

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5259503号
(P5259503)

(45) 発行日 平成25年8月7日 (2013.8.7)

(24) 登録日 平成25年5月2日 (2013.5.2)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 13/24 (2006.01)

G O 2 B 13/24

G O 2 B 13/22 (2006.01)

G O 2 B 13/22

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/18

G O 3 B 21/14 (2006.01)

G O 3 B 21/14

Z

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2009-143689 (P2009-143689)
 (22) 出願日 平成21年6月16日 (2009.6.16)
 (65) 公開番号 特開2011-2518 (P2011-2518A)
 (43) 公開日 平成23年1月6日 (2011.1.6)
 審査請求日 平成24年1月19日 (2012.1.19)

(73) 特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (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
 審査官 原田 英信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投写光学系、およびこれを用いた投写型表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入射された照明光を、入力された画像信号に応じて変調してなる変調光を反射出射する反射型ライトバルブと、

該反射型ライトバルブに入射する前記照明光、および該反射型ライトバルブから出射された変調光を通過させる、縮小側がテレセントリックとされた投写レンズと、

該投写レンズに入射する前記照明光と、該投写レンズから出射された変調光の光路を分離する偏光分離手段と、

をこの順に配列してなることを特徴とする投写光学系。

【請求項 2】

前記投写レンズが、以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする請求項 1 記載の投写光学系。

$$-1.0 < FF / f < 1.0 \dots (1)$$

ただし、

FF: 前記投写レンズの拡大側焦点位置 (当該投写レンズの最も拡大側のレンズの拡大側面頂点を原点とし、縮小側に向かう方向を正にとる)

f: 前記投写レンズの焦点距離

【請求項 3】

前記反射型ライトバルブが 1 枚で構成され、さらに下記条件式 (2) を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の投写光学系。

10

20

$$Bf/f < 0.8 \cdots (2)$$

ただし、

Bf :前記投写レンズの縮小側バックフォーカス

【請求項4】

前記投写レンズが4枚以下のレンズ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項記載の投写光学系。

【請求項5】

前記投写レンズの最も縮小側に配置されたレンズの少なくとも1面が非球面とされていることを特徴とする請求項4記載の投写光学系。

【請求項6】

前記投写レンズを構成する全レンズを通過する光束のうち、光軸に対して垂直方向の有効光束径の最大値が15mm以下であることを特徴とする請求項1～5のうちいずれか1項記載の投写光学系。

【請求項7】

請求項1～6のうちいずれか1項記載の投写光学系と、

前記照明光を発光するとともに、該照明光の光量均一化を図る照明光学系とを備えた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、反射型ライトバルブに表示された画像をスクリーン上に拡大投映する投写光学系、およびこれを搭載した投写型表示装置に関し、特に、極めて小型で携帯性に優れ、光源の輝度も比較的小さい投写光学系および投写型表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、プロジェクタにおいて、携帯性に優れたハンディタイプのものが求められている。

そのようなハンディタイプのものの中でも、プロジェクタを懐中電灯やペンライトのように片手で把持し、所望する場所（例えば、壁や天井等）に投写することができれば便利である。

【0003】

ところで、プロジェクタに搭載されるライトバルブとして、反射型液晶表示素子（LCOS）やDMD（デジタル・マイクロ・デバイス）等の反射型ライトバルブが知られている。反射型ライトバルブは、透過型のものよりも開口率を増大させることができ、光量変換の効率化という利点を有するばかりではなく、装置のコンパクト化を促進し得る点でも有用である。

【0004】

一方、このような投写光学系の配置としては、一般に、投写レンズと反射型ライトバルブの間に偏光分離部としてのPBS（偏光分離プリズム）を配置し、光源部からの照明光はPBSを介して反射型ライトバルブに入射せしめ、この反射型ライトバルブからの変調光は、上記PBSにおいて上記照明光と光路分離し、投写レンズを用いてスクリーン方向に投写せしめるようにしたものが知られている。

【0005】

しかしながら、このような投写光学系では、上記PBSが入射角度特性を有しており、偏光分離面への光入射角度が範囲を有していると、それに応じて輝度むらや色むら等の不都合が発生することから、PBSにはテレセントリックな状態で照明光を入射させることが必要となり、投写レンズの縮小側をテレセントリックな状態とし得る構成とした上で、PBSおよび反射型ライトバルブを配置する必要があった。

【0006】

10

20

30

40

50

このような従来の投写光学系を搭載した投写表示装置の一例を図16に示す。すなわち、この3色LED光源111a~c、ダイクロイックミラー112a、b、光量均一化手段としてのフライアイインテグレータ113a、b、照明光を、いずれかの直線偏光(P偏光またはS偏光)に揃える楕型フィルタ114、および1対のフィールドレンズ(コンデンサレンズ)115a、115bからなる照明光学系120から出射された照明光は、投写光学系110の、PBS101に入射する。PBS101に入射した照明光は所定の直線偏光方向に揃えられており、偏光分離面で反射型液晶表示素子103方向に反射され、この反射型液晶表示素子103において、所定の画像信号により変調されるとともに、逆位相の直線偏光に変換される。その後、反射型液晶表示素子103から反射出射された変調光は、逆位相の直線偏光に変換されているのでPBS101の偏光分離面を透過し、投写レンズ102によってスクリーン上に拡大投写される。

10

【0007】

しかし、図16に示すような従来例によっては、上述したように、投写レンズ102の縮小側をテレセントリックな状態としつつ、PBSを挿入し得るバックを確保する必要があり、投写レンズのうち、特に縮小側のレンズの径が大型化し、その結果、投写光学系や投写型表示装置としてのコンパクト化が図れないという問題があった。また、図16に示すような従来例のものでは、照明光学系120からの光束がPBS101に入射する際には、偏光分離面の入射角度特性を考慮する必要があることから、照明光学系120からの光束をテレセントリックな状態とするための、コンデンサレンズ115a、115bが必要とされ、これが投写光学系のコストアップおよび大型化につながるという問題があった。

20

【0008】

このような問題に応じ、光学要素の配置を工夫して光学系のコンパクト化を図った投写光学系として、下記特許文献1、2に記載されたものが知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平4-326315

【特許文献2】特開平5-203872

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上記特許文献1、2に記載のものは、投写レンズがPBSを挟んで2つの部分に分断され、一方はPBSのスクリーン側に、他方はPBSの反射型液晶表示素子側に配されている。

【0011】

このように、PBSを投写レンズの中間部に配置したことにより、PBSを挿入し得るバックを確保するスペースが必要となる、という上述した従来技術の問題はある程度緩和される。また、PBSの拡大側のみならず縮小側も、投写レンズの一部が配されることから、図16におけるコンデンサレンズ115a、115bの如き光学要素は不要とし得る。

40

【0012】

しかしながら、上記特許文献1、2に記載のものによれば、一般的な縮小側テレセントリックな投写レンズの瞳付近にPBSを配置しており、PBSの拡大側に投写レンズの一部が配置されることになるため、投写レンズ全体としての大型化が十分に抑制されているとはいえない。また、照明光学系をも含めた投写型表示装置としても十分にコンパクト化を図ることは困難である。

【0013】

また、投写レンズのレンズ群間にPBSが配置されているため、上述したように、投写レンズの構成がPBSにより拡大側と縮小側に分断されてしまうことから、投写レンズの

50

組立作業の難易性を考慮すると良好なレンズ性能の確保が難しくなる。

【 0 0 1 4 】

本発明はこのような事情に鑑みなされたものであって、反射型ライトバルブを用い、コンパクトで、偏光分離部における偏光分離状態を良好なものとすることができ、かつテレセントリックな状態を生成する別途の光学系を設ける必要のない、光学性能が良好な投写光学系およびこれを用いた投写型光学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】

【 0 0 1 5 】

本発明に係る投写光学系は、

入射された照明光を、入力された画像信号に応じて変調してなる変調光を反射出射する
反射型ライトバルブと、

10

該反射型ライトバルブに入射する前記照明光、および該反射型ライトバルブから出射された変調光を通過させる、縮小側がテレセントリックとされた投写レンズと、

該投写レンズに入射する前記照明光と、該投写レンズから出射された変調光の光路を分離する偏光分離手段と、
をこの順に配列してなることを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

また、前記投写レンズが、以下の条件式 (1) を満足することが好ましい。

$$- 1 . 0 < F F / f < 1 . 0 \cdots (1)$$

ただし、

20

$F F$: 前記投写レンズの拡大側焦点位置 (当該投写レンズの最も拡大側のレンズの拡大側面頂点を原点とし、縮小側に向かう方向を正にとる)

f : 前記投写レンズの焦点距離

【 0 0 1 7 】

また、前記反射型ライトバルブが 1 枚で構成され、さらに下記条件式 (2) を満足することが好ましい。

$$B f / f < 0 . 8 \cdots (2)$$

ただし、

$B f$: 前記投写レンズの縮小側バックフォーカス

【 0 0 1 8 】

30

また、前記投写レンズが 4 枚以下のレンズで構成されていることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

また、前記投写レンズの最も縮小側に配置されたレンズの少なくとも 1 面が非球面とされていることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

前記投写レンズを構成する全レンズを通過する光束のうち、光軸に対して垂直方向の有効光束径の最大値が 1 5 m m 以下である場合に、特に有用である。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の投写型表示装置は、前述したいずれかの投写光学系と、

前記照明光を発光するとともに、該照明光の光量均一化を図る照明光学系とを備えたことを特徴とするものである。

40

【発明の効果】

【 0 0 2 2 】

本発明に係る投写光学系によれば、照明光は、まず偏光分離部に入射し、次に投写レンズを全長に亘って通過して反射型ライトバルブに照射される。その一方、変調光 (投写光) は、反射型ライトバルブにて反射出射され、投写レンズを戻るように全長に亘って通過し、偏光分離部において、照明光の光路と分離されて、スクリーン方向に投写される。このように、本発明に係る投写光学系においては、偏光分離部が全ての投写レンズの拡大側 (スクリーン側) に位置することになり、レンズバックを極めて短縮化することができる。レンズバックを極めて短縮化することができれば、レンズバックがテレセントリックと

50

される投写レンズの縮小側に近いレンズの径を小さくすることができるので、投写光学系およびこれを搭載した投写型表示装置のコンパクト化を図ることができる。また、照明光学系からの照明光に対して投写光学系によりテレセントリックな状態が構築されるので、図16において示されるような別途のレンズ115a、115bを設ける必要がなく、投写光学系および投写型光学装置のコンパクト化を促進できる。

【0023】

これにより、装置構成をコンパクトとし得る反射型ライトバルブを用いていることと相俟って、例えば、装置全体を懐中電灯やペンライトのように片手で把持し得る、コンパクトタイプの投写型表示装置とすることが可能である。

【0024】

また、本発明に係る投写光学系において、上記条件式(1)を満足するように構成すれば、投写レンズの前側瞳位置を、投写レンズのうち最も拡大側のレンズおよび、このレンズから偏光分離部にかけての領域に設定し易くなるので、投写レンズのうち縮小側に近いレンズの径を小さくしつつ、偏光分離部における偏光分離特性を良好なものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施例1に係る投写光学系の構成を表す図である。

【図2】本発明の実施例2に係る投写光学系の構成を表す図である。

【図3】本発明の実施例3に係る投写光学系の構成を表す図である。

【図4】本発明の実施例4に係る投写光学系の構成を表す図である。

【図5】本発明の実施例5に係る投写光学系の構成を表す図である。

【図6】本発明の実施例6に係る投写光学系の構成を表す図である。

【図7】本発明の実施例7に係る投写光学系の構成を表す図である。

【図8】実施例1に係る投写光学系の諸収差図である。

【図9】実施例2に係る投写光学系の諸収差図である。

【図10】実施例3に係る投写光学系の諸収差図である。

【図11】実施例4に係る投写光学系の諸収差図である。

【図12】実施例5に係る投写光学系の諸収差図である。

【図13】実施例6に係る投写光学系の諸収差図である。

【図14】実施例7に係る投写光学系の諸収差図である。

【図15】本発明の実施形態に係る投写型表示装置の主要部の概略構成を表す図である。

【図16】従来例に係る投写型表示装置の主要部の概略構成を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ説明する。

【0027】

図15は、本発明の実施形態に係る投写型表示装置を説明するための概略図である。

この装置は、3色LED光源11a～c、該光源11a～cから出射された各照明光を合成するダイクロイックミラー12a、b、光量均一化手段としてのフライアイインテグレート13a、b、および振動面が直交する2つの直線偏光の一方を他方に揃えて出射する偏光変換素子(櫛型フィルタ)14よりなる照明光学系20と、偏光分離手段としての偏光分離プリズム(PBS:以下同じ)1、複数枚のレンズ(L₁～L₄)よりなる投写レンズ2、および反射型液晶表示素子(LCOS:以下同じ)3よりなる投写光学系10と、を備えてなる。

【0028】

すなわち照明光学系20は、R、G、Bの3色を合成してなる所定の直線偏光を出力する従来より知られている照明光学系であり、この所定の直線偏光の偏光方向が、PBS1の偏光分離面1Pにおいて、略100%反射されるように設定されている。

【0029】

10

20

30

40

50

また、投写光学系 10 は、前述したように P B S 1、投写レンズ 2 および L C O S 3 という特徴的な配置とされている。すなわち、照明光学系 20 からの照明光は、P B S 1 で反射され、投写レンズ 2 を、その全長に亘り通過して L C O S 3 に照射される一方、L C O S 3 により変調されるとともに逆位相の直線偏光に変換される（直線偏光の位相が 180 度回転される）。変調光は、直線偏光の位相が逆位相に変換されているので、この L C O S 3 から反射出射され、投写レンズ 2 を、その全長に亘って通過した後、P B S 1 の偏光分離面 1 P を透過することになり、図示されないスクリーン上に投写される。なお、L C O S 3 における照明光の変調は入力された所定の画像信号に基づいてなされるものであり、これにより変調光に担持された画像情報がスクリーン上に拡大投写されることになる。

【0030】

10

このように、本実施形態に係る投写光学系では、照明光は、まず P B S 1 に入射し、次に投写レンズ 2 を通過して L C O S 3 に照射される。その一方、変調光は、L C O S 3 から反射出射され、投写レンズ 2 を通過し、P B S 1 において、照明光の光路と分離されて、スクリーン方向に進む。したがって、本実施形態の投写光学系においては、P B S 1 が全ての投写レンズ 2 の拡大側（スクリーン側）に位置することになり、投写レンズ 2 と L C O S 3 の距離を短縮することができる。この距離を短縮することができれば、投写レンズ 2 の縮小側バックをテレセントリックとしつつ、投写レンズ 2 のうち縮小側のレンズ L₄ の径を小さくすることができる。これにより、投写光学系およびこれを搭載した投写型表示装置のコンパクト化を図ることができる。

【0031】

20

また、上記投写光学系 10 は、下記条件式（1）を満足することが好ましい。

$$-1.0 < FF/f < 1.0 \cdots (1)$$

ただし、

FF：投写レンズ 2 の拡大側焦点位置（投写レンズ 2 の最も拡大側のレンズ L₁ の拡大側面頂点を原点とし、縮小側に向かう方向を正にとる）

f：投写レンズ 2 の焦点距離

【0032】

すなわち、上記条件式（1）を満足することにより、投写レンズ 2 の拡大側瞳位置を、投写レンズ 2 のうち最も拡大側のレンズ L₁ および、このレンズ L₁ から P B S 1 にかけての領域付近に設定し易くなるので、投写レンズ 2 の最も縮小側のレンズ L₄ の径を小さくしつつ、P B S 1 における偏光分離特性を良好なものとすることができる。このことを、より具体的に説明するならば、P B S 1 の近傍に、縮小側がテレセントリックな投写レンズの拡大側焦点位置を配置することで、反射型ライトバルブの各画素への照明光や反射型ライトバルブの各画素からの投写光が P B S 内で略平行光束となるため、一定の角度内での分離特性が均一化された偏光分離特性を維持することができる、ということである。

30

【0033】

そして、このことにより、画面内の輝度むらや色むらの発生を抑制することができる。

また、P B S 1 の近傍に、縮小側がテレセントリックな投写レンズの拡大側焦点位置を配置することにより、光束が最も集まり、有効光束領域が小さくなる部分に、コスト的にも重量的にも大きなウエイトを占める P B S を配置することができ、この P B S を小サイ

40

【0034】

この条件式の範囲を外れると、投写レンズの縮小側に近いレンズの径が大型化するとともに、P B S 1 における偏光分離特性が劣化する。

【0035】

このような観点から、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い。

$$-0.5 < FF/f < 0.6 \cdots (1')$$

【0036】

さらに、上記条件式（1'）に替えて、下記条件式（1''）を満足することがより好

50

ましい。

$$-0.25 < FF/f < 0.45 \cdots (1')$$

【0037】

また、上記投写光学系10において、LCOS3が1枚(単板)で構成され、さらに下記条件式(2)を満足することが好ましい。

$$Bf/f < 0.8 \cdots (2)$$

ただし、

Bf :投写レンズ2の縮小側バックフォーカス

【0038】

LCOS3が単板であれば、投写レンズ2とLCOS3との間に色合成光学系を挿入する必要がなく、この条件式(2)の範囲とすることが容易となり、また実際にこの範囲を満足することにより投写光学系のコンパクト化を図ることができる。

【0039】

さらに、このような観点から、また光学系の組立て作業性等をも併せて考慮すると、上記条件式(2)に替えて、下記条件式(2')を満足することがより好ましい。

$$0.05 < Bf/f < 0.50 \cdots (2')$$

【0040】

また、投写レンズ2の構成枚数としては、携帯性に優れたハンディタイプのプロジェクタとする場合には、レンズ枚数を制限することによるコンパクト化が必須となることから、4枚以下であることが望ましい。すなわち、実用上、4枚(実施例1を参照)、3枚(実施例2、3、4、5を参照)または2枚(実施例6、7を参照)とすることが好ましい。

【0041】

また、投写レンズ2の最も縮小側に配置されたレンズの少なくとも1面(図15ではレンズ L_4 の両面)が非球面とされていることが好ましい。これにより、投写光学系において特に重要となる歪曲の収差補正を良好なものとすることができる。また、少ない枚数のレンズにより諸収差をなるべく良好にする、という観点から、他のレンズのうち少なくとも1枚を非球面レンズとすることが好ましい。

【0042】

また、投写レンズ2を構成する全レンズ(図15では、 $L_1 \sim L_4$)を通過する光束のうち、光軸Zに対して垂直方向の有効光束径の最大値が15mm以下であることが好ましい。

【0043】

すなわち、本実施形態においては、このように有効光束径の最大値が15mm以下となるような、例えば、100ルーメン(好ましくは10ルーメン)程度の明るさ(一般的なプロジェクタの明るさに比して(1/10)~(1/100)の明るさ)が確保できるような小型のプロジェクタに使用されることが好ましい。

【0044】

上述したように、本実施形態のものでは、PBS1を投写レンズ2の拡大側(スクリーン側)に配置したことによって多くの利点が得られる反面、光束が投写レンズ2を2回通過することになり、投写レンズの熱的歪が生じ易くなるという課題も発生する。しかしながら、本実施形態の主要用途は前述したように、携帯性に優れたハンディタイプの小型プロジェクタを近距離投影するものであるため、そのような用途には、例えば、100ルーメンの明るさが確保できれば十分と考えられ、そうであれば投写レンズ2を光束が往復しても、熱的歪がほとんど生じない、との本願発明者の知見に基づいてなされたものである。したがって、本発明の投写型光学装置は、このような小型プロジェクタに適用すると極めて有効である。

【実施例】

【0045】

以下、本発明に係る投写レンズの具体的な実施例について説明する。なお、各実施例に

10

20

30

40

50

において、互いに同様の作用効果をなす部材については同一の符号を付している。

【実施例 1】

【0046】

< 4 枚構成態様 >

図 1 に示すように、実施例 1 に係る投写光学系は、拡大側から順に、P B S 1 と、両凸レンズよりなる第 1 レンズ L_1 と、両凹レンズよりなる第 2 レンズ L_2 と、両凸レンズよりなる第 3 レンズ L_3 と、光軸 Z 上で縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状の両面非球面レンズよりなる第 4 レンズ L_4 と、L C O S 3 と、からなる。なお、上記 4 枚のレンズ $L_1 \sim L_4$ により投写レンズ 2 が構成される。

【0047】

10

本実施例のものでは、上記のように構成されているので、コンパクトでありながらより高性能な光学系とすることができる。

【0048】

また、上記第 4 レンズ L_4 の両面の非球面形状は、下記非球面式により規定される。

【0049】

【数 1】

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

20

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 ($i = 3 \sim 12$)

【0050】

実施例 1 に係る投写光学系の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（以下「軸上面間隔」と称す）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 の値を、表 1 の上段に示す。なお、表 1 および以下の表において面番号の数字は拡大側からの順番を表すものであり、面番号の右側に * 印が付された面は非球面とされている。なお、表 1 の面番号 1、2 は P B S 1 の両面を表す。また、表 1 の下段には各非球面を表す非球面係数を示す。さらに、表 1 中で O B J とは、図示されないスクリーンの位置を示すものである（以下の表 2 ~ 7 において同じ）。また、表 1 中で、第 1、2 面は、P B S 1 の両面を示すものである（以下の表 2 ~ 4、6、7 において同じ）。

30

【0051】

【表 1】

面	R	D	Nd	νd
OBJ	∞	81.433		
1	∞	0.509	1.5163	64.1
2	∞	0.020		
3	0.430	0.197	1.6667	48.3
4	-44.302	0.142		
5	-0.504	0.061	1.7618	26.5
6	0.390	0.028		
7	2.957	0.202	1.7725	49.6
8	-0.399	0.231		
9 *	-0.707	0.306	1.6935	53.2
10 *	-0.441	0.260		
11	∞	0.112	1.5163	64.1
12	∞			

*非球面

非球面係数

面	K	A_4	A_6	A_8	A_{10}
9	1.0000	-2.7002E+00	-8.5065E+00	-3.1837E+02	1.7117E+03
10	1.0000	-7.7231E-01	-2.1999E+00	2.2952E+01	-1.7147E+02

【0052】

また、実施例 1 に係る投写光学系は、表 8 に示すように、条件式 (1)、(2)、(1')、(1'')(2')を満足している。

【実施例 2】

【0053】

< 3 枚構成態様の 1 >

実施例 2 に係る投写光学系の構成は、図 2 に示すとおりであり、拡大側から順に、P B S 1 と、拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズよりなる第 1 レンズ L_1 と、両凹レンズよりなる第 2 レンズ L_2 と、光軸 Z 上で縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状の両面非球面レンズよりなる第 3 レンズ L_3 と、L C O S 3 と、からなる。なお、上記 3 枚のレンズ $L_1 \sim L_3$ により投写レンズ 2 が構成される（以下の実施例 3 ~ 5 において同じ）。

【0054】

本実施例のものでは、上記のように構成されているので、コンパクト化と高性能化の両者を達成した光学系とすることができる。

【0055】

上記第 3 レンズ L_3 の両面の非球面形状は、上記非球面式により規定される。

【0056】

実施例 2 に係る投写光学系の各レンズ面の曲率半径 R、軸上面間隔 D、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッペ数 ν_d の値を、表 2 の上段に示す。また、各非球面を表す非球面係数を、表 2 の下段に示す。

【0057】

10

20

30

40

【表 2】

面	R	D	Nd	ν_d
OBJ	∞	88.948		
1	∞	0.556	1.5163	64.1
2	∞	0.056		
3	0.330	0.329	1.6667	48.3
4	3.195	0.049		
5	-0.704	0.067	1.7847	25.7
6	0.631	0.072		
7 *	-2.245	0.560	1.6935	53.2
8 *	-0.367	0.155		
9	∞	0.078	1.5163	64.1
10	∞			

*非球面

非球面係数

面	K	A_3	A_4	A_5	A_6
7	1.0000	0.0000E+00	-3.2076E+02	1.2092E+04	-2.1134E+05
8	1.0000	0.0000E+00	-2.4130E+01	3.9035E+02	-2.4446E+03

面	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
7	1.8970E+06	-8.5928E+06	1.5325E+07	-1.8095E+05	0.0000E+00	0.0000E+00
8	5.2613E+03	9.2433E+03	-5.7719E+04	6.9011E+04	0.0000E+00	0.0000E+00

【0058】

また、実施例 2 に係る投写光学系は、表 8 に示すように、条件式 (1)、(2)、(1')、(1'')(2')を満足している。

【実施例 3】

【0059】

< 3 枚構成態様の 2 >

実施例 3 に係る投写光学系の構成は、図 3 に示すとおりであり、実施例 2 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 L_1 が両凸レンズとされている点、および第 2 レンズ L_2 が両凹形状の両面非球面レンズとされている点、および第 3 レンズ L_3 が光軸 Z 上において両凸形状の両面非球面レンズとされている点、において相違する。

【0060】

本実施例のものでは、上記のように構成されているので、コンパクト化と高性能化の両者を達成した光学系とすることができる。

【0061】

上記第 2 レンズ L_2 および第 3 レンズ L_3 の両面の非球面形状は、上記非球面式により規定される。

【0062】

実施例 3 に係る投写光学系の各レンズ面の曲率半径 R、軸上面間隔 D、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッペ数 ν_d の値を、表 3 の上段に示す。また、各非球面を表す非球面係数を、表 3 の下段に示す。

【0063】

【表 3】

面	R	D	N _d	ν _d
OBJ	∞	92.448		
1	∞	0.489	1.7725	49.6
2	∞	0.054		
3	0.358	0.262	1.7725	49.6
4	-0.830	0.027		
5 *	-0.356	0.054	1.6030	28.4
6 *	0.287	0.171		
7 *	2.103	0.495	1.4910	57.6
8 *	-0.353	0.158		
9	∞	0.076	1.5163	64.1
10	∞			

*非球面

非球面係数

面	K	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
5	1.0000	0.0000E+00	9.2955E+00	0.0000E+00	-4.3208E+01
6	1.0000	0.0000E+00	4.1338E+00	0.0000E+00	2.4159E+02
7	1.0000	0.0000E+00	-8.1824E+01	2.0885E+03	-2.6514E+04
8	1.0000	0.0000E+00	-2.8981E+01	5.1991E+02	-3.4630E+03

面	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂
5	0.0000E+00	6.1339E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
6	0.0000E+00	2.6738E+03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
7	1.7283E+05	-5.7642E+05	8.1188E+05	-2.2103E+05	0.0000E+00	0.0000E+00
8	7.8392E+03	1.3016E+04	-8.5824E+04	1.0432E+05	0.0000E+00	0.0000E+00

【0064】

実施例 3 に係る投写光学系は、表 8 に示すように、上記条件式 (1)、(2)、(1′)、(1′′)、(2′) を満足するように構成されている。

【実施例 4】

【0065】

< 3 枚構成態様の 3 >

実施例 4 に係る投写光学系の構成は、図 4 に示すとおりであり、実施例 3 のものと略同様の構成とされている。

【0066】

本実施例のものでは、このように構成されているので、コンパクト化と高性能化の両者を達成した光学系とすることができる。

【0067】

上記第 2 レンズ L₂ および第 3 レンズ L₃ の両面の非球面形状は、上記非球面式により規定される。

【0068】

実施例 4 に係る投写光学系の各レンズ面の曲率半径 R、軸上面間隔 D、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッペ数 ν_d の値を、表 4 の上段に示す。また、各非球面を表す非球面係数を、表 4 の下段に示す。

【0069】

10

20

30

40

【表 4】

面	R	D	Nd	νd
OBJ	∞	92.835		
1	∞	0.491	1.7725	49.6
2	∞	0.055		
3	0.351	0.255	1.7725	49.6
4	-1.046	0.031		
5 *	-0.406	0.055	1.6340	23.9
6 *	0.291	0.172		
7 *	1.635	0.492	1.4910	57.6
8 *	-0.355	0.164		
9	∞	0.076	1.5163	64.1
10	∞			

*非球面

非球面係数

面	K	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
5	1.0000	0.0000E+00	7.9777E+00	0.0000E+00	-6.3978E+01
6	1.0000	0.0000E+00	5.4765E+00	0.0000E+00	2.3575E+02
7	1.0000	0.0000E+00	-8.1183E+01	2.0649E+03	-2.5926E+04
8	1.0000	0.0000E+00	-2.8621E+01	5.1128E+02	-3.3913E+03

面	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂
5	0.0000E+00	7.1222E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
6	0.0000E+00	2.9524E+03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
7	1.6823E+05	-5.6249E+05	8.0402E+05	-2.1287E+05	0.0000E+00	0.0000E+00
8	7.6449E+03	1.2641E+04	-8.3000E+04	1.0046E+05	0.0000E+00	0.0000E+00

【0 0 7 0】

実施例 4 に係る投写光学系は、表 8 に示すように、上記条件式 (1)、(2)、(1')、(1'')、(2') を満足するように構成されている。

【実施例 5】

【0 0 7 1】

< 3 枚構成態様の 4 >

実施例 5 に係る投写光学系の構成は、図 5 に示すとおりであり、実施例 3、4 のものと略同様の構成とされているが、主として、偏光分離手段として偏光分離ミラー 1 A が用いられている点、第 2 レンズ L₂ が球面レンズよりなる点、および第 3 レンズ L₃ が光軸 Z 上のみならず、レンズ全体としても両凸形状の両面非球面レンズとされている点において相違する。

【0 0 7 2】

本実施例のものでは、上記のように構成されているので、コンパクト化と高性能化の両者を達成した光学系とすることができる。

【0 0 7 3】

上記第 3 レンズ L₃ の両面の非球面形状は、上記非球面式により規定される。

【0 0 7 4】

実施例 5 に係る投写光学系の各レンズ面の曲率半径 R、軸上面間隔 D、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッペ数 ν_d の値を、表 5 の上段に示す。なお、表 5 の面番号 1、2 は第 1 レンズ L₁ の両面を表すものである。

また、各非球面を表す非球面係数を、表 5 の下段に示す。

【0 0 7 5】

10

20

30

40

50

【表 5】

面	R	D	Nd	νd
OBJ	∞	93.973		
1	0.419	0.234	1.8000	38.8
2	-6.141	0.042		
3	-0.868	0.070	1.4900	56.9
4	0.220	0.263		
5 *	2.132	0.555	1.6768	57.7
6 *	-0.452	0.306		
7	∞	0.082	1.5163	64.1
8	∞			

*非球面

10

非球面係数

面	K	A_4	A_6	A_8	A_{10}
5	1.0000	-1.3313E+00	1.8078E+01	-1.1145E+02	4.9642E+02
6	1.0000	6.3192E-01	2.6294E+00	2.1774E+01	4.8744E+01

【0 0 7 6】

実施例 5 に係る投写光学系は、表 8 に示すように、上記条件式 (1)、(2)、(1')、(1'')、(2') を満足するように構成されている。

20

【実施例 6】

【0 0 7 7】

< 2 枚構成態様の 1 >

実施例 6 に係る投写光学系の構成は、図 6 に示すとおりであり、拡大側から順に、PBS 1 と、全体として、拡大側に凸面を向けたメニスカス形状の両面非球面レンズよりなる第 1 レンズ L_1 と、全体として、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状の両面非球面レンズよりなる第 2 レンズ L_2 と、LCOS 3 と、からなる。なお、上記 2 枚のレンズ L_1 、 L_2 により投写レンズ 2 が構成される（以下の実施例 7 において同じ）。

【0 0 7 8】

30

本実施例のものでは、上記のように構成されているので、よりコンパクトな光学系とすることができる。

【0 0 7 9】

上記第 1 レンズ L_1 および上記第 2 レンズ L_2 の両面の非球面形状は、上記非球面式により規定される。

【0 0 8 0】

実施例 6 に係る投写光学系の各レンズ面の曲率半径 R 、軸上面間隔 D 、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッペ数 ν_d の値を、表 6 の上段に示す。また、各非球面を表す非球面係数を、表 6 の下段に示す。

【0 0 8 1】

40

【表 6】

面	R	D	Nd	ν_d
OBJ	∞	93.050		
1	∞	0.372	1.7725	49.6
2	∞	0.047		
3 *	0.252	0.317	1.4910	57.6
4 *	0.343	0.238		
5 *	-0.439	0.419	1.6935	53.2
6 *	-0.301	0.140		
7	∞	0.065	1.5163	64.1
8	∞			

*非球面

非球面係数

面	K	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
3	1.0000	0.0000E+00	-1.1970E+00	0.0000E+00	7.5317E+00
4	1.0000	0.0000E+00	1.4854E+01	0.0000E+00	9.0112E+02
5	1.0000	0.0000E+00	-8.9033E+01	2.8289E+03	-4.9693E+04
6	1.0000	0.0000E+00	-2.9011E+01	7.0284E+02	-5.7191E+03

面	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂
3	0.0000E+00	-7.1864E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	0.0000E+00	1.9374E+03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
5	4.6202E+05	-2.2547E+06	4.6257E+06	-9.0158E+05	0.0000E+00	0.0000E+00
6	1.5595E+04	3.3225E+04	-2.5999E+05	3.8752E+05	0.0000E+00	0.0000E+00

【0082】

また、実施例 6 に係る投写光学系は、表 8 に示すように、条件式 (1)、(2)、(1')、(1'')(2')を満足している。

【実施例 7】

【0083】

< 2 枚構成態様の 2 >

実施例 7 に係る投写光学系の構成は、図 7 に示すとおりであり、実施例 6 のものと略同様の構成とされている。

【0084】

本実施例のものでは、このように構成されているので、よりコンパクトな光学系とすることができる。

【0085】

上記第 1 レンズ L₁ および上記第 2 レンズ L₂ の両面の非球面形状は、上記非球面式により規定される。

【0086】

実施例 7 に係る投写光学系の各レンズ面の曲率半径 R、軸上面間隔 D、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアッペ数 ν_d の値を、表 7 の上段に示す。また、各非球面を表す非球面係数を、表 7 の下段に示す。

【0087】

10

20

30

40

【表 7】

面	R	D	Nd	νd
OBJ	∞	94.516		
1	∞	0.350	1.7725	49.6
2	∞	0.047		
3 *	0.235	0.284	1.4910	57.6
4 *	0.218	0.420		
5 *	-5.921	0.244	1.4910	57.6
6 *	-0.302	0.144		
7	∞	0.066	1.5163	64.1
8	∞			

*非球面

非球面係数

面	K	A_3	A_4	A_5	A_6
3	1.0000	0.0000E+00	5.4419E+00	-9.6769E+01	3.9447E+02
4	1.0000	0.0000E+00	3.7770E+01	3.7578E+02	-1.4389E+04
5	1.0000	0.0000E+00	-5.7180E+01	1.4616E+03	-1.7364E+04
6	1.0000	0.0000E+00	-3.1269E+01	7.2421E+02	-5.4986E+03

面	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
3	3.1801E+02	-2.6516E+03	-8.4628E+03	-2.4370E+04	0.0000E+00	0.0000E+00
4	8.7280E+04	8.9046E+05	-7.2305E+06	-1.3024E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
5	1.1300E+05	-4.2516E+05	8.8331E+05	-7.8461E+05	0.0000E+00	0.0000E+00
6	1.3675E+04	3.1105E+04	-2.2210E+05	3.2725E+05	0.0000E+00	0.0000E+00

【 0 0 8 8 】

また、実施例 7 に係る投写光学系は、表 8 に示すように、条件式 (1)、(2)、(1')、(1'')(2')を満足している。

【 0 0 8 9 】

また、図 8 ~ 14 は、実施例 1 ~ 7 に係る投写光学系の諸収差（球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差）を示す収差図である。これらの収差図において、 ω は半画角を示し、球面収差の収差図には d 線、F 線および C 線の収差曲線を示し、倍率色収差の収差図には d 線に対する F 線（点線：以下同じ）および C 線（2 点鎖線：以下同じ）の収差曲線を示している。図 8 ~ 14 に示すように、実施例 1 ~ 7 に係る投写光学系は、歪曲収差や倍率色収差をはじめ各収差が良好に補正されている。

【 0 0 9 0 】

【表 8】

	条件式(1)、 (1')、(1'')	条件式 (2)、(2')
実施例1	0.11	0.33
実施例2	0.12	0.21
実施例3	-0.13	0.21
実施例4	-0.12	0.21
実施例5	0.26	0.36
実施例6	0.29	0.18
実施例7	0.19	0.19

10

20

30

40

50

【 0 0 9 1 】

なお、本発明の投写光学系としては、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 およびレンズ間隔（もしくはレンズ厚） D を適宜変更することが可能である。

【 0 0 9 2 】

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、本発明の投写光学系を備えた種々の装置構成が可能である。ライトバルブとしては、反射タイプのものであればよく、例えば、上記反射型液晶表示素子（ $LCOS$ ）に替えて、傾きを変えることができる微小な鏡が略平面上に多数形成された微小ミラー素子（例えば、テキサス・インスツルメント社製のデジタルマイクロミラーデバイス）を用いることができる。また、照明光学系としても、ライトバルブの種類に対応した適切な構成を採用することができる。

10

【 0 0 9 3 】

また、上述した偏光分離面と反射型液晶表示素子との間の光路中にミラー等が配設されている場合にも、上記実施形態のものと実質的に同じ作用を奏するのであれば、上記実施形態に含まれるものである。

【 0 0 9 4 】

また、上記実施形態においては、偏光分離手段において、照明光を反射する一方変調光を透過して、両者の光路を分離するようにしているが、照明光を透過する一方変調光を反射するようにして両者の光路を分離してもよい。

20

【 0 0 9 5 】

また、投写レンズを構成するレンズの枚数は4枚以下とすることが好ましいが、レンズ枚数を5枚以上としたものに、本発明を適用することは勿論可能である。

【 0 0 9 6 】

また、前記光源部の発光体としては、半導体レーザーなどの他の発光体を用いることが可能であり、これにより装置のコンパクト化を図ることができる。勿論、他の種類のレーザーや他の種類の光源を用いることも可能である。

【 0 0 9 7 】

なお、照明光は、光源から出射される段階で直線偏光であってもよいし、図15に示すように、光源から出射された後に直線偏光に変換されるようにしてもよい。

30

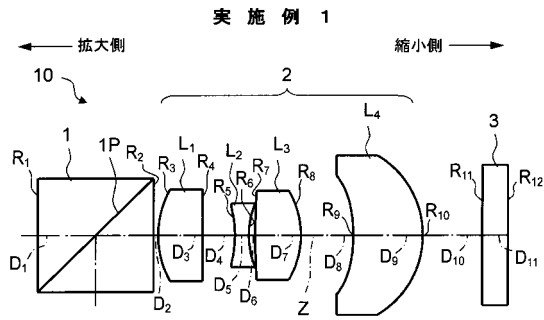
【 符号の説明 】

【 0 0 9 8 】

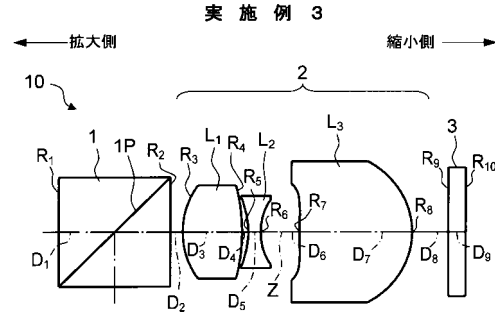
- 1、101 偏光分離プリズム（ PBS ）
- 1A 偏光分離ミラー
- 2、102 投写レンズ
- 3、103 反射型液晶表示素子（ $LCOS$ ）
- 10、110 投写光学系
- 11a～11c、111a～111c 3色LED光源
- 12a、12b、112a、112b ダイクロイックミラー
- 13a、13b、113a、113b フライアイインテグレータ
- 14、114 偏光変換素子（楕型フィルタ）
- 20、120 照明光学系
- $L_1 \sim L_4$ レンズ
- $R_1 \sim R_{10}$ レンズ面等の曲率半径
- $D_1 \sim D_9$ 軸上面間隔
- Z 光軸

40

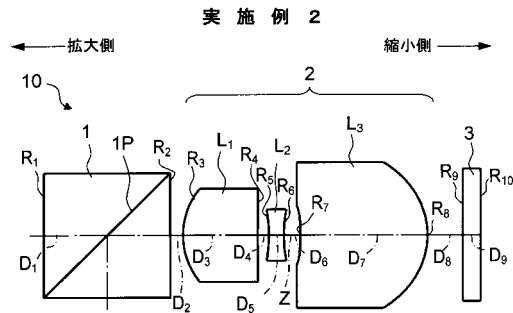
【図 1】



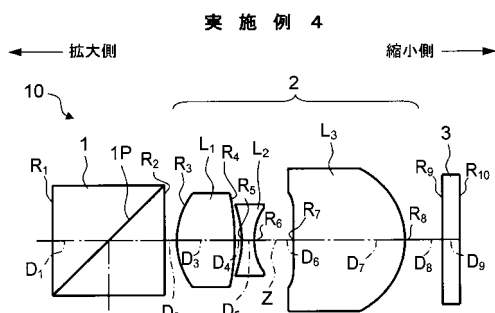
【図 3】



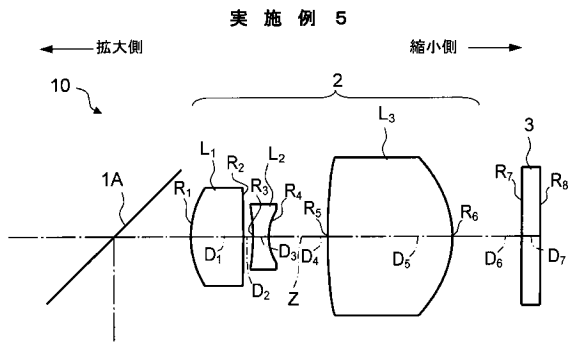
【図 2】



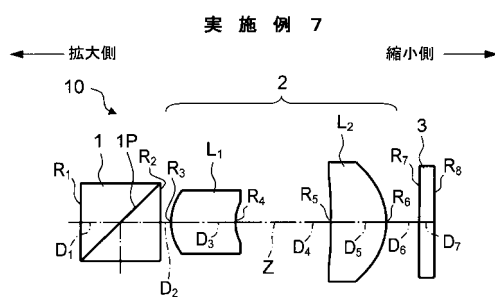
【図 4】



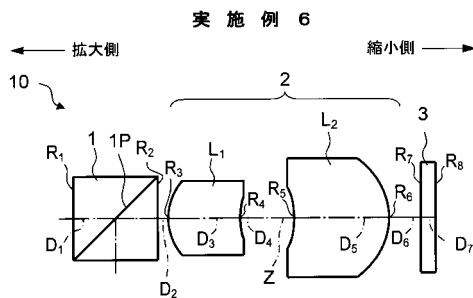
【図 5】



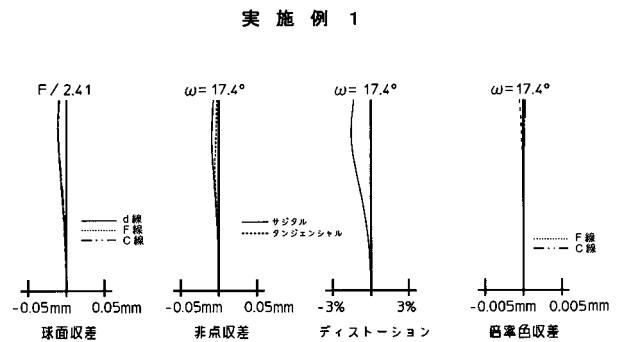
【図 7】



【図 6】

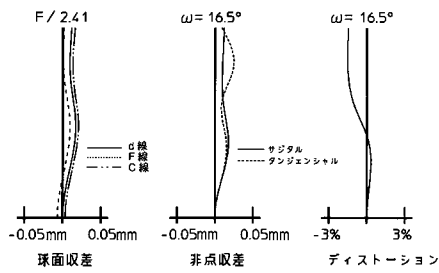


【図 8】



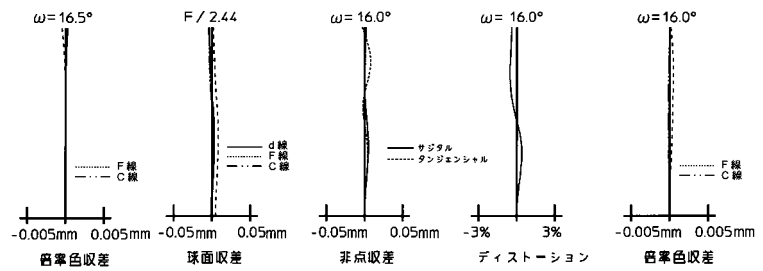
【図 9】

実施例 2



【図 11】

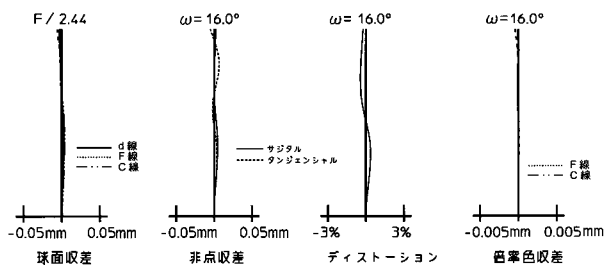
実施例 4



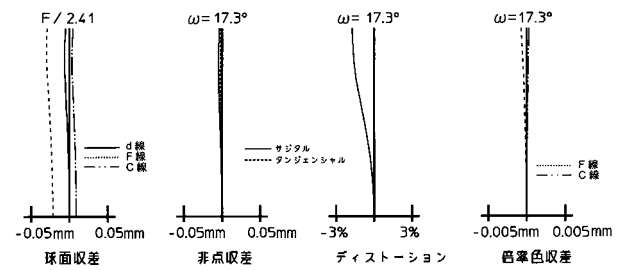
【図 12】

【図 10】

実施例 3

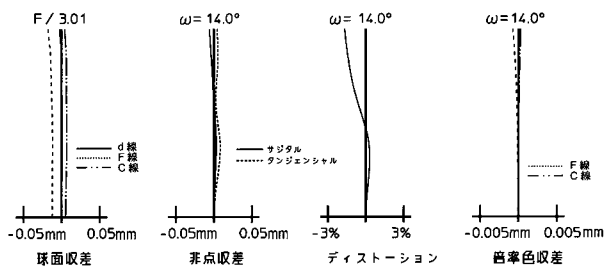


実施例 5



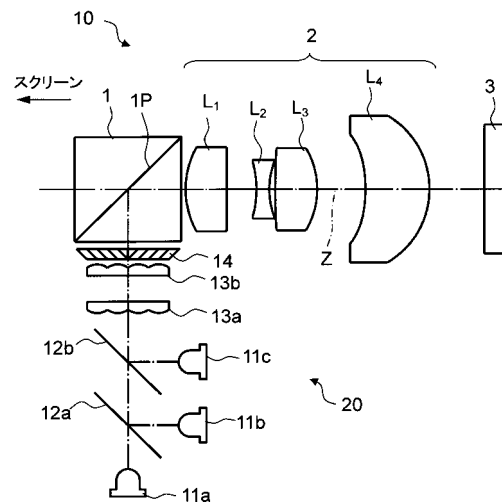
【図 13】

実施例 6



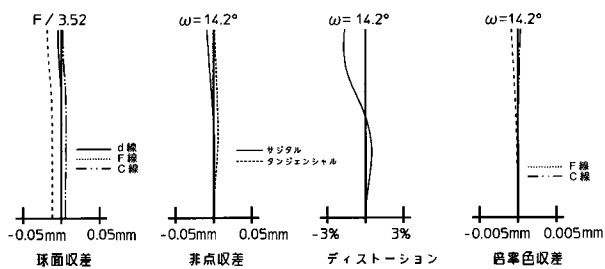
【図 15】

本実施形態



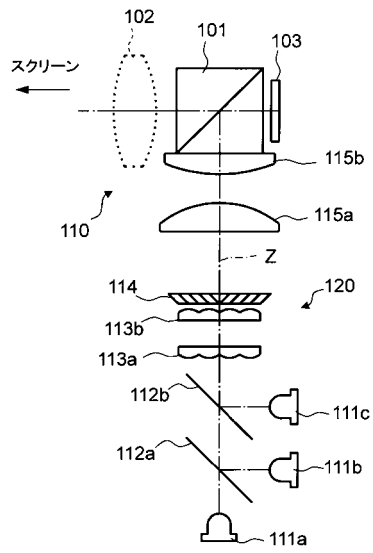
【図 14】

実施例 7



【図 16】

従 来 例



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平4 - 3 2 6 3 1 5 (J P , A)
特開平5 - 2 0 3 8 7 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4