

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-292813

(P2005-292813A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷
G02B 17/08

F I
G02B 17/08

テーマコード(参考)
2H087

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 45 頁)

(21) 出願番号 特願2005-62395 (P2005-62395)
 (22) 出願日 平成17年3月7日(2005.3.7)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-71257 (P2004-71257)
 (32) 優先日 平成16年3月12日(2004.3.12)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000002185
 ソニー株式会社
 東京都品川区北品川6丁目7番35号
 (74) 代理人 100069051
 弁理士 小松 祐治
 (74) 代理人 100116942
 弁理士 岩田 雅信
 (72) 発明者 西川 純
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内
 (72) 発明者 二色 信彦
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内

最終頁に続く

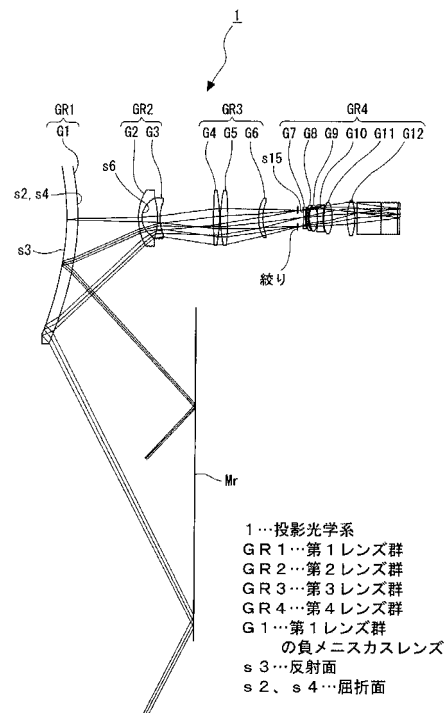
(54) 【発明の名称】 投影光学系及び画像投影装置

(57) 【要約】

【課題】 小型でありながら、良好な結像性能による広角度での投影を達成することを課題とする。

【解決手段】 少なくとも投影側から順に配列された負の屈折力を有する第1レンズ群GR1と負の屈折力を有する第2レンズ群GR2とを備えたレトロフォーカス型の投影光学系1であって、上記第1レンズ群は投影側に凹面を向けると共に該凹面が非球面の反射面とされた負メニスカスレンズG1で構成される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも投影側から順に配列された負の屈折力を有する第 1 レンズ群と負の屈折力を有する第 2 レンズ群とを備えたレトロフォーカス型の投影光学系であって、

上記第 1 レンズ群は投影側に凹面を向けると共に該凹面が非球面の反射面とされた負メニスカスレンズで構成される

ことを特徴とする投影光学系。

【請求項 2】

上記第 2 レンズ群より像側に、像側に向かって順に、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と正の屈折力を有する第 4 レンズ群が配列され、以下の条件式 (1)、(2)、(3)、(4) 及び (5) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の投影光学系。 10

$$(1) 0 . 0 2 < f (a 1 1) \cdot | 1 | < 0 . 3$$

$$(2) 3 . 0 < 1 2 / 3 4 < 6 0$$

$$(3) - 2 . 0 < f (a 1 1) \cdot 1 2 < - 0 . 2$$

$$(4) 0 . 1 < T m a x / T 0 < 5 . 0$$

$$(5) - 3 0 < k r < 0$$

但し、

$f (a 1 1)$: 全系の焦点距離

1 : 第 1 レンズ群の屈折力

2 : 第 2 レンズ群の屈折力 20

1 2 : 第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の合成屈折力

3 4 : 第 3 レンズ群と第 4 レンズ群の合成屈折力

$T m a x$: 負メニスカスレンズの最大像高の光軸に平行な厚み

$T 0$: 負メニスカスレンズの軸上厚み

$k r$: 反射面の非球面円錐定数

とする。

【請求項 3】

第 1 レンズ群を構成している負メニスカスレンズの屈折面が非球面で形成されており、かつ下記条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の投影光学系。

$$(6) - 1 5 . 0 < k t < 1 5 . 0$$

但し、

$k t$: 屈折面の非球面円錐定数

とする。

【請求項 4】

第 1 レンズ群を構成している負メニスカスレンズの屈折面が非球面で形成されており、かつ下記条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の投影光学系。

$$(6) - 1 5 . 0 < k t < 1 5 . 0$$

但し、

$k t$: 屈折面の非球面円錐定数

とする。 40

【請求項 5】

第 1 レンズ群の負メニスカスレンズの反射面の非球面が、下記条件式 (7) を満足する奇数次項を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の投影光学系。

$$(7) 0 . 0 < A 3 R < 1 . 0 \times 1 0^{-1 2}$$

但し、

$A 3 R$: 負メニスカスレンズの反射面の 3 次非球面係数

とする。

【請求項 6】

第 1 レンズ群の負メニスカスレンズの反射面の非球面が、下記条件式 (7) を満足する奇数次項を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の投影光学系。 50

$$(7) 0.0 < A_{3R} < 1.0 \times 10^{-12}$$

但し、

A_{3R} ：負メニスカスレンズの反射面の3次非球面係数とする。

【請求項7】

第1レンズ群の負メニスカスレンズの屈折面の非球面が、下記条件式(8)を満足する奇数次項を含むことを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

$$(8) 0.0 < A_{3T} < 1.0 \times 10^{-12}$$

但し、

A_{3T} ：負メニスカスレンズの屈折面の3次非球面係数とする。

10

【請求項8】

第1レンズ群の負メニスカスレンズの屈折面の非球面が、下記条件式(8)を満足する奇数次項を含むことを特徴とする請求項2に記載の投影光学系。

$$(8) 0.0 < A_{3T} < 1.0 \times 10^{-12}$$

但し、

A_{3T} ：負メニスカスレンズの屈折面の3次非球面係数とする。

【請求項9】

第2レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面が非球面で形成されていることを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

20

【請求項10】

第2レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面が非球面で形成されていることを特徴とする請求項2に記載の投影光学系。

【請求項11】

第2レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面が奇数次の項を含む非球面で形成されていることを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

【請求項12】

第2レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面が奇数次の項を含む非球面で形成されていることを特徴とする請求項2に記載の投影光学系。

30

【請求項13】

第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面が非球面で形成されていることを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

【請求項14】

第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面が非球面で形成されていることを特徴とする請求項2に記載の投影光学系。

【請求項15】

第4レンズ群の正レンズのうちの少なくとも1枚が、下記条件式(9)及び(10)を満足することを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

40

$$(9) 0.7 < P < 6.0$$

$$(10) 60 < (\text{凸}) < 100$$

但し、

$$P = \{ -(0.6444 - 0.001689 \cdot (\text{凸})) \} \times 100 \\ = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

(凸)：正レンズのd線(587.6nm)のアップベ数

n_g ：正レンズのg線(435.84nm)の屈折率

n_F ：正レンズのF線(486.13nm)の屈折率

n_C ：正レンズのC線(656.28nm)の屈折率

50

とする。

【請求項 16】

第 4 レンズ群の正レンズのうちの少なくとも 1 枚が、下記条件式 (9) 及び (10) を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の投影光学系。

$$(9) \quad 0.7 < P < 6.0$$

$$(10) \quad 6.0 < (\text{凸}) < 10.0$$

但し、

$$P = \{ -(0.6444 - 0.001689 \cdot (\text{凸})) \} \times 100$$

$$= (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

(凸)：正レンズの d 線 (587.6 nm) のアッペ数

n_g：正レンズの g 線 (435.84 nm) の屈折率

n_F：正レンズの F 線 (486.13 nm) の屈折率

n_C：正レンズの C 線 (656.28 nm) の屈折率

とする。

【請求項 17】

第 1 レンズ群、第 2 レンズ群間あるいは、第 2 レンズ群より像側の適宜の位置に光路を折り曲げる光路折曲手段を介挿した

ことを特徴とする請求項 1 に記載の投影光学系。

【請求項 18】

第 1 レンズ群、第 2 レンズ群間あるいは、第 2 レンズ群より像側の適宜の位置に光路を折り曲げる光路折曲手段を介挿した

ことを特徴とする請求項 2 に記載の投影光学系。

【請求項 19】

画像を形成する画像形成部と、上記画像形成部で形成された画像を投影する投影光学系を備えた画像投影装置であって、

上記投影光学系が、少なくとも投影側から順に配列された負の屈折力を有する第 1 レンズ群と負の屈折力を有する第 2 レンズ群とを備えたレトロフォーカス型の投影光学系であって、

上記第 1 レンズ群は投影側に凹面を向けるとともに該凹面が非球面の反射面とされた負メニスカスレンズで構成される

ことを特徴とする画像投影装置。

【請求項 20】

上記第 2 レンズ群より像側に、像側に向かって順に、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と正の屈折力を有する第 4 レンズ群が配列され、以下の条件式 (1)、(2)、(3)、(4) 及び (5) を満足することを特徴とする請求項 19 に記載の画像投影装置。

$$(1) \quad 0.02 < f(a11) \cdot |1| < 0.3$$

$$(2) \quad 3.0 < 12 / 34 < 2.0$$

$$(3) \quad -2.0 < f(a11) \cdot 12 < -0.2$$

$$(4) \quad 0.1 < T_{max} / T_0 < 5.0$$

$$(5) \quad -3.0 < k_r < 0$$

但し、

f(a11)：全系の焦点距離

1：第 1 レンズ群の屈折力

2：第 2 レンズ群の屈折力

12：第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の合成屈折力

34：第 3 レンズ群と第 4 レンズ群の合成屈折力

T_{max}：負メニスカスレンズの最大像高の光軸に平行な厚み

T₀：負メニスカスレンズの軸上厚み

k_r：反射面の非球面円錐定数

とする。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は新規な投影光学系及び画像投影装置に関する。詳しくは、良好な結像性能による広角度での投影を達成すると共に小型化を可能にする技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近時の投影光学系にあっては、一つの条件として広角化が望まれている。画像投影装置に適用した場合、広角化によって、リアプロジェクションテレビ、すなわち、透過型スクリーンの背面から画像を投影して当該画像を正面から鑑賞する装置にあっては、スクリーンと投影光学系との間の距離を短くしながら大型のスクリーンに画像を投影することができて小型化、特に、奥行方向の小型化を達成することができ、また、投写型のフロントプロジェクター、すなわち、反射型スクリーンに投影した画像を画像投影装置の側から鑑賞する装置にあっては、スクリーンと画像投影装置との間の大きな距離を取れない場所であっても大型のスクリーンへの投影が可能であり、画像鑑賞のための場所に空間的な制約が少ないという利点を有する。

10

【0003】

広角化を実現した投影光学系として特許文献1には非球面ミラーを屈折光学系と組み合わせた投影光学系と、複数の非球面及び球面ミラーを組み合わせた投影光学系が示されている。また、特許文献2には、非球面ミラーを屈折光学系と組み合わせた投影光学系が示され、さらに、特許文献3には、4枚の非球面ミラーで構成された投影光学系が示されている。

20

【0004】

【特許文献1】国際公開W001/006295号再公表特許公報

【特許文献2】特開2002-207168号公報

【特許文献3】特開2003-177320号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、従来のように、1枚の非球面ミラーと屈折光学系とを組み合わせた投影光学系にあっては、屈折光学系のみによって構成した場合と比較して、色収差を取りやすく、且つ、広角化が容易である。その反面、1面の非球面ミラーが発散作用のほとんどを担うため、歪曲や像面湾曲の収差発生量が大きく像質を悪くする傾向があった。そのため、歪曲収差や像面湾曲の補正を適切にするには、非球面ミラーの屈折力を緩く（曲率半径を大きく）しなければならず、非球面ミラーが大型化し、そのために、非球面ミラーを配置するスペースが大きくなってしまふ。このことは、例えば、リアプロジェクションテレビに適用した場合、スクリーンの下部又は上部に高いスペースが必要になることを意味する。

30

【0006】

また、複数の非球面ミラーを使用する方法は、屈折光学系での構成は無いため、原理的に色収差は発生せず、かつ、レンズによる吸収も全く無い。しかしミラーのみでの構成となるため、非常に製造時の誤差に敏感であり、調整に手間を要するため、一般のテレビのような量産性を主体とする光学系には不向きである。また、特許文献3にあっては4枚のミラーを縦方向に配置するため、物理的にスクリーン下部又は上部を低くすることが困難となる。

40

【0007】

そこで、本発明は、小型でありながら、良好な結像性能による広角度での投影を達成することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明投影光学系は、上記した課題を解決するために、少なくとも投影側から順に配列

50

された負の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群とを備えたレトロフォーカス型の投影光学系であって、上記第1レンズ群は投影側に凹面を向けるとともに該凹面が非球面の反射面とされた負メニスカスレンズで構成されるようにしたものである。

【0009】

また、本発明画像投影装置は、上記した課題を解決するために、画像を形成する画像形成部と、上記画像形成部で形成された画像を投影する投影光学系を備えた画像投影装置であって、上記投影光学系が、少なくとも投影側から順に配列された負の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群とを備えたレトロフォーカス型の投影光学系であって、上記第1レンズ群は投影側に凹面を向けるとともに該凹面が非球面の反射面とされた負メニスカスレンズで構成されるようにしたものである。

10

【0010】

従って、本発明にあつては、各種収差が良好に補正された高画質な画像の広角度での投影が可能であると共に小型に構成することができる。

【発明の効果】

【0011】

本発明投影光学系は、少なくとも投影側から順に配列された負の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群とを備えたレトロフォーカス型の投影光学系であって、上記第1レンズ群は投影側に凹面を向けるとともに該凹面が非球面の反射面とされた負メニスカスレンズで構成されることを特徴とする。

20

【0012】

また、本発明画像投影装置は、画像を形成する画像形成部と、上記画像形成部で形成された画像を投影する投影光学系を備えた画像投影装置であって、上記投影光学系が、少なくとも投影側から順に配列された負の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群とを備えたレトロフォーカス型の投影光学系であって、上記第1レンズ群は投影側に凹面を向けるとともに該凹面が非球面の反射面とされた負メニスカスレンズで構成されることを特徴とする。

【0013】

従って、本発明にあつては、投影作用の最終段を担い広角化に主要な役割を有する反射面を屈折率 $n (> 1)$ を有する負メニスカスレンズの非球面を有する凹面に形成して、光束が凸面の屈折面を上記反射面による反射の前後2度透過して投影されるようにしたので、この負メニスカスレンズによるトータルの屈折力を反射面のみによる屈折力と同じにした場合、言い換えれば、光束の広がりを同じにした場合、負メニスカスレンズの曲率半径を屈折率 n の分だけ大きくすることができる。これにより、広角度を同じにした場合、収差発生量を最終段の光束をミラーのみによって広げる場合に比較して、約 $2/3$ に低減することができ、高画質、低歪曲での投影を行うことが可能である。また、このことは非球面反射面の小径化を達成することができると共にサグ量の減少も可能とし、小型化を達成することができる。

30

【0014】

請求項2及び請求項20に記載した発明にあつては、上記第2レンズ群より像側に、像側に向かって順に、正の屈折力を有する第3レンズ群と正の屈折力を有する第4レンズ群が配列され、 $f(a11)$ を全系の焦点距離、 n_1 を第1レンズ群の屈折力、 n_2 を第2レンズ群の屈折力、 n_{12} を第1レンズ群と第2レンズ群の合成屈折力、 n_{34} を第3レンズ群と第4レンズ群の合成屈折力、 T_{max} を負メニスカスレンズの最大像高の光軸に平行な厚み、 T_0 を負メニスカスレンズの軸上厚み、 k_r を反射面の非球面円錐定数として、以下の条件式(1) $0.02 < f(a11) \cdot |n_1| < 0.3$ 、(2) $3.0 < 1.2 / n_{34} < 2.0$ 、(3) $-2.0 < f(a11) \cdot n_{12} < -0.2$ 、(4) $0.1 < T_{max} / T_0 < 5.0$ 及び(5) $-3.0 < k_r < 0$ を満足するので、各種収差の補正をさらに良好に行うことができる。特に、歪曲、像面湾曲の収差補正を適正に行うことができる。

40

50

【0015】

請求項3及び請求項4に記載した発明にあつては、第1レンズ群を構成している負メニスカスレンズの屈折面が非球面で形成されており、 k_t を屈折面の非球面円錐定数として、条件式(6) $-15.0 < k_t < 15.0$ を満足するので、歪曲収差及び像面湾曲の補正をさらに適正に行うことができる。

【0016】

請求項5及び請求項6に記載の発明にあつては、第1レンズ群の負メニスカスレンズの反射面の非球面が、 A_{3R} を負メニスカスレンズの反射面の3次非球面係数として、条件式(7) $0.0 < A_{3R} < 1.0 \times 10^{-12}$ を満足する奇数次項を含むので、歪曲収差、像面湾曲等の収差補正が容易になる。

10

【0017】

請求項7及び請求項8に記載した発明にあつては、第1レンズ群の負メニスカスレンズの屈折面の非球面が、 A_{3T} を負メニスカスレンズの屈折面の3次非球面係数として、条件式(8) $0.0 < A_{3T} < 1.0 \times 10^{-12}$ を満足する奇数次項を含むので、歪曲収差、像面湾曲等の収差補正が容易になる。

【0018】

請求項9及び請求項10に記載した発明にあつては、第2レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面が非球面で形成されているので、良好な収差補正が可能になると共にレンズの枚数を減らすことができる。

【0019】

請求項11及び請求項12に記載した発明にあつては、第2レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面が奇数次の項を含む非球面で形成されているので、良好な収差補正が可能になると共にレンズの枚数を減らすことができる。

20

【0020】

請求項13及び請求項14に記載した発明にあつては、第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面が非球面で形成されているので、良好な収差補正が可能になると共にレンズの枚数を減らすことができる。

【0021】

請求項15及び請求項16に記載した発明にあつては、第4レンズ群の正レンズのうちの少なくとも1枚が、 $P = \{ - (0.6444 - 0.001689 \cdot (\text{凸})) \} \times 100$ 、 $\gamma = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、 (凸) を正レンズのd線(587.6nm)のアッペ数、 n_g を正レンズのg線(435.84nm)の屈折率、 n_F を正レンズのF線(486.13nm)の屈折率、 n_C を正レンズのC線(656.28nm)の屈折率として、条件式(9) $0.7 < P < 6.0$ 及び(10) $60 < (\text{凸}) < 100$ を満足するので、色収差の補正を良好に行うことができる。

30

【0022】

請求項17及び請求項18に記載し発明にあつては、第2レンズ群より像側の適宜の位置に光路を折り曲げる光路折曲手段を介挿したので、奥行方向の小型化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0023】

以下に、本発明を実施するための最良の形態について添付図面を参照して説明する。

【0024】

本発明投影光学系は、少なくとも投影側から順に配列された負の屈折力を有する第1レンズ群GR1と負の屈折力を有する第2レンズ群GR2とを備えたレトロフォーカス型の投影光学系であつて、上記第1レンズ群GR1は投影側に凹面s3を向けるとともに該凹面s3が非球面の反射面とされた負メニスカスレンズG1で構成されることを基本構成とするものである。

【0025】

上記したように、従来の非球面ミラーと屈折光学系とを組み合わせたもの或いは複数の

50

非球面ミラーを組み合わせたものにおいては、主に最も投影側（物体側）の非球面ミラーの1面にフィールドコンプレッサー的な要素を大部分持たせることで、広角化を達成していた。しかし、かかる方法の場合、1面の反射面のみを広角化のための屈折力を負担させるので、歪曲や像面湾曲の収差発生量が大きく像質を悪くする傾向があった。

【0026】

本発明では、収差発生量を抑えるために、投影側の非球面ミラーを屈折率 $n (> 1)$ を有する負メニスカスレンズ G_1 に置き換え、非球面を持つ凹面 s_3 を反射面とすることによって、従来にあった上記の問題を克服した。

【0027】

ミラーの焦点距離 (f) は、 $f = -r/2$ で表されるが、屈折率 n を持ち、裏面に反射面が有る場合 $f = -r/2n$ となる。つまり反射面の屈折力が同じであるならば、屈折率 n の分だけ曲率半径 r を大きくすることが出来る。これにより収差発生量もミラーだけの場合と比較して、約 $2/3$ 低減されるため、高画質、低歪曲の光学系の達成が可能となる。また、これは非球面の径の小型化を達成すると共に、サグ量（この場合、ミラー端部からの曲面の高さ）の減少も可能であり、例えば、リアプロジェクションテレビに適用した場合、薄型化を達成することができる。

10

【0028】

そして、本発明投影光学系は、第2レンズ群 G_2 より像側に、像側に向かって順に、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_{R3} と正の屈折力を有する第4レンズ群 G_{R4} が配列され、

20

$f(a11)$: 全系の焦点距離

1 : 第1レンズ群の屈折力

2 : 第2レンズ群の屈折力

12 : 第1レンズ群と第2レンズ群の合成屈折力

34 : 第3レンズ群と第4レンズ群の合成屈折力

T_{max} : 負メニスカスレンズの最大像高の光軸に平行な厚み

T_0 : 負メニスカスレンズの軸上厚み

k_r : 反射面の非球面円錐定数

として、

以下の条件式

30

$$(1) \quad 0.02 < f(a11) \cdot |1| < 0.3$$

$$(2) \quad 3.0 < 12 / 34 < 2.0$$

$$(3) \quad -2.0 < f(a11) \cdot 12 < -0.2$$

$$(4) \quad 0.1 < T_{max} / T_0 < 5.0$$

$$(5) \quad -3.0 < k_r < 0$$

を満足することによって、各種収差の補正をさらに良好に行うことができる。特に、歪曲、像面湾曲の収差補正を適正に行うことができる。従って、光学特性の向上と小型化をより良く達成することができる。

【0029】

条件式(1)、(2)、(3)はレンズ群間の適正な屈折力範囲を規定したもので、(1)、(2)、(3)の式のいずれも、下限を超えた場合、歪曲、像面湾曲等の収差補正は容易となるが、全系の大型化を招く。また、上限値を超えた場合、収差発生量が増大し特に歪曲、像面湾曲等の収差補正が困難になる。

40

【0030】

条件式(4)は、第1レンズ群 G_{R1} の負メニスカスレンズ G_1 の軸上厚みと最大像高の光軸に平行な厚みとの差を出した式で、上下限何れも超えた場合、厚み差が大きくなることで製造上の困難が生じる。そして、製造をさらに容易にするためには、

$$0.1 < T_{max} / T_0 < 2.5$$

の範囲内となることが好ましい。

【0031】

50

また、第1レンズ群GR1を構成している負メニスカスレンズG1の屈折面s2、s4（1の面であるが、光束が2度透過するので、面番号を2つ付してある）が非球面で形成されており、かつ

k_t ：屈折面の非球面円錐定数

として、

下記条件式

$$(6) -15.0 < k_t < 15.0$$

を満足することが好ましい。

【0032】

この条件式(6)は上記条件式(5)と共に、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズG1の屈折面s2、s4の適切な非球面形状の範囲を規定した式で、条件式(5)にあって、下限方向は、軸上近傍の曲率と比較して、周辺の曲率が弱くなることを意味する。これは歪曲収差等の補正に有効であるが、下限値を超えると像面湾曲等の他収差に悪影響を及ぼす。逆に、上限方向は軸上近傍の曲率と比較して、周辺の曲率が強くなることを意味し、上限値を超えると、歪曲収差の補正が困難となる。条件式(6)は、条件式(5)と逆方向の効果を持ち、下限方向では軸上近傍の曲率と比較して、周辺の曲率が弱くなる。この時、周辺部分で負の屈折力が生じるため、下限値を超えた場合歪曲収差の補正が困難になる。上限方向は、周辺部分の曲率が強くなり正の屈折力が生じるため、歪曲収差の補正には有効であるが、上限値を超えると像面湾曲等の他収差に悪影響を及ぼす。

10

【0033】

さらに、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズG1の反射面s3の非球面が、

A3R：負メニスカスレンズの反射面の3次非球面係数

A3T：負メニスカスレンズの屈折面の3次非球面係数

として、

下記条件式

$$(7) 0.0 < A_{3R} < 1.0 \times 10^{-12}$$

$$(8) 0.0 < A_{3T} < 1.0 \times 10^{-12}$$

を満足することが好ましい。

20

【0034】

これら条件式(7)、(8)は奇数次の非球面係数の適切な範囲を規定した式である。非球面係数に3次、5次の項を付加した場合、通常の屈折面 $X (= a_1 \cdot X^2 + a_2 \cdot X^4 + \dots)$ 、ここで、 $X^2 = Y^2 + Z^2$ に3次の項が加わる。この場合2次収差、4次収差が発生する。非球面係数を適切に与えることで、歪曲収差、像面湾曲等の収差補正が容易になる。条件式(7)、(8)の下限を超えた場合、収差補正を十分に行うことが出来ない。また、上限を超えた場合、歪曲収差の補正過剰を招く。

30

【0035】

第2レンズ群GR2を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1の面及び/又は第4レンズ群GR4を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1の面が非球面で形成されていることが好ましい。これによって、効果的に収差補正を行い、かつレンズ枚数を減らすことが可能である。なお、上記非球面は奇数次の項を含む非球面であっても良い。

40

【0036】

さらにまた、第4レンズ群GR4の正レンズのうちの少なくとも1枚が、

$$P = \{ - (0.6444 - 0.001689 \cdot (\text{凸})) \} \times 100$$

$$= (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

(凸)：正レンズのd線(587.6nm)のアップベ数

n_g ：正レンズのg線(435.84nm)の屈折率

n_F ：正レンズのF線(486.13nm)の屈折率

n_C ：正レンズのC線(656.28nm)の屈折率

として、下記条件式

$$(9) 0.7 < P < 6.0$$

50

(10) $60 < (\text{凸}) < 100$
を満足することが好ましい。

【0037】

条件式(9)は、レンズ材料のg線とF線に対する異常分散性を、ノーマルガラス(K7とF2)を結んで得られる標準線からの偏差として、Pで定量的に規定している。具体的には、Pのg線とF線の使用レンズ材料の部分分散比を表しており、Pの0.6444 - 0.001689・dがノーマルガラスの部分分散を結んだ直線を表している。この式の下限を超えた場合は、g線、F線に対する異常分散性が小さくなるため倍率色収差が悪化する。上限を超えた場合は、異常分散性は十分であるが、そのような材料は一般に存在せず、仮にあったとしても非常に高価になる。

10

【0038】

条件式(10)の下限を超えた場合、軸上色収差が悪化する。上限を超えた場合、色収差の補正は十分であるが、そのような材料は一般に存在しない。

【0039】

以下に、本発明投影光学系の実施の形態及びその数値実施例について説明する。

【0040】

図1は本発明投影光学系の第1の実施の形態である投影光学系1のレンズ構成を示すものである。

【0041】

投影光学系1は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズG1で構成された第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4とが配列されて成り、4群レトロフォーカスタイプのレンズ構成を有する。

20

【0042】

第1レンズ群GR1を構成する負メニスカスレンズG1の凹面(投影側の面)s3は非球面形状を有する反射面とされ、凸面(像側の面)s2、s4は非球面形状の屈折面とされている。第2レンズ群GR2は、投影側から順に、投影側に凸面を向けると共に像側の面が非球面で形成された負メニスカスレンズの第2レンズG2と負レンズの第3レンズG3とが配列されて成る。第3レンズ群GR3は、投影側から順に、正レンズの第4レンズG4と正レンズの第5レンズG5と投影側に凸の正メニスカスレンズの第6レンズG6とが配列されて成る。第4レンズ群GR4は、投影側から順に、投影側の面が非球面で形成された負レンズの第7レンズG7と投影側に凸の負メニスカスレンズの第8レンズG8と正レンズの第9レンズG9と負レンズの第10レンズG10と正レンズの第11レンズG11と正レンズの第12レンズG12とが配列されて成る。

30

【0043】

この投影光学系1にあっては第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3との間に大きな空気間隙を設けてある。そこで、この空気間隙にプリズム等の光路折り曲げ手段を挿入することが可能である。これによって投影光学系1の奥行寸法を小さくすることができる。

【0044】

上記第1の実施の形態にかかる投影光学系をさらに具体化した数値実施例1を以下の表1乃至表4及び図2に示す。

40

【0045】

まず、表1に各面の曲率半径、面間隔、硝材のd線における屈折率nd及びd線におけるアッペ数dを、全系の焦点距離「f(all)」、Fナンバー、像高「y」と共に示す。なお、数値実施例1は投影光学系1をプロジェクターに適用した場合を想定しており、第1レンズG1とスクリーンとの間に位置する背面ミラーMrの反射面を第1面とし、以下、像側に光路を辿って面番号を付してある。従って、第1レンズG1の像側の面は2度光束が通過するので、面番号が2つ(2、4)付してある。なお、第27面乃至第30面は投影光学系1によってスクリーン上に投影される像を形成する像形成部に存在する面であり、参考までに示したものである。また、表中、「INF」は平面を意味し、面番

50

号に続く列に表示した「 \ast 」は当該面が非球面であることを意味する。さらに、絞りは面番号「STOP」で示す。

【0046】

【表1】

$$f(\text{all})=6.292$$

$$F\text{ナンバー}=2.6$$

$$y'=14.0$$

群	レンズ	Si	曲率半径	間隔	nd	νd	面
		物体	INF	252.566			
		1	INF	-185.008			反射
1群	G1	2 \ast	-428.258	-15.000	1.49744	56.1	
		3 \ast	-223.054	15.000	1.49744	56.1	反射
		4 \ast	-428.258	96.743			
2群	G2	5	84.086	5.024	1.52510	56.3	
		6 \ast	26.998	23.816			
	G3	7	-114.999	2.945	1.84666	23.8	
		8	62.868	84.694			
3群	G4	9	645.654	7.709	1.83400	37.3	
		10	-249.064	3.449			
	G5	11	200.243	10.000	1.83400	37.3	
		12	-1494.025	50.192			
	G6	13	63.194	5.323	1.71300	53.9	
		14	73.458	54.217			
		STOP	INF	9.565			
4群	G7	15 \ast	-112.377	1.166	1.80610	40.7	
		16	113.837	0.398			
	G8	17	35.191	3.325	1.80518	25.5	
		18	32.692	2.729			
	G9	19	49.957	13.519	1.49700	81.6	
		20	-36.811	0.100			
	G10	21	-213.919	7.251	1.80610	40.7	
		22	51.043	3.021			
	G11	23	68.827	11.799	1.49700	81.6	
		24	-71.273	24.218			
	G12	25	86.839	10.539	1.49700	81.6	
		26	-72.559	5.000			
		27	INF	35.500	1.51680	64.2	
		28	INF	23.000	1.84666	23.8	
		29	INF	1.000	1.46010	60.0	
		30	INF	0.700	1.51680	64.2	

\ast ...非球面

$\ast\ast$...奇数次項を含む非球面

【0047】

上記投影光学系1において、第1レンズG1の像側の面s2、s4、第1レンズの投影側の面（反射面）s3、第2レンズG2の像側の面s6及び第7レンズG7の投影側の面s15が非球面に形成されている。そこで、表2に数値実施例1における上記各面の4次、6次、8次及び10次の非球面係数A4、A6、A8、A10を円錐定数「K」と共に示す。なお、本明細書において非球面は、数1式によって、また、3次、5次の奇数次項を含む場合は数2式によって、それぞれ定義されるものとする。また、表2中、非球面係数の「E-i」は「 10^{-i} 」を示すものである。

【0048】

10

20

30

40

【数 1】

$$X = \frac{C \cdot H^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot H^2)}} + A4 \cdot H^4 + A6 \cdot H^6 + A8 \cdot H^8 + \dots$$

【0049】

但し、Cは曲率半径の逆数、Hは光軸からの高さ方向の距離

【0050】

【数 2】

$$X = \frac{C \cdot H^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot H^2)}} + A3 \cdot H^3 + A4 \cdot H^4 + A5 \cdot H^5 + A6 \cdot H^6 + A8 \cdot H^8 + \dots$$

10

【0051】

但し、Cは曲率半径の逆数、Hは光軸からの高さ方向の距離

【0052】

【表 2】

S2.S4	K	A4	A6	A8	A10
	2.96170	-2.21228E-08	1.19295E-12	-1.00952E-17	
S3	K	A4	A6	A8	A10
	-16.60312	-1.23716E-08	2.15739E-13	5.17424E-18	-1.41079E-22
S6	K	A4	A6	A8	A10
	-1.79485	8.17503E-06	-2.46046E-09	2.68911E-12	-2.33695E-15
S15	K	A4	A6	A8	A10
	0	-4.75118E-06	7.45378E-10	-2.22092E-11	5.37937E-14

20

【0053】

数値実施例 1 における各条件式のエデータを表 3 にまた、各数値を表 4 に示す。

【0054】

【表 3】

f(all)	6.292
φ1	-0.0108200
φ2	-0.0400366
φ12	-0.1045992
φ3	0.0103940
φ4	0.0166150
φ34	-0.0024484
T23	84.69400
Tmax	7.53102
T0	15.00000
TASr	-0.56637
TAS2	0.08877
SASr	-0.26402
SAS2	0.18982

30

40

【0055】

但し、

f (a 1 1) : 全系の焦点距離

1 : 第 1 レンズ群の屈折力

2 : 第 2 レンズ群の屈折力

50

- 1 2 : 第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の合成屈折力
- 3 : 第 3 レンズ群の屈折力
- 4 : 第 4 レンズ群の屈折力
- 3 4 : 第 3 レンズ群と第 4 レンズ群の合成屈折力
- T 2 3 : 第 2 レンズ群と第 3 レンズ群間の距離
- T m a x : 負メニスカスレンズの最大像高の光軸に平行な厚み
- T 0 : 負メニスカスレンズの軸上厚み
- T A S r : S 3 反射面で発生するタンジェンシャル像面湾曲のザイデル収差
- T A S 2 : G 2 非球面で発生するタンジェンシャル像面湾曲のザイデル収差
- S A S r : S 3 反射面で発生するサジタル像面湾曲のザイデル収差
- S A S 2 : G 2 非球面で発生するサジタル像面湾曲のザイデル収差

10

20

30

【 0 0 5 6 】

【 表 4 】

f(all)・ φ1	0.06808
φ1/φ2	0.27025
φ12/φ34	42.72145
φ2 /T23	0.00124
fall・φ12	-0.65814
fall・φ34	-0.01541
Tmax/T0	0.50207
TAS2+TASr	-0.47760
SAS2+SASr	-0.07420
kr	-16.60312
kt	2.96170
kr/kt	-5.60594
A3R	(-)
A3T	(-)
A3(2)	(-)
ΔP	3.20(G9,G11,G12)
ν(凸)	81.6(G9,G11,G12)

(-) はデータなし

【 0 0 5 7 】

但し、

- kr : 負メニスカスレンズの反射面の非球面円錐定数
- kt : 負メニスカスレンズの屈折面の非球面円錐定数
- A 3 R : 負メニスカスレンズの反射面の 3 次非球面係数
- A 3 T : 負メニスカスレンズの屈折面の 3 次非球面係数
- A 3 (2) : 第 2 レンズ群非球面の 3 次非球面係数

$$P = \{ - (0 . 6 4 4 4 - 0 . 0 0 1 6 8 9 \cdot (\text{凸})) \} \times 1 0 0$$

$$= (n g - n F) / (n F - n C)$$

40

- (凸) : 第 4 レンズ群の正レンズの d 線 (5 8 7 . 6 n m) のアッベ数
- ng : 第 4 レンズ群の正レンズの g 線 (4 3 5 . 8 4 n m) の屈折率
- nF : 第 4 レンズ群の正レンズの F 線 (4 8 6 . 1 3 n m) の屈折率
- nC : 第 4 レンズ群の正レンズの C 線 (6 5 6 . 2 8 n m) の屈折率

図 2 に数値実施例 1 の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。なお、球面収差図において、実線は g 線 (波長 4 3 5 . 8 n m)、破線は d 線 (波長 5 8 7 . 6 n m)、一点鎖線は C 線 (波長 6 5 6 . 3 n m) におけるそれぞれの収差曲線を示し、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示すものである。本実施の形態の投影光学系により、球面収差、非点収差及び歪曲収差が良好に補正される。

【 0 0 5 8 】

50

図3は本発明投影光学系の第2の実施の形態である投影光学系2のレンズ構成を示すものである。

【0059】

投影光学系2は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズG1で構成された第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4とが配列されて成り、4群レトロフォーカスタイプのレンズ構成を有する。

【0060】

第1レンズ群GR1を構成する負メニスカスレンズG1の凹面(投影側の面)s3は非球面形状を有する反射面とされ、凸面(像側の面)s2、s4は非球面形状の屈折面とされている。第2レンズ群GR2は、投影側から順に、投影側に凸面を向けると共に像側の面が非球面で形成された負メニスカスレンズの第2レンズG2と負レンズの第3レンズG3とが配列されて成る。第3レンズ群GR3は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた正メニスカスレンズの第4レンズG4と投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第5レンズG5と正レンズG6とが配列されて成る。第4レンズ群GR4は、投影側から順に、投影側の面が非球面で形成された負レンズの第7レンズG7と負レンズの第8レンズG8と正レンズの第9レンズG9と投影側に凸面を向けた負メニスカスレンズの第10レンズG10と正レンズの第11レンズG11と正レンズの第12レンズG12とが配列されて成る。

10

【0061】

この投影光学系2にあっては第3レンズ群GR3の第5レンズG5と第6レンズG6との間に大きな空気間隙を設けてある。従って、この空気間隙にプリズム等の光路折り曲げ手段を挿入することができる。これによって投影光学系2の奥行寸法を小さくすることができる。

20

【0062】

上記第2の実施の形態にかかる投影光学系2をさらに具体化した数値実施例2を以下の表5乃至表8及び図4に示す。

【0063】

まず、表5に各面の曲率半径、面間隔、硝材のd線における屈折率 n_d 及びd線におけるアッペ数 d を、全系の焦点距離「 $f(\text{all})$ 」、Fナンバー、像高「 y 」と共に示す。なお、数値実施例2は投影光学系2をプロジェクターに適用した場合を想定しており、第1レンズG1とスクリーンとの間に位置する背面ミラーMrの反射面を第1面とし、以下、像側に光路を辿って面番号を付してある。従って、第1レンズG1の像側の面は2度光束が通過するので、面番号が2つ(2、4)付してある。なお、第27面乃至第30面は投影光学系2によってスクリーン上に投影される像を形成する像形成部に存在する面であり、参考までに示したものである。また、表中、「INF」は平面を意味し、面番号に続く列に表示した「」は当該面が非球面であることを意味する。さらに、絞りは面番号「STOP」で示す。

30

【0064】

【表 5】

$$f(\text{all})=6.100$$

$$F\text{ナンバー}=2.6$$

$$y'=14.0$$

群	レンズ	Si	曲率半径	間隔	nd	νd	面
		物体	INF	261.251			
		1	INF	-160.000			反射面
1群	G1	2※	-420.456	-15.000	1.49744	56.1	
		3※	-195.142	15.000	1.49744	56.1	反射面
		4※	-420.456	169.096			
2群	G2	5	264.203	2.967	1.52510	56.3	
		6※	29.646	19.851			
		7	-42.773	2.318	1.84666	23.8	
3群	G4	8	156.162	20.759			
		9	-299.067	19.069	1.83400	37.3	
		10	-60.998	0.550			
		11	94.898	14.834	1.83400	37.3	
		12	463.486	70.677			
3群	G6	13	1354.292	25.988	1.71300	53.9	
		14	-247.044	0.100			
		STOP	INF	6.107			
4群	G7	15※	-1310.269	5.945	1.80610	40.7	
		16	177.164	2.825			
		17	-149.539	2.559	1.80518	25.5	
		18	165.530	0.507			
		19	61.961	8.767	1.49700	81.6	
		20	-46.823	0.107			
		21	62.575	2.559	1.80610	40.7	
		22	38.150	25.407			
		23	127.422	8.203	1.49700	81.6	
		24	-91.242	0.107			
4群	G12	25	121.089	9.268	1.49700	81.6	
		26	-76.718	5.000			
		27	INF	35.500	1.51680	64.2	
		28	INF	23.000	1.84666	23.8	
		29	INF	1.000	1.46010	60.0	
		30	INF	0.700	1.51680	64.2	

※…非球面

※※…奇数次項を含む非球面

【0065】

上記投影光学系2において、第1レンズG1の像側の面s2、s4、第1レンズの投影側の面(反射面)s3、第2レンズG2の像側の面s6及び第7レンズG7の投影側の面s15が非球面に形成されている。そこで、表6に数値実施例2における上記各面の4次、6次、8次及び10次の非球面係数A4、A6、A8、A10を円錐定数「K」と共に示す。

【0066】

10

20

30

40

【表 6】

S2.S4	K	A4	A6	A8	A10
	1.87674	6.66165E-09	2.85628E-13	-2.54281E-18	
S3	K	A4	A6	A8	A10
	-12.16085	-1.38944E-09	1.06919E-13	-3.09915E-19	-2.48671E-23
S6	K	A4	A6	A8	A10
	-0.74094	3.96352E-06	-1.87065E-09	4.54798E-12	-4.09213E-15
S15	K	A4	A6	A8	A10
	-29164.26895	-5.04107E-06	1.33506E-08	-8.17436E-11	1.94347E-13

10

【 0 0 6 7 】

数値実施例 2 における各条件式の元データを表 7 にまた、各数値を表 8 に示す。

【 0 0 6 8 】

【表 7】

f(all)	6.100
$\phi 1$	-0.0126474
$\phi 2$	-0.0488949
$\phi 12$	-0.1801119
$\phi 3$	0.0163294
$\phi 4$	0.0184797
$\phi 34$	-0.0139721
T23	20.75900
Tmax	16.20000
T0	15.00000
TASr	-0.69595
TAS2	0.88658
SASr	-0.31798
SAS2	0.44145

20

【 0 0 6 9 】

【表 8】

f(all)・ $ \phi 1 $	0.07715
$\phi 1/\phi 2$	0.25867
$\phi 12/\phi 34$	12.89083
$ \phi 2 /T23$	0.00868
fall・ $\phi 12$	-1.09868
fall・ $\phi 34$	-0.08523
Tmax/T0	1.08000
TAS2+TASr	0.19063
SAS2+SASr	0.12347
kr	-12.16085
kt	1.87674
kr/kt	-6.47977
A3R	(-)
A3T	(-)
A3(2)	(-)
ΔP	3.20(G9,G11,G12)
ν (凸)	81.6(G9,G11,G12)

(-) はデータなし

40

【 0 0 7 0 】

図 4 に数値実施例 2 の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。なお、球面収差図にお

50

いて、実線はg線（波長435.8nm）、破線はd線（波長587.6nm）、一点鎖線はC線（波長656.3nm）におけるそれぞれの収差曲線を示し、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示すものである。

【0071】

図5は本発明投影光学系の第3の実施の形態である投影光学系3のレンズ構成を示すものである。

【0072】

投影光学系3は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズG1で構成された第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4とが配列されて成り、4群レトロフォーカスタイプのレンズ構成を有する。

10

【0073】

第1レンズ群GR1を構成する負メニスカスレンズG1の凹面（投影側の面）s3は非球面形状を有する反射面とされ、凸面（像側の面）s2、s4は非球面形状の屈折面とされている。第2レンズ群GR2は、投影側から順に、投影側に凸面を向けた負メニスカスレンズの第2レンズG2と投影側に凸面を向けると共に像側の面が非球面で形成された負メニスカスレンズの第3レンズG3と負レンズの第4レンズG4と投影側に凹面を向けた正メニスカスレンズの第5レンズG5とが配列されて成る。第3レンズ群GR3は、投影側から順に、正レンズの第6レンズG6と投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第7レンズG7と負レンズの第8レンズG8と正レンズの第9レンズG9とが配列されて成る。第4レンズ群GR4は、投影側から順に、投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第10レンズG10と負レンズの第11レンズG11と正レンズの第12レンズG12と投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズの第13レンズG13と正レンズの第14レンズG14と正レンズの第15レンズG15とが配列されて成る。

20

【0074】

上記第3の実施の形態にかかる投影光学系3をさらに具体化した数値実施例3を以下の表9乃至表12及び図6に示す。

【0075】

まず、表9に各面の曲率半径、面間隔、硝材のd線における屈折率nd及びd線におけるアッペ数dを、全系の焦点距離「f(all)」、Fナンバー、像高「y」と共に示す。なお、数値実施例3は投影光学系3をプロジェクターに適用した場合を想定しており、第1レンズG1とスクリーンとの間に位置する背面ミラーMrの反射面を第1面とし、以下、像側に光路を辿って面番号を付してある。従って、第1レンズG1の像側の面は2度光束が通過するので、面番号が2つ（2、4）付してある。なお、第33面乃至第36面は投影光学系3によってスクリーン上に投影される像を形成する像形成部に存在する面であり、参考までに示したものである。また、表中、「INF」は平面を意味し、面番号に続く列に表示した「」は当該面が非球面であることを意味する。さらに、絞りは面番号「STOP」で示す。

30

【0076】

【表 9】

f(all)=3.750
Fナンバー=2.6
y'=14.6

群	レンズ	Si	曲率半径	間隔	nd	νd	面
		物体	INF	164.747			
		1	INF	-70.000			反射
1群	G1	2※	-284.477	-15.000	1.52510	56.3	
		3※	-155.966	15.000	1.52510	56.3	反射
		4※	-284.477	284.228			
2群	G2	5	80.393	25.553	1.80880	28.0	
		6	63.116	5.387			
	G3	7	88.008	8.000	1.52510	56.3	
		8※	28.726	24.884			
	G4	9	-57.864	4.265	1.79860	22.6	
		10	114.962	12.058			
		G5	11	-88.666	14.704	1.74803	44.5
		12	-76.468	8.148			
3群	G6	13	377.996	15.750	1.66051	55.4	
		14	-86.287	0.480			
	G7	15	77.164	16.800	1.80338	23.1	
		16	203.307	11.248			
	G8	17	-606.795	10.241	1.69260	37.4	
		18	62.373	5.648			
	G9	19	83.384	26.116	1.50225	60.7	
20		-131.790	45.778				
		STOP	INF	4.107			
4群	G10	21	76.485	3.227	1.79798	22.6	
		22	629.432	5.795			
	G11	23	-151.115	2.559	1.67012	28.5	
		24	45.100	4.314			
	G12	25	624.500	8.767	1.49700	81.6	
		26	-21.779	0.500			
	G13	27	-21.910	2.559	1.80610	40.7	
		28	-40.996	15.533			
	G14	29	251.996	8.203	1.49700	81.6	
		30	-64.418	0.107			
G15	31	84.897	9.268	1.49700	81.6		
	32	-89.681	12.000				
		33	INF	27.000	1.84666	23.8	
		34	INF	21.000	1.84666	23.8	
		35	INF	2.000	1.51680	64.2	
		36	INF	1.100	1.51680	64.2	

※・・・非球面

※※・・・奇数次項を含む非球面

【0077】

上記投影光学系3において、第1レンズG1の像側の面s2、s4、第1レンズの投影側の面(反射面)s3、第3レンズG3の像側の面s8が非球面に形成されている。そこで、表10に数値実施例3における上記各面の4次、6次、8次及び10次の非球面係数A4、A6、A8、A10を円錐定数「K」と共に示す。

【0078】

【表 1 0】

S2.S4	K	A4	A6	A8	A10
	-5.36319				
S3	K	A4	A6	A8	A10
	-6.48508	2.00230E-10	5.78010E-15	-8.15674E-20	3.33126E-25
S8	K	A4	A6	A8	A10
	-0.64048	2.27246E-06	-1.05266E-09	1.78691E-12	-1.02877E-15

【 0 0 7 9】

10

数値実施例 3 における各条件式のエデータを表 1 1 にまた、各数値を表 1 2 に示す。

【 0 0 8 0】

【表 1 1】

f(all)	3.750
$\phi 1$	-0.0152286
$\phi 2$	-0.0286965
$\phi 12$	-0.1946875
$\phi 3$	0.0135709
$\phi 4$	0.0201089
$\phi 34$	-0.007716
T23	8.14800
Tmax	14.99992
T0	15.00000
TASr	-0.68194
TAS2	0.79244
SASr	-0.34220
SAS2	0.42792

20

【 0 0 8 1】

【表 1 2】

f(all)・ $ \phi 1 $	0.05711
$\phi 1/\phi 2$	0.53068
$ \phi 12 /\phi 3$	14.34595
$ \phi 2 /T23$	0.02389
fall・ $\phi 12$	-0.73008
fall・ $\phi 34$	-0.02894
Tmax/T0	0.99999
TAS2+TASr	0.11050
SAS2+SASr	0.08572
kr	-6.48508
kt	-5.36319
kr/kt	1.20918
A3R	(-)
A3T	(-)
A3(2)	(-)
ΔP	3.20(G12,G14,G15)
ν (凸)	81.6(G12,G14,G15)

(-) はデータなし

30

40

【 0 0 8 2】

図 6 に数値実施例 3 の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。なお、球面収差図において、実線は g 線 (波長 435.8 nm)、破線は d 線 (波長 587.6 nm)、一点鎖線は c 線 (波長 656.3 nm) におけるそれぞれの収差曲線を示し、非点収差図におい

50

て、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示すものである。本実施の形態の投影光学系により、球面収差、非点収差及び歪曲収差が良好に補正される。

【0083】

図7は本発明投影光学系の第4の実施の形態である投影光学系4のレンズ構成を示すものである。

【0084】

投影光学系4は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズG1で構成された第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4とが配列され、さらに、第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3との間にガラスG4が介挿されて成り、4群レトロフォーカスタイプのレンズ構成を有する。

10

【0085】

第1レンズ群GR1を構成する負メニスカスレンズG1の凹面(投影側の面)s3は非球面形状を有する反射面とされ、凸面(像側の面)s2, s4は非球面形状の屈折面とされている。第2レンズ群GR2は、投影側から順に、投影側に凸面を向けると共に像側の面が非球面に形成された負メニスカスレンズの第2レンズG2と負レンズの第3レンズG3とが配列されて成る。第3レンズ群GR3は、投影側から順に、正レンズの第5レンズG5と投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第6レンズG6と投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第7レンズG7とが配列されて成る。第4レンズ群GR4は、投影側から順に、投影側に凸面を向けると共に投影側の面が非球面で形成された負メニスカスレンズの第8レンズG8と負レンズの第9レンズG9と正レンズの第10レンズG10と像側の面が非球面で形成された負レンズの第11レンズG11と正レンズの第12レンズG12と正レンズの第13レンズG13とが配列されて成る。

20

【0086】

この第4の実施の形態にかかる投影光学系4にあつては、第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3との間にガラスG4が介挿されているので、該ガラスG4に替えてプリズム等の光路折り曲げ手段を介挿することによって光路を折り曲げることができ、これによって、投影光学系4の奥行、すなわち、投影方向の大きさを小さくすることができる。なお、投影光学系の奥行を小さくするための光路折曲用の手段は、プリズムに限られるものではなく、その他の手段、例えば、ミラーのようなものであつても良い。

30

【0087】

上記第4の実施の形態にかかる投影光学系4をさらに具体化した数値実施例4を以下の表13乃至表16及び図8に示す。

【0088】

まず、表13に各面の曲率半径、面間隔、硝材のd線における屈折率nd及びd線におけるアッペ数dを、全系の焦点距離「f(all)」、Fナンバー、像高「y」と共に示す。なお、数値実施例4は投影光学系4をプロジェクターに適用した場合を想定しており、第1レンズG1とスクリーンとの間に位置する背面ミラーMrの反射面を第1面とし、以下、像側に光路を辿って面番号を付してある。従つて、第1レンズG1の像側の面は2度光束が通過するので、面番号が2つ(2, 4)付してある。なお、第29面乃至第32面は投影光学系4によってスクリーン上に投影される像を形成する像形成部に存在する面であり、参考までに示したものである。また、表中、「INF」は平面を意味し、面番号に続く列に表示した「」は当該面が非球面であることを意味する。さらに、絞りは面番号「STOP」で示す。

40

【0089】

【表 1 3】

f(all)=6.315
 Fナンバー=2.6
 y'=14.0

群	レンズ	Si	曲率半径	間隔	nd	νd	面
		物体	INF	272.425			
		1	INF	-185.000			反射
1群	G1	2※	-264.535	-15.000	1.49744	56.1	
		3※	-138.710	15.000	1.49744	56.1	反射
		4※	-264.535	70.050			
2群	G2	5	51.686	2.967	1.52510	56.3	
		6※	24.344	17.976			
	G3	7	-96.936	2.318	1.84666	23.8	
		8	46.115	6.948			
	G4	9	INF	80.835	1.51680	64.200	
		10	INF	0.195			
3群	G5	11	262.123	28.100	1.83400	37.3	
		12	-186.456	13.412			
	G6	13	67.426	11.123	1.83400	37.3	
		14	166.510	49.698			
	G7	15	53.729	2.453	1.71300	53.9	
		16	91.801	0.100			
	STOP		INF	4.775			
4群	G8	17※	1577.829	5.945	1.80610	40.7	
		18	88.332	2.825			
	G9	19	-86.808	2.559	1.80518	25.5	
		20	113.090	0.507			
	G10	21	52.397	8.767	1.49700	81.6	
		22	-28.340	0.107			
	G11	23	-831.833	2.559	1.80610	40.7	
		24※	54.443	25.407			
	G12	25	107.560	8.203	1.49700	81.6	
		26	-97.807	0.107			
	G13	27	125.792	9.268	1.49700	81.6	
28		-71.509	5.000				
		29	INF	35.500	1.51680	64.2	
		30	INF	23.000	1.84666	23.8	
		31	INF	1.000	1.46010	60.0	
		32	INF	0.700	1.51680	64.2	

※…非球面

※※…奇数次項を含む非球面

【0090】

上記投影光学系4において、第1レンズG1の像側の面s2、s4、第1レンズの投影側の面（反射面）s3、第2レンズG2の像側の面s6、第8レンズG8の投影側の面s17及び第11レンズG11の像側の面s24が非球面に形成されている。そこで、表14に数値実施例4における上記各面の4次、6次、8次及び10次の非球面係数A4、A6、A8、A10を円錐定数「K」と共に示す。

【0091】

10

20

30

40

【表 1 4】

S2.S4	K	A4	A6	A8	A10
	1.75803	-6.15235E-08	5.75012E-12	-7.00202E-17	
S3	K	A4	A6	A8	A10
	-12.92508	-4.43591E-08	2.10720E-12	2.33211E-18	-1.25537E-21
S6	K	A4	A6	A8	A10
	-1.45678	9.42139E-06	-3.72048E-10	3.67301E-12	-1.22045E-14
S17	K	A4	A6	A8	A10
	0	-5.66947E-06	-2.90501E-09	-4.56290E-11	1.23761E-13
S24	K	A4	A6	A8	A10
	1.608862	2.96817E-06	5.58643E-10	-7.51100E-12	3.30174E-14

10

【 0 0 9 2 】

数値実施例 4 における各条件式のエデータを表 1 5 にまた、各数値を表 1 6 に示す。

【 0 0 9 3 】

【表 1 5】

f(all)	6.315
$\phi 1$	-0.0170952
$\phi 2$	-0.0433833
$\phi 12$	-0.1307783
$\phi 3$	0.0146024
$\phi 4$	0.0175022
$\phi 34$	0.0002042
T23	60.43657
Tmax	8.00906
T0	15.00000
TASr	-0.89199
TAS2	0.14926
SASr	-0.41831
SAS2	0.22745

20

【 0 0 9 4 】

【表 1 6】

f(all)・ $ \phi 1 $	0.10796
$\phi 1 / \phi 2$	0.39405
$ \phi 12 / \phi 3$	8.95595
$ \phi 2 / T23$	0.00216
fall・ $\phi 12$	-0.82586
fall・ $\phi 34$	0.00129
Tmax/T0	0.53394
TAS2+TASr	-0.74273
SAS2+SASr	-0.19085
kr	-12.92508
kt	1.75803
kr/kt	-7.35202
A3R	(-)
A3T	(-)
A3(2)	(-)
ΔP	3.20(G9,G11,G12)
ν (凸)	81.6(G9,G11,G12)

(一) はデータなし

30

40

【 0 0 9 5 】

図 8 に数値実施例 4 の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。なお、球面収差図にお

50

いて、実線はg線（波長435.8nm）、破線はd線（波長587.6nm）、一点鎖線はC線（波長656.3nm）におけるそれぞれの収差曲線を示し、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示すものである。本実施の形態の投影光学系により、球面収差、非点収差及び歪曲収差が良好に補正される。

【0096】

図9は本発明投影光学系の第5の実施の形態である投影光学系5のレンズ構成を示すものである。

【0097】

投影光学系5は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズG1で構成された第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4とが配列されて成り、4群レトロフォーカスタイプのレンズ構成を有する。

10

【0098】

第1レンズ群GR1を構成する負メニスカスレンズG1の凹面（投影側の面）s3は非球面形状を有する反射面とされ、凸面（像側の面）s2、s4は非球面形状の屈折面とされている。第2レンズ群GR2は、投影側から順に、投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第2レンズG2と投影側に凸面を向けけると共に像側の面が非球面で形成された負メニスカスレンズの第3レンズと負レンズの第4レンズG4と投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズの第5レンズG5とが配列されて成る。第3レンズ群GR3は、投影側から順に、正レンズの第6レンズG6と投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第7レンズG7と負レンズの第8レンズG8と正レンズの第9レンズG9とが配列されて成る。第4レンズ群GR4は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズの第10レンズG10と投影側に凸面を向けた負メニスカスレンズの第11レンズG11と投影側に凹面を向けた正メニスカスレンズの第12レンズG12と投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズの第13レンズG13と正レンズの第14レンズG14と正レンズの第15レンズG15とが配列されて成る。

20

【0099】

上記第5の実施の形態にかかる投影光学系5をさらに具体化した数値実施例5を以下の表17乃至表20及び図10に示す。

【0100】

まず、表17に各面の曲率半径、面間隔、硝材のd線における屈折率nd及びd線におけるアッペ数dを、全系の焦点距離「f(all)」、Fナンバー、像高「y」と共に示す。なお、数値実施例5は投影光学系5をプロジェクターに適用した場合を想定しており、第1レンズG1とスクリーンとの間に位置する背面ミラーMrの反射面を第1面とし、以下、像側に光路を辿って面番号を付してある。従って、第1レンズG1の像側の面は2度光束が通過するので、面番号が2つ（2、4）付してある。なお、第33面乃至第36面は投影光学系3によってスクリーン上に投影される像を形成する像形成部に存在する面であり、参考までに示したものである。また、表中、「INF」は平面を意味し、面番号に続く列に表示した「」は当該面が非球面であることを意味する。さらに、絞りは面番号「STOP」で示す。

30

【0101】

40

【表 17】

f(all)=4.000
Fナンバー=2.8
y'=14.5

群	レンズ	Si	曲率半径	間隔	nd	νd	面
		物体	INF	161.120			
		1	INF	-70.000			反射
1群	G1	2※	-666.778	-15.000	1.52510	56.3	
		3※	-239.728	15.000	1.52510	56.3	反射
		4※	-666.778	510.571			
2群	G2	5	71.960	31.000	1.84793	35.7	
		6	100.575	0.700			
	G3	7	93.726	8.000	1.52510	56.3	
		8※	30.358	22.248			
	G4	9	-103.029	4.265	1.79850	22.6	
		10	58.306	17.598			
		G5	11	-44.330	14.800	1.74804	51.8
		12	-52.627	7.609			
3群	G6	13	598.125	14.000	1.79149	46.1	
		14	-135.161	13.772			
	G7	15	86.164	16.800	1.77020	24.6	
		16	290.784	15.490			
	G8	17	-522.081	11.000	1.56202	42.6	
		18	47.385	1.590			
		G9	19	50.430	10.000	1.49864	68.9
		20	-90.566	31.670			
		STOP	INF	4.107			
4群	G10	21	-47.047	3.227	1.51212	65.8	
		22	-76.775	1.509			
	G11	23	57.904	2.559	1.57718	38.2	
		24	36.179	9.880			
	G12	25	-357.091	8.767	1.49700	81.6	
		26	-22.139	0.500			
	G13	27	-22.250	2.559	1.80610	40.7	
		28	-43.625	11.202			
	G14	29	375.797	8.203	1.49700	81.6	
		30	-59.342	0.107			
G15	31	83.570	9.268	1.49700	81.6		
	32	-85.370	12.000				
		33	INF	27.000	1.84666	23.8	
		34	INF	21.000	1.84666	23.8	
		35	INF	2.000	1.51680	64.2	
		36	INF	1.100	1.51680	64.2	

※・・・非球面

※※・・・奇数次項を含む非球面

【0102】

上記投影光学系5において、第1レンズG1の像側の面s2、s4、第1レンズの投影側の面(反射面)s3、第3レンズG3の像側の面s8が非球面に形成されている。そこで、表18に数値実施例5における上記各面の4次、6次、8次及び10次の非球面係数A4、A6、A8、A10を円錐定数「K」と共に示す。

【0103】

10

20

30

40

50

【表 18】

S2.S4	K	A4	A6	A8	A10
	-8.07721				
S3	K	A4	A6	A8	A10
	-8.07974	-3.67539E-10	7.47650E-15	-4.70348E-20	1.08528E-25
S8	K	A4	A6	A8	A10
	-0.68911	2.73512E-06	1.11794E-09	3.68257E-13	1.66269E-15

【0104】

10

数値実施例 5 における各条件式の元データを表 19 に、また、各数値を表 20 に示す。

【0105】

【表 19】

f(all)	4.000
$\phi 1$	-0.0109644
$\phi 2$	-0.0196815
$\phi 12$	-0.1586264
$\phi 3$	0.0135381
$\phi 4$	0.0220522
$\phi 34$	-0.0014364
T23	7.60900
Tmax	36.38923
T0	15.00000
TASr	-0.39787
TAS2	0.53319
SASr	-0.20109
SAS2	0.31967

20

【0106】

【表 20】

30

f(all)・ $\phi 1$	0.04386
$\phi 1/\phi 2$	0.55709
$ \phi 12 /\phi 3$	11.71704
$ \phi 2 /T23$	0.02085
fall・ $\phi 12$	-0.63451
fall・ $\phi 34$	-0.00575
Tmax/T0	2.42595
TAS2+TASr	0.13532
SAS2+SASr	0.11858
kr	-8.07721
kt	-8.07974
kr/kt	0.99969
A3R	(-)
A3T	(-)
A3(2)	(-)
ΔP	3.20(G9,G11,G12)
$\nu(\square)$	81.6(G9,G11,G12)

(-) はデータなし

40

【0107】

図 10 に数値実施例 5 の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。なお、球面収差図において、実線は g 線 (波長 435.8 nm)、破線は d 線 (波長 587.6 nm)、一点

50

鎖線はC線（波長656.3nm）におけるそれぞれの収差曲線を示し、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示すものである。本実施の形態の投影光学系により、球面収差、非点収差及び歪曲収差が良好に補正される。

【0108】

図11は本発明投影光学系の第6の実施の形態である投影光学系6のレンズ構成を示すものである。

【0109】

投影光学系6は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズG1で構成された第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4とが配列され、さらに、第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3との間にはガラスG4が介挿されており、4群レトロフォーカスタイプのレンズ構成を有する。

10

【0110】

第1レンズ群GR1を構成する負メニスカスレンズG1の凹面（投影側の面）s3は非球面形状を有する反射面とされ、凸面（像側の面）s2、s4は非球面形状の屈折面とされている。第2レンズ群GR2は、投影側から順に、投影側に凸面を向けると共に像側の面が非球面に形成された負メニスカスレンズの第2レンズG2と負レンズの第3レンズG3とが配列されて成る。第3レンズ群GR3は、投影側から順に、正レンズの第5レンズG5と投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第6レンズG6と投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第7レンズG7とが配列されて成る。第4レンズ群GR4は、投影側の面が非球面で形成された負レンズの第8レンズG8と負レンズの第9レンズG9と正レンズの第10レンズG10と像側の面が非球面で形成された負レンズの第11レンズG11と正レンズの第12レンズG12と正レンズの第13レンズG13とが配列されて成る。

20

【0111】

この第6の実施の形態にかかる投影光学系6にあつては、第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3との間にガラスG4が介挿されているので、該ガラスG4に替えて光路折り曲げ用のプリズム等を介挿することによって光路を折り曲げることができ、これによって、投影光学系6の奥行、すなわち、投影方向の大きさを小さくすることができる。なお、投影光学系の奥行を小さくするための光路折曲用の手段は、プリズムに限られるものではなく、その他の手段、例えば、ミラーのようなものであつても良い。

30

【0112】

上記第6の実施の形態にかかる投影光学系6をさらに具体化した数値実施例6を以下の表21乃至表24及び図12に示す。

【0113】

まず、表21に各面の曲率半径、面間隔、硝材のd線における屈折率nd及びd線におけるアッペ数dを、全系の焦点距離「f(all)」、Fナンバー、像高「y」と共に示す。なお、数値実施例6は投影光学系6をプロジェクターに適用した場合を想定しており、第1レンズG1とスクリーンとの間に位置する背面ミラーMrの反射面を第1面とし、以下、像側に光路を辿って面番号を付してある。従つて、第1レンズG1の像側の面は2度光束が通過するので、面番号が2つ（2、4）付してある。なお、第29面乃至第32面は投影光学系6によってスクリーン上に投影される像を形成する像形成部に存在する面であり、参考までに示したものである。また、表中、「INF」は平面を意味し、面番号に続く列に表示した「」は当該面が非球面であることを、「」は当該面が奇数次項を含む非球面であることを意味する。さらに、絞りは面番号「STOP」で示す。

40

【0114】

【表 2 1】

f(all)=6.2
Fナンバー=2.6
y'=14.0

群	レンズ	Si	曲率半径	間隔	nd	γ d	面
		物体	INF	260.868			
		1	INF	-185.008			反射
1群	G1	2 ※	-266.159	-15.000	1.49744	56.1	
		3 ※※	-142.277	15.000	1.49744	56.1	反射
		4 ※	-266.159	82.441			
2群	G2	5	48.709	2.967	1.52510	56.3	
		6 ※	25.121	19.049			
	G3	7	-95.514	2.318	1.84666	23.8	
		8	46.558	12.948			
	G4	9	INF	75.000	1.51680	64.200	
		10	INF	0.234			
3群	G5	11	262.499	28.100	1.83400	37.3	
		12	-193.693	13.655			
	G6	13	65.519	11.644	1.83400	37.3	
		14	155.375	48.383			
	G7	15	41.361	4.001	1.71300	53.9	
		16	69.312	0.100			
	STOP		INF	3.956			
4群	G8	17 ※	-633.631	5.945	1.80610	40.7	
		18	65.188	2.825			
	G9	19	-148.298	2.559	1.80518	25.5	
		20	68.982	0.507			
	G10	21	39.761	8.767	1.49700	81.6	
		22	-28.923	0.107			
	G11	23	-975.122	2.559	1.80610	40.7	
		24 ※	52.856	25.407			
	G12	25	109.232	8.203	1.49700	81.6	
		26	-91.908	0.107			
	G13	27	117.155	9.268	1.49700	81.6	
28		-72.075	5.000				
		29	INF	35.500	1.51680	64.2	
		30	INF	23.000	1.84666	23.8	
		31	INF	1.000	1.46010	60.0	
		32	INF	0.700	1.51680	64.2	

10

20

30

40

【0 1 1 5】

上記投影光学系 6 において、第 1 レンズ G 1 の像側の面 s 2、s 4、第 1 レンズの投影側の面（反射面）s 3、第 2 レンズ G 2 の像側の面 s 6、第 8 レンズ G 8 の投影側の面 s 17 及び第 11 レンズ G 11 の像側の面 s 24 が非球面に形成されている。そこで、表 2 2 に数値実施例 6 における上記各面の 3 次、4 次、5 次、6 次、8 次及び 10 次の非球面係数 A 3、A 4、A 5、A 6、A 8、A 10 を円錐定数「K」と共に示す。

【0 1 1 6】

【表 2 2】

S2.S4	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	1.80442		-5.90468E-08		5.65345E-12	-7.83526E-17	
S3	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	-11.30000	2.46530E-07	-4.39970E-08	1.52730E-13	1.99250E-12	-1.91090E-19	-1.43430E-21
S6	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	-1.42191		7.55135E-06		-2.45815E-10	3.08865E-13	-7.07439E-15
S17	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	0		-5.86994E-06		6.83655E-10	-5.54734E-11	1.56926E-13
S24	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	1.90786		3.29146E-06		2.60907E-09	-4.14998E-12	5.84924E-14

10

【0 1 1 7】

数値実施例 6 における各条件式のエデータを表 2 3 にまた、各数値を表 2 4 に示す。

【0 1 1 8】

【表 2 3】

f(all)	6.200
$\phi 1$	-0.0166009
$\phi 2$	-0.0416130
$\phi 12$	-0.1331352
$\phi 3$	0.0148842
$\phi 4$	0.0178671
$\phi 34$	0.0001573
T23	62.62820
Tmax	7.70056
T0	15.00000
TASr	
TAS2	
SASr	
SAS2	

20

【0 1 1 9】

【表 2 4】

f(all)・ $ \phi 1 $	0.10293
$\phi 1/\phi 2$	0.39894
$ \phi 12 /\phi 3$	8.94473
$ \phi 2 /T23$	0.00213
fall・ $\phi 12$	-0.82544
fall・ $\phi 34$	0.00098
Tmax/T0	0.51337
TAS2+TASr	(-)
SAS2+SASr	(-)
kr	-11.30000
kt	1.80442
kr/kt	-6.26240
A3R	2.46530E-07
A3T	(-)
A3(2)	(-)
ΔP	3.20(G9,G11,G12)
ν (凸)	81.6(G9,G11,G12)

(-) はデータなし

40

【0 1 2 0】

図 1 2 に数値実施例 6 の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。なお、球面収差図に

50

において、実線はg線（波長435.8nm）、破線はd線（波長587.6nm）、一点鎖線はC線（波長656.3nm）におけるそれぞれの収差曲線を示し、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示すものである。本実施の形態の投影光学系により、球面収差、非点収差及び歪曲収差が良好に補正される。

【0121】

図13は本発明投影光学系の第7の実施の形態である投影光学系7のレンズ構成を示すものである。

【0122】

投影光学系7は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズG1で構成された第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4とが配列され、さらに、第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3との間にガラスG4が介挿されて成り、4群レトロフォーカスタイプのレンズ構成を有する。

10

【0123】

第1レンズ群GR1を構成する負メニスカスレンズG1の凹面（投影側の面）s3は非球面形状を有する反射面とされ、凸面（像側の面）s2、s4は非球面形状の屈折面とされている。第2レンズ群GR2は、投影側から順に、投影側に凸面を向けると共に像側の面が非球面に形成された負メニスカスレンズの第2レンズG2と負レンズの第3レンズG3とが配列されて成る。第3レンズ群GR3は、投影側から順に、正レンズの第5レンズG5と投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第6レンズG6と投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第7レンズG7とが配列されて成る。第4レンズ群GR4は、投影側の面が非球面で形成された負レンズの第8レンズG8と負レンズの第9レンズG9と正レンズの第10レンズG10と像側の面が非球面で形成された負レンズの第11レンズG11と正レンズの第12レンズG12と正レンズの第13レンズG13とが配列されて成る。

20

【0124】

この第7の実施の形態にかかる投影光学系7にあっては、第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3との間にガラスG4が介挿されているので、該ガラスG4に替えて光路折曲げ用のプリズム等を介挿することによって光路を折曲げることができ、これによって、投影光学系7の奥行、すなわち、投影方向の大きさを小さくすることができる。なお、投影光学系の奥行を小さくするための光路折曲用の手段は、プリズムに限られるものではなく、その他の手段、例えば、ミラーのようなものであっても良い。

30

【0125】

上記第7の実施の形態にかかる投影光学系7をさらに具体化した数値実施例7を以下の表25乃至表28及び図14に示す。

【0126】

まず、表25に各面の曲率半径、面間隔、硝材のd線における屈折率nd及びd線におけるアッペ数dを、全系の焦点距離「f(all)」、Fナンバー、像高「y」と共に示す。なお、数値実施例7は投影光学系7をプロジェクターに適用した場合を想定しており、第1レンズG1とスクリーンとの間に位置する背面ミラーMrの反射面を第1面とし、以下、像側に光路を辿って面番号を付してある。従って、第1レンズG1の像側の面は2度光束が通過するので、面番号が2つ（2、4）付してある。なお、第29面乃至第32面は投影光学系7によってスクリーン上に投影される像を形成する像形成部に存在する面であり、参考までに示したものである。また、表中、「INF」は平面を意味し、面番号に続く列に表示した「」は当該面が非球面であることを、「」は当該面が奇数次項を含む非球面であることを意味する。さらに、絞りは面番号「STOP」で示す。

40

【0127】

【表 2 5】

$f(\text{all})=6.2$
 $F\text{ナンバー}=2.6$
 $y'=14.0$

群	レンズ	Si		曲率半径	間隔	nd	νd	面
		物体		INF	262.299			
		1		INF	-185.008			反射
1群	G1	2	※	-267.253	-15.000	1.49744	56.1	
		3	※※	-138.885	15.000	1.49744	56.1	反射
		4	※	-267.253	77.611			
2群	G2	5		50.860	2.967	1.52510	56.3	
		6	※※	25.176	18.562			
	G3	7		-89.818	2.318	1.84666	23.8	
		8		46.962	6.873			
	G4	9		INF	75.000	1.51680	64.2	
		10		INF	0.798			
3群	G5	11		390.748	28.100	1.83400	37.3	
		12		-158.706	8.785			
	G6	13		67.560	11.641	1.83400	37.3	
		14		199.972	50.481			
	G7	15		48.484	2.303	1.71300	53.9	
		16		68.276	0.100			
		STOP		INF	3.499			
4群	G8	17	※	-1003.771	5.945	1.80610	40.7	
		18		89.902	2.825			
	G9	19		-101.483	2.559	1.80518	25.5	
		20		94.367	0.507			
	G10	21		47.471	8.767	1.49700	81.6	
		22		-27.544	0.107			
	G11	23		-608.795	2.559	1.80610	40.7	
		24	※	57.288	25.407			
	G12	25		118.211	8.203	1.49700	81.6	
		26		-88.317	0.107			
G13	27		124.658	9.268	1.49700	81.6		
	28		-70.721	5.000				
		29		INF	35.500	1.51680	64.2	
		30		INF	23.000	1.84666	23.8	
		31		INF	1.000	1.46010	60.0	
		32		INF	0.700	1.51680	64.2	

※・・・非球面

※※・・・奇数次項を含む非球面

【0 1 2 8】

上記投影光学系7において、第1レンズG1の像側の面s2、s4、第1レンズの投影側の面(反射面)s3、第2レンズG2の像側の面s6、第8レンズG8の投影側の面s17及び第11レンズG11の像側の面s24が非球面に形成されている。そこで、表26に数値実施例7における上記各面の3次、4次、5次、6次、8次及び10次の非球面係数A3、A4、A5、A6、A8、A10を円錐定数「K」と共に示す。

【0 1 2 9】

10

20

30

40

【表 2 6】

S2.S4	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	1.82652		-5.30977E-08		5.67083E-12	-8.37370E-17	
S3	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	-11.94000	4.06290E-07	-4.29420E-08	3.44590E-12	1.99560E-12	-1.09020E-18	-1.49110E-21
S6	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	-1.60550	2.13760E-05	7.80890E-06	5.16450E-08	-1.06390E-09	7.58070E-13	-8.64420E-15
S17	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	0		-6.18852E-05		-3.23138E-09	-5.51008E-11	1.54364E-13
S24	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
	1.940023		3.35660E-06		1.70627E-09	-6.32274E-12	3.90912E-14

10

【 0 1 3 0 】

数値実施例 7 における各条件式 の元データ を表 2 7 にまた、各数値 を表 2 8 に示す。

【 0 1 3 1 】

【表 2 7】

f(all)	6.200
$\phi 1$	-0.0171139
$\phi 2$	-0.0426503
$\phi 12$	-0.1350289
$\phi 3$	0.0154177
$\phi 4$	0.0183937
$\phi 34$	0.0000281
T23	57.11720
Tmax	8.37451
T0	15.00000
TASr	
TAS2	
SASr	
SAS2	

20

【 0 1 3 2 】

【表 2 8】

f(all)・ $\phi 1$	0.10611
$\phi 1 / \phi 2$	0.40126
$ \phi 12 / \phi 3$	8.75804
$ \phi 2 / T23$	0.00236
fall・ $\phi 12$	-0.83718
fall・ $\phi 34$	0.00017
Tmax/T0	0.55830
TAS2+TASr	(-)
SAS2+SASr	(-)
kr	-11.94000
kt	1.82652
kr/kt	-6.53702
A3R	4.06290E-07
A3T	(-)
A3(2)	2.13760E-05
ΔP	3.20(G10,G12,G13)
ν (凸)	81.6(G10,G12,G13)

(-) はデータなし

40

【 0 1 3 3 】

50

図 1 4 に数値実施例 7 の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。なお、球面収差図において、実線は g 線（波長 435.8 nm）、破線は d 線（波長 587.6 nm）、一点鎖線は C 線（波長 656.3 nm）におけるそれぞれの収差曲線を示し、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示すものである。本実施の形態の投影光学系により、球面収差、非点収差及び歪曲収差が良好に補正される。

【 0 1 3 4 】

図 1 5 は本発明投影光学系の第 8 の実施の形態である投影光学系 8 のレンズ構成を示すものである。

【 0 1 3 5 】

投影光学系 8 は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズ G 1 で構成された第 1 レンズ群 G R 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G R 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G R 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G R 4 とが配列された、4 群レトロフォーカスタイプのレンズ構成を有する。特に、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 との間に大きな空気間隙をとってある。

【 0 1 3 6 】

第 1 レンズ群 G R 1 を構成する負メニスカスレンズ G 1 の凹面（投影側の面）s 3 は非球面形状を有する反射面とされ、凸面（像側の面）s 2、s 4 は非球面形状の屈折面とされている。第 2 レンズ群 G R 2 は、投影側から順に、正レンズの第 2 レンズ G 2 と像側の面が非球面で形成された負レンズの第 3 レンズ G 3 と負レンズの第 4 レンズ G 4 が配列されて成る。第 3 レンズ群 G R 3 は、投影側から順に、投影側に凹面を向けた正メニスカスレンズの第 5 レンズ G 5 及び投影側に凹面を向けた負メニスカスレンズの第 6 レンズ G 6 から成る接合レンズと正レンズの第 7 レンズ G 7 とが配列されて成る。第 4 レンズ群 G R 4 は、投影側に凸面を向けた正メニスカスレンズの第 8 レンズ G 8 と投影側に凸面を向けた負メニスカスレンズの第 9 レンズ G 9 と正レンズの第 10 レンズ G 10 と投影側に凸面を向けた負メニスカスレンズの第 11 レンズ G 11 と正レンズの第 12 レンズ G 12 と正レンズの第 13 レンズ G 13 とが配列されて成る。

【 0 1 3 7 】

この撮影光学系 8 にあっては、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 との間の大きな空気間隙にプリズム等の光路折り曲げ手段を挿入することが可能であり、これによって投影光学系 8 の奥行寸法を小さくすることができる。

【 0 1 3 8 】

上記第 8 の実施の形態にかかる投影光学系 8 をさらに具体化した数値実施例 8 を以下の表 2 9 乃至表 3 2 及び図 1 6 に示す。

【 0 1 3 9 】

まず、表 2 9 に各面の曲率半径、面間隔、硝材の d 線における屈折率 n d 及び d 線におけるアッペ数 σ_d を、全系の焦点距離「f (a l l)」、F ナンバー、像高「y」と共に示す。なお、数値実施例 8 は投影光学系 8 をプロジェクターに適用した場合を想定しており、第 1 レンズ G 1 とスクリーンとの間に位置する背面ミラー M r の反射面を第 1 面とし、以下、像側に光路を辿って面番号を付してある。従って、第 1 レンズ G 1 の像側の面は 2 度光束が通過するので、面番号が 2 つ（2、4）付してある。なお、第 2 8 面乃至第 3 1 面は投影光学系 8 によってスクリーン上に投影される像を形成する像形成部に存在する面であり、参考までに示したものである。また、表中、「I N F」は平面を意味し、面番号に続く列に表示した「」は当該面が非球面であることを、「」は当該面が奇数次項を含む非球面であることを意味する。さらに、絞りは面番号「S T O P」で示す。

【 0 1 4 0 】

10

20

30

40

【表 2 9】

f(all)=6.050
 Fナンバ^{*}=2.8
 y'=14.0

群	レンズ	Si	曲率半径	間隔	nd	νd	面
		物体	INF	307.445			
		1	INF	-100.000			反射
1群	G1	2 ※※	-324.572	-15.000	1.49744	56.1	
		3 ※	-198.369	15.000	1.49744	56.1	反射
		4 ※※	-324.572	265.143			
2群	G2	5	334.600	6.603	1.62602	57.3	
		6	-253.315	0.500			
	G3	7	-777.142	2.559	1.52510	56.3	
		8 ※	28.105	17.648			
	G4	9	-34.777	4.265	1.79362	22.8	
		10	166.767	7.100			
3群	G5	11	-188.069	12.752	1.84888	32.6	
	G6	12	-45.463	3.199	1.53738	64.3	
		13	-68.287	0.107			
	G7	14	289.215	23.329	1.77121	47.8	
		15	-75.944	75.281			
		STOP	INF	6.107			
4群	G8	16	278.502	3.227	1.79850	22.6	
		17	2026.526	31.639			
	G9	18	3967.637	2.559	1.84754	26.7	
		19	57.898	1.300			
	G10	20	58.173	8.767	1.48749	70.4	
		21	-85.543	0.107			
	G11	22	100.347	2.559	1.80610	40.7	
		23	56.437	2.816			
	G12	24	67.016	8.203	1.49700	81.6	
		25	-159.107	0.107			
G13	26	49.191	9.268	1.49700	81.6		
	27	-391.056	5.000				
		28	INF	35.500	1.51680	64.2	
		29	INF	23.000	1.84666	23.8	
		30	INF	1.000	1.46010	60.0	
		31	INF	0.700	1.51680	64.2	

※...非球面

※※...奇数次項を含む非球面

【0 1 4 1】

上記投影光学系 8 において、第 1 レンズ G 1 の像側の面 s 2、s 4、第 1 レンズの投影側の面（反射面）s 3、第 3 レンズ G 3 の像側の面 s 8 が非球面に形成されている。そこで、表 3 0 に数値実施例 8 における上記各面の 3 次、4 次、5 次、6 次、8 次及び 1 0 次の非球面係数 A 3、A 4、A 5、A 6、A 8、A 1 0 を円錐定数「K」と共に示す。

【0 1 4 2】

10

20

30

40

【表 3 0】

S2.S4	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
		-3.92950	1.80590E-06	-2.00220E-09	-2.48710E-12	-1.90240E-15	1.81240E-19
S3	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
		-8.75716	9.65845E-10		8.29949E-15	-1.37529E-19	1.27873E-24
S8	K	A3	A4	A5	A6	A8	A10
		0.01974	-5.48037E-07		-5.44242E-09	7.89234E-12	-1.65545E-14

【 0 1 4 3 】

数値実施例 8 における各条件式の元データを表 3 1 にまた、各数値を表 3 2 に示す。

10

【 0 1 4 4 】

【表 3 1】

f(all)	6.050
$\phi 1$	-0.0116194
$\phi 2$	-0.0495316
$\phi 12$	-0.2293637
$\phi 3$	0.0219756
$\phi 4$	0.0168996
$\phi 34$	-0.0136142
T23	7.10000
Tmax	18.88650
T0	15.00000
TASr	(-)
TAS2	(-)
SASr	(-)
SAS2	(-)

20

【 0 1 4 5 】

【表 3 2】

f(all)・ $ \phi 1 $	0.07030	
$\phi 1/\phi 2$	0.23459	
$ \phi 12 /\phi 3$	10.43720	
$ \phi 2 /T23$	0.03230	
fall・ $\phi 12$	-1.38765	
fall・ $\phi 34$	-0.08237	
Tmax/T0	1.25910	
TAS2+TASr	(-)	
SAS2+SASr	(-)	
kr	-8.75716	
kt	-3.92950	
kr/kt	2.22857	
A3R	(-)	
A3T	1.80590E-06	(-) はデータなし
A3(2)	(-)	
ΔP	0.45(G10)、3.20(G12,G13)	
ν (凸)	70.4(G10)、81.6(G12,G13)	

30

40

【 0 1 4 6 】

図 1 6 に数値実施例 8 の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。なお、球面収差図において、実線は g 線（波長 435.8 nm）、破線は d 線（波長 587.6 nm）、一点鎖線は c 線（波長 656.3 nm）におけるそれぞれの収差曲線を示し、非点収差図にお

50

いて、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示すものである。本実施の形態の投影光学系により、球面収差、非点収差及び歪曲収差が良好に補正される。

【0147】

以上で分かるように、いずれの数値実施例においても、条件式(1)乃至(10)が満足されていて、各収差が良好に補正されると共に、小型化が達成されている。

【0148】

なお、上記した各実施の形態では、反射面を除き、入射光線を屈折により偏向させる屈折型レンズ(つまり異なる屈折率を有する媒質同士の界面で偏向が行われるタイプのレンズ)のみが用いられているが、これに限らず、例えば、回折により入射光線を偏向させる回折型レンズ、回折作用と屈折作用との組み合わせで入射光線を偏向させる屈折、回折ハイブリッド型レンズ、入射光線を媒質内の屈折率分布により偏向させる屈折率分布型レンズ等を用いてもよい。

10

【0149】

表33に上記各数値実施例における各条件式の数値データ及び数値を纏めて示す。

【0150】

【 表 3 3 】

項目	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8			
fall	6.292	6.100	3.750	6.315	4.000	6.200	6.200	6.050			
φ1	-0.01092	-0.01265	-0.01523	-0.01710	-0.01096	-0.01660	-0.01711	-0.012			
φ2	-0.04004	-0.04899	-0.02870	-0.04338	-0.01968	-0.04161	-0.04265	-0.050			
φ12	-0.10460	-0.18011	-0.19469	-0.13078	-0.15863	-0.13314	-0.13503	-0.229			
φ3	0.01039	0.01633	0.01357	0.01460	0.01354	0.01488	0.01542	0.022			
φ4	0.01662	0.01848	0.02011	0.01750	0.02205	0.01787	0.01839	0.017			
φ34	-0.00245	-0.01397	-0.00772	0.00920	-0.00144	0.00016	0.00003	-0.014			
T23	84.694	20.759	8.148	60.437	7.609	62.628	57.117	7.100			
Tmax	7.531	16.200	15.000	8.009	36.389	7.701	8.375	18.887			
T0	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000			
kt	2.96170	1.87674	-5.36319	1.75803	-8.07974	1.80442	1.82652	-3.930			
TASr	-0.56637	-0.69595	-0.68194	-0.89199	-0.39787	(-)	(-)	(-)			
TAS2	0.08877	0.88658	0.79244	0.14926	0.53319	(-)	(-)	(-)			
SASr	-0.26402	-0.31798	-0.34220	-0.41831	-0.20109	(-)	(-)	(-)			
SAS2	0.18982	0.44145	0.42792	0.22745	0.31967	(-)	(-)	(-)			
条件式	下限値	上限値	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8			
(1)	fall- φ1	0.0	0.3	0.06808	0.07715	0.05711	0.10796	0.10293	0.10611	0.07030	
(2)	φ12/φ34	3.0	60.0	42.72145	12.89083	14.34595	8.95595	8.94473	8.75804	10.43720	
(3)	fall-φ12	-2.0	-0.2	-0.65814	-1.09868	-0.73008	-0.82586	-0.63451	-0.83718	-1.38765	
(4)	Tmax/T0	0.1	5.0	0.50207	1.08000	0.99999	0.53394	2.42595	0.51337	0.55830	1.25910
(5)	kr	-30.0	0.0	-16.60312	-12.16085	-6.48508	-12.92508	-8.07721	-11.30000	-11.94000	-8.75716
(6)	kt	-15.0	8.0	2.96170	1.87674	-5.36319	1.75803	-8.07974	1.80442	1.82652	-3.92950
(7)	A3R	0.0E+00	1.0E-12	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	2.46530E-07	4.06290E-07	(-)
(8)	A3T	0.0E+00	1.0E-12	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	1.80590E-06
(9)	ΔP	0.3	6.0	3.20(G9,G11,G12)	3.20(G9,G11,G12)	3.20(G12,G14,G15)	3.20(G9,G11,G12)	3.20(G9,G11,G12)	3.20(G9,G11,G12)	3.20(G10,G12,G13)	0.45(G10), 3.20(G12,G13)
(10)	ν(凸)	60	100	81.6(G9,G11,G12)	81.6(G9,G11,G12)	81.6(G12,G14,G15)	81.6(G9,G11,G12)	81.6(G9,G11,G12)	81.6(G9,G11,G12)	81.6(G10,G12,G13)	70.4(G10), 81.6(G12,G13)
1群負メニスカス屈折面の非球面化		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2群の非球面の数		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4群の非球面の数		1	1	0	2	0	2	0	2	2	0
1群反射面の奇数次非球面化		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
1群屈折面の奇数次非球面化		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
2群の奇数次非球面化		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

10

20

30

40

【 0 1 5 1 】

図 1 7 及び 図 1 8 に本発明が像投影装置の実施の形態を示す。なお、図示した実施の形態は、本発明をリアプロジェクションテレビに適用したものである。

【 0 1 5 2 】

リアプロジェクションテレビ 1 0 は筐体 2 0 内に必要な部品や部材、装置が配設されて

50

成る。

【0153】

筐体20の前面には下部を除いた部分に大きな開口21が形成され、該開口21を塞ぐように透過型スクリーンSc rが配置されている。筐体20内の後方の位置で上記透過型スクリーンSc rとほぼ対向した位置に全反射ミラーMrが配置されている。そして、筐体20内の下方部に投影光学系30及び画像形成部40が配置される。そして、画像形成部40で形成された画像がレンズ群G2、G3、G4を介して投影光学系30の第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズG1によって全反射ミラーMrに向けて広角反射され、さらに、該全反射ミラーMrによって反射されて透過型スクリーンSc rの背面に結像される。従って、画像形成部40で形成された画像が透過型スクリーンSc rに拡大投影され、これをスクリーンSc rの前方から鑑賞することが出来る。

10

【0154】

画像形成部40は、投影光学系30によって投影できる画像を形成することが出来るものであれば、どのようなものであっても構わないが、その一例を図18に示す。

【0155】

図18に示した画像形成部40は、R(赤)、G(緑)、B(青)3色の成分に分離された画像信号によって各別に駆動されるR用液晶パネル41R、G用液晶パネル41G、B用液晶パネル41Bの3枚の液晶パネルを備えた3板式フルカラーの画像形成部である。

【0156】

画像形成部40は光源部50を備え、該光源部50によって白色光が平行光束として出射される。光源部50から出射された白色光は全反射ミラー51で反射され、さらに、ダイクロイックミラー42aによってR成分とGB成分に分離され、ダイクロイックミラー42aを透過したGB成分はさらにダイクロイックミラー42bによってG成分とB成分に分離される。ダイクロイックミラー42aで反射されたR成分は全反射ミラー43aでさらに反射されてR用液晶パネル41Rを透過してダイクロイックプリズム44に入射する。ダイクロイックミラー42bで反射されたG成分はG用液晶パネル41Gを透過してダイクロイックプリズム44に入射する。なお、R成分とG成分の光路長は同じになるようにされている。

20

【0157】

ダイクロイックミラー42bを透過したB成分は全反射ミラー43b、43cによって順次反射されてB用液晶パネル41Bを透過してダイクロイックプリズム44に入射される。なお、このB成分の光路長はR成分、G成分の光路長より長くなるので、光路長調整用のレンズ45a、45aがダイクロイックミラー42aと全反射ミラー43bとの間及び全反射ミラー43bと43cとの間に介挿されている。また、各液晶パネル41R、41G、41Bの入射面側にはコンデンサーレンズ45b、45b、45bが配置されている。

30

【0158】

それぞれの液晶パネル41R、41G、41Bによって空間変調されたR、G、B各成分は色分離フィルタが交差するように配置されたダイクロイックプリズム44によって合成されて一つのフルカラーの画像として出射面44aから出射されて投影光学系30に入射される。

40

【0159】

以上のようにして、フルカラーの画像がスクリーンSc rに映し出されることになる。

【0160】

なお、投影光学系30には上記実施の形態にかかる投影光学系1、2、3、4、5、6、7、8の何れかを使用することが出来ることは勿論である。非球面反射面が小径化されたこの投影光学系を用いることにより、物理的にリアプロジェクションテレビのスクリーン下部(又は上部)を低くすることができる。

【0161】

50

図19はリアプロジェクションテレビの変形例10Aを示すものである。このリアプロジェクションテレビ10Aにあつては、投影光学系30Aの光路上に折り曲げプリズム31が介挿されている点が上記リアプロジェクションテレビ10と異なる。

【0162】

これによって、投影光学系30Aの奥行が小さくなり、これに伴って、リアプロジェクションテレビ10Aの奥行寸法Dも小さくすることができる。図19においては、プリズムにより垂直面内に光路を折り曲げた例を示したが、水平面内に光路を折り曲げるようにしてもよい。

【0163】

画像投影装置の例として、リアプロジェクションテレビの例を記載したが、本発明画像投影装置の適用範囲がリアプロジェクションテレビに限られることを意味するものではない。反射型スクリーンに投影するタイプであるフロントプロジェクター等の画像投影装置等に適用することができることは勿論である。

10

【0164】

その他、上記した実施の形態及び数値実施例に示した各部の形状及び構造並びに数値は、何れも本発明を実施するに際して行う具体化のほんの一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【産業上の利用可能性】

【0165】

画像を投影する装置、特に、広角投影が要望されるにも拘わらず、投影面との間の間隔に制約ある場合に適用して好適である。すなわち、例えば、リアプロジェクションテレビにあつては薄型化が容易である栄、フロントプロジェクターにあつては、狭い部屋のような設置場所に制限がある場合でも大画面で投射することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0166】

【図1】図2と共に本発明投影光学系の第1の実施の形態を示し、本図はレンズ構成図である。

【図2】球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図3】図4と共に本発明投影光学系の第2の実施の形態を示し、本図はレンズ構成図である。

30

【図4】球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図5】図6と共に本発明投影光学系の第3の実施の形態を示し、本図はレンズ構成図である。

【図6】球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図7】図8と共に本発明投影光学系の第4の実施の形態を示し、本図はレンズ構成図である。

【図8】球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図9】図10と共に本発明投影光学系の第5の実施の形態を示し、本図はレンズ構成図である。

40

【図10】球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図11】図12と共に本発明投影光学系の第6の実施の形態を示し、本図はレンズ構成図である。

【図12】球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図13】図14と共に本発明投影光学系の第7の実施の形態を示し、本図はレンズ構成図である。

【図14】球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図15】図16と共に本発明投影光学系の第8の実施の形態を示し、本図はレンズ構成図である。

【図16】球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

50

【図17】図18と共に本発明画像投影装置の実施の形態を示すものであり、本図は概略断面図である。

【図18】画像形成部を示す概念図である。

【図19】本発明画像投影装置の変形例を示す概略断面図である。

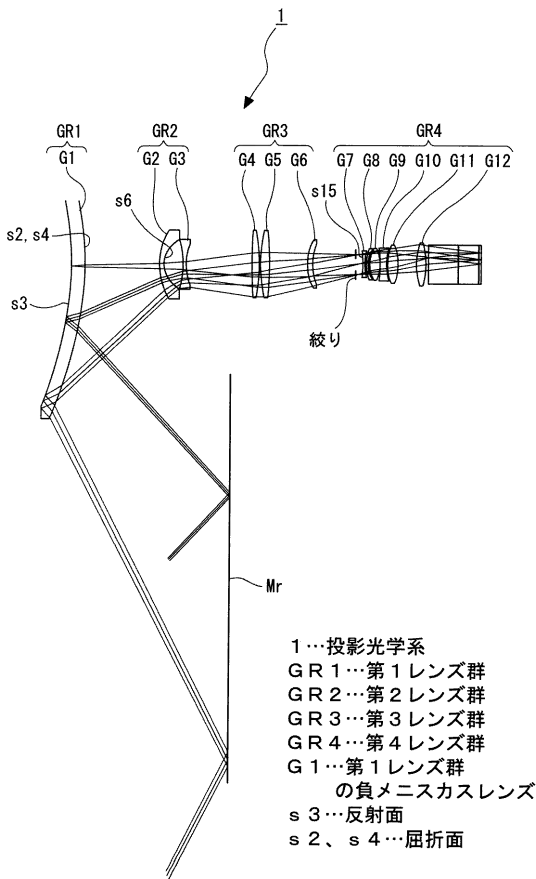
【符号の説明】

【0167】

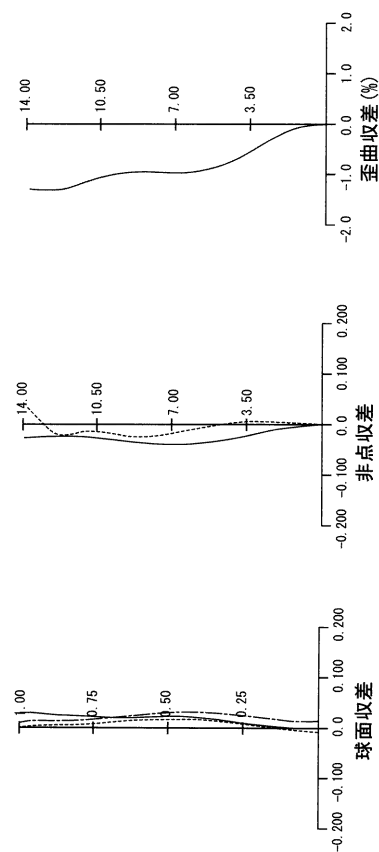
1...投影光学系、2...投影光学系、3...投影光学系、4...投影光学系、5...投影光学系、6...投影光学系、7...投影光学系、8...投影光学系、GR1...第1レンズ群、GR2...第2レンズ群、GR3...第3レンズ群、GR4...第4レンズ群、G1...第1レンズ群の負メニスカスレンズ、s3...反射面、s2、s4...屈折面、10...リアプロジェクションテレビ(画像投影装置)、30...投影光学系、31...プリズム(光路折り曲げ手段)、40...画像形成部、10A...リアプロジェクションテレビ(画像投影装置)、30A...投影光学系

10

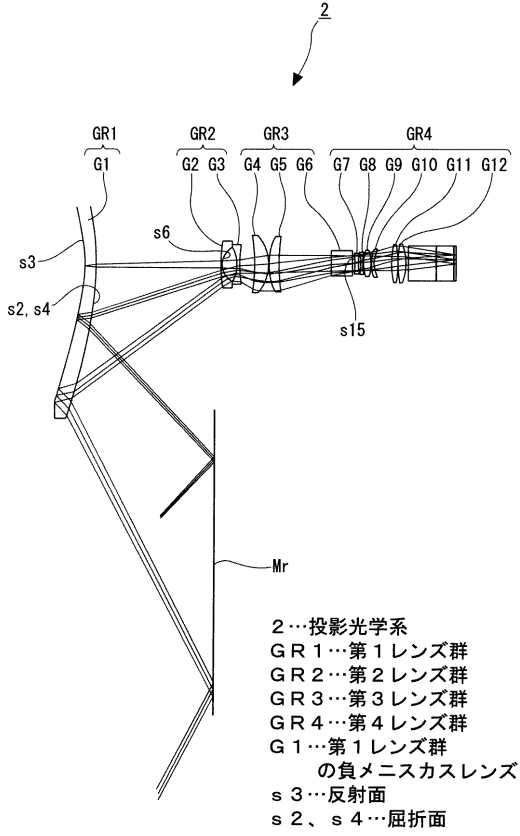
【図1】



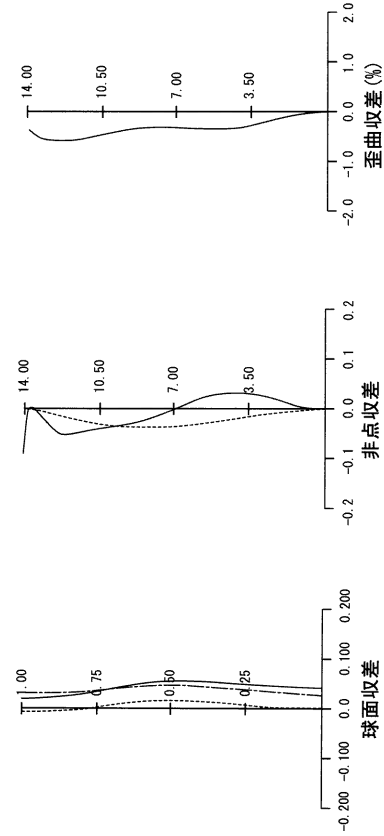
【図2】



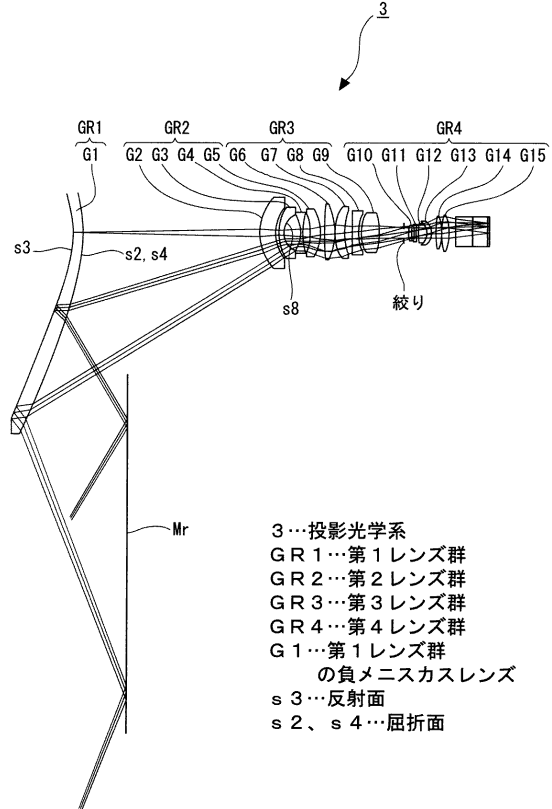
【 図 3 】



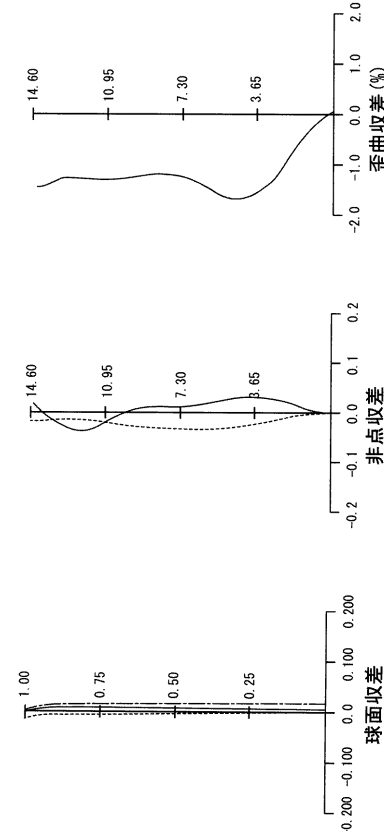
【 図 4 】



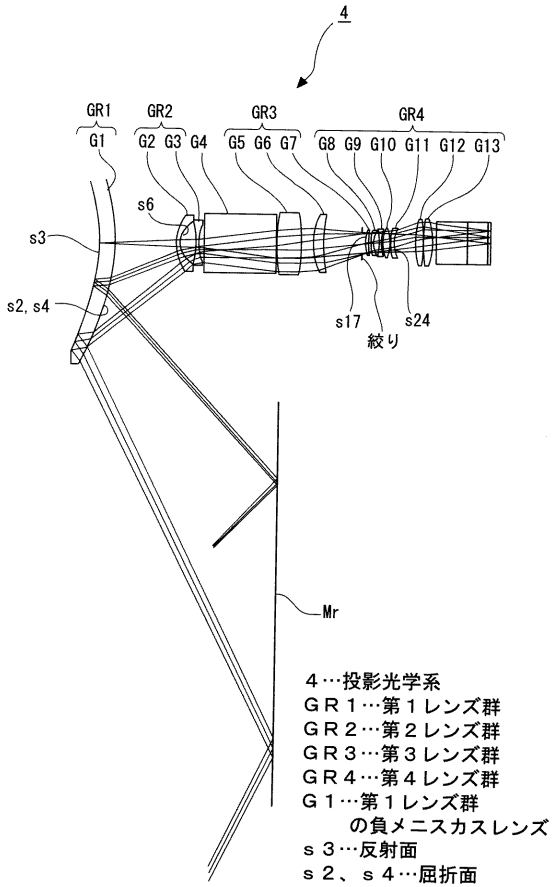
【 図 5 】



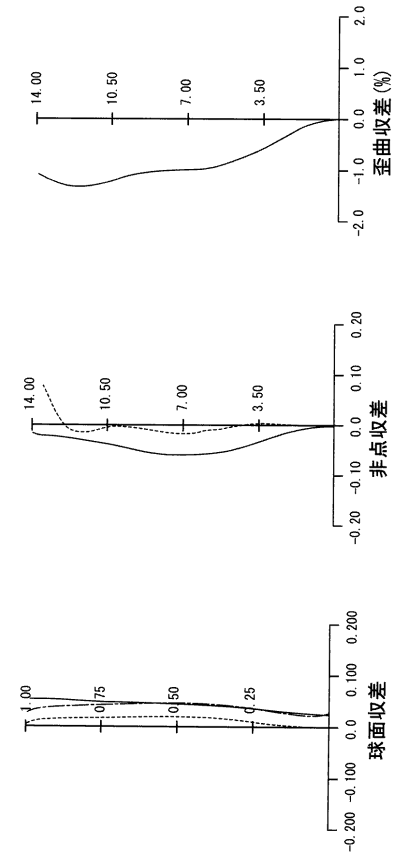
【 図 6 】



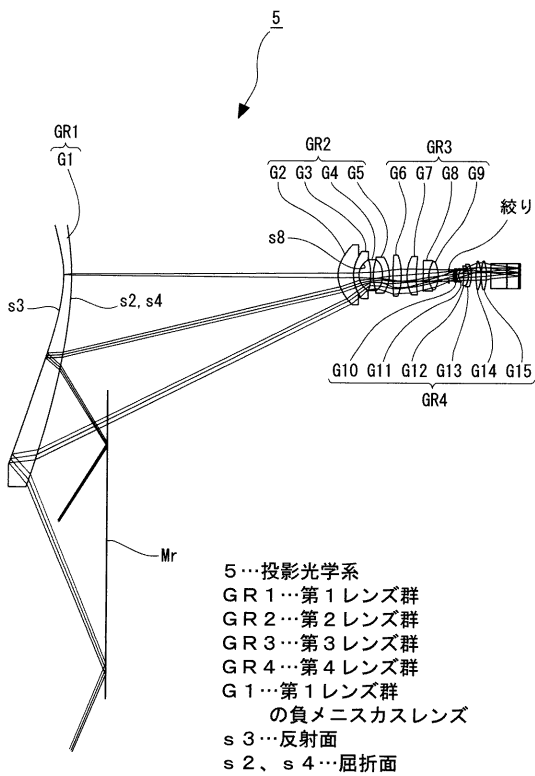
【 図 7 】



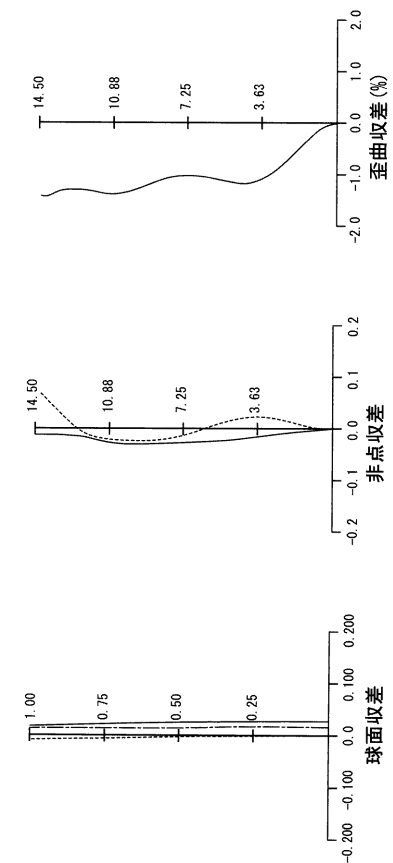
【 図 8 】



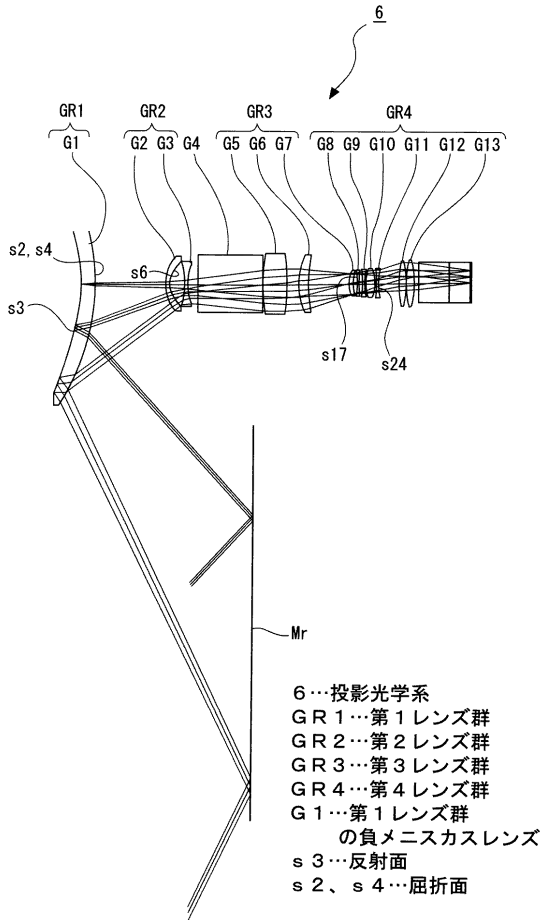
【 図 9 】



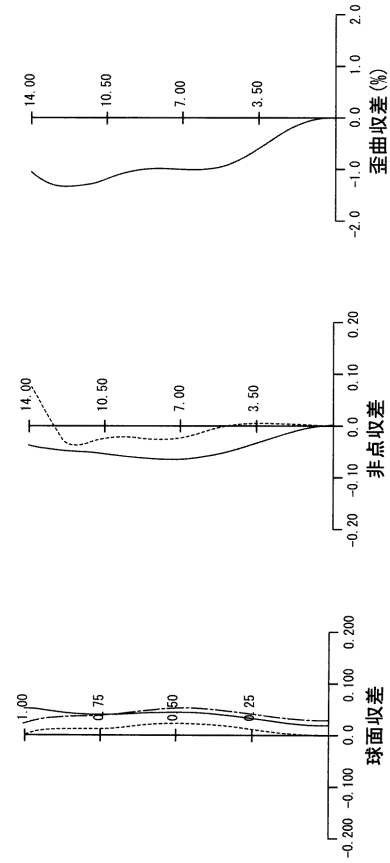
【 図 10 】



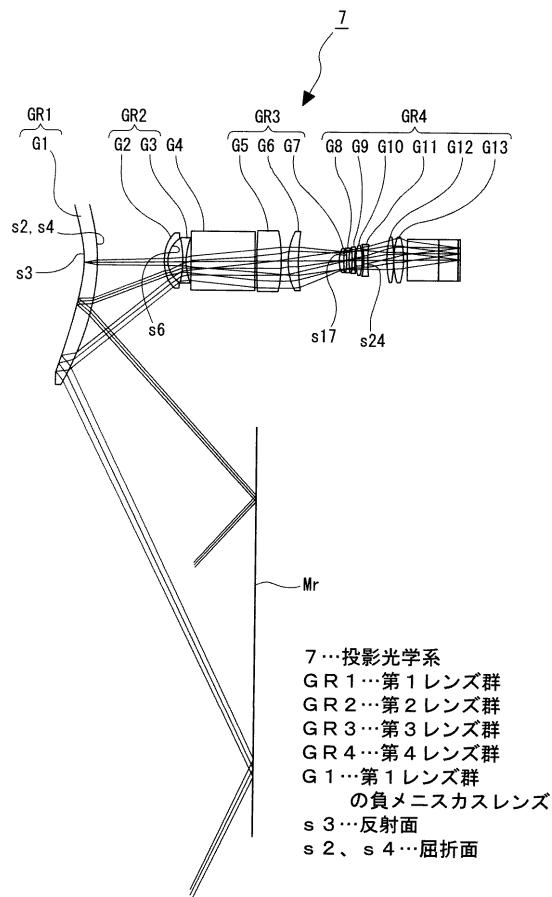
【図 1 1】



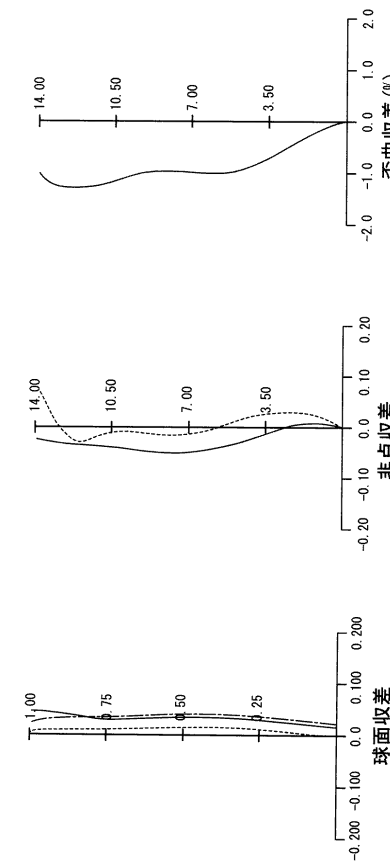
【図 1 2】



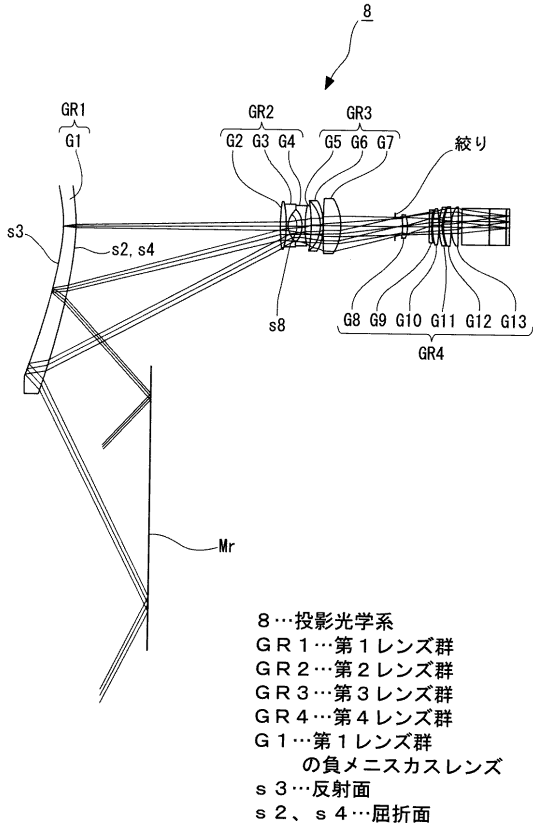
【図 1 3】



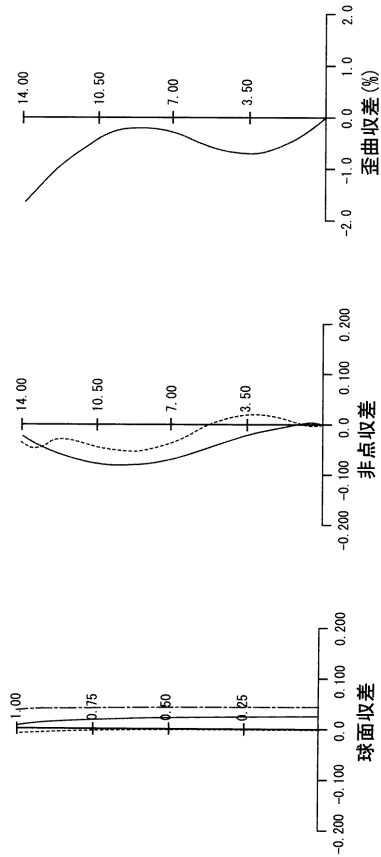
【図 1 4】



【 図 1 5 】

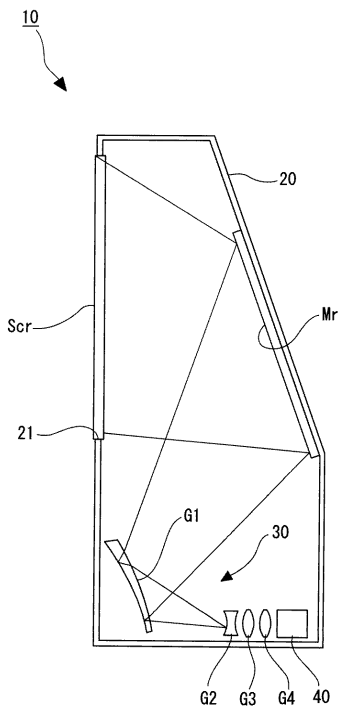


【 図 1 6 】



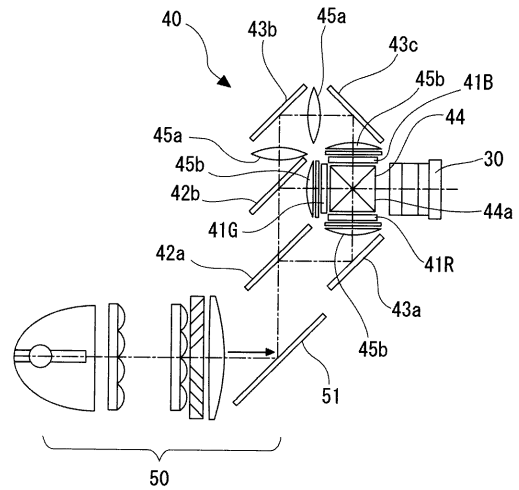
【 図 1 7 】

- G 1…第 1 レンズ群の負メニスカスレンズ
- 1 0…リアプロジェクションテレビ (画像投影装置)
- 3 0…投影光学系
- 4 0…画像形成部



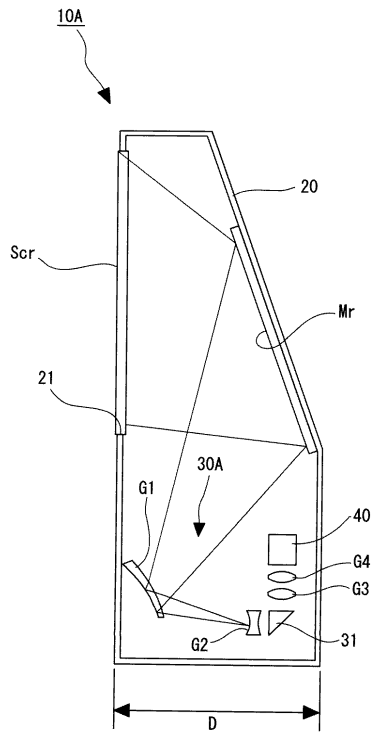
【 図 1 8 】

- 3 0…投影光学系
- 4 0…画像形成部



【 図 1 9 】

- G 1 … 第 1 レンズ群の負メニスカスレンズ
- 3 1 … プリズム (光路折り曲げ手段)
- 4 0 … 画像形成部
- 1 0 A … リアプロジェクションテレビ (画像投影装置)
- 3 0 A … 投影光学系



フロントページの続き

- (72)発明者 蔵富 靖規
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 喜多 哲也
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 岩城 孝明
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
- Fターム(参考) 2H087 KA06 TA01 TA04 TA06 UA01 UA06