

(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2005-283663

(P2005-283663A)

(43) 公開日 平成17年10月13日(2005.10.13)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
GO3B 21/00	GO3B 21/00	D 2H042
GO2B 5/04	GO2B 5/04	A 2H087
GO2B 13/16	GO2B 5/04	B 2H088
GO2B 13/18	GO2B 5/04	C 2H091
GO2F 1/13	GO2B 5/04	D 2K103
審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 14 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2004-93568 (P2004-93568)  
 (22) 出願日 平成16年3月26日 (2004.3.26)

(71) 出願人 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100067541  
 弁理士 岸田 正行  
 (74) 代理人 100087398  
 弁理士 水野 勝文  
 (74) 代理人 100104628  
 弁理士 水本 敦也  
 (74) 代理人 100108361  
 弁理士 小花 弘路  
 (72) 発明者 中山 博喜  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内  
 Fターム(参考) 2H042 CA06 CA08 CA14 CA17  
 最終頁に続く

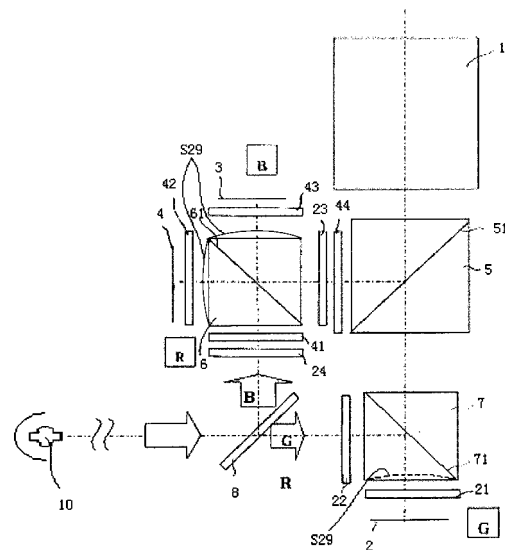
(54) 【発明の名称】 表示光学系および画像投射装置

(57) 【要約】

【課題】 透過型に比べてバックフォーカスが長い反射型画像投射装置において、倍率色収差を良好に補正できるようにした表示光学系を提供する

【解決手段】 光を反射し、かつ変調する複数の反射型光変調素子2~4からの光を投射する投射レンズ1と、それぞれ光源10からの光を複数の反射型光変調手段のうち少なくとも1つに向かわせ、かつ該反射型変調素子からの光を投射レンズに向かわせる複数の光学素子6,7とを有する表示光学系において、複数の反射型光変調素子のうち少なくとも1つの反射型光変調素子と投射レンズとの間に、有限の曲率半径を有する光学曲面S29を配置している。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光を反射し、かつ変調する複数の反射型光変調素子からの光を投射する投射レンズと、それぞれ光源からの光を前記複数の反射型光変調手段のうち少なくとも 1 つに向かわせ、かつ該反射型変調素子からの光を前記投射レンズに向かわせる複数の光学素子とを有し、

前記複数の反射型光変調素子のうち少なくとも 1 つの反射型光変調素子と前記投射レンズとの間に、有限の曲率半径を有する光学曲面が配置されていることを特徴とする表示光学系。

## 【請求項 2】

前記光学曲面は、前記反射型光変調素子と前記複数の光学素子のうち少なくとも 1 つの光学素子との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の表示光学系。

## 【請求項 3】

前記光学素子は、ガラスブロックにより構成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の表示光学系。

## 【請求項 4】

該表示光学系は、前記光源からの光を、第 1 の色光成分と、該第 1 の色光成分よりも波長が短い第 2 の色光成分と、前記第 1 の色光成分よりも波長が長い第 3 の色光成分とに分離してそれぞれを第 1 から第 3 の反射型光変調素子に向かわせ、かつ該第 1 から第 3 の反射型光変調素子からの前記第 1 から第 3 の色光成分を合成して前記投射レンズに向かわせるよう構成されており、

前記光学曲面は、前記第 2 および第 3 の色光成分の光路中に配置され、前記投射レンズおよび前記光学曲面を含めた前記第 2 および第 3 の反射型光変調素子までのそれぞれの光路における合成焦点距離を、前記第 1 の色光成分に対する前記投射レンズの焦点距離よりも短くする作用を有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の表示光学系。

## 【請求項 5】

該表示光学系は、前記光源からの光を、第 1 の色光成分と、該第 1 の色光成分よりも波長が短い第 2 の色光成分と、前記第 1 の色光成分よりも波長が長い第 3 の色光成分とに分離して第 1 から第 3 の反射型光変調素子に向かわせ、かつ該第 1 から第 3 の反射型光変調素子からの前記第 1 から第 3 の色光成分を合成して前記投射レンズに向かわせるよう構成されており、

前記光学曲面は、前記第 1 の色光の光路中に配置されており、前記投射レンズおよび前記光学曲面を含めた前記第 1 の反射型光変調素子まで光路の合成焦点距離を、前記第 2 および第 3 の色光成分に対する前記投射レンズの焦点距離よりも長くする作用を有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の表示光学系。

## 【請求項 6】

該表示光学系は、前記光源からの光を、第 1 の色光成分と、該第 1 の色光成分よりも波長が短い第 2 の色光成分と、前記第 1 の色光成分よりも波長が長い第 3 の色光成分とに分離して第 1 から第 3 の反射型光変調素子に向かわせ、かつ該第 1 から第 3 の反射型光変調素子からの前記第 1 から第 3 の色光成分を合成して前記投射レンズに向かわせるよう構成されており、

さらに以下の条件のうち少なくとも 1 つを満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 つに記載の投射表示光学系。

$$1.5 < (F_1 - F_2) / (F_{10} - F_{20}) < 4.0$$

$$1.5 < (F_{30} - F_{10}) / (F_3 - F_1) < 4.0$$

但し、 $F_1$ 、 $F_2$  および  $F_3$  はそれぞれ、前記第 1、第 2 および第 3 の色光成分に対する前記投射レンズおよび前記光学曲面を含む前記反射型光変調素子までの合成焦点距離であり、 $F_{10}$ 、 $F_{20}$  および  $F_{30}$  はそれぞれ、前記光学面を有さないとした場合の前記第 1、第 2 および第 3 の色光成分に対する前記投射レンズ単独での焦点距離である。

10

20

30

40

50

## 【請求項 7】

前記光学曲面は、前記光学素子の透過面に設けられていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の表示光学系。

## 【請求項 8】

前記光学素子は、複数の光学部材を貼り合わせて構成されており、

前記光学曲面は、前記複数の光学部材の貼り合わせ面に設けられていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の表示光学系。

## 【請求項 9】

前記反射型光変調素子と前記投射レンズとの間に、前記特定波長の光の偏光方向のみを回転させる波長選択性偏光回転素子を有し、

前記光学曲面は、前記波長選択性偏光回転素子上に設けられていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の表示光学系。

10

## 【請求項 10】

前記反射型光変調素子と前記投射レンズとの間に偏光変換素子を有し、

前記光学曲面は、前記偏光変換素子上に設けられていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の表示光学系。

## 【請求項 11】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 つに記載の表示光学系。

$$L > 2 \cdot 1 D$$

20

但し、L は前記投射レンズと前記反射型光変調素子との空気換算光路長、D は前記反射型光変調素子の対角サイズである。

## 【請求項 12】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 つに記載の表示光学系。

$$|F w / f c| < 0.002$$

但し、F w は前記投射レンズの広角端での焦点距離、f c は前記光学曲面の焦点距離である。

## 【請求項 13】

光源と、

光を反射し、かつ変調する複数の反射型光変調素子と、

請求項 1 から 11 のいずれか 1 つに記載の表示光学系とを有することを特徴とする画像投射装置。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、反射型光変調素子からの光を投射する表示光学系およびこれを用いた画像投射装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

40

従来、色合成プリズムおよび投射レンズを用いて色合成を行う場合、投射レンズによる倍率色収差が存在するために、各色光の投射画像をスクリーン等の被投射面で完全に一致させることが困難であった。また、一般に、反射型液晶プロジェクタは、透過型液晶プロジェクタに比べてバックフォーカスが長い。このため、広角化するにはレンズ構成が難しく、倍率色収差の発生も大きくなる傾向にあった。

## 【0003】

このため、2枚のダイクロイックミラーおよび1枚の反射ミラーにより構成される色合成系と液晶パネルとの間に配置されるフィールドレンズの焦点距離又は配置位置を、各色の光路で異ならせることにより、投射レンズの倍率色収差を補正可能とした表示光学系が提案されている（特許文献1参照）。

50

## 【0004】

また、補正レンズをクロスダイクロックプリズムである色合成プリズムと液晶パネルとの間に配置して、投射レンズの倍率色収差を補正可能とした表示光学系も提案されている（特許文献2参照）。

## 【0005】

さらに、本出願人は、透過型液晶パネルを用いた表示光学系において、プリズムの入射面や内部の面に屈折力を持たせる技術を提案している（特許文献3参照）。

【特許文献1】特開平8-201756号公報（段落0012、0015～0018および図1等）

【特許文献2】特開平11-231218号公報（段落0017～0023、図1等）

10

【特許文献3】特開2002-55210号公報（段落0022、0023、図3および図5等）

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかしながら、特許文献1にて開示された表示光学系では、色合成系に2枚のダイクロックミラーと1枚の反射ミラーとを用いているため、投射レンズの倍率色収差に加えて、ダイクロックミラーの面の歪みやダイクロックミラー面を透過する色チャンネルによる歪曲収差が発生する。このため、各色チャンネルの投射像の大きさが計算で予想した大きさにならず、各色チャンネルの倍率補正が良好に行えない。

20

## 【0007】

また、特許文献2にて開示された表示光学系では、色合成系に、4つの直角3角柱プリズムより構成されるクロスダイクロックプリズムが使用されている。このため、投射レンズの倍率色収差に加えて、プリズムの角度誤差に起因したダイクロックミラー面の折れ曲がりによる投射画像の変形が生じ、赤、緑、青の3つの色の投射画像をスクリーン上で完全に重ね合わせることが困難である。

## 【0008】

さらに、特許文献3にて開示された表示光学系では、上記各特許文献にて開示のものと同様に、バックフォーカスが短い、透過型液晶プロジェクタでの倍率色収差の補正を前提としたものであり、バックフォーカスが長い反射型液晶プロジェクタでの倍率色収差の補正に関しては開示がない。

30

## 【0009】

そこで本発明は、透過型に比べてバックフォーカスが長い反射型画像投射装置において、倍率色収差を良好に補正できるようにした表示光学系を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

上記の目的を達成するために、本発明では、光を反射し、かつ変調する複数の反射型光変調素子からの光を投射する投射レンズと、それぞれ光源からの光を複数の反射型光変調手段のうち少なくとも1つに向かわせ、かつ該反射型変調素子からの光を前記投射レンズに向かわせる複数の光学素子とを有する表示光学系において、複数の反射型光変調素子のうち少なくとも1つの反射型光変調素子と投射レンズとの間に、有限の曲率半径を有する光学曲面を配置している。

40

## 【発明の効果】

## 【0011】

本発明によれば、一般にバックフォーカスが長くなり、倍率色収差が大きくなる傾向にある反射型画像投射装置における倍率色収差の補正を良好に行うことができ、より高画質の投射画像を得ることができる。

## 【0012】

特に、光学曲面を、光学素子の透過面や光学素子における複数の光学部材の貼り合わせ面等に設けることにより、倍率色収差の補正のために特別な補正レンズやその保持機構を

50

設ける必要をなくすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0014】

まず本発明の実施例の概要について説明する。本発明の実施例は、複数の反射型光変調素子からの光を投射レンズによりスクリーン等の被投射面に投射する表示光学系であって、投射レンズと複数の反射型光変調素子との間に十分な空気間隔を有する2つ以上の色合成プリズムブロックを有する表示光学系に関するものである。そして、投射レンズと複数の反射型光変調素子のうち少なくとも1つとの間には、有限な曲率半径を有する光学曲面が設けられている。

10

【0015】

光源から発せられた光は、緑G、赤R、青Bの3つの色光成分に分離され、色光成分ごとに設けられた反射型色変調素子に到達する。各反射型色変調素子は、入射した光を反射するとともに画像変調する。そして、画像変調された各色光成分は、それぞれの光路に設けられたダイクイック面又は偏光分離面を透過又は反射して投射レンズに到達し、スクリーンに投射される。

【0016】

ここで、緑、青および赤色光成分に対する、投射レンズを含めた光変調素子までの合成焦点距離をそれぞれ、 $F_g (F_1)$ 、 $F_b (F_2)$ 、 $F_r (F_3)$ とし、投射レンズと光変調素子との間に有限な曲率半径を有する光学曲面が配置されていない場合における、緑、青および赤色光成分に対する投射レンズ単独での焦点距離を $F_{g0} (F_{10})$ 、 $F_{b0} (F_{20})$ 、 $F_{r0} (F_{30})$ としたとき、

20

$$1.5 < (F_g - F_b) / (F_{g0} - F_{b0}) < 4.0 \quad \dots (1)$$

$$1.5 < (F_{r0} - F_{g0}) / (F_r - F_g) < 4.0 \quad \dots (2)$$

のうち少なくとも1つの条件を満たすように構成することが好ましい。

【0017】

光学系（投射レンズ）の縮小側の倍率色収差は、緑色Gを基準として、物体高Yが像側で結像する緑像高を $y_g$ 、赤像高を $y_r$ 、青像高を $y_b$ とすると、赤と青の倍率色収差はそれぞれ、

30

$$R = y_r - y_g$$

$$B = y_b - y_g$$

となる。

【0018】

ここで、 $y_r / y_g$ 、 $y_b / y_g$ はそれぞれの色の倍率比となる。

【0019】

一方、 $y_g / Y$ は緑基準の投射倍率であり、これは緑色の波長の焦点距離に比例して下記式(3)で表される。

【0020】

$$y_g / Y = f_g / \text{距離 (スクリーンまでの距離)}$$

40

$$y_r / Y = f_r / \text{距離 (スクリーンまでの距離)}$$

$$y_b / Y = f_b / \text{距離 (スクリーンまでの距離)} \quad \dots (3)$$

ここで、 $f_g$ 、 $f_r$ 、 $f_b$ はそれぞれの色の波長での投射レンズの焦点距離を示す。

【0021】

このことから、各波長での倍率は、それぞれの波長の焦点距離に比例していることがわかる。

【0022】

それぞれの波長に対する焦点距離に差がなければ倍率色収差もないことになるが、レンズを用いた屈折系で投射レンズを構成すると、レンズを形成するガラスの分散によって倍率色収差を零にすることはできない。

50

## 【0023】

一般に、ガラスの屈折率の関係から、 $f_b < f_g < f_r$ となっている。低い像高においてはこの関係に従った像倍率の関係になるが、高い像高では、高次の収差の発生により  $y_b > y_g$ 、 $y_r > y_g$ となる。これを投射レンズ以外の光学系で補正するには、投射レンズ以外の光学系で、上記(1)、(2)式のうち少なくとも1つの条件式を満たすように構成することが好ましい。

## 【0024】

そしてこの場合も、 $f_b < f_g < f_r$ の関係を保つ範囲で、光学面の曲率を設定するのが好ましい。この関係は、複数の面において曲率を持たせて実現しても、1面にのみ曲率を持たせて実現してもよい。

10

## 【0025】

具体的には、投射レンズの倍率色収差を、光変調素子における1/2画素～1画素程度に抑えることが好ましい。光変調素子として用いられる媒体にもよるが、例えば、液晶素子を用いる場合、1画素は光変調素子の対角サイズの1000分の1から500分の1程度となる。このとき、全系の焦点距離にもよるが、全系の広角端の焦点距離を光変調素子の対角サイズの1倍～2倍程度とすると、この色の倍率差がそのまま各色の焦点距離の比になることになる。

## 【0026】

このような場合に、発生する倍率色収差を除去するには、青および赤に対する投射レンズを含めた光変調素子までの合成焦点距離をそれぞれ  $F_b$ 、 $F_r$ とし、投射レンズと光変調素子との間に有限の曲率半径を有する光学曲面を配置しない場合の投射レンズ単独での青および赤に対する焦点距離をそれぞれ  $F_{b0}$ 、 $F_{r0}$ としたときに、

20

$$1.0001 < F_{b0} / F_b < 1.0005 \quad \dots (4)$$

$$1.0001 < F_{r0} / F_r < 1.0005 \quad \dots (5)$$

を満たすように投射レンズの縮小側から光変調素子までの合成屈折力  $F_r$ 、 $F_b$ を設定すればよい。

## 【0027】

あるいは、相対的に緑の光路のみに有限な曲率を有する光学面を配置した場合は、緑の合成焦点距離を  $F_g$ とし、投射レンズと光変調素子との間に有限な曲率半径を有する光学面を配置しない場合の投射レンズ単独での緑に対する焦点距離を  $F_{g0}$ としたときに、

30

$$1.0001 < F_g / F_{g0} < 1.0005 \quad \dots (6)$$

を満たすように投射レンズの縮小側から光変調素子までの合成屈折力  $F_g$ を設定すればよい。

## 【0028】

ここで述べている緑、赤、青の光とは、例えば緑の光は550nm程度の波長の光を、赤の光は620nm程度の波長の光を、青の光は470nm程度の波長の光を指している。

## 【0029】

また、投射レンズを、縮小側が略テレセントリックな構成にしておけば、焦点距離の変化に対してピント位置が変動しても、投射画像の大きさにはほとんど影響がない。

40

## 【0030】

また、上記構成を達成するために、投射レンズと複数の光変調素子との間に配置される有限な曲率半径を有する光学曲面を、上記プリズムの入射面や射出面として設けたり、上記プリズムにおける45°の入射面を有する貼り合わせ面として設けたり、任意の波長バンドの光の偏光方向のみを変換する波長選択性偏光回転素子(カラーセレクト素子)や偏光変換素子の面として設けたりすることができる。また、光学曲面を上記プリズム等の光学素子に一体的に設ける以外に、光学曲面を有するシート状の部材を、プリズム等の光学素子の面に貼り付けるようにしてもよい。これらにより、倍率色収差を補正するために、特別な補正レンズ等の素子を設けたり、その保持機構を設けたりする必要がなくなる。

## 【0031】

50

また、投射レンズと光変調素子との空気換算光路長を  $L$  とし、光変調素子の対角サイズを  $D$  とするとき、以下の条件式を満足する。

【0032】

$$L > 2.1D \quad \dots (7)$$

この範囲を逸脱する投射レンズに対して、有限な曲率半径を有する光学曲面を上記位置に設けると、投射レンズの性能を落とすことにつながり好ましくない。具体的には、上記範囲を超える領域では、有限な曲率半径を持つ光学曲面が光変調素子の表示面に近づき過ぎ、倍率色補正のための曲率をかなり強くしなければならず、像面湾曲が大きく発生するので、好ましくない。また一方では、投射レンズにかなり近い位置に有限曲率を持つ光学曲面を設けることにもなり、色によるコマ収差、像面湾曲も発生しやすくなる。したがって、上記(7)式の範囲の光学系において、上記位置に有限な曲率を持った光学曲面を配置することが好ましい。

10

【0033】

さらに、本実施例の表示光学系は、反射型画像投射装置に用いられるため、投射レンズと複数の光変調素子との間のプリズムは、光源からの光の光変調素子への導光(照明)にも用いられる。本実施例で説明する有限な曲率を有する光学曲面は、光源から光変調素子への照明光路にも配置されていることから、この曲率を利用して特定の色の光変調素子への照明むらの補正等にも有効である。

【0034】

また、特に以下の式(8)を満たしていることが好ましい。

20

【0035】

$$|Fw/fc| < 0.002 \quad \dots (8)$$

ここで、 $Fw$  は投射レンズの広角端の焦点距離、 $fc$  は投射レンズと光変調素子との間に配置された、有限な曲率半径をもつ光学曲面の焦点距離である。

【0036】

この式の範囲を逸脱すると、投射レンズと光変調素子との間の光学曲面により像面湾曲が発生し、3色の像面が揃わなくなるので、好ましくない。また、倍率色収差の補正にも補正過剰となり、好ましくない。

【実施例】

【0037】

以下に、本発明のより具体的な実施例について説明する。図1には、本発明の実施例である表示光学系の断面を示している。図1において、光源10から発せられた白色光は、不図示の偏光変換素子により、所定の偏光方向を有する光(ここでは、S偏光光とする)に変換される。該偏光光は、ダイクロミックミラー8に入射し、ここを透過する緑色成分光と、ここで反射する赤および青色光成分とに分離される。

30

【0038】

緑色光成分は、第1の偏光ビームスプリッタ7の偏光分離面71で反射し、LCD等の緑用反射型光変調素子2に向かう。第1の偏光ビームスプリッタ7と緑用反射型光変調素子2との間には、1/4波長板21が配置されており、緑色光成分は、第1の偏光ビームスプリッタ7から緑用反射型光変調素子2に向かい、ここで反射および変調されて再び第1の偏光ビームスプリッタ7に戻るまでの間に1/4波長板21を2回通る。これにより、緑色光成分の偏光方向は、第1の偏光ビームスプリッタ7から緑用反射型光変調素子2に向かうときに対して90°回転し、P偏光光に変換される。そして、P偏光光に変換された緑色光成分は、第1の偏光ビームスプリッタ7の偏光分離面71を透過して、第3の偏光ビームスプリッタ5に向かう。

40

【0039】

一方、青および赤色光成分は、青色成分光のみが波長選択性偏光回転素子41によって偏光方向を90°回転されてP偏光光となり、赤色光成分はS偏光光のまま第2の偏光ビームスプリッタ6に入射する。第2の偏光ビームスプリッタ6に入射した赤色光成分(S偏光光)は、第2の偏光ビームスプリッタ6の偏光分離面61によって反射され、青色光

50

成分（P偏光光）は該偏光分離面61を透過する。

【0040】

そして、第2の偏光ビームスプリッタ6から射出した赤および青色光成分は、それぞれLCD等の赤用反射型光変調素子4および青用反射型光変調素子3に入射し、反射および画像変調されて、第2の偏光ビームスプリッタ6に戻る。

【0041】

第2の偏光ビームスプリッタ6と赤用反射型光変調素子4および青用反射型光変調素子3との間にはそれぞれ、1/4波長板42, 43が配置されている。赤色光成分は、第2の偏光ビームスプリッタ6から赤用反射型光変調素子4に向かい、再び第2の偏光ビームスプリッタ6に戻るまでの間に1/4波長板42を2回通る。これにより、赤色光成分の偏光方向は、第2の偏光ビームスプリッタ6から赤用反射型光変調素子4に向かうときに対して90°回転し、P偏光光に変換される。また、青色光成分は、第2の偏光ビームスプリッタ6から青用反射型光変調素子3に向かい、再び第2の偏光ビームスプリッタ6に戻るまでの間に1/4波長板43を2回通る。これにより、青色光成分の偏光方向は、第2の偏光ビームスプリッタ6から青用反射型光変調素子3に向かうときに対して90°回転し、S偏光光に変換される。

10

【0042】

S偏光光になって第2の偏光ビームスプリッタ6に入射した青色光成分は偏光分離面61で反射され、P偏光光になって第2の偏光ビームスプリッタ6に入射した赤色光成分は偏光分離面61を透過する。

20

【0043】

第2の偏光ビームスプリッタ6を射出した青色光成分および赤色光成分は、赤色光成分のみが波長選択性偏光回転素子44によって偏光方向を90°回転されてS偏光光に変換され、青および赤色光成分はともにS偏光光になる。

【0044】

そして、ともにS偏光光となった青および赤色光成分は、第3の偏光ビームスプリッタ5に入射し、第3の偏光ビームスプリッタ5の偏光分離面51で反射される。また、P偏光光として第3の偏光ビームスプリッタ5に入射した緑色光成分は、偏光分離面51を透過する。これにより、3色の光成分が合成され、投射レンズ1を介して不図示のスクリーンに投射される。

30

【0045】

なお、第1～第3の偏光ビームスプリッタ7, 6, 5はいずれも、2つの直角三角柱形状のガラスブロックを貼り合わせて形成されており、その貼り合わせ面（光軸に対して45°をなす面）には、多層膜からなる偏光分離膜が形成されている。

【0046】

ここで、現状の一般的な投射レンズは青色光に対する倍率色収差が他の色光に比べて大きく、像面上でオーバーになっているので、スクリーン上における投射像は小さくなる。このため、投射レンズと3つの反射型光変調素子2～4のうち少なくとも1つとの間に、有限の曲率半径を有する光学曲面を配置し、青チャンネルの合成焦点距離を相対的に短くするように構成すれば、スクリーン上での青の投射像を大きくすることができ、3色の投射像の大きさを揃えることができる。これにより、投射レンズ1の青の倍率色収差を補正できる。

40

【0047】

また、一般的な投射レンズでは、赤の倍率色収差も像面上でオーバーになる傾向にあるため、スクリーン上における赤の投射像も小さくなる。このため、投射レンズと3つの反射型光変調素子2～4のうち少なくとも1つとの間に、有限の曲率半径を有する光学曲面を配置し、赤チャンネルの合成焦点距離を相対的に短くするように構成すれば、スクリーン上での赤の投射像を大きくすることができるので、投射レンズ1の赤の倍率色収差を補正できる。

【0048】

50

具体的な補正方法としては、図 1 に示すように、青および赤の光路にそれぞれ光学曲面（例えば、図 1 中の第 2 の偏光ビームスプリッタ 6 の 2 つの面 S 2 9）を配置してもよい（以下、これを実施例 1 という）、投射レンズの倍率色収差の出方を見ながら、3 つの光路に異なる曲率半径を有する光学曲面を配置してもよい。すなわち、複数の光学面に曲率を設け、各色光路の曲率による作用の合成で倍率色収差の低減を図ってもよい。

【 0 0 4 9 】

また、相対的に緑の焦点距離を長くするように、緑の光路中の光学面（例えば、図 1 中の第 1 の偏光ビームスプリッタ 7 の面 S 2 9）に、凹のパワーを持たせるようにしてもよい（以下、これを実施例 2 という）。

【 0 0 5 0 】

図 2 (A), (B) には、従来 of 光学系と本実施例 of 光学系の倍率色収差の変化の概略を示す。図 2 (A) は、上記光学曲面を設けない場合 of 投射レンズ単独で発生する倍率色収差、図 2 (B) は投射レンズと反射型光変調素子との間に光学曲面を配置して倍率色収差を補正した例をそれぞれ示す。この際、軸上色収差が発生するが、赤、青および緑用の光変調素子をそれらの光軸方向位置を調整することによって、赤、青および緑色光成分を同等な結像位置に結像させることができる。また、投射レンズの縮小側を十分なテレセントリックに構成しておくことで、赤、青および緑用の光変調素子の光軸方向位置を調整することによる倍率の変化は微小なものとなる。

【 0 0 5 1 】

以上のように構成することで、特にバックフォーカスが長い反射型プロジェクタにおいて大きく発生し易い倍率色収差を良好に補正することができ、また該補正のために特別な補正レンズ等の素子を設ける必要が無い。このため、従来よりもさらに高画質の投射画像が得られる反射型プロジェクタを実現することができる。

【 0 0 5 2 】

図 3 および表 1 には、上記実施例をより具体的に実施した光学系の数値実施例を示す。なお、図 3 中の S T は絞りであり、他の符号を付した構成要素は、図 1 に示した符号を付した構成要素に一致する。

【 0 0 5 3 】

また、数値実施例中の  $r_i$  は、被投射面（拡大）側から  $i$  番目の面の曲率半径を示し、 $d_i$  は  $i$  番目の面と  $i + 1$  番目の面との間隔を示す。また、 $n_i$ 、 $i$  はそれぞれ  $i$  番目の面を構成する媒質の屈折率およびアッベ数である。さらに、非球面（面 3, 4, 22, 23）の形状は、光軸方向に X 軸を、光軸と垂直方向に H 軸をとり、光の進行方向を正とし、R を近軸曲率半径、非球面係数を K, B, C, D, E, F としたとき、

$$X = \frac{(1/R) H^2}{1 + \{1 - (1 + K)(H/R)^2\}} + B H^4 + C H^6 + D H^8 + E H^{10} + F H^{12}$$

なる式で表される。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

【表 1】

	f= 22.10	fno=1:1.85-3	像高: 2.2mm
	~36.53		
r 1=	93.273	d 1= 2.50	n 1=1.69948
r 2=	25.163	d 2= 5.11	ν 1= 55.5
*r 3=	48.979	d 3= 3.20	n 2=1.53199
*r 4=	25.617	d 4= 11.84	ν 2= 55.8
r 5=	-31.401	d 5= 2.50	n 3=1.48898
r 6=	-463.373	d 6= 5.52	ν 3= 70.2
r 7=	-48.282	d 7=可変	n 4=1.81028
r 8=	61.041	d 8= 5.60	ν 4= 40.9
r 9=	-220.290	d 9=可変	n 5=1.81028
r10=	-59.091	d10= 2.15	ν 5= 40.9
r11=	-151.584	d11= 29.82	n 6=1.55069
r12=	53.797	d12= 4.08	ν 6= 45.8
r13=	-98.331	d13= 2.32	n 7=1.48898
r14=	∞ (絞り)	d14= 0.50	ν 7= 70.2
		d14=可変	
r15=	-46.591	d15= 1.45	n 8=1.81185
r16=	59.036	d16=可変	ν 8= 25.4
r17=	55.943	d17= 1.50	n 9=1.81028
r18=	31.121	d18= 5.70	ν 9= 40.9
r19=	431.105	d19= 0.15	n10=1.48898
r20=	86.284	d20= 7.65	ν 10= 70.2
r21=	-42.680	d21= 0.15	n11=1.48898
*r22=	-450.000	d22= 4.30	ν 11= 70.2
*r23=	-117.329	d23=可変	n12=1.53199
r24=	153.953	d24= 3.95	ν 12= 55.8
r25=	-119.372	d25= 1.45	n13=1.81185
r26=	∞	d26= 31.00	ν 13= 25.4
r27=	∞	d27= 3.00	n14=1.84862
r28=	∞	d28= 24.00	ν 14= 24.6
r29=	有限値	d29= 3.00	n15=1.84862
r30=	∞	d30= 3.80	ν 15= 24.6
r31=	∞		n16=1.51805
			ν 16= 64.1

10

20

焦点距離 可変間隔	22.10	24.86	36.53
d 8	22.83	15.54	1.79
d 10	15.80	14.92	2.69
d 16	4.93	9.19	22.71
d 18	5.79	5.38	0.63
d 25	0.90	5.20	22.42

面	R	K/F	B	C	D	E
3	4.89791D+01	3.64235D+00	1.35362D-08	-2.07779D-09	-9.30793D-11	2.48004D-13
		-3.12317D-16				
4	2.56175D+01	-2.61905D+00	1.17984D-05	-2.79026D-08	-3.84382D-11	1.35900D-13
		-1.69031D-16				
22	-4.50000D+02	-2.83414D+02	-1.07260D-05	-2.88376D-08	1.10116D-10	-4.01098D-13
		5.03720D-16				
23	-1.17329D+02	-8.68762D+01	-1.50688D-05	-7.93145D-09	4.30510D-11	-2.07300D-13
		2.56692D-16				

30

【0055】

図4Aには、この数値実施例の投射レンズを使用するが、倍率色収差を補正するための光学曲面を使用しない場合の広角端での倍率色収差を示す。また、図4Bおよび図4Cには、この数値実施例の投射レンズを使用し、かつ倍率色収差を補正するための光学曲面を設けた上記実施例1および実施例2の場合の広角端での倍率色収差を示す。なお、ここでは、550nmの緑色を基準として、440nmの青色(2点鎖線で示す)と620nmの赤色(点線で示す)の倍率色収差を示す。

40

【0056】

図4Aにおいて、倍率色収差は、青色のそれが画面周辺部で大きく発生している。本数値実施例の光変調素子(液晶パネル)の解像度をXGA(1024×768)と仮定すると、0.7インチの液晶パネルでは1画素の大きさが14μmとなり、広角端での画面最周辺部では、倍率色収差が1/2画素に近づき、7μm程度になっている。これにより、投射像の色ずれが目立ち、解像度が低下してくる。

【0057】

50

また、図4B(実施例1)においては、青および赤の共通した光路中において最も光変調素子に近い位置に光学曲面を配置しており、この場合、青の倍率色収差は図4Aに比べて大幅に減少しており、画面最周辺部においても、倍率色収差を5μm以下にすることができた。ここでは、青および赤の光路に設けた光学曲面の曲率半径r29(図3において、第2偏光ビームスプリッタ6の光変調素子側の面S29の曲率半径：図1に実線で凸面として示している)を、

$$r_{29} = -20,000 \text{ mm}$$

に設定している。

【0058】

また、図4C(実施例2)は、緑の焦点距離を相対的に長くするように設定した例を示し、この例では、緑側の光学曲面の曲率半径R29(図3において、第1偏光ビームスプリッタ7の光変調素子側の面S29の曲率半径：図1中に点線で凹面として示す)を、

$$r_{29} = 20,000 \text{ mm}$$

に設定している。

【0059】

表2には、本数値実施例と上記各条件式との関係を示す。

【0060】

【表2】

合成焦点距離  
(mm)

	G (550nm)	B (470nm)	R (620nm)
F0	22.1013	22.0946	22.122
F	22.1088	22.08697	22.1146
	(r29=20000mm)	(r29=-20000mm)	(r29=-20000mm)
		(1) $(F_g - F_b) / (F_{g0} - F_{b0})$ 1.537323944 $F_g = F_{g0}$	(2) $(F_{r0} - F_{g0}) / (F_r - F_g)$ 1.556390977 $F_g = F_{g0}$
	(6) $F_g / F_{g0}$ 1.000339347	(5) $F_{r0} / F_r$ 1.000345453	(4) $F_{b0} / F_b$ 1.000334621

(8)  $F_w / f_c$

$$f_c = 23568$$

$$F_w = 22.1088$$

$$F_w / f_c = 0.000938086$$

【0061】

なお、本発明は、上記実施例に示した構成の表示光学系に限らず、他の構成の表示光学系にも適用することができる。

【0062】

例えば、上記実施例では、光源からの白色光をまず緑色光成分と、青および赤色光成分

とに分離し、第2の偏光ビームスプリッタ6で赤色光成分を反射し、青色光成分を透過させてそれぞれを赤および青用反射型光変調素子に導き、そこで反射変調された赤色光成分および青色光成分を第2の偏光ビームスプリッタ6で透過および反射させて投射レンズに導いた。しかし、本発明は、光源からの光路において、第2の偏光ビームスプリッタ6にて青色光成分を反射し、赤色光成分を透過させてそれぞれを青および赤用反射型光変調素子に導き、そこで反射変調された青色光成分および赤色光成分を第2の偏光ビームスプリッタ6で透過および反射させて投射レンズに導く場合にも適用することができる。また、本発明は、光源からの光を青又は赤色光成分と、他の2つの色光成分とに分離する場合にも適用できる。さらに上記実施例では、ガラスブロックを用いて構成された3つの偏光ビームスプリッタを用いた表示光学系について説明したが、本発明は、より少ない又はより多い数の偏光ビームスプリッタを用いる表示光学系や、偏光ビームスプリッタ以外の光学素子で色分離や色合成を行う表示光学系にも適用することができる。

10

【0063】

また、上記実施例では、光源からの白色光を赤、緑、青に分離する場合について説明したが、本発明は他の複数の色光成分に分離する場合にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】本発明の実施例である表示光学系の構成を示す断面図。

【図2】(A)従来例における倍率色収差の発生の様子を示す概略図。(B)実施例による倍率色収差の改善の様子を示す概略図。

20

【図3】数値実施例の投射レンズの構成を示す断面図。

【図4A】従来例における広角端での倍率色収差を示す図。

【図4B】実施例1における倍率色収差の補正の様子を示す図。

【図4C】実施例2における倍率色収差の補正の様子を示す図。

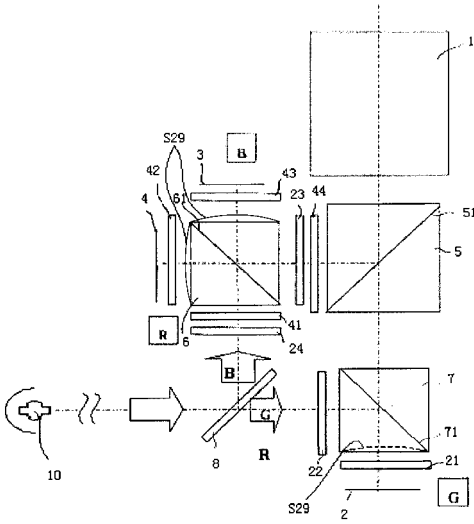
【符号の説明】

【0065】

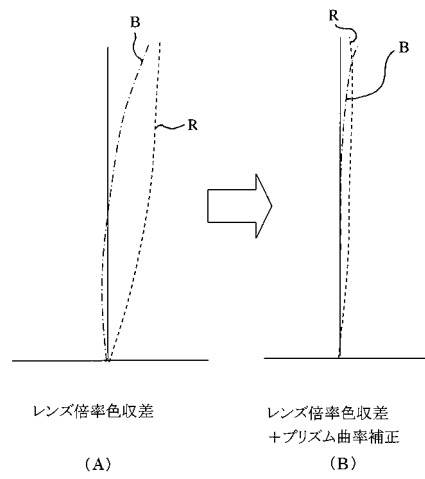
- 1 投射レンズ
- 2 緑用反射型光変調素子
- 3 青用反射型光変調素子
- 4 赤用反射型光変調素子
- 5, 6, 7 偏光ビームスプリッタ
- 8 緑透過ダイクロイックミラー
- 21, 22, 23 偏光板
- 42, 43, 21 1/4波長板
- 41, 44 波長選択性偏光回転素子
- 51, 61, 71 偏光分離面

30

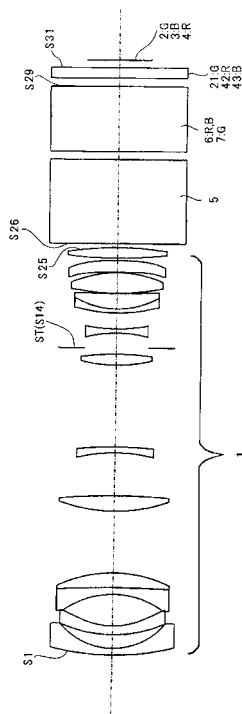
【図1】



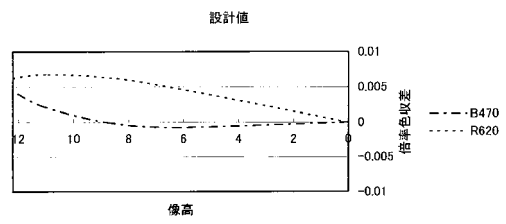
【図2】



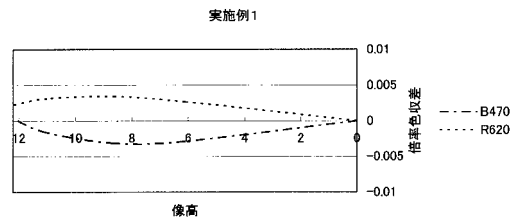
【図3】



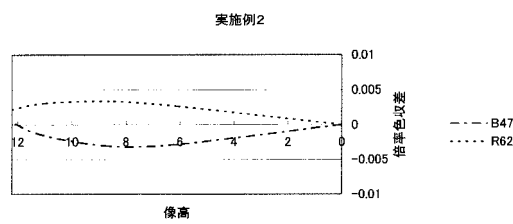
【図4A】



【図4B】



【図4C】



---

 フロントページの続き
(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 F 1/13357

F I

G 0 2 B 13/16

G 0 2 B 13/18

G 0 2 F 1/13 5 0 5

G 0 2 F 1/13357

テーマコード(参考)

Fターム(参考) 2H087 KA06 KA07 LA01 PA11 PA19 PB13 QA02 QA07 QA17 QA22  
 QA26 QA34 QA41 QA45 RA05 RA12 RA13 RA32 RA41  
 2H088 EA14 EA15 EA16 EA19 HA13 HA24 MA02 MA03  
 2H091 FA05Z FA26X FA26Z FD07 FD23 LA03 LA12 LA15 LA18 MA07  
 2K103 AA01 AA11 AA14 AB06 BC09 BC14 BC15 BC50 CA17 CA18  
 CA19 CA26 CA76