

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4612824号
(P4612824)

(45) 発行日 平成23年1月12日(2011.1.12)

(24) 登録日 平成22年10月22日(2010.10.22)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
G 0 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 9 (全 42 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-271577 (P2004-271577) (22) 出願日 平成16年9月17日 (2004.9.17) (65) 公開番号 特開2006-84971 (P2006-84971A) (43) 公開日 平成18年3月30日 (2006.3.30) 審査請求日 平成19年9月18日 (2007.9.18)</p>	<p>(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 山崎 真司 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</p>
--	--

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】

前方側から後方側へ順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群、正の屈折力を有する第6レンズ群より構成され、ズームレンズの際に該第1、第6レンズ群は固定であり、該第2～第5レンズ群が移動するズームレンズと、該第6レンズ群と像面の間に配置されたプリズムと、原画を形成する表示ユニットとを有し、前記表示ユニットによって形成された原画を前記ズームレンズによってスクリーン面上に投射する画像投射装置において、該第1レンズ群中の最も前方側に配置された第1レンズは負の屈折力を有し、該第1レンズの材料のアッペ数を dn 、部分分散比を g, Fn 、該第1レンズ群の焦点距離を f_1 、無限遠物体に合焦しているときの空気換算バックフォーカスを bf 、該プリズムの材料のアッペ数を dpr 、部分分散比を g, Fr とするとき、

$$\begin{aligned}
 &dn < 32 \\
 &0.008 < g, Fn - (0.644 - 0.00168 \cdot dn) < 0.040 \\
 &|f_1 / bf| < 0.9 \\
 &dpr < 50 \\
 &0.002 < g, Fr - (0.644 - 0.00168 \cdot dpr) < 0.040
 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴とする画像投射装置。

【請求項2】

最も後方側のレンズは正レンズであり、該正レンズの材料のアッベ数を d_p 、部分分散比を g, F_p とするとき、

$$d_p > 63$$

$$-0.005 < g, F_p - (0.644 - 0.00168 \cdot d_p) < 0.045$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 の画像投射装置。

【請求項 3】

前記第 5 レンズ群は、非球面形状の面を有するプラスチック材より成る正レンズを 1 枚以上有することを特徴とする請求項 1 又は 2 の画像投射装置。

【請求項 4】

前記第 5 レンズ群は 1 以上の正レンズを有し、該 1 以上の正レンズの材料の平均アッベ数を $5p$ とするとき

$$5p > 60$$

なる条件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 項の画像投射装置。

【請求項 5】

前記第 4 レンズ群は絞りと、後方の面が凸でメニスカス形状の負レンズを 1 枚以上有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項の画像投射装置。

【請求項 6】

前方側から後方側へ順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群、正の屈折力を有する第 2 レンズ群、正の屈折力を有する第 3 レンズ群、正の屈折力を有する第 4 レンズ群、正の屈折力を有する第 5 レンズ群より構成され、ズームに際して該第 1, 第 5 レンズ群は固定であり、該第 2 ~ 第 4 レンズ群が移動するズームレンズと、該第 5 レンズ群と像面の間に配置されたプリズムと、原画を形成する表示ユニットとを有し、前記表示ユニットによって形成された原画を前記ズームレンズによってスクリーン面上に投射する画像投射装置において、該第 1 レンズ群中の最も前方側に配置された第 1 レンズは負の屈折力を有し、該第 1 レンズの材料のアッベ数を d_n 、部分分散比を g, F_n 、該第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、無限遠物体に合焦しているときの空気換算バックフォーカスを b_f 、該プリズムの材料のアッベ数を d_{pr} 、部分分散比を g, F_r とするとき、

$$d_n < 32$$

$$0.008 < g, F_n - (0.644 - 0.00168 \cdot d_n) < 0.040$$

$$|f_1 / b_f| < 0.9$$

$$d_{pr} < 50$$

$$0.002 < g, F_r - (0.644 - 0.00168 \cdot d_{pr}) < 0.040$$

なる条件を満足することを特徴とする画像投射装置。

【請求項 7】

前記第 4 レンズ群は、非球面形状の面を有するプラスチック材より成る正レンズを 1 枚以上有することを特徴とする請求項 6 の画像投射装置。

【請求項 8】

前記第 4 レンズ群は 1 以上の正レンズを有し、該 1 以上の正レンズの材料の平均アッベ数を $4p$ とするとき

$$4p > 60$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 6 又は 7 の画像投射装置。

【請求項 9】

前記第 4 レンズ群は絞りと、最も前方側に後方の面が凸でメニスカス形状の負レンズを有することを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項の画像投射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像投射装置に関し、例えば長いバックフォーカスを有し、照明系との瞳整合性が良好に保たれた液晶プロジェクターに好適なものである。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

従来、液晶表示素子等の表示素子を用いて、その表示素子に形成された画像をスクリーン面に投射する液晶プロジェクター（画像投射装置）が種々提案されている。

【0003】

特に液晶プロジェクターはパソコン等の画像を大画面に投影することが可能な装置として会議およびホームシアター向けに普及している。この液晶プロジェクターに用いる投射レンズとしては、以下に掲げる特性が要望されている。

【0004】

液晶表示素子を3枚使用する3板方式のカラー液晶プロジェクションタでは一般に、色分離光学系により白色光源からの光を赤、緑、青色の各色に分離して各液晶表示素子に導き、その各液晶表示素子から射出する光を色合成光学系により合成して投射レンズに入射させている。

10

【0005】

その構成上、液晶表示素子を透過した後の色光を合成するためのプリズム等を配置するスペースを液晶表示素子と投射レンズとの間に設けなければならず、投射レンズに関してある一定長のバックフォーカスを有すること、さらに液晶表示素子において反射型の液晶表示素子（LCOS）用を用いた場合には、透過型の液晶表示素子を用いた場合に比して、より長いバックフォーカスを有すること。

【0006】

液晶表示素子から色合成光学系に入射する光束の角度が変化すると、それに応じて色合成光学系の分光透過率が変化し、投影された画像における各色の明るさが画角により変化して見づらい画像になる。このため、角度依存の影響を少なくするため液晶表示素子（縮小共役面）側の瞳が略無限遠方にある所謂テレセントリック光学系であること。

20

【0007】

3色の液晶表示素子の絵（画像）をスクリーンに合成投射したとき、文字等が二重に見えたりして解像感がそこなわれなように各色の画素を画面の全域にて重ね合わせられなければならない。

【0008】

そのため、投射レンズにて発生する色ずれ（倍率色収差）を可視光帯域にて良好に補正すること。

30

【0009】

投射された画像が歪んで見えにくくならないように、歪曲収差が良好に補正されていること。

【0010】

効率良く光源からの光を取り込めるように、 F_{no} （Fナンバー）の小さい明るい投射レンズであること。

【0011】

また最近では、装置の高輝度・高解像化といったニーズの一方で、小型液晶パネル搭載のプロジェクターには携帯・機動性を重視すべく装置の小型・軽量化が求められるのと同時に、このような小型投射装置の使用環境を考慮して、より短い投射距離で大画面の投射が実現でき、しかも投影画面サイズの調整を行い易い高変倍のズームレンズであること等である。

40

【0012】

上記のように長いバックフォーカスを有し、光学的諸性能が高く要求される液晶プロジェクター用の投射レンズには、レンズ枚数を増やすことなく諸収差の補正を良好に行う有効な手段として非球面レンズ（非球面形状の面を有するレンズ）を使用することがある。

【0013】

また、加工の容易さや製造性の点に着目すればプラスチック材より成る非球面レンズを用いることが好ましい。

50

【0014】

従来より液晶プロジェクター用の投射レンズが種々と提案されている（特許文献1～3）。

【0015】

特許文献1には小型で低コストを目的とした光学系が記載されているが、透過型液晶プロジェクターでの使用を目的としたものであり、反射型液晶プロジェクターでの使用においてはバックフォーカスが短過ぎる。また広角・高倍率化には限界がある。

【0016】

特許文献2は、小型化を図り、かつ変倍に伴う諸収差の変動を抑えた光学系が記載されているが高倍率化に限界があることに加え反射型の液晶プロジェクターでの使用においてはバックフォーカスが短過ぎる。

10

【0017】

特許文献3は、高画角でありながら、反射型の液晶プロジェクターを考慮した長いバックフォーカスを有する光学系が記載されているが、FNOが大きく単焦点レンズである。

【0018】

又液晶プロジェクター用の投写レンズとして、拡大共役側（前方）より順に、負・正・正・負・正（もしくは負）・正の屈折力の第1～第6レンズ群の配列による全体として6つのレンズ群より構成し、このうち所定のレンズ群を適切に移動させてズームを行っている6群ズームレンズが提案されている（特許文献4）。

【0019】

この6群ズームレンズは、広角端から望遠端へのズームに際して、第1および6レンズ群を固定として、内部の第2～第5レンズ群を全て縮小共役側（後方側）へ移動させるため、ズーム時にレンズ全長が一定に保たれている。またズームの際の歪曲収差と色収差を少なくし、縮小共役側にテレセントリックなズームレンズとなっている。

20

【0020】

この他の従来の液晶プロジェクター用の投写レンズとして、拡大側（前方）より順に負、正、正、負、正、正の屈折力を有した第1～第6レンズ群の配列による全体として6つのレンズ群より構成し、このうち所定のレンズ群を適切に移動させてズームを行っている6群ズームレンズが提案されている（特許文献5）。

【0021】

この6群ズームレンズは、第1、4及び6レンズ群を固定として、広角端から望遠端への変倍に際して、内部の第2、3及び5レンズ群を移動させるため、レンズ全長が一定に保たれ、変倍時の色収差等、諸収差の変動を抑えた、縮小共役側にテレセントリックなズームレンズとなっている。

30

【0022】

又液晶プロジェクター用のズームレンズとして、前方側から後方側へ順に負、正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成り、このうち複数のレンズ群を移動させてズームを行なう5群ズームレンズが知られている（特許文献6）。

【0023】

また、特許文献7に記載のあるズームレンズは、比較的長いバックフォーカスを有する光学系が記載されているが、広角端におけるFnoが2.3や2.4程度と大きい、すなわち暗いズームレンズである。さらにこのズームレンズは硝子枚数も多く、コストおよび重量に対して改善の余地があった。

40

【特許文献1】特開2004-004964号公報

【特許文献2】特開2001-100100号公報

【特許文献3】特開2002-131636号公報

【特許文献4】特開2001-235679号公報

【特許文献5】特開2001-108900号公報

【特許文献6】特開2003-050352号公報

【特許文献7】特開2004-138678号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0024】

現在、液晶プロジェクターの更なる小型の要望とともに、特にホームシアター用に大きなメリットとなる近距離投影できること、つまり液晶プロジェクターの広画角化が強く求められている。

【0025】

また投影映像の高輝度化を目的として投影レンズとして明るい大口径比のものが求められている。

【0026】

一般に長いバックフォーカスを確保しながら、さらに広画角化を進めると、最も拡大側のレンズ群の屈折力が大きくなる。

【0027】

また縮小共役側にテレセントリックなズームレンズを実現しようとするとき開口絞りから縮小共役側に配置したレンズ群全体について正の屈折力が大きくなり、レンズ系全体がレトロフォーカス型の屈折力配置となり、レンズ系全体の非対称性が増大し、特に歪曲・倍率色収差などの補正が困難となってくる。

【0028】

この他、画角が広がるに伴ってペッツバル和を小さくしておかないと像面湾曲が増大し、その補正が困難になってくる。

【0029】

本発明は、レンズ系全体の小型化を図りつつ、ズーミングに伴う諸収差を良好に補正し、画面全体にわたり良好なる光学性能を有したズームレンズを用いて画像を投射する画像投射装置の提供を目的とする。

【0030】

この他、本発明は、短い投射距離で大画面投射が実現でき、しかも高変倍化が容易で長いバックフォーカスを有するズームレンズを用いて画像を投射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】

【0031】

本発明の画像投射装置は、前方側から後方側へ順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群、正の屈折力を有する第6レンズ群より構成され、ズーミングの際に該第1、第6レンズ群は固定であり、該第2～第5レンズ群が移動するズームレンズと、該第6レンズ群と像面の間に配置されたプリズムと、原画を形成する表示ユニットとを有し、前記表示ユニットによって形成された原画を前記ズームレンズによってスクリーン面上に投射する画像投射装置において、該第1レンズ群中の最も前方側に配置された第1レンズは負の屈折力を有し、該第1レンズの材料のアッペ数を d_n 、部分分散比を g, F_n 、該第1レンズ群の焦点距離を f_1 、無限遠物体に合焦しているときの空気換算バックフォーカスを b_f 、該プリズムの材料のアッペ数を d_{pr} 、部分分散比を g, F_r とするとき、

$$d_n < 32$$

$$0.008 < g, F_n - (0.644 - 0.00168 \cdot d_n) < 0.040$$

$$|f_1 / b_f| < 0.9$$

$$d_{pr} < 50$$

$$0.002 < g, F_r - (0.644 - 0.00168 \cdot d_{pr}) < 0.040$$

なる条件を満足することを特徴としている。

この他本発明の画像投射装置は、前方側から後方側へ順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、正の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群より構成され、ズーミングに

10

20

30

40

50

際して該第 1, 第 5 レンズ群は固定であり、該第 2 ~ 第 4 レンズ群が移動するズームレンズと、該第 5 レンズ群と像面の間に配置されたプリズムと、原画を形成する表示ユニットとを有し、前記表示ユニットによって形成された原画を前記ズームレンズによってスクリーン面上に投射する画像投射装置において、該第 1 レンズ群中の最も前方側に配置された第 1 レンズは負の屈折力を有し、該第 1 レンズの材料のアッベ数を d_n 、部分分散比を g 、 F_n 、該第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、無限遠物体に合焦しているときの空気換算バックフォーカスを b_f 、該プリズムの材料のアッベ数を d_{pr} 、部分分散比を g 、 F_r とするとき、

$$\begin{aligned} d_n &< 32 \\ 0.008 &< g, F_n - (0.644 - 0.00168 \cdot d_n) < 0.040 \\ |f_1 / b_f| &< 0.9 \\ d_{pr} &< 50 \\ 0.002 &< g, F_r - (0.644 - 0.00168 \cdot d_{pr}) < 0.040 \end{aligned}$$

10

なる条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、レンズ系全体の小型化を図りつつ、ズームングに伴う諸収差を良好に補正し、画面全体にわたり良好なる光学性能を有したズームレンズを用いて画像を投射することができる。

【0033】

20

この他本発明によれば、長いバックフォーカスを有しながらも諸収差を良好に補正し、テレセントリック性を有した大口径・広画角・高変倍であるズームレンズを用いて画像を投射することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

本発明の画像投射装置に用いられる第 1、第 2 のズームレンズは次のとおりである。

第 1 のズームレンズは、前方側から後方側へ順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群、正の屈折力を有する第 2 レンズ群、正の屈折力を有する第 3 レンズ群、負の屈折力を有する第 4 レンズ群、正の屈折力を有する第 5 レンズ群、正の屈折力を有する第 6 レンズ群より構成され、ズームングの際に該第 1, 第 6 レンズ群は固定であり、該第 2 ~ 第 5 レンズ群が移動する 6 群ズームレンズである。

30

第 2 のズームレンズは、前方側から後方側へ順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群、正の屈折力を有する第 2 レンズ群、正の屈折力を有する第 3 レンズ群、正の屈折力を有する第 4 レンズ群、正の屈折力を有する第 5 レンズ群より構成され、ズームングの際に該第 1, 第 5 レンズ群は固定であり、該第 2 ~ 第 4 レンズ群が移動する 5 群ズームレンズである。

そして第 1、第 2 のズームレンズは該第 1 レンズ群中の最も前方側に配置された第 1 レンズは負の屈折力を有し、該第 1 レンズの材料のアッベ数を d_n 、部分分散比を g 、 F_n 、該第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、無限遠物体に合焦しているときの空気換算バックフォーカスを b_f 、該プリズムの材料のアッベ数を d_{pr} 、部分分散比を g 、 F_r とするとき

40

$$\begin{aligned} d_n &< 32 \quad \dots (1) \\ 0.008 &< g, F_n - (0.644 - 0.00168 \cdot d_n) < 0.040 \quad \dots (2) \\ |f_1 / b_f| &< 0.9 \quad \dots (3) \\ d_{pr} &< 50 \quad \dots (6) \\ 0.002 &< g, F_r - (0.644 - 0.00168 \cdot d_{pr}) < 0.040 \quad \dots (7) \end{aligned}$$

なる条件を満足する。

【0036】

ここで、最も後方側（縮小共役側、画像投射装置で言うと、画像表示素子側又は液晶パネル側）のレンズは正レンズであり、前記正レンズの材料のアッベ数を d_p 、部分分散比

50

を g, Fp とするとき、

$$\begin{aligned} dp > 63 \quad \cdot \cdot \cdot (4) \\ -0.005 < g, Fp - (0.644 - 0.00168 \cdot dp) < 0.045 \quad \cdot \cdot \cdot (5) \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0039】

ここで、6群ズームレンズは、少なくとも1面の非球面を持つ非球面レンズを有することが望ましい。特に、前記第5レンズ群は、非球面形状の面を有するプラスチック材より成る正レンズを1枚以上有することが望ましい。また、前記第1レンズ群が、非球面形状の面を有するプラスチック材より成る負レンズを1枚以上有することが望ましい。

【0040】

ここで、前記第5レンズ群は1以上の正レンズを有し、該1以上の正レンズの材料の平均アッペ数を $5p$ とするとき

$$5p > 60 \quad \cdot \cdot \cdot (8)$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0041】

また、前記第4レンズ群は絞りと、後方の面が凸でメニスカス形状の負レンズを1枚以上有することが望ましい。

【0043】

ここで、5群ズームレンズにおいて第4レンズ群は1以上の正レンズを有し、該1以上の正レンズの材料の平均アッペ数を $4p$ とするとき

$$4p > 60 \quad \cdot \cdot \cdot (9)$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0044】

ここで、前記第4レンズ群は絞りと、最も前方側に後方の面が凸でメニスカス形状の負レンズを有することが望ましい。

【0046】

ここで、前述のズームレンズは、広角端における Fno が、1.4以上2.05以下、好ましくは1.5以上及び/又は1.9以下であることが望ましい。

【0047】

また、本実施例の画像投射装置は、前述のいずれかのズームレンズと、原画を形成する表示ユニットとを有し、前記表示ユニットによって形成された原画を前記ズームレンズによってスクリーン面（被投射面、勿論リアプロジェクションタイプの場合には、レンチキュラーレンズ等を有し、入射光を拡散する作用を有する画面、スクリーン面であることが望ましい）上に投射する。

【0048】

次に、本実施例に記載した図面について簡単に説明する。

【0049】

図1は本発明の実施例1のズーム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）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）2.1mのときの広角端（短焦点距離側）と望遠端（長焦点距離側）における収差図である。

【0050】

図3は本発明の実施例2のズーム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）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（第1レンズ群からの距離）2.1mのときの広角端（短焦点距離側）と望遠端（長焦点距離側）における収差図である。

【0051】

図5は本発明の実施例3のズーム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6（A）、（B）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（第1レンズ群からの距離）2.1mのときの広角端（短焦点距離側）と望遠端（長焦点距離側）における収差図である。

10

20

30

40

50

1 mのときの広角端（短焦点距離側）と望遠端（長焦点距離側）における収差図である。

【0052】

図7は本発明の実施例4のズーム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8（A）、（B）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（第1レンズ群からの距離）2.1 mのときの広角端（短焦点距離側）と望遠端（長焦点距離側）における収差図である。

【0053】

図9は本発明の実施例5のズーム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10（A）、（B）は本発明の実施例5に対応する後述する数値実施例5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）2.1 mのときの広角端（短焦点距離側）と望遠端（長焦点距離側）における収差図である。

10

【0054】

図1、図3、図5、図7、図9の実施例1～5における画像投射装置ではLCDの原画（被投影画像）をズームレンズ（投影レンズ、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。

【0055】

Sはスクリーン面（投影面）、LCDは液晶パネル（液晶表示素子）等の原画像（被投影画像）である。スクリーン面Sと原画像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（第1共役点）で拡大側（前方）に、原画像LCDは距離の短い方の共役点（第2共役点）で縮小側（後方）に相当している。尚、ズームレンズを撮影系として用いるときは、スクリーン面S側が物体側、原画像LCD側が像側となる。

20

【0056】

GB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。

【0057】

ズームレンズ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GB以降の液晶表示素子LCD側はプロジェクター本体に含まれている。

【0058】

図1、図3、図5、図7の実施例1～4において、L1は負の屈折力の第1レンズ群、L2は正の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は負の屈折力の第4レンズ群、L5は正の屈折力の第5レンズ群、L6は正の屈折力の第6レンズ群である。

30

【0059】

実施例1～4では広角端から望遠端へのズーム（変倍）に際して矢印のように第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4そして第5レンズ群L5を拡大側である第1共役点側（スクリーンS側）へ独立に移動させている。

【0060】

尚、第1レンズ群L1、第6レンズ群L6はズームのためには移動しない。第1レンズ群L1を光軸上移動させてフォーカスを行っている。尚、フォーカスは表示パネルLCDを移動させて行っても良い。

40

【0061】

開口絞りSTは第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間に設けている。各レンズ面には反射防止用の多層コートが施されている。

【0062】

図9の実施例5において、L1は負の屈折力の第1レンズ群、L2は正の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は正の屈折力の第4レンズ群、L5は正の屈折力の第5レンズ群である。

【0063】

50

実施例 5 では広角端から望遠端へのズーミング（変倍）に際して矢印のように第 2 レンズ群 L 2、第 3 レンズ群 L 3、第 4 レンズ群 L 4 を拡大側である第 1 共役点側（スクリーン S 側）へ独立に移動させている。

【 0 0 6 4 】

尚、第 1 レンズ群 L 1、第 5 レンズ群 L 5 はズーミングのためには移動しない。第 1 レンズ群 L 1 を光軸上移動させてフォーカスを行っている。尚、フォーカスは表示パネル LCD を移動させて行っても良い。

【 0 0 6 5 】

開口絞り S T は第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 との間に設けている。各レンズ面には反射防止用の多層コートが施されている。

10

【 0 0 6 6 】

図 2、図 4、図 6、図 8、図 10 の収差図において G は波長 550 nm、R は波長 620 nm、B は波長 450 nm での収差を示し、S（サジタル像面の倒れ）、M（メリジオナル像面の倒れ）はどちらも波長 550 nm での収差を示す。F は F ナンバーである。は半画角である。

【 0 0 6 7 】

各実施例は、次の条件を満足している。

【 0 0 6 8 】

第 1 レンズ群 L 1 中の最も前方側に配置された第 1 レンズ G 1 1 は負の屈折力を有し、第 1 レンズ G 1 1 の材料のアッペ数を d_n 、部分分散比を g, F_n 、第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、無限遠物体に合焦しているときの空気換算バックフォーカスを b_f とするとき、

20

$$d_n < 32 \quad \dots (1)$$

$$0.008 < g, F_n - (0.644 - 0.00168 \cdot d_n) < 0.040 \quad \dots (2)$$

$$|f_1 / b_f| < 0.9 \quad \dots (3)$$

なる条件を満足している。

【 0 0 6 9 】

ただし

d_n : 最も物体側の第 1 レンズ G 1 1 の材料のアッペ数

$$d_n = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

30

$$g, F_n = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

n_d : d 線 (587.56nm) に対する屈折率

n_g : g 線 (435.84nm) に対する屈折率

n_F : F 線 (486.13nm) に対する屈折率

n_C : C 線 (656.28nm) に対する屈折率

(以下アッペ数、屈折率、 n_d 、 n_g 、 n_F 、 n_C の定義は同様)

条件式(1)は、最も物体側の負レンズの材料に高分散（すなわちアッペ数の小さい）材料を使用することを規定しており、特に色収差の補正を良好に行う為のものである。また一般に高分散材料は屈折率が高い傾向があるので、レトロフォーカスタイプの特徴である最も像側の材料の有効径が大きくなる傾向を緩和している。条件式(1)の上限を超える領域においては、軸上および倍率色収差の補正の効果が低下してくる。

40

【 0 0 7 0 】

条件式(2)は、材料の異常部分分散性を規定しており、主に軸上色収差及び倍率色収差を効果的に補正する為のものである。条件式(2)の上限、および下限を超える領域においては軸上および倍率色収差の補正が低下してくる。

【 0 0 7 1 】

条件式(3)は、長いバックフォーカスを容易に得るためである。条件式(3)の上限を超えるとバックフォーカスが短くなってしまい、プリズム等の挿入に必要な長さのバックフォーカスを得ることが困難になってくる。

【 0 0 7 2 】

50

尚(1)式に関してさらに好ましくは

$$dn < 28 \quad \dots (1a)$$

また(2)式に関してさらに好ましくは

$$0.010 < g, F_n - (0.644 - 0.00168 \cdot dn) < 0.030 \quad \dots (2a)$$

また(3)式に関してさらに好ましくは

$$|f_1/bf| < 0.8 \quad \dots (3a)$$

を満たすことが望ましい。

【0073】

最も後方側のレンズは正レンズであり、正レンズの材料のアッペ数を dp 、部分分散比を g, F_p とするとき、

$$dp > 63 \quad \dots (4)$$

$$-0.005 < g, F_p - (0.644 - 0.00168 \cdot dp) < 0.045 \quad \dots (5)$$

なる条件を満足している。

【0074】

ただし

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

$$g, F_p = (ng - nF) / (nF - nC)$$

条件式(4)は最も像面側の正レンズの材料のアッペ数を規定しており、おもにテレセントリック性を良好に維持しつつ色収差を良好に補正する為のものである。

【0075】

条件式(5)は最も像面側の正レンズの材料の異常部分分散性を規定しており、主に軸上色収差及び倍率色収差を効果的に補正する為のものである。条件式(5)の上限、および下限を超える領域においては軸上および倍率色収差の補正が低下してしまう。

【0076】

最も後方側のレンズと像面の間にプリズムが配置されており、最もプリズム長の長いプリズムGBの材料のアッペ数を dpr 、部分分散比を g, Fr とするとき

$$dpr < 50 \quad \dots (6)$$

$$0.002 < g, Fr - (0.644 - 0.00168 \cdot dpr) < 0.040 \quad \dots (7)$$

なる条件を満足している。

【0077】

ただし

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

$$g, Fr = (ng - nF) / (nF - nC)$$

条件式(6)は、プリズムとして使用される材料のアッペ数を規定している。ズームレンズの光学性能はレンズ部分だけでなくプリズムの材質に拠るところも大きい。そのためバックフォーカス部のプリズム長が長い液晶プロジェクター用の投射レンズに対して、そのプリズムの材料のアッペ数を(6)式を満足するように選択するのが良く、又条件式(6)を満足するような異なる材料より成るプリズムを組み合わせても良い。条件式(6)を満足すれば、おもに軸上色収差、球面収差、コマ収差の補正における効果が大きい。条件式(7)は、材料の異常部分分散性を規定しており、軸上色収差及び倍率色収差を効果的に補正する為のものである。条件式(7)の上限、および下限を超える領域においては軸上および倍率色収差補正の効果が低下してくる。

【0078】

(6)式に関して、さらに好ましくは

$$dpr < 40 \quad \dots (6a)$$

を満たすことが望ましい。また一般的に使用されているS - BSL7 (HOYA)等のアッペ数が大きな硝子を使用しても良い。

【0079】

実施例1~4では、前方側から後方側へ順にズーム(変倍)の際に固定で負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3

10

20

30

40

50

