

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5094239号
(P5094239)

(45) 発行日 平成24年12月12日(2012.12.12)

(24) 登録日 平成24年9月28日(2012.9.28)

(51) Int.Cl.

G O 2 B 15/20 (2006.01)

F I

G O 2 B 15/20

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2007-173881 (P2007-173881)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成19年7月2日 (2007.7.2)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-14819 (P2009-14819A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成21年1月22日 (2009.1.22)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成22年6月24日 (2010.6.24)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	和田 健
			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
		審査官	森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射光学系及びそれを有する画像投射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明光学系からの光束で照明された被投射画像を被投射面に投射する投射光学系であって、

該被投射面側に最も近いレンズ面の有効径を D_r 、あるレンズ面の有効径を D_{cer} とするとき、

$0.3 < D_{cer} / D_r < 0.7$
を満足するレンズ面を含むレンズ素子のうち少なくとも1つのレンズ素子の焦点距離を f_{cer} 、該レンズ素子の材料の熱伝導率を k ($W/m \cdot K$)、該投射光学系の広角端と望遠端における焦点距離を各々 f_w 、 f_t とするとき

【数 1】

$$0.35 < \sqrt{(f_w \cdot f_t)} / |f_{cer}| < 1.3$$

$$2 < k < 15$$

なる条件を満足することを特徴とする投射光学系。

【請求項 2】

前記少なくとも1つのレンズ素子の材料の d 線に対する屈折率を N_d 、アッペ数を d とするとき、

$$N_d > 2.3 - 0.01 \cdot d$$

$$1.75 < Nd < 2.7$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の投射光学系。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つのレンズ素子は負の屈折力を有し、該レンズ素子の材料のアップベ数を dn とするとき

$$2.5 < dn < 3.6$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の投射光学系。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つのレンズ素子は正の屈折力を有し、該レンズ素子の材料のアップベ数を dp とするとき、

$$3.7 < dp < 6.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の投射光学系。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 つのレンズ素子の中心肉厚を t 、望遠端における全長を T とするとき、

$$0 < t/T < 0.05$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の投射光学系。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つのレンズ素子は単一の独立したレンズより成ることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の投射光学系。

【請求項 7】

開口絞りを有し、該開口絞りに対して最も拡大側に負の屈折力のレンズ群、最も縮小側に正の屈折力のレンズ群を含み、各々のレンズ群間隔を変えながらズームングをすることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の投射光学系。

【請求項 8】

開口絞りを有し、望遠端において、該開口絞りの位置に対して縮小側の各レンズ群の合成焦点距離を f_r 、全系の前側主平面位置を o_1 とするとき、

$$0.7 < o_1/f_r < 1.2$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 7 に記載の投射光学系。

【請求項 9】

前記投射光学系は、拡大側から縮小側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群、正の屈折力の第 6 レンズ群を有し、ズームングのためには、該第 1、第 6 レンズ群は不動であり、広角端から望遠端へのズームングに際して該第 2 ~ 第 5 レンズ群が拡大側へ移動しており、

前記少なくとも 1 つのレンズ素子は、該第 4 レンズ群を構成する 1 つの負レンズ又は該第 3 レンズ群を構成する 1 つの正レンズであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項の投射光学系。

【請求項 10】

前記投射光学系は、拡大側から縮小側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群を有し、ズームングのためには該第 1、第 5 レンズ群は不動であり、広角端から望遠端へのズームングに際して、該第 2 ~ 第 4 レンズ群が拡大側へ移動しており、前記少なくとも 1 つのレンズ素子は、該第 4 レンズ群を構成する負レンズであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項の投射光学系。

【請求項 11】

前記投射光学系は、拡大側から縮小側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群を有し、ズームングのためには該第 1、第 4 レンズ群は不動であり、広角端から望遠端へのズームングに

10

20

30

40

50

際して、該第 2 レンズ群は縮小側へ、該第 3 レンズ群は拡大側へ移動しており、前記少なくとも 1 つのレンズ素子は該第 3 レンズ群を構成する 1 つの負レンズであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項の投射光学系。

【請求項 1 2】

請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項の投射光学系と、原画を形成する画像表示素子を有し、前記画像表示素子によって形成された原画を前記投射光学系によって被投射面に投射することを特徴とする画像投射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、投射光学系及びそれを有する画像投射装置に関し、例えば画像情報を所定面上に投射する液晶プロジェクターに好適なものである。

【背景技術】

【0002】

従来、液晶等の画像表示素子（液晶パネル、ライトガイド）を用いて、その画像表示素子に形成された画像を投射光学系でスクリーン面に投射する画像投射装置（液晶プロジェクター）が種々と提案されている。

【0003】

このとき用いられる投射光学系の一部には、製作の容易性からプラスチック材より成るレンズが用いられている。

20

【0004】

一般にプラスチック材は光学的に熱的変動が大きい為、環境変化があると光学特性が大きく変化してくる。

【0005】

従来より、投射光学系にプラスチック材より成るレンズを使用して、その屈折力を小さく設定することで使用時の温度変動に対して光学仕様が変動することを抑えた投射光学系が知られている（特許文献 1）。

【0006】

またプラスチック材より成る異符号のレンズを複数枚光学系中に配置して各々のレンズで異符号の光学的な変動成分を発生させて全体的に変動成分を相殺し、結果的に光学特性が変動するのを低減させた投射光学系が知られている（特許文献 2）。

30

【0007】

又、熱伝導率が高い材料より成るレンズを用いたデジタルスチルカメラ用のズームレンズが知られている（特許文献 3）。この発明の目的は前記熱伝導率が高い硝子が通常ガラスに比べて高屈折率、高硬度、高曲げ強度を有することに着目し、1 枚の負レンズ薄肉化分の小型化効果を得るまでにとどまっている。

【0008】

画像投射装置用の投射光学系として拡大側に負の屈折力のレンズ群を配置した、全体として複数のレンズ群より成り、広画角化で、バックフォーカスの長いネガティブリード型の投射光学系が知られている（特許文献 4、5）。

40

【特許文献 1】特開 2005 - 338702 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 266103 号公報

【特許文献 3】特開 2006 - 091082 号公報

【特許文献 4】特開 2001 - 235679 号公報

【特許文献 5】特開 2004 - 070306 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

近年、液晶プロジェクターなどの画像投射装置には、明るい蛍光灯下でも良好なる投射画像の観察ができることが望まれている。このため画像投射装置には、明るい投射画像を

50

得るため照明光学系を構成する光源手段に強出力のものが用いられている。

【0010】

この結果、画像投射装置内の光源手段からの発熱及び光源手段から出射される光束の照射等により投射光学系を構成する光学素子の温度が上昇し、光学性能が変化する傾向がある。

【0011】

さらに、ズーム機能を有する投射光学系のうち広角端から望遠端にかけてF値が変動する投射光学系では、一般に望遠端において光束がケラれるので望遠端においてF値が暗くなる。このとき、投射光学系内部の開口絞り近傍で小径部の鏡筒などにより、光束を遮光する場合が多い。

10

【0012】

そうするとレンズ鏡筒で光束を遮光することにより、レンズ鏡筒に入射する光束が熱源となってレンズ鏡筒の温度が上昇してくる。レンズ鏡筒の温度が上昇すると、レンズ素子の位置精度等に影響を与え、投射光学系の光学特性が変動する可能性がある。

【0013】

そこで本発明は、光学特性の変動を少なくし、明るく良好なる投射画像が得られる投射光学系及びそれを有す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】

【0014】

本発明の投射光学系は、照明光学系からの光束で照明された被投射画像を被投射面に投射する投射光学系であって、

20

該被投射面側に最も近いレンズ面の有効径を D_r 、あるレンズ面の有効径を D_{cer} とするとき、

$$0.3 < D_{cer} / D_r < 0.7 \cdots (1)$$

を満足するレンズ面を含むレンズ素子のうち少なくとも1つのレンズ素子の焦点距離を f_{cer} 、該レンズ素子の材料の熱伝導率を k ($W/m \cdot K$)、該投射光学系の広角端と望遠端における焦点距離を各々 f_w 、 f_t とすると

【0015】

【数1】

$$0.35 < \sqrt{(f_w \cdot f_t)} / |f_{cer}| < 1.3 \cdots (2)$$

30

【0016】

$$2 < k < 15 \cdots (3)$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、強出力の光源手段を用いても、又ズームングによって望遠側でのFナンバーが暗くなる光学系であっても、光学特性の変動が小さく、明るく良好なる画像を投射できる投射光学系が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0018】

【実施例1】

【0019】

以下、図面を用いて本発明の投射光学系（投影光学系）及びそれを有する画像投射装置の実施例について説明する。

【0020】

本実施例の投射光学系は、照明光学系からの光束で照明された被投射画像をスクリーン等の被投射面に投射する投射光学系である。この投射光学系は、被投射面に投射する画像（被投射画像を結像した画像）の大きさを変化させる（投射倍率を変化させる）ズームング機能（変倍機能）を有している。但し、本実施例は、ズームング機能を有する投射光学

50

系に限定されるものではない。

【 0 0 2 1 】

本実施例の投射光学系では、光路中に設けた開口絞りの位置又はその近傍で光束径が集光され、その有効径は小さくなる。更に開口絞りの位置に照明光学系の光源像が形成される。そのため、開口絞りの位置又はその近傍のレンズ素子は小径となり、光束密度が高くなっている。

【 0 0 2 2 】

そのため光束密度が高く強い光エネルギー光が透過する（入射する）レンズ素子には、後述するように、強い光エネルギー光が入射しても投射光学系全体としての光学特性の変化が小さくなるようなレンズ（形状、材料）を用いる。

10

【 0 0 2 3 】

。

【 0 0 2 4 】

図 1 は本発明の実施例 1 の投射光学系を用いた画像投射装置（液晶ビデオプロジェクタ）の要部概略図である。図 2、図 3 は本発明の実施例 1 に対応する後述する数値実施例 1 の数値を mm 単位で表わした時の物体距離（第 1 レンズ群からの距離）2 . 4 m のときの広角端（短焦点距離端）と望遠端（長焦点距離端）のズーム位置における収差図である。

【 0 0 2 5 】

図 4 は本発明の実施例 2 の投射光学系を用いた画像投射装置の要部概略図である。図 5、図 6 は本発明の実施例 2 に対応する後述する数値実施例 2 の数値を mm 単位で表わした時の物体距離 2 . 1 m のときの広角端と望遠端のズーム位置における収差図である。

20

【 0 0 2 6 】

図 7 は本発明の実施例 3 の投射光学系を用いた画像投射装置の要部概略図である。図 8、図 9 は本発明の実施例 3 に対応する後述する数値実施例 3 の数値を mm 単位で表わした時の物体距離 1 . 7 6 m のときの広角端と望遠端のズーム位置における収差図である。

【 0 0 2 7 】

図 1 0 は本発明の実施例 4 の投射光学系を用いた画像投射装置の要部概略図である。図 1 1、図 1 2 は本発明の実施例 4 に対応する後述する数値実施例 4 の数値を mm 単位で表わした時の物体距離 2 . 4 m のときの広角端と望遠端のズーム位置における収差図である。

30

【 0 0 2 8 】

図 1 3 は本発明のカラー液晶プロジェクターの要部概略図である。

【 0 0 2 9 】

図 1、図 4、図 7、図 1 0 の実施例 1 ~ 4 における画像投射装置では液晶パネル L C D に表示される画像表示素子（被投射画像）を投射光学系（ズームレンズ、投射レンズ）を用いて被投射面（スクリーン）面 S 0 上に拡大投影している状態を示している。

【 0 0 3 0 】

尚、液晶パネル L C D は、縮小側に設けた照明光学系（不図示）からの光で照明されている。

【 0 0 3 1 】

S 0 はスクリーン面（投射面）、L C D は液晶パネル（ライトバルブ）（液晶表示素子）（画像表示素子）等の被投射画像である。スクリーン面 S 0 と液晶パネル L C D とは共役関係にあり、一般にはスクリーン面 S 0 は距離の長い方の共役点で拡大側（前方側）に、液晶パネル L C D は距離の短い方の共役点で縮小側（後方側）に相当している。

40

【 0 0 3 2 】

尚、投射光学系を撮影系として用いても良い。このときは、スクリーン面 S 側が物体側、液晶パネル L C D 側が像側となる。

【 0 0 3 3 】

画像投射装置の要部概略図において、i は物体側から像側への各レンズ群の順序を示し、L i は第 i レンズ群である。

50

【 0 0 3 4 】

矢印は広角端から望遠端へズームングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。S Pは開口絞りである。

【 0 0 3 5 】

G B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（プリズム）である。

【 0 0 3 6 】

投射光学系は接続部材（不図示）を介して液晶ビデオプロジェクタ本体（不図示）に装着されている。ガラスブロックG B以降の液晶パネルL C D側はプロジェクタ本体に含まれている。

10

【 0 0 3 7 】

尚、ガラスブロックG Bをズームレンズの構成要件の1つとして含ませて、液晶パネルL C Dをプロジェクタ本体側に含ませても良い。

【 0 0 3 8 】

図2、図3、図5、図6、図8、図9、図11、図12の収差図において、球面収差は波長550nm、450nmでの収差を示している。又収差図においてSはサジタル像面であり、Mはメリディオナル像面であり、波長550nmでの収差である。又、歪曲収差は波長550nmでの収差を示す。は半画角、FはFナンバーである。

【 0 0 3 9 】

各実施例の投射光学系は複数のレンズ群を有し、このうち2以上のレンズ群を矢印の如く移動させて、広角端から望遠端へのズームングを行っている。

20

【 0 0 4 0 】

尚、各実施例において広角端と望遠端は変倍用の（主に、移動によって変倍機能達成する）レンズ群が機構上光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

【 0 0 4 1 】

各実施例では、開口絞りS Pに対して最も拡大側に負の屈折力のレンズ群、最も縮小側に正の屈折力のレンズ群を含み、各々のレンズ群間隔を変えながらズームングを行っている。

【 0 0 4 2 】

投射光学系は第1レンズ群L 1を縮小側から拡大側へ移動させて無限遠スクリーンから近距離スクリーンへのフォーカシングを行っている。

30

【 0 0 4 3 】

各実施例では、照明光学系（不図示）から液晶パネルL C Dを通して射出される光束を、投射光学系の開口絞り部（S P）に向かって集光している。投射光学系P Lの有効径は液晶パネルL C D面から離れ開口絞りS Pにいくにしたがって小さくなっている。

【 0 0 4 4 】

つまり、開口絞りS P近傍のレンズ素子は有効径が小さくなり、光束密度が高くなる。この結果、この近傍のレンズ素子は温度が上昇しやすい環境下にさらされている。

【 0 0 4 5 】

この他、有効径が小さくなるレンズ素子を保持するレンズ保持鏡筒部が照明光学系から出射されてくる光束を多く遮光する。

40

【 0 0 4 6 】

この結果、このレンズ保持鏡筒部は光束を遮光することによって熱が発生しやすくなり、レンズ保持鏡筒部が保持するレンズ素子は温度が上昇しやすくなる。

【 0 0 4 7 】

そこで各実施例ではこのレンズ素子の材料に放熱効果の高い材料を用いて温度が上昇するのを抑制している。

【 0 0 4 8 】

具体的には被投射面側（液晶パネルL C D側）に最も近いレンズ面の有効径をD rとす

50

る。又、任意のレンズ面の有効径を D_{cer} とする。このとき、

$$0.3 < D_{cer} / D_r < 0.7 \cdots (1)$$

を満足するレンズ面を含むレンズ素子のうち少なくとも1つのレンズ素子（以下「レンズ素子A」という。）の焦点距離を f_{cer} 、該レンズ素子Aの材料の熱伝導率を k ($W/m \cdot K$) とする。投射光学系PLの広角端と望遠端における焦点距離を各々 f_w 、 f_t とする。このとき

【0049】

【数2】

$$0.35 < \sqrt{(f_w \cdot f_t)} / |f_{cer}| < 1.3 \cdots (2)$$

10

【0050】

$$2 < k < 15 \cdots (3)$$

なる条件を満足するようにしている。

【0051】

条件式(1)は、レンズ素子Aと最も縮小共役側に配置されるレンズ素子との有効径比を規定したものである。条件式(1)の下限を超えると、照明光学系からの光束について集光度が高くなりすぎて、このレンズ素子A付近での温度上昇が大きくなってしまう。

【0052】

逆に上限を超えるような光束が広がっているような場合では局所的な温度上昇は起こりにくく、熱伝導率の1前後の通常のガラスでも十分に使用に耐える可能性がある。この場合は、条件式(3)を満足する材料を用いる必然性が低くなる。

20

【0053】

条件式(2)はレンズ素子Aの屈折力を規定するものである。条件式(2)の下限を超えて屈折力が小さくなりすぎると、レンズ素子Aの昇温（温度上昇）にともなう大きな温度ドリフト（投射光学系の光学性能の変化、或いは焦点距離の変化）は発生しなくなる。この場合は、通常のガラスを用いても良く、条件式(3)を満足する材料を用いる必然性が低くなる。

【0054】

逆に上限を超えて屈折力が強くなりすぎると、レンズ素子Aの温度上昇に伴う光学特性の変化（温度ドリフト量）が大き過ぎて、条件式(3)を満足するようなガラス材を選択しても温度ドリフトが無視できないくらい大きくなってしまう。

30

【0055】

条件式(3)は条件式(1)、(2)を満足するレンズ素子Aの熱伝導率を規定した式である。条件式(3)の下限を超えると十分な放熱効果が得られずレンズ素子Aの温度上昇にともなって温度特性変化が大きくなる。逆に上限を超えるようなガラスは研磨加工性が悪くなるので良くない。

【0056】

各実施例において、更に好ましくは条件式(1)～(3)の数値範囲を次の如く設定すると、さらに材料能力を発揮することが可能となる。

$$0.37 < D_{cer} / D_r < 0.70 \cdots (1a)$$

40

【0057】

【数3】

$$0.36 < \sqrt{(f_w \cdot f_t)} / |f_{cer}| < 1.2 \cdots (2a)$$

【0058】

$$3 < k < 15 \cdots (3a)$$

以上のように各実施例では、絞り近傍の有効径が小径となる位置に配置されるパワーのあるレンズ素子Aの材料に高熱伝導率・高屈折率材料を用いることでレンズ素子Aの昇温を低減し、さらに諸特性の変動を抑制し、かつ良好な投射画像を得ている。

【0059】

50

特に強出力の光源手段を用いても、又ズーミングによって望遠側でのFナンバーが暗くなるような光学系であっても、レンズ素子Aの温度上昇を抑えることができ、光学特性の変動を少なくし、明るく良好なる投射画像が得られる。

【0060】

各実施例におけるレンズ素子Aは、有効径が小さなレンズに使用される場合などは特に温度条件が厳しくガラス材質の熱的特性の違いなどで接合剥がれなどが発生する可能性がある。このため、接合されることなく単一の独立したレンズとして構成することが望ましい。

【0061】

尚、各実施例において更に好ましくは次の諸条件のうち1以上を満足するのが良い。それによれば各条件に相当する効果が得られる。

【0062】

レンズ素子Aの材料のd線に対する屈折率をNd、アッペ数を d とする。

【0063】

レンズ素子Aが負の屈折力を有するときはレンズ素子Aの材料のアッペ数を dn とする。

【0064】

レンズ素子Aが正の屈折力を有するときは、レンズ素子Aの材料のアッペ数を dp とする。

【0065】

レンズ素子Aの中心肉厚をt、望遠端における全長(第1レンズ面から像面までの距離)をTとする。

【0066】

望遠端において開口絞りSPの位置に対して縮小側の各レンズ群の合成焦点距離をfr、全系の前側主平面位置(第1レンズ面からの距離)をo1とする。

【0067】

このとき

$$Nd > 2.3 - 0.01 \cdot d \cdots (4)$$

$$1.75 < Nd < 2.7 \cdots (5)$$

$$2.5 < dn < 3.6 \cdots (6)$$

$$3.7 < dp < 6.5 \cdots (7)$$

$$0 < t/T < 0.05 \cdots (8)$$

$$0.7 < o1/fr < 1.2 \cdots (9)$$

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0068】

条件式(4)および(5)は、レンズ素子Aの材料の屈折率およびアッペ数との関係を規定する式である。

【0069】

屈折率が、アッペ数値から計算される条件式(4)または(5)の下限値を超えて小さすぎると、レンズ素子Aの屈折力が弱すぎて、光学系が大型化してくる。

【0070】

逆に上限値を超えて屈折力が大きくなりすぎてしまうと、昇温時の特性ドリフトが大きくなってしまって良くない。正レンズに使用されていれば通常ガラスと比較して屈折率が高いため、ペッツバル和などを小さく設計することもできる。条件式(4)、(5)を満足する高屈折率材が負レンズに使用されていれば大口径レンズ特有の高次サジタルフレアなどを低減する効果を有する。

【0071】

レンズ素子Aが負レンズのときは、条件式(6)の下限を超えると、色収差の補正が過剰補正となり、逆に上限を超えると補正不足になるため好ましくない。

【0072】

10

20

30

40

50

レンズ素子Aが正レンズのときは、条件式(7)の下限を超えると、色収差の補正が不足となり、逆に上限を超えると補正過剰となるため好ましくない。

【0073】

条件式(6)、(7)はさらに以下の数値範囲とすることで更に良好に色収差を補正することができる。

$$2.7 < d < 3.5 \dots (6a)$$

$$5.0 < d < 6.4 \dots (7a)$$

条件式(8)はレンズ素子Aの中心肉厚と望遠端におけるレンズ全長を適切に設定したものである。

【0074】

条件式(8)の上限を超えると、中心肉厚が厚くなり材質内部での吸収成分が無視できなくなり、投射光学系での分光透過率の損失が大きくなるので良くない。

【0075】

下限値はレンズ素子Aがなるべく薄い方がよいことを示している。

【0076】

条件式(8)は、さらに望ましくは以下の数値範囲とすることで、更に高透過率特性を有した投射光学系を実現できる。

$$0 < t/T < 0.035 \dots (8a)$$

条件式(9)は開口絞りSPの位置に対して縮小共役側の望遠端における全系の合成焦点距離と、前側主平面位置との比を適切に設定したものである。

【0077】

条件式(9)の上限又は下限のどちらをこえても縮小側のテレセン性が悪化するため、投射光学装置の周辺照度比が落ちるか・色シェーディングが発生してくる。

【0078】

条件式(9)はさらに望ましくは以下の数値範囲とすることで更に良好なテレセン性が確保できる。

$$0.75 < o_1/f_r < 1.15 \dots (9a)$$

次に各実施例の構成の特徴について説明する。

【0079】

実施例1の投射光学系は、拡大側より縮小側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3を有している。更に、負の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5、正の屈折力の第6レンズ群L6を有している。

【0080】

実施例1では広角端から望遠側へのズーミングに際し、第1レンズ群L1および第6レンズ群L6を縮小側の共役面(LCD面)に対して固定(不動)として、第2～第5レンズ群L2～L5を拡大側に移動させている。

【0081】

実施例1では広角端から望遠端へのズーミングにかけて全系のF値の変動が2.06～2.79と大きい。このことは、特にライトバルブLCDに近い有効径が小さなレンズ素子を保持する保持鏡筒部が望遠端側において光束を多く遮光することを意味している。

【0082】

この結果、望遠端において、このレンズ保持鏡筒部では光束の遮光により発熱が発生しやすくなり、レンズ保持鏡筒部が保持するレンズ素子は温度が上昇しやすくなる。

【0083】

実施例1では拡大側から縮小側へ数えて9番目のレンズ(第4レンズ群L4を構成する負レンズ)G9に熱伝導率 $k = 3.3$ (W/m・K)の熱伝導率が高い材質を使用している。

【0084】

通常の光学ガラスの熱伝導率 k は1.0 (W/m・K)前後である。本実施例ではレンズG9に放熱効果が高い材料を用いてレンズ素子の温度上昇を抑制している。

10

20

30

40

50

【0085】

実施例1及び後述する実施例2、3では、上述の材料として(株)村田製作所製の透光性セラミックス「ルミセラ」(登録商標)を使用している。

【0086】

材料「ルミセラ」はd線に対する屈折率Ndが2.082と高い上に、アッペ数dが30.4と、高分散特性を有する。この材料「ルミセラ」はNd-d図上で、現在一般に知られている光学ガラス材料が存在しない範囲にある。

【0087】

本実施例及び後述する実施例2、3ではアッペ数d=30.4という特性を生かして、負レンズの材料に「ルミセラ」を採用して、主に倍率色収差を良好に補正している。また各実施例の投射光学系PLでは縮小側に色合成プリズムなどを配置するために長いバックスペースが必要となる。

10

【0088】

そのため主平面をより縮小側に配置する目的で、開口絞りSP近傍に強い負の屈折力を有する負レンズを用いるのが良い。

【0089】

材料「ルミセラ」の屈折率がNd=2.082と高いため通常ガラスで構成した場合と比較して負レンズの各面の曲率を緩く設計できる。そのため高次のオーバースフィア収差および、大口径レンズの特有の画面周辺部でのサジタルフレアを低減することを容易としている。

20

【0090】

材料「ルミセラ」を用いた光学素子の中心肉厚については、材料の内部吸収の影響を極小にするため極力薄いことが望ましい。

【0091】

このため、本実施例及び後述する実施例2、3では負レンズの中心肉厚を1mm±0.3mmとしている。又、後述する実施例4では、正レンズの材料に「ルミセラ」を用いている。

【0092】

このとき中心肉厚は2.49mmである。正レンズに用いるときは中心肉厚を2.5mm±0.5mmとするのが良い。

30

【0093】

実施例2の投射光学系PLは、拡大側より縮小側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3を有している。更に、正の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5を有している。

【0094】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1第5レンズ群L5を縮小側の共役面に対して固定(不動)として、第2～第4レンズ群L2～L4を拡大側に移動させている。

【0095】

ズーミングに伴う全系のF値の変動は1.60～1.77である。

40

【0096】

実施例2も実施例1と同様の理由により、望遠端側においてレンズ保持鏡筒部は、光束の遮光により熱が発生しやすくなり、レンズ保持鏡筒部が保持するレンズ素子は温度が上昇しやすくなる。

【0097】

そこで実施例2では拡大側から縮小側へ数えて7番目のレンズ(第4レンズ群L4を構成する負レンズ)G7に熱伝導率k=3.3(W/m・K)である熱伝導率が高い材質「ルミセラ」を使用している。これにより実施例1と同様に放熱効果を高めてレンズ素子の温度上昇を抑制している。

【0098】

50

実施例 3 の投射光学系 P L は、拡大側より縮小側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4 を有している。

【 0 0 9 9 】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第 1 レンズ群 L 1 および第 4 レンズ群 L 4 を縮小側の共役面に対して固定（不動）として、第 2 レンズ群 L 2 は縮小側へ、第 3 レンズ群 L 3 を拡大側に移動させている。

【 0 1 0 0 】

ズーミングに伴う全系の F 値の変動が 1 . 7 4 ~ 2 . 1 1 と大きい。このため実施例 3 も実施例 1 と同様の理由により特にライトバルブに近い小径部レンズについて望遠端側においてレンズ保持鏡筒部は光束の遮光により熱が発生しやすくなり、レンズ保持鏡筒部が保持するレンズ素子は温度が上昇しやすくなる。

10

【 0 1 0 1 】

そこで実施例 3 では拡大側から縮小側へ数えて 6 番目のレンズ（第 3 レンズ群 L 3 を構成する負レンズ）G 6 に熱伝導率 $k = 3 . 3$ (W/m・K) である。熱伝導率が高い材質「ルミセラ」を使用している。これにより実施例 1 と同様に放熱効果を高めてレンズ素子の温度上昇を抑制している。

【 0 1 0 2 】

実施例 4 の投射光学系 P L の各レンズ群の屈折力、ズーミングに際して各レンズ群の移動条件等は実施例 1 と同様である。

20

【 0 1 0 3 】

ズーミングに伴う全系の F 値の変動は 1 . 9 0 ~ 2 . 0 8 である。

【 0 1 0 4 】

実施例 4 も実施例 1 と同様の理由により、特にライトバルブに近い小径部レンズについて望遠端側においてレンズ保持鏡筒部は光束の遮光により熱が発生しやすくなり、レンズ保持鏡筒部が保持するレンズ素子は温度が上昇しやすくなる。

【 0 1 0 5 】

そこで本実施例では拡大側から縮小側へ数えて 7 番目のレンズ（第 3 レンズ群 L 3 を構成する正レンズ）G 7 に熱伝導率 $k = 1 1 . 7$ (W/m・K) である熱伝導率が高い材質を使用している。これによって実施例 1 と同様に放熱効果を高めてレンズ素子の温度上昇を抑制している。

30

【 0 1 0 6 】

実施例 4 では熱伝導率 k が高い材料としてイットリウム・アルミニウム・ガーネットセラミックスを用いている。イットリウム・アルミニウム・ガーネットは、「YAG」とも呼ばれ、Y3A15O12で表される可視光領域で透明な酸化物である。

【 0 1 0 7 】

「YAG」の材料は屈折率 N_d が 1 . 8 3、アッペ数 d が 5 9 の光学特性を有し、 $N_d - d$ 図上で一般の光学ガラス材料が存在しない範囲にあり、一般の硝材が分布している範囲より左上側に位置していることが特徴である。

【 0 1 0 8 】

40

すなわち同じ屈折率を有する光学ガラス材料に比べ、低分散特性を有する。なお YAG は単結晶でもセラミックスと同等の光学特性を有しており、セラミックスの代わりに単結晶を熱伝導率が高い光学透明材料に用いても同様の効果が得られる。

【 0 1 0 9 】

またセラミックスの製造条件等により、上記の屈折率とアッペ数の値は若干変化する。

【 0 1 1 0 】

実施例 4 では正レンズ G 7 の材料の屈折率 $N_d = 1 . 8 3$ と高屈折率材を使用している。これによって特に球面収差の発生を少なくし、かつペッツバル和を低減するのを容易にしている。

【 0 1 1 1 】

50

以上のように各実施例では、開口絞り近傍に配置するレンズ素子の材料を適切に設定している。

【0112】

一般に光学ガラスは、屈折率を縦軸に上方向が大きな値となるように、アッペ数を横軸に左方向が大きな値となるように取ったグラフ（以下「Nd - d図」と呼ぶ）上にマッピングさせると、ほぼいくつかの直線に沿って分布することが知られている。

【0113】

また一般に光学ガラスの屈折率が大きくなると、アッペ数は小さくなり、分散が大きくなる特性がある。

一方、可視光領域で光透過率が高いセラミックスや酸化物の単結晶および多結晶の中には、屈折率とアッペ数の関係が、前述のNd - d図において通常の光学ガラスとは異なる領域に存在するものが知られている。

【0114】

すなわち同じアッペ数を有する光学ガラスに比べ、高い屈折率を有する材料が知られている。

【0115】

そこで各実施例では、前述の如くこれらのガラスとは光学特性の異なる材料をレンズ材料として効果的に用いて、小径となるレンズ素子の昇温を低減させつつ、高解像の投射光学系を得ている。

【0116】

図13は本発明の画像投射装置の実施例の要部概略図である。

【0117】

同図は前述した投射光学系を3板式のカラー液晶プロジェクターに適用し、複数の原画となる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102を介して合成している。そして投射光学系103でスクリーン面（被投射面）104上に拡大投射する画像投射装置を示している。

【0118】

図13においてカラー液晶プロジェクター101はR、G、Bの3枚の液晶パネル105R、105G、105BからのRGBの各色光を色合成手段としてのプリズム102で1つの光路に合成している。

【0119】

そして前述したズームレンズより成る投射光学系103を用いてスクリーン104に投影している。

【0120】

以下に実施例1～4の投射光学系に各々対応する数値実施例1～4を示す。

【0121】

各数値実施例において、iは拡大側からの面の順序を示し、 R_i はレンズ面の曲率半径、 D_i は第i面と第i+1面との間のレンズ肉厚および空気間隔である。 N_i 、 ν_i はそれぞれd線に対する屈折率、アッペ数を表す。kは熱伝導率（W/m・K）を表している。

【0122】

また、最も像側に配置されるガラスブロックGBは色合成プリズムなどに相当する。また、k、A、B、C、D、Eは非球面係数である。

【0123】

非球面形状は光軸からの高さhの位置での光軸方向の変位を、面頂点を基準にしてxとするとき以下の式で定義される。

【0124】

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12}$$

但し、ここでRは曲率半径である。

【0125】

10

20

30

40

50

尚、例えば「e - Z」の表示は「 10^{-Z} 」を意味する。前述の各条件式(1)～(9)と数値実施例1～4における諸数値との関係を(表-1)に示す。

【0126】

数値実施例1

f: 21.3mm ~ 31.2mm FNO: 2.06 ~ 2.79 :36.78° ~ 27.07°					
	R	D	N	k	
1	101.643	3.99	1.723	50.2	
2	281.214	0.15			
3	55.785	2.30	1.625	58.2	10
4	21.079	11.47			
5	-90.801	1.80	1.566	60.7	
6	34.198	4.61			
7	(非球面)	3.12	1.532	55.8	
8	(非球面)	(可変)			
9	70.196	7.64	1.839	37.2	
10	-30.139	1.60	1.812	25.4	
11	-114.880	0.89			
12	39.546	3.18	1.839	37.2	
13	75.416	(可変)			20
14	50.412	2.37	1.839	37.2	
15	-147.291	(可変)			
16	(非球面)	1.00	2.090	30.4	3.3 (G9)
17	(非球面)	(可変)			
18	-18.080	1.60	1.854	23.8	
19	48.366	6.59	1.620	63.3	
20	-25.010	0.15			
21	151.259	7.65	1.489	70.2	
22	-27.605	(可変)			
23	121.583	4.32	1.854	23.9	30
24	-83.821	7.62			
25	inf.	28.00	1.518	64.1	
26	inf.				

間隔データ

	W	T	
d 8	21.51	7.20	
d13	17.76	16.57	
d15	0.99	6.15	
d17	7.37	5.98	40
d22	0.70	12.44	

【0127】

【表 1】

非球面データ

	c(1/r)	k	A	B	C	D	E
7	3.474e-003	4.041e+000	1.223e-005	-8.777e-009	-1.272e-011	-9.277e-014	4.608e-017
8	-1.212e-004	-3.808e+006	6.411e-006	5.856e-010	-5.317e-011	-4.209e-014	1.002e-016
16	1.110e-002	-2.526e+001	-2.104e-005	1.925e-008	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
17	4.072e-002	-8.210e-001	-5.895e-006	2.118e-008	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000

10

【0 1 2 8】

数値実施例 2

f: 21.5mm ~ 25.6mm FNO: 1.60 ~ 1.77 :29.45 ° ~ 25.40 °

	R	D	N	k
1	114.380	1.70	1.705	41.2
2	20.656	0.06	1.526	51.4
3	(非球面)	12.71		
4	-28.663	1.50	1.605	60.6
5	-258.640	0.44		
6	-132.203	2.78	1.839	37.2
7	-48.431	(可変)		
8	87.190	3.20	1.810	40.9
9	-147.833	(可変)		
10	41.671	4.08	1.720	47.9
11	-791.568	(可変)		
12	-26.779	1.20	2.090	30.4 3.3 (G7)
13	-60.538	1.12		
14	-26.550	1.20	1.812	25.4
15	526.211	0.15		
16	54.392	9.49	1.489	70.2
17	-22.889	0.15		
18	(非球面)	4.25	1.661	50.9
19	(非球面)(可変)			
20	51.536	5.71	1.605	60.6
21	-151.944	1.45		
22	inf.	41.50	1.625	58.2
23	inf.	2.60	1.518	64.1
24	inf.			

20

30

40

間隔データ

	W	T
d 7	2.46	1.93
d 9	11.46	0.55
d11	24.04	26.23
d19	0.55	9.80

【0 1 2 9】

【表 2】

非球面データ

	c(1/r)	k	A	B	C	D	E
3	5.688e-002	-8.969e-001	-3.379e-006	3.522e-008	-3.688e-010	1.663e-012	-2.777e-015
18	9.575e-004	-4.295e+003	-6.717e-006	-2.088e-008	-3.881e-011	-1.536e-013	8.341e-016
19	-2.141e-002	3.501e-001	2.340e-006	-1.997e-008	6.379e-011	-5.041e-013	1.383e-015

10

【0 1 3 0】

数値実施例 3

f: 14.0mm ~ 20.8mm FNO: 1.74 ~ 2.11 :38.57 ° ~ 28.34 °

	R	D	N	k
1	30.737	1.38	1.489	70.2
2	17.136	3.33		
3 (非球面)	1.50	1.605	60.6	
4 (非球面)	13.01			
5	-29.308	1.50	1.699	55.5
6	65.299	(可変)		
7	63.298	3.08	1.810	40.9
8	-56.442	(可変)		
9	27.162	3.69	1.699	55.5
10	-165.792	18.35		
11	-14.257	1.10	2.090	30.4 3.3 (G6)
12	-106.930	0.20		
13	91.375	7.38	1.571	71.3
14	-16.566	0.75		
15 (非球面)	3.24	1.571	71.3	
16 (非球面)	(可変)			
17	35.372	3.68	1.620	63.3
18	1653.086	4.05		
19	inf.	29.20	1.518	64.1
20	inf.			

20

30

間隔データ

	W	T
d 6	0.64	2.10
d 8	25.08	6.88
d16	0.60	17.34

40

【0 1 3 1】

【表 3】

非球面データ

	c(1/r)	k	A	B	C	D	E
3	4.466e-002	7.993e-001	-2.120e-005	6.817e-008	1.227e-010	4.360e-013	-4.922e-015
4	7.484e-002	-2.824e-001	-2.944e-005	8.476e-008	-5.653e-010	1.301e-011	-4.923e-014
15	-3.745e-003	4.342e+002	-3.930e-006	-1.668e-008	-1.340e-010	-1.569e-013	0.000e+000
16	-2.616e-002	2.894e-002	8.561e-006	5.000e-008	-7.092e-010	4.492e-012	-1.448e-014

10

【0 1 3 2】

数値実施例 4

f: 30.8mm ~ 35.4mm FNO: 1.90 ~ 2.08 :26.71 ° ~ 23.66 °

	R	D	N	k
1	48.203	1.70	1.585	59.4
2	20.458	8.22		
3	-92.923	1.55	1.520	58.9
4	39.815	0.58		
5	33.185	3.29	1.839	37.2
6	77.856	(可変)		
7	55.907	3.65	1.839	37.2
8	-217.091	0.15		
9	47.064	6.55	1.839	37.2
10	-35.558	1.45	1.854	23.8
11	184.054	(可変)		
12	118.627	2.49	1.833	59.0 11.7 (G7)
13	-163.543	(可変)		
14	55.319	0.90	1.696	53.2
15	22.471	(可変)		
16	-13.954	1.35	1.854	23.8
17	71.763	7.97	1.605	60.6
18	-21.487	0.14		
19	-439.771	5.07	1.839	37.2
20	-37.377	(可変)		
21	80.122	5.45	1.839	37.2
22	-92.071	5.00		
23	inf.	30.03	1.518	64.1
24	inf.			

20

30

40

間隔データ

	W	T
d 6	7.36	2.17
d11	8.88	8.53
d13	1.20	2.92
d15	8.29	7.99
d20	0.65	4.77

又、前述の各条件式と各実施形態との関係を表 - 1 に示す。

【0 1 3 3】

50

【表 4】

(表-1):各条件式と各数値実施例との関係

	条件式(1)	条件式(2)	条件式(3)	条件式(4)、 νd	条件式(5)、Nd	条件式(6)(7)	条件式(8)	条件式(9)
実施例1	0.410	0.83	3.3	30.4	2.08	30.4	0.009	0.970
実施例2	0.634	0.52	3.3	30.4	2.08	30.4	0.014	0.827
実施例3	0.680	1.12	3.3	30.4	2.08	30.4	0.012	1.126
実施例4	0.436	0.40	11.7	59.0	1.83	59.0	0.032	0.949

10

【0134】

尚、各実施例における有効径の値(D_{cer}及びD_rの値)は以下の表-2に示す。

【0135】

【表 5】

(表-2) : 各実施例における D_{cer}、D_r の値

	D _{cer}	D _r
実施例 1	14.624	35.651
実施例 2	19.982	31.497
実施例 3	17.329	25.475
実施例 4	16.565	38.016

20

【図面の簡単な説明】

【0136】

【図 1】実施例 1 のズームレンズを用いた画像投射装置の要部概略図

【図 2】実施例 1 のズームレンズの広角端の収差図

【図 3】実施例 1 のズームレンズの望遠端の収差図

【図 4】実施例 2 のズームレンズを用いた画像投射装置の要部概略図

【図 5】実施例 2 のズームレンズの広角端の収差図

【図 6】実施例 2 のズームレンズの望遠端の収差図

【図 7】実施例 3 のズームレンズを用いた画像投射装置の要部概略図

【図 8】実施例 3 のズームレンズの広角端の収差図

【図 9】実施例 3 のズームレンズの望遠端の収差図

【図 10】実施例 4 のズームレンズを用いた画像投射装置の要部概略図

【図 11】実施例 4 のズームレンズの広角端の収差図

【図 12】実施例 4 のズームレンズの望遠端の収差図

【図 13】カラー液晶プロジェクターの要部概略図

【符号の説明】

【0137】

- L 1 第 1 レンズ群
- L 2 第 2 レンズ群
- L 3 第 3 レンズ群
- L 4 第 4 レンズ群
- L 5 第 5 レンズ群
- L 6 第 6 レンズ群
- S P 開口絞り

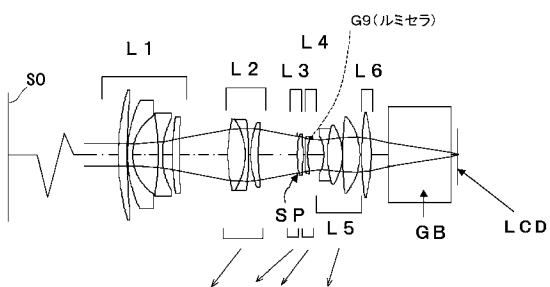
30

40

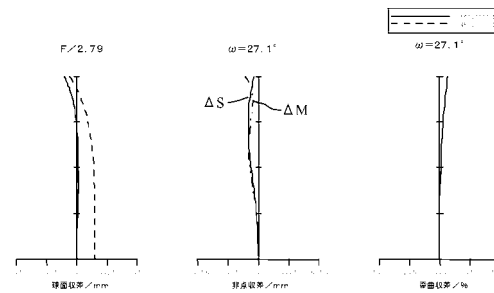
50

- LCD 液晶表示装置（像面）
 GB ガラスブロック（色合成プリズム）
 S サジタル像面の倒れ
 M メリディオナル像面の倒れ
 101 液晶プロジェクター
 102 色合成手段
 103 投射光学系
 104 スクリーン
 105（5B、5G、5R） 液晶パネル

【図1】

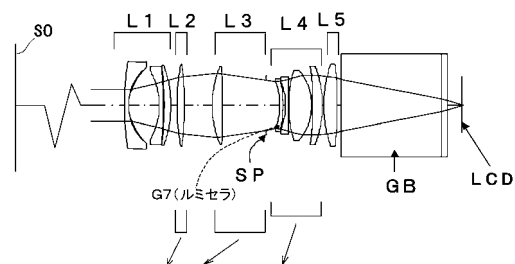
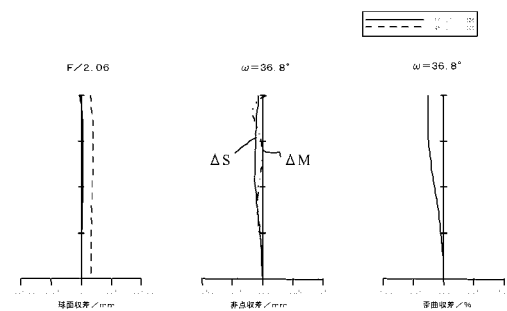


【図3】

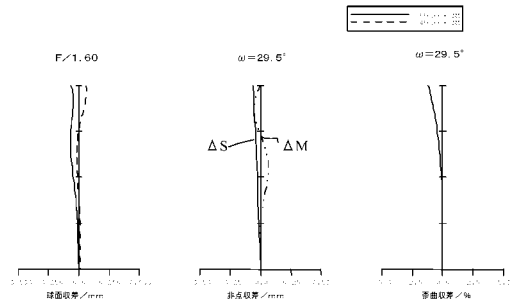


【図4】

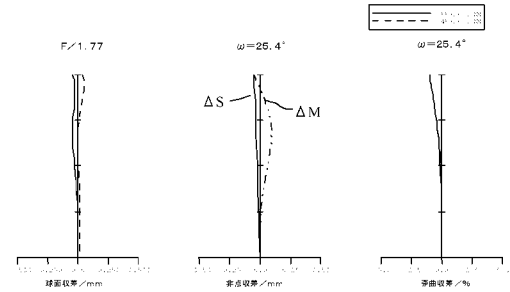
【図2】



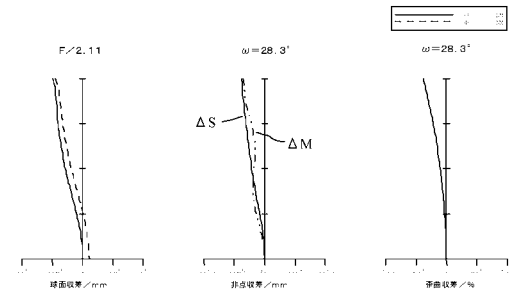
【図 5】



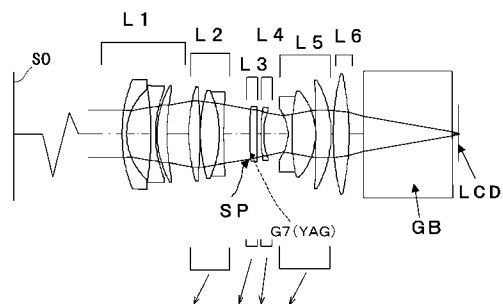
【図 6】



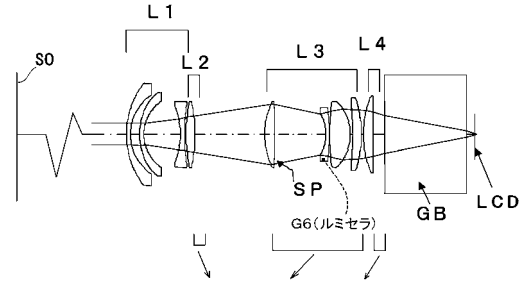
【図 9】



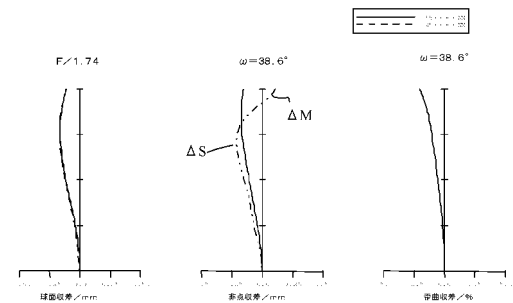
【図 10】



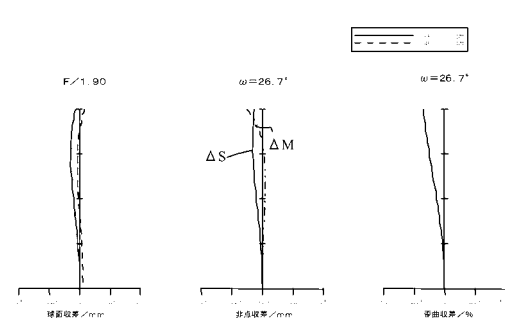
【図 7】



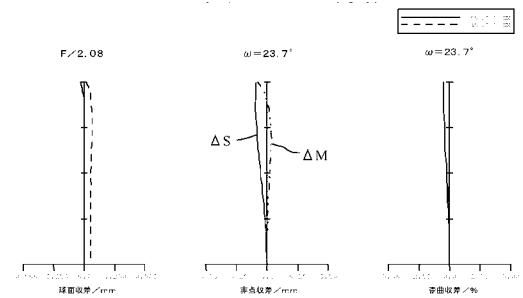
【図 8】



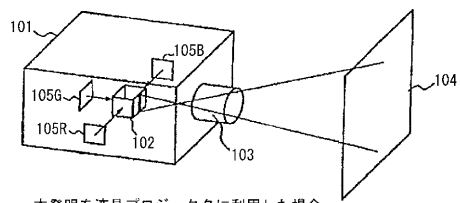
【図 11】



【図 12】



【図 13】



本発明を液晶プロジェクタに利用した場合

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-338160(JP,A)
特開2006-140384(JP,A)
特開2006-91082(JP,A)
特開2001-350094(JP,A)
特開2001-235679(JP,A)
特開2005-266103(JP,A)
特開2006-65026(JP,A)
特開2008-151832(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00	-	17/08
G02B	21/02	-	21/04
G02B	25/00	-	25/04