

って進む。

【0053】

第3位相差板29は、青色光束BHの波長帯に対する1/4波長板で構成されている。したがって、P偏光の青色光束BHは、第3位相差板29を透過することによって例えば左回りの円偏光の青色光束BHに変換され、凹面ミラー30に向かって進む。

【0054】

凹面ミラー30は、拡散素子22と光変調素子400Bとの間の青色光束BHの光路上に設けられている。凹面ミラー30は、球面の反射面30aを有し、拡散素子22から射出された青色光束BHを反射させて光変調素子400Bに導くとともに、光変調素子400Bの画像形成領域に青色光束BHを集束させる。

10

【0055】

左回りの円偏光の青色光束BHは、凹面ミラー30で反射し、右回りの円偏光の青色光束BHに変換される。右回りの円偏光の青色光束BHは、第3位相差板29を再度透過することでS偏光の青色光束BHに変換され、偏光分離素子28で反射し、第2光源装置102から射出される。

【0056】

本実施形態の第2光源装置102のように、透過型の拡散素子を備える光源装置においては、内部全反射を抑制し、光透過率の低下を抑える目的で、比較的狭い拡散角特性を有する拡散素子が用いられる。この場合、拡散素子が有する拡散角特性の狭さを補うため、光源からの光を大きい入射角で入射させる構成を有する光源装置が考えられる。

20

【0057】

ここで、本発明者は、以下に示す第1比較例の光源装置を想定し、拡散素子から所定距離離れた位置での光束の照度分布のシミュレーションを行った。

図9は、第1比較例の光源装置の概略構成図である。

図9に示すように、第1比較例の光源装置80は、光軸ax4の方向から見て、正方形に配列された4個の光源81と、拡散素子82と、を備えている。拡散素子82は、狭い拡散角特性を有する。また、各光源81は、拡散素子82に対する光の入射角1が例えば30°となるように、光軸ax4に対して傾いて配置されている。

【0058】

図10は、拡散素子82から射出された光束の照度分布を示すシミュレーション結果である。図10において、白っぽく見える領域は照度が相対的に高い領域であり、黒っぽく見える領域は照度が相対的に低い領域である。

30

図10に示すように、照度の高い領域が正方形の4つの角部付近に現れており、光軸ax4に近い中央部の照度が角部の照度に比べて大きく低下した照度分布が得られることが判った。

【0059】

次に、本発明者は、以下に示す第2比較例の光源装置を想定し、拡散素子から所定距離離れた位置での光束の照度分布のシミュレーションを行った。

図11は、第2比較例の光源装置の概略構成図である。

図11に示すように、第2比較例の光源装置90は、光軸ax4の方向から見て、正方形に配列された4個の光源91と、拡散素子92と、を備えている。拡散素子92は、狭い拡散角特性を有する。また、各光源91は、拡散素子92に対する光の入射角2が例えば15°となるように、光軸ax4に対して傾いて配置されている。したがって、第2比較例における入射角2は、第1比較例における入射角1に比べて小さい。

40

【0060】

図12は、拡散素子92から射出された光束の照度分布を示すシミュレーション結果である。図12において、白っぽく見える領域は照度が相対的に高い領域であり、黒っぽく見える領域は照度が相対的に低い領域である。

図12に示すように、光軸ax4に近い中央部の照度が角部の照度に比べて高くなっており、第1比較例の光源装置80を用いた場合の領域中央部の照度低下の問題は改善され

50

ることが判った。

【0061】

しかしながら、第2比較例の光源装置90は、以下の問題を有している。

第1比較例の光源装置80においては、拡散素子82に対する光の入射角 θ_1 が大きい
ため、各光源81の位置が光軸 $a \times 4$ から離れ、光源81同士の間隔が広い。そのため、
各光源81を拡散素子82に近い位置に配置しても、隣り合う光源81のパッケージ同士
が干渉しにくい。これに対して、第2比較例の光源装置90においては、拡散素子92に
対する光の入射角 θ_2 が小さいため、各光源91の位置が光軸 $a \times 4$ に近く、光源91同
士の間隔が狭い。そのため、各光源91を拡散素子92に近い位置に配置すると、隣り合
う光源91のパッケージ同士が干渉し、各光源91を所定の位置に配置することが難しい
。したがって、隣り合う光源91のパッケージ同士が干渉しないように、各光源91を拡
散素子92から遠い位置に配置せざるを得ない。この場合、光源装置90が大型化する
という問題がある。

10

【0062】

そこで、本発明者は、図3に示したように、距離短縮部23を設け、各光源31, 32,
33, 34から射出される光 L_1, L_2, L_3, L_4 の光路を折り返すことにより、各
光源31, 32, 33, 34と拡散素子22との間の実質的な光路長を維持しつつ、光源
部21と拡散素子22との間の物理的距離を短縮できることに想到した。ところが、折
り返した光路の空間を確保するために、各光路変更素子41, 42, 43, 44を構成する
2枚のミラーを各光源31, 32, 33, 34の光軸に対してずらす必要がある。そのため
、一つの光源と一つの光路変更素子とを一つのセットと考え、そのセットを各光源の光
軸を中心として回転させると、回転角度によっては、一つの光路変更素子41, 42, 4
3, 44のミラーと他の光路変更素子41, 42, 43, 44のミラーとが干渉するおそ
れがあることが判った。

20

【0063】

各光路変更素子41, 42, 43, 44を構成する2枚のミラーのうち、特に前段ミラ
ーは、角度によっては後段ミラーよりも光軸 $a \times 4$ に近い位置に配置されることになり、
前段ミラー同士の干渉が生じるおそれが高い。そこで、本発明者は、光源と光路変更素子
とからなる各セットの回転角度を検討した結果、図4に示すように、第1光路変更素子4
1の前段ミラー411および第3光路変更素子43の前段ミラー431の長手方向が第1
方向を向き、第2光路変更素子42の前段ミラー421および第4光路変更素子44の前
段ミラー441の長手方向が第1方向と直交する第2方向を向く配置を採用すればよい。

30

【0064】

各前段ミラーの配置を上記のようにした場合、各光源の第2発光素子35の向きは、第
1光源31、第2光源32、第3光源33、および第4光源34の順に、光軸 $a \times 4$ を中
心として 90° ずつ回転した状態となる。この配置によれば、各光路変更素子41, 42,
43, 44の前段ミラー411, 421, 431, 441が拡散素子22の外側、かつ
、拡散素子22から最も離れた位置に配置されるため、各光路変更素子41, 42, 43,
44の前段ミラー同士が干渉するおそれを最も少なくできる。

【0065】

以上の配置を採用した場合、拡散素子22上に形成される4つの光源像の配置は、図5
に示すようになる。すなわち、図5に示すように、第1光源31は、第1光源像 S_1 を拡
散素子22上の第1位置に形成し、第2光源32は、第2光源像 S_2 を拡散素子22上の
第1位置とは異なる第2位置に形成し、第3光源33は、第3光源像 S_3 を拡散素子22
上の第1位置および第2位置とは異なる第3位置に形成し、第4光源34は、第4光源像
 S_4 を拡散素子22上の第1位置、第2位置および第3位置とは異なる第4位置に形成す
る。第1光源像 S_1 の長手方向および第3光源像 S_3 の長手方向は、拡散素子22上の第
1方向に沿い、第2光源像 S_2 の長手方向および第4光源像 S_4 の長手方向は、拡散素子
22上の第1方向に直交する第2方向に沿う。

40

【0066】

50

さらに、第1光源像S1、第2光源像S2、第3光源像S3、および第4光源像S4は、拡散素子22上において、第1光源像S1の一つの短辺が第2光源像S2の一つの長辺に対向し、第2光源像S2の一つの短辺が第3光源像S3の一つの長辺に対向し、第3光源像S3の一つの短辺が第4光源像S4の一つの長辺に対向し、第4光源像S4の一つの短辺が第1光源像S1の一つの長辺に対向するように、配置されている。

【0067】

一般に、半導体レーザー素子から射出された光は、発光面の長手方向に平行な偏光方向を有する直線偏光である。したがって、上記の各光源像S1、S2、S3、S4の配置において、仮に第1位相差板24および第2位相差板25がなかったとすると、互いに異なる偏光方向を有する光が混在した光束が拡散素子22から射出され、後段の偏光分離素子28において光束の全てを透過させ、凹面ミラー30に導くことができなくなり、光利用効率が低下する。

10

【0068】

そこで、本実施形態の第2光源装置102においては、第1光源31と拡散素子22との間の第1の光L1の光路上に1/2波長板からなる第1位相差板24が設けられ、第3光源33と拡散素子22との間の第3の光L3の光路上に1/2波長板からなる第2位相差板25が設けられているため、図5に実線の矢印で示したように、第1の光L1および第3の光L3の偏光方向を90°回転させて、第2の光L2および第4の光L4の偏光方向に合わせることができる。その結果、全ての光が偏光分離素子28に対するP偏光に揃った光束が拡散素子22から射出される。これにより、光束の全てを凹面ミラー30に導くことができ、光利用効率を確保することができる。なお、本実施形態の構成に代えて、第2光源32と拡散素子22との間の第2の光L2の光路上、および第4光源34と拡散素子22との間の第4の光L4の光路上に位相差板が設けられていてもよい。

20

【0069】

本発明者は、本実施形態の第2光源装置102について、拡散素子22から所定距離離れた位置での青色光束BHの照度分布のシミュレーションを行った。

図6は、拡散素子22から射出された青色光束BHの照度分布を示すシミュレーション結果である。図6において、白っぽく見える領域は照度が相対的に高い領域であり、黒っぽく見える領域は照度が相対的に低い領域である。

図6に示すように、光軸ax4に近い中央部の照度が角部の照度に比べて高くなっており、第1比較例の光源装置による領域中央部の照度低下の問題は改善されることが判った。さらに、同じ照度を占める領域の形状が概ね矩形形状であり、拡散素子22の後段に位置する第2インテグレーター光学系27の外形も矩形形状であるため、拡散素子22から射出された青色光束BHを第2インテグレーター光学系27に効率良く入射させることができる。

30

【0070】

以上説明したように、本実施形態によれば、被照明領域の中央部での照度低下のおそれが少なく、照度分布が略均一であり、かつ、小型の第2光源装置102を提供することができる。

【0071】

また、本実施形態の第2光源装置102の採用により、投射画像の明るさムラおよび色ムラが少なく、小型のプロジェクター1を提供することができる。特に本実施形態の場合、拡散素子22から射出された青色光束BHの光路を凹面ミラー30によって折り返しているため、拡散素子22よりも後段の物理的距離を短くでき、プロジェクター1の小型化に寄与することができる。

40

【0072】

[変形例]

上記実施形態では、拡散素子22上の複数の光源像S1、S2、S3、S4の配置が図5のようになっている場合を挙げたが、拡散素子22上の複数の光源像S1、S2、S3、S4は、必ずしも図5のように配置されていなくてもよい。

50

【 0 0 7 3 】

図 7 は、本変形例の第 2 光源装置による拡散素子上の複数の光源像の配置を示す図である。

図 7 に示すように、本変形例の第 2 光源装置において、第 1 光源像 S 1 の長手方向および第 3 光源像 S 3 の長手方向は、拡散素子 2 2 上の第 1 方向に沿い、第 2 光源像 S 2 の長手方向および第 4 光源像 S 4 の長手方向は、拡散素子 2 2 上の第 1 方向に直交する第 2 方向に沿っている。この特徴点については、上記実施形態と同様である。

【 0 0 7 4 】

ただし、上記実施形態とは異なる特徴点として、第 1 光源像 S 1、第 2 光源像 S 2、第 3 光源像 S 3、および第 4 光源像 S 4 は、拡散素子 2 2 上において、全ての光源像 S 1、S 2、S 3、S 4 の短辺が拡散素子 2 2 の中心に対向するように、配置されている。

10

【 0 0 7 5 】

本変形例の場合も、上記実施形態と同様、第 1 光源 3 1 と拡散素子 2 2 との間の第 1 の光 L 1 の光路上および第 3 光源 3 3 と拡散素子 2 2 との間の第 3 の光 L 3 の光路上、または第 2 光源 3 2 と拡散素子 2 2 との間の第 2 の光 L 2 の光路上および第 4 光源 3 4 と拡散素子 2 2 との間の第 4 の光 L 4 の光路上に位相差板が設けられていれば、偏光方向が互いに揃った光を含む青色光束 B H を拡散素子 2 2 から射出させることができる。光源装置の図示を省略するが、本変形例の場合も、各光路変更素子の前段ミラーが拡散素子 2 2 の外側の位置に配置されるため、各光路変更素子の前段ミラー同士が干渉するおそれを少なくできる。

20

【 0 0 7 6 】

本発明者は、本変形例の光源装置について、拡散素子 2 2 から所定距離離れた位置での青色光束 B H の照度分布のシミュレーションを行った。

図 8 は、拡散素子 2 2 から射出された青色光束 B H の照度分布を示すシミュレーション結果である。図 8 において、白っぽく見える領域は照度が相対的に高い領域であり、黒っぽく見える領域は照度が相対的に低い領域である。

図 8 に示すように、光軸に近い中央部の照度が角部の照度に比べて高くなっており、第 1 比較例の光源装置による中央部の照度低下の問題は改善されることが判った。

【 0 0 7 7 】

[第 2 実施形態]

以下、本願の第 2 実施形態について、図 1 3 を用いて説明する。

第 2 実施形態のプロジェクターおよび光源装置の構成は第 1 実施形態と略同様である。そのため、プロジェクターおよび光源装置の詳細な説明は省略し、異なる部分のみを説明する。

30

図 1 3 は、第 2 実施形態の第 2 光源装置の概略構成図である。

図 1 3 において、第 1 実施形態で用いた図面と共通の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

【 0 0 7 8 】

図 1 3 に示すように、本実施形態の第 2 光源装置 1 0 4 は、光源部 2 1 と、拡散素子 2 2 と、距離短縮部 2 3 と、第 1 位相差板（図示略）と、第 2 位相差板 2 5 と、第 2 コリメーター光学系 2 6 と、第 2 インテグレーター光学系 2 7 と、集光レンズ 4 6 と、ミラー 4 7 と、を備えている。光源部 2 1、拡散素子 2 2、距離短縮部 2 3、第 1 位相差板、第 2 位相差板 2 5、第 2 コリメーター光学系 2 6、および第 2 インテグレーター光学系 2 7 の構成は、第 1 実施形態と同様である。

40

【 0 0 7 9 】

集光レンズ 4 6 は、凸レンズから構成されている。ミラー 4 7 は、光軸 a x 4 と 4 5 ° の角度をなすように配置されている。本実施形態においては、第 2 インテグレーター光学系 2 7 から射出された青色光束 B H は、集光レンズ 4 6 によって集束され、ミラー 4 7 によって反射されて、光変調素子 4 0 0 B に導かれる。

【 0 0 8 0 】

50

本実施形態においても、被照明領域の中央部での照度低下のおそれが少なく、小型の光源装置を提供できる、投射画像の明るさムラおよび色ムラが少なく、小型のプロジェクターを提供できる、といった第1実施形態と同様の効果が得られる。

【0081】

なお、本願の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本願の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば上記実施形態では、第1光源装置として、固定型の波長変換素子を備えた光源装置の例を挙げたが、この構成に代えて、モーター等の駆動源によって回転可能とされた波長変換素子を備える光源装置が用いられてもよい。同様に、上記実施形態では、第2光源装置として、固定型の拡散素子を備えた光源装置の例を挙げたが、この構成に代えて、モーター等の駆動源によって回転可能とされた拡散素子を備える光源装置が用いられてもよい。

10

【0082】

その他、プロジェクターの各構成要素の形状、数、配置、材料等の具体的な記載については、上記実施形態に限らず、適宜変更が可能である。また、上記実施形態では、本願を、液晶ライトバルブを用いたプロジェクターに適用した例を示したが、これに限られない。本願を、光変調装置としてデジタルマイクロミラーデバイスを用いたプロジェクターに適用してもよい。

【符号の説明】

【0083】

1 ... プロジェクター、2 1 ... 光源部、2 2 ... 拡散素子、2 3 ... 距離短縮部、2 4 ... 第1位相差板、2 5 ... 第2位相差板、3 1 ... 第1光源、3 2 ... 第2光源、3 3 ... 第3光源、3 4 ... 第4光源、3 5 ... 第2発光素子（レーザー素子）、3 6 ... 結像レンズ、4 1 ... 第1光路変更素子、4 2 ... 第2光路変更素子、4 3 ... 第3光路変更素子、4 4 ... 第4光路変更素子、1 0 2 , 1 0 4 ... 第2光源装置（光源装置）、4 0 0 ... 光変調装置、4 1 1 ... 第1前段ミラー、4 1 2 ... 第1後段ミラー、4 2 1 ... 第2前段ミラー、4 2 2 ... 第2後段ミラー、4 3 1 ... 第3前段ミラー、4 3 2 ... 第3後段ミラー、4 4 1 ... 第4前段ミラー、4 4 2 ... 第4後段ミラー、6 0 0 ... 投射光学装置、B H ... 青色光束（光束）、L 1 ... 第1の光、L 2 ... 第2の光、L 3 ... 第3の光、L 4 ... 第4の光。

20

【 図 1 】

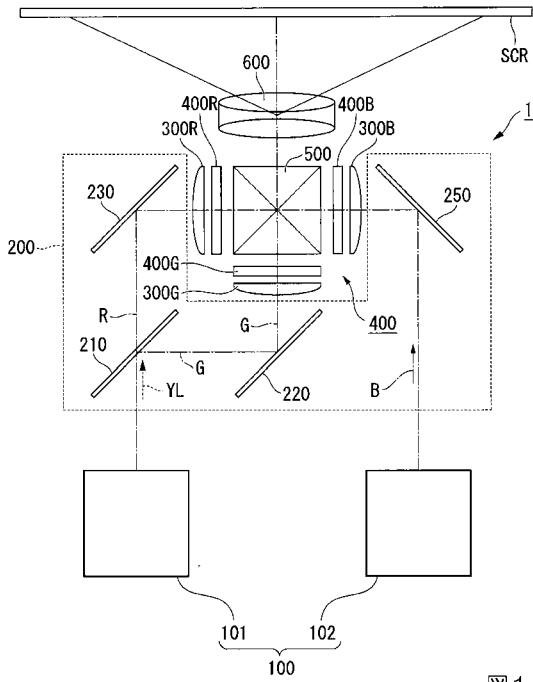


図 1

【 図 2 】

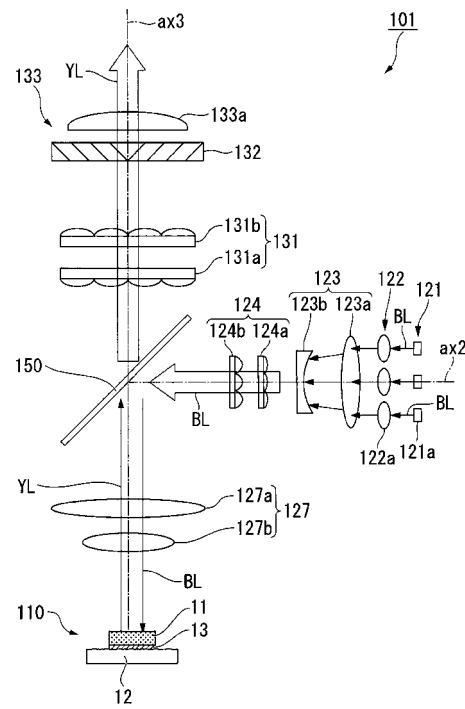


図 2

【 図 3 】

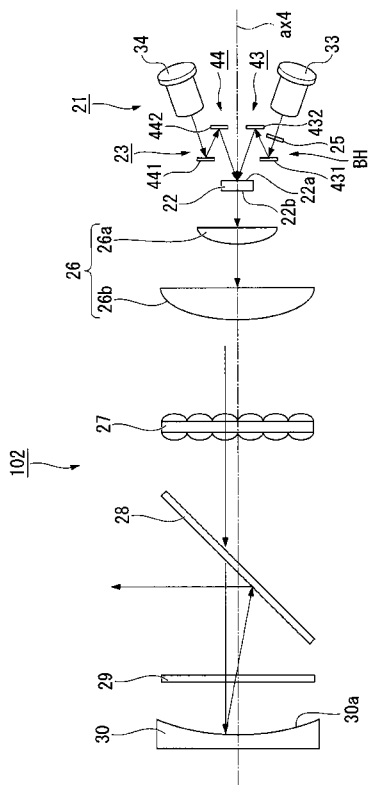


図 3

【 図 4 】

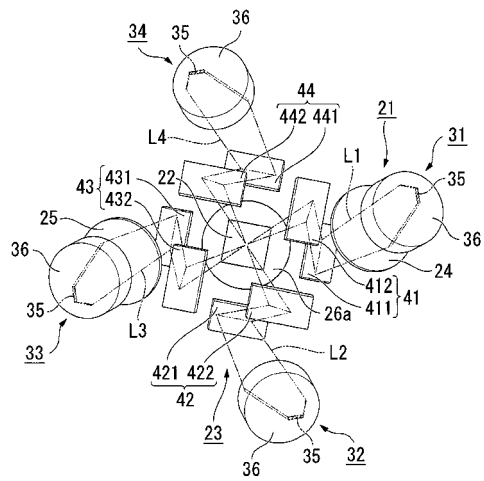


図 4

【 図 5 】

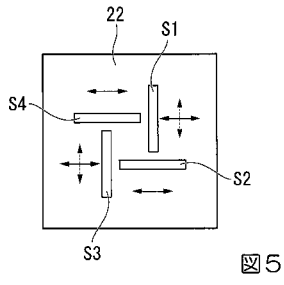


図5

【 図 7 】

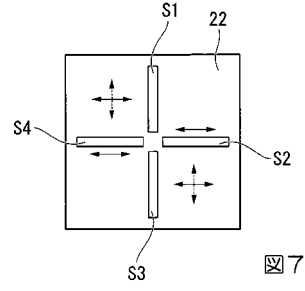


図7

【 図 6 】

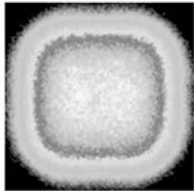


図6

【 図 8 】

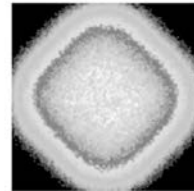


図8

【 図 9 】

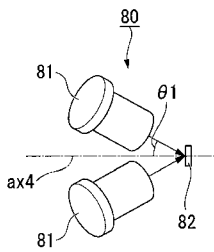


図9

【 図 1 1 】

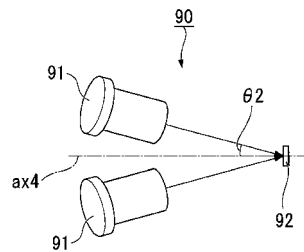


図11

【 図 1 0 】



図10

【 図 1 2 】

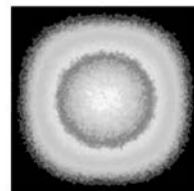


図12

【 図 13 】

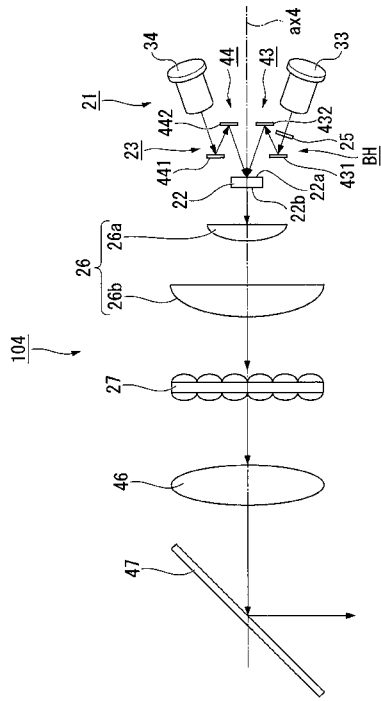


図13