

(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、ズームングに際して該第 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ベッツパー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、ズームングに

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.

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。

【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。

【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。

【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。

【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】

10

20

30

40

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 G B 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ング(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

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レンズ群およびズームングの際に固定で正の屈折力を有する第6レンズ群の6つのレンズ群より成っている。

【0080】

これは、全体として6つのレンズ群より成り、レトロフォーカスタイプのレンズ系であり、各レンズ群を適切に配置することによりレンズ系全体の小型化を図りつつ、ズーム範囲全体に渡りテレセントリック性を良好に維持し収差補正を良好に行うのに適したレンズ構成である。また第1レンズ群L1および第6レンズ群L6はともにズームングの際して（ズームングの為には）固定であり、ズームングによるレンズ全長を不変とすることにより投射レンズとしての堅牢性を確保でき、機構面で有利となる。

10

【0081】

第5レンズ群L5は非球面形状の面を含む正の屈折力のプラスチックレンズを用いている。

【0082】

これは、最も後方側（縮小共役側）でテレセントリック性を良好にもたせるため比較的パワーの強い正の屈折力のプラスチック材より成るレンズを用いている。このレンズに非球面形状の面を持たせることにより残存している軸外収差を効果的に取り除いている。なお、製造の容易なことからプラスチックを用いるのが良いが、他にもハイブリッドタイプ非球面、ガラス成形の非球面を用いても良い。

20

【0083】

第1レンズ群L1に負の屈折力のプラスチック材より成る非球面レンズを1枚以上設けている。これは、バックフォーカスが長い広角レンズタイプ（レトロフォーカスタイプ）の特徴である強いパワー（屈折力）を要する第1レンズ群L1内において、負のパワーを有したプラスチック材より成るレンズを効率的に作用させている。

【0084】

また、第1レンズ群L1は他のレンズ群に比べて口径が大きくなるので投射時の光線の密度が小さくなり、それに伴い光線を適切に補正できる非球面が設定しやすくなり、他レンズの収差補正の負担を軽減している。さらにはレンズ枚数の削減にも効果があり製造的に有利となる。

30

【0085】

尚、製造的には材料にプラスチックを用いるのが有利であるが、他にもハイブリッドタイプ非球面、ガラス成形の非球面を用いても良い。

【0086】

第5レンズ群L5内の正レンズの平均アッペ数を  $5p$  としたとき条件式(5)を満たしている。

【0087】

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

条件式(8)は第5レンズ群L5中の比較的強いパワーを有した正レンズに、アッペ数の高い材料を利用して色収差を抑えつつも、像面においてテレセントリック性を良好に実現させる為のものである。

40

【0088】

6つのレンズ群より構成されるレトロフォーカス型のズームレンズにおいて第4レンズ群L4内に絞りSPを有し、かつ第4レンズ群L4内に少なくとも像面側の面が凸でメニスカス形状の負レンズを1枚有している。

【0089】

絞りSPに対しコンセントリックなレンズ形状を持たせることにより、歪曲収差の発生を抑えつつ第4レンズ群L4を比較的強い負のパワーを有するようにしている。これは高倍率のズーム比およびレンズ全長の短縮の実現において、ズームングの際のピント面移動の補正に効果的である。

【0090】

50

実施例 5 では、前方側から後方側へ順に、ズームの際に固定で負の屈折力を有する第 1 レンズ群 L 1、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 L 4、およびズームの際に固定で正の屈折力を有する第 5 レンズ群 L 5 の 5 つのレンズ群を有している。

【 0 0 9 1 】

これは、全体として 5 つのレンズ群より成り、レトロフォーカスタイプであり、各レンズ群を適切に配置することによりレンズ系全体の小型化を図りつつ、ズーム範囲全体に渡りテレセントリック性を良好に維持し収差補正を行うのに適した構成である。また第 1 レンズ群 L 1 および第 5 レンズ群 L 5 はともにズームの際に固定であり、ズームによるレンズ全長を不変とすることにより投射レンズの堅牢性及び機構面で有利にしている。また、各実施例のレンズ群の構成に関しては前記 6 群タイプや 5 群タイプのズームレンズに限定することなく、2 群タイプ、3 群タイプおよび 4 群タイプにおいて 2 つ以上のレンズ群を、変倍の際に移動させるようなレンズ構成としても良い。

10

【 0 0 9 2 】

5 群タイプのズームレンズにおいては、第 4 レンズ群 L 4 に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少なくとも 1 枚有している。これにより最も後方側でテレセントリック性をもたせるため比較的パワーの強い正レンズを用いており、これに非球面効果を持たせることにより、残存している軸外収差を効果的に取り除いている。なお、プラスチック材の他にもハイブリッドタイプ非球面レンズ、ガラス成形より成る非球面レンズを用いても良い。

20

【 0 0 9 3 】

5 群タイプのズームレンズにおいては、第 1 レンズ群 L 1 に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少なくとも 1 枚有している。これにより、バックフォーカスが長い広角タイプ（レトロフォーカスタイプ）の特徴である強いパワーを要する第 1 レンズ群内において、負のパワーを有したプラスチック材より成るレンズを効率的に作用させている。

【 0 0 9 4 】

また、第 1 レンズ群 L 1 は他のレンズ群に比べて口径が大きくなるので投射時の光線の密度が小さくなり、それに伴い光線を適切に補正できる非球面を設定しやすくなり、他レンズの収差補正の負担を軽減することができ、さらにはレンズ枚数の削減にも効果がある。

30

【 0 0 9 5 】

なお、プラスチック材の他にもハイブリッドタイプ非球面レンズ、ガラス成形より成る非球面レンズを用いても良い。

【 0 0 9 6 】

第 4 レンズ群内の正レンズの材料の平均アッペ数を  $4p$  とするとき条件式 (9) を満たしている。

【 0 0 9 7 】

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

条件式 (9) は比較的強いパワーを有した正レンズに対して、アッペ数の大きい材料を使用して色収差を抑えつつも、像面においてテレセントリック性を良好にする為のものである。

40

【 0 0 9 8 】

5 つのレンズ群よりなるズームレンズにおいて第 4 レンズ群 L 4 内に絞り S P を有し、かつ第 4 レンズ群 L 4 内に像面側の面が凸でメニスカス形状の負レンズを最も物体側に有している。

【 0 0 9 9 】

これにより 5 つのレンズ群により構成されるズームレンズにおいて、絞り S P に対しコンセントリックなレンズ形状を持たせることにより、歪曲収差の発生を抑えつつ比較的強い負のパワーを有したレンズの使用を実現して、高倍率のズーム比およびレンズ全長の短

50

縮化を図っている。

【0100】

各実施例において、プラスチックレンズの使用に関しては、特に液晶プロジェクターに使用するときにはレンズの温度が上昇するのでプラスチックレンズはガラスレンズに比べてその影響を受けやすい。よってプラスチックレンズを使用するときには、比較的パワーの弱い、すなわち温度上昇におけるパワーの変化が少ない構成とする必然があり、プラスチックレンズの使用に制約があった。

【0101】

一般に正プラスチックレンズは温度上昇による材料の屈折率変化に伴い後方側（像側）のピント位置をオーバー方向にシフトさせる傾向があり、負プラスチックレンズは温度上昇による材料の屈折率変化に伴い後方側のピント位置をアンダー方向にシフトさせる傾向がある。

【0102】

よって正及び負のプラスチックレンズを用いたときには、ピント位置のシフト方向が対をなし、温度変化によるピントズレを抑制させつつ、プラスチックレンズに効果的にパワーを持たせることができる。条件式(a)は、その際目安となるものである。

【0103】

$$-0.05 > fn/fp > -0.56 \dots (a)$$

ただし

fn：負プラスチックレンズの焦点距離

fp：正プラスチックレンズの焦点距離

条件式(a)の下限を超える領域においては、負のパワーに対し正のパワーが過剰に大きくなってしまいうため、正プラスチックレンズの温度変化による影響が顕著に出てしまい、焦点が過剰にオーバー方向へシフトしてしまう。また、条件式(a)の上限を超える領域においては正パワーに対し負のパワーが過剰に大きくなってしまいうため、負プラスチックレンズの温度変化による影響が顕著に出てしまい、焦点が過剰にアンダー方向へシフトしてしまう。

【0104】

次に各実施例のズームレンズの特徴について説明する。

【0105】

各実施例のズームレンズは、最も前方側に負の屈折力のレンズ群が位置し、全体として5つ又は6つのレンズ群を有している。

【0106】

各レンズ群はレンズのみならず回折光学素子や反射光学素子等を有していても良い。

【実施例1】

【0107】

第1レンズ群L1は、前方側から後方側へ順に、前方の面が凸でメニスカス形状の負レンズG11、前方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG12、前方の面が凹形状の負レンズG13、後方の面が凸形状の正レンズG14の4枚構成である。

【0108】

負レンズG12をプラスチックレンズとし、その両面を非球面形状としている。プラスチックレンズG12は両面を非球面形状とすることにより主に歪曲収差を補正している。また、最も後方側の正レンズG14において後方側の面を凸形状とすることにより歪曲収差および非点収差を補正し、さらに第1レンズ群L1のレンズに高分散ガラスおよび低分散ガラスを併せて使用することにより倍率色収差の発生を極力抑えている。

【0109】

第2レンズ群L2は両レンズ面が凸形状の正レンズG21の1枚構成としており、主に第1レンズ群L1で発生した諸収差を補正している。この正レンズG21には屈折率の高い材料が用いられ、ペッツパール和の補正およびズームング(変倍)時の球面収差等の諸収差の変動を小さくしている。

10

20

30

40

50

## 【0110】

一般に中間像高等での像面湾曲および非点収差が大きいと解像感が劣化するためペッツパール和は小さく補正されていることが重要である。さらに色収差補正の観点から、第1レンズ群L1で発生した倍率色収差を効率良く補正するため、第2レンズ群L2は、高屈折率で低分散特性を有する材料を選択している。

## 【0111】

第3レンズ群L3は、前方の面が凸でメニスカス形状の正レンズG31で構成しており、主たる変倍レンズ群の役割を担っている。

## 【0112】

第4レンズ群L4は、後方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG41で構成している。負レンズG41に強い負の屈折力を与えており、変倍に伴うピント面の移動を補正する役割を担っている。

## 【0113】

この強い負の屈折力の負レンズG41を配置することにより、効率良くペッツパール和を小さくしている。なお、絞りSTは第4レンズ群L4に存在し、ズーム時の軸外収差の変動をおさえている。また絞りSTは、第4レンズ群L4以外に設定しても良い。

## 【0114】

さらに絞りSTは、ズームの際、レンズ群と共に動かせることなく独立に動かす構成としても良い。

## 【0115】

第5レンズ群L5は、前方側から後方側へ順に、両レンズ面が凹形状の負レンズG51と両レンズ面が凸形状の正レンズG52との接合レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズG53、および後方側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG54の4枚構成としている。

## 【0116】

最も前方側に負の屈折力をもつ負レンズG51を配することによりペッツパール和を効率良く小さくしている。また、後方側の主点位置を制御し、良好なテレセントリック性を確保しつつ必要な長さのバックフォーカスを得ている。

## 【0117】

また、接合レンズおよび単独の正レンズG53に関しては色収差を小さく抑えるため低分散ガラスを使用している。さらに、最も後方側のレンズG54をプラスチック材より成り、両レンズ面が非球面形状のレンズとしている。これにより、非点収差等の軸外収差を効率良く補正している。

## 【0118】

第6レンズ群L6は、両レンズ面が凸形状の正レンズG61より構成している。正レンズG61は色収差を抑えるために低分散ガラスとしつつパワーを強くして、テレセントリック性を良くしている。

## 【0119】

さらに、本実施例では非球面を有する正および負の屈折力のプラスチックレンズをそれぞれ1枚用いているが、これに限らず複数枚のプラスチックレンズを使用しても良い。

## 【0120】

また、非球面レンズはプラスチック材に限らず、ガラス材でも良く、又光学面に薄い樹脂層を形成させて非球面形状とした所以ハイブリッドタイプ非球面を用いる構成としても良い。

## 【0121】

本実施例によれば、F値が1.85と小さく、100型を約3.0mと短い距離で投射可能でありながらズーム倍率が約1.7倍という高変倍化が可能な投射レンズを実現している。

## 【実施例2】

## 【0122】

10

20

30

40

50

第1レンズ群L1は、前方側から後方側へ順に、前方の面が凸でメニスカス形状の負レンズG11、前方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG12、両面が凹形状の負レンズG13、両面が凸形状の正レンズG14の4枚構成である。

【0123】

負レンズG12をプラスチックレンズとし、その両面を非球面形状としている。プラスチックレンズG12は両面を非球面形状とすることにより主に歪曲収差を補正している。また、最も後方側の正レンズG14において後方側の面を凸形状とすることにより歪曲収差および非点収差を補正し、さらに第1レンズ群L1のレンズに高分散ガラスおよび低分散ガラスを併せて使用することにより倍率色収差の発生を極力抑えている。

【0124】

第2レンズ群L2は両レンズ面が凸形状の正レンズG21の1枚構成としており、主に第1レンズ群L1で発生した諸収差を補正している。この正レンズG21には屈折率の高い材料が用いられ、ペッツパール和の補正およびズームング(変倍)時の球面収差等の諸収差の変動を小さくしている。

【0125】

一般に中間像高等での像面湾曲および非点収差が大きいと解像感が劣化するためペッツパール和は小さく補正されていることが重要である。さらに色収差補正の観点から、第1レンズ群L1で発生した倍率色収差を効率良く補正するため、第2レンズ群L2は、高屈折率で低分散特性を有する材料を選択している。

【0126】

第3レンズ群L3は、前方の面が凸でメニスカス形状の正レンズG31で構成しており、主たる変倍レンズ群の役割を担っている。

【0127】

第4レンズ群L4は、後方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG41で構成している。負レンズG41に強い負の屈折力を与えており、変倍に伴うピント面の移動を補正する役割を担っている。

【0128】

この強い負の屈折力の負レンズG41を配置することにより、効率良くペッツパール和を小さくしている。なお、絞りSTは第4レンズ群L4に存在し、ズームング時の軸外収差の変動をおさえている。また絞りSTは、第4レンズ群L4以外に設定しても良い。

【0129】

さらに絞りSTは、ズームングの際、レンズ群と共に動かせることなく独立に動かす構成としても良い。

【0130】

第5レンズ群L5は、前方側から後方側へ順に、両レンズ面が凹形状の負レンズG51と両レンズ面が凸形状の正レンズG52との接合レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズG53、および後方側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG54の4枚構成としている。

【0131】

最も前方側に負の屈折力をもつ負レンズG51を配することによりペッツパール和を効率良く小さくしている。また、後方側の主点位置を制御し、良好なテレセントリック性を確保しつつ必要な長さのバックフォーカスを得ている。

【0132】

また、接合レンズおよび単独の正レンズG53に関しては色収差を小さく抑えるため低分散ガラスを使用している。さらに、最も後方側のレンズG54をプラスチック材より成り、両レンズ面が非球面形状のレンズとしている。これにより、非点収差等の軸外収差を効率良く補正している。

【0133】

第6レンズ群L6は、両レンズ面が凸形状の正レンズG61より構成している。正レンズG61は色収差を抑えるために低分散ガラスとしつつパワーを強くして、テレセントリ

10

20

30

40

50

ック性を良くしている。

【0134】

さらに、本実施例では非球面を有する正および負の屈折力のプラスチックレンズをそれぞれ1枚用いているが、これに限らず複数枚のプラスチックレンズを使用しても良い。

【0135】

また、非球面レンズはプラスチック材に限らず、ガラス材でも良く、又光学面に薄い樹脂層を形成させて非球面形状とした所以ハイブリッドタイプ非球面を用いる構成としても良い。

【0136】

本実施例によれば、F値が1.85と小さく、100型を約2.5mと短い距離で投射可能でありながらズーム倍率が約1.7倍という高変倍化が可能な投射レンズを実現している。

10

【実施例3】

【0137】

第1レンズ群L1は、前方側から後方側へ順に、前方の面が凸でメニスカス形状の負レンズG11、前方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG12、前方の面が凹のメニスカス形状の負レンズG13と後方の面が凸でメニスカス形状の正レンズG14との接合レンズの4枚構成である。

【0138】

負レンズG12をプラスチックレンズとし、その両面を非球面形状としている。プラスチックレンズG12は両面を非球面形状とすることにより主に歪曲収差を補正している。また、最も後方側の正レンズG14において後方側の面を凸形状とすることにより歪曲収差および非点収差を補正し、さらに第1レンズ群L1のレンズに高分散ガラスおよび低分散ガラスを併せて使用することにより倍率色収差の発生を極力抑えている。

20

【0139】

第2レンズ群L2は両レンズ面が凸形状の正レンズG21の1枚構成としており、主に第1レンズ群L1で発生した諸収差を補正している。この正レンズG21には屈折率の高い材料が用いられ、ペッツパール和の補正およびズームング(変倍)時の球面収差等の諸収差の変動を小さくしている。

【0140】

一般に中間像高等での像面湾曲および非点収差が大きいと解像感が劣化するためペッツパール和は小さく補正されていることが重要である。さらに色収差補正の観点から、第1レンズ群L1で発生した倍率色収差を効率良く補正するため、第2レンズ群L2は、高屈折率で低分散特性を有する材料を選択している。

30

【0141】

第3レンズ群L3は、前方の面が凸でメニスカス形状の正レンズG31で構成しており、主たる変倍レンズ群の役割を担っている。

【0142】

第4レンズ群L4は、後方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG41で構成している。負レンズG41に強い負の屈折力を与えており、変倍に伴うピント面の移動を補正する役割を担っている。

40

【0143】

この強い負の屈折力の負レンズG41を配置することにより、効率良くペッツパール和を小さくしている。なお、絞りSTは第4レンズ群L4に存在し、ズームング時の軸外収差の変動をおさえている。また絞りSTは、第4レンズ群L4以外に設定しても良い。

【0144】

さらに絞りSTは、ズームングの際、レンズ群と共に動かせることなく独立に動かす構成としても良い。

【0145】

第5レンズ群L5は、前方側から後方側へ順に、両レンズ面が凹形状の負レンズG51

50

と両レンズ面が凸形状の正レンズG 5 2との接合レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズG 5 3、および後方側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG 5 4の4枚構成としている。

【0146】

最も前方側に負の屈折力をもつ負レンズG 5 1を配することによりペッツバル和を効率良く小さくしている。また、後方側の主点位置を制御し、良好なテレセントリック性を確保しつつ必要な長さのバックフォーカスを得ている。

【0147】

また、接合レンズおよび単独の正レンズG 5 3に関しては色収差を小さく抑えるため低分散ガラスを使用している。さらに、最も後方側のレンズG 5 4をプラスチック材より成り、両レンズ面が非球面形状のレンズとしている。これにより、非点収差等の軸外収差を効率良く補正している。

10

【0148】

第6レンズ群L 6は、両レンズ面が凸形状の正レンズG 6 1より構成している。正レンズG 6 1は色収差を抑えるために低分散ガラスとしつつパワーを強くして、テレセントリック性を良くしている。

【0149】

さらに、本実施例では非球面を有する正および負の屈折力のプラスチックレンズをそれぞれ1枚用いているが、これに限らず複数枚のプラスチックレンズを使用しても良い。

【0150】

また、非球面レンズはプラスチック材に限らず、ガラス材でも良く、又光学面に薄い樹脂層を形成させて非球面形状とした所以ハイブリッドタイプ非球面を用いる構成としても良い。

20

【0151】

本実施例によれば、F値が1.85と小さく、100型を約2.8mと短い距離で投射可能でありながらズーム倍率が約2.0倍という高変倍化が可能な投射レンズを実現している。

【実施例4】

【0152】

第1レンズ群L 1は、前方側から後方側へ順に、前方の面が凸でメニスカス形状の負レンズG 1 1、前方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG 1 2、両面が凹形状の負レンズG 1 3の3枚構成である。

30

【0153】

負レンズG 1 2をプラスチックレンズとし、その両面を非球面形状としている。プラスチックレンズG 1 2は両面を非球面形状とすることにより主に歪曲収差を補正している。さらに第1レンズ群L 1のレンズに高分散ガラスおよび低分散ガラスを併せて使用することにより倍率色収差の発生を極力抑えている。

【0154】

第2レンズ群L 2は両レンズ面が凸形状の正レンズG 2 1の1枚構成としており、主に第1レンズ群L 1で発生した諸収差を補正している。この正レンズG 2 1には屈折率の高い材料が用いられ、ペッツバル和の補正およびズームング(変倍)時の球面収差等の諸収差の変動を小さくしている。

40

【0155】

一般に中間像高等での像面湾曲および非点収差が大きいと解像感が劣化するためペッツバル和は小さく補正されていることが重要である。さらに色収差補正の観点から、第1レンズ群L 1で発生した倍率色収差を効率良く補正するため、第2レンズ群L 2は、高屈折率で低分散特性を有する材料を選択している。

【0156】

第3レンズ群L 3は、前方の面が凸でメニスカス形状の正レンズG 3 1で構成しており、主たる変倍レンズ群の役割を担っている。

50

## 【0157】

第4レンズ群L4は、後方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG41で構成している。負レンズG41に強い負の屈折力を与えており、変倍に伴うピント面の移動を補正する役割を担っている。

## 【0158】

この強い負の屈折力の負レンズG41を配置することにより、効率良くペッツバール和を小さくしている。なお、絞りSTは第4レンズ群L4に存在し、ズーム時の軸外収差の変動をおさえている。また絞りSTは、第4レンズ群L4以外に設定しても良い。

## 【0159】

さらに絞りSTは、ズームの際、レンズ群と共に動かせることなく独立に動かす構成としても良い。

10

## 【0160】

第5レンズ群L5は、前方側から後方側へ順に、両レンズ面が凹形状の負レンズG51と両レンズ面が凸形状の正レンズG52との接合レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズG53、および後方側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG54の4枚構成としている。

## 【0161】

最も前方側に負の屈折力をもつ負レンズG51を配することによりペッツバール和を効率良く小さくしている。また、後方側の主点位置を制御し、良好なテレセントリック性を確保しつつ必要な長さのバックフォーカスを得ている。

20

## 【0162】

また、接合レンズおよび単独の正レンズG53に関しては色収差を小さく抑えるため低分散ガラスを使用している。さらに、最も後方側のレンズG54をプラスチック材より成り、両レンズ面が非球面形状のレンズとしている。これにより、非点収差等の軸外収差を効率良く補正している。

## 【0163】

第6レンズ群L6は、両レンズ面が凸形状の正レンズG61より構成している。正レンズG61は色収差を抑えるために低分散ガラスとしつつパワーを強くして、テレセントリック性を良くしている。

## 【0164】

さらに、本実施例では非球面を有する正および負の屈折力のプラスチックレンズをそれぞれ1枚用いているが、これに限らず複数枚のプラスチックレンズを使用しても良い。

30

## 【0165】

また、非球面レンズはプラスチック材に限らず、ガラス材でも良く、又光学面に薄い樹脂層を形成させて非球面形状とした所以ハイブリッドタイプ非球面を用いる構成としても良い。

## 【0166】

本実施例によれば、F値が1.85と小さく、100型を約3.2mと短い距離で投射可能でありながらズーム倍率が約1.4倍という高変倍化が可能な投射レンズを実現している。

40

## 【実施例5】

## 【0167】

第1レンズ群L1は、前方側から後方側へ順に、前方の面が凸でメニスカス形状の負レンズG11、前方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG12、前方の面が凹形状の負レンズG13、後方の面が凸形状の正レンズG14の4枚構成である。

## 【0168】

負レンズG12をプラスチックレンズとし、その両面を非球面形状としている。プラスチックレンズG12は両面を非球面形状とすることにより主に歪曲収差を補正している。また、最も後方側の正レンズG14において後方側の面を凸形状とすることにより歪曲収差および非点収差を補正し、さらに第1レンズ群L1のレンズに高分散ガラスおよび低分

50

散ガラスを併せて使用することにより倍率色収差の発生を極力抑えている。

【0169】

第2レンズ群L2は両レンズ面が凸形状の正レンズG21の1枚構成としており、主に第1レンズ群L1で発生した諸収差を補正している。この正レンズG21には屈折率の高い材料が用いられ、ペッツパール和の補正およびズーム（変倍）時の球面収差等の諸収差の変動を小さくしている。

【0170】

一般に中間像高等での像面湾曲および非点収差が大きいと解像感が劣化するためペッツパール和は小さく補正されていることが重要である。さらに色収差補正の観点から、第1レンズ群L1で発生した倍率色収差を効率良く補正するため、第2レンズ群L2は、高屈折率で低分散特性を有する材料を選択している。

10

【0171】

第3レンズ群L3は、両レンズ面が凸形状の正レンズG31で構成しており、主たる変倍レンズ群の役割を担っている。

【0172】

第4レンズ群L4は、前方側から後方側へ順に後方側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG41、両レンズ面が凹形状の負レンズG42と両レンズ面が凸形状の正レンズG43との接合レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズG44、および後方側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG45の5枚構成としている。

【0173】

最も前方側に負の屈折力をもつ負レンズG41を配することによりペッツパール和を効率良く小さくしている。また、後方側の主点位置を制御し、良好なテレセントリック性を確保しつつ必要な長さのバックフォーカスを得ている。

20

【0174】

また、接合レンズおよび単独の正レンズG53に関しては色収差を小さく抑えるため低分散ガラスを使用している。さらに、最も後方側のレンズG45をプラスチック材より成り、両レンズ面が非球面形状のレンズとしている。これにより、非点収差等の軸外収差を効率良く補正している。

【0175】

なお、絞りSTは第4レンズ群L4に存在し、ズーム時の軸外収差の変動をおさえ

30

ている。また絞りSTは、第4レンズ群L4以外に設定しても良い。

【0176】

さらに絞りSTは、ズームの際、レンズ群と共に動かせることなく独立に動かす構成としても良い。

【0177】

第5レンズ群L5は、両レンズ面が凸形状の正レンズG51より構成している。正レンズG51は色収差を抑えるために低分散ガラスとしつつパワーを強くして、テレセントリック性を良くしている。

【0178】

さらに、本実施例では非球面を有する正および負の屈折力のプラスチックレンズをそれぞれ1枚用いているが、これに限らず複数枚のプラスチックレンズを使用しても良い。

40

【0179】

また、非球面レンズはプラスチック材に限らず、ガラス材でも良く、又光学面に薄い樹脂層を形成させて非球面形状とした所以ハイブリッドタイプ非球面を用いる構成としても良い。

【0180】

本実施例によれば、F値が1.85と小さく、100型を約3.2mと短い距離で投射可能でありながらズーム倍率が約1.5倍という高変倍化が可能な投射レンズを実現している。

【0181】

50

次に、図 11 を用いて、上述の実施例 1 ~ 5 に記載した投射レンズ（投射光学系）を用いた画像投射装置について説明する。ここでは、ランプ 1、照明光学系、色分解合成光学系、投射レンズ鏡筒 5 内の投射レンズ光学系 70（図 11 参照）にて構成される反射型液晶表示素子（反射型液晶パネル等の画像形成素子、勿論投射型液晶パネルを用いても構わない。）を搭載した投射型画像表示装置の光学構成について図 11 にて説明する。

【 0 1 8 2 】

図 11 において、41 は連続スペクトルで白色光を発光する発光管、42 は発光管 41 からの光を所定の方向に集光するリフレクターであり、発光管 41 とリフレクター 42 はランプ 1 の一要素を形成する。

【 0 1 8 3 】

43 a は垂直方向（ランプ 1 からの光の進行方向における垂直方向（紙面垂直方向））において屈折力を有する複数のシリンドリカルレンズを配列したレンズアレイで構成された第 1 のシリンダアレイ、43 b は第 1 のシリンダアレイ 43 a の個々のシリンドリカルレンズに対応したシリンドリカルレンズより成るレンズアレイで構成される第 2 のシリンダアレイ、44 は紫外線吸収フィルタ、45 は無偏光光を所定の偏光光に揃えて射出する偏光変換素子である。

【 0 1 8 4 】

46 は水平方向において（紙面内）屈折力を有するシリンドリカルレンズで構成されたフロントコンプレッサ、47 は光軸を 90 度変換する為のミラー、48 はコンデンサーレンズ、49 は水平方向において屈折力を有するシリンドリカルレンズで構成されたリアコンプレッサである。

【 0 1 8 5 】

以上の各要素は照明光学系の一要素を構成している。

【 0 1 8 6 】

58 は青色（B）と赤色（R）の波長領域の光を反射し、緑色（G）の波長領域の光を透過するダイクロイックミラーである。59 は透明基板に偏光素子を貼着した G 用の入射側偏光板であり、S 偏光のみを透過する。60 は P 偏光を透過し、S 偏光を反射する第 1 の偏光ビームスプリッターであり、偏光分離面 60 a を有する。

【 0 1 8 7 】

61 R, 61 G, 61 B はそれぞれ入射した光を反射するとともに画像変調する赤（R）用の反射型の液晶表示素子（TN 型液晶、他の液晶表示素子も同じ）、緑（G）用の反射型の液晶表示素子、青（B）用の反射型の液晶表示素子である。

【 0 1 8 8 】

62 R, 62 G, 62 B はそれぞれ、赤用の 1/4 波長板、緑用の 1/4 波長板、青用の 1/4 波長板である。64 は透明基板に偏光素子を貼着した R, B 用の入射側偏光板であり、S 偏光のみを透過する。65 は B 光の偏光方向を 90 度変換し、R 光の偏光方向は変換しない第 1 の色選択性位相差板である。66 は P 偏光を透過し、S 偏光を反射する第 2 の偏光ビームスプリッターであり、偏光分離面 66 a を有する。

【 0 1 8 9 】

67 は R 光の偏光方向を 90 度変換し、B 光の偏光方向は変換しない第 2 の色選択性位相差板である。

【 0 1 9 0 】

68 は R, B 用の出射側偏光板（偏光素子）であり、S 偏光のみを透過する。69 は P 偏光を透過し、S 偏光を反射する第 3 の偏光ビームスプリッター（色合成手段）であり、偏光分離面 69 a を有する。

【 0 1 9 1 】

以上のダイクロイックミラー 58 から第 3 の偏光ビームスプリッター 69 に至る部材は、色分解合成光学系の一要素を構成している。

【 0 1 9 2 】

70 は投射レンズ光学系である。上記照明光学系、色分解合成光学系 および投射レ

10

20

30

40

50

ンズ光学系 70 により画像表示光学系が構成される。

【0193】

次に光学的な作用を説明する。

【0194】

発光管 41 から発した光は、リフレクター 42 により所定の方向に集光される。リフレクター 42 の反射面は放物面形状を有しており、放物面の焦点位置からの光は放物面の対称軸（光軸）に平行な光束となる。但し、発光管 41 からの光束は理想的な点光源からの光束ではなく有限の大きさの発光部を有しているので、集光する光束には放物面の対称軸に平行でない光の成分も多く含まれている。

【0195】

これらの光束は、第 1 のシリンダアレイ 43 a に入射する。第 1 のシリンダアレイ 43 a に入射した光束はそれぞれのシリンダレンズに応じた複数の光束に分割、集光され（水平方向に帯状の複数の光束）、紫外線吸収フィルタ 44 を介して、第 2 のシリンダアレイ 43 b を経て、複数の光束（水平方向に帯状の複数の光束）を偏光変換素子 45 の近傍に形成する。

【0196】

偏光変換素子 45 は、垂直方向に配列した複数の偏光分離面と反射面と 1/2 波長板とからなり、複数の光束は、その列に対応した偏光分離面に入射し、透過する P 偏光成分の光と反射する S 偏光成分の光に分割される。

【0197】

反射された S 偏光成分の光は反射面で反射し、P 偏光成分と同じ方向に出射する。一方、透過した P 偏光成分の光は、1/2 波長板を透過して S 偏光成分と同じ偏光成分に変換され、偏光方向が揃った光として出射する。偏光変換された複数の光束（水平方向に帯状の複数の光束）は、偏光変換素子 45 を出射した後、フロントコンプレッサ 46 を介して、反射ミラー 47 にて 90 度反射し、コンデンサーレンズ 48、リアコンプレッサ 49 に至る。

【0198】

ここで、フロントコンプレッサ 46、コンデンサーレンズ 48、リアコンプレッサ 49 の光学的作用を適切に設定している。そして複数の光束は矩形形状の像が重なった形となり矩形の均一な照明エリアを形成している。

【0199】

この照明エリアに後述の反射型液晶表示素子 61 R、61 G、61 B を配置する。次に、偏光変換素子 45 により S 偏光とされた光は、ダイクロイックミラー 58 に入射する。尚、ダイクロイックミラー 58 は、B 光（波長 430 ~ 495 nm）と R 光（波長 590 ~ 650 nm）の光は反射し、G 光（波長 505 ~ 580 nm）の光は透過する。

【0200】

次に、G 光の光路について説明する。

【0201】

ダイクロイックミラー 58 を透過した G 光は入射側偏光板 59 に入射する。尚、G 光はダイクロイックミラー 58 によって分解された後も S 偏光となっている。そして G 光は、入射側偏光板 59 から出射した後、第 1 の偏光ビームスプリッター 60 に対して S 偏光として入射して偏光分離面で反射され、G 用の反射型液晶表示素子 61 G へと至る。G 用の反射型液晶表示素子 61 G においては、G 光が画像変調されて反射される。画像変調された G の反射光のうち S 偏光成分は、再び第 1 の偏光ビームスプリッター 60 の偏光分離面 60 a で反射し、光源 1 側に戻され、投射光から除去される。

【0202】

一方、画像変調された G 光の反射光のうち P 偏光成分は、第 1 の偏光ビームスプリッター 60 の偏光分離面 60 a を透過し、投射光として第 3 の偏光ビームスプリッター 69 に向かう。

【0203】

10

20

30

40

50

このとき、すべての偏光成分をS偏光に変換した状態（黒を表示した状態）において、第1の偏光ビームスプリッター60とG光用の反射型液晶表示素子61Gとの間に設けられた1/4波長板62Gの遅相軸を所定の方向に調整することにより、第1の偏光ビームスプリッター60とG用の反射型液晶表示素子61Gで発生する偏光状態の乱れの影響を小さく抑えることができる。

【0204】

第1の偏光ビームスプリッター60から出射したG光は、第3の偏光ビームスプリッター69に対してP偏光として入射し、第3の偏光ビームスプリッター69の偏光分離面69aを透過して投射レンズ70へと至る。

【0205】

一方、ダイクロイックミラー58を反射したR光とB光は、入射側偏光板64に入射する。尚、R光とB光はダイクロイックミラー58によって分解された後もS偏光となっている。そしてR光とB光は、入射側偏光板64から出射した後、第1の色選択性位相差板65に入射する。第1の色選択性位相差板65は、B光のみ偏光方向を90度回転する作用を持っており、これによりB光はP偏光として、R光はS偏光として第2の偏光ビームスプリッター66に入射する。S偏光として第2の偏光ビームスプリッター66に入射したR光は、第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面で反射され、R光用の反射型液晶表示素子61Rへと至る。また、P偏光として第2の偏光ビームスプリッター66に入射したB光は、第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面66aを透過してB光用の反射型液晶表示素子61Bへと至る。

【0206】

R光用の反射型液晶表示素子61Rに入射したR光は画像変調されて反射される。画像変調されたR光の反射光のうちS偏光成分は、再び第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面66aで反射されて光源1側に戻され、投射光から除去される。一方、画像変調されたR光の反射光のうちP偏光成分は第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面66aを透過して投射光として第2の色選択性位相差板67に向かう。

【0207】

また、B光用の反射型液晶表示素子61Bに入射したB光は画像変調されて反射される。画像変調されたB光の反射光のうちP偏光成分は、再び第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面66aを透過して光源1側に戻され、投射光から除去される。

【0208】

一方、画像変調されたB光の反射光のうちS偏光成分は第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面66aで反射して投射光として第2の色選択性位相差板67に向かう。

【0209】

このとき、第2の偏光ビームスプリッター66とR光用、B光用の反射型液晶表示素子61R、61Bの間に設けられた1/4波長板62R、62Bの遅相軸を調整することにより、G光の場合と同じようにR光、B光それぞれの黒の表示の調整を行うことができる。

【0210】

こうして1つの光束に合成され、第2の偏光ビームスプリッター66から出射したR光とB光の投射光のうちR光は、第2の色選択性位相差板67によって偏光方向が90度回転されてS偏光成分となり、さらに入射側偏光板68で検光されて第3の偏光ビームスプリッター69に入射する。

【0211】

また、B光はS偏光のまま第2の色選択性位相差板67をそのまま透過し、さらに入射側偏光板68で検光されて第3の偏光ビームスプリッター69に入射する。尚、出射側偏光板68で検光されることにより、R光とB光の投射光は第2の偏光ビームスプリッター66とR光用、B光用の反射型液晶表示素子61R、61B、1/4波長板62R、62Bを通ることによって生じた無効な成分をカットされた光となる。

【0212】

10

20

30

40

50

そして、第3の偏光ビームスプリッター69に入射したR光とB光の投射光は第3の偏光ビームスプリッター69の偏光分離面69aを反射し、前述した該偏光分離面69aにて透過したG光と合成されて投射レンズ70に至る。

【0213】

そして、合成されたR光、G光、B光の投射光は、投射レンズ70によってスクリーンなどの被投射面に拡大投影される。

【0214】

以上説明した光路は反射型液晶表示素子が白表示の場合である為、以下に反射型液晶表示素子が黒表示の場合での光路を説明する。

【0215】

まず、G光の光路について説明する。

【0216】

ダイクロイックミラー58を透過したG光のS偏光光は入射側偏光板59に入射し、その後、第1の偏光ビームスプリッター60に入射して偏光分離面60aで反射され、G光用の反射型液晶表示素子61Gへと至る。しかし、反射型液晶表示素子61Gが黒表示の為、G光は画像変調されないまま反射される。

【0217】

従って、反射型液晶表示素子61Gで反射された後もG光はS偏光光のままである為、再び第1の偏光ビームスプリッター60の偏光分離面60aで反射し、入射側偏光板59を透過して光源1側に戻され、投射光から除去される。

【0218】

次に、R光とB光の光路について説明する。

【0219】

ダイクロイックミラー58を反射したR光とB光のS偏光光は、入射側偏光板64に入射する。そしてR光とB光は、入射側偏光板64から出射した後、第1の色選択性位相差板65に入射する。第1の色選択性位相差板65は、Bの光のみ偏光方向を90度回転する作用を持っており、これによりB光はP偏光として、R光はS偏光として第2の偏光ビームスプリッター66に入射する。

【0220】

S偏光として第2の偏光ビームスプリッター66に入射したR光は、第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面66aで反射され、R光用の反射型液晶表示素子61Rへと至る。また、P偏光として第2の偏光ビームスプリッター66に入射したB光は、第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面66aを透過してB光用の反射型液晶表示素子61Bへと至る。

【0221】

ここでR光用の反射型液晶表示素子61Rは黒表示の為、R光用の反射型液晶表示素子61Rに入射したR光は画像変調されないまま反射される。従って、R光用の反射型液晶表示素子61Rで反射された後もR光はS偏光光のままである為、再び第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面66aで反射し、入射側偏光板64を通過して光源1側に戻され、投射光から除去される為、黒表示となる。

【0222】

一方、B用の反射型液晶表示素子61Bに入射したB光はB光用の反射型液晶表示素子61Bが黒表示の為、画像変調されないまま反射される。従って、B光用の反射型液晶表示素子61Bで反射された後もB光はP偏光光のままである為、再び第2の偏光ビームスプリッター66の偏光分離面66aを透過し、第1の色選択性位相差板65により、S偏光に変換され、入射側偏光板64を透過して光源1側に戻されて投射光から除去される。

【0223】

ここで、前述の第1、2、3の偏光ビームスプリッターの硝材の屈折率は、1.60以上1.90以下(波長587.56nmの光に対する屈折率)であることが、偏光ビームスプリッターの特性上望ましい。上述の実施例1から5の投射レンズ(ズームレンズ)は、このような偏光

10

20

30

40

50

ビームスプリッター（少なくとも所定の波長領域の光、好ましくは赤、緑、青色領域の光において、所定の偏光方向の光を反射し、その偏光方向と直交する偏光方向の光を透過するような特性を有する光学素子）によって色合成（互いに異なる波長領域の光の光路の合成）する投射型画像表示装置（特に反射型液晶パネルを用いた反射型液晶表示装置）に適用すると尚好ましい。

【0224】

以上が、反射型液晶表示素子（反射型液晶パネル）を使用した投射型画像表示装置での光学構成である。

【0225】

尚、反射型の液晶表示素子に限らず透過型の液晶表示素子を用いても、同様の効果が得られる。

10

【0226】

図12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。

【0227】

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表示素子に基づく複数の色光の画像情報を色合成手段を介して合成し、投射レンズでスクリーン面上に拡大投射する画像投射装置を示している。

【0228】

図12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、前述したズームレンズより成る投影レンズ103を用いてスクリーン104に投影している。

20

【0229】

図13は本発明の撮像装置の実施形態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。

【0230】

図13においては被写体109の像を撮影レンズ108で感光体107に結像し、画像情報を得ている。

【0231】

30

以上のように各実施例によれば、レンズ系全体の小型化を図りつつ、ズーム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液晶プロジェクター用に好適なズームレンズを達成することができる。

【0232】

この他、画像情報を銀塩フィルム、CCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）上に形成するビデオカメラ、フィルムカメラ、デジタルカメラ等の撮像装置に好適なズームレンズを達成することができる。

【0233】

以下に実施例1～5のズームレンズに各々対応する数値実施例1～5を示す。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し、 $r_i$ は第i番目の光学面（第i面）の曲率半径、 $d_i$ は第i面と第i+1面との間の間隔、 $n_i$ と $i$ はそれぞれd線を基準とした第i番目の光学部材の材質の屈折率、アッペ数を示す。fは焦点距離、FNOはFナンバーである。 $\theta$ は半画角である。

40

【0234】

また数値実施例1～5の最も後方側の3つの面はガラスブロックGBを構成する面である。

【0235】

またkを円錐定数、A、B、C、D、E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、非球面形状は、

$$x = (h^2 / r) / [1 + [1 - (1 + k)(h/R)^2]^{1/2}]$$

50

$$+ A h^4 + B h^6 + C h^8 + D h^{10} + E h^{12}$$

で表示される。但し  $r$  は近軸曲率半径である。

【0236】

なお、例えば「 $e - Z$ 」の表示は「 $10^{-Z}$ 」を意味する。

【0237】

前述の各条件式 1 ~ 9 と数値実施例 1 ~ 5 における諸数値との関係を表 1 に示す。

【0238】

又、各実施例において、条件式 ( 1 ) , ( 2 ) , ( 4 ) ~ ( 7 ) に対する使用硝子との関係を表に示す。

【0239】

【表 1】

実施例 1       $f = 22.0-36.5$        $F_{no}=1.85-2.53$

	Ri	di	Ni	$\nu_i$	
1	48.17797	2.1000	1.80518	25.4	
2	21.02255	6.8699			
*3	39.48183	3.1000	1.52996	55.8	10
*4	24.03284	11.1736			
5	-27.29939	1.7500	1.48749	70.2	
6	-1618.318	1.5			
7	-265.48769	4.3994	1.83400	37.2	
8	-56.18928	(d8)			
9	39.879	4.7985	1.83400	37.2	
10	-107.50029	(d10)			
11	51.95061	4.5760	1.60342	38.0	20
12	321.40468	(d12)			
13	(絞り)	1.6086			
14	-39.83686	1.5000	1.75520	27.5	
15	-310.77422	(d15)			
16	-372.48925	1.5000	1.83400	37.2	
17	34.47372	5.7430	1.48749	70.2	
18	-101.37253	0.1500			
19	63.73334	7.8842	1.48749	70.2	30
20	-43.26493	0.1500			
*21	-106.36784	4.1500	1.52996	55.8	
*22	-53.96491	(d22)			
23	57.67619	5.1699	1.48749	70.2	
24	-452.65497	1.4500			
25	$\infty$	55.0000	1.84666	23.8	
26	$\infty$	3.8000	1.51633	64.1	40
27	$\infty$	8.6222			

【 0 2 4 0 】

【表 2】

## 非球面データ

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	0.02533	-0.86529	-2.10552E-05	1.11564E-07	-4.35408E-10	1.14943E-12	-1.36179E-15
*4	0.04161	-4.32910	-3.04578E-06	4.22209E-08	-3.68497E-10	1.21913E-12	-1.83226E-15
*21	-0.00940	-65.86607	-1.24675E-05	2.94309E-08	-1.16213E-10	3.39774E-13	-3.00719E-16
*22	-0.01853	-7.91329	-1.00648E-05	1.52133E-08	-6.09115E-11	1.87901E-13	-1.40099E-16

## 間隔データ

	d8	d10	d12	d17	d24
Wide	14.0690	33.9164	25.7779	7.2136	0.9000
Tele	2.4000	2.0357	37.9623	2.6045	36.8743

10

【 0 2 4 1 】

【表 3】

実施例 2       $f = 18.4-30.3$        $F_{no}=1.85-2.63$

	Ri	di	Ni	$\nu_i$	
1	30.89556	2.0000	1.84666	23.8	
2	16.25391	7.2163			
*3	111.48919	3.2000	1.52996	55.8	10
*4	34.16444	5.9420			
5	-30.03606	1.5000	1.49700	81.6	
6	44.97378	0.6576			
7	52.13529	4.0860	1.69895	30.1	
8	-249.08891	(d8)			
9	85.3129	4.0744	1.83400	37.2	
10	-84.49263	(d10)			
11	41.35398	4.0486	1.62588	35.7	20
12	4880.52702	14.3321			
13	(絞り)	(d13)			
14	-31.13904	1.5000	1.78470	26.3	
15	-352.59772	(d15)			
16	-185.1227	1.5000	1.83400	37.2	
17	26.58768	6.2140	1.48749	70.2	
18	-47.64016	0.1500			30
19	57.15633	8.0772	1.48749	70.2	
20	-31.01415	0.1500			
*21	-70.69805	4.3000	1.52996	55.8	
*22	-41.24778	(d22)			
23	70.17739	4.0020	1.49700	81.6	
24	-514.06963	1.4500			
25	$\infty$	47.0000	1.84666	23.8	
26	$\infty$	3.4000	1.51633	64.1	40
27	$\infty$	8.2055			

【表4】

## 非球面データ

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	0.00897	49.23525	5.08871E-05	-2.01623E-07	5.94120E-10	-4.57829E-13	-2.81211E-15
*4	0.02927	1.77287	3.74608E-05	-2.49124E-07	6.11018E-10	-1.31248E-12	-2.88279E-15
*21	-0.01414	-1.35444	-1.57784E-05	-8.08535E-09	7.27328E-12	1.42953E-14	5.89522E-16
*22	-0.02424	-2.25517	-1.52235E-05	-8.49054E-09	2.09653E-11	-1.04714E-13	5.99474E-16

## 間隔データ

	d8	d10	d13	d15	d22
Wide	9.1171	24.3229	1.6669	3.5430	0.9000
Tele	1.6000	0.6000	9.7022	1.3552	26.2922

10

【0243】

【表 5】

実施例 3  $f = 20.4-39.7$   $F_{no}=1.85-3.10$ 

	Ri	di	Ni	$\nu_i$
1	44.57786	2.2000	1.84666	23.8
2	19.26381	6.9850		
*3	68.68298	3.2000	1.52996	55.8
*4	31.402	10.0059		
5	-23.06703	2.0000	1.48749	70.2
6	-142.42449	4.5000	1.69895	30.1
7	-42.55434	(d7)		
8	125.67028	4.7452	1.83400	37.2
9	-100.0108	(d9)		
10	49.52234	4.4514	1.58267	46.4
11	445.16477	19.4041		
12	(絞リ)	(d12)		
13	-38.68609	1.5000	1.75520	27.5
14	-209.17028	(d14)		
15	-521.00866	1.5000	1.83400	37.2
16	30.28309	5.7000	1.48749	70.2
17	-159.49708	0.1500		
18	54.58126	8.4148	1.48749	70.2
19	-36.95692	0.1500		
*20	-111.70304	4.2005	1.52996	55.8
*21	-55.88571	(d21)		
22	113.61568	4.2000	1.48749	70.2
23	-158.14288	1.4500		
24	$\infty$	55.0000	1.84666	23.8
25	$\infty$	3.8000	1.51633	64.1
26	$\infty$	8.6125		

10

20

30

40

【 0 2 4 4 】

【表 6】

## 非球面データ

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	0.01456	9.28254	2.69498E-06	1.66465E-08	-9.32548E-11	4.42842E-13	-7.57029E-16
*4	0.03185	-4.03516	6.46512E-06	-3.77153E-09	-1.95042E-10	9.50324E-13	-2.21519E-15
*20	-0.00895	-27.97288	-1.59632E-05	-1.61790E-08	5.12399E-11	-1.85141E-13	3.94901E-16
*21	-0.01789	-5.91335	-1.44712E-05	-1.18898E-08	3.18141E-11	-1.05013E-13	2.27861E-16

## 間隔データ

	d7	d9	d12	d14	d21
Wide	17.5669	38.4099	1.8750	7.9412	0.9000
Tele	1.6000	0.6000	21.5400	0.9875	41.9655

10

【 0 2 4 5 】

【表 7】

実施例 4       $f = 23.5-31.6$        $F_{no}=1.85-2.42$

	Ri	di	Ni	$\nu_i$
1	63.30264	2.4000	1.84666	23.8
2	29.06773	4.5021		
*3	57.58216	2.2000	1.52996	55.8
*4	28.1121	6.7695		
5	-55.43384	2.2000	1.48749	70.2
6	65.18485	(d6)		
7	99.88649	5.4242	1.83400	37.2
8	-78.02861	(d8)		
9	48.02402	4.2979	1.83400	37.2
10	159.69401	22.6710		
11	(絞り)	(d11)		
12	-36.77684	1.5000	1.75520	27.5
13	-205.53931	(d13)		
14	-123.70149	1.5000	1.83400	37.2
15	27.93362	5.7000	1.60311	60.7
16	-236.54179	0.1500		
17	53.57628	10.0740	1.48749	70.2
18	-31.5691	0.1500		
*19	-299.47998	4.1373	1.52996	55.8
*20	-78.88286	(d20)		
21	91.59604	4.5000	1.48749	70.2
22	-221.5602	1.4500		
23	$\infty$	55.0000	1.84666	23.8
24	$\infty$	3.8000	1.51633	64.1
25	$\infty$	8.5949		

【表 8】

## 非球面データ

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	0.01737	8.29005	-1.53525E-05	1.99375E-08	-1.17593E-10	3.26386E-13	-8.32741E-16
*4	0.03557	-1.97476	-5.03956E-06	7.92029E-09	5.34636E-11	-3.42798E-13	4.21247E-16
*19	-0.00334	36.85349	-1.97384E-05	-3.50105E-08	7.16275E-11	-3.50947E-13	6.96058E-16
*20	-0.01268	-1.04980	-1.58375E-05	-2.47872E-08	3.79764E-11	-1.56452E-13	3.25300E-16

## 間隔データ

	d6	d8	d11	d13	d20
Wide	15.5294	30.1400	1.8594	7.6954	0.9000
Tele	10.6048	15.8585	11.6223	1.4507	16.5878

10

【 0 2 4 7 】

【表 9】

実施例 5  $f = 23.4-34.4$   $Fno=1.85-2.30$ 

	Ri	di	Ni	$\nu_i$
1	41.69873	2.6000	1.80518	25.4
2	20.72632	7.3389		
3*	43.3722	3.3000	1.52996	55.8
4*	23.93318	11.2533		
5	-25.69109	1.8983	1.48749	70.2
6	-268.94696	1.5000		
7	-202.20306	5.0000	1.83400	37.2
8	-46.3916	(d8)		
9	82.55475	4.0157	1.83400	37.2
10	-1.5000E+09	(d10)		
11	56.7807	4.8519	1.64769	33.8
12	-825.1516	(d12)		
13	(絞り)	1.8206		
14	-34.17057	1.5000	1.75520	27.5
15	-175.55047	5.5439		
16	-100.03237	1.7000	1.83400	37.2
17	37.6337	5.9000	1.48749	70.2
18	-75.91589	0.6300		
19	65.02211	7.9998	1.48749	70.2
20	-38.56084	0.6135		
*21	-94.5781	4.1500	1.52996	55.8
*22	-51.82303	(d22)		
23	56.4896	5.8646	1.48749	70.2
24	-226.3227	1.4500		
25	$\infty$	64.0000	1.84666	23.8
26	$\infty$	3.8000	1.51633	64.1
27	$\infty$	5.8000		

10

20

30

40

【 0 2 4 8 】

【表 1 0】

## 非球面データ

	1/r	K	A	B	C	D	E
*3	0.02306	-0.86529	-1.98616E-05	1.04606E-07	-4.13759E-10	1.12382E-12	-1.35302E-15
*4	0.04178	-4.32910	-1.46656E-06	2.96844E-08	-3.14350E-10	1.09785E-12	-1.73923E-15
*21	-0.01057	-65.86607	-1.32936E-05	3.77040E-08	-1.13310E-10	3.75335E-13	-3.73470E-16
*22	-0.01930	-7.91329	-8.43109E-06	1.51489E-08	-3.51631E-11	1.84823E-13	-1.61827E-16

## 間隔データ

	d8	d10	d12	d22
Wide	9.1893	28.0476	26.3825	0.9000
Tele	0.5000	1.0000	30.9454	32.0740

10

【 0 2 4 9 】

【表 1 1】

各条件式値

(表 1)

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
(1)	25.4	23.8	23.8	23.8	25.4
(2)	0.0153	0.0163	0.0163	0.0163	0.0153
(3)	0.66	0.53	0.59	0.51	0.77
(4)	70.2	81.6	70.2	70.2	70.2
(5)	0.0043	0.0317	0.0043	0.0043	0.0043
(6)	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6
(7)	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099
(8)	65.4	65.4	65.4	62.2	-
(9)	-	-	-	-	65.4

10

実施例 1

	条件式(1)、(2)	条件式(4)、(5)	条件式(6)、(7)
使用硝子	S-TIH6(OHARA 製)	S-FSL5(OHARA 製)	SF57HHT(SCHOTT 製)
nd	1.80518	1.48749	1.84666
ng	1.84729	1.49596	1.89393
nF	1.82777	1.49228	1.87204
nC	1.79611	1.48534	1.83650

20

実施例 2

	条件式(1)、(2)	条件式(6)、(7)	条件式(4)、(5)
使用硝子	S-TIH53(OHARA 製)	S-FPL51(OHARA 製)	SF57HHT(SCHOTT 製)
nd	1.84666	1.49700	1.84666
ng	1.89419	1.50451	1.89393
nF	1.87210	1.50123	1.87204
nC	1.83649	1.49514	1.83650

30

実施例 3

	条件式(1)、(2)	条件式(6)、(7)	条件式(4)、(5)
使用硝子	S-TIH53(OHARA 製)	S-FSL5(OHARA 製)	SF57HHT(SCHOTT 製)
nd	1.84666	1.48749	1.84666
ng	1.89419	1.49596	1.89393
nF	1.87210	1.49228	1.87204
nC	1.83649	1.48534	1.83650

40

【表 1 2】

## 実施例 4

	条件式(1)、(2)	条件式(6)、(7)	条件式(4)、(5)
使用硝子	S-TIH53(OHARA 製)	S-FSL5(OHARA 製)	SF57HHT(SCHOTT 製)
nd	1.84666	1.48749	1.84666
ng	1.89419	1.49596	1.89393
nF	1.87210	1.49228	1.87204
nC	1.83649	1.48534	1.83650

10

## 実施例 5

	条件式(1)、(2)	条件式(6)、(7)	条件式(4)、(5)
使用硝子	S-TIH6(OHARA 製)	S-FSL5(OHARA 製)	SF57HHT(SCHOTT 製)
nd	1.80518	1.48749	1.84666
ng	1.84729	1.49596	1.89393
nF	1.82777	1.49228	1.87204
nC	1.79611	1.48534	1.83650

20

## 【図面の簡単な説明】

【0251】

【図1】実施形態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】数値実施例1のズームレンズの収差図

【図3】実施形態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4】数値実施例2のズームレンズの収差図

30

【図5】実施形態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6】数値実施例3のズームレンズの収差図

【図7】実施形態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8】数値実施例4のズームレンズの収差図

【図9】実施形態5のズームレンズを用いた画像投射装置の要部概略図

【図10】数値実施例5のズームレンズの収差図

【図11】本実施例の投射型画像表示装置の光学系の説明図

【図12】カラー液晶プロジェクターの要部概略図

【図13】撮像装置の要部概略図

【符号の説明】

40

【0252】

L1 第1レンズ群

L2 第2レンズ群

L3 第3レンズ群

L4 第4レンズ群

L5 第5レンズ群

L6 第6レンズ群

S T 開口絞り

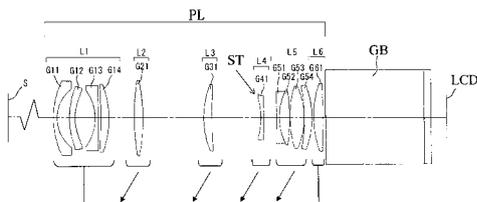
LCD 液晶表示装置(像面)

GB 硝子ブロック(色合成プリズム)

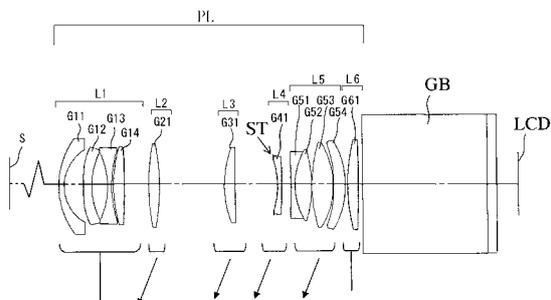
50

- S Sagittal 像面の倒れ
- M Meridional 像面の倒れ
- 101 液晶プロジェクター
- 102 色合成手段
- 103 投射レンズ
- 104 スクリーン
- 105 (5B、5G、5R) 液晶パネル
- 106 撮像装置
- 107 撮像手段
- 108 撮影レンズ
- 109 被写体

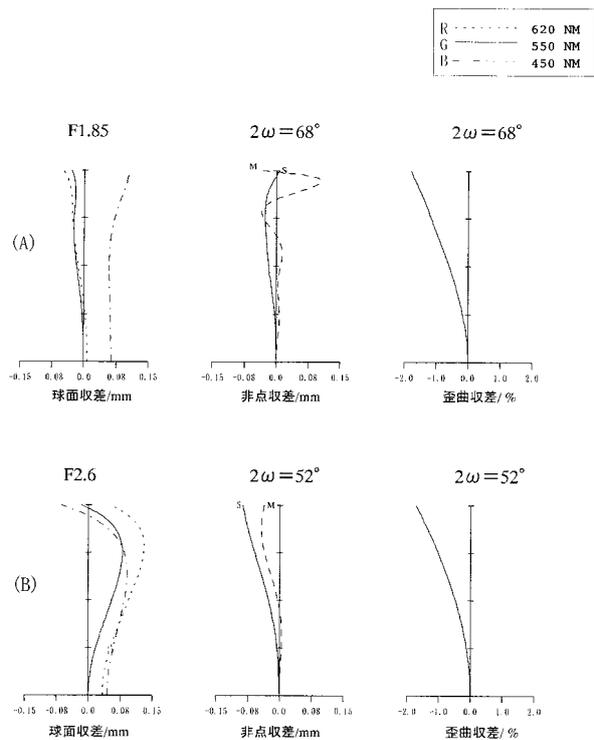
【図1】



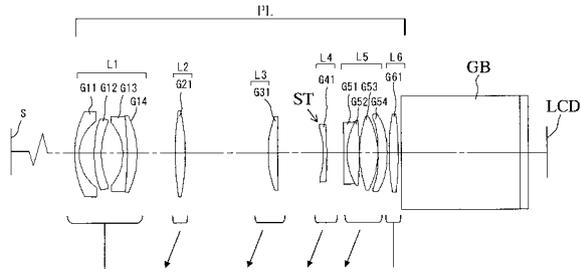
【図3】



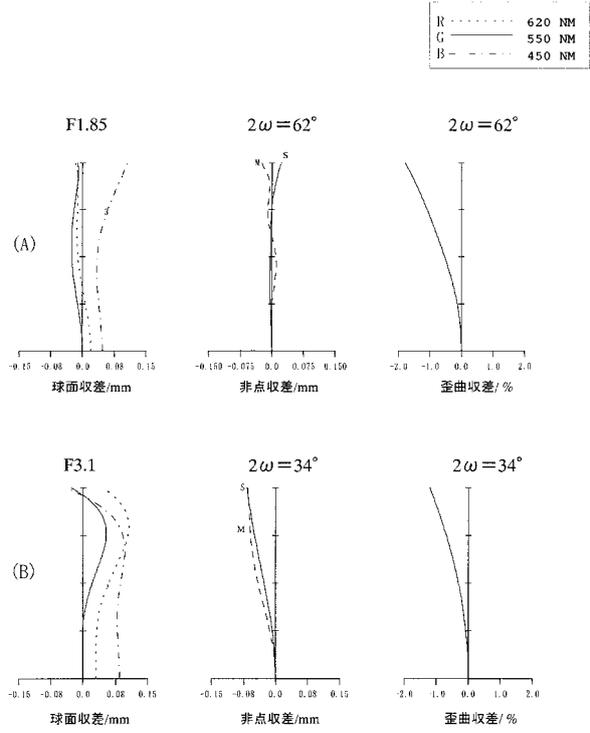
【図4】



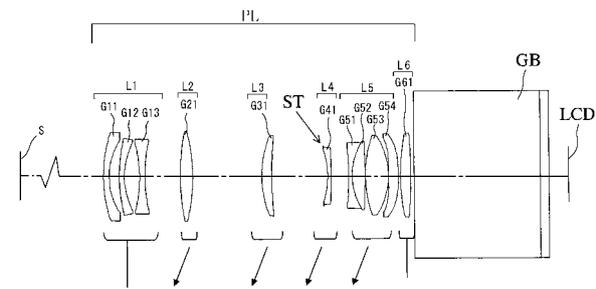
【 図 5 】



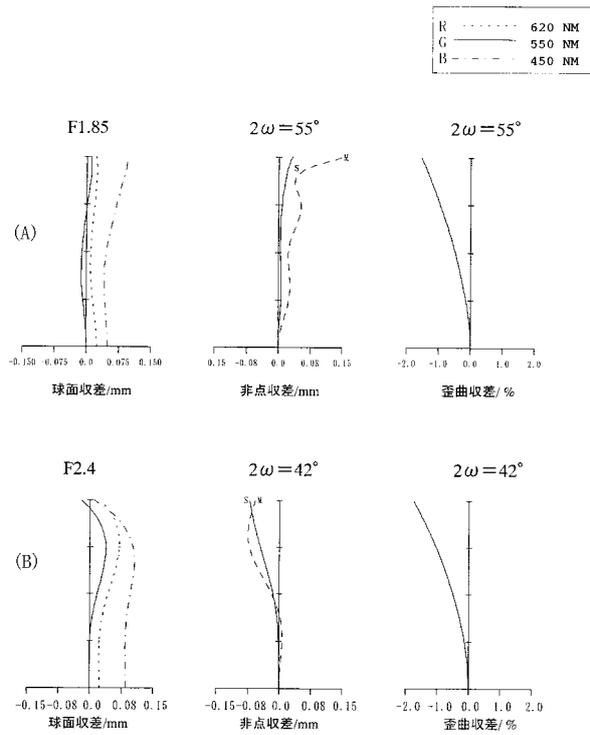
【 図 6 】



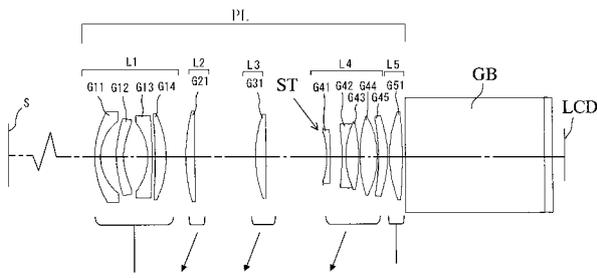
【 図 7 】



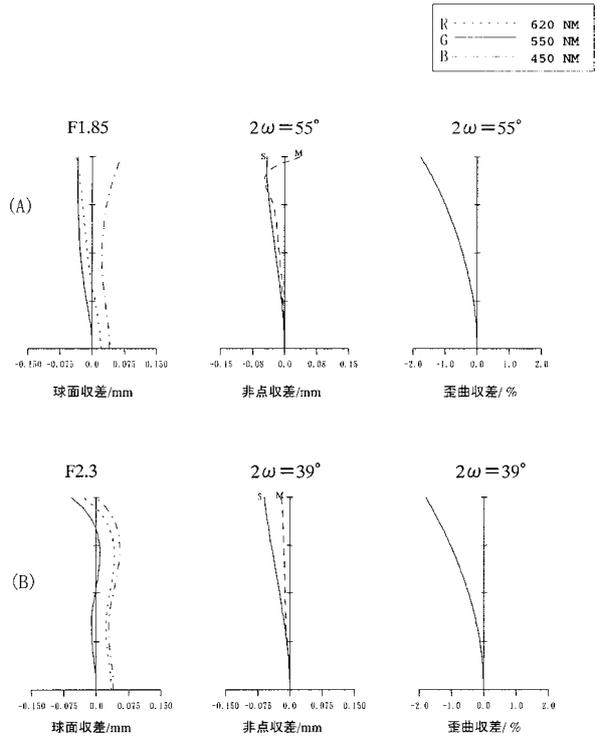
【 図 8 】



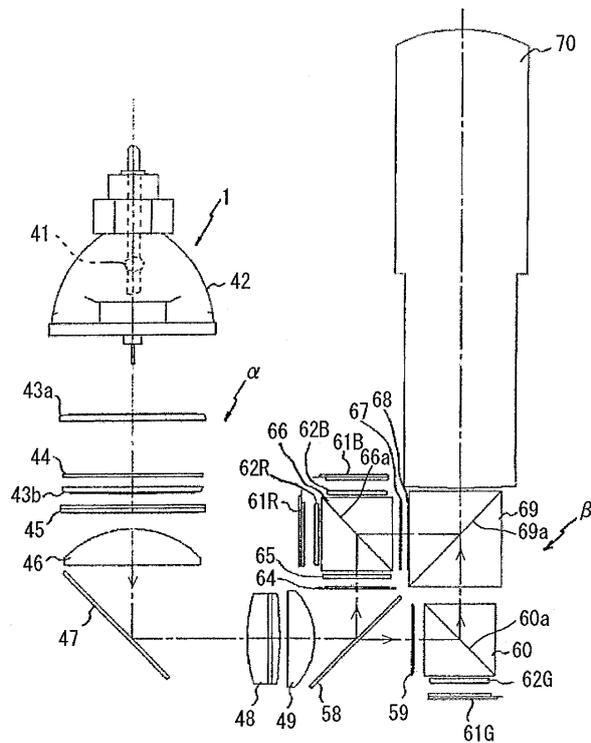
【図9】



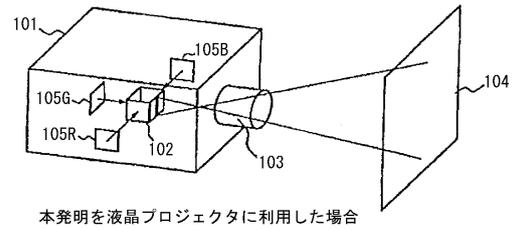
【図10】



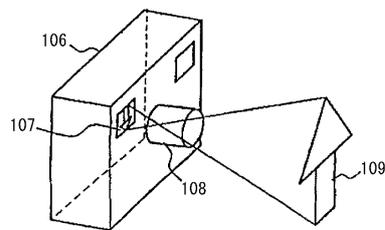
【図11】



【図12】

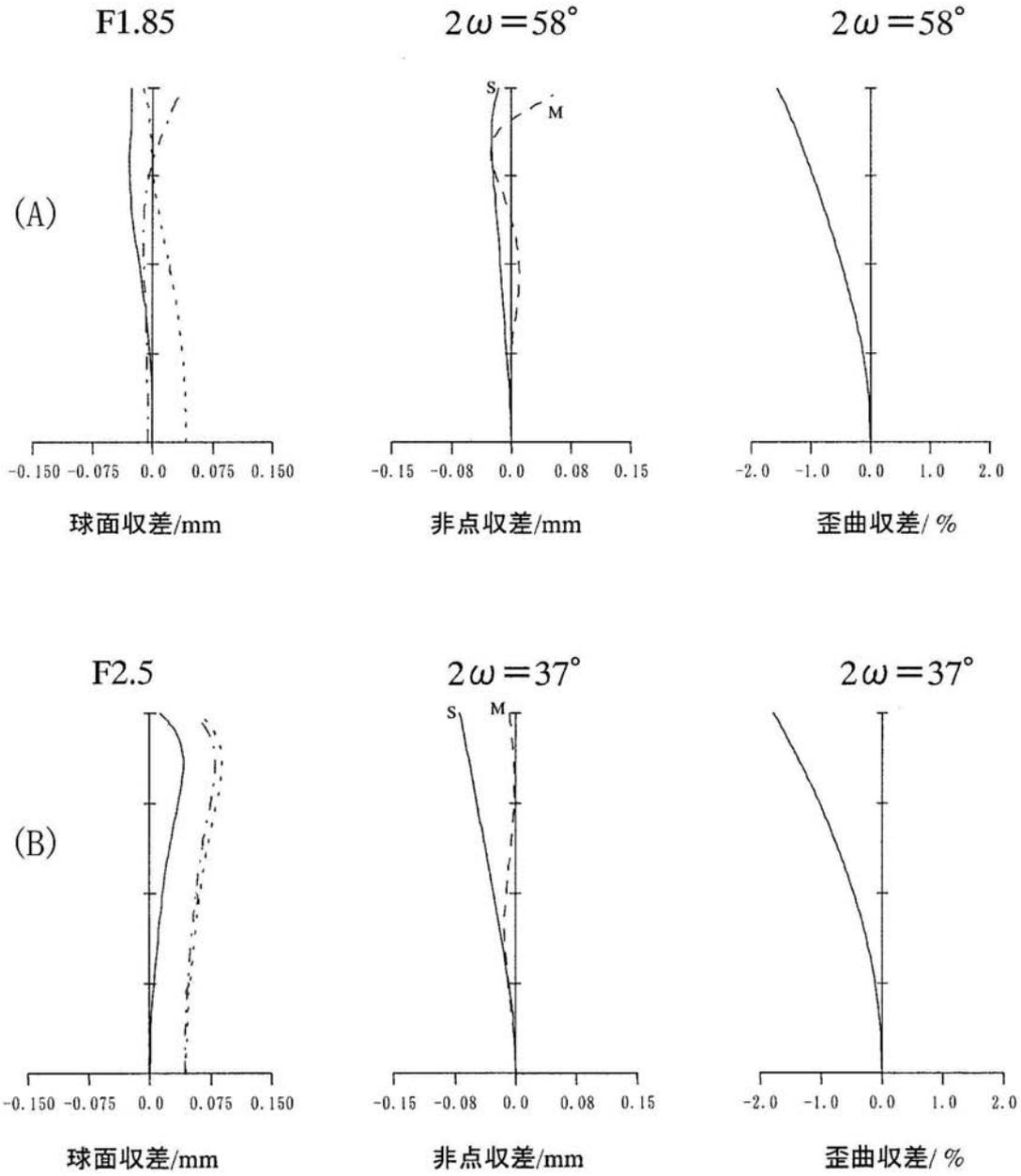


【図13】



【 图 2 】

R	-----	620 NM
G	—————	550 NM
B	- - - - -	450 NM



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-4964(JP,A)  
特開2003-255226(JP,A)  
特開2003-195169(JP,A)  
特開2001-100100(JP,A)  
特開2003-202498(JP,A)  
特開平5-323196(JP,A)  
特開平5-107476(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