

(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2010-85934
(P2010-85934A)

(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 15/167 (2006.01)	G02B 15/167	2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	2K103
G03B 21/14 (2006.01)	G03B 21/14 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2008-257878 (P2008-257878)
(22) 出願日 平成20年10月2日 (2008.10.2)

(71) 出願人 000005430
フジノン株式会社
埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地
(74) 代理人 100097984
弁理士 川野 宏
(74) 代理人 100098372
弁理士 緒方 保人
(72) 発明者 山本 力
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

最終頁に続く

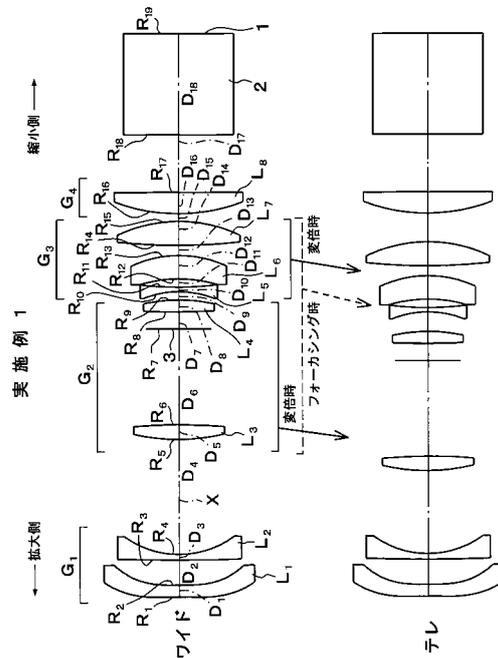
(54) 【発明の名称】 投写型可変焦点レンズおよび投写型表示装置

(57) 【要約】

【課題】 変倍時およびフォーカシング時における移動レンズ群の総数を2つとすることで、レンズ系および装置の小型化、軽量化および低廉化を図るとともに、諸収差、特に変倍時における、収差バランスを良好なものとした投写型可変焦点レンズおよび投写型表示装置を提供する。

【解決手段】 拡大側から順に、負の第1群G₁、正の第2群G₂、第3群G₃、正の第4群G₄を備え、縮小側が略テレストリックに構成されている。変倍時には、第2群G₂および第3群G₃が、互いに間隔を変えながら光軸Xに沿って移動するように構成され、フォーカシング時には、第2群G₂と第3群G₃を一体的に、光軸Xに沿って移動するように構成されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

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、第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群、からなり、

焦点距離の可変時には、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とを、互いに間隔が変化するように光軸方向に移動させるとともに、フォーカシング時には、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とを光軸方向に一体的に移動させるように構成され、さらに縮小側が略テラセントリックに構成されていることを特徴とする投写型可変焦点レンズ。

【請求項 2】

前記第 2 レンズ群が以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする請求項 1 記載の投写型可変焦点レンズ。 10

$$1.0 < f_2 / f_w < 4.0 \quad \dots (1)$$

ここで、

f_w : ワイド端の全系焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

【請求項 3】

前記第 2 レンズ群が以下の条件式 (2) を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の投写型可変焦点レンズ。

$$0.15 < D_2 / L < 0.55 \quad \dots (2)$$

ここで、 20

D_2 : 第 2 レンズ群中で最も長いレンズ面間隔

L : レンズ全長

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群は 2 枚の正レンズのみで構成されたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のうちいずれか 1 項記載の投写型可変焦点レンズ。

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群は、拡大側から順に、負の第 3 1 レンズ、縮小側に凸面を向けた正の第 3 2 レンズ、および縮小側に凸面を向けた正の第 3 3 レンズのみで構成されたことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のうちいずれか 1 項記載の投写型可変焦点レンズ。

【請求項 6】 30

前記第 4 レンズ群は、拡大側に凸面を向けた 1 枚の正レンズのみで構成されたことを特徴とする請求項 5 記載の投写型可変焦点レンズ。

【請求項 7】

前記第 3 レンズ群が下記条件式 (3) を満足することを特徴とする請求項 5 または 6 記載の投写型可変焦点レンズ。

$$f_3 / f_w < -3.0 \quad \dots (3)$$

ここで、

f_3 : 第 3 レンズ群の焦点距離

f_w : ワイド端の全系焦点距離

【請求項 8】 40

前記第 1 レンズ群は、縮小側に凹面を向けた負レンズを含む 2 枚のレンズにより構成されたことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のうちいずれか 1 項記載の投写型可変焦点レンズ。

【請求項 9】

前記第 1 レンズ群は、縮小側に凹面を向けた 1 枚の負レンズのみにより構成されたことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のうちいずれか 1 項記載の投写型可変焦点レンズ。

【請求項 10】

前記第 1 レンズ群は、少なくとも 1 つの非球面を備えたことを特徴とする請求項 8 または 9 記載の投写型可変焦点レンズ。

【請求項 11】

前記第 1 レンズ群は、縮小側に凹面を向けた 1 枚の負レンズを含む 2 枚のレンズからな 50

り、前記第 2 レンズ群は、正レンズ 2 枚からなり、前記第 3 レンズ群は、拡大側より順に、負の第 3 1 レンズ、縮小側に凸面を向けた正の第 3 2 レンズ、および縮小側に凸面を向けた正の第 3 3 レンズからなり、前記第 4 レンズ群は、拡大側に凸面を向けた 1 枚の正レンズからなり、系全体が 8 枚のレンズにより構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の投写型可変焦点レンズ。

【請求項 1 2】

前記第 1 レンズ群は、縮小側に凹面を向けた 1 枚の負レンズからなり、前記第 2 レンズ群は、正レンズ 2 枚からなり、前記第 3 レンズ群は、拡大側より順に、負の第 3 1 レンズ、縮小側に凸面を向けた正の第 3 2 レンズ、縮小側に凸面を向けた正の第 3 3 レンズからなり、前記第 4 レンズ群は、拡大側に凸面を向けた 1 枚の正レンズからなり、系全体が 7 枚のレンズにより構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の投写型可変焦点レンズ。

10

【請求項 1 3】

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 ~ 1 2 のうちいずれか 1 項記載の投写型可変焦点レンズとを備え、前記光源からの光束を前記ライトバルブで光変調し、前記投写型可変焦点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】

20

【0001】

本発明は、投写型表示装置等に搭載される 4 群構成の可変焦点レンズおよびその可変焦点レンズを搭載した投写型表示装置に関し、特に、透過型あるいは反射型の液晶表示装置や DMD (デジタル・マイクロミラー・デバイス) 表示装置等のライトバルブからの映像情報を担持した光束をスクリーン上に拡大投写する投写型可変焦点レンズおよび投写型表示装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、液晶表示装置や DMD 表示装置等のライトバルブを用いた投写型表示装置が広く普及しており、特に、このライトバルブを 3 枚用い、RGB 3 原色の照明光に各々対応させるようにすることでこれら各照明光を変調し、個々のライトバルブで変調された光をプリズム等で合成し、投写レンズを介してスクリーンに画像を表示する構成をとるものが広く利用されている。

30

【0003】

このようなライトバルブにおいては小型化・高精細化が急激に進み、また、パソコンの普及と相俟って、このような投写型表示装置を用いてプレゼンテーションを行うことへの需要も増加しており、利便性や設置性のよい態様のものが望まれているため、投写型表示装置に対して、より高性能かつ高変倍可能で、より小型・軽量なものへの要求が高まってきている。また、これに伴い投写レンズに関しても、より高性能かつ高変倍可能で、より小型、軽量なものであることが強く望まれている。また、その一方で、投写レンズに対する低廉化への要求も強いものがある。

40

【0004】

さらに、光学系内に、複数のライトバルブからの変調光を合成するための色合成プリズムや、照明光と投写光の分離に用いられる TIR プリズムを配設した場合、前者では色むら発生を防止するため、後者では分離効率の低下を防止するため、投写レンズの縮小側を略テレセントリックとすることが要求される。

【0005】

以上のような、種々の要求に応えることを目的とした投写レンズとして、種々の投写型ズームレンズが知られているが、このようなズームレンズでは、変倍時に連携して移動する 2 群以上の変倍群を有しており、一方、一般にフォーカシングは、変倍群とは異なるレ

50

ンズ群を移動することによって行なうようにしており、結局、3群以上のレンズ群を移動群として駆動しなければならず、レンズ駆動部が複雑となるとともに、小型化、軽量化および低廉化を進める上で障害となっていた。

【0006】

そこで、ズームングを1つのレンズ群で行なうとともにフォーカシングを他の1つのレンズ群で行なうことを可能にした、下記特許文献1に記載された投写型ズームレンズが知られている。

【0007】

【特許文献1】特開2005-300619号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記特許文献1記載の投写型ズームレンズにおいては、1つのレンズ群によってズーム機能をもたせているが故に、変倍時における収差変動がどうしても大きくなってしまふ。

【0009】

また、特許文献1記載の投写型ズームレンズにおいては、上記変倍を行なうためのレンズ群の縮小側に配されたレンズ枚数が少なく、縮小側が略テレセントリックな系においては、大きな変倍比とすることが難しい、という課題がある。

【0010】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであって、縮小側テレセントリックで、高変倍可能な構成でありながら、変倍時およびフォーカシング時における移動レンズ群の総数を2つとすることで、レンズ系および装置の小型化、軽量化および低廉化を図ることができるとともに、諸収差、特に変倍時において、収差がバランスよく良好に補正された投写型可変焦点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ものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の投写型可変焦点レンズは、

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、第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群、からなり、

焦点距離の変動時には、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とを、互いに間隔が変化するように光軸方向に移動させるとともに、フォーカシング時には、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とを光軸方向に一体的に移動させるように構成され、さらに縮小側が略テレセントリックに構成されていることを特徴とするものである。

【0012】

なお、一般に、「可変焦点レンズ」と称するときは、バリフォーカルレンズを意味し、変倍時において共役長が変化し、ピントがずれるので、その際のフォーカシングが必要となるもの、とされるが、本願明細書においても、「可変焦点レンズ」と称する場合には、変倍時において共役長が一定となるように調整し、その共役長の若干のズレ量をフォーカシングレンズにより調整する、いわゆる「ズームレンズ」は含まれないものとする。

【0013】

また、前記第2レンズ群が以下の条件式(1)を満足することが好ましい。

$$1.0 < f_2 / f_w < 4.0 \quad \dots (1)$$

ここで、

f_w : ワイド端の全系焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

【0014】

また、前記第2レンズ群が以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.15 < D_2 / L < 0.55 \quad \dots (2)$$

ここで、

10

20

30

40

50

D_2 : 第 2 レンズ群中で最も長いレンズ面間隔

L : レンズ全長 (最も拡大側のレンズ拡大側面頂点から最も縮小側のレンズ縮小側面頂点までの実際の長さ (空気換算は行なわれていない))

【0015】

また、前記第 2 レンズ群は 2 枚の正レンズのみで構成することが好ましい。

【0016】

また、前記第 3 レンズ群は、拡大側から順に、負の第 3 1 レンズ、縮小側に凸面を向けた正の第 3 2 レンズ、および縮小側に凸面を向けた正の第 3 3 レンズのみで構成することが好ましい。

【0017】

また、前記第 4 レンズ群は、拡大側に凸面を向けた 1 枚の正レンズのみで構成されることが好ましい。

【0018】

また、前記第 3 レンズ群が下記条件式 (3) を満足することが好ましい。

$$f_3 / f_w < -3.0 \quad \dots (3)$$

ここで、

f_3 : 第 3 レンズ群の焦点距離

f_w : ワイド端の全系焦点距離

【0019】

また、前記第 1 レンズ群は、縮小側に凹面を向けた負レンズを含む 2 枚のレンズにより構成したり、縮小側に凹面を向けた 1 枚の負レンズのみにより構成することが好ましい。

【0020】

また、前記第 1 レンズ群は、少なくとも 1 つの非球面を備えることが好ましい。

【0021】

また、前記第 1 レンズ群が、縮小側に凹面を向けた 1 枚の負レンズを含む 2 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群が、正レンズ 2 枚からなり、前記第 3 レンズ群が、拡大側より順に、負の第 3 1 レンズ、縮小側に凸面を向けた正の第 3 2 レンズ、および縮小側に凸面を向けた正の第 3 3 レンズからなり、前記第 4 レンズ群が、拡大側に凸面を向けた 1 枚の正レンズからなり、系全体で 8 枚のレンズにより構成することが好ましい。

【0022】

また、前記第 1 レンズ群が、縮小側に凹面を向けた 1 枚の負レンズからなり、前記第 2 レンズ群が正レンズ 2 枚からなり、前記第 3 レンズ群が、拡大側より順に、負の第 3 1 レンズ、縮小側に凸面を向けた正の第 3 2 レンズ、縮小側に凸面を向けた正の第 3 3 レンズからなり、前記第 4 レンズ群が、拡大側に凸面を向けた 1 枚の正レンズからなり、系全体で 7 枚のレンズにより構成することが好ましい。

【0023】

また、本発明の投写型表示装置は、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、上記いずれかの投写型可変焦点レンズとを備え、前記光源からの光束を前記ライトバルブで光変調し、前記投写型可変焦点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。

【発明の効果】

【0024】

本発明の投写型可変焦点レンズによれば、拡大側から順に、負、正の 2 つのレンズ群が配設されるとともに、最も縮小側には正のレンズ群が配設された 4 群レンズ構成とされ、焦点距離の可変時には、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とを、互いに間隔を変化させつつ光軸方向に移動するように構成されるとともに、フォーカシング時には、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とを光軸方向に一体的に移動するように構成され、さらに縮小側が略テレセントリックに構成されている。

【0025】

このように、変倍用の移動レンズ群とフォーカシング用の移動レンズ群を同一のレンズ

10

20

30

40

50

群によって構成したことにより、縮小側テレセントリックで、高変倍可能な構成でありながら、変倍用とフォーカシング用の移動レンズ群の総計を2つとすることができ、レンズ系および装置の小型化、軽量化および低廉化を図ることができる。また、2つのレンズ群を変倍用の移動レンズ群として割り当てることができるので、1つのレンズ群を変倍用の移動レンズ群として割り当てた前述の従来技術と比べて、収差をバランスよく良好に補正することができる。

【0026】

また、このような可変焦点レンズは、従来より、撮影レンズ等に用いられており、変倍時に、共役長が変化することから、ピント合わせのためにフォーカス調整が必要となり、撮影毎のフォーカス調整が煩わしいという点が指摘されていた。

10

【0027】

しかしながら、投写レンズにおいては、一般に、投写型表示装置とスクリーンが一旦設定されてしまえば、投写操作毎に倍率を変更するものではないので、フォーカス調整も最初の一回だけ行なえば良いことから、撮影レンズ等において指摘されている上述したような点は、ほとんど問題とならない。

【0028】

さらに、本発明の投写型可変焦点レンズにおいては、前述したような公報に記載の投写型ズームレンズとは異なり、変倍を行なうためのレンズ群を、4つのレンズ群のうち拡大側から2番目のレンズ群（主たる変倍用レンズ群）および3番目（従たる変倍用レンズ群）のレンズ群としているので、縮小側が略テレセントリックな系においても、大きな変倍比を得ることが可能である。

20

【0029】

また、本発明の投写型表示装置は、本発明の投写型可変焦点レンズを用いていることにより、高変倍可能な構成でありながら、小型化、軽量化および低廉化を図ることができ、また、高い光学性能を維持することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、本発明の具体的な実施形態について図面を参照しつつ説明する。図1に示す実施形態（実施例1のものを代表させて示している）の投写型可変焦点レンズは、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、第3レンズ群 G_3 と、正の屈折力を有する第4レンズ群 G_4 とを備え、縮小側が略テレセントリックに構成されており、その後段には、色合成プリズムを主とするガラスブロック（フィルタ部を含む）2および液晶表示パネル等ライトバルブの画像表示面1が配設される。なお、図中Xは光軸を表している。

30

【0031】

また、変倍時（焦点距離の可変時）において、第2レンズ群 G_2 （一体的にマスク（開口絞りとすることも可）3を有している）および第3レンズ群 G_3 が、互いに間隔を変えながら光軸Xに沿って移動するように構成され、フォーカシング時には、前記第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 を一体的に、光軸Xに沿って移動させるように構成されている。

40

【0032】

ここで、変倍時において、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 は連動せずに移動するように構成しても良いが、望ましくは、変倍時において、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 を連動させ、互いの間隔を変化させるようにして移動するように構成することが可能である。ただし、この場合でもフォーカシング時においては、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 が一体的に移動するように構成される。

【0033】

図5は、上述した内容の一例を概念図として表したものであり、変倍時においては、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 がともに規制を受けながら移動し、一方、フォーカシング時においては、該規制を付与しているメカ機構20全体を光軸X方向に移動させるこ

50

とで、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 が互いの距離を一定に保ったまま、第1レンズ群 G_1 と第4レンズ群 G_4 の間を移動する、というメカニズムが示されている。

【0034】

ここで第1レンズ群 G_1 は、縮小側に凹面を向けた、少なくとも1面が非球面からなる非球面レンズ（プラスチック製が好ましい）よりなる第1レンズ L_1 、および縮小側に凹面を向けた平凹レンズまたは両凹レンズよりなる第2レンズ L_2 からなる（実施例2においては、縮小側に凹面を向けた、少なくとも1面が非球面からなる非球面レンズよりなる第1レンズ L_1 からなる）。

【0035】

上記第1レンズ群 G_1 を、縮小側に凹面を向けた負レンズを含む2枚のレンズ、または縮小側に凹面を向けた1枚の負レンズのみにより構成することにより、レンズ系のコンパクト化および低廉化を図ることができる。特に、第1レンズ群 G_1 には、非球面が形成されるので、外径を小さくできれば、大幅にコストダウンを図ることができる。

【0036】

また、第2レンズ群 G_2 は、2枚の正レンズによって構成されており、これによりレンズ系のコンパクト化および低コスト化を達成することができる。より好ましくは、両凸レンズよりなる第3レンズ L_3 、マスク（開口絞りとすることも可：以下同じ）3および両凸レンズよりなる第4レンズ L_4 によって構成する。マスク3を、上記2枚の正レンズの間の位置に配設することにより、縮小側のテレセントリック性を、より良好なものとすることができる。

【0037】

なお、上記第2レンズ群 G_2 において、上記2枚の正レンズは、ともに屈折率が1.65以上とすることが収差補正上好ましい。

【0038】

また、第3レンズ群 G_3 は、拡大側から順に、負レンズ、縮小側に凸面を向けた正（または負）レンズ、および縮小側に凸面を向けた正レンズによって構成されており、これによりフォーカシング時の収差変動を少なくすることができる。より好ましくは、両凹レンズよりなる第5レンズ L_5 、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズよりなる第6レンズ L_6 および両凸レンズよりなる第7レンズ L_7 によって構成する。

【0039】

また、第4レンズ群 G_4 は、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第8レンズ L_8 のみからなる。

【0040】

また、本実施形態の投写型可変焦点レンズにおいては、変倍時とフォーカシング時のいずれにおいても、第2レンズ群 G_2 および第3レンズ群 G_3 を移動させるように構成されており、変倍時とフォーカシング時の移動レンズ群の総計が2つですむため、従来のものに比べて、小型化、軽量化および低廉化を図ることが可能である。

【0041】

また、本実施形態の投写型可変焦点レンズにおいては、上述したように、ネガティブリード型の可変焦点レンズとされているため、広角化を図り易く、また適正な長さのバックフォーカスを確保することが可能である。

【0042】

また、本実施形態の投写型可変焦点レンズにおいては、熱的に弱い接合レンズを使用せず、全て単独のレンズにより構成することが好ましい。これにより、系内（特に光束が細くなる位置）が極めて高温となる投写レンズにおいても、熱的問題の発生を防止することができる。

【0043】

また、本実施形態に係る投写型可変焦点レンズにおいては、第2レンズ群 G_2 は、下記条件式(1)、(2)の少なくとも一方を満足することが好ましい。

$$1.0 < f_2 / f_w < 4.0 \quad \dots (1)$$

10

20

30

40

50

$$0.15 < D_2 / L < 0.55 \quad \dots (2)$$

ここで、

f_w : ワイド端の全系焦点距離

f_2 : 第2レンズ群 G_2 の焦点距離

D_2 : 第2レンズ群 G_2 中で最も長いレンズ面間隔

L : レンズ全長

【0044】

また、第4レンズ群 G_4 は、拡大側に凸面を向けた1枚の正レンズのみで構成されることが好ましい。

【0045】

また、第3レンズ群 G_3 が下記条件式(3)を満足することが好ましい。

$$f_3 / f_w < -3.0 \quad \dots (3)$$

ここで、

f_3 : 第3レンズ群 G_3 の焦点距離

【0046】

次に、上述した条件式(1)~(3)の技術的意義について説明する。

【0047】

まず、条件式(1)は、変倍時およびフォーカシング時の移動群である第2レンズ群 G_2 の焦点距離 f_2 と、ワイド端の全系焦点距離 f_w との比の値の範囲を規定したものであり、第2レンズ群 G_2 のパワーの範囲を規定したものであり、各収差補正を良好にしつつ、レンズ系のコンパクト化を達成し得る範囲を規定したものである。すなわち、条件式(1)の下限値以下となった場合は収差補正が困難となる。一方、上限値以上となるとレンズの移動量が大きくなりレンズ全長が大型化してしまう。なお、条件式(1)の作用をさらに効果的に得るためには、下記条件式(1')を満足することが好ましく、下記条件式(1'')を満足することがより好ましい。

$$1.3 < f_2 / f_w < 3.0 \quad \dots (1')$$

$$1.5 < f_2 / f_w < 2.5 \quad \dots (1'')$$

【0048】

また、条件式(2)は、レンズ全長 L に対する、第2レンズ群 G_2 中で最も長いレンズ面間隔 D_2 の割合の範囲を規定したものであり、各収差補正、特に像面補正やディストーション補正を良好にしつつ、レンズ系のコンパクト化を達成し得る範囲を規定したものである。すなわち、条件式(2)の下限値以下となった場合は収差補正、特に像面補正やディストーション補正が困難となる。一方、上限値以上となるとレンズの移動量が大きくなりレンズ全長が大型化してしまう。なお、条件式(2)の作用をさらに効果的に得るためには、下記条件式(2')を満足することが好ましく、下記条件式(2'')を満足することがより好ましい。

$$0.2 < D_2 / L < 0.5 \quad \dots (2')$$

$$0.25 < D_2 / L < 0.4 \quad \dots (2'')$$

【0049】

また、条件式(3)は、第3レンズ群 G_3 の焦点距離 f_3 と、ワイド端の全系焦点距離 f_w との比の値の範囲を規定したものであり、収差補正を良好とし得る範囲を規定するものである。すなわち、条件式(3)の上限値以上となると良好な収差補正が困難となる。なお、条件式(3)の作用をさらに効果的に得るためには、下記条件式(3')を満足することが好ましい。

$$f_3 / f_w < -5.0 \quad \dots (3')$$

【0050】

また、下記条件式(4)を満足し、広角端の全系焦点距離 f_w の1.2倍より長いバックフォーカス Bf を確保して、良好なテレセントリック性を確保することで、色合成や光束分離のためにプリズム等の光学系を縮小側に配設した場合にも、ダイクロイック膜特性の劣化に伴う色むらの発生や、照明光と投影光の分離効率低下、といった問題を解決する

10

20

30

40

50

ことができる。

$$B f / f_w > 1.2 \quad \dots (4)$$

【0051】

なお、条件式(4)の作用をさらに効果的に得るためには、下記条件式(4')を満足することが好ましい。

$$B f / f_w > 1.45 \quad \dots (4')$$

【0052】

ここで、下記各実施例の投写型可変焦点レンズは、いずれも、第1レンズ群G₁中に、少なくとも1面の非球面を含むものであり、これによって、ディストーション補正を有利なものとするができる。なお、その非球面形状は下記非球面式により表わされる。

【0053】

【数1】

$$Z = \frac{Y^2/R}{1 + \sqrt{1 - K \times Y^2/R^2}} + \sum_{i=3}^{12} A_i Y^i$$

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_i : 非球面係数 (i = 3 ~ 12)

【0054】

次に、上述した投写型可変焦点レンズを搭載した投写型表示装置の一例を図6により説明する。図6に示す投写型表示装置は、ライトバルブとして透過型液晶パネル11a~cを備え、投写型可変焦点レンズ10として上述した実施形態に係る投写型可変焦点レンズを用いている。また、光源とダイクロイックミラー12の間には、フライアイ等のインテグレート（図示を省略）が配されており、光源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~cに入射されて光変調され、クロスダイクロイックプリズム14により、色合成され投写型可変焦点レンズ10により図示されないスクリーン上に投写される。この装置は、色分解のためのダイクロイックミラー12、13、色合成のためのクロスダイクロイックプリズム14、コンデンサレンズ16a~c、全反射ミラー18a~cを備えている。本実施形態の投写型表示装置は、本実施形態に係る投写型可変焦点レンズを用いているので、高変倍可能な構成でありながら、小型化、軽量化および低廉化を図ることができ、また、高い光学性能を維持することができる。

【0055】

なお、本発明の投写型可変焦点レンズは透過型の液晶表示パネルを用いた投写型表示装置の投写型可変焦点レンズとしての使用態様に限られるものではなく、反射型の液晶表示パネルあるいはDMD等の他の光変調手段を用いた装置の投写型可変焦点レンズ等として用いることも可能である。

【実施例】

【0056】

以下、具体的な実施例を用いて、本発明の投写型可変焦点レンズをさらに説明する。

【0057】

<実施例1>

この実施例1にかかる投写型可変焦点レンズは、前述したように図1に示す如き構成とされている。すなわちこの投写型可変焦点レンズは、拡大側から順に、第1レンズ群G₁が、両面非球面レンズよりなる第1レンズL₁と、縮小側に凹面を向けた、負のメニスカ

10

20

30

40

50

スレンズよりなる第2レンズ L_2 とからなる。また、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 、マスク3および両凸レンズよりなる第4レンズ L_4 からなる。また、第3レンズ群 G_3 は、両凹レンズよりなる第5レンズ L_5 、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6レンズ L_6 、および両凸レンズよりなる第7レンズ L_7 からなる。また、第4レンズ群 G_4 は、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズよりなる第8レンズ L_8 のみからなる。

【0058】

また、変倍時には、広角端から望遠端への移行に伴い、第2レンズ群 G_2 および第3レンズ群 G_3 が互いに連携しつつ、互いの間隔を変えながら光軸 X に沿って拡大側に移動する。

また、フォーカシングは、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 を一体的に光軸 X 方向に移動させることにより行われる。

【0059】

この実施例1における各レンズ面の曲率半径 R （レンズ全系の焦点距離を1.0として規格化されている；以下の各表において同じ）、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔 D （上記曲率半径 R と同様に規格化されている；以下の各表において同じ）、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッペ数 d を表1の上段に示す。なお、この表1および後述する表2において、各記号 R 、 D 、 N_d 、 d に対応させた数字は拡大側から順次増加するようになっている。

【0060】

また、表1の中段には各非球面に対応する各定数 K 、 $A_3 \sim A_{12}$ の値が示されており、表1の下段には、広角端（ワイド）および望遠端（テレ）の各々における、投写距離109.74および470.31の各場合について、可変間隔1（第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 との間隔）、可変間隔2（第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 との間隔）および可変間隔3（第3レンズ群 G_3 と第4レンズ群 G_4 との間隔）が示されている。

【0061】

10

20

【表 1】

面番号	R	D	Nd	νd
1 *	-5.226	0.141	1.4910	57.6
2 *	6.531	0.307		
3	24.282	0.068	1.5163	64.1
4	1.105	可変間隔1		
5	2.269	0.179	1.7859	44.2
6	-6.247	1.164		
7 (マスク)	∞	0.209		
8	9.065	0.143	1.7432	49.3
9	-2.014	可変間隔2		
10	-1.126	0.052	1.8467	23.8
11	3.536	0.104		
12	-1.610	0.288	1.6031	60.6
13	-1.331	0.122		
14	7.060	0.294	1.6031	60.6
15	-1.689	可変間隔3		
16	2.139	0.259	1.6230	58.2
17	14881.176	0.705		
18	∞	1.238	1.5163	64.1
19	∞			

10

20

* 非球面

	K	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
1	1.0000	1.7038E-02	7.0501E-01	9.4204E-01	-4.8674E+00
2	1.0000	2.6515E-02	9.7560E-01	-9.4907E-01	1.8521E+00
	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁
1	7.3623E+00	-6.0613E+00	2.8560E+00	-6.0634E-01	0.0000E+00
2	-4.0941E+00	3.4752E+00	-2.8804E-01	-5.6056E-01	0.0000E+00
	A ₁₂				
1	0.0000E+00				
2	0.0000E+00				

30

投写距離	109.74		470.31	
	ワイド	テレ	ワイド	テレ
可変間隔1	1.404	1.011	1.363	0.983
可変間隔2	0.104	0.239	0.104	0.239
可変間隔3	0.093	0.351	0.134	0.379

【0062】

40

また、表 3 に実施例 1 における上記各条件式に対応する数値を示す。

【0063】

図 3 は実施例 1 の投写型可変焦点レンズの広角端（ワイド：投写距離109.74）および望遠端（テレ：投写距離470.31）における諸収差（球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差）を示す収差図である。なお、図 3 および以下の図 4 において、各球面収差図には d 線、F 線、C 線に対する収差が示されており、各非点収差図にはサジタル像面およびタンジェンシャル像面についての収差が示されており、各倍率色収差図には d 線に対する F 線および C 線についての収差が示されている。

【0064】

この図 3 から明らかなように、実施例 1 の投写型可変焦点レンズによれば、広角端での

50

画角 2θ が 57.6 度と広角で、F 値が 2.11 と明るく、各収差が良好に補正されている。

【0065】

また、表 3 に示すように実施例 1 の投写型可変焦点レンズによれば、条件式 (1) ~ (4)、条件式 (1') ~ (4')、さらには (1'')、(2'') が全て満足されている。

【0066】

<実施例 2>

実施例 2 に係る投写型可変焦点レンズの概略構成を図 2 に示す。この実施例 2 にかかる投写型可変焦点レンズは、実施例 1 のものと略同様の構成とされているが、主として、第 1 レンズ群 G_1 が、縮小側に凹面を向けた両面非球面レンズからなる第 1 レンズ L_1 のみからなる点において相違している。

10

【0067】

この実施例 2 における各レンズ面の曲率半径 R 、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔 D 、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッベ数 v_d を表 2 の上段に示す。

【0068】

また、表 2 の中段には各非球面に対応する各定数 K 、 $A_3 \sim A_{12}$ の値が示されており、表 2 の下段には、広角端 (ワイド) および望遠端 (テレ) の各々における、投写距離 125.64 および 543.88 の各場合について、可変間隔 1 (第 1 レンズ群 G_1 と第 2 レンズ群 G_2 との間隔)、可変間隔 2 (第 2 レンズ群 G_2 と第 3 レンズ群 G_3 との間隔) および可変間隔 3 (第 3 レンズ群 G_3 と第 4 レンズ群 G_4 との間隔) が示されている。

20

【0069】

【表 2】

面番号	R	D	Nd	νd
1 *	-8.261	0.087	1.4970	81.5
2 *	0.948	可変間隔1		
3	2.429	0.246	1.8040	46.6
4	-7.603	0.816		
5 (マスク)	∞	0.889		
6	7.529	0.129	1.7130	53.9
7	-2.063	可変間隔2		
8	-1.060	0.054	1.8467	23.8
9	4.928	0.071		
10	-1.624	0.298	1.6516	58.5
11	-1.324	0.242		
12	-27.380	0.291	1.6204	60.3
13	-1.500	可変間隔3		
14	2.180	0.255	1.7292	54.7
15	-24.894	0.717		
16	∞	1.207	1.5163	64.1
17	∞			

* 非球面

	K	A_3	A_4	A_5	A_6
1	1.0000	3.5097E-01	-6.1316E-01	6.2467E-01	-4.5648E-01
2	1.0000	3.9166E-01	-7.7207E-01	6.5145E-01	-3.6531E-01
	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
1	-1.8397E-01	1.1211E+00	-1.1589E+00	3.9138E-01	0.0000E+00
2	-4.4754E-01	4.3359E-01	6.8566E-01	-8.9123E-01	0.0000E+00
	A_{12}				
1	0.0000E+00				
2	0.0000E+00				

投写距離	125.64		543.88	
	ワイド	テレ	ワイド	テレ
可変間隔1	1.362	0.932	1.330	0.906
可変間隔2	0.108	0.312	0.108	0.312
可変間隔3	0.091	0.317	0.123	0.343

【0070】

また、表3に実施例2における上記各条件式に対応する数値を示す。

【0071】

図4は実施例2の投写型可変焦点レンズの広角端（ワイド：投写距離125.64）および望遠端（テレ：投写距離543.88）における諸収差（球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差）を示す収差図である。

【0072】

この図4から明らかなように、実施例2の投写型可変焦点レンズによれば、広角端での画角 2θ が 54.0° と広角で、F値が2.05と明るく、各収差が良好に補正されている。

【0073】

また、表3に示すように実施例2の投写型可変焦点レンズによれば、条件式(1)~(4)、条件式(1')~(4')、さらには(1'')、(2'')が全て満足されてい

10

20

30

40

50

る。

【0074】

【表3】

条件式	(1),(1'),(1'')	(2),(2'),(2'')	(3),(3')	(4),(4')
実施例1	1.67	0.28	-10.40	1.52
実施例2	1.94	0.35	-10.71	1.51

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図1】本発明の実施例1に係る投写型可変焦点レンズの広角端（ワイド）および望遠端（テレ）における構成を示す概略図

【図2】本発明の実施例2に係る投写型可変焦点レンズの広角端（ワイド）および望遠端（テレ）における構成を示す概略図

【図3】実施例1の投写型可変焦点レンズの諸収差（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

【図4】実施例2の投写型可変焦点レンズの諸収差（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

【図5】本発明の実施形態に係る、変倍時とフォーカシング時におけるレンズ群移動の概念を示す模式図

【図6】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

【符号の説明】

【0076】

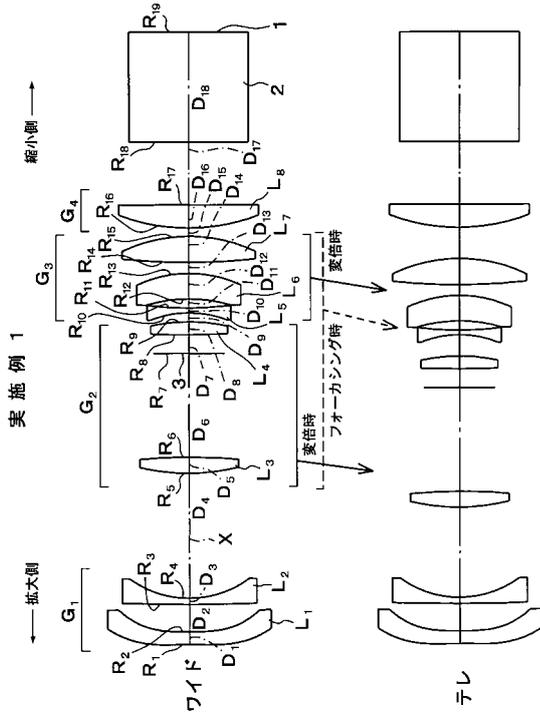
G ₁ ~ G ₄	レンズ群
L ₁ ~ L ₈	レンズ
R ₁ ~ R ₁₉	レンズ面等の曲率半径
D ₁ ~ D ₁₈	レンズ面間隔（レンズ厚）
X	光軸
1	画像表示面
2	ガラスブロック（フィルタ部を含む）
3	マスク（開口絞り）
10	投写型可変焦点レンズ
11a ~ c	透過型液晶パネル
12、13	ダイクロイックミラー
14	クロスダイクロイックプリズム
16a ~ c	コンデンサレンズ
18a ~ c	全反射ミラー
20	メカ機構

10

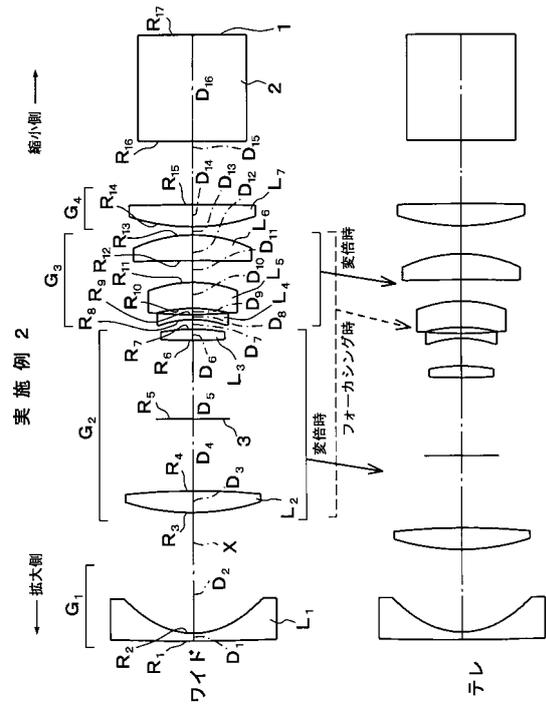
20

30

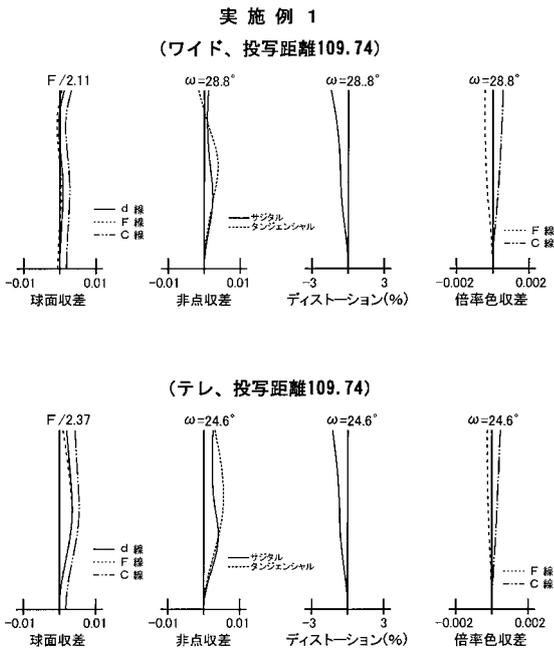
【図1】



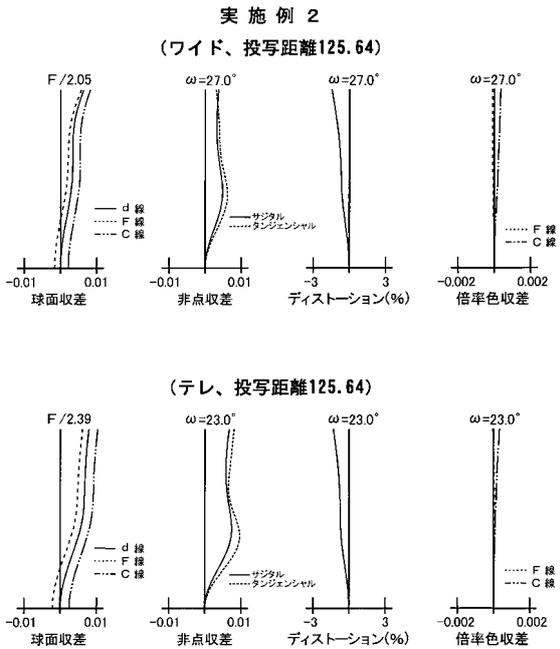
【図2】



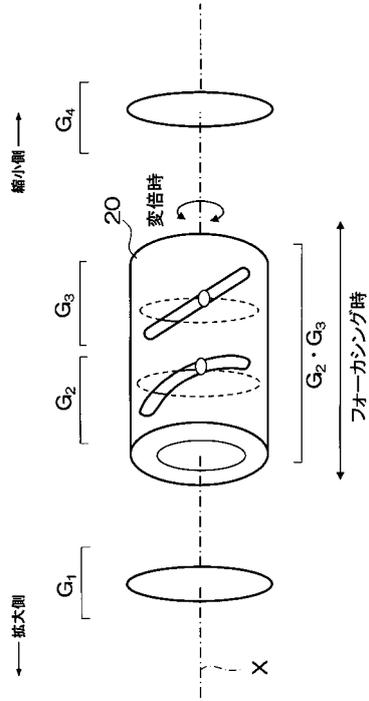
【図3】



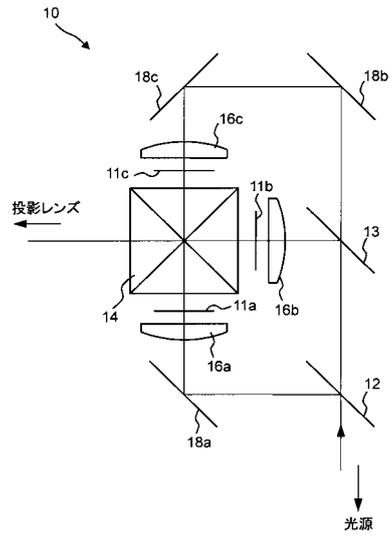
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA06 LA01 MA07 MA09 MA13 MA14 NA02 PA07 PA08 PA17
PB07 PB08 QA03 QA06 QA07 QA18 QA21 QA22 QA25 QA32
QA34 QA41 QA45 RA03 RA12 RA13 RA36 RA41 RA48 SA24
SA26 SA30 SA32 SA63 SA64 SA72 SA75 SB02 SB03 SB13
SB24 SB32
2K103 AA01 AA05 AA07 AA14 AB07 BC23 BC27 BC28 BC30 BC43
BC44 BC47 BC48 BC50 CA76