

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5384415号
(P5384415)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int. Cl.	F 1				
GO 2 B 13/04	13/04	(2006.01)	GO 2 B	13/04	D
GO 2 B 13/16	13/16	(2006.01)	GO 2 B	13/16	
GO 2 B 13/18	13/18	(2006.01)	GO 2 B	13/18	

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2010-87075 (P2010-87075)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成22年4月5日(2010.4.5)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2011-221089 (P2011-221089A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成23年11月4日(2011.11.4)	(74) 代理人	100073184
審査請求日	平成25年1月18日(2013.1.18)		弁理士 柳田 征史
		(74) 代理人	100090468
			弁理士 佐久間 剛
		(72) 発明者	佐渡 謙造
			埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
			番地 フジノン株式会社内
		審査官	森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投写用広角レンズおよび投写型表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

拡大側から順に、全体として負の屈折力を有する第1レンズ群と、全体として正の屈折力を有する第2レンズ群と、全体として正の屈折力を有する第3レンズ群とが配列され、前記第1レンズ群は、拡大側から順に、少なくとも1面が非球面とされてなるプラスチック材からなる負の第1レンズと、縮小側に凹面を向けた負の第2レンズとの2枚のレンズで構成され、

前記第2レンズ群は、拡大側に凸面を向けた正の第3レンズ1枚にて構成され、

前記第3レンズ群は、拡大側から順に、拡大側に凹面を向けた負のメニスカスレンズからなる第4レンズ、縮小側に凸面を向けた正のメニスカスレンズからなる第5レンズ、全体として正の屈折力を有し、第6レンズおよび第7レンズを互いに接合してなる、接合面が縮小側に凹面を向けた接合レンズ、ならびに拡大側に凸面を向けた正の第8レンズの5枚のレンズで構成されてなることを特徴とする投写用広角レンズ。

【請求項2】

下記条件式(1)を満足することを特徴とする請求項1記載の投写用広角レンズ。

$$2.2 < b f / f t \quad (1)$$

ただし、

f t : 全系の焦点距離

b f : バックフォーカス

【請求項3】

下記条件式(2)を満足することを特徴とする請求項1または2記載の投写用広角レンズ。

$$2.5 < D_{12} / f_t < 6.0 \quad (2)$$

ただし、

F_{G1} : 前記第1レンズ群の焦点距離

D_{12} : 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との光軸上での間隔

【請求項4】

下記条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1～3のうちいずれか1項記載の投写用広角レンズ。

$$2.0 < F_1 / F_2 \quad (3)$$

ただし、

F_1 : 前記第1レンズの焦点距離

F_2 : 前記第2レンズの焦点距離

【請求項5】

下記条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1～4のうちいずれか1項記載の投写用広角レンズ。

$$F_4 / F_{G3} < -0.8 \quad (4)$$

ただし、

F_4 : 前記第4レンズの焦点距離

F_{G3} : 前記第3レンズ群の焦点距離

【請求項6】

下記条件式(5)を満足することを特徴とする請求項1～5のうちいずれか1項記載の投写用広角レンズ。

$$-5.0 < F_{G1} / f_t < -1.0 \quad (5)$$

ただし、

F_{G1} : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_t : 全系の焦点距離

【請求項7】

下記条件式(6)を満足することを特徴とする請求項1～6のうちいずれか1項記載の投写用広角レンズ。

$$0.9 < (F_{HH3} + D_{st}) / F_{Gr3} < 1.1 \quad (6)$$

ただし、

F_{HH3} : 前記第3レンズ群の最も拡大側の面位置から、前記第3レンズ群の前側主点位置までの光軸上での距離

D_{st} : 絞り位置から前記第3レンズ群の最も拡大側の面位置までの光軸上での距離

F_{Gr3} : 前記第3レンズ群の前側合成焦点位置から、前記第3レンズ群の前側主点位置までの光軸上での距離

【請求項8】

光源と、ライトバルブと、該光源からの光束を該ライトバルブへ導く照明光学部と、請求項1～7のうちいずれか1項記載の投写用広角レンズとを備え、該光源からの光束を該ライトバルブで光変調し、該投写用広角レンズによりスクリーンに投写することを特徴とする投写型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プロジェクタ装置等の投写レンズとして用いられる投写用広角レンズに関し、特に、液晶表示素子等のライトバルブ上に表示される原画像を、スクリーン上に拡大投写する、いわゆるフロントタイプに適した投写用広角レンズおよびこれを搭載した投写型表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

装置前方のスクリーン上に画像を投写する、いわゆるフロント投写型のプロジェクタ装置は、学校教育用や企業研修用、プレゼンテーション用等としてますます一般的に用いられるようになってきている。さらに、このプロジェクタ市場の成熟に伴い、プロジェクタの多様性が増し、大画面の劇場用の大型プロジェクタから携帯電話用の超小型プロジェクタに到るまで各種タイプのものが用いられている。

【0003】

しかし、最も古いプロジェクション市場であるデータプロジェクション市場においては、明るく、小型で、解像力が高く、コストの低いものが強く要求されている。このような要求を達成するためには、標準投写画角のレンズがレンズ全体の大きさを一番小さくでき、また枚数も比較的少なくできることから、最適である。

10

【0004】

ところで、広画角のレンズでは、広画角領域の収差補正のためにどうしてもレンズ枚数が多くなり、また外径も大きくなりがちであるため、コスト上昇をきたしていた。この広画角レンズの分野では、リア型のプロジェクションレンズが多く知られており、そのうち、下記特許文献1に開示されたものは、プラスチック非球面レンズを2枚使用した8枚構成のレンズであって、F2.4、画角92度を達成している。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0005】

【特許文献1】特許第3982363号

【特許文献2】特許第3625923号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記リア型のプロジェクションレンズに対し、フロント型のプロジェクションレンズは、画角的には、上記リア型のものと同等とし得るが、一般にレンズシフトが必要となることから、イメージサイズを大きくする必要がある。その結果として、フロント型は、リア型よりも焦点距離を長くする必要があるので、バックフォーカスを確保する上では若干有利になるものの、これに応じて収差が拡大されるため、高解像力を満たすことが収差補正的にも難しい問題となる。またリア型の場合はプラスチック非球面レンズをレンズ系の前後に使ってもレンズ系全体が筐体内に収納されるため、所定温度に到達する時間が速く温度補償が容易という利点があるのに対し、フロント型のものでは、非球面レンズの前後の温度差が所定となるまでのスピードが環境に左右されやすく温度補償が難しい、という問題がある。

30

【0007】

上記特許文献2に開示されたものは、非球面レンズをレンズ前群と後群に各々使い、各々の非球面レンズは、温度変化の影響が少なくなるよう各々を最小の屈折力で構成し、かつ互いの温度変化の影響を相殺するようにしたフロント型のレンズであり、F2.5、画角80度を達成しているものの、配列されているレンズの位置によって温度変化による影響が異なってくるので、必ずしも非球面レンズにおいて発生する温度変化の影響を相殺することができない。また、上記特許文献2のものよりも、より広角で明るいものへの要求は強いものがある。

40

【0008】

本発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、広角で明るく、コンパクトで、温度変化の影響を受け難く、低コストで光学性能が良好なものとされたフロント型のレンズに好適な投写用広角レンズ、および投写型表示装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

50

上記目的を達成するため本発明に係る第1の投写用広角レンズは、
 拡大側から順に、全体として負の第1レンズ群と、全体として正の第2レンズ群と、全体として正の第3レンズ群とが配列され、

前記第1レンズ群は、拡大側から順に、少なくとも1面が非球面とされてなるプラスチック材からなる負の第1レンズと、縮小側に凹面を向けた負の第2レンズとの2枚のレンズで構成され、

前記第2レンズ群は、拡大側に凸面を向けた正の第3レンズ1枚にて構成され、

前記第3レンズ群は、拡大側から順に、拡大側に凹面を向けた負のメニスカスレンズからなる第4レンズ、縮小側に凸面を向けた正のメニスカスレンズからなる第5レンズ、全体として負の屈折力を有し、第6レンズおよび第7レンズを互いに接合してなる、接合面が縮小側に凹面を向けた接合レンズ、ならびに拡大側に凸面を向けた正の第8レンズの5枚のレンズで構成されてなることを特徴とするものである。

10

【0010】

また、本発明に係る投写用広角レンズにおいて、下記条件式(1)を満足することが好ましい。

$$2.2 < bf / ft \quad (1)$$

ただし、

ft : 全系の焦点距離

bf : バックフォーカス

【0011】

20

また、本発明に係る投写用広角レンズにおいて、下記条件式(2)を満足することが好ましい。

$$2.5 < D_{12} / ft < 6.0 \quad (2)$$

ただし、

F_{G1} : 前記第1レンズ群の焦点距離

D_{12} : 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との光軸上での間隔

【0012】

また、本発明に係る投写用広角レンズにおいて、下記条件式(3)を満足することが好ましい。

$$2.0 < F_1 / F_2 \quad (3)$$

30

ただし、

F_1 : 前記第1レンズの焦点距離

F_2 : 前記第2レンズの焦点距離

【0013】

また、本発明に係る投写用広角レンズにおいて、下記条件式(4)を満足することが好ましい。

$$F_4 / F_{G3} < -0.8 \quad (4)$$

ただし、

F_4 : 前記第4レンズの焦点距離

F_{G3} : 前記第3レンズ群の焦点距離

40

【0014】

また、本発明に係る投写用広角レンズにおいて、下記条件式(5)を満足することが好ましい。

$$-5.0 < F_{G1} / ft < -1.0 \quad (5)$$

ただし、

F_{G1} : 前記第1レンズ群の焦点距離

ft : 全系の焦点距離

【0015】

また、本発明に係る投写用広角レンズにおいて、下記条件式(6)を満足することが好ましい。

50

$$0.9 < (FHH3 + Dst) / FGr3 < 1.1 \quad (6)$$

ただし、

FHH3：前記第3レンズ群の最も拡大側の面位置から、前記第3レンズ群の前側主点位置までの光軸上での距離

Dst：絞り位置から前記第3レンズ群の最も拡大側の面位置までの光軸上での距離

FGr3：前記第3レンズ群の前側合成焦点位置から、前記第3レンズ群の前側主点位置までの光軸上での距離

【0016】

また、本発明に係る投写型表示装置は、光源と、ライトバルブと、該光源からの光束を該ライトバルブへ導く照明光学部と、上述したいずれかの投写用広角レンズとを備え、該光源からの光束を該ライトバルブで光変調し、該投写用広角レンズによりスクリーンに投写することを特徴とするものである。

10

【0017】

なお、上記「拡大側」とは、被投写側（スクリーン側）を意味し、縮小投影する場合も、便宜的にスクリーン側を拡大側と称するものとする。一方、上記「縮小側」とは、原画像表示領域側（ライトバルブ側）を意味し、縮小投影する場合も、便宜的にライトバルブ側を縮小側と称するものとする。

【発明の効果】

【0018】

上記目的を達成するため、本発明の第1および第2の投写用広角レンズは、拡大側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とが配列された8枚構成からなり、そのうち、前記第3レンズ群は、最も拡大側の第4レンズが拡大側に凹面を向けた負のメニスカスレンズからなり、また、この第4レンズの縮小側に隣接した第5レンズは、縮小側に凸面を向けた正のメニスカスレンズからなる。

20

【0019】

例えば、上述した特許文献1においては、第3レンズ群の最も拡大側の第4レンズを両凹形状としているため、この部分で強い負のパワーが生じており、さらに、この強い負のパワーを打ち消すために、その縮小側に隣接する第5レンズを両凸レンズとしている。このため、明るさを良好に保ちつつ光学性能を良化するのが困難であった。

30

【0020】

これに対し、本発明においては、上述したように、第3レンズ群の最も拡大側の第4レンズは、拡大側に凹面を向けた負のメニスカスレンズとされており、この部分での負のパワーの発生を緩和することができるようにしており、これに伴い、その縮小側に隣接する第5レンズも、強い正のパワーを生じさせなくてよくなるので、縮小側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとしてこの部分での正のパワーの発生を緩和するようにしている。

【0021】

これにより、従来必要とされていた、縮小側の非球面を用いることなく、広角化および明るさを維持しつつ、光学性能を良化することができる。また、8枚レンズ構成とするとともに縮小側の非球面を省略することで、コンパクト化および低コスト化を図ることができる。

40

【0022】

また、縮小側の非球面を省略することができ、縮小側にはプラスチックレンズを使用せずともよくなるので、温度変化の影響を受け難いレンズ系とすることができる。

【0023】

また、前記第3レンズ群は、第6レンズおよび第7レンズを互いに接合し、その接合面が縮小側に凹面を向けた形状となるようにしているから、像面を良好なものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

50

【図1】実施例1に係る投写用広角レンズの詳細な構成図である。

【図2】実施例1に係る投写用広角レンズに入射した光線の軌跡を示す図である。

【図3】実施例2に係る投写用広角レンズの詳細な構成図である。

【図4】実施例2に係る投写用広角レンズに入射した光線の軌跡を示す図である。

【図5】実施例1に係る投写用広角レンズの諸収差図（球面収差（ i ）、非点収差（ $i i$ ）、ディストーション（ $i i i$ ）および倍率色収差（ $i v$ ））である。

【図6】実施例2に係る投写用広角レンズの諸収差図（球面収差（ i ）、非点収差（ $i i$ ）、ディストーション（ $i i i$ ）および倍率色収差（ $i v$ ））である。

【図7】条件式（6）の説明に用いられる、レンズ系の一部を示す概念図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る投写型表示装置の概略構成図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。図1は後述する実施例1のレンズ構成図であり、このレンズを代表例として、以下に説明する。

【0026】

本実施形態の投写用広角レンズは、図1、3に示す実施例1、2を含む態様であり、拡大側（スクリーン側）から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 と、正の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_3 とから構成されている。

【0027】

20

ここで、第1レンズ群 G_1 は、拡大側から順に、少なくとも1面が非球面とされてなるプラスチック材からなる負の第1レンズ L_1 と、縮小側に凹面を向けた負の第2レンズ L_2 との2枚のレンズで構成されている。

【0028】

また、第2レンズ群 G_2 は、拡大側に凸面を向けた正の第3レンズ L_3 1枚にて構成されている。

【0029】

前記第3レンズ群 G_3 は、拡大側から順に、拡大側に凹面を向けた負のメニスカスレンズからなる第4レンズ L_4 、縮小側に凸面を向けた正のメニスカスレンズからなる第5レンズ L_5 、全体として正の屈折力を有し、第6レンズ L_6 および第7レンズ L_7 を互いに接合してなる、接合面が縮小側に凹面を向けてなる接合レンズ（下記実施例1、2では第6レンズ L_6 が両凹レンズで第7レンズ L_7 が両凸レンズ）および拡大側に凸面を向けた正の第8レンズ L_8 の5枚のレンズで構成されてなる。

30

【0030】

このように、第3レンズ群 G_3 の最も拡大側の第4レンズ L_4 は、拡大側に凹面を向けた負のメニスカスレンズとされており、この部分での負のパワーの発生を緩和することができるようにしている。また、この第4レンズ L_4 のパワーの発生を緩和したことに伴い、その縮小側に隣接する第5レンズも、強い正のパワーを生じさせなくてよくなるので、縮小側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとし、この部分での正のパワーの発生によるレンズ収差の劣化を緩和するようにしている。これにより、縮小側に非球面レンズを使用せずとも、広角で、明るさを維持しつつ、光学性能を良化することができる。また、これとともに、レンズ系をレンズ8枚で構成し、縮小側の非球面を省略することができるので、コンパクト化およびコストの低減を図ることができる。さらに、縮小側の非球面を省略することで、縮小側にはプラスチックレンズを使用せずとも製造性は低下しないので、温度変化の影響を受け難いレンズ系とすることができる。

40

【0031】

また、前記第3レンズ群 G_3 において、第6レンズ L_6 および第7レンズ L_7 を互いに接合し、その接合面が縮小側に凹面を向けた形状となるようにしているから、像面を良好なものとすることができる。

【0032】

50

また、図示はされていないが、例えば、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 との間に、絞り（一部をマスクとすることも可）を適宜設けることが可能である。

【0033】

また、フォーカシングに際しては、第1レンズ群 G_1 を光軸方向に移動させるように構成されているが、その他のレンズを移動させてフォーカシングを行うことも可能である。

【0034】

また、本実施形態の投写用広角レンズは、縮小側に配置された、ライトバルブ（反射型液晶表示板（LCOS型）、透過型液晶表示板あるいはDMD等）の画像表示面1において画像情報を与えられた光束が、縮小側（図中右側）より色合成光学系2aおよび各種フィルタ2bを介して入射し、当該投写用広角レンズにより、拡大側（図中左側）に配置されたスクリーン上に拡大投写するようになっている。

10

【0035】

また、本実施形態の投写用広角レンズは、条件式(1)～(6)の少なくともいずれか1つの式を満足することが好ましい。

$$2.2 < bf / ft \quad (1)$$

$$2.5 < D_{12} / ft < 6.0 \quad (2)$$

$$2.0 < F_1 / F_2 \quad (3)$$

$$F_4 / F_{G3} < -0.8 \quad (4)$$

$$-5.0 < F_{G1} / ft < -1.0 \quad (5)$$

$$0.9 < (FHH3 + Dst) / F_{Gr3} < 1.1 \quad (6)$$

20

ただし、

ft ：全系の焦点距離

bf ：バックフォーカス

F_{G1} ：第1レンズ群 G_1 の焦点距離

F_{G3} ：第3レンズ群 G_3 の焦点距離

D_{12} ：第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 の光軸上での間隔

F_1 ：第1レンズ L_1 の焦点距離

F_2 ：第2レンズ L_2 の焦点距離

F_4 ：第4レンズ L_4 の焦点距離

$FHH3$ ：第3レンズ群 G_3 の最も拡大側の面位置から、第3レンズ群 G_3 の前側主点位置までの光軸上での距離

30

Dst ：絞り位置から第3レンズ群 G_3 の最も拡大側の面位置までの光軸上での距離

F_{Gr3} ：第3レンズ群 G_3 の前側合成焦点位置から、第3レンズ群 G_3 の前側主点位置までの光軸上での距離

【0036】

上記条件式(1)は、レンズのバックフォーカス bf の長さを全系の焦点距離で規格化した値の範囲を規定するための条件式であり、この条件式(1)を満足することにより、レンズ系と液晶表示素子等のライトバルブとの間に色合成プリズムを挿入することが容易となる。

【0037】

なお、このような鑑点から、上記条件式(1)に替えて、下記条件式(1')を満足することが好ましく、下記条件式(1'')を満足することがさらに好ましい。

$$2.4 < bf / ft \quad (1')$$

$$2.7 < bf / ft \quad (1'')$$

40

【0038】

一般に第2レンズ群 G_2 の屈折力を強くしすぎると収差に悪影響を及ぼす可能性がある。これを抑制するには、第1レンズ群 G_1 内に配した非球面レンズの効果を発揮せしめるとともに、上記条件式(2)、(5)を満足させることにより、収差に及ぼす悪影響が最小となるように補正する。

【0039】

50

すなわち、下記条件式(2)、(5)を満足させることで、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 の間隔を、レンズ径が大きくなるよう制限しながら、調整して、第1レンズ群 G_1 の屈折力を最適にし、第2レンズ群 G_2 の屈折力による影響が全体に及ばないように構成することが好ましい。

【0040】

条件式(2)の上限を上回ると、像面の補正が困難となり、その下限を下回るとレンズ径の増大およびコストの増大を招く。また、条件式(5)の上限を上回ると、レンズ径の増大を招き、その下限を下回ると像面の補正が困難となる。

【0041】

なお、このような鑑点から、上記条件式(2)、(5)に替えて、下記条件式(2')、(5')を満足することが好ましく、下記条件式(2'')、(5'')を満足することがさらに好ましい。

$$3.0 < D_{12} / f_t < 5.0 \quad (2')$$

$$3.5 < D_{12} / f_t < 4.2 \quad (2'')$$

$$-3.0 < F_{G1} / f_t < -1.5 \quad (5')$$

$$-2.1 < F_{G1} / f_t < -1.9 \quad (5'')$$

【0042】

また、本実施形態のものでは、フォーカシング時に移動するレンズ部の枚数削減のため、第1レンズ群 G_1 をいずれも負のレンズ2枚構成とし、そのうち1枚を非球面レンズとすることが好ましい。さらにレトロフォーカス型レンズでは、歪曲収差を補正することが難しいが、非球面の効果を強めるため、拡大側にプラスチックの非球面レンズを配設している。このような前提の下、プラスチックレンズの温度変化を小さくするため、下記条件式(3)を満足することが好ましい。

【0043】

すなわち、この条件式(3)を満足することにより、第1レンズ群 G_1 の負の屈折力が小さくなり、第2レンズ群 G_2 の正の屈折力が大きくなる。また投写型表示装置点灯後の温度変化は、その多くの光束を遮る第3レンズ群 G_3 の周辺鏡筒の温度上昇が激しく、第1レンズ群 G_1 を構成するレンズは全体の周辺温度変化と近い動きをするため、影響を少なくできる。したがって、条件式(3)の下限を下回ると、プラスチックレンズの温度変化が大きくなり過ぎる。

【0044】

なお、このような鑑点から、上記条件式(3)に替えて、下記条件式(3')を満足することが好ましく、下記条件式(3'')を満足することがさらに好ましい。

$$3.0 < F_1 / F_2 \quad (3')$$

$$3.5 < F_1 / F_2 \quad (3'')$$

【0045】

また、上記条件式(4)は、第3レンズ群 G_3 の焦点距離に対する第4レンズの焦点距離を規定するものである。すなわち、本実施形態のものでは、テレセントリック系でバックフォーカスを長くするため、拡大側(フォーカスレンズ群)に負の屈折力の第1レンズ群 G_1 、縮小側に正の屈折力の第2、第3レンズ群 G_2 、 G_3 を各々配するようにしており、また軸上光束の径が大きい($F2.2$)ことと、テレセントリック系であることも相俟って、最も縮小側の第3レンズ群 G_3 のレンズ外径はどうしても大きくなる。この第3レンズ群 G_3 の領域では軸上光束と周辺光束の分離がないため、レンズを5枚用いて構成することで性能向上を図っている。

【0046】

このような状況下において、第3レンズ群 G_3 の最も拡大側に設けた第4レンズ L_4 の負の屈折力を上記条件式(4)を満足する比較的小さい数値範囲とすれば、軸上収差と周辺収差のバランスを図ることができるので好ましい。すなわち、この条件式(4)の上限を上回ると、軸上収差と周辺収差のバランスをとることが難しくなる。

【0047】

10

20

30

40

50

なお、このような鑑点から、上記条件式(4)に替えて、下記条件式(4')を満足することが好ましく、下記条件式(4'')を満足することがさらに好ましい。

$$F_4 / F_{G_3} < -1.2 \quad (4')$$

$$F_4 / F_{G_3} < -1.4 \quad (4'')$$

【0048】

また、上記条件式(6)は、(FHH3 + Dst)と F_{G_r3} との比を規定するものである。すなわち、図7に示すように、FHH3 + Dstは、絞りから、絞りよりも縮小側の全レンズの前側主点位置(主平面位置)Hまでの距離を表し、一方、 F_{G_r3} は、絞りと、第3レンズ群 G_3 の前側合成焦点位置との距離を表すものである。したがって、条件式(6)の意味するところは、絞りが、第3レンズ群 G_3 の前側焦点位置の付近に配されるということであり、この前側焦点位置と絞り位置とが一致した時に、縮小側がテレセントリックな状態となることから、条件式(6)の範囲に設定されることにより、縮小側がテレセントリックに近い状態とされていることになる。

10

【0049】

このように、上記条件式(6)を満足すれば、縮小側のテレセントリック性を得ることができるので好ましい。

【0050】

すなわち、この条件式(6)の上限を上回ったり、下限を下回ったりすると、テレセントリック性が得られなくなる。

【0051】

20

なお、このような鑑点から、上記条件式(6)に替えて、下記条件式(6')を満足することが好ましく、下記条件式(6'')を満足することがさらに好ましい。

$$0.95 < (FHH3 + Dst) / F_{G_r3} < 1.08 \quad (6')$$

$$0.98 < (FHH3 + Dst) / F_{G_r3} < 1.02 \quad (6'')$$

【0052】

< 投写型表示装置 >

次に、本発明に係る投写型表示装置の実施形態について説明する。図8は、投写型表示装置の主要部である、照明光学系30および投写レンズ10を示す構成図である。

【0053】

図8に示すように上記照明光学系30は、光源15と、ライトバルブとしての透過型液晶パネル11a~11cと、色分解のためのダイクロイックミラー12、13と、色合成のためのクロスダイクロイックプリズム14と、コンデンサレンズ16a~16cと、全反射ミラー18a~18cとを備えている。ダイクロイックミラー12の前段には光源15が配され、光源15からの白色光は照明光学部を介して、3つの色光光束(G光、B光、R光)にそれぞれ対応する液晶パネル11a~11cに入射されて光変調され、投写レンズにより図示されないスクリーンに投写される。

30

【0054】

この投写型表示装置は、本発明に係る投写レンズを用いているので、収差が良好に補正された高解像度な大画面を得ることが可能となっている。

【0055】

40

以下、本発明に係る投写用広角レンズの具体的な実施例について説明する。なお、実施例2の構成を示す図3、4において、実施例1と同様の作用効果をなす部材には、図1、2で用いたものと同じ符号を付している。

【0056】

< 実施例1 >

図1(レンズ構成図)および図2(光線軌跡図)に示すように、実施例1に係る投写用広角レンズは、拡大側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 と、正の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 と、絞り3(取り除くことも可能)と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_3 とから構成されており、縮小側がテレセントリックとされており、第3レンズ群 G_3 の縮小側には、液晶表示パネル等からなるライトバルブの画像表示面1が配置さ

50

れている。

【 0 0 5 7 】

上記第 1 レンズ群 G_1 は、拡大側より順に、両面が非球面とされてなるプラスチック材からなる第 1 レンズ（光軸 Z 上で負の屈折力を有する）と、縮小側に、より強い凹面を向けた両凹レンズからなる第 2 レンズ L_2 との 2 枚のレンズで構成され、上記第 2 レンズ群 G_2 は、両凸レンズよりなる第 3 レンズ L_3 からなる。

【 0 0 5 8 】

また、上記第 3 レンズ群 G_3 は、拡大側より順に、拡大側に凹面を向けた負のメニスカスレンズよりなる第 4 レンズ L_4 と、縮小側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第 5 レンズ L_5 と、両凹レンズからなる第 6 レンズ L_6 と、両凸レンズからなる第 7 レンズ L_7 と、両凸レンズからなる第 8 レンズ L_8 とから構成され、上記第 6 レンズ L_6 と第 7 レンズ L_7 とは互いに接合されて接合レンズを構成している。また、この接合レンズの接合面は縮小側に凹面を向けた形状に構成される。

10

【 0 0 5 9 】

なお、第 2 レンズ L_2 から第 8 レンズ L_8 の各レンズ面は全て球面とされているので、コスト的に有利である。

【 0 0 6 0 】

上記非球面の形状は、下記に示す非球面式により規定される。非球面を有する第 1 レンズ L_1 においては、いずれか一方の面が非球面とされたレンズであっても効果を得ることができるが、両面が非球面とされたレンズであることがより好ましい。

20

【 0 0 6 1 】

【 数 1 】

$$Z = \frac{Y^2 / R}{1 + \sqrt{1 - K \times Y^2 / R^2}} + \sum_{i=3}^{15} A_i Y^i$$

ただし、

Z : 光軸から距離 Y の非球面上の点より非球面頂点の接平面（光軸に垂直な平面）に下ろした垂線の長さ

Y : 光軸からの距離

R : 非球面の光軸近傍の曲率半径

K : 離心率

A_{2i} : 非球面係数 ($i=3 \sim 15$)

30

【 0 0 6 2 】

実施例 1 に係る投写用広角レンズの各レンズ面の曲率半径 R (mm)、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔（以下「軸上面間隔」と称す） D (mm)、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッベ数 ν_d の値を、表 1 の上段に示す（表 1 に示されるデータは実寸である。実施例 2 についても同じ）。なお、最上段には、全系の焦点距離、画角、 $Fno.$ およびバックフォーカス (mm) を示す。

40

【 0 0 6 3 】

【表 1】

焦点距離:9.66、画角:93.6度、明るさ:F2.2、バックフォーカス:26.875

面番号	R	D	N_d	ν_d
1*	-41.593	5.50	1.491000	57.6
2*	-89.981	9.98		
3	-1372.318	2.00	1.701540	41.2
4	18.016	39.47		
5	93.506	8.27	1.805180	25.4
6	-75.237	26.25		
7	-12.861	0.98	1.581440	40.7
8	-20.088	0.20		
9	-123.157	3.88	1.639300	44.9
10	-19.939	0.20		
11	-2397.454	1.00	1.846660	23.8
12	22.126	6.25	1.487490	70.2
13	-46.852	0.20		
14	29.847	5.14	1.603110	60.7
15	-159.280	10.10		
16	∞	21.42	1.516330	64.1
17	∞	2.90	1.458460	67.8
18	∞	0.69		

*非球面

*非球面係数

面	K	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
1	-1.222400	1.730983E-04	8.293784E-07	1.109959E-09	-2.676731E-13	2.413109E-16
		A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
		-1.001205E-19	-1.086953E-12	-4.035322E-14	-6.072609E-16	3.267559E-17
		A_{13}	A_{14}	A_{15}		
		-3.164838E-20	-1.080145E-22	-1.775227E-23		

面	K	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
2	3275.135	-7.739511E-04	1.139165E-04	-1.835779E-06	-7.527947E-08	-2.630926E-10
		A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
		5.283087E-11	2.680079E-12	4.882154E-14	-7.950226E-15	1.228643E-16
		A_{13}	A_{14}	A_{15}		
		-8.041518E-21	-1.004770E-21	1.576260E-22		

【0064】

また、実施例 1 に係る投写用広角レンズは、表 3 に示すように、条件式 (1) ~ (6)、(1') ~ (6') および (1'') ~ (6'') が全て満足されている。

【0065】

また、表 1 に示されるように、画角 2ω は 93.6 度、Fno. は 2.2 と広角で明るいレンズとされている。また、バックフォーカス bf は 26.875 mm とされ、十分な値とされている。

【0066】

< 実施例 2 >

図 3 (レンズ構成図) および図 4 (光線軌跡図) に示すように、実施例 2 に係る投写用広角レンズは、実施例 1 に係る投写用広角レンズと略同様の構成とされている。

【0067】

実施例 2 に係る投写用広角レンズの各レンズ面の曲率半径 R (mm)、軸上面間隔 D (mm)、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッベ数 ν_d の値を、表 2 の上段に示す。なお、最上段には、全系の焦点距離、画角、Fno. およびバックフォーカス (mm)

10

20

30

40

50

)を示す。

【 0 0 6 8 】

【表 2】

焦点距離:9. 67、画角:93. 5度、明るさ:F2. 2、バックフォーカス:26. 896

面番号	R	D	N_d	ν_d	
1*	-41.176	5.50	1.491000	57.6	
2*	-224.948	11.06			
3	-223.289	2.00	1.658440	50.9	
4	19.096	34.98			
5	35.145	3.35	1.672700	32.1	10
6	-282.954	30.39			
7	-11.202	0.98	1.805180	25.4	
8	-17.593	0.20			
9	-57.469	4.09	1.563840	60.7	
10	-16.019	0.19			
11	-298.535	1.00	1.834000	37.2	
12	23.454	6.72	1.497000	81.6	
13	-32.405	0.20			
14	30.106	5.82	1.603110	60.7	
15	-80.302	10.10			
16	∞	21.42	1.516330	64.1	20
17	∞	2.90	1.458460	67.8	
18	∞	0.71			

*非球面

*非球面係数

面	K	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	
1	-19.688480	-2.059730E-04	8.154828E-05	-3.179838E-06	1.343255E-08	1.951952E-09	
		A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	
		-6.986157E-11	-7.802598E-13	2.459457E-13	-9.669665E-15	1.215192E-16	
		A_{13}	A_{14}	A_{15}			
		-3.164838E-20	-1.080145E-22	-1.775227E-23			30

面	K	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	
2	-10870.230	-4.244919E-04	1.059370E-04	-9.996834E-07	-1.367576E-07	-1.736921E-09	
		A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	
		1.396777E-10	6.818434E-12	6.811352E-14	-2.031189E-14	3.557154E-16	
		A_{13}	A_{14}	A_{15}			
		-8.041518E-21	-1.004770E-21	1.576260E-22			

【 0 0 6 9 】

また、実施例 2 に係る投写用広角レンズは、表 3 に示すように、条件式 (1) ~ (6)、(1') ~ (6') および (1'') ~ (6'') が全て満足されている。

40

【 0 0 7 0 】

また、表 2 に示されるように、画角 2θ は 93. 5 度、Fno. は 2. 2 と広角で明るいレンズとされている。また、バックフォーカス b f は 26. 896 mm とされ、十分な値とされている。

【 0 0 7 1 】

また、図 5、6 は、実施例 1、2 に係る投写用広角レンズの諸収差 (球面収差、非点収差、ディストーション、および倍率色収差) を示す収差図 (球面収差 (i)、非点収差 (i i)、ディストーション (i i i) および倍率色収差 (i v)) である。これらの収差図において、 θ は半画角を示し、球面収差の収差図には G (緑)、B (青) および R (赤) の各波長に対する収差曲線を示し、倍率色収差の収差図には G に対する B および R の収

50

差曲線を示している。図5、6に示すように、実施例1、2に係る投写用広角レンズは、球面収差、ディストーション、さらには倍率色収差をはじめとする各収差が良好に補正されている。

【0072】

なお、本発明の投写用広角レンズとしては、上記実施例のものに限られるものではなく種々の態様の変更が可能であり、例えば各レンズの曲率半径Rおよび軸上面間隔Dを適宜変更することが可能である。

【0073】

また、本発明の投写型表示装置としても、上記構成のものに限られるものではなく、本発明の投写用広角レンズを備えた種々の装置構成が可能である。

10

【0074】

以上、本実施形態においては、明るさがFno. 2.2以上で画角が90度を超えるテレセントリックで明るい広角レンズを、1枚の非球面レンズを用いることで得ることができる。

【0075】

【表3】

条件式番号	式	実施例1	実施例2
(1)	bf/ft	2.78	2.78
(2)	D_{12}/ft	4.09	3.62
(3)	F_1/F_2	6.47	3.90
(4)	F_4/F_{G3}	-2.12	-1.48
(5)	F_{G1}/ft	-2.06	-1.93
(6)	$(FHH3+Dst)/F_{Gr3}$	0.93	0.95

20

30

【符号の説明】

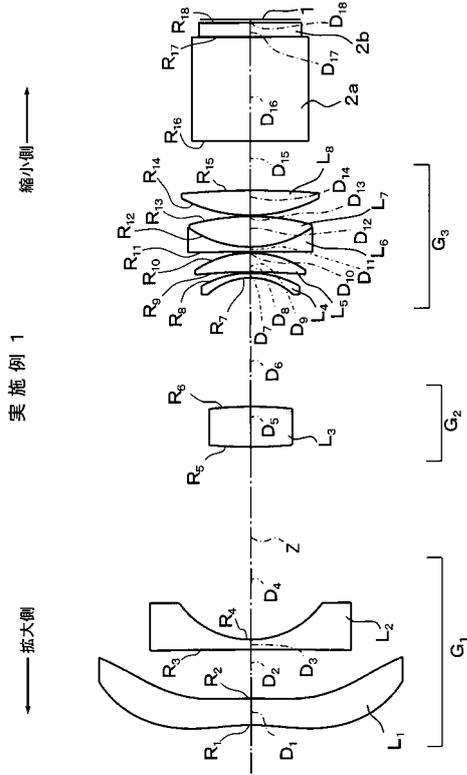
【0076】

- 1 画像表示面
- 2 a 色合成光学系
- 2 b 各種フィルタ
- 3 絞り(マスク)
- 10 照明光学系
- 11 a ~ 11 c 液晶パネル
- 12、13 ダイクロイックミラー
- 14 クロスダイクロイックプリズム
- 15 光源
- 16 a ~ 16 c コンデンサレンズ
- 18 a ~ 18 c 全反射ミラー
- $G_1 \sim G_3$ レンズ群
- $L_1 \sim L_8$ レンズ
- $R_1 \sim R_{18}$ レンズ面等の曲率半径
- $D_1 \sim D_{18}$ 軸上面間隔
- Z 光軸

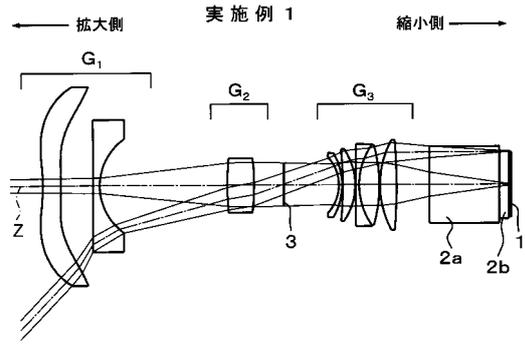
40

50

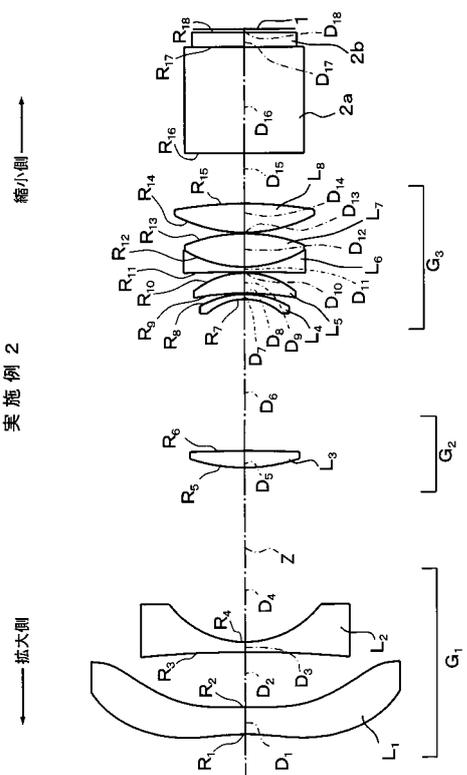
【図1】



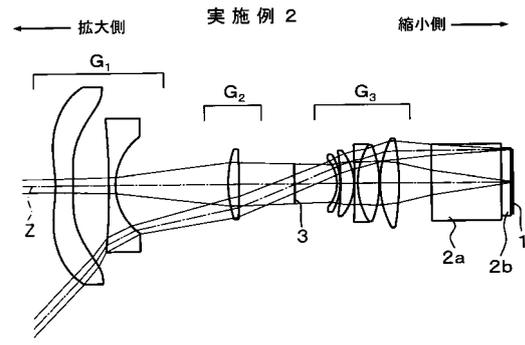
【図2】



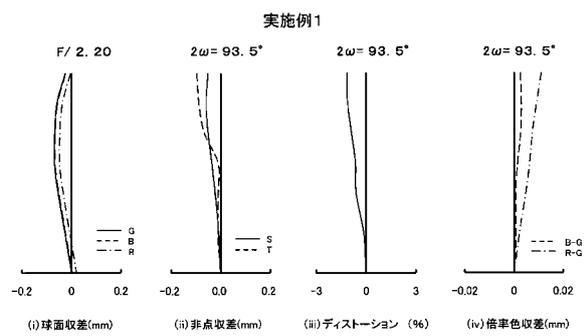
【図3】



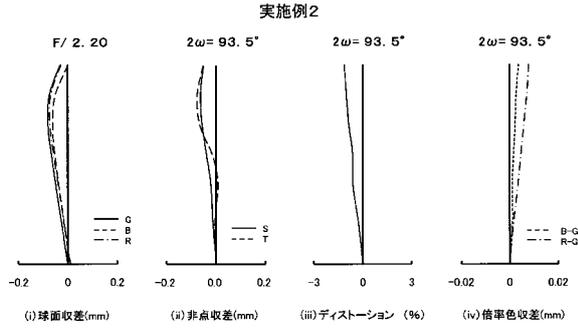
【図4】



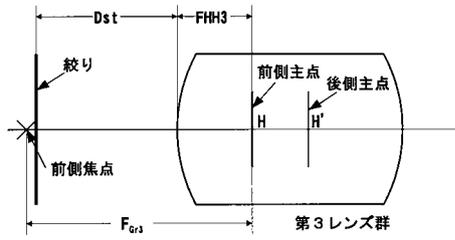
【図5】



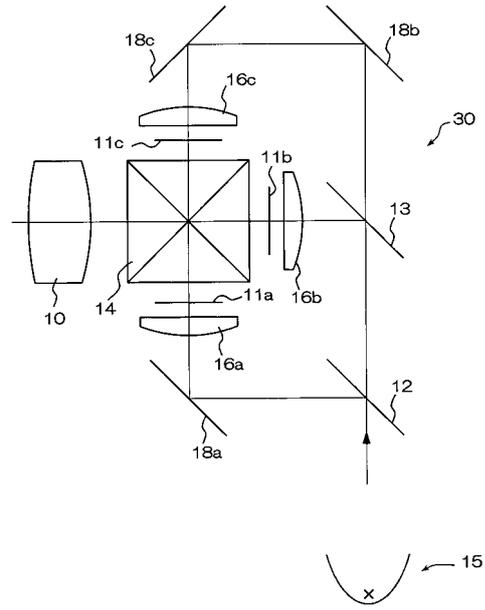
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-217452(JP,A)
特開2003-156683(JP,A)
特開平11-194266(JP,A)
特開平9-127412(JP,A)
特開平7-63989(JP,A)
特開平3-231213(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