

(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2006-308890

(P2006-308890A)

(43) 公開日 平成18年11月9日(2006.11.9)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 13/04 (2006.01)</b>	G02B 13/04	D 2H087
<b>G02B 13/18 (2006.01)</b>	G02B 13/18	2K103
<b>G02B 15/20 (2006.01)</b>	G02B 15/20	
<b>G03B 21/14 (2006.01)</b>	G03B 21/14	Z

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2005-131837 (P2005-131837)  
 (22) 出願日 平成17年4月28日 (2005.4.28)

(71) 出願人 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 100090538  
 弁理士 西山 恵三  
 (74) 代理人 100096965  
 弁理士 内尾 裕一  
 (72) 発明者 杉田 茂宣  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内

最終頁に続く

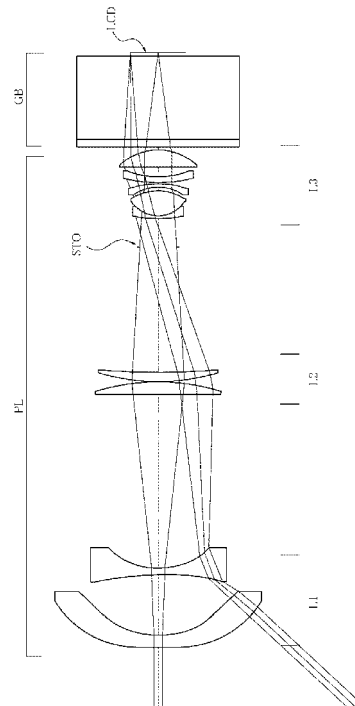
(54) 【発明の名称】 広角レンズ、及びズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 少ないレンズ枚数で、軸上色収差、倍率色収差共に良好に補正した例えば液晶プロジェクターに好適な投射レンズを提供すること。

【解決手段】 少なくとも1つのプリズムと、少なくとも1つの正レンズとを備える投射光学系であって、前記少なくとも1つのプリズムで発生する色収差を、少なくとも1つの正レンズを用いて適切に補正することができるように、プリズムの分散や正レンズの分散を適切に設定した投射レンズ。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくとも 1 つの光学素子と、少なくとも 1 つの正レンズとを備える投射光学系であって、

前記少なくとも 1 つの光学素子のうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて  $i$  番目の光学素子の材料の、F 線、C 線の光に対する屈折率を  $(Nf)_i$ 、 $(Nc)_i$ 、前記  $i$  番目の光学素子の光軸上の肉厚を  $D_i$  (ここで、該  $i$  番目の光学素子内を通過する光束が収束している場合には正、発散している場合には負とする)、前記投射光学系の焦点距離を  $f$ 、前記少なくとも 1 つの正レンズのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて  $p$  番目の正レンズの焦点距離を  $f_p$ 、前記  $p$  番目の正レンズの硝材の d 線の光に対するアッベ数を  $p$ 、前記  $p$  番目の正レンズの g 線、F 線、C 線における屈折率を  $(Ng)_p$ 、 $(Nf)_p$ 、 $(Nc)_p$  とし、さらに、 $p = \{ (Ng)_p - (Nf)_p \} / \{ (Nf)_p - (Nc)_p \}$ 、 $p, av = (p / f_p) / (1 / f_p)$ 、 $p, av = (p / f_p) / (1 / f_p)$  とするとき、

$$0.02 < \{ (Nf)_i - (Nc)_i \} \times D_i / f < 0.15$$

$$p, av - (0.648 - 0.001682 \times p, av) > 0$$

$$p, av - (0.589 - 0.000584 \times p, av) < 0$$

を満足することを特徴とする投射光学系。

## 【請求項 2】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 記載の投射光学系。

$$0.025 < \{ (Nf)_i - (Nc)_i \} \times D_i / f < 0.100$$

## 【請求項 3】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の投射光学系。

$$p, av - (0.655 - 0.001682 \times p, av) > 0$$

## 【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの実質的に光学的パワーを持たない光学素子のうち 1 つの光学素子の f 線に対する屈折率を  $Nf$ 、C 線に対する屈折率を  $Nc$  とするとき、

$$(Nf - Nc) > 0.01$$

を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれかに記載の投射光学系。

## 【請求項 5】

拡大共役側から順に、負正正負正正のパワーを持つ 6 つのレンズ群を有し、前記 6 つのレンズ群のうち複数のレンズ群を駆動することにより変倍機能を有しており、

前記少なくとも 1 つの正レンズが前記 6 つのレンズ群の中に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれかに記載の投射光学系。

## 【請求項 6】

前記正のパワーを持つレンズ群が、以下の条件を満足する異常分散正レンズを含むことを特徴とする請求項 5 に記載の投射光学系。

$$p - (0.6438 - 0.001682 \times p) > 0.018$$

## 【請求項 7】

前記異常分散正レンズの片面、または両面に、以下の条件を満足する負レンズが接合されていることを特徴とする請求項 6 記載の投射光学系。

$$ab < 50$$

ここで、 $ab$  は、前記異常分散正レンズに接合された負レンズの d 線におけるアッベ数とする。

## 【請求項 8】

最も前記拡大共役側に配置されたレンズが非球面レンズであることを特徴とする請求項 1 乃至 7 いずれかに記載の投射光学系。

## 【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの光学素子が実質的に光学的パワーを持たないことを特徴とする請求項 1 記載の投射光学系。

10

20

30

40

50

## 【請求項 10】

少なくとも1つのプリズムと、少なくとも1つの正レンズとを備える投射光学系であって、

前記少なくとも1つのプリズムのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて*i*番目のプリズムの材料の、F線、C線の光に対する屈折率を $(N_f)_i$ 、 $(N_c)_i$ 、前記*i*番目のプリズムの光軸上の肉厚を $D_i$ （ここで、該*i*番目のプリズム内を通過する光束が収束している場合には正、発散している場合には負とする）、前記投射光学系の焦点距離を $f$ 、前記少なくとも1つの正レンズのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて*p*番目の正レンズの焦点距離を $f_p$ 、前記*p*番目の正レンズの硝材のd線の光に対するアッベ数を $p$ 、前記*p*番目の正レンズのg線、F線、C線における屈折率を $(N_g)_p$ 、 $(N_f)_p$ 、 $(N_c)_p$ とし、さらに、 $p = \{ (N_g)_p - (N_f)_p \} / \{ (N_f)_p - (N_c)_p \}$ 、 $p, a_v = (p / f_p) / (1 / f_p)$ 、 $p, a_v = (p / f_p) / (1 / f_p)$ とすると、

$$0.02 < \{ (N_f)_i - (N_c)_i \} \times D_i / f < 0.15$$

$$p, a_v - (0.648 - 0.001682 \times p, a_v) > 0$$

$$p, a_v - (0.589 - 0.000584 \times p, a_v) < 0$$

を満足することを特徴とする投射光学系。

10

## 【請求項 11】

前記少なくとも1つのプリズムが、光学的パワーを持つ面を有することを特徴とする請求項10記載の投射光学系。

20

## 【請求項 12】

少なくとも一つの画像表示素子と、前記少なくとも一つの画像表示素子からの光を投射する、請求項1乃至11いずれかに記載の投射光学系とを有することを特徴とする画像投射装置。

## 【請求項 13】

前記少なくとも一つの画像表示素子が3つの反射型液晶表示素子を含んでおり、

前記投射光学系が、偏光ビームスプリッターを含み、該3つの反射型液晶表示素子からの画像光を合成する色合成光学系と、前記色合成光学系からの画像光を投射する投射レンズとを備えていることを特徴とする請求項12記載の画像投射装置。

30

## 【請求項 14】

複数の画像表示素子と、

光源からの光を用いて前記複数の画像表示素子を複数の色光で照明する照明光学系と、

前記複数の画像表示素子から出射する複数の色光を色合成する色合成光学系と、

該色合成光学系で合成した光を被投射面に投射する投射光学系とを有する画像投射装置であって、

前記色合成光学系が少なくとも1つのプリズムを有しており、

前記投射光学系が少なくとも1つの正レンズとを備えており、

前記少なくとも1つのプリズムのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて*i*番目のプリズムの材料の、F線、C線の光に対する屈折率を $(N_f)_i$ 、 $(N_c)_i$ 、前記*i*番目のプリズムの光軸上の肉厚を $D_i$ （ここで、該*i*番目のプリズム内を通過する光束が収束している場合には正、発散している場合には負とする）、前記投射光学系の焦点距離を $f$ 、前記少なくとも1つの正レンズのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて*p*番目の正レンズの焦点距離を $f_p$ 、前記*p*番目の正レンズの硝材のd線の光に対するアッベ数を $p$ 、前記*p*番目の正レンズのg線、F線、C線における屈折率を $(N_g)_p$ 、 $(N_f)_p$ 、 $(N_c)_p$ とし、さらに、 $p = \{ (N_g)_p - (N_f)_p \} / \{ (N_f)_p - (N_c)_p \}$ 、 $p, a_v = (p / f_p) / (1 / f_p)$ 、 $p, a_v = (p / f_p) / (1 / f_p)$ とすると、

$$0.02 < \{ (N_f)_i - (N_c)_i \} \times D_i / f < 0.15$$

$$p, a_v - (0.648 - 0.001682 \times p, a_v) > 0$$

$$p, a_v - (0.589 - 0.000584 \times p, a_v) < 0$$

40

50

を満足することを特徴とする画像投射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投射光学系、具体的には液晶表示素子等の光変調素子により形成した画像をスクリーン等の被投射面に拡大投射する投射光学系、あるいはそれを用いた画像投射装置に有用なものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、液晶表示素子等の光変調素子を用いて画像を形成し、その画像をスクリーン面等の被投射面に投射する液晶プロジェクターが種々提案されている。 10

【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射して見ることができる装置として会議及びプレゼンテーション等に広く利用されるようになってきている。

【0004】

この液晶プロジェクターには3板方式と単板方式(時分割光変調方式)とがある。3板方式とは、赤、緑、青の各色光に対応した複数の液晶表示素子を用い、各色光を色合成した後に、1本の投射レンズを介してスクリーン上に画像を投射するものであり、単板方式とは、一つの液晶表示素子を用い、赤、緑、青3色の光変調を時分割で制御し、前述の液晶表示素子から放射される光の色変化と同期して各色に対応する光学像をスクリーン上に形成するものである。 20

【0005】

このような液晶プロジェクターにおいて、液晶表示素子により形成した画像をスクリーンに投射するとき、文字等の画像が二重に見えたりすると解像感及び品位が損なわれるので、これを防止するため各色の画素を画面の全範囲にて良好に重ね合わせることが必要となる。そのため、投射レンズにて発生する色ずれ(倍率色収差)を可視光全域にて良好に補正することが必要となる。

【0006】

近年では、より高精細な画像が望まれていることから、それに応じて色収差への要望が厳しくなっており、異常分散性を有する硝材等を使用して色収差補正を行っている。例えば、特許文献1や特許文献2等では、異常分散性を有する硝材を多く使用し、良好に色収差特性を補正している。 30

【特許文献1】特開2001-215411号公報

【特許文献2】特開2004-138678号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、液晶プロジェクターに用いる投射レンズに対しては、小型で軽量のレンズ系が要望されており、その点において特許文献1、2に記載のものは不十分であった。そこで、本発明では、従来より小型で軽量のレンズ系であって、倍率色収差を良好に低減した投射レンズを提供することを目的とする。 40

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明の投射光学系は、少なくとも1つの光学素子と、少なくとも1つの正レンズとを備える投射光学系であって、前記少なくとも1つの光学素子のうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて*i*番目の光学素子の材料の、F線、C線の光に対する屈折率を $(N_f)_i$ 、 $(N_c)_i$ 、前記*i*番目の光学素子の光軸上の肉厚を $D_i$ (ここで、該*i*番目の光学素子内を通過する光束が収束している場合には正、発散している場合には負とする)、前記投射光学系の焦点距離を*f*、前記少なくとも1つの正レンズのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて*p*番目の正レンズの焦点距離を*f<sub>p</sub>* 50

、前記 p 番目の正レンズの硝材の d 線の光に対するアッペ数を  $p$ 、前記 p 番目の正レンズの g 線、F 線、C 線における屈折率を  $(N_g)_p$ 、 $(N_f)_p$ 、 $(N_c)_p$  とし、さらに、 $p = \{ (N_g)_p - (N_f)_p \} / \{ (N_f)_p - (N_c)_p \}$ 、 $p, a_v = (p / f_p) / (1 / f_p)$  とするとき、

$$0.02 < \{ (N_f)_i - (N_c)_i \} \times D_i / f < 0.15$$

$$p, a_v - (0.648 - 0.001682 \times p, a_v) > 0$$

$$p, a_v - (0.589 - 0.000584 \times p, a_v) < 0$$

を満足することを特徴としている。ここで、前記少なくとも 1 つの光学素子が実質的に光学的パワーを持たないことが望ましい。

10

#### 【0009】

本発明の別側面の投射光学系は、少なくとも 1 つのプリズムと、少なくとも 1 つの正レンズとを備える投射光学系であって、前記少なくとも 1 つのプリズムのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて i 番目のプリズムの材料の、F 線、C 線の光に対する屈折率を  $(N_f)_i$ 、 $(N_c)_i$ 、前記 i 番目のプリズムの光軸上の肉厚を  $D_i$  (ここで、該 i 番目のプリズム内を通過する光束が収束している場合には正、発散している場合には負とする)、前記投射光学系の焦点距離を  $f$ 、前記少なくとも 1 つの正レンズのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて p 番目の正レンズの焦点距離を  $f_p$ 、前記 p 番目の正レンズの硝材の d 線の光に対するアッペ数を  $p$ 、前記 p 番目の正レンズの g 線、F 線、C 線における屈折率を  $(N_g)_p$ 、 $(N_f)_p$ 、 $(N_c)_p$  とし、さらに、 $p = \{ (N_g)_p - (N_f)_p \} / \{ (N_f)_p - (N_c)_p \}$ 、 $p, a_v = (p / f_p) / (1 / f_p)$  とするとき、

20

$$0.02 < \{ (N_f)_i - (N_c)_i \} \times D_i / f < 0.15$$

$$p, a_v - (0.648 - 0.001682 \times p, a_v) > 0$$

$$p, a_v - (0.589 - 0.000584 \times p, a_v) < 0$$

を満足することを特徴としている。ここで、前記少なくとも 1 つのプリズムが、光学的パワーを持つ面を有することが望ましい。

#### 【0010】

本発明の画像投射装置は、少なくとも一つの画像表示素子と、前記少なくとも一つの画像表示素子からの光を投射する、前述のいずれかの投射光学系とを有することを特徴としている。

30

#### 【0011】

また、本発明の別側面の画像投射装置は、複数の画像表示素子と、光源からの光を用いて前記複数の画像表示素子を複数の色光で照明する照明光学系と、前記複数の画像表示素子から出射する複数の色光を色合成する色合成光学系と、該色合成光学系で合成した光を被投射面に投射する投射光学系とを有する画像投射装置であって、前記色合成光学系が少なくとも 1 つのプリズムを有しており、前記投射光学系が少なくとも 1 つの正レンズとを備えており、前記少なくとも 1 つのプリズムのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて i 番目のプリズムの材料の、F 線、C 線の光に対する屈折率を  $(N_f)_i$ 、 $(N_c)_i$ 、前記 i 番目のプリズムの光軸上の肉厚を  $D_i$  (ここで、該 i 番目のプリズム内を通過する光束が収束している場合には正、発散している場合には負とする)、前記投射光学系の焦点距離を  $f$ 、前記少なくとも 1 つの正レンズのうち、前記投射光学系の拡大共役側から数えて p 番目の正レンズの焦点距離を  $f_p$ 、前記 p 番目の正レンズの硝材の d 線の光に対するアッペ数を  $p$ 、前記 p 番目の正レンズの g 線、F 線、C 線における屈折率を  $(N_g)_p$ 、 $(N_f)_p$ 、 $(N_c)_p$  とし、さらに、 $p = \{ (N_g)_p - (N_f)_p \} / \{ (N_f)_p - (N_c)_p \}$ 、 $p, a_v = (p / f_p) / (1 / f_p)$ 、 $p, a_v = (p / f_p) / (1 / f_p)$  とするとき、

40

$$0.02 < \{ (N_f)_i - (N_c)_i \} \times D_i / f < 0.15$$

$$p, a_v - (0.648 - 0.001682 \times p, a_v) > 0$$

$$p, a_v - (0.589 - 0.000584 \times p, a_v) < 0$$

50

を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、投射光学系全体の小型化を図りつつ、可視光領域において色収差を低減した投射光学系及びそれを用いた画像投射装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本実施例の投射光学系（投射レンズPLと硝子ブロックGBを含む）は、反射型液晶表示素子等の画像表示素子LCDと、スクリーン面等の被投射面とを実質的に共役な関係にする光学系であり、画像表示素子で形成された画像を被投射面に拡大投射している。ここで、被投射面は距離の長い方の共役点（第1共役点、拡大側共役点）、画像表示装置LCDは距離の短い方の共役点（第2共役点、縮小側共役点）に配置されている。

10

【0014】

このような投射光学系、及びそれを用いた画像投射装置に関する実施例1～3について、以下に示す図面を用いて詳細に説明する。

【0015】

図1、2、3は以下に示す数値実施例1（実施形態1）に対応する図面である。図1は、数値実施例1の投射レンズ（広角レンズ）PLを用いた画像投射装置（液晶プロジェクター）の要部概略図である。図2は、数値実施例1（数値実施例1中の単位はmm）に記載した投射レンズの、物体距離660mmの時の収差図であり、図3には、その時の軸上色収差図を示す。

20

【0016】

図4、5、6、は以下に示す数値実施例2（実施形態2）に対応する図面である。図4は、数値実施例2の投射レンズPLを用いた画像投射装置（液晶プロジェクター）の要部概略図である。図5は、数値実施例2（数値実施例2中の単位はmm）に記載した投射レンズの、物体距離660mmの時の収差図であり、図6には、その時の軸上色収差図を示す。

【0017】

図7、8、9、10は以下に示す数値実施例3（実施形態3）に対応する図面である。図7は、数値実施例3の投射レンズ（ズームレンズ）PLを用いた画像投射装置（液晶プロジェクター）の要部概略図である。図8、9は、数値実施例1（数値実施例1中の単位はmm）に記載した投射レンズの、物体距離2100mmの時の広角端（図8）及び望遠端（図9）における収差図であり、図10には、その時の軸上色収差図を示す。

30

【0018】

そして、表4は、各数値実施例1、2、3の、各条件式の値を記載したものである。また、ここで、表1、2、3に記載した数値はすべてmmとする。

【0019】

ここで、各数値実施例において、面番号*i*は拡大側からの各面の順序を示し、 $(r)_i$ 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面との面間隔、 $(Nd)_i$ と $(d)_i$ はそれぞれ*d*線に対する第*i*番目と第*i*+1番目の面との光学部材の屈折率とアッペ数を示す。 $(f)_i$ は、*i*番目の光学部材における焦点距離を示し、 $(gF)_i$ は*i*番目の光学部材における、異常分散値を示す。ただし、*g*線、*F*線、*C*線におけるそれぞれの屈折率を*N<sub>g</sub>*、*N<sub>f</sub>*、*N<sub>c</sub>*とした時、 $gF = (N_g - N_f) / (N_f - N_c)$ とする。また、*f*は焦点距離、*FNO*は*F*ナンバーある。

40

【0020】

また、各数値実施例の図1、4、7に示した画像投射装置の図は、液晶表示装置LCDから、硝子ブロックGBを経た光束を、投射レンズPLを用いてスクリーン面等の被投射面に拡大投射している状態を示している。この図1、4、7では、光源、光源からの光で液晶表示素子を照明する照明光学系が省略されているが、白色光を発する光源と、その光源から発する光を赤、緑、青色光に分解する色分解光学系と、光源からの光の偏光方向を

50

揃える偏光変換素子アレイと、液晶表示素子上での照度を均一にするインテグレータ等を有していることが望ましい。ここで、白色光と色分解光学系は、赤、緑、青色光を発する3つの光源と置き換えても構わないし、また、インテグレータは微小光学素子が2次元的に配列された所謂フライアイレンズを複数用いて構成しても構わないし、またシリンドリカルレンズアレイを複数用いて構成しても構わない。さらに、以下の実施例において、液晶表示素子は、反射型液晶表示素子であることが望ましいが、透過型液晶表示素子でも構わないし、またマイクロミラーアレイ（微小なミラーを2次元的、或いは1次元的に配列したもの）であっても構わない。

#### 【0021】

また、実施形態1、2、3における画像投射装置において、投射レンズPLと、各液晶表示素子から出射した各色の画像光を合成する合成光学系（複数のキューブ型プリズムを有していることが望ましい）としての機能を果たす硝子ブロックGBとを合わせたもの、すなわち液晶表示素子からの画像光をスクリーン等の被投射面（被投射面は液晶表示素子と実質的に共役な位置に配置されている）に投射する光学系のことを投射光学系と称することとする。ここで、硝子ブロックGBは、色合成系（色合成用プリズムとして使われる偏光分離膜を有するプリズムや、ダイクロイックプリズム等）以外に、偏光板や、波長選択性波長板（赤、緑、青のうち一部の色光の偏光方向を90度変化させ、残りの色光の偏光方向を変化させないような波長板）を含むように構成しても構わない。また、この硝子ブロックGBは、実質的に光学的パワーを持たない（全系の焦点距離の100倍以上、より好ましくは1000倍以上の焦点距離を有することが望ましい）複数の光学素子を含んでいても構わないし、実質的に光学的パワーを持たない1つの光学素子により構成されていても構わない。

#### 【0022】

また、SPは、前記正のパワーを持つレンズ群の絞りである。また、以下に示す各実施形態ではスクリーンS上での照度分布を均一にするために、各レンズ面に多層コート（反射防止機能を有する膜）を施している。

#### 【0023】

また、以下に示す各実施形態では、負の屈折力のレンズが先行するネガティブリード型を採用することにより、広画角化および長いバックフォーカスを確保している。

#### 【0024】

このような実施形態において、各液晶表示素子から出射する各色の画像光を合成するための色合成光学系や、その他の偏光板、波長選択性波長板等のような、殆どパワーを持たない光学素子（実質的に光学的パワーを持たない光学素子）のうち、拡大共役側（液晶プロジェクターの場合はスクリーン等の被投射面側）から数えて*i*番目の光学素子を構成する硝子材料の、F線、C線の光に対する屈折率を $(N_f)_i$ 、 $(N_c)_i$ 、同じく*i*番目の光学素子の光軸上の肉厚（光軸方向の長さ）を $D_i$ （ここで、該*i*番目の光学素子内を通過する光束が収束する位置にある場合を正、発散する位置にある場合を負とする、ここでの光束とは、縮小共役側の1点から出射して拡大共役側の1点に集光する光束のことである。）、液晶表示素子からスクリーン等の被投射面に至る投射光学系全系の焦点距離を*f*とすると、

$$0.02 < \{ (N_f)_i - (N_c)_i \} \times D_i / f < 0.15 \quad \dots (1)$$

を満足する。

#### 【0025】

この条件式(1)は、図1等で記載した硝子ブロックGBで発生する軸上色収差の量を表すもので、GBの硝材に、分散の大きいもの、また光軸方向の長さが長いほど軸上色収差の発生は大きい。但し、条件式(1)における光軸方向の長さを表す*D*は、GBが挿入される位置において、光線が焦点面に向かって収束する場合を正、発散する場合を負とする。

#### 【0026】

光線が焦点面に向かって収束する位置に硝子ブロックを配置させることで、軸上色収差

において、負レンズと同様の効果が得られる。条件式(1)を満たすことで、前記負レンズ効果を適切な量で得られる。

【0027】

また、ここでの光学素子は、白色光を赤、緑、青色光等の互いに異なる波長帯域の色光に分解する色分解用のプリズム(偏光分離膜を持つプリズム、或いはダイクロイックプリズム等)や、赤、緑、青色光等の互いに異なる波長帯域の色光を合成する色合成用のプリズム(偏光分離膜を持つプリズム、或いはダイクロイックプリズム等)や、偏光板、波長板等であることが望ましい。ここで、これらの光学素子は前述したように、入射面、出射面に光学的パワーを持っていないことが望ましいが、光学的パワーを持っていても構わない。これらの光学素子に曲率を与える場合には、好ましくは入射面側には正のパワーを与えることが望ましく、出射面側は正のパワーであっても負のパワーであっても構わない。

10

【0028】

ここで、より良好に負レンズ効果を得るには、条件式(2)を満たすと良い。

$$0.025 < \{ (Nf)_i - (Nc)_i \} \times Di / f < 0.10 \quad \dots (2)$$

【0029】

また、投射光学系内において、拡大共役側から数えてp番目の正レンズの焦点距離を $f_p$ 、p番目の正レンズの硝材のd線の光に対するアッペ数を $p$ 、同じくp番目の正レンズのg線、F線、C線における屈折率を $(Ng)_p$ 、 $(Nf)_p$ 、 $(Nc)_p$ とし、さらに、 $p = \{ (Ng)_p - (Nf)_p \} / \{ (Nf)_p - (Nc)_p \}$ 、 $p, av = (p / f_p) / (1 / f_p)$ とす

20

$$p, av - (0.648 - 0.001682 \times p, av) > 0 \quad \dots (3)$$

$$p, av - (0.589 - 0.000584 \times p, av) < 0 \quad \dots (4)$$

の関係式を満たすとよい。この関係式は、前記投射光学系中に含まれるすべての正レンズに対して、それらの正レンズが所定の異常分散性を有することを規定した条件式である。

【0030】

ここで、条件式(3)を逸脱すると、異常分散性が不十分であり、2次スペクトルの補正が不十分である。逆に、条件式(4)を逸脱すると、異常分散性が過剰であり、この場合も良好な2次スペクトルの補正は行えない。

【0031】

条件式(3)、(4)を共に満たすには、前記正のパワーを持つレンズ群を構成する正レンズ(異常分散正レンズ)のうち少なくとも1枚の硝材に、

$$p - (0.6438 - 0.001682 \times p) > 0.018 \quad \dots (5)$$

の条件を満たす、異常分散硝子を用いるとよい。

30

【0032】

ここで、この異常分散正レンズの片面、または両面に、以下の条件を満足する負レンズが接合されているとよい。

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

ここで、 $ab$ は、前記異常分散正レンズに接合された負レンズのd線におけるアッペ数とする。このような構成とすることにより、高次の色収差の補正を良好に行うことができる。

40

【0033】

また、本実施例の投射光学系において、実質的に光学的パワーを持たない光学素子のうち少なくとも1つが、

$$(Nf)_i - (Nc)_i > 0.01 \quad \dots (7)$$

を満足する。

【0034】

投射光学系全体が、より良好に異常分散性を得るには、条件式(8)を満たすと良い。

$$p, av - (0.655 - 0.001682 \times p, av) > 0 \quad \dots (8)$$

また、異常分散性をもつ正レンズ等で発生する、球面収差や歪曲等の収差を良好に補正

50



するため、少なくとも1枚の非球面レンズを有するとよい。

【0035】

(実施形態1)

実施形態1の投射レンズは、図1に示すように、拡大側より順に負正正のパワー配置をとっている。

【0036】

第1レンズ群L1は、拡大側より順に、非球面レンズ(片面のみ非球面としてもかまわないが、ここでは両面非球面としている)と強いパワーの負レンズで構成されている。前記強いパワーの負レンズは、主に全系を広角化する役割を持っている。前記非球面レンズでは、主に前記強いパワーの負レンズで発生した歪曲収差を良好に補正する効果を有している。図2の歪曲収差図より、画面全域に渡って歪曲収差が良好に補正されていることが分かる。

10

【0037】

第2レンズ群L2は、2枚の正レンズより構成されており、近軸軸上光線及び瞳近軸光線がレンズ面を通過する光軸からの高さをそれぞれ $h$ 、 $H$ とするとき、前述の2枚の正レンズが $h$ 、 $H$ が共に大きい位置に配置されている。

【0038】

前記第2レンズ群L2では、第1レンズ群L1での歪曲収差、後述する第3レンズ群L3での非点収差、球面収差、コマ収差をそれぞれ補助的に補正する役割を持っている。

【0039】

第3レンズ群L3は、負レンズが接合された強い正のパワーの異常分散レンズ、負のメニスカスレンズ、非球面レンズ、縮小共役側の面に強い正のパワーを有する正レンズより構成されている。

20

【0040】

前記異常分散性を有する強いパワーの正レンズでは、短波長領域の色出しを効果的に行うと共に、前記異常分散レンズの片面に接合された負レンズとの接合面では、高次の色収差を効果的に補正している。

【0041】

前記、負のメニスカスレンズでは、前記強い正のパワーを持つ異常分散レンズで発生した球面収差、コマ収差を効果的に補正している。

30

【0042】

前記非球面レンズは、 $h$ 、 $H$ が比較的大きな位置に配置されており、主に非点収差の補正を担当する以外に、補助的に球面収差、コマ収差の補正を行っている。図2の非点収差図より、画面全域に渡って非点収差が良好に補正されていることが分かる。

【0043】

前記縮小共役側の面に強い正のパワーを有する正レンズでは、各群の合成屈折力を弱めると共に、非点収差、コマ収差を補助的に補正する役割を持っている。また、縮小共役側に強いパワーを持たせることにより、より $H$ の大きな位置で効果的に歪曲収差を補正している。

【0044】

最も縮小側に配置されている硝子ブロックでは、条件式(1)を満たすことで、負レンズ同様の色消し効果を得ている。前記異常分散レンズによる短波長側の色出し効果と、前記硝子ブロックの色消し効果のバランスを取ることで、図3に示すように、可視光全域において、効果的な軸上色収差補正を達成している。

40

【0045】

(実施形態2)

実施形態2では、実施形態1に比べて硝子ブロックでの色消し効果が弱い場合の実施例を示す。

【0046】

硝子ブロックの色出し効果が弱いことから、第3レンズ群の異常分散性を持つ正レンズ

50

による短波長側の色出しも弱くする必要があり、それによって、前記負レンズとの接合面での高次の色収差補正の効果が不十分になる。そのため、前記負のメニスカスレンズを異常分散レンズに接合し、異常分散レンズの双方の面に高次の色収差を補正する効果を持たせている。

【0047】

(実施形態3)

実施形態3は、図7に示すような負正正負正正の6群で構成されるズームレンズである。

【0048】

第1レンズ群L1は、拡大共役側に凸面を有する負のメニスカスレンズ、非球面レンズ、拡大共役側に強い凹面を有する負レンズ、縮小共役側に強い凸面を有する正レンズを有している。

【0049】

前記拡大側共役側に凸面を有する負のメニスカスレンズでは、Hの小さい縮小共役側の面に、高角化を得るための負のパワーを備え、Hの大きい拡大共役側の面に歪曲収差補正効果を持つ正のパワーを有している。また、前記非球面レンズと、前記拡大共役側に強い凹面を有する負レンズでは、実施形態1の第1レンズ群L1と同様に、高角化を得るための強い負のパワーと、それによって生じる歪曲収差の補正効果を持っている。また、前記縮小共役側に強い凸面を有する正レンズでは、Hの大きい位置に凸面を備えることで、歪曲収差の補正を行っている。

【0050】

第2レンズ群L2は、正の両凸レンズ1枚の移動群であり、後述する第3レンズ群L3から第6レンズL6により、略アフォーカルに入射される光線を、第1レンズ群L1と第1レンズ群L2の合成焦点距離を変化させることで、主に変倍効果を得ている。

【0051】

第3レンズ群L3は、正の凸レンズ1枚の移動群であり、第3レンズ群L3から第6レンズ群L6を略アフォーカルな関係を維持して移動している。

【0052】

第4レンズ群L4は、負レンズ1枚より成り、第5レンズ群L5の移動によって生じる収差変動を良好に保持する役割を持っている。図8、図9に示すように、広角端、望遠端ともに、良好な光学特性を得ていることが分かる。

【0053】

第5レンズ群L5は、強い正のパワーの異常分散レンズを2枚備え、うち1枚が負レンズとの接合レンズであり、また非球面レンズを含んでおり、実施形態1の第3レンズ群L3同様、短波長側の色出し、高次の色収差補正、非点収差補正を担っている。

【0054】

また、第5レンズ群L5が移動することにより、第5レンズ群L5と第6レンズ群L6の合成焦点距離を変化させ、前記第3レンズ群から第6レンズ群までのアフォーカル系の角倍率を変動させることで、第2レンズ群L2と共に変倍効果を得ている。

【0055】

第6レンズ群L6は、第1から第5レンズ群L1からL5の合成屈折力を弱める働きをしており、高画角化、大口径化に有利な作用をしている。

【0056】

最も縮小側に配置された硝子ブロックでは、実施形態1同様に色消し効果を有しており、前記異常分散レンズの色出し効果とのバランスをとり、かつ各移動群で共役関係を良好に維持することにより、図10に示すように広角端、望遠端共に良好に軸上色収差を補正している。

【0057】

ここで、以上記載した実施形態1～3の投射光学系を適用した画像投射装置(液晶プロジェクター)について説明する。赤、緑、青色に対応する3色の原画を形成する3つの画

10

20

30

40

50

像表示素子（液晶表示素子、好ましくは反射型液晶表示素子）と、光源からの光で前述の3つの画像表示素子を照明する照明光学系と、前述の3つの画像表示素子からの画像光を投射する投射光学系とを有している。ここで、照明光学系には、光源からの無偏光光を直線偏光光に変換する偏光変換素子と、画像表示素子上での照度均一性を高めるためのインテグレータ（シリンドリカルレンズアレイやハエの目レンズ等）と、光源からの白色光を赤、緑、青色光に分解する色分解光学系とを含んでいる。また、投射光学系は、3つの画像表示素子からの画像光を合成する色合成光学系と、この色合成光学系からの画像光を投射する投射レンズ（勿論ミラー等を含んでいても構わない）とを含んでいる。ここで、色合成光学系は、主に偏光ビームスプリッターやダイクロイックプリズム、波長選択性位相差板や、偏光板等を含んでおり、これらの光学素子は実質的に光学的パワーを持たない（100倍以上、より好ましくは1000倍以上の焦点距離を持つ）ことが望ましい。この逆に、前述したようにこの光学素子（特に画像投射装置等の色分解用或いは色合成用に使われるキューブ型プリズム）に（0より大きい）光学的パワーを持たせる（有限の曲率を持たせる）場合には、すべての色光（赤色光、緑色光、青色光）に関して同じパワーを持たせても構わないが、好ましくは赤色光が通る面と、緑色光が通る面と、青色光が通る面とを、互いに異なるパワーを持つ2種類以上の面（好ましくは3面とも互いにパワーが異なる面とすることが望ましい）で構成すると良い。

10

## 【0058】

ここで、上述の画像投射装置が有する画像表示素子は、微小な反射素子を複数有する光変調素子（ミラーアレイ）であっても良いし、透過型の画像表示素子（透過型液晶表示素子等）であっても良いし、また、画像表示素子は一つであっても構わない。

20

## 【0059】

以上記載した実施例において、投射レンズPLは液晶プロジェクター（画像投射装置）本体に対して一体的に構成されていることが望ましいが、投射レンズPLは接続部材（不図示）を介して液晶プロジェクター本体に装着されるように構成し、着脱可能としても構わない。また、当然ではあるが、各数値実施例中の単位はすべてmmとしているが、勿論この数値実施例と相似な関係、すなわち単位をmmからcm、m、 $\mu$ mに変えたもの等は本実施例の記載範囲内とする。

## 【0060】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

30

## 【0061】

以上記載したような本実施例によれば、液晶表示素子に基づく表示画像をスクリーン等の被投射面に拡大投射する投射レンズを、小型で軽量にすることができるだけでなく、表示画像を明るく投射することができる。また、本実施例によれば、少ないレンズ枚数で、高精細な画像においても色収差を良好に補正した画像を得ることができるとともに、解像力の優れた投射レンズを提供することができる。すなわち、投射レンズ及び投射光学系の小型化を図りつつ、軸上色収差、倍率色収差ともに良好に補正することができ、画面全体に渡り良好な光学性能を有した液晶プロジェクター用に好適な投射光学系及びそれを用いた画像投射装置を提供することができる。

40

## 【0062】

【表 1】

## 数值实施例1

焦点距離 f : 10.11 FNO:2.48

半画角:46.13

面番号	(r) <sub>i</sub>	(d) <sub>i</sub>	(Nd) <sub>i</sub>	(ν d) <sub>i</sub>	(f) <sub>i</sub>	(θ <sub>gF</sub> ) <sub>i</sub>
1		660.0000				
2	142.6862	5.0000	1.4917	57.40	-98.1541	0.5473
3	35.7460	24.4791				
4	-109.0855	2.4000	1.7170	47.93	-30.4652	0.5605
5	27.7178	70.0622				
6	1040.8551	5.0414	1.6968	55.53	107.2050	0.5434
7	-80.6485	0.1000				
8	76.0690	3.7488	1.7440	44.79	144.0940	0.5655
9	253.4624	50.1225				
10	(STO)	11.5385				
11	43.8284	1.1000	1.6700	39.27	-26.3609	0.5816
12	12.5093	10.0241	1.4970	81.55	16.9411	0.5375
13	-19.0433	1.4211				
14	-17.0195	1.2000	1.8340	37.16	-35.0583	0.5776
15	-41.7052	0.6734				
16	45.3453	2.5000	1.5300	55.80	-208.9160	0.5500
17	31.5889	3.5983				
18	1438.6197	6.9907	1.7170	47.93	29.7270	0.5605
19	-21.6883	1.0000				
20		3.0000	1.4875	70.24		0.5300
21		33.5600	1.6989	30.13		0.6030
22		1.1979				

10

20

## 非球面定数

面番号	K	A(4次)	B(6次)	C(8次)	D(10次)	E(12次)
1		7.0191E-06	-1.7669E-09	-9.2196E-13	7.2043E-16	
2	1.1037E-02	3.8800E-06	9.7075E-09	-1.7825E-11	2.6166E-15	
16		-7.9860E-06	2.2701E-09	-5.4005E-10	4.0104E-12	-3.0994E-15
17	2.8163E-01	5.6282E-07	-5.8136E-08	-2.4186E-10	1.8251E-12	-5.1247E-16

30

【 0 0 6 3 】

【表 2】

数值实施例2

焦点距離  $f$  : 10.10      FNO:2.24  
半画角:46.19

面番号	(r) <sub>i</sub>	(d) <sub>i</sub>	(Nd) <sub>i</sub>	( $\nu$ d) <sub>i</sub>	(f) <sub>i</sub>	( $\theta$ gF) <sub>i</sub>
1		660.0000				
2	136.4489	5.0000	1.4917	57.40	-95.6793	0.5473
3	34.6561	25.6302				
4	-107.1695	2.4000	1.7440	44.79	-28.5722	0.5655
5	26.9303	80.0000				
6	277.9802	3.9266	1.6584	50.88	114.5180	0.5560
7	-103.4804	0.1000				
8	53.6446	3.7247	1.6968	55.53	115.2350	0.5434
9	155.8037	36.2515				
10	(STO)	13.4930				
11	46.9977	1.1000	1.7495	35.28	-30.3747	0.5869
12	15.2436	10.3031	1.4970	81.55	17.5334	0.5375
13	-15.8675	1.2000	1.8340	37.16	-30.7460	0.5776
14	-42.6681	4.2354				
15	59.5814	2.5000	1.5300	55.80	-98.8565	0.5500
16	27.5270	2.3874				
17	54.2361	7.7482	1.5831	59.37	30.3759	0.5434
18	-25.0495	2.0000				
19		3.0000	1.4875	70.24	-	0.5300
20		30.0000	1.6074	56.82	-	0.5483
21		2.7158				

10

20

非球面定数

面番号	K	A(4次)	B(6次)	C(8次)	D(10次)	E(12次)
1		6.9901E-06	-3.8524E-09	1.1611E-12	-8.2801E-18	
2	-2.8573E-01	4.5340E-06	5.9196E-09	-1.7940E-11	6.4035E-15	
16		1.5760E-06	-1.3447E-08	-2.1135E-10	9.8786E-13	-1.4715E-15
17	5.2904E-01	-3.6828E-06	-3.3572E-08	-1.8962E-10	8.4010E-13	-1.2710E-15

30

【 0 0 6 4 】

【表 3】

数值实施例3

焦点距離  $f$  : 25.55~38. FNO:1.85~2.35

半画角:25.51~17.65

面番号	(r) <sub>i</sub>	(d) <sub>i</sub>	(Nd) <sub>i</sub>	( $\nu$ d) <sub>i</sub>	(f) <sub>i</sub>	( $\theta_{gF}$ ) <sub>i</sub>
1		2100.0000				
2	42.2400	2.5000	1.8052	25.43	-50.2040	0.6161
3	20.1929	8.6881				
4	151.4310	3.5000	1.5300	55.80	-109.8220	0.5500
5	41.8202	9.0362				
6	-24.4999	2.0000	1.4875	70.24	-45.1557	0.5300
7	229.5436	1.3247				
8	-801.1141	6.7918	1.8340	37.16	60.4614	0.5776
9	-47.8781	(可変)				
10	67.0360	6.0569	1.8340	37.16	69.6008	0.5776
11	-433.4060	(可変)				
12	42.2390	5.7248	1.4875	70.24	102.0800	0.5300
13	262.4533	(可変)				
14	(STO)	1.5922				
15	-54.1765	2.5000	1.7725	49.60	-66.2016	0.5520
16	1007.9883	(可変)				
17	-49.1973	1.4000	1.8340	37.16	-23.6483	0.5776
18	33.6662	7.1575	1.4970	81.55	37.2923	0.5375
19	-38.5445	0.1500				
20	45.2680	16.3799	1.4970	81.55	41.2769	0.5375
21	-33.1601	0.1500				
22	-99.7686	4.0000	1.5300	55.80	-1485.8100	0.5500
23	-115.7702	(可変)				
24	71.6503	6.1345	1.4875	70.24	99.0746	0.5300
25	-145.3771	0.1500				
26		29.7600	1.7552	27.51	-	0.6136
27		32.7600	1.5163	64.14	-	0.5353
28		0.1649				

非球面定数

面番号	K	A(4次)	B(6次)	C(8次)	D(10次)	E(12次)
1	-8.6529E-01	3.1986E-05	-8.4498E-08	4.1972E-10	-1.1276E-12	1.6887E-15
2	-4.3291E+00	2.8335E-05	-1.0015E-07	4.1318E-10	-1.2298E-12	1.8296E-15
16	-6.5866E+01	-3.2300E-05	2.2949E-08	-3.2797E-11	1.4792E-13	-1.2046E-16
17	-7.9133E+00	-2.0380E-05	6.3226E-09	3.7525E-11	-2.8798E-14	4.8329E-17

面間隔可変部

面番号	広角端	望遠端
9	16.79	0.5
11	27.84	11.74
13	13.99	28.46
16	5.79	1.85
23	0.5	22.37

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

【表 4】

	数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3	
			広角端	望遠端
条件式(1)(2)の値 $\Sigma\{(Nf)_i - (Nc)_i\} \times Di / f$	0.07915	0.03176	0.04229	0.02821
$\nu_{p,av}$	66.55	70.09	66.34	
$\theta_{p,av}$	0.5469	0.5413	0.5482	
条件式(3)の左辺	0.0108	0.0112	0.0118	
条件式(4)の左辺	-0.0032	-0.0068	-0.0021	
条件式(5)の左辺	0.0309(12面)	0.0309(12面)	0.0309(18面、20面)	
条件式(6)の左辺	39.27(11面)	35.28(11面)	37.16(17面)	
		37.16(13面)		
条件式(7)の左辺	0.0232(21面)	0.0107(20面)	0.0275(26面)	
条件式(8)の左辺	0.0038	0.0042	0.0048	

10

20

30

## 【図面の簡単な説明】

【0066】

【図1】実施形態1の投射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の投射レンズにおける、物体距離660mmの時の収差図

【図3】数値実施例1の投射レンズにおける、物体距離660mmの時の軸上色差図

40

【図4】実施形態2の投射レンズを用いた画像投射装置の要部概略図

【図5】数値実施例2の投射レンズをmm単位で表した時の、物体距離660mmの時の収差図

【図6】数値実施例2の投射レンズをmm単位で表した時の、物体距離660mmの時の収差図

【図7】数値実施例3のズームレンズを用いた画像投射装置の要部概略図

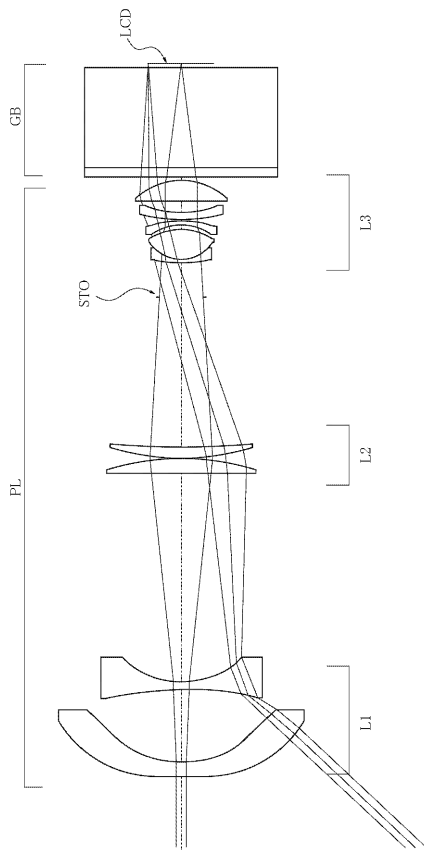
【図8】数値実施例3のズームレンズにおける、物体距離2100mmの時の広角端における収差図

【図9】数値実施例3のズームレンズにおける、物体距離2100mmの時の望遠端における収差図

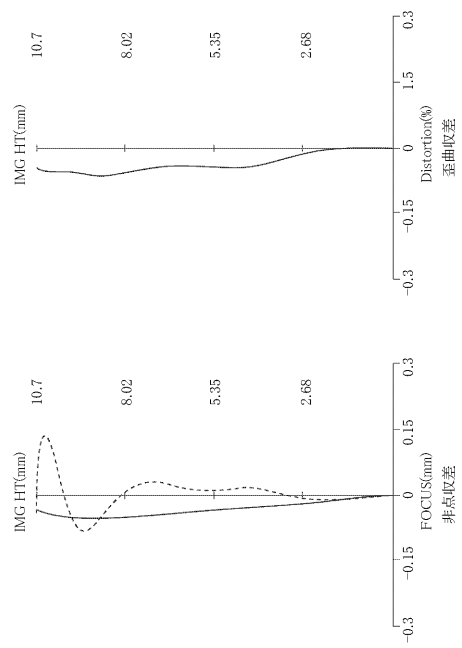
50

【図10】数値実施例3のズームレンズにおける、物体距離2100mmの時の広角端と望遠端それぞれにおける軸上色収差図

【図1】

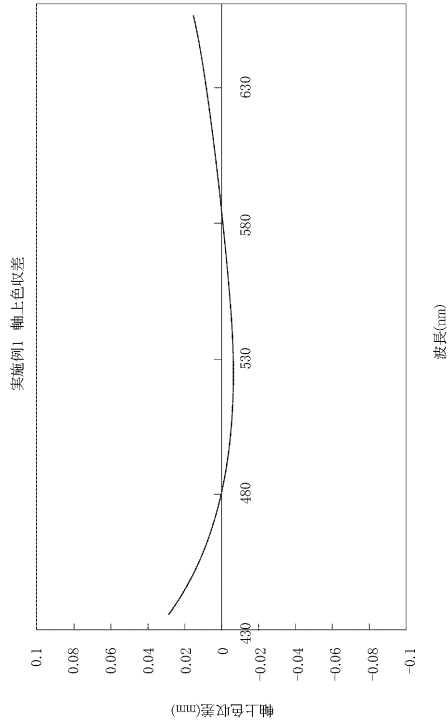


【図2】

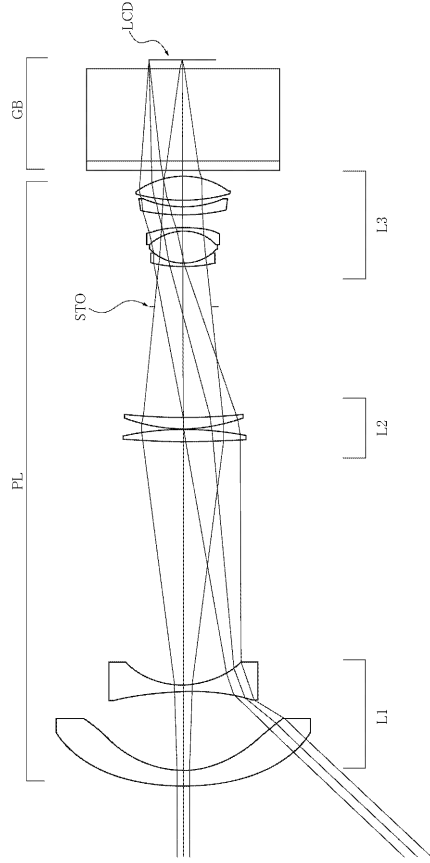




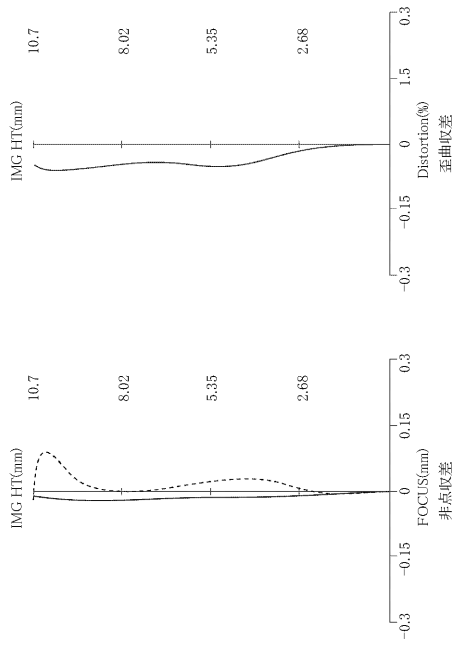
【 图 3 】



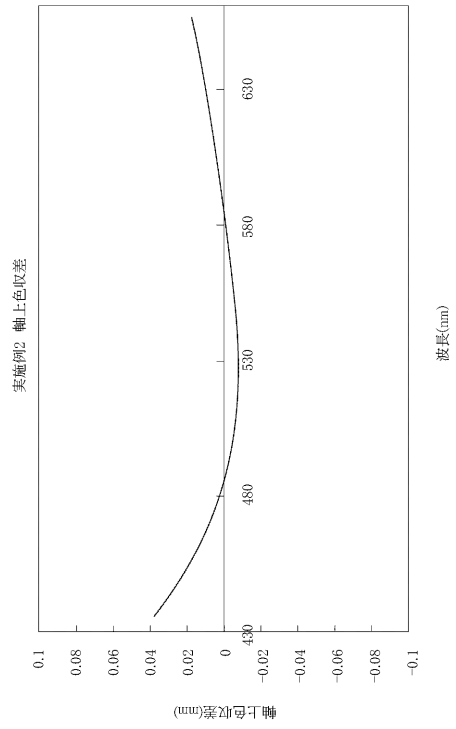
【 图 4 】



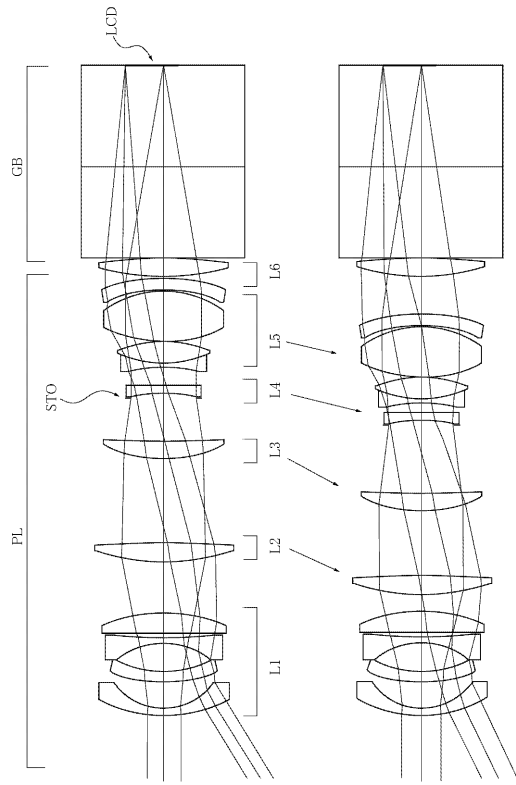
【 图 5 】



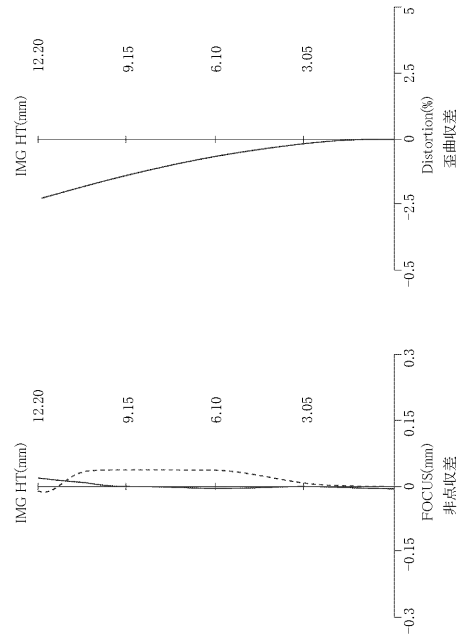
【 图 6 】



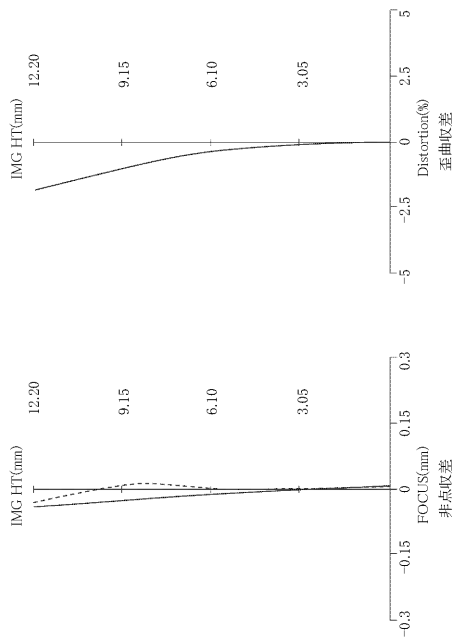
【 图 7 】



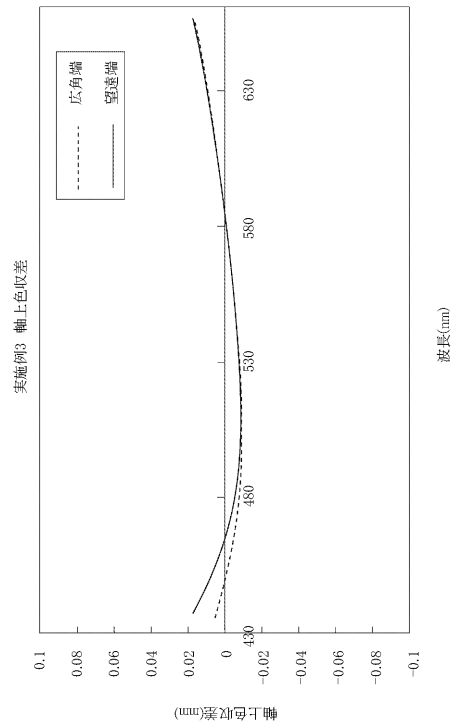
【 图 8 】



【 图 9 】



【 图 10 】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA06 KA07 LA03 NA15 PA07 PA08 PA11 PA18 PA19 PB09  
PB12 QA02 QA07 QA17 QA22 QA25 QA26 QA34 QA42 QA45  
QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 RA41 RA43 SA57 SA63 SA64  
SA65 SA66 SA72 SB05 SB12 SB22 SB46 UA06  
2K103 AA14 AB06 BC01 BC23 CA12 CA76