

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3973749号
(P3973749)

(45) 発行日 平成19年9月12日(2007.9.12)

(24) 登録日 平成19年6月22日(2007.6.22)

(51) Int. Cl.	F I
GO3B 33/12 (2006.01)	GO3B 33/12
GO2B 27/18 (2006.01)	GO2B 27/18 A
GO2F 1/13 (2006.01)	GO2F 1/13 505
GO2F 1/1335 (2006.01)	GO2F 1/1335
GO2F 1/1347 (2006.01)	GO2F 1/1347

請求項の数 15 (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平10-6418	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成10年1月16日(1998.1.16)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開平11-202432		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(43) 公開日	平成11年7月30日(1999.7.30)	(74) 代理人	110000338
審査請求日	平成16年10月15日(2004.10.15)		特許業務法人原謙三国際特許事務所
		(74) 代理人	100103296
			弁理士 小池 隆彌
		(72) 発明者	高原 郁雄
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		(72) 発明者	中西 浩
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		審査官	北川 創

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射型画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源と、該光源からの光のうち第3の波長帯域の光と、第1および第2の波長帯域の光と、を分離する色分離素子と、前記光源からの光の第1の波長帯域の光のうち第1の偏光方向の光を反射し、それと直交する第2の偏光方向の光を透過し、第2の波長帯域の光のうち第1の偏光方向の光もしくは第2の偏光方向の光の少なくともどちらか一方の光を透過する第1の偏光分離素子と、第1の偏光分離素子で反射した光を受け、画像信号に合わせて光の偏光方向を変調させる第1の反射型画像表示素子と、第1の偏光分離素子を透過した光において少なくとも第2の波長帯域の光のうち一方の偏光方向の光を反射し、それと直交する偏光方向の光を透過する第2の偏光分離素子と、第2の偏光分離素子で反射もしくは透過した光を受け、画像信号に合わせて光の偏光方向を変調させる第2の反射型画像表示素子と、前記色分離素子で分離された第3の波長帯域の光のうち一方の偏光方向の光を反射し、それと直交する偏光方向の光を透過する第3の偏光分離素子と、第3の偏光分離素子で反射された光を受け、画像信号に合わせて光の偏光方向を変調させる第3の反射型画像表示素子と、第1の反射型画像表示素子と第2の反射型画像表示素子と第3の反射型画像表示素子からの光を合成する色合成素子と、該色合成素子により合成された光を投影する投影手段と、を備えた投射型画像表示装置において、第1の偏光分離素子と第2の偏光分離素子の間に、少なくとも、第1の集光素子、集光機能を有する反射素子、第2の集光素子が順に配置されていることを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項2】

請求項 1 に記載の投射型画像表示装置において、第 1 の集光素子と第 2 の集光素子との間に、2 つの集光機能を有する反射素子を有することを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の投射型画像表示装置において、第 1 の集光素子の焦点距離、第 2 の集光素子の焦点距離、第 1 の集光素子と前記集光機能を有する反射素子との距離、前記集光機能を有する反射素子と第 2 の集光素子との距離が互いに略等しいことを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載の投射型画像表示装置において、第 1 の集光素子、第 2 の集光素子のうち少なくとも一方が偏心していることを特徴とする投射型画像表示装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載の投射型画像表示装置において、前記集光機能を有する反射素子は、第 1 の波長帯域の光を透過または吸収し、第 2 の波長帯域の光を反射することを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項に記載の投射型画像表示装置において、一方の偏光方向の光を反射して他方の偏光方向の光を透過する第 4 の偏光分離素子と、 $\lambda/4$ 波長板とを、第 1 の集光素子を透過した光が第 4 の偏光分離素子、前記 $\lambda/4$ 波長板を介して前記集光機能を有する反射素子に入射し、前記集光機能を有する反射素子で反射した光が前記 $\lambda/4$ 波長板、第 4 の偏光分離素子を介して第 2 の集光素子に入射するよう、配置した

20

【請求項 7】

請求項 6 に記載の投射型画像表示装置において、第 4 の偏光分離素子が平板状であることを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項 8】

請求項 6 又は請求項 7 に記載の投射型画像表示装置において、第 4 の偏光分離素子と第 1 の偏光分離素子の間に $\lambda/2$ 波長板が配置され、該 $\lambda/2$ 波長板は第 1 の集光素子に接着固定されていることを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項 9】

請求項 6 又は請求項 7 に記載の投射型画像表示装置において、第 1 の偏光分離素子がガラスプリズムにより構成されているか、もしくは、透明容器中に充填された液体やゲル状の媒質中に平板状の偏光分離素子を埋没させたもので構成されており、第 4 の偏光分離素子と第 1 の偏光分離素子の間には $\lambda/2$ 波長板が配置され、 $\lambda/2$ 波長板は前記ガラスプリズムもしくは透明容器の表面に接着固定されていることを特徴とする投射型画像表示装置。

30

【請求項 10】

請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載の投射型画像表示装置において、前記集光機能を有する反射素子は、第 1 の集光素子の光軸と第 2 の集光素子の光軸が略直交する位置に配置され、かつ、前記集光機能を有する反射素子の光軸が第 1 の集光素子の光軸と第 2 の集光素子の光軸に対して傾くように配置されたことを特徴とする投射型画像表示装置。

40

【請求項 11】

請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項に記載の投射型画像表示装置において、第 1 の波長帯域の光を緑とし、第 2 の波長帯域の光は赤、青のうち光源のスペクトル強度の相対的に強い色とすることを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項 12】

光源と、それぞれ第 1、第 2 及び第 3 の波長帯域の光に対応して設けられ、画像信号にあわせて光の偏光方向を変調する 3 つの画像表示素子と、複数の光学素子からなり、前記光源からの光を第 1、第 2 及び第 3 の波長帯域の光に分離するとともに各波長帯域の光を偏光方向によって透過または反射させて、前記 3 つの画像表示素子に対してそれぞれ対応する波長帯域の光を導く光学手段と、前記 3 つの画像表示素子により変調された光を合成

50

する色合成素子と、該色合成素子により合成された光を投影する投影手段と、を備えた投射型画像表示装置において、前記光学手段は、少なくとも1つの前記画像表示素子への光の光路中に設けられる、複数の集光素子と集光機能を有する反射素子を含んでおり、前記3つの画像表示素子に入射する光の光量を略同一とすることを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項13】

請求項1から12までのいずれか1項に記載の投射型画像表示装置において、前記集光機能を有する反射素子は、凸レンズと平面鏡からなることを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項14】

請求項1から12までのいずれか1項に記載の投射型画像表示装置において、該集光機能を有する反射素子は凸レンズの一方の面に金属膜もしくは誘電体膜からなる反射膜を形成したものであることを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項15】

請求項1から12までのいずれか1項に記載の投射型画像表示装置において、前記集光機能を有する反射素子は凹面鏡であることを特徴とする投射型画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば液晶プロジェクタのような、光源からの光を画像表示素子により変調し、投影レンズによりスクリーンに拡大投影する投射型画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の投射型画像表示装置として、特開平1 2 2 7 1 8 5号公報に開示された透過型液晶パネルを用いたものを、図17により説明する。

【0003】

光源200から出た光は、第1の色分離素子201においてR、G、Bの3原色のうちG、B光を透過し、R光を反射する。反射したR光は反射ミラー205で反射され第1の透過型画像表示素子206に導かれる。第1の色分離素子201を透過したG、B光のうちG光は第2の色分離素子202で反射され第2の透過型画像表示素子207に導かれる。第2の色分離素子202を透過したB光は2つの反射ミラー203、204により第3の透過型画像表示素子208に導かれる。第1、2、3の透過型画像表示素子206、207、208で画像信号に応じて偏光変調を受けた光は色合成素子212により合成され投影レンズ213によりスクリーンに照射される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の投射型画像表示装置では、液晶表示素子として透過型のものを用いているため、スイッチング素子や配線電極等により、画素の区画中に占める有効な画素開口部の面積、即ち開口率が小さくなるという問題がある。

【0005】

この問題を解決するため、本願出願人は反射型液晶表示素子を用いた投射型画像表示装置について提案している(特願平9-180486号, 出願日平成9年6月20日)。

【0006】

図18は、その投射型液晶表示装置の一例を示す図である。図18において、光源からでたR、G、Bの3原色は、第1の色分離素子101(R光反射、G光、B光透過)及び第2の色分離素子102(G光、B光反射、R光透過)を十字に組み合わせた色分離素子により、それぞれR光とG、B光に分離される。そのうちR光は反射ミラー103と第1の偏光分離素子105により第1の反射型画像表示素子108に導かれる。ここで、第1の偏光分離素子108は誘電体多層膜からなり、入射した光のうちS偏光を反射、P偏光を透過する特性を有する。第1の反射型画像表示素子108に導かれたS偏光は画像信号に

10

20

30

40

50

応じて偏光変調を受けてP偏光となった光は、第1の偏光分離素子108を透過し色合成素子112に導かれる。一方、G、B光は反射ミラー104と第3の色分離素子111によりG光は反射、B光は透過される。反射したG光は、入射した光のうちS偏光を反射、P偏光を透過する特性を有する第2の偏光分離素子106で反射され、画像信号に応じ第2の反射型画像表示素子109で偏光変調を受け、P偏光となった光は第2の偏光分離素子106を透過する。第3の色分離素子111を透過したB光も、R光、G光と同様に色合成素子112に導かれ、投影レンズ113によりスクリーンに照射される。

【0007】

この投射型画像表示装置によれば、透過型画像表示素子に比べて高開口率の反射型画像表示素子を使用できるため光の利用効率の高くすることができる。しかし、その反面、図19に示す透過型画像表示素子をもちいた投射型画像表示装置に対して、点線で囲った部分(図18)の色分離光学系の大きさ分だけ装置サイズが大きくなるという欠点があった。

10

【0008】

そこで、本願出願人は、反射型画像表示素子を使用し、かつ、透過型画像表示素子を用いた投射型画像表示装置とほぼ同等の装置サイズを実現できる投射型画像表示装置についても提案している(特願平10-3479号, 出願日:平成10年1月9日)。

【0009】

図20は、その投射型画像表示装置の一構成例を示す図である。図20において、光源300から出た光は第1の色分離素子301によりG、B光は反射し、R光は透過される。反射したG、B光は第1の偏光板309によりS偏光のみが透過され、第1の偏光分離素子303に入射する。この第1の偏光分離素子303はB光のS偏光を透過し、かつ、G光のS偏光を反射、P偏光を透過する特性(以下、上記素子のように可視光の中で、ある特定の波長帯域に対してのみ偏光分離特性を有する素子を狭帯域偏光分離素子と記す)に入射し、G光のS偏光を第1の反射型画像表示素子306の方向に反射させる。第1の反射型画像表示素子306で画像信号に応じて偏光変調を受けP偏光となった光は第1の偏光分離素子303、第2の偏光板310を透過し、色合成素子315に入射する。第1の偏光分離素子303を透過したB光は反射ミラー302で反射され第3の偏光板311を透過し、第2の偏光分離素子304で反射され第2の反射型画像表示素子307に導かれる。第2の反射型画像表示素子307で画像信号に応じて偏光変調を受けP偏光となった光は、第2の偏光分離素子304、第4の偏光板312を透過し、色合成素子315に入射する。また、第1の色分離素子301を透過したR光は第5の偏光板313を透過し、第3の偏光分離素子305で反射されて、第3の反射型画像表示素子308に導かれる。第3の反射型画像表示素子308で画像信号に応じて偏光変調を受けてP偏光となった光は第3の偏光分離素子305、第6の偏光板314を透過し、色合成素子315に入射する。色合成素子315に入射したR、G、B光は投影レンズ316によりスクリーンに照射される。

20

30

【0010】

本装置は、透過型画像表示素子に比べて開口率が高い反射型画像表示素子を用いることにより光の利用効率を向上させることができ、かつ、上記図18の反射型画像表示素子を用いた従来の投射型画像表示装置に対して装置サイズを小さくできるという利点を有する。

40

【0011】

このように上記装置は非常に優れた利点を有するが、より効率良く光源からの光を反射型画像表示素子に導くためには、新たな照明光学系が必要となる。その点について説明する。

【0012】

まず、図18の反射型画像表示素子を用いた従来の投射型画像表示装置の照明光学系について図21を用いて説明する。

【0013】

光源300のリフレクターとしてパラボラリフレクターを使用する場合、光源中心からでた光(主光線114とする)は反射型画像表示素子115に垂直に入射する(テレセント

50

リック照明)ように照射される。図19の投射型画像表示装置の場合、光源に対し第1、2、3の反射型画像表示素子108、109、110までの光路長が全て等しくなるよう構成することが可能であるので、全ての反射型画像表示素子に対して等しく光を照射することができる。

【0014】

次に、従来技術である特開平1 227185号公報に開示された透過型画像表示素子を用いた従来の投射型画像表示装置の照明光学系について図19、図22を用いて説明する。

【0015】

光源200のリフレクターとして上記と同様にパラボラリフレクターを使用する場合、光源中心から出た光(主光線214とする)は第1、第2の透過型画像表示素子206、207に垂直に入射する(テレセントリック照明)ように照射される。しかし、上記反射型画像表示素子を用いた投射型画像表示装置の照明光学系と異なる点は、第1、第2の透過型画像表示素子206、207に対し第3の透過型画像表示素子208が光源から遠い位置に配置されている点である。その場合、光源中心以外の部分から発せられた光は光源から遠ざかるにつれて広がっていくので、第1、第2の透過型画像表示素子206、207を照射する光に対し、第3の透過型画像表示素子208を照射する光の光量はその光路長が長い分だけ損失してしまう。そこで、従来の投射型画像表示装置においては、第1のレンズ209(焦点距離を f_1 とする)を設け、第2のレンズ210(焦点距離を f_2 とする)、第3のレンズ211(焦点距離を f_3 とする)により第3の透過型画像表示素子208を照明する。ここで、第1のレンズ209と第3のレンズ211の焦点位置がちょうど第2のレンズ210の位置となるように、それぞれのレンズを配置し、ほぼ、 $f_1 = f_2 = f_3 \times 2 = f$ (1)

の関係を持たせる(図22)。第3の透過型画像表示素子208についてこのような照明光学系を設けることにより、第1、第2の透過型画像表示素子206、207とほぼ同じ光量の光を第3の透過型画像表示素子208に照射することができる(但し、この照明光学系では第1のレンズ209から第3のレンズ211までに反射板を2枚と第3のレンズ210を配さねばならず、この部分での部品点数が多くなるとともに装置が大型化するという問題がある)。

【0016】

次に、図20で示した投射型画像表示装置について説明する。このような反射型画像表示素子を用いた投射型画像表示装置では透過型画像表示素子を用いた投射型画像表示装置と同じように、反射型画像表示素子直前にレンズを配置した場合に、反射型画像表示素子で反射され色合成素子へ向かう主光線がレンズで屈折される。一般に色合成素子は誘電体多層膜により形成されるが、その反射・透過特性は光線の入射角度に依存するため、反射型画像表示素子直前にレンズを配置した場合、スクリーン上の画面の位置によりホワイトバランスが変わってしまうため、透過型画像表示素子を用いた従来の投射型画像表示装置にあるようなレンズ配置をとることができないという問題がある。

【0017】

本発明は以上説明した課題を解決するためになされたものであり、その目的は画像表示素子を用いた投射型画像表示装置において装置サイズを大きくすることなく、効率よく画像表示素子を照明する照明光学系を実現するためのものである。

【0018】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の投射型画像表示装置は、光源と、それぞれ第1、第2及び第3の波長帯域の光に対応して設けられ、画像信号にあわせて光の偏光方向を変調する3つの反射型画像表示素子と、複数の光学素子からなり、前記光源からの光を第1、第2及び第3の波長帯域の光に分離するとともに各波長帯域の光を偏光方向によって透過または反射させて、前記3つの反射型画像表示素子に対してそれぞれ対応する波長帯域の光を導く光学手段と、前記3つの反射型画像表示素子により変調された光を合成する色合成素子と、該色合成

10

20

30

40

50

素子により合成された光を投影する投影手段と、を備えた投射型画像表示装置において、前記光学手段は、色分離と偏光分離の両方の機能を併せ持つ少なくとも1つの光学素子と、少なくとも1つの前記反射型画像表示素子への光の光路中であって該反射型画像表示素子で反射された光が入射しない位置に設けられ、前記3つの反射型画像表示素子に入射する光の光量を略同一とする複数の集光素子と、を含むことを特徴としている。

【0019】

請求項2に記載の投射型画像表示装置は、光源と、該光源からの光のうち第3の波長帯域の光と、第1および第2の波長帯域の光と、を分離する色分離素子と、前記光源からの光の第1の波長帯域の光のうち第1の偏光方向の光を反射し、それと直交する第2の偏光方向の光を透過し、第2の波長帯域の光のうち第1の偏光方向の光もしくは第2の偏光方向の光の少なくともどちらか一方の光を透過する第1の偏光分離素子と、第1の偏光分離素子で反射した光を受け、画像信号に合わせて光の偏光方向を変調させる第1の反射型画像表示素子と、第1の偏光分離素子を透過した光において少なくとも第2の波長帯域の光のうち一方の偏光方向の光を反射し、それと直交する偏光方向の光を透過する第2の偏光分離素子と、第2の偏光分離素子で反射もしくは透過した光を受け、画像信号に合わせて光の偏光方向を変調させる第2の反射型画像表示素子と、前記色分離素子で分離された第3の波長帯域の光のうち一方の偏光方向の光を反射し、それと直交する偏光方向の光を透過する第3の偏光分離素子と、第3の偏光分離素子で反射された光を受け、画像信号に合わせて光の偏光方向を変調させる第3の反射型画像表示素子と、第1の反射型画像表示素子と第2の反射型画像表示素子と第3の反射型画像表示素子からの光を合成する色合成素子と、該色合成素子により合成された光を投影する投影手段と、を備えた投射型画像表示装置において、第1の偏光分離素子と第2の偏光分離素子の間に、少なくとも、第1の集光素子、集光機能を有する反射素子、第2の集光素子が順に配置されていることを特徴としている。

10

20

【0020】

請求項3に記載の投射型画像表示装置は、請求項2に記載の投射型画像表示装置において、第1の集光素子と第2の集光素子との間に、2つの集光機能を有する反射素子を有することを特徴としている。

【0021】

請求項4に記載の投射型画像表示装置は、請求項3に記載の投射型画像表示装置において、第1の集光素子の焦点距離、第2の集光素子の焦点距離、第1の集光素子と前記集光機能を有する反射素子との距離、前記集光機能を有する反射素子と第2の集光素子との距離が互いに略等しいことを特徴としている。

30

【0022】

請求項5に記載の投射型画像表示装置は、請求項2乃至請求項3のいずれかに記載の投射型画像表示装置において、第1の集光素子、第2の集光素子のうち少なくとも一方が偏心しているものである。

【0023】

請求項6に記載の投射型画像表示装置は、請求項2乃至請求項5のいずれかに記載の投射型画像表示装置において、前記集光機能を有する反射素子は、第1の波長帯域の光を透過または吸収し、第2の波長帯域の光を反射することを特徴としている。

40

【0024】

請求項7に記載の投射型画像表示装置は、請求項2乃至請求項6のいずれかに記載の投射型画像表示装置において、一方の偏光方向の光を反射して他方の偏光方向の光を透過する第4の偏光分離素子と、 $\lambda/4$ 波長板とを、第1の集光素子を透過した光が第4の偏光分離素子、前記 $\lambda/4$ 波長板を介して前記集光機能を有する反射素子に入射し、前記集光機能を有する反射素子で反射した光が前記 $\lambda/4$ 波長板、第4の偏光分離素子を介して第2の集光素子に入射するよう、配置したことを特徴としている。

【0025】

請求項8に記載の投射型画像表示装置は、請求項7に記載の投射型画像表示装置において

50

、第4の偏光分離素子が平板状であるものである。

【0026】

請求項9に記載の投射型画像表示装置は、請求項7または請求項8に記載の投射型画像表示装置において、第4の偏光分離素子と第1の偏光分離素子の間に $\lambda/2$ 波長板が配置され、該 $\lambda/2$ 波長板は第1の集光素子に接着固定されていることを特徴としている。

【0027】

請求項10に記載の投射型画像表示装置は、請求項7または請求項8に記載の投射型画像表示装置において、第1の偏光分離素子がガラスプリズムにより構成されているか、もしくは、透明容器中に充填された液体やゲル状の媒質中に平板状の偏光分離素子を埋没させたもので構成されており、第4の偏光分離素子と第1の偏光分離素子の間には $\lambda/2$ 波長板が配置され、 $\lambda/2$ 波長板は前記ガラスプリズムもしくは透明容器の表面に接着固定されているものである。

10

【0028】

請求項11に記載の投射型画像表示装置は、請求項2乃至請求項5のいずれかに記載の投射型画像表示装置において、前記集光機能を有する反射素子は、第1の集光素子の光軸と第2の集光素子の光軸が略直交する位置に配置され、かつ、前記集光機能を有する反射素子の光軸が第1の集光素子の光軸と第2の集光素子の光軸に対して傾くように配置されたことを特徴としている。

【0029】

請求項12に記載の画像表示装置は、請求項2乃至請求項11のいずれかに記載の投射型画像表示装置において、第1の波長帯域の光を緑とし、第2の波長帯域の光は赤、青のうち光源のスペクトル強度の相対的に強い色とすることを特徴としている。

20

【0030】

請求項13に記載の画像表示装置は、光源と、それぞれ第1、第2及び第3の波長帯域の光に対応して設けられ、画像信号にあわせて光の偏光方向を変調する3つの画像表示素子と、複数の光学素子からなり、前記光源からの光を第1、第2及び第3の波長帯域の光に分離するとともに各波長帯域の光を偏光方向によって透過または反射させて、前記3つの画像表示素子に対してそれぞれ対応する波長帯域の光を導く光学手段と、前記3つの画像表示素子により変調された光を合成する色合成素子と、該色合成素子により合成された光を投影する投影手段と、を備えた投射型画像表示装置において、前記光学手段は、少なくとも1つの前記画像表示素子への光の光路中に設けられる、複数の集光素子と集光機能を有する反射素子を含んでおり、前記3つの画像表示素子に入射する光の光量を略同一とすることを特徴としている。

30

【0031】

請求項14に記載の画像表示装置は、請求項2乃至請求項13のいずれかに記載の投射型画像表示装置において、前記集光機能を有する反射素子は、凸レンズと平面鏡からなることを特徴としている。

【0032】

請求項15に記載の画像表示装置は、請求項2乃至請求項13のいずれかに記載の投射型画像表示装置において、該集光機能を有する反射素子は凸レンズの一方の面に金属膜もしくは誘電体膜からなる反射膜を形成したものであることを特徴としている。

40

【0033】

請求項16に記載の画像表示装置は、請求項2乃至請求項13のいずれかに記載の投射型画像表示装置において、前記集光機能を有する反射素子は凹面鏡であることを特徴としている。

【0034】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態を図面に基づいて具体的に説明する。

【0035】

(実施の形態1)

50

図1は、本発明の投射型画像表示装置の構成を示す概略説明図である。光源1から出た光は第1のマルチレンズアレイ2、反射ミラー10、第2のマルチレンズアレイ3により第1のレンズ4に導かれる。これらに、後に説明する第2、第3のレンズ5、6を加えた照明光学系は画像表示素子に照射される光の照度分布を均一にする目的のために設けられたものであり、また、各レンズの焦点距離および配置は反射型画像表示素子におおむねテレセントリック照明されるよう選んでいる。

【0036】

第1のレンズ4を透過したR、G、B(赤、緑、青)の3原色の光のうち、G、B光は色分離素子11で反射される。色分離素子11で反射されたG、B光は、第1の偏光板18によりS偏光のみの光となる。S偏光のG、B光のうちG光は第1の偏光分離素子12で反射され、B光は透過される。第1の偏光分離素子12は例えば図2(a)のような特性を有し、G光のS偏光を反射、P偏光を透過し、B光のS偏光を透過する特性を有する。

10

【0037】

第1の偏光分離素子12で反射したG光は、第1の反射型画像表示素子15により画像信号に応じて偏光変調を受けて反射される。第1の反射型画像表示素子15により反射された光のうちP偏光は第1の偏光分離素子12を透過し、S偏光は反射される。第1の偏光分離素子12を透過したP偏光は第2の偏光板19を透過し色合成素子26(ダイクロイックプリズム)に入射する。

【0038】

一方、第1の偏光分離素子12を透過したB光は第4のレンズ7、凹面鏡9により第5のレンズ8に導かれる。

20

【0039】

なお、凹面鏡9はその光軸31が第4のレンズ、第5のレンズのそれぞれの光軸32、33に対しおおむね45度傾くよう配置されている。そのように配置することによりこれら照明光学系の配置をコンパクトにすることができる。また、凹面鏡9のような集光機能と反射機能を1つの光学部品により実現しているため部品点数の削減が可能となる。また、集光と反射という2つの機能を同時に実現する素子により本構成の照明光学系の配置がはじめて可能となる。

【0040】

第5のレンズ8を透過した光は第3の偏光板20を透過し、第2の偏光分離素子13で反射され、第2の反射型画像表示素子16により画像信号に応じて偏光変調を受けて反射される。第2の反射型画像表示素子16により反射された光のうちS偏光は第2の偏光分離素子13で反射され、P偏光の光は第4の偏光板21を透過し、第1の $\lambda/2$ 波長板24によりS偏光に変換された後、色合成素子26に導かれる。色合成素子26はB光のS偏光を反射するように使用した方が、その色分離特性が向上するため、本構成においては第1の $\lambda/2$ 波長板24により、入射したP偏光をS偏光としている。また、第1の $\lambda/2$ 波長板24は第4の偏光板21と色合成素子26との間に配置しているが、これは、第1の $\lambda/2$ 波長板24における偏光方向の変換ロスによるコントラストの低下を低減するためである。

30

【0041】

また、色分離素子11を透過したR光は、第3のレンズ6、第4の偏光板22(S偏光を透過するよう配置されている)を透過し、第3の偏光分離素子14で反射され、第3の反射型画像表示素子17に導かれ、画像信号に応じて偏光変調を受ける。第3の反射型画像表示素子17で反射された光のうち、S偏光は第3の偏光分離素子14で反射され、P偏光は透過され第5の偏光板23を透過し、第2の $\lambda/2$ 波長板25により偏光方向をS偏光に変換されたのち色合成素子26に導かれる。

40

【0042】

そして、色合成素子26で合成されたR、G、B光は投影レンズ27により図示しないスクリーンに投影される。

【0043】

50

次に、本発明の特徴である第1の偏光分離素子12から第2の反射型画像表示素子16へと光を導く照明光学系について図1および図3を用いて詳しく説明する。

【0044】

第4のレンズ7は第1の偏光分離素子12の偏光分離面41に対し第1の反射型画像表示素子15と対称な位置にほぼ配置されている。つまり、光源1から第1の反射型画像表示素子15までの光路長とほぼ同じ光路長の位置に第4のレンズ7が配置されている。この位置に配置することにより、後に述べるように第1の反射型画像表示素子15を照射する光量および照度分布を第2の反射型画像表示素子16上に再現できる。

【0045】

第4のレンズ7に対し平行に入射し、第4のレンズ7を透過した光は、第4のレンズ7の焦点位置に配置されている凹面鏡9に集光される(図3の実線)。ただし、図3においては説明を簡単にするために、凹面鏡9を同一の焦点距離をもつレンズに置き換えて図示する。凹面鏡9で反射された光は第5のレンズ8によりほぼ平行光となり、第3の反射型画像表示素子16を照射する(テレセントリック照明)。ここで、第5のレンズ8の焦点距離 f_3 は第4のレンズ7の焦点距離 f_1 におおむね等しく、また、凹面鏡9と第5のレンズ8の距離は第5のレンズ f_3 におおむね等しい。また、凹面鏡の焦点距離 f_2 は、第4のレンズ7の各点を発して凹面鏡9により第5のレンズ8へと導かれた光(図3の点線)が第3の反射型画像表示素子16上に集光するように選ばれる。

10

【0046】

以上のことから、各光学部品の焦点距離や反射型画像表示素子との距離関係をまとめると次のようになる。

20

1 第4のレンズ7は、光源1からの光路長が第1の反射型画像表示素子15までの光路長とほぼ等しくなるように配置されている(おおむね第1の偏光分離素子12の偏光分離面41に対し、第1の反射型画像表示素子15と対称な位置に配置されている)。

2 第4のレンズ7の焦点位置に凹面鏡9がおおむね配置されている。

3 第5のレンズ8の焦点位置に凹面鏡9がおおむね配置されている。

4 第4のレンズ7の焦点距離 f_1 と第5のレンズ8の焦点距離 f_3 はおおむね等しい。

5 凹面鏡9の焦点距離 f_2 は、第4のレンズの一点から発せられた光が第3の反射型画像表示素子16上に集光するよう選ばれる。

30

【0047】

但し、第4のレンズ7、凹面鏡9、第5のレンズ8の焦点距離およびそれぞれの配置の関係は厳密に1~3を満たしている必要はなく、反射型画像表示素子に対しおおむねテレセントリック照明となるような範囲で各焦点距離および配置を変更することは可能である。

【0048】

<変形例>

上記した本実施の形態においては光源1としてメタルハライドランプを使用した。キセノンランプ、HIDランプ、ハロゲンランプ等の他のランプであってもよい。一般のメタルハライドランプのランプスペクトルはR光に対し相対的にB光の成分が強いため、上記図1の構成では、第1、第3の反射型画像表示素子15、17を照射する光に対し、相対的に光の損失のある第2の反射型画像表示素子16への光をB光を導く構成としたが、ハロゲンランプにおいてはB光に対し相対的にR光が強く、HIDランプについてはR光に対し相対的にB光が強いためそれぞれ相対的に強い光を第2の反射型画像表示素子16への光とするほうが望ましい。

40

【0049】

本実施の形態においては偏光板により光の偏光方向を規制したが、例えば光源1と色分離素子11の間に偏光変換素子を設け、予め一方向の偏光方向の光のみを偏光板に入射させる方が、偏光板の対光性の上で望ましい。

【0050】

50

また、第1の偏光分離素子12として図2(a)に示す特性のものを使用した。他にも図2(b)に示すようにG光のS偏光を反射、P偏光を透過し、R光のS偏光を透過する特性を有するものも使用できる。また、そのような偏光分離素子としては、「"Recent Advance in Reflective Polarizer Technology", SID 1997 M-98~106」に開示されているような、等方性層と複屈折層を積層したフィルムにより偏光方向により光を反射もしくは透過する原理を用いたもの(以降複屈折性偏光分離素子とする)や、本実施の形態に使用したガラスプリズムやガラス板に誘電体膜を蒸着し積層することにより同様の特性を有するものが使用できる。フィルム状の偏光分離素子はガラス板にフィルムを貼り付けて使用することも可能である(図4にこの偏光分離素子12'を用いた場合の装置構成例を示す)。また、図5に示すように、誘電体多層膜をガラス板に蒸着したものの偏光分離素子38を使用する場合、ガラス板とほぼ等しい屈折率を有するゲル状もしくは液体39を充填した、側面がガラス板などの透明な材質のものからなる筐体37中にガラス板を固定したもの(以降液浸タイプとする)を使用することも可能である。

10

【0051】

また、本実施の形態ではG光に対しS偏光を反射するものを使用した。複屈折性偏光分離素子を使用する場合は、反射する偏光方向を任意に設定することが可能であるので、例えば、P偏光を反射したり、P偏光に対し45度方向の偏光方向の光を反射するようにしても良い。

【0052】

さらに、本実施の形態においては集光機能を有する反射素子として凹面鏡9を使用した。これは、凹面鏡9を利用した場合、ガラスレンズで発生するような球面収差の影響を低減でき、かつ、部品点数を削減できるという効果があるからである。また、集光機能を有する反射素子としては、図6(a)に示すような凸レンズ28の裏面側に平面鏡29を配置したのも利用可能である。その場合、投射型画像表示装置によく使用される凸レンズ、平面鏡のみにより構成することが可能となり部品の共通化の効果がある。また、図6(b)に示すように、凸レンズ28の裏面側にAlなどの金属膜や、SiO₂、TiO₂などの誘電体多層膜からなる反射膜30を形成したのも利用可能である。その場合、部品点数の削減が可能となる。

20

【0053】

以上のような集光機能を有する反射素子の反射面に、G光を吸収もしくは透過し、B光を反射するような波長フィルター機能をもたせることも可能である。ここでいう反射面とは、図1の凹面鏡9の場合その反射面、図6(a)の凸レンズ28の裏面側に平面鏡29を配置したものの場合平面鏡29の反射面、図6(b)の凸レンズ28の裏面側に反射膜30を形成したものの場合その反射膜30をさし、例えば、凹面鏡9の場合、反射面をAlの蒸着面とし、G光を吸収する色素等を表面に塗装したり、反射面を誘電体多層膜としG光を透過し、B光を反射するようにしても良い。このようにすることにより、第1の偏光分離素子12で反射されずに透過したG光が第2の反射型画像表示素子16に迷光として混入することを低減できる効果がある。

30

【0054】

本実施の形態においては照明光学系のレンズ(第4、5のレンズ7、8)としてガラスの球面レンズを使用した。特に第2の反射型画像表示素子16への光の入射側に配置されるレンズは焦点距離が短く、かつ有効径が大きい、つまり、Fナンバーの小さいレンズが必要となり、通常の球面レンズで構成した場合非常に厚いレンズとなってしまう、レンズの配置が困難となる。そこで、レンズの硝材をBK7よりも屈折率の高い硝材により構成することによりレンズ厚みの低減がはかれる。他の方法としては非球面レンズの使用やフレネルレンズを使用するのが望ましい。特にフレネルレンズを使用した場合、レンズ厚みの大幅な低減が可能となる。その場合、フレネルレンズの凹凸面は第2の反射型画像表示素子16に向けて配置することが望ましい。また、光線の熱吸収が問題となる場合にはPCでなく、ガラスで形成することが望ましい。以上レンズの種類および硝材の変更は他の

40

50

レンズにおいても可能である。

【 0 0 5 5 】

また、図 7 に示すように、第 4、第 5 のレンズ 7、8 を偏心レンズとしてもよい。その場合、集光機能を有する反射素子（図 1 においては凹面鏡 9）を、第 4、第 5 のレンズ 7、8 から遠ざけて配置することができるので、それぞれのレンズおよび集光機能を有する反射素子の焦点距離を長くでき、F ナンバーの大きなレンズの使用が可能となる。また、焦点距離の長いレンズ、つまり、集光パワーの比較的小さいレンズを使用することにより、レンズにおける光の偏光方向の回転を低減することができ、結果として、第 2 の反射型画像表示素子 1 6 を照射する光の照度分布ムラの発生を低減することができる。

【 0 0 5 6 】

（実施の形態 2）

本発明の実施の形態 2 を図 8 を用いて説明する。説明において実施の形態 1 と重複するものについては一部を簡略化もしくは省略する。

【 0 0 5 7 】

光源 1 からの光を色分離素子 1 1 で第 3 の反射型画像表示素子 1 7 と第 1 および第 2 の反射型画像表示素子 1 5、1 6 へ向かう光へと分離し、第 1 の偏光分離素子 1 2 によりさらに第 1 の反射型画像表示素子 1 5 と第 2 の反射型画像表示素子 1 6 へと向かう光に分離することについては実施の形態 1 と同様である。

【 0 0 5 8 】

本実施の形態 2 と実施の形態 1 の異なる点は、第 1 の偏光分離素子 1 2 を透過した B 光（S 偏光）の光を第 3 の反射型画像表示素子 1 6 へと導く照明光学系に第 4 の偏光分離素子 4 0 を使用した点にある。

【 0 0 5 9 】

第 1 の偏光分離素子 1 2 を透過した B 光（S 偏光）は第 4 のレンズ 7 によりの第 4 の偏光分離素子 4 0 へと導かれる。第 4 の偏光分離素子 4 0 で反射した B 光は $\lambda/4$ 波長板 3 5 を透過し、凹面鏡 9 で反射され再び $\lambda/4$ 波長板 3 5 を透過することにより P 偏光に変換される。P 偏光となった B 光は第 4 の偏光分離素子 4 0 を透過し第 5 のレンズ 8 により第 2 の反射型画像表示素子 1 6 へと導かれるが、第 5 のレンズ 8 と第 2 の反射型画像表示素子 1 6 との間には、第 3 の $\lambda/2$ 波長板 3 4、第 3 の偏光板 2 0、第 2 の偏光分離素子 1 3 がこの順序で配置されている。第 5 のレンズ 8 を透過した B 光（P 偏光）は第 3 の $\lambda/2$ 波長板 3 6 により S 偏光に変換され、S 偏光を透過するように配置された第 3 の偏光板 2 0 を透過する。第 3 の偏光板 2 0 からの光は第 2 の偏光分離素子 1 3 で反射され、第 2 の反射型画像表示素子 1 6 により画像信号に応じて偏光に変調を受け反射され、そのうちの S 偏光は第 3 の偏光分離素子 1 3 で反射され、P 偏光は第 3 の偏光分離素子 1 3 を透過し色合成素子 2 6 へと向かう。ここで、第 3 の偏光板 2 0 を P 偏光を透過するように配置し、第 3 の $\lambda/2$ 波長板 3 4 により入射した P 偏光を S 偏光に変換する構成も可能であるが、第 3 の $\lambda/2$ 波長板 3 4 による偏光方向の変換ロスによるコントラストの低下を低減させるために、本構成の配置がより望ましい。

【 0 0 6 0 】

第 1 の反射型画像表示素子 1 5、第 2 の反射型画像表示素子 1 6、第 3 の反射型画像表示素子 1 7 により光が反射され、色合成素子 2 6 により光が合成されたのち投影レンズ 2 7 でスクリーンに照射されることについては実施の形態 1 と同様である。

【 0 0 6 1 】

次に第 1 の偏光分離素子 1 2 を透過した光を第 2 の反射型画像表示素子 1 6 へと導く照明光学系について説明する。

【 0 0 6 2 】

第 4 のレンズ 7 を第 1 の偏光分離素子 1 2 の偏光分離面 4 1 に対し第 1 の反射型画像表示素子 1 5 と対称な位置にほぼ配置すること（光源 1 から第 1 の反射型画像表示素子 1 5 までの光路長とほぼ等しい位置に第 4 のレンズ 7 を配置すること）、また、第 4 のレンズ 7 と第 5 のレンズ 8 の焦点距離がおおむね等しいこと、第 4 のレンズ 7 の焦点位置に凹面

10

20

30

40

50

鏡 9 がおおむね配置され、第 5 のレンズ 8 の焦点位置に凹面鏡 9 がおおむね配置され、凹面鏡 9 の焦点距離は第 4 のレンズの一点を發した光が第 5 のレンズ 8 により第 2 の反射型画像表示素子 1 6 におおむね集光されるように配置されていることも実施の形態 1 と同様である。

【 0 0 6 3 】

本実施の形態が実施の形態 1 と異なる点は、第 4 のレンズ 7 と凹面鏡 9 の間に第 4 の偏光分離素子 4 0 と $\lambda/4$ 波長板 3 5 を配置した点にある。このようにすることにより、装置サイズを大きくすることなく、第 4 のレンズ 7 から凹面鏡 9 までの距離、凹面鏡 9 から第 5 のレンズ 8 までの距離を長くすることができるので、第 4 のレンズ 7、第 5 のレンズ 8 の F ナンバーを大きくすることができる。その結果、レンズの厚みが低減でき、光学部品配置の困難さが緩和でき、また、レンズによる偏光方向の回転が低減でき、結果として、第 2 の反射型画像表示素子 1 6 を照射する光の照度分布ムラを低減できる。

10

【 0 0 6 4 】

また、凹面鏡 9 の光軸 3 1 を第 4 のレンズの光軸 3 2、第 5 のレンズの光軸 3 3 と一致させる（第 4 のレンズ 7 に対してはその光軸 3 2 を第 4 の偏光分離素子 4 0 により 9 0 度傾けているので、凹面鏡 9 の光軸 3 1 と一致していると考え）ことができるので凹面鏡 9（集光機能を有する反射素子）で発生する収差を低減することができ、光の利用効率を向上させることが可能となる。

【 0 0 6 5 】

< 変形例 >

本構成では第 4 のレンズ 7 から第 5 のレンズ 8 へ向かう光の光路を折り曲げる素子として第 4 の偏光分離素子 4 0 を用いたが、ハーフミラーなどの一定の光量を反射もしくは透過する光分離素子をもちいても良い。しかし、例えばハーフミラーを使用した場合、第 4 のレンズ 7 を透過し光分離素子に入射した光のうち $3/4$ の光量をロスしてしまう。また、第 4 のレンズ 7 を透過し、ハーフミラーで反射され、凹面鏡 9 で反射された光が再びハーフミラーで反射され第 1 の偏光分離素子 1 2 により色合成素子 2 6 へと向かう光となり、スクリーンでのコントラストに影響を与えるため、本素子は偏光分離素子であることが望ましい。

20

【 0 0 6 6 】

また、第 4 の偏光分離素子 4 0 は第 1 の偏光分離素子 1 2 と同様、複屈折性偏光分離素子や、本実施の形態で使用したガラスプリズムやガラス板に誘電体膜を蒸着し積層することにより同様の特性を有するものが使用できる。しかし、ガラスプリズムタイプもしくは液浸タイプの偏光分離素子を使用する場合、プリズムもしくは筐体側面のガラス表面の反射光が第 1 の偏光分離素子 1 2 によりスクリーンに向かう光となりコントラストを低下させる要因となるため、図 9 に示すような、平板状の偏光分離素子 4 0' を使用することが望ましい。また、その場合、装置寸法を大きくすることなく第 4 のレンズ 7、凹面鏡などの集光機能を有する反射素子、第 5 のレンズ 8 の焦点距離を長くすることができる。

30

【 0 0 6 7 】

また、第 4 のレンズ 7 から第 5 のレンズ 8 へ向かう光の光路を折り曲げる素子として平板状のハーフミラーや偏光分離素子を使用する場合、凹面鏡などの集光機能を有する反射素子と第 5 のレンズの焦点距離をおおむね等しいものとするためには、第 2 の偏光分離素子 1 3 も平板状のものとするのが望ましい。また、その場合、第 1、第 2、第 3 の反射型画像表示素子 1 5、1 6、1 7 からスクリーンへと向かう光路において発生する収差の量が等しくなるように他の第 1、第 3 の偏光分離素子 1 2、1 4 も平板状のものを使用することが望ましい。

40

【 0 0 6 8 】

さらに、本実施の形態では第 4 の偏光分離素子 4 0 として B 光に対し S 偏光を反射するものを使用したが、複屈折性偏光分離素子を使用する場合は、反射する偏光方向を任意に設定することが可能であるので、例えば、P 偏光を反射したり、P 偏光に対し 4 5 度方向の偏光方向の光を反射するようにしても良い。その場合適宜 $\lambda/2$ 波長板を光路中に配置し

50

て使用することも可能である。

【0069】

また、本実施の形態においては第4の偏光分離素子40はB光のS偏光を反射するものを使用した。例えば、図10に示すように第1の偏光分離素子12と第4のレンズ7の間に第4の $\lambda/2$ 波長板36を配置することにより、第1の偏光分離素子12を透過したB光のS偏光をP偏光に変換し、B光のP偏光を透過する素子として利用することもできる。

【0070】

また、その場合、図10に示すように第4の $\lambda/2$ 波長板36をガラス板に貼り付けて保持することも可能であるが、ガラス表面からの光が第1の偏光分離素子12によりスクリーンに到達しコントラストを低下させる要因となるため、図11に示すように第4の $\lambda/2$ 波長板36を第4のレンズ7に貼り付けるか、図12(a)、(b)に示すように第1の偏光分離素子12がガラスプリズムタイプもしくは液浸タイプの場合には、その表面に貼り付け、表面反射光を発生する光学面数と低減させることが望ましい。また、その場合、図13(a)、(b)に示すように、第4の $\lambda/2$ 波長板36を介して第1の偏光分離素子12と第4のレンズ7を接着固定することもできる。そうすることにより、透過する光学面するを減じることができるので、表面反射による光の損失を低下させることもできる。なお、図12、13においては主要部のみを示している。

【0071】

また、本実施の形態においては、第1の偏光分離素子12としてG光のS偏光を反射し、P偏光を透過し、B光のS偏光を透過するものについて説明したが、例えば、G光のP偏光を反射し、S偏光を透過し、B光のP偏光を透過するものを使用した場合、第4の $\lambda/2$ 波長板36によりB光の偏光方向をS偏光に変換することにより、例えば、図8に示す構成に使用した第4の偏光分離素子40と同様の特性を有する偏光分離素子が利用可能となる。また、そのような特性を誘電体多層膜からなる偏光分離素子で実現するのは困難なため、そのような素子としては複屈折性偏光分離素子を使用するのが望ましい。

【0072】

さらに、第4の偏光分離素子40としてP偏光を反射し、S偏光を透過するものを用いれば $\lambda/2$ 波長板が不必要になり、偏光方向の変換の際に生じる光量のロスを低減することができる。そのような特性を誘電体多層膜からなる偏光分離素子で実現するのは困難なため、そのような素子としては複屈折性偏光分離素子を使用するのが望ましい。また、図14に示すように、第1、2、3の偏光分離素子12、13、14も複屈折性偏光分離素子とすることにより部品の共通化が図れる。

【0073】

以上のように、第1、第2、第4の偏光分離素子12、13、40で反射もしくは透過される偏光方向はさまざまなものが利用可能であり、 $\lambda/2$ 波長板を第4のレンズ7と第4の偏光分離素子40の間や第4の偏光分離素子40と第5のレンズ8の間に適宜配置することによりさまざまな構成が可能である。

【0074】

また、集光機能を有する反射素子として凹面鏡9を使用した場合について説明したが、実施の形態1と同様に他の構成も使用可能である(図15(a)、(b)参照)。

【0075】

(実施の形態3)

本発明の実施の形態3を図16を用いて説明する。説明において実施の形態1、実施の形態2と重複するものについては一部を簡略化もしくは省略する。

【0076】

光源1からの光を色分離素子11で第3の反射型画像表示素子17と第1および第2の反射型画像表示素子15、16へ向かう光へと分離し、第1の偏光分離素子12によりさらに第1の反射型画像表示素子15と第2の反射型画像表示素子16へと向かう先に分離することについては実施の形態1および2と同様である。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

本実施の形態 3 と実施の形態 1 および 2 が異なる点は、第 1 の偏光分離素子 1 2 を透過した B 光 (S 偏光) の光を第 3 の反射型画像表示素子 1 6 へと導く照明光学系に 2 つの凹面鏡を使用した点にある。

【 0 0 7 8 】

第 1 の偏光分離素子 1 2 を透過した B 光 (S 偏光) は第 4 のレンズ 7 により第 1 の凹面鏡 4 2 へと導かれる。凹面鏡 4 2 で反射された B 光は第 2 の凹面鏡 4 3 で反射され、第 5 のレンズ 8 を透過し、第 3 の偏光板 2 0 へと向かう。S 偏光を透過するように配置された第 3 の偏光板 2 0 を透過した光は、第 2 の偏光分離素子 1 3 で反射され、第 2 の反射型画像表示素子 1 6 により画像信号に応じて偏光に変調を受け反射され、そのうちの S 偏光は第 3 の偏光分離素子 1 3 で反射され、P 偏光は第 3 の偏光分離素子 1 3 を透過し色合成素子 2 6 へと向かう。

10

【 0 0 7 9 】

第 1 の反射型画像表示素子 1 5、第 2 の反射型画像表示素子 1 6、第 3 の反射型画像表示素子 1 7 により光が反射され、色合成素子 2 6 により光が合成されたのち投影レンズ 2 7 でスクリーンに照射されることについては実施の形態 1 および 2 と同様である。

【 0 0 8 0 】

次に、第 1 の偏光分離素子 1 2 を透過した光を第 2 の反射型画像表示素子 1 6 へと導く照明光学系について説明する (図 1 6、図 1 7)。

【 0 0 8 1 】

第 4 のレンズ 7 を第 1 の偏光分離素子 1 2 の偏光分離面 4 1 に対し第 1 の反射型画像表示素子 1 5 と対称な位置に配置すること (光源 1 から第 1 の反射型画像表示素子 1 5 までの光路長とほぼ等しい位置に第 4 のレンズ 7 を配置すること) は実施の形態 1 および 2 の構成と同様である。

20

【 0 0 8 2 】

第 4 のレンズ 7、第 1 の凹面鏡 4 2、第 2 の凹面鏡 4 3、第 5 のレンズ 8 の焦点距離とそれぞれの配置は、第 4 のレンズ 7 に入射した平行光が第 5 のレンズにより第 2 の反射型画像表示素子 1 6 に対しおおむね垂直に入射し (図 1 7 の実線)、第 4 のレンズ 7 の一点を発した光が第 2 の反射型画像表示素子 1 6 におおむね集光する (図 1 7 の破線) ように選ばれる。但し、図 1 7 では図を簡略化するため凹面鏡を凸レンズとして図示している。第 4 のレンズの光軸 3 2、第 1 の凹面鏡の光軸 4 4、第 2 の凹面鏡の光軸 4 5、第 5 のレンズの光軸 3 3 はそれぞれ任意に傾けることが可能であるが、本実施の形態では装置サイズの小型化のために、第 4 のレンズ 7 の光軸と第 5 のレンズ 8 の光軸はおおむね 9 0 度傾けた構成となっている。

30

【 0 0 8 3 】

このようにすることにより、装置サイズを大きくすることなく、第 4 のレンズ 7 から第 5 のレンズ 8 までの距離を長くすることができるので、第 4 のレンズ 7、第 5 のレンズ 8 の F ナンバーを大きくすることができる。その結果、レンズの厚みが低減でき、光学部品配置の困難さが緩和でき、また、レンズによる偏光方向の回転が低減でき、結果として、第 2 の反射型画像表示素子 1 6 を照射する光の照度分布ムラを低減できる。

40

【 0 0 8 4 】

なお、以上の実施の形態で示した第 4 のレンズ 7 と第 5 のレンズ 8 の間の少なくとも 1 つの集光機能を有する反射素子は、その配置、焦点距離を調整することで、第 5 のレンズ 8 と反射型画像表示素子 1 6 との距離を自由に变化でき、その距離をある程度以上離すことができるため、< 発明が解決しようとする課題 > の項で示した特開平 1 - 2 2 7 1 8 5 号公報に記載の技術の問題点を解決できる。

【 0 0 8 5 】

また、以上の実施の形態では、第 4 のレンズ 7 と第 5 のレンズ 8 の間に少なくとも 1 つの集光機能を有する反射素子を設けているが、この集光機能を有する反射素子は集光素子と反射素子の 2 つの部材で置き換えることが可能である。但し、その場合装置の大型化を招

50

くため、やはり上記実施の形態1～3で示したように集光機能を有する反射素子を用いることが望ましい。なお、この集光機能を有する反射素子は、上記実施の形態で示した構成のものに限らず、他の投射型液晶表示装置における光学系（全ての画像表示素子への入射光の照射条件を等しくするための光学系）に使用することで、その小型化を実現できる。

【0086】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば以下の効果を奏する。

【0087】

(1) 反射型画像表示素子を用いた投射型画像表示装置において、偏光分離と色分離の両方の機能を兼ね備えた偏光分離素子を用いるとともに、全ての反射型画像表示素子に入射する光量を略同一にするレンズを有し、さらにそのレンズを反射型画像表示素子からの反射光の光路から外して設けたため、装置の小型化が実現できるとともに、反射型画像表示素子への照明をホワイトバランスを変えことなく効率的に実行できる。

10

【0088】

(2) 全ての反射型画像表示素子に入射する光量を略同一にするために、2つのレンズと集光機能を有する反射素子を用いることにより、装置サイズを大きくすることなく反射型画像表示素子に効率よく光を照射することができる。

【0089】

(3) 全ての反射型画像表示素子に入射する光量を略同一にするために、2つのレンズと2つの集光機能を有する反射素子を用いることにより、2つのレンズ間の距離を長くすることができるので、Fナンバーの大きなレンズを使用することが可能となる。その場合、コストの削減、レンズ厚みが薄くなることによる光学部品配置の困難さの緩和、レンズでの偏光方向の回転による画像表示素子を照射する光の照度分布ムラの低減などの効果がある。

20

【0090】

(4) 2つのレンズと集光機能を有する反射素子の焦点距離、配置を適切化することにより、反射型画像表示素子にさらに効率よく光を照射することができる。

【0091】

(5) さらに、偏心したレンズをもちいることにより、レンズや集光機能を有する反射素子の焦点距離を長くすることができるので、Fナンバーの大きなレンズを使用することが可能となる。その場合、コストの削減、レンズ厚みが薄くなることによる光学部品配置の困難さの緩和、レンズでの偏光方向の回転による画像表示素子を照射する光の照度分布ムラの低減などの効果がある。

30

【0092】

(6) さらに、集光機能を有する反射素子がある特定の波長帯域の光を透過もしくは吸収し、異なる波長帯域の光を反射する機能を有することにより、部品点数を増すことなくスクリーン上でのホワイトバランスの低下を抑制できる。

【0093】

(7) 2つのレンズと集光機能を有する反射素子との間に偏光分離素子と $\lambda/4$ 波長板を配置し、光路を折り曲げる構成としたことにより、装置サイズの大型化などの問題を招くことなく2つのレンズと集光機能を有する反射素子の焦点距離を長くすることができるのでFナンバーの大きなレンズが使用可能となる。その場合、コストの削減、レンズ厚みが薄くなることによる光学部品配置の困難さの緩和、レンズでの偏光方向の回転による画像表示素子を照射する光の照度分布ムラの低減などの効果がある。また、レンズの光軸の方向と集光機能を有する反射素子の光軸の方向を一致させることができるので発生する集光機能を有する反射素子で発生する収差を低減できる。

40

【0094】

(8) 上記偏光分離素子として平板状のものを使用した場合には、コントラストの低下を抑制することができる。

【0095】

50

(9) さらに、偏光分離素子とレンズの間に $\lambda/2$ 波長板を配置し、レンズに $\lambda/2$ 波長板を貼り付けるか、光学面の表面反射光によるコントラストの低下を低減でき、表面反射による光の損失も低減することができる。

【0096】

(10) 偏光分離素子がガラスプリズムタイプか液浸タイプのものである場合、その表面に貼り付けることにより、光学面の表面反射光によるコントラストの低下を低減でき、表面反射による光の損失も低減することができる。

【0097】

(11) また、2つのレンズと集光機能を有する反射素子を用い、レンズの光軸方向に対し、集光機能を有する反射素子の光軸傾けて配置することにより、装置サイズを大きくすることなく、反射型画像表示素子に効率よく光を照射することができる。

10

【0098】

(12) さらに、赤、緑、青の3原色において、第1の波長帯域を緑とし、リレーレンズ系を通過する第2の波長帯域の光は赤、青のうち光源のランプスペクトル強度の相対的に強い光とすることによりスクリーン照射光のホワイトバランスを良好なものとし、また、光の利用効率の向上となる。

【0099】

(13) 投射型表示装置において、各表示素子に入射する光量を略同一とする光学系の一部に集束機能を有する反射素子を使用することで、光路の設定が容易となり、装置サイズを減少できる。

20

【0100】

(14) 集光機能を有する反射素子として凸レンズと平面鏡を組み合わせたものを使用することにより光学部品の共通化による低コスト化が図れる。

【0101】

(15) また、集光機能を有する反射素子として凸レンズの一方の面に金属膜もしくは誘電体膜からなる反射膜を形成することにより部品点数の削減が可能となる。

【0102】

(16) また、集光機能を有する反射素子として凹面鏡を使用することにより光学部品点数の削減ならびに集光機能を有する反射素子で発生する収差による光量ロスの低減が可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態1の投射型画像表示装置の構成を示す概略説明図である。

【図2】本実施の形態1に使用可能な狭帯域偏光分離素子の偏光特性の一例である。

【図3】本実施の形態1の第1の偏光分離素子から第2の反射型画像表示素子へと光を導く照明光学系の構成を示す概略説明図である。

【図4】本実施の形態1の投射型画像表示装置において複屈折性偏光分離素子を使用した構成を示す概略説明図である。

【図5】本実施の形態1の投射型画像表示装置において液浸タイプの偏光分離素子を使用した構成を示す概略説明図である。

【図6】本実施の形態1の投射型画像表示装置の集光機能を有する反射素子の変形例の構成を示す概略説明図である。

40

【図7】本実施の形態1の投射型画像表示装置において偏心レンズを使用した構成を示す概略説明図である。

【図8】本実施の形態2の投射型画像表示装置の構成を示す概略説明図である。

【図9】本実施の形態2の投射型画像表示装置の光路延長用の偏光分離素子として平板状のものを使用した構成を示す概略説明図である。

【図10】本実施の形態2の投射型画像表示装置の光路延長用の偏光分離素子に対しP偏光が入射するように配置した構成を示す概略説明図である。

【図11】本実施の形態2の投射型画像表示装置において $\lambda/2$ 波長板をレンズに接着固定した構成を示す概略説明図である。

50

【図12】本実施の形態2の投射型画像表示装置において、 $\lambda/2$ 波長板をプリズムタイプないし液浸タイプの偏光分離素子に接着固定した構成を示す主要概略説明図である。

【図13】本実施の形態2の投射型画像表示装置において、 $\lambda/2$ 波長板を介してプリズムタイプないし液浸タイプの偏光分離素子とレンズを接着固定した構成を示す主要概略説明図である。

【図14】本実施の形態2の投射型画像表示装置の光路延長用の偏光分離素子として入射した光の波長帯域のS偏光を透過し、P偏光を反射する特性を有するものを使用した構成を示す概略構成図である。

【図15】本実施の形態2の投射型画像表示装置の集光機能を有する反射素子の変形例の構成を示す概略説明図である。

10

【図16】本実施の形態3の投射型画像表示装置の構成を示す概略説明図である。

【図17】本実施の形態3の第1の偏光分離素子から第2の反射型画像表示素子へと光を導く照明光学系の構成を示す概略説明図である。

【図18】従来の反射型画像表示素子を用いた投射型画像表示装置の構成を示す概略説明図である。

【図19】従来の透過型画像表示素子を用いた投射型画像表示装置の構成を示す概略説明図である。

【図20】従来の反射型画像表示素子を用いた投射型画像表示装置の他の構成を示す概略説明図である。

【図21】図18に示す投射型画像表示装置の照明光学系の構成を示す概略説明図である。

20

【図22】図19に示す投射型画像表示装置の照明光学系の構成を示す概略説明図である。

【符号の説明】

- 1 光源
- 2 第1のマルチレンズアレイ
- 3 第2のマルチレンズアレイ
- 4 第1のレンズ
- 5 第2のレンズ
- 6 第3のレンズ
- 7 第4のレンズ
- 8 第5のレンズ
- 9 凹面鏡
- 10 反射ミラー
- 11 色分離素子
- 12 第1の偏光分離素子
- 13 第2の偏光分離素子
- 14 第3の偏光分離素子
- 15 第1の反射型画像表示素子
- 16 第2の反射型画像表示素子
- 17 第3の反射型画像表示素子
- 26 色合成素子
- 27 投影レンズ
- 28 凸レンズ
- 29 反射ミラー
- 30 反射膜
- 31 集光機能を有する反射素子の光軸
- 34 第3の $\lambda/2$ 波長板
- 35 $\lambda/4$ 波長板
- 36 第4の $\lambda/2$ 波長板

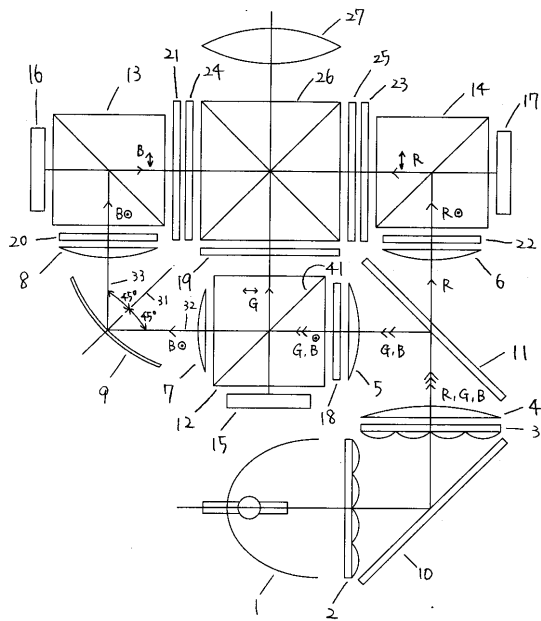
30

40

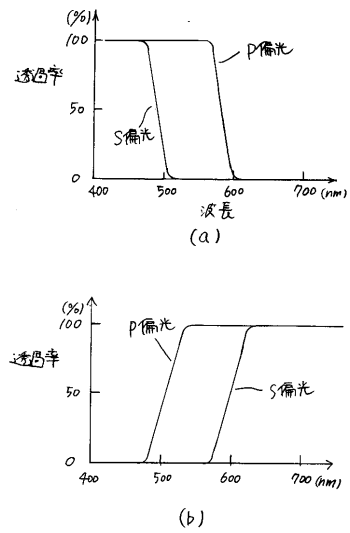
50

- 3 8 偏光分離素子
- 3 9 ゲル状もしくは液体の充填物
- 4 0 第 4 の偏光分離素子

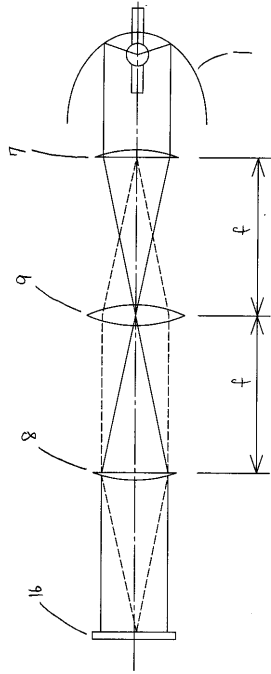
【 図 1 】



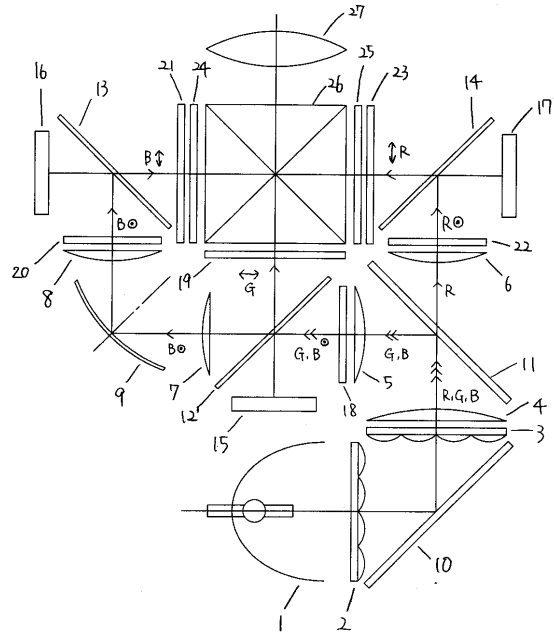
【 図 2 】



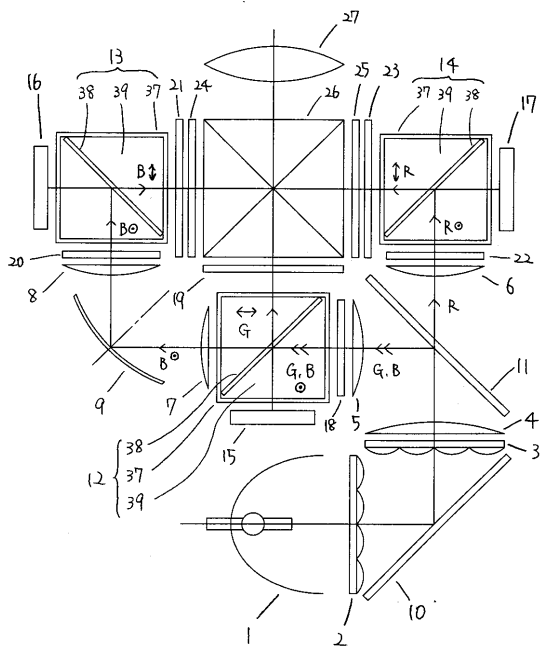
【 図 3 】



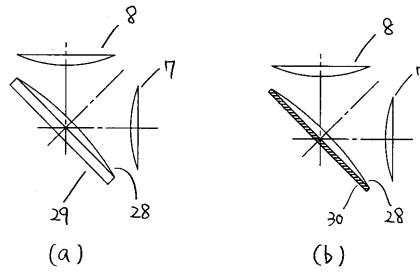
【 図 4 】



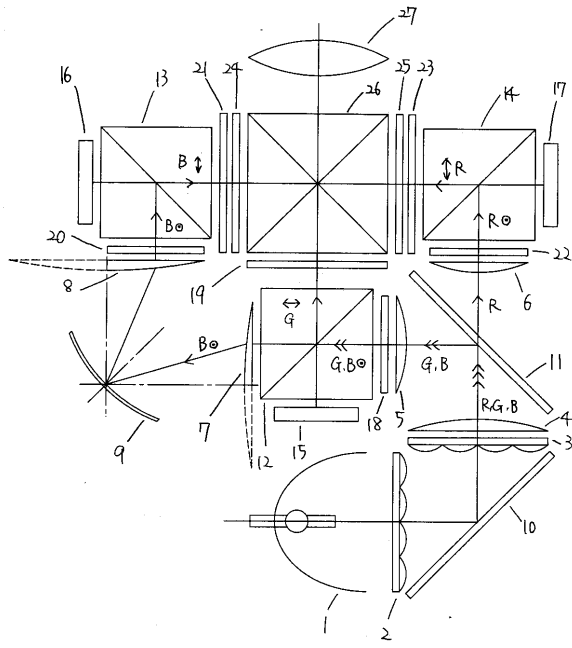
【 図 5 】



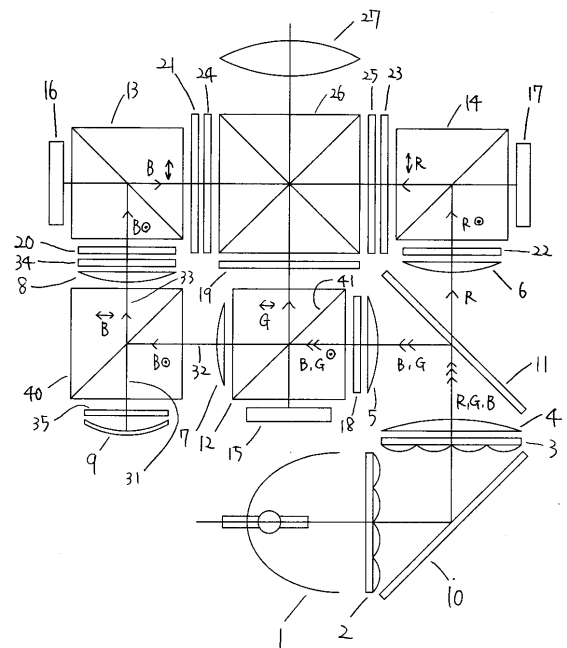
【 図 6 】



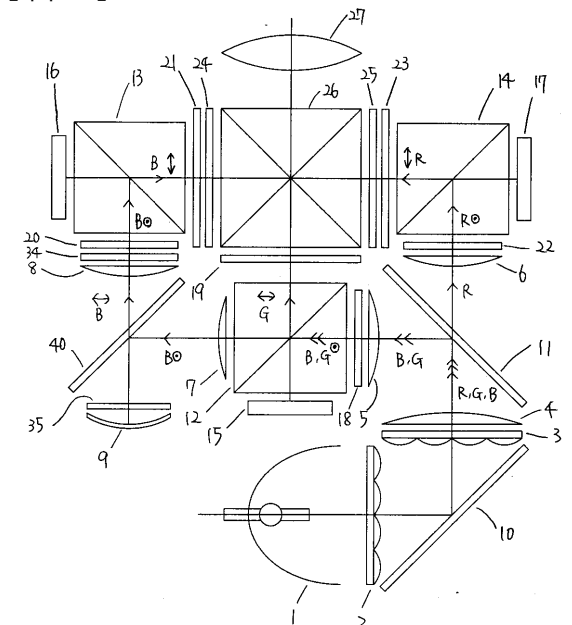
【 図 7 】



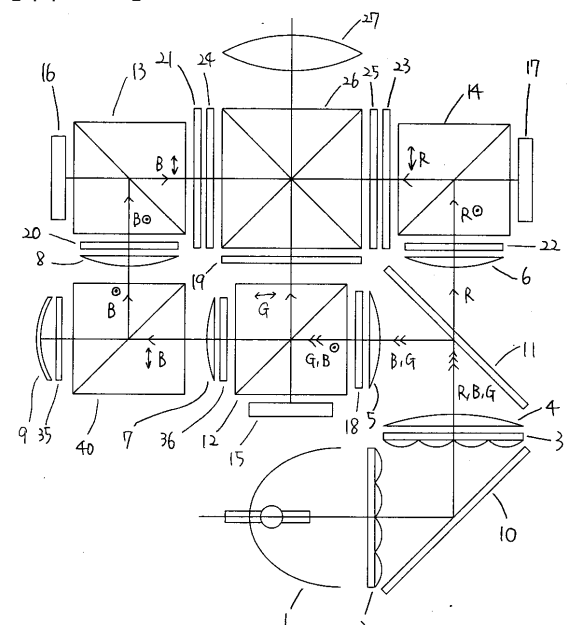
【 図 8 】



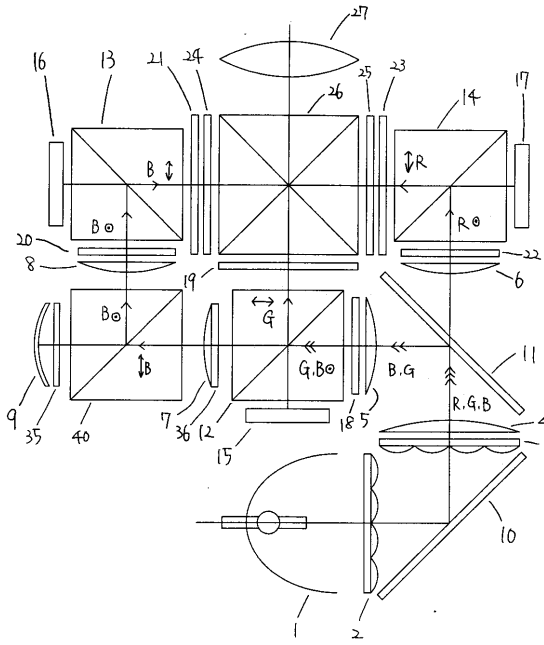
【 図 9 】



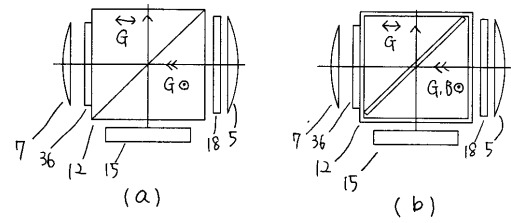
【 図 10 】



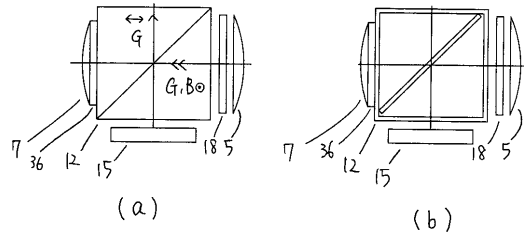
【 図 1 1 】



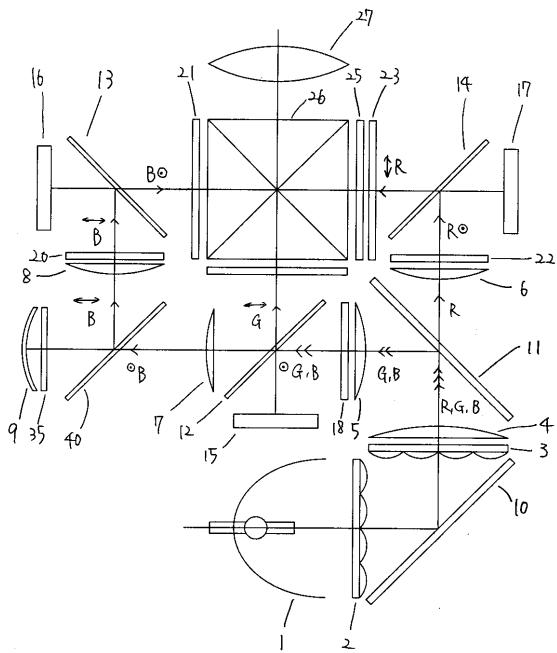
【 図 1 2 】



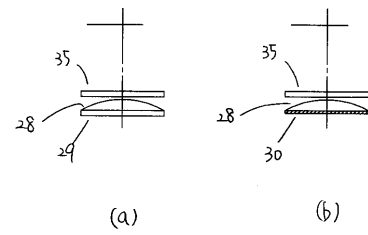
【 図 1 3 】



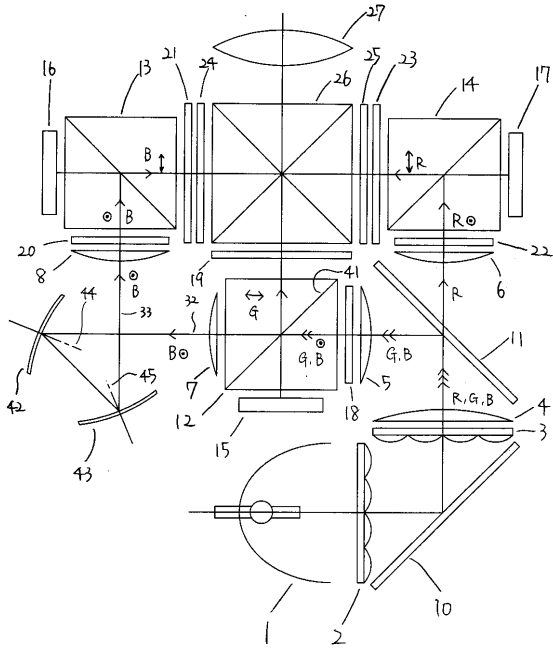
【 図 1 4 】



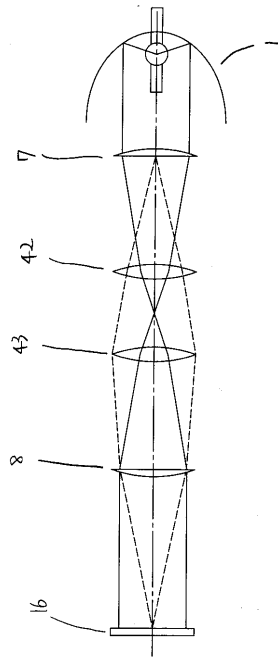
【 図 1 5 】



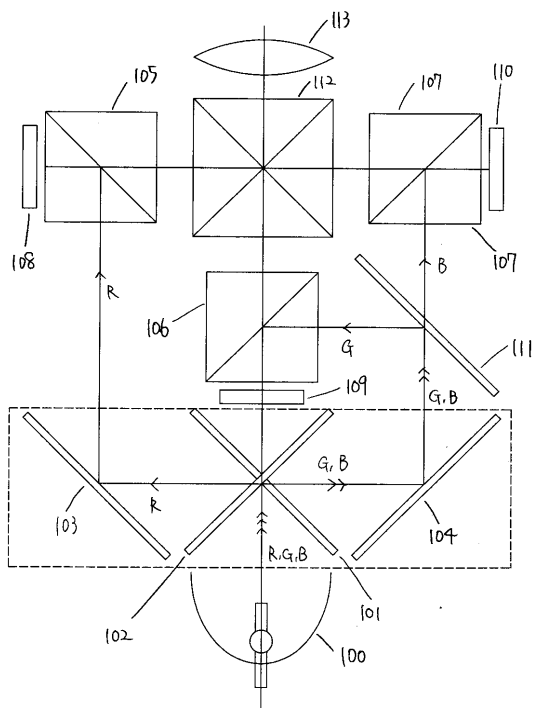
【 図 16 】



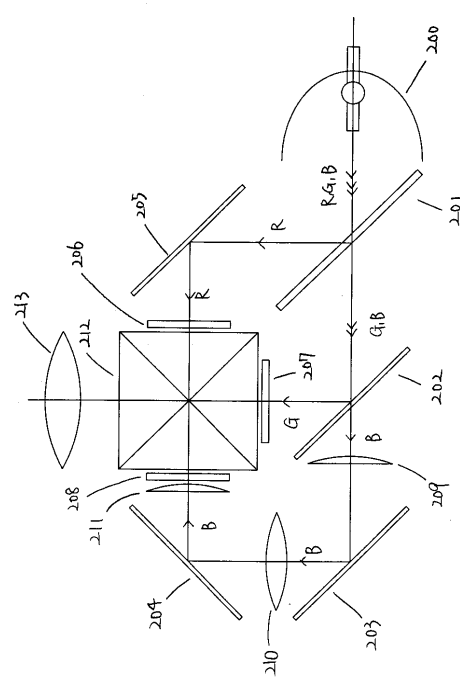
【 図 17 】



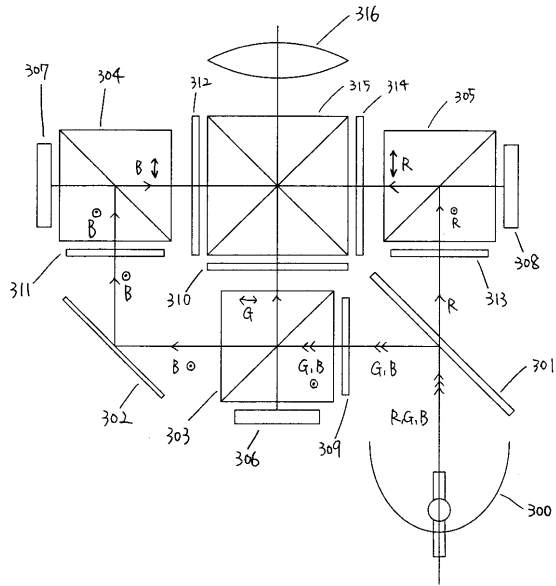
【 図 18 】



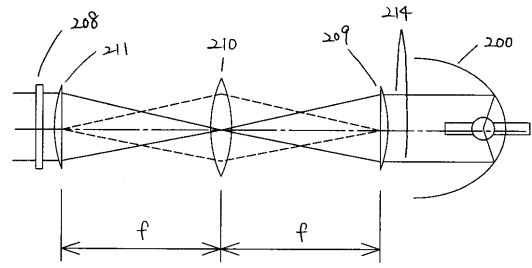
【 図 19 】



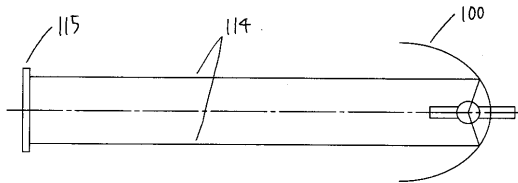
【 図 2 0 】



【 図 2 2 】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
G 0 3 B 21/00 (2006.01) G 0 3 B 21/00 D
H 0 4 N 9/31 (2006.01) H 0 4 N 9/31 C

(56) 参考文献 特開平 0 8 - 1 2 2 7 7 2 (J P , A)
特開平 0 2 - 1 8 7 7 4 0 (J P , A)
特開平 0 9 - 3 1 8 9 0 7 (J P , A)
国際公開第 9 7 / 0 3 4 1 7 3 (W O , A 1)
特開平 1 1 - 1 5 3 7 7 4 (J P , A)
国際公開第 9 7 / 0 4 5 7 6 8 (W O , A 1)

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G03B 33/12
G02B 27/18
G02F 1/13 - 1/1347
G03B 21/00
H04N 9/31