

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5350163号
(P5350163)

(45) 発行日 平成25年11月27日(2013.11.27)

(24) 登録日 平成25年8月30日(2013.8.30)

(51) Int.Cl.

F I

G O 3 B 21/14 (2006.01)

G O 3 B 21/14 D

G O 2 B 15/167 (2006.01)

G O 2 B 15/167

G O 2 B 15/20 (2006.01)

G O 2 B 15/20

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/18

G O 2 B 7/02 (2006.01)

G O 2 B 7/02 C

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2009-230416 (P2009-230416)
(22) 出願日 平成21年10月2日(2009.10.2)
(65) 公開番号 特開2011-76040 (P2011-76040A)
(43) 公開日 平成23年4月14日(2011.4.14)
審査請求日 平成24年10月1日(2012.10.1)

(73) 特許権者 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 100086818
弁理士 高梨 幸雄
(72) 発明者 菅原 三郎
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
(72) 発明者 猪子 和宏
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
(72) 発明者 高橋 真
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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像投射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像表示素子と、前記画像表示素子に表示された画像をスクリーン上に投射する光学系を有する画像投射装置において、

前記光学系は、

光軸に対して垂直な方向の成分を持つ方向に移動する光学素子と、

前記光学素子を前記光軸に対して垂直な方向の成分を持つ方向に移動させることが可能な調整機構と、

前記光学素子を鏡筒に固定する保持部材を有し、

前記光学素子が1つの場合は、前記光学素子の材料のd線におけるアッペ数を $V_{dc h}$ 、前記光学素子が複数の場合は、複数の前記光学素子のd線における合成アッペ数を $V_{dc h}$ 、前記光学素子が1つの場合は、前記光学素子のd線における焦点距離を $f_{dc h}$ 、前記光学素子が複数の場合は、複数の前記光学素子のd線における合成焦点距離を $f_{dc h}$ 、前記画像表示素子の画素のピッチを P とするとき、

$$V_{dc h} < 3.5$$
$$0.5(\text{mm}^2) < |P \cdot f_{dc h}| < 1.3(\text{mm}^2)$$

なる条件式を満足することを特徴とする画像投射装置。

【請求項 2】

前記光学素子は、前記光学系の最も縮小共役面側に配置されており、前記光学素子から縮小側共役面までの空気換算距離を L 、前記光軸に対し垂直な方向に関する、前記光学素

10

20

子の 1 mm 当たりのシフト量に対する F 線と C 線の縮小共役面における色ずれ量の敏感度 c_h を

$$c_h = L / (f_{dc_h} \cdot V_{dc_h})$$

とするとき、

$$0.7 < c_h / P < 4.9$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の画像投射装置。

【請求項 3】

前記光学素子が 1 つの場合は、前記光学素子の材料の屈折率を N_{ch} 、前記光学素子が複数の場合は、複数の前記光学素子の平均屈折率を N_{ch} とするとき、

$$N_{ch} > 1.65$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の画像投射装置。

【請求項 4】

前記光学素子は正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより成り、前記負レンズの材料の d 線における屈折率を N_{chn} 、前記正レンズの材料の d 線における屈折率を N_{chp} とするとき、

$$|N_{chn} - N_{chp}| < 0.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像投射装置。

【請求項 5】

前記光学素子を複数有し、

前記光学素子は正レンズと負レンズであって、前記正レンズと前記負レンズは、全体として正の屈折力を有し、前記正レンズの材料のアップベ数は、前記負レンズの材料のアップベ数よりも小さいことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像投射装置。

【請求項 6】

前記光学系は変倍レンズ群を有し、

前記光学素子が 1 つの場合、前記光学素子は前記変倍レンズ群より縮小共役面側に配置され、前記光学素子が複数の場合、前記複数の光学素子は前記変倍レンズ群より縮小共役面側に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の画像投射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は画像投射装置に関するものである。特に画像表示素子で表示された画像を投射レンズ（投射光学系）によってスクリーン上に拡大投射するプロジェクターにおいて、投射レンズの組立誤差より生ずる投射画像の色ずれの補正を効果的に行ったものである。

【背景技術】

【0002】

画像表示素子（液晶パネルなど）を投射レンズでスクリーン上に投影し、画像を得る画像投射装置が広く用いられている。投射レンズを構成する個々のレンズや複数のレンズより成るレンズ群をレンズ鏡筒に組み込む際に組立て誤差により平行偏芯が発生してくる。この結果、投射画像に色ずれが発生してくる。

【0003】

投射レンズにおいて色ずれが多く発生してくると、スクリーン上で、赤、緑、青の 3 色の投射画像が分離されて投影されてしまい、解像力（画質）が大きく低下してくる。このときの色ずれによる画質の低下は、被写体を撮像するカメラに用いる撮像レンズにおいても同様に生ずる。色ずれに着目すると、従来より大気分散による色ずれを軽減するようにした光学系が知られている。（特許文献 1）。特許文献 1 では天体望遠鏡において、観測する天体が天頂付近にない場合に、大気の色分散により発生する光軸上の光軸に垂直な方向の色ずれを補正する収差補正系を用いた天体望遠鏡を開示している。特許文献 1 においては、全体としてほとんど屈折力がない、屈折率がほぼ同じでアップベ数がある程度異なる

10

20

30

40

50

材料より成る接合レンズを収差補正系として配置している。この収差補正系を光軸に対して垂直な方向に移動することにより、他の収差を悪化させずに、色ずれを補正することを開示している。この他、複数のレンズやレンズ群より成る光学系において組立誤差による収差の影響を軽減するために偏芯調整機能を有するズームレンズが知られている（特許文献2）。特許文献2では一部のレンズ群をチルト及びシフトして偏芯調整したズームレンズの偏芯調整方法を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平6-230274号公報

10

【特許文献2】特開2005-274837号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

光学系を構成する複数のレンズ又はレンズ群をレンズ鏡筒に組み込む際に組立誤差があると偏芯収差が発生し、特に偏芯倍率色収差が多く発生してくる。ここで、偏芯倍率色収差とは、組立誤差により発生する平行偏芯による光軸上の光軸に垂直な方向の色ずれのことである。この偏芯倍率色収差は投射レンズにおいては投射画像の色ずれとなり、又撮像レンズにおいては像の色ずれとなってきて、画質を大きく低下させる原因となる。この問題は近年、画像表示素子が高解像化することにより顕著になってきた。組立て誤差がないように複数のレンズやレンズ群をレンズ鏡筒に組み込むのは大変困難である。このため、光学系を構成するレンズ又はレンズ群を偏芯させて組立て誤差による光学性能の低下を軽減させる方法は大変有効である。しかしながら単に光学素子を偏芯調整しても効率的に色ずれを軽減することは難しい。色ずれを軽減するには偏芯調整する光学系中の光学素子を適切に選択し、かつ光学素子を適切に構成することが重要である。

20

【0006】

本発明は、個々の光学素子のレンズ鏡筒への組み込みの際に、組立誤差により発生する偏芯倍率色収差を、簡単な構成で効果的に軽減することができる画像投射装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

本発明の画像投射装置は、画像表示素子と、前記画像表示素子に表示された画像をスクリーン上に投射する光学系を有する画像投射装置において、前記光学系は、光軸に対して垂直な方向の成分を持つ方向に移動する光学素子と、前記光学素子を前記光軸に対して垂直な方向の成分を持つ方向に移動させることが可能な調整機構と、前記光学素子を鏡筒に固定する保持部材を有し、前記光学素子が1つの場合は、前記光学素子の材料のd線におけるアップ数をV d c h、前記光学素子が複数の場合は、複数の前記光学素子のd線における合成アップ数をV d c h、前記光学素子が1つの場合は、前記光学素子のd線における焦点距離をf d c h、前記光学素子が複数の場合は、複数の前記光学素子のd線における合成焦点距離をf d c h、前記画像表示素子の画素のピッチをPとすると、

40

$$V d c h < 3.5$$

$$0.5 \text{ (mm}^2\text{)} < |P \cdot f d c h| < 1.3 \text{ (mm}^2\text{)}$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、個々の光学素子のレンズ鏡筒への組み込みの際に、組立誤差により発生する偏芯倍率色収差を、簡単な構成で効果的に軽減することができる画像投射装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

50

- 【図 1】本発明の実施例 1 の光学系を有する画像投射装置の要部断面図
【図 2】(A)(B)(C) 本発明の実施例 1 の収差図
【図 3】本発明の実施例 2 の光学系を有する画像投射装置の要部断面図
【図 4】(A)(B)(C) 本発明の実施例 2 の収差図
【図 5】本発明の実施例 3 の光学系を有する画像投射装置の要部断面図
【図 6】(A)(B)(C) 本発明の実施例 3 の収差図
【図 7】本発明に係る平行偏芯調整機構の構成図
【図 8】本発明に係る平行偏芯可能な鏡筒構成図
【図 9】カラー液晶プロジェクターの要部概略図
【図 10】撮像装置の要部概略図
【発明を実施するための形態】
【0010】

10

以下に、本発明の好ましい実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。本発明の画像投射装置は液晶パネル等から成る画像表示素子と、画像表示素子に表示された画像をスクリーン上に投射する単一焦点距離の投射レンズ又は変倍レンズ群を含むズームレンズ等の光学系を有する。光学系は光軸に対して垂直な方向の成分を持つ（光軸に対して垂直な成分を持つ）方向に移動する単一レンズより成る光学素子又は正レンズと負レンズを含む光学素子を有する。更に光学素子を光軸に対して垂直な方向の成分を持つように移動可能な調整機構または光軸に対して垂直な方向の成分を持つように移動後、固定鏡筒に固定する保持部材とを有している。

20

【0011】

図 1 は実施例 1 の光学系として単一焦点距離の投射レンズを用いた画像投射装置（液晶ビデオプロジェクター）の要部概略図である。図 2 (A)、(B)、(C) は実施例 1 において光学系の各レンズに偏芯がないときと、レンズ L 2 に偏芯があったときと、レンズ（光学素子）L 1 4 で色ずれを補正したときの横収差図である。収差図において実線は d 線、2 点鎖線は g 線、1 点鎖線は C 線、点線は F 線である。

【0012】

図 3 は実施例 2 の光学系として単一焦点距離の投射レンズを用いた画像投射装置（液晶ビデオプロジェクター）の要部概略図である。図 4 (A)、(B)、(C) は実施例 2 において光学系の各レンズに偏芯がないときと、レンズ L 1 に偏芯があったときと、第 3 レンズ群（光学素子）B 3 で色ずれを補正したときの横収差図である。

30

【0013】

図 5 は実施例 3 の光学系としてズームレンズを用いた画像投射装置の広角端における要部概略図である。図 6 (A)、(B)、(C) は実施例 3 において光学系の各レンズに偏芯がないときと、レンズ G 5（第 2 レンズ群 2 0）に偏芯があったときと、第 7 レンズ群（光学素子）7 0 で色ずれを補正したときの横収差図である。

【0014】

図 7、図 8 は本発明に係るレンズの平行偏芯調整機構の要部概略図である。実施例 1 ~ 3 における画像投射装置では、液晶パネル LCD（画像表示素子）により表示された画像を光学系（投射レンズ、投写レンズ）PL を用いてスクリーン面 S 上に拡大投影している状態を示している。S はスクリーン面（投影面）、LCD は液晶パネル（画像表示素子）であり、光学系 PL の像面に位置している。スクリーン面 S と液晶パネル LCD とは共役関係にあり、一般にはスクリーン面 S は距離の長い方の共役点で拡大側（前方、拡大共役点）に、液晶パネル LCD は距離の短い方の共役点で縮小側（後方、縮小共役点）に相当している。

40

【0015】

PR は色合成プリズムや偏光フィルター、そしてカラーフィルター等に対応して光学設計上設けられたガラスブロックである。光学系 PL は、接続部材（不図示）を介して液晶ビデオプロジェクター本体（不図示）に装着されている。ガラスブロック PR 以降の液晶表示パネル LCD はプロジェクター本体に含まれている。液晶パネル LCD は縮小側に設

50

けた照明光学系（不図示）からの光で照明されている。

【0016】

各実施例において、光学系 P L は光軸上の光軸に対し垂直方向の色ずれ（偏心倍率色差）を補正するために光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動する光学素子を有する。このとき、光学素子の材料の d 線における合成アッベ数を V_{dch} とする。光学素子の d 線における合成焦点距離を f_{dch} とする。画像表示素子の画素のピッチを p とする。このとき、

$$V_{dch} < 3.5 \quad (1)$$

$$0.5 \text{ (mm}^2\text{)} < |P \cdot f_{dch}| < 1.3 \text{ (mm}^2\text{)} \quad (2)$$

なる条件式を満足している。また光学系 P L により画像をスクリーン S 上に投射する被投射画像の投射有効範囲を IMG とする。このとき、

$$0.10 < |IMG / f_{dch}| < 0.30 \quad (3)$$

なる条件式を満足している。

【0017】

ここで光学素子が正レンズと負レンズとを有するときの合成アッベ数 V_{dch} と合成焦点距離 f_{dch} は次のとおりである。光学素子を構成する正レンズの焦点距離を f_p 、光学素子を構成する正レンズの材料のアッベ数を p とする。光学素子を構成する負レンズの焦点距離を f_n 、光学素子を構成する負レンズの材料のアッベ数を n とする。光学素子の合成の焦点距離 f_{dch} は、

$$1 / f_{dch} = 1 / f_p + 1 / f_n$$

である。光学素子の材料の合成アッベ数 V_{dch} は

$$1 / (f_{dch} \cdot V_{dch}) = 1 / (f_p \cdot V_p) + 1 / (f_n \cdot V_n)$$

より、

$$V_{dch} = 1 / [f_{dch} \cdot \{1 / (f_p \cdot V_p) + 1 / (f_n \cdot V_n)\}]$$

である。

【0018】

上記の条件式の意味について説明する。条件式 (1) は、色ずれの補正用の光学素子の材料の合成アッベ数について規定したものである。但し、光学素子が単一レンズの場合は、単一レンズの材料のアッベ数である。条件式 (1) の上限値を超えると、色ずれを補正するときの光学素子の平行偏芯量が増加してしまうため、偏芯コマ収差や像面倒れが大きく発生してくるので好ましくない。

【0019】

条件式 (2) は画像表示素子の画素ピッチと光学素子の焦点距離との積の範囲を限定したものである。条件式 (2) の下限値を超えると、光学素子のパワー（屈折力＝焦点距離の逆数）が強くなりすぎ、平行偏芯させたときの偏芯コマや像面倒れが大きくなってしまうので、好ましくない。また条件式 (2) の上限値を超えると、光学素子のパワーが弱くなりすぎて、色ずれを補正する際の光学素子の平行偏芯量が大きくなり過ぎるため、好ましくない。光学素子の平行偏芯量が大きくなりすぎると、光学素子の片側で有効光線がケラれてくる。これを回避するためには、光学素子の大きさを大きくしなければならず、この結果、光学素子が大型化してしまうので好ましくない。

【0020】

条件式 (3) は、光学系 P L により画像を投射することのできる縮小共役側の投射有効範囲の大きさを光学素子の合成焦点距離で割った値を規定したものである。条件式 (3) の下限値を超える領域では、光学素子のパワーが弱くなり、色ずれを補正する際の光学素子の平行偏芯量が大きくなり過ぎるため、好ましくない。条件式 (3) の上限を超える領域では、光学素子のパワーが強くなりすぎ、光学素子を平行偏芯させたときに偏芯コマや像面倒れが大きくなってしまうので、好ましくない。更に好ましくは条件式 (1) 乃至条件式 (3) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0021】

$$V_{dch} < 3.0 \quad (1a)$$

$$0.7 (\text{mm}^2) < |P \cdot f d c h| < 1.1 (\text{mm}^2) \quad (2a)$$

$$0.12 < |IMG / f d c h| < 0.28 \quad (3a)$$

以上のように各実施例によれば、複数のレンズやレンズ群により構成され、その個々のレンズの鏡筒への組み込みの際に発生するレンズ偏心によって生じる光軸上の光軸に対する垂直な方向の色ずれ（偏芯倍率色収差）を補正することができる。

【0022】

各実施例において、更に好ましくは次の諸条件のうちの1以上を満足するのが良い。光学素子が光学系PLの最も縮小共役点側に配置されているとき、光学素子から縮小側共役点までの空気換算距離をLとする。光学素子の光軸に対し垂直方向の1mm当たりのシフト量に対するF線とC線の縮小共役側面における色ずれ量の敏感度 ch を

$$ch = L / (f d c h \cdot V d c h)$$

とする。光学素子の材料の平均屈折率をNchとする。光学素子は正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより成り、光学素子に含まれる負レンズの材料のd線における屈折率をNchn、光学素子に含まれる正レンズの材料のd線における屈折率をNchpとする。このとき、

$$0.7 < ch / P < 4.9 \quad (4)$$

$$Nch > 1.65 \quad (5)$$

$$|Nchn - Nchp| < 0.1 \quad (6)$$

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0023】

色ずれ補正用の光学素子の敏感度 ch の式の導出について説明する。色ずれ補正用の光学素子の1mm当たりのシフト量に対するF線とC線の縮小共役面における色ずれ量（色ずれ敏感度）を ch とする。色ずれ補正用の光学素子の縮小共役側の主点から縮小共役点までの距離をLとする。F線における色ずれ補正用の光学素子の合成焦点距離をfFchとする。C線における色ずれ補正用の光学素子の合成焦点距離をfCchとする。d線における色ずれ補正用の光学素子の合成焦点距離をfdchとする。色ずれ補正用の光学素子の合成アッペ数をvdchとする。このとき敏感度 ch は、

$$\begin{aligned} ch &= L / f F c h - L \cdot / f C c h \\ &= L \cdot (1 / f F c h - 1 / f C c h) \\ &= L (f C c h - f F c h) / (f F c h \cdot f C c h) \\ &= L \cdot (f C c h - f F c h) f d c h^2 \\ &= L \cdot f d c h / v d c h / (f d^2) \\ &= L / (f d c h \cdot v d c h) \end{aligned}$$

ch の約7割の値が470nm（青）と550nm（緑）の色ずれ敏感度に相当する。

ch の約3割の値が620nm（赤）と550nm（緑）の色ずれ敏感度に相当する。

【0024】

fCch - fFch = fdch / vdch（ほぼ等しい）の導出について説明する。アッペ数をvdとする。d線における屈折をndとする。F線における屈折率をnFとする。C線における屈折率をnCとする。このとき、アッペ数の定義より

$$vd = (nd - 1) / (nF - nC)$$

である。これより、

$$(nd - 1) = (nF - nC) \cdot vd$$

である。単レンズのd線における焦点距離をfdとする。単レンズの拡大共役側レンズ面の曲率半径をR1とする。単レンズの縮小共役側レンズ面の曲率半径をR2とする。単レンズの焦点距離fd、屈折率nd、曲率半径R1、R2の関係式は、

$$1 / fd = (nd - 1) \cdot (1 / R1 - 1 / R2)$$

となる。

【0025】

これらの式より

$$(nd - 1) = 1 / (fd \cdot (1 / R1 - 1 / R2))$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 (n_F - n_C) \cdot v_d &= 1 / (f_d \cdot (1/R_1 - 1/R_2)) \\
 (n_F - n_C) &= 1 / (f_d \cdot (1/R_1 - 1/R_2) \cdot V_d) \\
 (n_F - n_C) \cdot (1/R_1 - 1/R_2) &= 1 / (f_d \cdot V_d) \\
 (n_F - 1) \cdot (1/R_1 - 1/R_2) - (n_C - 1) \cdot (1/R_1 - 1/R_2) &= 1 / (f_d \cdot V_d) \\
 1/f_F - 1/f_C &= 1 / (f_d \cdot V_d) \\
 (f_C - f_F) / (f_F \cdot f_C) &= 1 / (f_d \cdot V_d) \\
 f_C - f_F &= (f_F \cdot f_C) / (f_d \cdot V_d)
 \end{aligned}$$

ここで

$f_F \cdot f_C = f_d^2$ (ほぼ等しい) (ここでほぼ等しいとは $\pm 10\%$ 以内である) 10
 とすると

$$\begin{aligned}
 f_C - f_F &= f_d^2 / (f_d \cdot V_d) \\
 f_C - f_F &= f_d / V_d \quad (\text{ほぼ等しい})
 \end{aligned}$$

となる。

【0026】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(4)は、色ずれ補正用の光学素子の1mm当たりのシフト量に対するF線とC線の縮小共役面における色ずれ量(色ずれ敏感度)を画像表示素子の画素ピッチで割った値を限定したものである。条件式(4)の下限値を超える領域では、色ずれ敏感度が小さくなりすぎ、色ずれを補正するときの光学素子の平行偏芯量が大きくなってしまいうため好ましくない。条件式(4)の上限を超える領域では、色ずれ敏感度が大きくなりすぎ、光学素子の僅かな平行偏芯量で色ずれが大きく変化しすぎるため微調整が困難となってくるため、好ましくない。

20

【0027】

条件式(5)は、光学素子の材料の平均屈折率を限定したものである。条件式(5)の下限値をこえると、光学素子を構成するレンズのレンズ面の曲率半径が小さくなり、色ずれ補正のための平行偏芯時の、偏芯コマ収差や像面倒れが大きくなってくるので、好ましくない。

【0028】

条件式(6)は、光学素子が負レンズと正レンズとを接合した接合レンズで構成される場合の、両者の屈折率差の絶対値について限定したものである。条件式(6)の上限値を超える領域では、光学素子の接合レンズ面において球面収差の発生が大きく発生してきて、平行偏芯時の偏芯コマ収差の発生が大きくなるため、好ましくない。更に好ましくは条件式(4)乃至条件式(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

30

【0029】

$$\begin{aligned}
 1.5 < n_c h / P &< 4.4 & (4a) \\
 N_c h > 1.70 & & (5a) \\
 |N_c h n - N_c h p| &< 0.06 & (6a)
 \end{aligned}$$

各実施例において、光学素子は正レンズと負レンズを有する全体として正の屈折力を有し、該正レンズの材料のアッペ数は該負レンズの材料のアッペ数より小さい。また光学系が変倍レンズ群を有するズームレンズのときは、光学素子は変倍レンズ群より縮小共役側に配置される。

40

【0030】

図1、図3の実施例1、2の画像投射装置に用いる光学系PLの構成について説明する。図1、図3の実施例1、2はレンズ構成が同じである。iを拡大共役側から縮小共役側へのレンズ群の順序としたとき、Biは第iレンズ群を示している。図1、図2において、光学系PLは拡大共役側から順に、レンズL1より構成される負の屈折力の第1レンズ群B1、レンズL2～レンズL5から構成される負の屈折力の第2レンズ群B2を有している。更にレンズL6～レンズL7から構成される正の屈折力の第3レンズ群B3、絞りS、レンズL8～レンズL14から構成される正の屈折力の第4レンズ群B4より構成されている。スクリーンSが拡大共役側で無限遠にあったときから至近距離にきたときの距

50

離変化に対応して、第2レンズ群B2と第3レンズ群B3の双方を矢印の如く縮小共役側に、第2レンズ群B2と第3レンズ群B3の間隔が広がるよう移動する。これにより焦点合わせを行っている。

【0031】

実施例1、2において各レンズ群の不図示の鏡筒への組み込み時に発生する平行偏芯により発生する光軸上に対して垂直な方向の色ずれの補正を次のようにして行っている。図1の実施例1では第4レンズ群B4の最も縮小共役側の正レンズ(光学素子)L14を光軸に対して垂直な方向に移動することにより、補正している。正レンズL14は材料のA_vが22.76で、色分散が大きく、少ない平行偏芯量で、色ずれを補正することができる。また、材料の屈折率が1.808095と高い。このため、パワー(屈折力=焦点距離の逆数)の割にレンズ面の曲率半径をゆるくできるので、球面収差の発生が少なく、平行偏芯による偏芯コマや像面倒れの変化を小さくすることが容易である。

10

【0032】

たとえば、後述する数値実施例1において、レンズ群の平行偏芯の最大偏芯量を0.05mm、レンズ群内の最大平行偏芯量0.01mmと仮定する。個々のレンズおよびレンズ群の偏芯量と、偏芯する光軸周りの方向に乱数をかけて、レンズ光軸上の色ずれ最大量を算出すると、波長470nm(青)と波長550nm(緑)の色ずれ量は0.0038mmとなる。このレンズを画素ピッチ0.008mmの液晶パネルを使用したプロジェクターに適用しようとする、画素ピッチの半分程度の色ずれが発生してしまい、解像感が大きく低下してしまう。特にスクリーン周辺部では、上記色ずれに加えて、投射レンズそのものから発生する倍率色収差による色ずれも加算されるので、画素ピッチと同程度の色ずれとなってしまう可能性があり、解像度が大きく低下してしまう。この実施例において、正レンズL14を0.28mmだけ光軸に対して垂直な方向に移動することにより、波長470nm(青)と波長550nm(緑)の色ずれ0.0038mmを0に戻すことができる。

20

【0033】

図3の実施例2では実施例1と同じレンズ構成であるが、色ずれ補正を行うレンズが実施例1と異なる。図3の実施例2において、各レンズ群の不図示の鏡筒への組み込み時に発生する平行偏芯により発生する光軸上に対して垂直な方向の色ずれを、第3レンズ群(光学素子)B3を光軸に対して垂直な方向に移動することにより、補正している。第3レンズ群B3は、正レンズL6の材料のA_vが28.46、負レンズL7の材料のA_vが55.53であり、正レンズL6のほうが色分散の大きい材料を使用している。このため色だしレンズとなっており、第3レンズ群B3の少ない移動量で、色ずれの補正が容易となっている。

30

【0034】

また、正レンズL6の材料の屈折率は1.72825、負レンズL7の材料の屈折率は1.696797で、両方とも屈折率がある程度高く、屈折率差が小さいので、第3レンズ群B3全体における球面収差の発生が少ないレンズ構成となっている。このため、第3レンズ群B3の平行偏芯が生じても、偏芯コマ収差の発生が少なく抑えられる。また、第3レンズ群B3と第4レンズ群B4の間は光線がほぼアフォーカルとなっているので第3レンズ群B3の平行偏芯により、像面の倒れの発生も少ないレンズ構成となっている。たとえば、後述する数値実施例2において、レンズ群の平行偏芯の最大偏芯量を0.05mm、レンズ群内の最大平行偏芯量0.01mmと仮定する。個々のレンズおよびレンズ群の偏芯量と、偏芯する光軸周りの方向に乱数をかけて、レンズ光軸上の色ずれ最大量を算出すると、波長470nm(青)と波長550nm(緑)の色ずれ量は0.0038mmとなる。このレンズを画素ピッチ0.008mmの液晶パネルを使用したプロジェクターに適用しようとする、画素ピッチの半分程度の色ずれが発生してしまい、解像感が大きく低下してしまう。この実施例において、第3レンズ群B3を0.15mm光軸に対して垂直な方向に移動することにより、波長470nm(青)と波長550nm(緑)の色ずれ0.0030mmを0に戻すことができる。

40

50

【0035】

図5の実施例3の画像投射装置に用いる光学系PLの構成について説明する。図5に示す光学系は7つのレンズ群より成る7群ズームレンズである。図5において光学系PLは拡大共役側から縮小共役側へ順に、レンズG1～レンズG4より構成される負の屈折力のフォーカス用の第1レンズ群10、レンズG5より構成されるフォーカス用の正の屈折力の第2レンズ群20を有している。更にレンズG6より構成される正の屈折力の第3レンズ群30を有している。更にレンズG7より構成される正の屈折力の第4レンズ群40、レンズG8より構成される正の屈折力の第5レンズ群50、レンズG9～レンズG13より構成される負の屈折力の第6レンズ群60を有している。更にレンズG14～レンズG15より構成される正の屈折力の第7レンズ群70より構成される。

10

【0036】

ワイド端（広角端）からテレ端（望遠端）へのズーミングに際しては、矢印の如く第3レンズ群30、第4レンズ群40、第5レンズ群50、第6レンズ群60を光軸上で移動している。また、スクリーンSが拡大共役側で、無限遠にあったときから至近距離に変化したときは、第1レンズ群10と第2レンズ群20の双方を、第1レンズ群10と第2レンズ群20の間隔が広がるよう縮小共役側に移動している。これにより、焦点合わせを行っている。不図示の鏡筒に組み込まれるときに発生するレンズG1～レンズG15の平行偏芯により、発生する光軸上の色ずれを、第7レンズ群（光学素子）70を光軸に対して垂直な方向に移動することで、補正している。

【0037】

20

第7レンズ群70は、アッペ数が22.76、屈折率が1.808095の材料より成る正レンズG14と、アッペ数が37.16、屈折率が1.834の材料より成る負レンズG15とを接合した接合レンズ（色だしレンズ）より構成されている。第7レンズ群70の材料の合成アッペ数は、14.675、合成焦点距離は115.717である。第7レンズ群70は材料の合成アッペ数が小さく、色分散が大きいため、少ない平行偏芯量で色ずれ補正が容易となっている。また、第7レンズ群70の正レンズG14と負レンズはG15の両方の材料の屈折率が高く、正レンズG14と負レンズG15の材料の屈折率差が小さいので、球面収差や像面湾曲の発生が少なく、平行偏芯が生じても偏芯コマや像面倒れの変化が生じ難い。また、第7レンズ群70は、縮小共役面に対して軸外主光線がほぼ平行となるよう配置されているので、平行偏芯が生じて、偏芯コマ収差や像面倒れの変化が少ない。

30

【0038】

たとえば、後述する数値実施例3において、レンズ群の平行偏芯の最大偏芯量を0.05mm、レンズ群内の最大平行偏芯量0.01mmと仮定する。個々のレンズおよびレンズ群の偏芯量と、偏芯する光軸周りの方向に乱数をかけて、レンズ光軸上の色ずれ最大量を算出すると、波長470nm（青）と波長550nm（緑）の色ずれ量は0.0030mmとなる。このレンズを画素ピッチ0.008mmの液晶パネルを使用したプロジェクターに適用しようとする、画素ピッチの半分程度の色ずれが発生してしまい、解像感が大きく低下してしまう。この実施例において、第7レンズ群70を0.16mm光軸に対して垂直な方向に移動することにより、波長470nm（青）と波長550nm（緑）の色ずれ0.0030mmを0に戻すことができる。

40

【0039】

図7は本発明におけるレンズの平行偏心調整機構の構成の概略図である。1はレンズ鏡筒であり、光軸に対して垂直方向に移動するレンズ（レンズ群）を保持している。レンズ鏡筒1には、調整機構として角度等分割で3箇所に同軸コ口4A、4B、4Cと、角度等分割で3箇所に偏心コ口6A、6B、6Cが設けられている。レンズ鏡筒1を保持する固定鏡筒2には、角度等分割に、長穴3Aおよび長穴5A、長穴3Bおよび長穴5B、長穴3Cおよび長穴5Cが互いに直交して配置されている。偏心コ口6A、6B、6Cを回転させることにより、レンズの光軸に対して垂直な方向にレンズ鏡筒1を移動させることができる。たとえば、偏心コ口6Aを回転させることにより、紙面左右方向の平行偏芯が可

50

能となる。また偏芯コロ 6 B を回転させることにより、紙面左上から右下方向への偏芯が可能となる。また偏芯コロ 6 C を回転させることにより、紙面右上から左下方向への偏芯が可能となる。3つの偏芯コロ 6 A、6 B、6 C を回転させることにより、左右上下方向の任意の位置にレンズ鏡筒 1 を平行偏芯することができる。

【0040】

図 1、図 3、図 5 それぞれに示した、色ずれ調整のための正レンズ L 1 4、第 3 レンズ群 B 3、第 7 レンズ群 7 0 は、図 7 に示したようなレンズ鏡筒で保持され、色ずれ調整を可能としている。図 8 は、本発明において光軸に対して、垂直な方向にレンズを移動後、固定可能なレンズ鏡筒の構成を示した要部断面図である。固定鏡筒 7 に対して、移動鏡筒 8 は、光軸 1 5 に対して、垂直な方向に対向面を有している。そして不図示の調整装置により、移動鏡筒 8 は光軸 1 5 に対して垂直な方向に調整され、保持部材としてのねじ 1 1、1 3 により固定鏡筒 8 に固定される。ねじ 1 1、1 3 の太さに対して、移動鏡筒 8 のねじ穴 9、1 4 は、大きく設定されており、移動鏡筒 8 は、光軸 1 5 に対して、垂直な方向に移動可能な構成となっている。

10

【0041】

この構成により、固定鏡筒 7 に保持されているレンズ 1 6 の光軸に対して、移動鏡筒 8 に保持されているレンズ 1 2 の光軸をずらすことが可能となっている。光軸に対し垂直方向に移動させるレンズを保持した移動鏡筒は、図 8 に示す鏡筒の構成によりレンズの平行偏芯調整可能とすることができる。各実施例において液晶パネル LCD の代わりに CCD 等の固体撮像素子を配置すれば TV カメラやビデオカメラ等の撮像装置に適用することができる。このとき前述した各条件式における画像表示素子に関するパラメータはそのまま固体撮像素子としてのパラメータとして取り扱えば良い。

20

【0042】

以上のように各実施例によれば、交換レンズ式のプロジェクターであっても、スクリーン上の色ずれが極めて少ない、非常に解像感の高いプロジェクターシステムを完成させることができる。また、複数の原画像をスクリーン上に投影して、カラー画像を得るプロジェクターだけでなく、1枚の原画像を投影するレンズ交換式プロジェクターにおいても有効である。また、CCD センサーや CMOS センサーなど画素ピッチの小さい撮像素子を用いた、撮影レンズに応用しても良い。

【0043】

本発明では、色ずれ補正用の光学素子を有する光学系に対して、新たに色ずれ補正用の光学素子を追加せずに、色ずれ補正が可能となるので、従来例と比較して、小型で、構成が簡単でかつ色ずれの少ない高性能な光学系を実現することができる。また本発明は、プロジェクターだけでなく、解像度が極めて高い CCD や CMOS センサーを撮像素子に用いたデジタルカメラや、ビデオカメラ用の交換レンズに実施しても、極めて色ずれの少ない撮影画像を得ることができる。

30

【0044】

図 9 は本発明の画像投射装置の実施形態の要部概略図である。同図は前述したズームレンズを 3 板式のカラー液晶プロジェクターに適用し、複数の液晶パネルに基づく複数の色光の画像情報を色合成手段としてのプリズム 1 0 2 を介して合成している。そしてズームレンズ 1 0 3 でスクリーン面 1 0 4 上に拡大投射する画像投射装置を示している。図 9 においてカラー液晶プロジェクター 1 0 1 は R、G、B の 3 枚の液晶パネル 1 0 5 R、1 0 5 G、1 0 5 B からの RGB の各色光をプリズム 1 0 2 で 1 つの光路に合成している。そして前述したズームレンズより成る投影レンズ 1 0 3 を用いてスクリーン 1 0 4 に投影している。以上のように各実施例のズームレンズは、有限距離に位置するスクリーンに拡大投射するプロジェクター装置に好適なものである。

40

【0045】

図 10 は本発明の撮像装置の実施例の要部概略図である。本実施形態ではビデオカメラ、フィルムカメラ、デジタルカメラ等の撮像装置 1 0 6 に撮影レンズとして前述したズームレンズを用いた例を示している。図 10 においては被写体 1 0 9 の像を撮影レンズ 1 0

50

8で感光体107に結像し、画像情報を得ている。

【0046】

以下に実施例1、3の光学系に各々対応する数値実施例1、3を示す。実施例2の数値実施例は実施例1の数値実施例1と同じである。各数値実施例において*i*は拡大側（前方側）からの光学面の順序を示す。実施例中の*f*は焦点距離、*F*は開口数（*F*ナンバー）比である。また、*r_i*は物体側より第*i*番目の面の曲率半径、*d_i*は、第*i*番目の面と第（*i*+1）番目の面（光学面）の間隔、*n_i*と *i*は各々物体側より順に第*i*番目の光学部材の*d*線を基準とした屈折率とアッペ数である。

【0047】

面番号の左側に が付記されている面は、以下の関数に従った非球面形状であることを示し、（*B*）にその非球面係数を示す。数値実施例1、3において縮小共役側の3つの面はガラスブロックPRの平面である。*k*を円錐定数、*A₄*、*A₆*、*A₈*、*A₁₀*、*A₁₂*を非球面係数、光軸からの高さ*h*の位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にして*x*とするとき非球面係数は、

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k)(h/R)^2\}^{1/2}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + A_{12} h^{12}$$

で表示される。但し、*r*は近軸曲率半径である。なお、例えば「*e* - *Z*」の表示は「10⁻²」を意味する。レンズ構成と前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

【0048】

数値実施例1（数値実施例2も同じ）

単位 mm

（A） レンズ構成

焦点距離 12.7

*F*ナンバー 2

面データ

面番号	<i>r</i>	<i>d</i>	<i>n_d</i>	<i>v_d</i>
1*	81.676	5.95	1.77250	49.598
2	30.467	25.19		
3	53.840	2.50	1.77250	49.598
4	25.982	12.23		
5	-28.973	2.90	1.49700	81.546
6	123.759	11.53		
7	0	8.50	1.72047	34.708
8	-25.985	2.05	1.80810	22.761
9	-55.782	3.79		
10	205.639	6.95	1.72825	28.461
11	-45.047	2.50	1.72825	55.53
12	-132.769	42.34		
13 (絞り)	0	19.31		
14	158.961	3.85	1.48749	70.236
15	-79.516	1.91		
16	-321.443	2.00	1.83481	42.714
17	21.124	7.45	1.48749	70.236
18	-46.820	2.00		
19	153.948	7.25	1.48749	70.236
20	-19.990	2.00	1.83481	42.714
21	-200.567	2.00		
22	222.965	9.15	1.49700	81.546
23	-26.49	2.00		
24	-152.455	3.65	1.80810	22.761

25	-63.113	3.10		
26	0	44.02	1.51633	64.142
27	0	21.00	1.80518	25.432
28	0			

(B) 非球面係数

面番号	K	A4	A6	A8	A10
1	0	2.52e-6	-5.32e-10	4.87e-13	-5.77E-18

10

【0049】

数値実施例3

レンズ構成

面番号	r	d	n d	v d
1	44.733	5.30	1.80610	33.3
2	22.959	8.14		
3*	141.228	3.65	1.58313	59.4
4*	30.634	14.80		
5	-28.975	1.75	1.49700	81.5
6	-100.843	0.54		
7	-242.747	3.40	1.80518	25.4
8	-71.436	可変		
9	-147.725	3.70	1.80610	33.3
10	-63.523	可変		
11	106.121	2.80	1.48749	70.2
12	695.425	可変		
13	71.148	3.60	1.83481	42.7
14	437.970	可変		
15	82.379	3.00	1.49700	81.5
16	-326.102	1.26		
r17	0	可変		
18	-92.508	1.25	1.80518	25.4
19	26.201	7.35	1.48749	70.2
20	-40.587	2.06		
21	-26.971	1.40	1.83481	42.7
22	89.874	6.60	1.51633	64.1
23	-36.904	0.51		
24	110.525	8.80	1.49700	81.5
25	-35.376	可変		
26	155.701	6.00	1.80810	22.7
27	-50.379	1.80	1.83400	37.2
28	-212.697	3.10		
29	0	44.02	1.51633	64.1
30	0	21.00	1.80518	25.4
31	0			

20

30

40

群間隔

	広角	中間	望遠
焦点距離	23.26	29.77	39.43

50

d8	3.33	3.33	3.33
d10	37.81	6.56	2.71
d12	14.13	29.55	5
d14	34.33	30.21	38.65
d17	3	11.08	12.2
d25	0.51	12.37	31.2

非球面係数

面番号	K	A 4	A 6	A 8	A 10	A 12
3	0	8.19e-6	-3.00e-8	8.12e-11	-1.21e-13	6.36e-17
4	0	-1.17e-6	-4.29e-8	9.41e-11	-1.62e-13	5.21e-17

10

【 0 0 5 0 】

【表 1】

表 1

条件式	数値実施例		
	1	2	3
(1)	22.761	18.69	14.675
(2)	1.037	0.844	0.926
(3)	0.145	0.178	0.266
(4)	2.1	-----	3.9375
(5)	1.8081	1.7125	1.82105
(6)	-----	0.031	0.0259
	fdch=129.677 (mm) P=0.0008 (mm) IMG=18.8 (mm) $\Delta ch=0.0173$ (mm) L=51.084	fp=50.966 (mm) Vp=28.46 fn=-98.63 (mm) Vn=55.53 fdch=105.5 (mm)	fp=47.29 (mm) Vp=22.76 fn=-79.105 (mm) Vn=37.16 fdch=115.717 (mm) P=0.008 (mm) IMG=26.2 (mm) $\Delta ch=0.030$ (mm) L=51.187

20

30

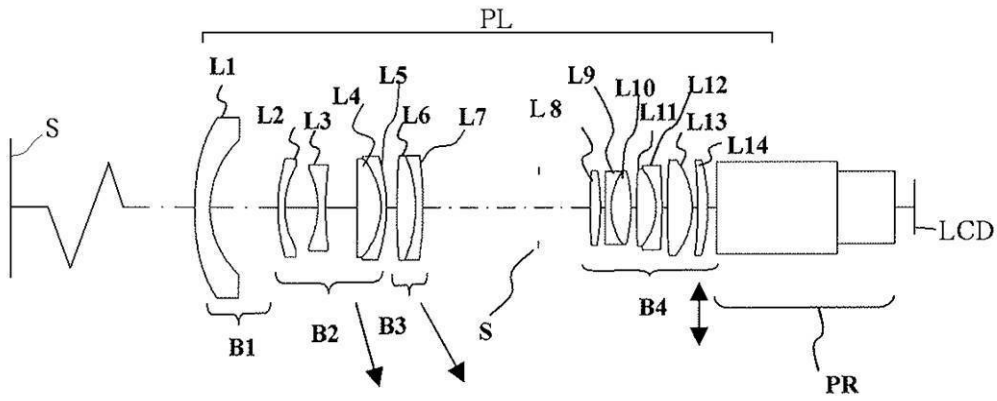
【符号の説明】

【 0 0 5 1 】

L 1 4 : 正レンズ、B 3 : 第 3 レンズ群、7 0 : 第 7 レンズ群、1 : レンズ鏡筒、2 : 固定鏡筒、3 A , 3 B , 3 C , 5 A , 5 B , 5 C : 長穴、4 A , 4 B , 4 C : 同軸コ口、6 A , 6 B , 6 C : 偏芯コ口、7 : 固定鏡筒、8 : レンズ鏡筒、1 1 , 1 3 : ねじ

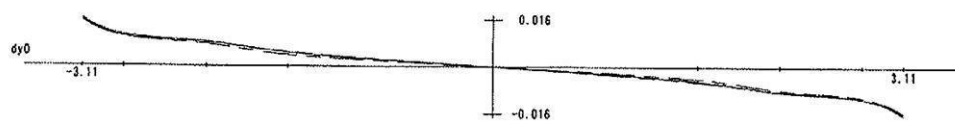
40

【図 1】

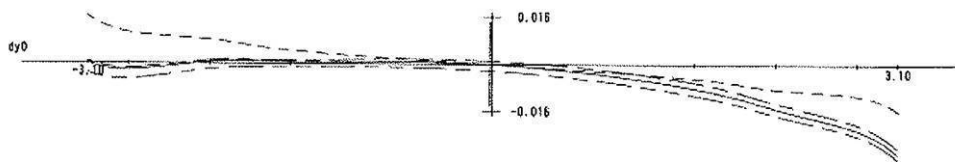


【図 2】

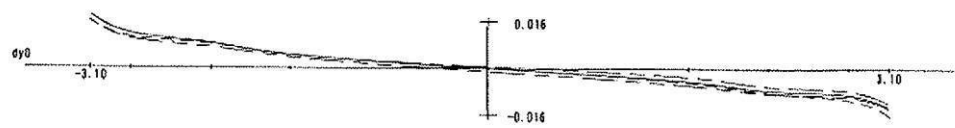
(A)



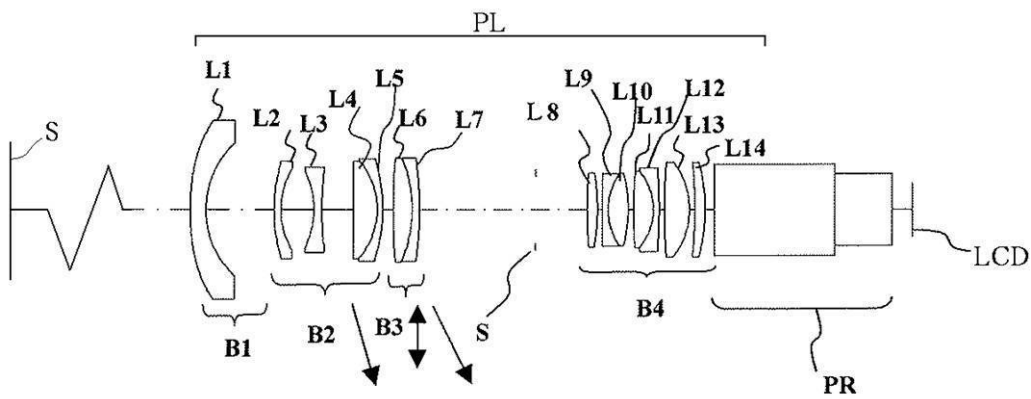
(B)



(C)

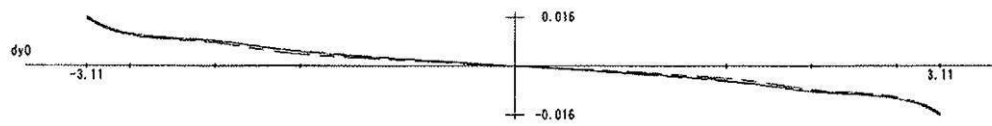


【図 3】

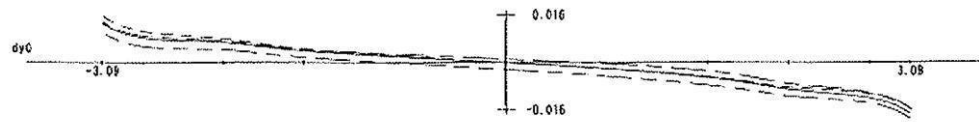


【図 4】

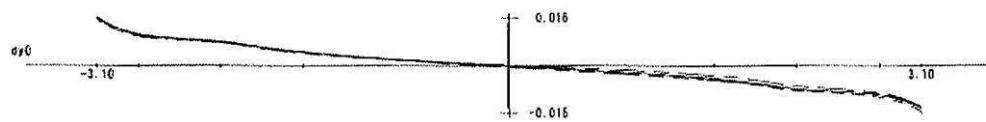
(A)



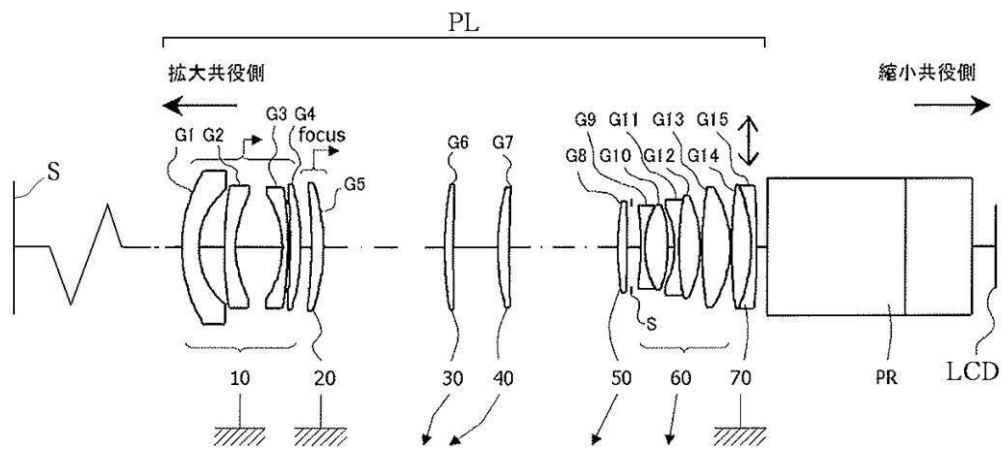
(B)



(C)

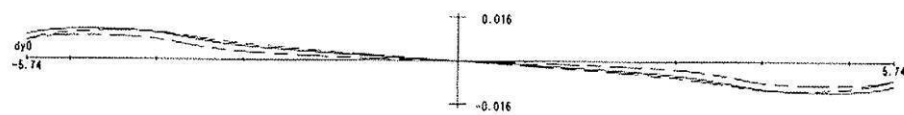


【図 5】

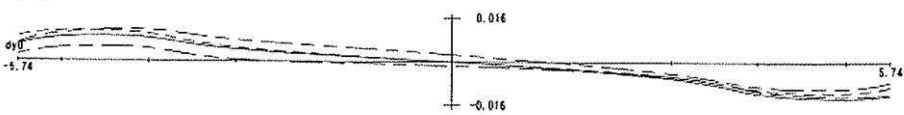


【図 6】

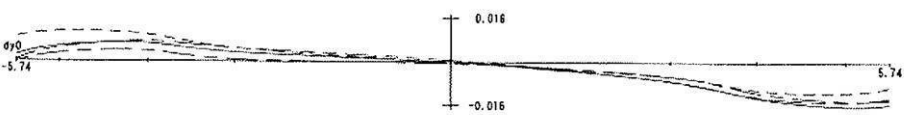
(A)



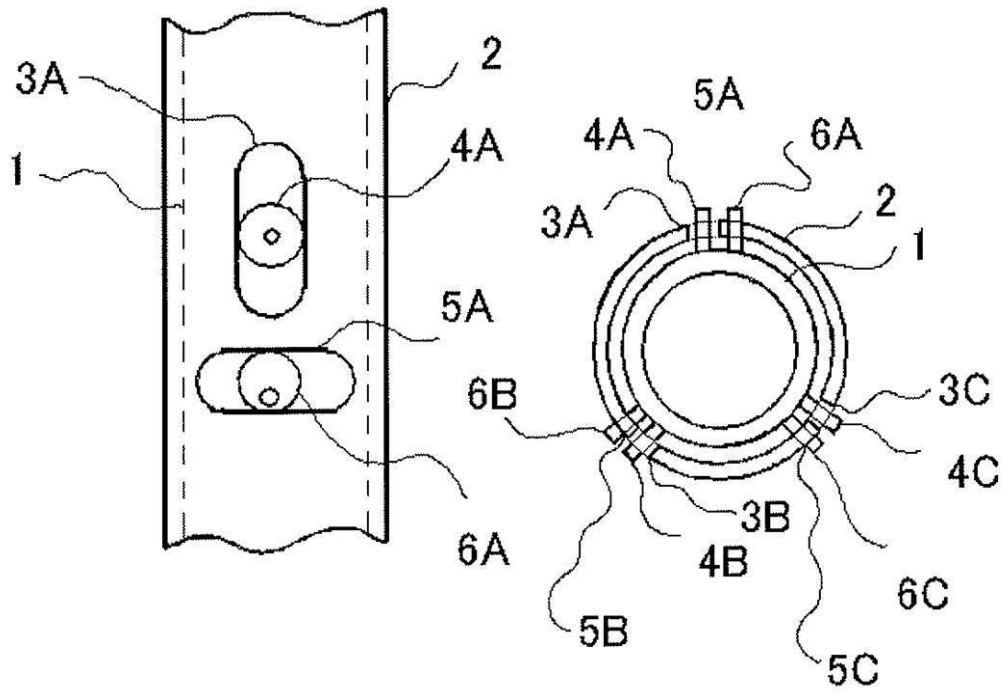
(B)



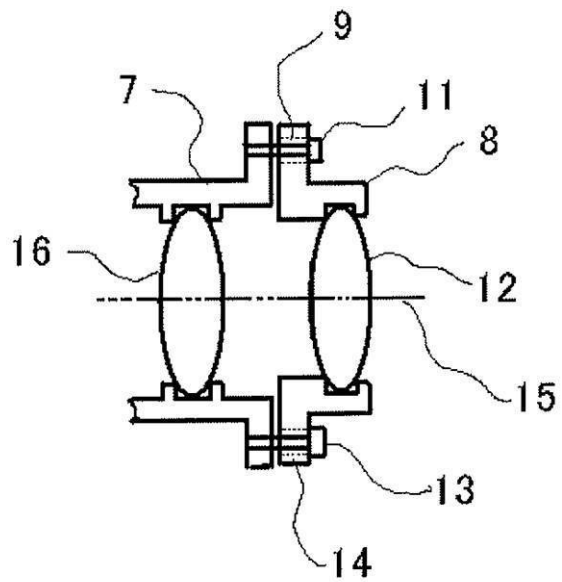
(C)



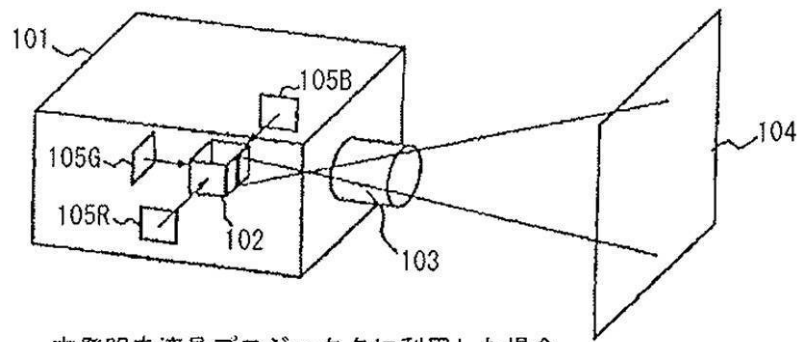
【図7】



【図8】

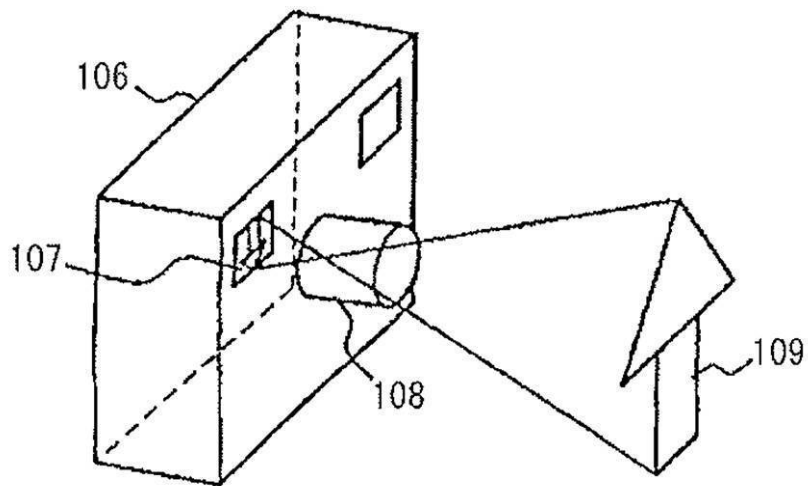


【図 9】



本発明を液晶プロジェクタに利用した場合

【図 10】



フロントページの続き

審査官 佐竹 政彦

(56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 1 3 9 5 4 3 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 4 0 0 4 9 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 2 7 4 8 3 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 7 / 0 0 - 7 / 1 8 2

7 / 1 9 8 - 7 / 2 4

G 0 3 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 1 0

2 1 / 1 2 - 2 1 / 1 3

2 1 / 1 3 4 - 2 1 / 3 0

3 3 / 0 0 - 3 3 / 1 6