

(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2010-244017

(P2010-244017A)

(43) 公開日 平成22年10月28日(2010.10.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
GO2B 17/08 (2006.01)	GO2B 17/08 A	2H087
GO2B 13/18 (2006.01)	GO2B 13/18	2H191
GO3B 21/10 (2006.01)	GO3B 21/10 Z	2K103
GO3B 21/14 (2006.01)	GO3B 21/14 D	
GO2F 1/1335 (2006.01)	GO2F 1/1335	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2010-15620 (P2010-15620)
 (22) 出願日 平成22年1月27日(2010.1.27)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-65604 (P2009-65604)
 (32) 優先日 平成21年3月18日(2009.3.18)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100083840
 弁理士 前田 実
 (74) 代理人 100116964
 弁理士 山形 洋一
 (74) 代理人 100135921
 弁理士 篠原 昌彦
 (72) 発明者 桑田 宗晴
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 笹川 智広
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

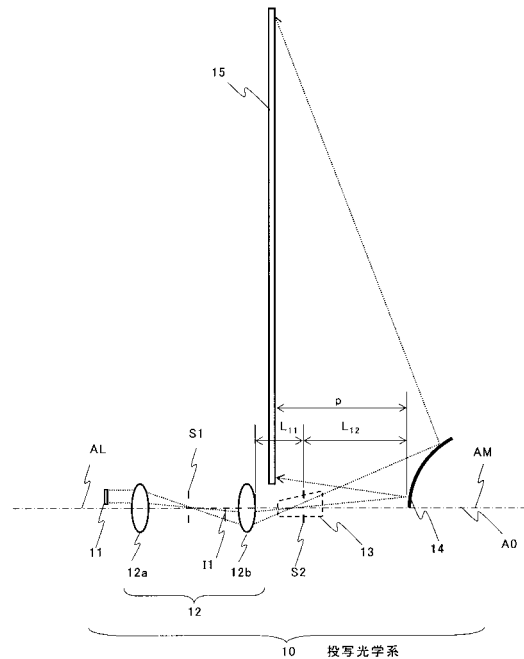
(54) 【発明の名称】 投写光学系及び画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 画像表示装置の桁高さを小さくすることを可能にする投写光学系、並びに、桁高さの小さい画像表示装置を提供する。

【解決手段】 画像表示装置はスクリーン15と投写光学系10とを有し、投写光学系10は、画像表示パネル11側から順に配置された、複数のレンズを含むレンズ系12と、一つの凸面ミラー14とを有し、レンズ系12出射後から凸面ミラー14に入射するまでの光路中に配置された絞りS2を有する。

【選択図】 図5



実施の形態1の内部構成(平面ミラーを備えない場合)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明光を変調することにより画像を形成する画像表示パネルからの光束を、スクリーンに対して斜め方向から拡大投写する投写光学系において、

前記画像表示パネル側から順に配置された、複数のレンズを含むレンズ系と、1つの凸面ミラーとを有し、

前記レンズ系出射後から前記凸面ミラーに入射するまでの光路中に配置された絞りを有する

ことを特徴とする投写光学系。

【請求項 2】

照明光を変調することにより画像を形成する画像表示パネルからの光束を、スクリーンに対して斜め方向から拡大投写する投写光学系において、

前記画像表示パネル側から順に配置された、複数のレンズを含むレンズ系と、1つの凸面ミラーとを有し、

前記レンズ系は、収束した状態の光束を出射し、

前記収束した状態の光束は前記レンズ系出射後から前記凸面ミラーに入射するまでの光路中で一旦収束した後、発散した状態で前記凸面ミラーに入射する

ことを特徴とする投写光学系。

【請求項 3】

前記レンズ系は、前記画像表示パネル側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、レンズ系絞りと、正のパワーを有する第2レンズ群とを含み、前記レンズ系出射後から前記凸面ミラーに入射するまでの光路中に配置された前記絞りと、前記レンズ系絞りとが共役の関係となるように構成したことを特徴とする請求項1に記載の投写光学系。

【請求項 4】

前記レンズ系は、前記画像表示パネル側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、レンズ系絞りと、正のパワーを有する第2レンズ群とを含み、前記レンズ系出射後から前記凸面ミラーに入射するまでの光束の収束点の位置と、前記レンズ系絞りの位置とが略共役の関係となるように構成したことを特徴とする請求項2に記載の投写光学系。

【請求項 5】

前記レンズ系は、前記レンズ系絞りから前記第2レンズ群までの間に、前記第1レンズ群による前記画像表示パネルの中間像が形成され、前記画像表示パネル側がテレセントリックであるように、構成されることを特徴とする請求項3又は4に記載の投写光学系。

【請求項 6】

前記レンズ系は、前記レンズ系絞りから前記中間像までの間に、さらに第3レンズ群を含み、前記第3レンズ群は、レンズ系絞り側から順に、少なくとも1枚の負のパワーのレンズと、少なくとも1枚の正のパワーのレンズと、少なくとも1枚の負のパワーのレンズとから構成されることを特徴とする請求項5に記載の投写光学系。

【請求項 7】

前記レンズ系は、前記画像表示パネル側から順に、レンズ系絞りと、正のパワーを有する第1レンズ群と、正のパワーを有する第2レンズ群とを含み、前記レンズ系出射後から前記凸面ミラーに入射するまでの光路中に配置された前記絞りと、前記レンズ系絞りとが共役の関係となるように構成したことを特徴とする請求項1に記載の投写光学系。

【請求項 8】

前記レンズ系は、前記画像表示パネル側から順に、レンズ系絞りと、正のパワーを有する第1レンズ群と、正のパワーを有する第2レンズ群とを含み、前記レンズ系出射後から前記凸面ミラーに入射するまでの光束の収束点の位置と、前記レンズ系絞りの位置とが略共役の関係となるように構成したことを特徴とする請求項2に記載の投写光学系。

【請求項 9】

前記レンズ系は、前記第1レンズ群から前記第2レンズ群までの間に、前記第1レンズ群による前記画像表示パネルの中間像が形成され、前記画像表示パネル側が非テレセント

10

20

30

40

50

リックであるように、構成されることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の投写光学系。

【請求項 10】

前記第 2 レンズ群を構成するレンズ又は前記第 3 レンズ群を構成するレンズは、前記変調光の光束が通過しない部分を切り欠いたレンズを少なくとも 1 つ含むことを特徴とする請求項 3 乃至 9 の何れか 1 項に記載の投写光学系。

【請求項 11】

前記中間像を形成する前記第 1 レンズ群の結像倍率は、拡大倍率であることを特徴とする請求項 3 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の投写光学系。

【請求項 12】

前記レンズ系出射後から前記凸面ミラーに入射するまでの光路中に配置された平面ミラーをさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載の投写光学系。 10

【請求項 13】

前記凸面ミラーの光反射面は、非球面形状又は自由曲面形状であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか 1 項に記載の投写光学系。

【請求項 14】

前記画像表示パネルは、前記レンズ系の光軸を基準にして前記中間像が形成される側と反対側に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 13 の何れか 1 項に記載の投写光学系。

【請求項 15】

前記レンズ系は、前記凸面ミラーで発生する像面湾曲を打ち消す像面湾曲を発生させるように構成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 14 の何れか 1 項に記載の投写光学系。 20

【請求項 16】

前記レンズ系は、前記凸面ミラーで発生する歪曲を打ち消す歪曲を発生させるように構成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 15 の何れか 1 項に記載の投写光学系。

【請求項 17】

請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の投写光学系と、
前記投写光学系から出射される光束が投写されるスクリーンと
を有することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 18】

請求項 3 に記載の投写光学系と、 30
前記投写光学系から出射される光束が投写されるスクリーンと
前面に前記スクリーンを備え、内部に前記投写光学系を収納する筐体とを有し、
前記投写光学系の前記平面ミラーは、前記スクリーンの下側であって、前記凸面ミラー
から前記スクリーンに向かう光束より下側に配置された
ことを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、小型の画像表示パネルから出射された変調光を拡大投写する投写光学系、及び、この投写光学系を含む画像表示装置に関するものである。 40

【背景技術】

【0002】

大画面の画像表示装置を安価に実現する方式として、投写型（リアプロジェクション型）の画像表示装置が知られている。しかし、投写型の画像表示装置は、投写光路を確保する空間を必要とするので、装置の奥行き及び高さが大きくなるという問題があった。この対策として、レンズ系とパワーミラーとを含む投写光学系からの投写光を投影面（スクリーン面）に対し垂直ではなく斜めに投写することによって、装置の奥行き寸法又は高さ寸法を小さくする提案がある。

【0003】

例えば、特許文献 1（図 4、5 など）には、レンズ系から出射した変調光をパワーミラ 50

ーに入射する前に平面ミラーで水平方向に折り曲げることにより、画像表示装置の奥行き寸法を小さくすることが記載されている。

【0004】

また、特許文献2(図2, 4など)には、レンズ系から出射した変調光を凸面ミラーに入射する前に平面ミラーで上方向に折り曲げることにより、画像表示装置の奥行き寸法及び高さ寸法を小さくすることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-323047号公報

10

【特許文献2】特開2007-94405号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来の投写光学系においては、レンズ系出射後から凸面ミラーに入射するまでの光路において光束は常に発散状態であるので、レンズ系出射後から凸面ミラーに入射するまで変調光と他の構成(例えば、スクリーンの下端)と干渉しないように配置するためには、画像表示装置のスクリーン下側に大きなスペースを確保することが必要となり、画像表示装置の高さ寸法(スクリーン下側の部分の袴高さ)を十分に小さくすることができないという問題があった。

20

【0007】

また、特許文献1に記載の画像表示装置の投写光学系においては、レンズ系から出射されパワーミラーに入射する変調光は大きく発散しているため、変調光を折り曲げる平面ミラーのサイズは非常に大きくなる。そして、サイズの大きな平面ミラーをパワーミラーからスクリーンに向かう変調光と干渉しないように配置するためには、画像表示装置の筐体内のスクリーン下側に大きなスペースを確保することが必要となり、画像表示装置の高さ寸法(スクリーン下側の部分の袴高さ)を十分に小さくすることができないという問題があった。

【0008】

また、特許文献2に記載の画像表示装置の投写光学系においては、レンズ系から出射され凸面ミラーに入射する変調光は発散しているため、変調光を折り曲げる平面ミラーのサイズが大きくなること、及び、平面ミラーにより変調光を上方に折り曲げる構成とすることから、画像表示装置の高さ寸法(スクリーン下側の部分の袴高さ)を十分に小さくすることができないという問題があった。

30

【0009】

そこで、本発明は、上記従来技術の課題を解決するためになされたものであり、その目的は、画像表示装置の袴高さを小さくすることを可能にする投写光学系、並びに、袴高さの小さい画像表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の投写光学系は、照明光を変調することにより画像を形成する画像表示パネルからの光束を、スクリーンに対して斜め方向から拡大投写する投写光学系において、前記画像表示パネル側から順に配置された、複数のレンズを含むレンズ系と、1つの凸面ミラーとを有し、前記レンズ系出射後から前記凸面ミラーに入射するまでの光路中に配置された絞りを有すること特徴としている。

40

【0011】

また、本発明の他の投写光学系は、照明光を変調することにより画像を形成する画像表示パネルからの光束を、スクリーンに対して斜め方向から拡大投写する投写光学系において、前記画像表示パネル側から順に配置された、複数のレンズを含むレンズ系と、1つの凸面ミラーとを有し、前記レンズ系は、収束した状態の光束を出射し、前記収束した状態

50

の光束は前記レンズ系出射後から前記凸面ミラーに入射するまでの光路中で一旦収束した後、発散した状態で前記凸面ミラーに入射することを特徴としている。

【0012】

また、本発明の画像表示装置は、前記投写光学系のいずれかと、前記投写光学系から出射される変調光の光束が投写されるスクリーンとを有することを特徴としている。

【発明の効果】

【0013】

本発明の投写光学系によれば、レンズ系は、収束した状態の光束を出射し、収束した状態の光束はレンズ系出射後から凸面ミラーに入射するまでの光路中で一旦収束した後、発散した状態で凸面ミラーに入射するので、画像表示装置の袴高さを小さくすることができるという効果がある。また、本発明の画像表示装置によれば、レンズ系は、収束した状態の光束を出射し、収束した状態の光束はレンズ系出射後から凸面ミラーに入射するまでの光路中で一旦収束した後、発散した状態で凸面ミラーに入射するので、袴高さが小さくなるという効果がある。

10

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】比較例の画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）を概略的に示す図である。

【図2】比較例の画像表示装置の投写光学系の構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の構成）を拡大して示す図である。

20

【図3】比較例の画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えた場合の内部構成）を概略的に示す平面図である。

【図4】比較例の画像表示装置の内部構成を図3のD4方向に見る概略的な側面図である。

【図5】本発明の実施の形態1に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。

【図6】実施の形態1に係る画像表示装置の内部構成の一例を概略的に示す平面図である。

【図7】実施の形態1に係る画像表示装置の内部構成を図6のD7方向に見る概略的な側面図である。

30

【図8】実施の形態1に係る画像表示装置の投写光学系における結像関係の一例を示す図である。

【図9】凸面ミラーにより生じる像面湾曲の一例を示す図である。

【図10】凸面ミラーにより生じる像面湾曲の補正方法の一例を示す図である。

【図11】凸面ミラーにより生じる歪曲の一例を示す図である。

【図12】レンズ系により生じる歪曲の一例を示す図である。

【図13】投写光学系に光を照射する照明装置の一例を示す図である。

【図14】本発明の実施の形態2に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。

【図15】実施の形態2に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えた場合の内部構成）の一例を概略的に示す平面図である。

40

【図16】本発明の実施の形態3に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。

【図17】実施の形態3に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えた場合の内部構成）の一例を概略的に示す平面図である。

【図18】レンズ系の光軸と凸面ミラーの光軸とのなす角度が略直角の場合の平面ミラーサイズを示す平面図である。

【図19】レンズ系の光軸と凸面ミラーの光軸とのなす角度が鋭角の場合の平面ミラーサイズを示す平面図である。

【図20】レンズ系の光軸と凸面ミラーの光軸とのなす角度が略直角の場合の平面ミラー

50

サイズを示す側面図である。

【図 2 1】レンズ系の光軸と凸面ミラーの光軸とのなす角度が鋭角の場合の平面ミラーサイズを示す側面図である。

【図 2 2】本発明の実施の形態 4 に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。

【図 2 3】実施の形態 4 に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えた場合の内部構成）の一例を概略的に示す平面図である。

【図 2 4】実施の形態 2 に係る投写光学系の数値例 1 の数値構成例を示す図である。

【図 2 5】実施の形態 2 に係る投写光学系の数値例 1 の非球面データを示す図である。

【図 2 6】実施の形態 2 に係る投写光学系に数値例 1 を適用した場合の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。

【図 2 7】実施の形態 2 に係る投写光学系に数値例 1 を適用した場合の内部構成（平面ミラーを備えた場合の内部構成）の一例を概略的に示す平面図である。

【図 2 8】実施の形態 2 に係る投写光学系に数値例 1 を適用した場合のレンズ構成を示す図である。

【図 2 9】実施の形態 2 に係る投写光学系に数値例 1 を適用した場合のディストーションを示す図である。

【図 3 0】実施の形態 2 に係る投写光学系に数値例 1 を適用した場合のスポットダイアグラムを示す際のスクリーン上の位置を示す図である。

【図 3 1】実施の形態 2 に係る投写光学系に数値例 1 を適用した場合のスポットダイアグラムを示す図である。

【図 3 2】実施の形態 4 に係る投写光学系の数値例 2 の数値構成例を示す図である。

【図 3 3】実施の形態 4 に係る投写光学系の数値例 2 の非球面データを示す図である。

【図 3 4】実施の形態 4 に係る投写光学系に数値例 2 を適用した場合の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。

【図 3 5】実施の形態 4 に係る投写光学系に数値例 2 を適用した場合の内部構成（平面ミラーを備えた場合の内部構成）の一例を概略的に示す平面図である。

【図 3 6】実施の形態 4 に係る投写光学系に数値例 2 を適用した場合のレンズ構成を示す図である。

【図 3 7】実施の形態 4 に係る投写光学系に数値例 2 を適用した場合の中間像の像面湾曲の状態を示す図である。

【図 3 8】実施の形態 4 に係る投写光学系に数値例 2 を適用した場合のレンズ群による画像表示パネルの像の像面湾曲の状態を示す図である。

【図 3 9】実施の形態 4 に係る投写光学系に数値例 2 を適用した場合のディストーションを示す図である。

【図 4 0】実施の形態 4 に係る投写光学系に数値例 2 を適用した場合のスポットダイアグラムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下に、本発明の実施の形態の説明に用いる比較例の画像表示装置を説明し、その後、本発明の実施の形態 1, 2, 3, 4 を説明する。

【0016】

比較例。

図 1 は、比較例の画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）を概略的に示す図であり、図 2 は、図 1 の比較例の画像表示装置の投写光学系の構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の構成）を拡大して示す図である。図 1 及び図 2 は、比較例の画像表示装置の投写光学系の構成とスクリーン下側の袴高さ H_0 との関係を示すための図であり、平面ミラー 3 による変調光の折り曲げが無いと仮定した場合を示している。また、図 3 は、比較例の画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えた場合の内部構成）を概略的に示す平面図であり、図 4 は、比較例の画像表示装置の内部構

10

20

30

40

50

成を図3のD4方向に見る概略的な側面図である。

【0017】

図1乃至図4に示されるように、比較例の画像表示装置は、画像表示パネル1と、2つのレンズ群及び絞りS0を含み、変調光を発散光として出射するレンズ系2と、レンズ系2から出射された変調光を折り曲げる平面ミラー3と、平面ミラー3からの変調光を拡大投写する凸面ミラー4と、凸面ミラー4からの投写光を受けて画像を表示するスクリーン5とを有している。比較例においては、画像表示パネル1は、図示しない光源からの光を変調して変調光を出射し、この変調光はレンズ系2で屈折され、平面ミラー3で折り曲げられ、凸面ミラー4で反射されてスクリーン5に拡大投写される。レンズ系2においては、光束は一旦レンズ系2内の絞りS0で収束し、その後、発散する。なお、レンズ系2内で中間像を形成する場合も、光束は発散状態でレンズ系2から出射する。

10

【0018】

レンズ系2と凸面ミラー4は、歪曲などの光学性能を確保するために、ある程度距離を離して配置する必要がある。また、レンズ系2の全長を短くするためにはレンズ系2を構成する各レンズ群のパワーを強くしなければならず、レンズ系2における光学的な諸収差を良好に補正することが困難になるので、レンズ系2の全長はある程度大きくする必要がある。このため、図1及び図2に示されるように、平面ミラー3を設けずに、レンズ系2と凸面ミラー4とを直線的に配置する場合には、画像表示パネル1とレンズ系2は、スクリーン5よりも前方（スクリーン5面に対して凸面ミラー4と反対側）に突き出てしまい、画像表示装置の筐体（図4の符号6）のデザイン上好ましくない。したがって、投写光学系を画像表示装置の筐体6内に収納する場合には、図3及び図4に示されるように、レンズ系2出射後から凸面ミラー4に入射するまでの光路中に平面ミラー3を配置し、光路を折り曲げることが望ましい。

20

【0019】

図1乃至図4から理解できるように、比較例においては、レンズ系2出射後から凸面ミラー4に入射するまでの全光路において、光束は発散している。このため、平面ミラー3には、レンズ系2出射時の光束の径よりも大径の光束が入射することになり、平面ミラー3のサイズを大きくする必要がある。しかし、平面ミラー3のサイズを大きくした場合には、凸面ミラー4からスクリーン5に向かう変調光（投写光）と干渉しないように（図2の位置INTにより投写光を遮らずに）、筐体6内に平面ミラー3を配置するために、スクリーン5をより上方（投写光学系から遠ざかる方向）に配置することが必要となり、画像表示装置の袴高さH0が大きくなる。

30

【0020】

画像表示装置の袴高さH0を小さくするためには、平面ミラー3を小さくする、すなわち、図2に示されるように、レンズ系2から凸面ミラー4に向かう光束のうちの最も上側の光線P24と凸面ミラー4からスクリーン5に向かう光束のうちの最も下側の光線P45との交点Xをできるだけ下方にする必要がある。しかし、図2において、スクリーン5を下方に下げると、交点Xは光線P24に沿ってスクリーン5に近づく（交点Xからスクリーン5までの水平距離L5Xは小さくなる）ので、平面ミラー3を凸面ミラー4から離す方向に移動させなければならず、投写光学系がスクリーン5より前方に突き出てしまう。

40

【0021】

また、光線P24の水平方向に対する角度を急峻にする（レンズ系2からの出射光束をより大きく発散させる）場合には、凸面ミラー4のサイズが一定であるという条件下では、交点Xは光線P45に沿って凸面ミラー4の方向に近づく（距離L5Xが大きくなる）が、同時に、レンズ系2と凸面ミラー4間の距離を小さくする必要がある。このため、レンズ系2から交点Xまでの水平距離L2Xを小さくする必要があり、平面ミラー3を配置するためのスペースが確保できなくなる。また、凸面ミラー4のサイズを大きくすると、交点Xは光線P45に沿ってスクリーン5に近づき（距離L5Xが小さくなり）、平面ミラー3がスクリーン5より前方に突き出てしまう。

50

【 0 0 2 2 】

さらに、光線 P 2 4 を下方にシフトするために、レンズ系 2 の径及び凸面ミラー 4 のサイズを小さくする場合には、歪曲などの諸収差の補正が困難になり、適切な光学性能の確保が困難になる。レンズ系 2 の径を小さくせずに、光線 P 2 4 を下方にシフトするためには、レンズ系 2 と凸面ミラー 4 間の距離を小さくする必要があり、そのため、水平距離 L 2 X は小さくなり、平面ミラー 3 を配置するスペースが確保できなくなる。

【 0 0 2 3 】

また、平面ミラー 3 を配置するスペースを確保するために、レンズ系 2 の径及び凸面ミラー 4 のサイズを一定として、レンズ系 2 と凸面ミラー 4 間の距離を大きくすると、交点 X は光線 P 4 5 に沿ってスクリーン 5 に近づき、同時に上方に移動してしまう。また、図 2 において平面ミラー 3 を備えない場合においても、レンズ系 2 から凸面ミラー 4 に向かう発散光束 P 2 4 とスクリーン 5 の下端との干渉を回避するために、レンズ系 2 は、スクリーン 5 の下端よりも下側にある程度下げて配置することが必要である。

【 0 0 2 4 】

以上に説明したように、比較例の画像表示装置においては、レンズ系 2 出射後から凸面ミラー 4 に入射するまでの全光路において、光束は発散しているため、水平距離 L 2 X 及び L 5 X を適切に確保しつつ、交点 X を十分下方に配置することは困難であり、その結果、画像表示装置の袴高さ H 0 を小さくすることは困難である。

【 0 0 2 5 】

実施の形態 1 .

図 5 は、本発明の実施の形態 1 に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。図 6 は、実施の形態 1 に係る画像表示装置の内部構成の一例を概略的に示す平面図であり、図 7 は、実施の形態 1 に係る画像表示装置の内部構成を図 6 の D 7 方向に見る概略的な側面図である。

【 0 0 2 6 】

図 5 乃至図 7 に示されるように、実施の形態 1 に係る画像表示装置は、筐体 1 6 と、筐体 1 6 の内部に設けられた投写光学系 1 0 と、筐体 1 6 の前面に備えられ、投写光学系 1 0 から出射される変調光の光束が投写されるスクリーン 1 5 とを有している。実施の形態 1 においては、投写光学系 1 0 は、筐体 1 6 内のスクリーン 1 5 の下側に配置されており、スクリーン 1 5 の背面側の斜め下側からスクリーン 1 5 に向けて画像情報を持つ変調光を拡大投写する。なお、以下の説明においては、投写光学系 1 0 がスクリーン 1 5 の下側に配置された場合を説明するが、投写光学系 1 0 の位置は、スクリーン 1 5 の下側に限定されず、スクリーン 1 5 の上側、又は、左側、又は、右側のように、スクリーン 1 5 のいずれかの辺に隣接した位置（概ねスクリーン 5 の外側）に配置することができる。また、図 5 においては、平面ミラー 1 3 の設置状態を破線で示しており、レンズ系 1 2 と凸面ミラー 1 4 は平面ミラー 1 3 が無いと仮定した場合の設置状態、すなわち、直線的に設置している場合を示しているが、投写光学系 1 0 の構成は、実際には、図 6 又は図 7 のように平面ミラー 1 3 を含む構成になる。

【 0 0 2 7 】

投写光学系 1 0 は、入力画像信号に応じて変調された変調光を出射する画像表示パネル 1 1 と、画像表示パネル 1 1 から出射された変調光を屈折させて、収束する光束として出射するレンズ系 1 2 と、レンズ系 1 2 から出射された光束（変調光）を折り曲げる平面ミラー 1 3 と、平面ミラー 1 3 で折り曲げられた光束（変調光）を反射して、該光束を拡大投写する凸面ミラー 1 4 とを有している。

【 0 0 2 8 】

レンズ系 1 2 及び凸面ミラー 1 4 は、レンズ系 1 2 から凸面ミラー 1 4 までの光路の途中で光束が収束点で収束し、その後、発散する光束となるように配置されている。また、投写光学系 1 0 は、レンズ系 1 2 から凸面ミラー 1 4 までの光路中に配置された絞り S 2 を有している。絞り S 2 は、平面ミラー 1 2 で折り曲げられる光束が絞り S 2 を通過した光束となるように配置されているが、平面ミラー 1 2 で折り曲げ後に絞り S 2 を通過する

10

20

30

40

50

ように配置してもよい。ただし、絞りと平面ミラー 12 が干渉して絞りが配置できなくなる場合には、絞り S2 を省略することが可能である。すなわち、絞り S2 が配置されるべき「絞り位置」には、機械的な開口を有する部材を実際に配置する必要がない場合もあり、その場合の「絞り位置」とは、絞りが配置されるべき位置近傍であって光束径が最も小さくなる位置を意味する。

【0029】

画像表示パネル 11 としては、例えば、DMD (デジタル・マイクロミラー・デバイス)、透過型又は反射型液晶パネルなどを用いることができる。画像表示パネル 11 の表示面は、その面内に 2 次元の画素構造を有し、画像信号に応じて、各画素単位で照明光を変調することで画像を形成する。実施の形態 1 においては、画像表示パネル 11 は、後述する図 13 の光源からの光を画像信号に応じて変調して変調光を出射する。

10

【0030】

また、レンズ系 12 は、画像表示パネル 11 側に配置された第 1 レンズ群 12a と、凸面ミラー 14 側に配置された第 2 レンズ群 12b と、第 1 レンズ群 12a と第 2 レンズ群 12b との間に配置されたレンズ系内の絞り (以下「レンズ系内絞り」とも言う。) S1 と、を有している。レンズ系 12 においては、第 1 レンズ群 12a からの光束は一旦レンズ系絞り S1 で収束し、その後、発散し、第 2 レンズ群 12b で収束し、収束点以降で発散する。レンズ系絞り S1 を設けずに、レンズ系 12 内で中間像 I1 を形成するように構成してもよく、この場合にも、レンズ系 12 から収束光を出射させることができる。レンズ系 12 からの収束光は、収束点以降では発散光となり、収束点の近傍で平面ミラー 13 により折り曲げられ、凸面ミラー 14 で反射されてスクリーン 15 に拡大投写される。

20

【0031】

背面投写型の画像表示装置を構成する場合には、透過型のスクリーン 15 を用いる。スクリーン 15 としては、光束の入射側から出射側へ順に配置された、主としてフレネルレンズ及びレンチキュラーレンズで構成したものを用いることができる。フレネルレンズは、凸面ミラー 14 からの発散した光束を受け、発散した光束を、平行光化しつつ透過させ、観測者の方向へ光束を偏向させる。レンチキュラーレンズは、その表面に複数のシリンドリカルレンズが形成されており、フレネルレンズからの出射光を受け、水平方向、又は、水平方向と垂直方向の両方向に拡散させて出射し、適切な視野角を確保する。

【0032】

また、画像表示パネル 11 として、透過型液晶パネル又は反射型液晶パネルを用いた場合には、液晶層を透過する光束のうち、表示面の法線に対して平行でない、傾きを持った成分が多くなると、暗い画面を表示する際に漏れ光が多くなり、背景が白浮きしてしまう。実施の形態 1 に係る投写光学系 10 は、画像表示パネル 11 側を略テレセントリックとしているので、画像表示パネル 11 として DMD を用いることができ、また、透過型液晶パネル又は反射型液晶パネルを用いた場合であっても、漏れ光が少なく、コントラストの高い投写画像を表示することができる。

30

【0033】

図 5 及び図 6 において、A0 は、投写光学系の光軸を示し、AL は、光軸 A0 の内の平面ミラー 13 よりも画像表示パネル 11 側の光軸を示し、AM は、光軸 A0 の内の平面ミラー 13 よりも凸面ミラー 14 側の光軸を示す。レンズ系 12 と凸面ミラー 14 とは、共通の光軸 A0 を有する同軸光学系である。レンズ系 12 は、画像表示パネル 11 側に略テレセントリックに構成されている。画像表示パネル 11 及びスクリーン 15 は、画像表示パネル 11 の表示面の法線方向及びスクリーン 15 の投影面の法線方向が、光軸 A0 に対してそれぞれ平行となるように配置されている。また、画像表示パネル 11 の表示面の中心及びスクリーン 15 の中心が、光軸 A0 から上方 (スクリーン 15 側) にシフトして配置されている。すなわち、投写光学系は、光軸 A0 よりも上方に、正倍率にて画像を拡大投写する斜め投写光学系となっている。

40

【0034】

画像表示パネル 11 からの光束は、レンズ系 12 で屈折された後、平面ミラー 13 で反

50

射され、さらに凸面ミラー 14 で反射され、スクリーン 15 に拡大投写される。画像表示パネル 11 の像は、レンズ系 12 内で中間像 I1 を形成した後、最終的にスクリーン 15 上に結像される。ここで、画像表示パネル 11 の中間像 I1 は倒立像（倍率は負）、スクリーン 15 上には正立像（倍率は正）として形成される。

【0035】

次に、投写光学系 10 における結像関係について説明する。第 1 レンズ群 12 a に関しては、画像表示パネル 11 と中間像 I1 とが共役の関係となっている。また、第 2 レンズ群 12 b に関しては、レンズ系絞り S1 と絞り S2 とが共役の関係となっている。また、第 2 レンズ群 12 b と凸面ミラー 14 から成る合成光学系に関しては、中間像 I1 とスクリーン 15 とが共役の関係となっている。また、レンズ系 12 及び凸面ミラー 14 から成る投写光学系全体に関しては、画像表示パネル 11 とスクリーン 15 とが共役の関係となっている。また、凸面ミラー 14 は、レンズ系 12 により形成される画像表示パネル 11 の像を虚物体としてスクリーン 15 に結像させる。

10

【0036】

次に、投写光学系 10 における光束の収束及び発散状態について説明する。第 1 レンズ群 12 a 及び第 2 レンズ群 12 b のそれぞれは、複数のレンズを含み、かつ、それぞれ全体として正のパワーを有する。画像表示パネル 11 を出射し、レンズ系 12 に入射した光束は、第 1 レンズ群 12 a によりレンズ系内絞り S1 において、又は、レンズ系内絞り S1 位置の近傍において、一旦収束した後発散し、その後、画像表示パネル 11 の中間像 I1 が形成される。中間像 I1 を形成した発散光束は、第 2 レンズ群 12 b に入射し、第 2 レンズ群 12 b により絞り S2 において再び収束された後発散し、その後、凸面ミラー 14 に入射する。凸面ミラー 14 に入射した発散光束は、凸面ミラー 14 によりさらに発散され、スクリーン 15 に入射する。

20

【0037】

図 1 乃至図 4 で説明したように、上記比較例の投写光学系においては、レンズ系 2 を出射した光束は単純に拡散するため、光路を折り曲げる平面ミラー 3 のサイズが大きくなり、その結果、画像表示装置の袴高さ H0 が大きくなる。これに対し、実施の形態 1 に係る投写光学系 10 においては、レンズ系 12 出射後から凸面ミラー 14 に入射するまでの光束は、光束径が徐々に小さくなり、一旦絞り S2、又は、絞り S2 位置の近傍において、収束する。よって、レンズ系 12 出射後から凸面ミラー 14 に入射するまでの光路を水平に折り曲げるための平面ミラー 13 を絞り S2 近傍に配置することで、平面ミラー 13 のサイズを垂直方向及び水平方向に十分小さくすることができる。その結果として、凸面ミラー 14 からスクリーン 15 の画像表示領域（スクリーン 15 における画像表示に使用される領域）の最下端に向かう光線と、平面ミラー 13 の上端との干渉が生じず、且つ、平面ミラー 13 がスクリーン 15 よりも前方に突出しないように構成できる。すなわち、実施の形態 1 の投写光学系 10 を用いれば、光軸 A0 よりも上方に配置されるスクリーン 15 の、光軸 A0 からの距離（上方へのシフト量）を小さくすることができ、画像表示装置の投写光学系 10 を配置する部分の高さ（実施の形態 1 においては、袴高さ）H1 の小さい画像表示装置を実現できる。

30

【0038】

なお、図 5 において、凸面ミラー 14 からスクリーン 15 までの光路を、スクリーン 15 に略平行に配置された背面ミラー（図示せず）によって折り返すことにより、さらに薄型化を図ることも可能である。しかし、物理的な配置上の制約から、スクリーン 15 の画像表示領域の下端（下辺）を、凸面ミラー 14 の光反射領域の上端以下に配置することはできない。また、スクリーン 15 の、光軸 A0 からの距離（上方へのシフト量）を一定とすると、背面ミラーを配置する場合には、配置しない場合に比べて、凸面ミラー 14 からスクリーン 15 までの光路長が大きくなる。このため、凸面ミラー 14 からスクリーン 15 の画像表示領域の下端に向かう光線と光軸 A0 とのなす角度が小さくなり、平面ミラー 13 との干渉が生じやすくなる。よって、より画像表示装置の袴高さ H1 を小さくするためには、凸面ミラー 14 からスクリーン 15 までの光路長を小さくし、背面ミラー

40

50

15を配置せずに、画像を凸面ミラー14からスクリーン15に直接投写することが好ましい。

【0039】

図5を参照して説明すると、第2レンズ群12bの最も凸面ミラー14側のレンズ面から絞りS2までの光軸上距離をL11、絞りS1から凸面ミラー14までの光軸上距離をL12、凸面ミラー14からスクリーン15面までの光軸上距離をpとすると、L11、L12、pは以下の条件式を満足することが望ましい。

$$L11 < L12 \quad \dots (1)$$

$$p/2 < L12 < 2 \times p \quad \dots (2)$$

【0040】

式(1)は、第2レンズ群12bを構成するレンズ及び凸面ミラー14のサイズの適切な関係を規定している。すなわち、式(1)において、距離L11が右辺の距離L12よりも大きくなると、凸面ミラー14に対して相対的に第2レンズ群12bの径が大きくなりすぎ、平面ミラー13により光路を折り曲げた場合に、第2レンズ群12bと、凸面ミラー14からスクリーン15に向かう光束との干渉が生じてしまう。

【0041】

式(2)は、絞り位置の適切な範囲を規定している。すなわち、式(2)において、距離L12が左辺の値p/2より小さくなると、光束との干渉なく平面ミラー13を配置することが困難になるとともに、レンズ系12のパワーが強くなりすぎ、良好な光学性能を得ることが困難になる。一方、距離L12が右辺の値2×pより大きくなると、絞りS2の位置と平面ミラー13の位置のずれが大きくなりすぎ、平面ミラー13のサイズが大きくなり、平面ミラー13と、凸面ミラー14からスクリーン15に向かう光束との干渉が生じてしまう。

【0042】

図6に示されるように、実施の形態1に係る投写光学系10においては、レンズ系12の光軸ALと凸面ミラー14の光軸AMとは、角度θ (>0であり、図6においては、略90度)をなしている。レンズ系12は、水平方向(図6が描かれている紙面に平行な方向)に関しては、スクリーン15より前方に突き出ないように配置されており、垂直方向に関しては、凸面ミラー14からスクリーン15の画像表示領域の下端に向かう光線と、図示しない筐体の底面との間の空間に配置されている。このように、平面ミラー13で光路を水平方向に折り返すことにより、レンズ系12及び画像表示パネル11がスクリーン15より前方に突き出ることがなく、かつ、光束と平面ミラー13及びレンズ系12との干渉が生じることがないため、薄型かつ高さH1の小さい画像表示装置を実現できる。なお、図6においては、角度θは略直角としているが、角度θは略直角に限らず、レンズ系12と光束との干渉が生じない程度に、角度θを鋭角とすることも可能である。なお、角度θは、望ましくは、20° < θ < 90°である。このような範囲が望ましい理由は、角度θが20°より小さくなると、凸面ミラー14とレンズ系12や画像表示パネル11等との干渉が生じ、角度θが90°より大きくなると、レンズ系12や画像表示パネル11がスクリーン15から前方に飛び出してしまうからである。

【0043】

凸面ミラー14は、高次の非球面形状を有しており、大きな負のパワーを持つ。よって、凸面ミラー14は、レンズ系12を出射した光束を受け、スクリーン15に向けてより大きく斜め上方に発散させる。レンズ系12に大きなパワーを持たせて光束を発散させると、色収差が大きくなるため好ましくない。それに対し、凸面ミラー14は原理的に色収差を発生させないため、大きなパワーを持たせることができ、単焦点・広角投写が容易となる。よって、画像表示パネル11及びスクリーン15を光軸A0から上方にシフトさせて、凸面ミラー14からスクリーン15に向けて斜め投写(斜め上方に向かう投写)としつつ、投写距離を小さくすることで、画像表示装置の薄型化を実現できる。

【0044】

一般に、主光線の光軸からの高さが大きくなるほど、歪曲の補正が容易になる。よって

10

20

30

40

50

、凸面ミラー 14 は、レンズ系 12 から一定の距離をおいて配置し、比較的サイズの大きな高次の非球面として設計の自由度を上げることで、単焦点投写の画像表示装置で特に問題となる歪曲を十分に補正することが可能となる。逆に、凸面ミラー 14 のサイズを極端に小さくすると、歪曲の補正が困難となってしまう。なお、図 5 においては、実際に光束を受けて有効に機能する範囲である、光軸 A0 より上方の部分のみを示している。

【0045】

上述のように、凸面ミラー 14 は、比較的サイズが大きくなるため、ガラスの成形で製作するのは精度面などで困難となり、樹脂の成形により製作されるのが望ましい。その場合、凸面ミラー 14 の外形形状としては、実際に光束を反射させる有効範囲と、その周辺に保持部などのマージンを含めた略台形の外形形状として樹脂の体積を最小化すると、成形時間を短縮でき、低コストで凸面ミラー 14 を製作することができる。

10

【0046】

次に、投写光学系 10 における像面湾曲の補正について説明する。図 8 は、実施の形態 1 に係る画像表示装置の投写光学系 10 における結像関係の一例を示す図である。図 8 において、図 5 の構成と同一部分には同じ符号を付している。図 8 において、OB は、画像表示パネル 11 の表示面を示し、I2 は、第 2 レンズ群 12 b により形成される I1 の像（レンズ系 12 により形成される OB の像に等しい）を示し、I3 は、凸面ミラー 14 により形成される I2 の像（投写光学系全体により形成される OB の像、第 2 レンズ群 12 b 及び凸面ミラー 14 から成る合成光学系により形成される I1 の像に等しく、最終的にスクリーン 15 上に投写される像）を示す。ここで、像 I2 は、凸面ミラー 14 に対して

20

【0047】

図 9 は、凸面ミラー 14 により生じる像面湾曲の一例を示す図であり、平面物体の光軸近傍での結像状態を示す。図 9 において、OB1 は、平面物体（凸面ミラー 14 に対して虚物体）を示し、IM1 は、凸面ミラー 14 による平面物体 OB1 の像を示す。図 9 から、凸面ミラー 14 による平面物体 OB1 の像 IM1 は、像高が大きくなるに従い、凸面ミラー 14 に近づく方向へ湾曲することが分かる。

【0048】

図 10 は、凸面ミラー 14 により生じる像面湾曲の補正方法の一例を示す図であり、湾曲した物体の光軸近傍での結像状態を示す。図 10 において、OB2 は、湾曲した物体（凸面ミラー 14 に対して虚物体）を示し、IM2 は、凸面ミラー 14 による湾曲した物体 OB2 の像である。図 10 から、湾曲した物体 OB2 があらかじめ、物体高が大きくなるに従い、凸面ミラー 14 から遠ざかる方向へ湾曲していると、図 9 で説明した凸面ミラー 14 により生じる像面湾曲が打ち消され、平坦な像 IM2 が得られることが分かる。

30

【0049】

上記に鑑み、実施の形態 1 に係る投写光学系 10 においては、レンズ系 12 により形成される画像表示パネル 11 の光軸近傍の像は、凸面ミラー 14 に対して虚物体であり、かつ、像高が大きくなるに従い、凸面ミラー 14 から遠ざかる方向に湾曲しており、凸面ミラー 14 により生じる像面湾曲を打ち消している。その結果、スクリーン 15 上に湾曲のない平坦な画像を表示することができる。

40

【0050】

薄肉レンズの像面湾曲は、レンズのパワーと屈折率により決まる。よって、レンズ系 12 の各レンズ群を構成するレンズのパワーと屈折率を勘案することで、レンズ系 12 に上記のような所望の像面湾曲を生じさせることができる。特に、レンズ系 12 の第 1 レンズ群 12 a 及び第 2 レンズ群 12 b はともに正のパワーを有するため、像高が大きくなるに従い、各レンズ群に近づく方向へ像面が湾曲する傾向がある。この場合、負のパワーのレンズを適宜組み合わせれば、正のパワーのレンズにより生じる像面湾曲を打ち消す方向に作用するため、レンズ系 12 の像面湾曲を適切に制御することができる。

【0051】

以下、投写光学系における歪曲の補正について説明する。図 11 は、凸面ミラー 14 に

50

より生じる歪曲の一例を示す図であり、矩形の物体を凸面ミラー 14 により結像させた場合に生じる歪曲した像を示す。凸面ミラー 14 は、大きな負のパワーを有するため、図 11 に示されるような、糸巻型の歪曲が生じる。

【0052】

同様に、図 12 は、レンズ系 12 により生じる歪曲の一例を示す図であり、矩形の物体をレンズ系 12 により結像させた場合に生じる歪曲した像を示す。レンズ系 12 は、いずれも正のパワーを有する第 1 レンズ群 12 a と第 2 レンズ群 12 b から構成され、図 11 に示される凸面ミラー 14 の糸巻型の歪曲とは逆に、図 12 に示される樽型の歪曲を生じさせる。すなわち、実施の形態 1 に係る投写光学系においては、凸面ミラー 14 及び屈折レンズ 20 によりそれぞれ生じる糸巻型及び樽型の歪曲を全体として打ち消しあうため、スクリーン 15 上に歪曲のない画像を表示することができる。

10

【0053】

次に、中間像の結像倍率について説明する。図 8 において、第 1 レンズ群 12 a により形成される中間像 I1 の大きさは、画像表示パネル 11 の表示面 OB の大きさよりも大きくすることが望ましい。すなわち、第 1 レンズ群 12 a が画像表示パネル 11 の表示面 OB を中間像 I1 として結像する際の倍率は、拡大倍率とすることが望ましい。

【0054】

中間像 I1 を最終像 I3 としてスクリーン 15 上に結像させるという機能面に着目すれば、第 2 レンズ群 12 b 及び凸面ミラー 14 から成る合成光学系は、比較例におけるレンズ系 2 と凸面ミラー 4 から成る投写光学系と同等の機能を持つと考えることができる。ここで、仮に、画像表示パネル 11 のサイズを 0.5 インチ、スクリーン 15 のサイズを 6.5 インチとすれば、結像倍率は 130 倍となり、非常に高い倍率が要求される。その場合、仮に、第 1 レンズ群 12 a の結像倍率を縮小倍率とすることは、比較例の投写光学系において画像表示パネル（図 1 の符号 1）のサイズをさらに小さくすることに等しく、130 倍を超える倍率が必要となり、解像度をはじめ光学性能の確保が困難になる。このことは、実施の形態 1 に係る投写光学系 10 においては、合成光学系が、中間像 I1 を最終像 I3 としてスクリーン 15 上に結像する際の倍率を極端に大きくする必要がないことに等しく、合成光学系により所望の光学性能を確保することが困難となってしまう。よって、第 1 レンズ群 12 a の結像倍率は拡大倍率とし、第 2 レンズ群 12 b と凸面ミラー 14 から成る合成光学系の結像倍率が過度に大きくならないようにすることが望ましい。

20

30

【0055】

さらに、像面湾曲及び歪曲以外にも、図 1 のレンズ系 2 と凸面ミラー 4 から成る比較例の投写光学系では十分に補正できない他の収差に関して、以下の利点がある。実施の形態 1 の第 1 レンズ群 12 a を付加することにより、第 2 レンズ群 12 b と凸面ミラー 14 から成る合成光学系における残収差を打ち消すことができ、比較例の投写光学系よりも良好な光学性能を確保することが容易となる。よって、サイズが大きく、高コストな凸面ミラー 14 をより小型化することができる。その結果、レンズ系 12 出射後から凸面ミラー 14 に入射するまでの光束のうち、最も上方（スクリーン 15 側）の光線の位置が下方（スクリーン 15 から離れる方向）に移動することになり、平面ミラー 13 のサイズが小さくなり、高さ H1 のより小さい画像表示装置を実現できる。

40

【0056】

次に、実施の形態 1 に係る投写光学系 10 を用いて画像表示装置を構成する場合に必要な、画像表示パネル 11 に光束を照射する照明装置について説明する。図 13 は、投写光学系 10 に光を照射する照明装置の構成の一例を示す図である。図 13 に示されるように、照明装置は、光源 50 と、光束均一化・成形素子 41 と、照明光学系 52 とを有している。光源 50 から放射された光束は、光束均一化・成形素子 41 に入射し、光源特有の光強度分布が均一化されるとともに、光束の断面積が、画像表示パネル 11 と相似の矩形に成形され出射される。照明光学系 12 は、均一化・成形された光束を、照明光として、画像表示パネル 11 の表示面と相似の略矩形形状に効率良く照射する。画像表示パネル 11 を照射した照明光は、画像表示パネル 11 により変調され、レンズ 12、平面ミラー

50

13、凸面ミラー14を經由してスクリーン15に投写される。

【0057】

光源50としては、例えば、超高圧水銀ランプ、キセノンランプ、発光ダイオード、半導体レーザなどを用いることができる。光源50として、発行ダイオード又はレーザなどの単色光源を用いた場合には、白色光源を得るために、各単色光源を合成するためのダイクロミックミラーなどを用いた合成光学系を付加すればよい。また、光源としてレーザを用いた場合には、その指向性の高さから、明るさを確保しつつ、光学系のF値を大きくすることができる。よって、所望の光学性能を確保することが容易になるため、レンズ系や凸面ミラー14を小型化することができ、一層薄型かつ稜高さH1の小さい画像表示装置を実現することが可能となる。

10

【0058】

光束均一化・成形素子41としては、セグメント化されたレンズを2次元に配置した一組のフライアイレンズや、内面の多重反射を利用した矩形の断面形状を有する中空のライトパイプ、ガラスと空気との界面での全反射を利用した矩形の断面形状を有するガラスロッドなどを用いることができる。

【0059】

照明光学系12としては、レンズやミラーなどを適宜組み合わせる構成することができる。なお、時分割でRGBを表示する単板方式の場合は、白色光源を画像信号に合わせてRGBに時分割で切り替える手段としてカラーホイールなどを用いることができる。

20

【0060】

以上に説明したように、実施の形態1に係る投写光学系10によれば、薄型で稜高さH1の十分小さい画像表示装置を提供することができる。

【0061】

実施の形態2

図14は、本発明の実施の形態2に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラーを備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。図15は、実施の形態2に係る画像表示装置の内部構成の一例を概略的に示す平面図である。図14及び図15の画像表示パネル21、レンズ系22（レンズ群22a, 22b）、平面ミラー23、凸面ミラー24、及びスクリーン25はそれぞれ、図5及び図6における画像表示パネル11、レンズ系12（レンズ群12a, 12b）、平面ミラー13、凸面ミラー14、及びスクリーン15に対応する構成である。実施の形態2に係る投写光学系20は、レンズ系内の絞り（レンズ系絞り）S3を、レンズ系22の最も画像表示パネル21側に配置している点、すなわち、画像表示パネル21側を非テレセントリックとしている点の実施の形態1と異なる。また、図14においては、平面ミラー23の設置状態を破線で示しており、レンズ系22と凸面ミラー24は平面ミラー23がないと仮定した場合の設置状態、すなわち、直線的に設置している場合を示しているが、投写光学系20の構成は、実際には、図15のように平面ミラー23を含む構成になる。

30

【0062】

次に、投写光学系10における結像関係について説明する。第1レンズ群22aに関しては画像表示パネル21と中間像I1とが共役の関係となっている。また、第1レンズ群22a及び第2レンズ群22bから成る合成光学系に関しては、レンズ系絞りS3と絞りS2が共役の関係となっている。また、第2レンズ群22bと凸面ミラー24から成る合成光学系に関しては中間像I1とスクリーン25とが共役の関係となっている。また、レンズ系22及び凸面ミラー24から成る投写光学系全体に関しては画像表示パネル21とスクリーン25とが共役の関係となっている。また、凸面ミラー24は、レンズ系22により形成される画像表示パネル21の像を虚物体としてスクリーン25面に結像させるように構成されている。

40

【0063】

次に、投写光学系20における光束の収束及び発散状態について説明する。第1レンズ群22a及び第2レンズ群22bは、いずれも複数のレンズを含み、且つ、いずれも全体

50

として正のパワーを有する。画像表示パネル 2 1 を出射した光束は、レンズ系絞り S 3 で収束して第 1 レンズ群 2 2 a に入射し、第 1 レンズ群 2 2 a から発散して出射され、中間像 I 1 を形成する。中間像 I 1 を形成した発散光束は、第 2 レンズ群 2 2 b に入射し、第 2 レンズ群 2 2 b により絞り S 2 において再び収束された後発散し、その後、凸面ミラー 2 4 に入射する。凸面ミラー 2 4 に入射した発散光束は、凸面ミラー 2 4 によりさらに発散され（発散角が大きくなり）、スクリーン 2 5 に入射する。

【 0 0 6 4 】

レンズ系 2 2 出射後から凸面ミラー 2 4 に入射するまでの光束は、一旦絞り S 2 にて最も収束する点は、実施の形態 1 の場合と、同様である。よって、レンズ系 2 2 出射後から凸面ミラー 2 4 に入射するまでの光路を水平方向に折り曲げるための平面ミラー 2 3 を絞り S 2 近傍に配置することで、平面ミラー 2 3 のサイズを垂直方向及び水平方向に十分小さくすることができる。その結果、凸面ミラー 2 4 からスクリーン 2 5 の画像表示領域の下端に向かう光線と、平面ミラー 2 3 との干渉が生じることなく、また、平面ミラー 2 3 がスクリーン 2 5 から前方に突き出ることなく、スクリーン 2 5 の、光軸 A 0 に対する上方へのシフト量を小さくすることができ、袴高さの小さい画像表示装置を実現できる。

10

【 0 0 6 5 】

実施の形態 2 に係る投写光学系 2 0 においては、レンズ系絞り S 3 を、レンズ系 2 2 の最も画像表示パネル 2 1 側に配置した非テレセントリック系であるため、第 1 レンズ群 2 2 a に入射する光束径が小さく、第 1 レンズ群 2 2 a を小型化することができる。また、それに伴い、照明光学系などから発生する不要光のレンズ系 2 2 への入射を抑制でき、ゴーストや迷光の少ない、コントラストの高い画像表示装置を実現できる。

20

【 0 0 6 6 】

また、テレセントリック系では、画像表示パネル 2 1 からの光束を第 1 レンズ群 2 2 a によりレンズ系絞り S 3 に収束させる必要があるのに対し、非テレセントリック系では、画像表示パネル 2 1 からの光束が第 1 レンズ群 2 2 a に入射する前に、レンズ系絞り S 3 にて直接収束するため、第 1 レンズ群 2 2 a には、レンズ系絞り S 3 に収束させるための正のパワーが不要となる。よって、第 1 レンズ群 2 2 a の正のパワーが小さくてよく、且つ、レンズ系 2 2 の全長も小さくすることができる。すなわち、レンズ系 2 2 の小型化が可能となる。

30

【 0 0 6 7 】

以上に説明したように、実施の形態 2 に係る投写光学系 2 0 によれば、平面ミラー 2 3 を小型化できるだけでなく、レンズ系 2 2 をも小型化できるので、薄型で袴高さの小さい画像表示装置を提供することができる。

【 0 0 6 8 】

なお、本実施の形態においては、レンズ系絞り S 3 はレンズ系 2 2 よりも外側（画像表示パネル 2 1 側）としたが、これに限らず、レンズ系絞り S 3 をレンズ系 2 2 内に配置することも可能である。

【 0 0 6 9 】

なお、実施の形態 2 において、上記以外の点は、上記実施の形態 1 の場合と同じである。

40

【 0 0 7 0 】

実施の形態 3 .

図 1 6 は、本発明の実施の形態 3 に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラー 3 3 を備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。また、図 1 7 は、実施の形態 3 に係る画像表示装置の内部構成の一例を概略的に示す平面図（平面ミラー 3 3 を備えた場合）である。図 1 6 及び図 1 7 の画像表示パネル 3 1、レンズ系 3 2（レンズ群 3 2 a、3 2 b）、平面ミラー 3 3、凸面ミラー 3 4、及びスクリーン 3 5 はそれぞれ、図 1 4 及び図 1 5 における画像表示パネル 2 1、レンズ系 2 2（レンズ群 2 2 a、2 2 b）、平面ミラー 2 3、凸面ミラー 2 4、及びスクリーン 2 5 に対応する構成である。実施の形態 3 に係る投写光学系 3 0 は、実施の形態 2 の投写光学系 2 0 において、角度 が

50

鋭角となるように平面ミラー 33 で光路を水平方向に折り曲げ、画像表示装置の袴高さをより小さくしたものである。投写光学系 30 の各要素の機能は、実施の形態 2 の場合と概ね同様である。また、図 16 においては、平面ミラー 33 の設置状態を破線で示しており、レンズ系 32 と凸面ミラー 34 は平面ミラー 33 が無いと仮定した場合の設置状態、すなわち、直線的に設置している場合を示しているが、投写光学系 30 の構成は、実際には、図 17 のように平面ミラー 33 を含む構成になる。

【0071】

次に、画像表示装置の袴高さを小さくできる原理について説明する。図 18 は、レンズ系 32 の光軸 AL と凸面ミラー 34 の光軸 AM とのなす角度 θ が略直角の場合の平面ミラーサイズを示す平面図であり、図 19 は、レンズ系 32 の光軸 AL と凸面ミラー 34 の光軸 AM とのなす角度 θ が鋭角の場合の平面ミラーサイズを示す平面図である。また、図 20 は、角度 θ が略直角の場合の平面ミラーサイズを示す側面図であり、図 21 は、角度 θ が鋭角の場合の平面ミラーサイズを示す側面図である。

10

【0072】

図 18 及び図 20 に示されるように、角度 θ が略直角である場合には、絞り S2 から発散した光束を受けて反射させる平面ミラー 33 が、発散光を極端に斜めに受けることとなり（すなわち、平面ミラー 33 に対する発散光の中心光線の入射角が大きくなり）、平面ミラー 33 の水平方向のサイズが大きくなるとともに、凸面ミラー 34 に近い側の垂直方向のサイズが極端に大きくなってしまふ。よって、凸面ミラー 34 からスクリーン 35 に向かう光束との干渉を回避するために、スクリーン 35 を上方に配置せざるを得ず、画像表示装置の袴高さが大きくなってしまふ。

20

【0073】

一方、図 19 及び図 21 に示されるように、角度 θ を鋭角とした場合には、平面ミラー 33 は、角度 θ を略直角とした場合に比べて、より正面から発散光を受けるので（すなわち、平面ミラー 33 に対する発散光の中心光線の入射角が小さくなるので）、平面ミラー 33 の水平方向及び垂直方向のサイズを比較的小さくできる。よって、凸面ミラー 34 からスクリーン 35 に向かう光束との干渉を回避することが容易になり、スクリーン 35 をより下方に配置することができ、画像表示装置の袴高さを小さくすることができる。なお、角度 θ は、望ましくは、 20° ～ 90° である。このような範囲が望ましい理由は、角度 θ が 20° より小さくなると、凸面ミラー 34 とレンズ系 32 や画像表示パネル 31 等との干渉が生じ、角度 θ が 90° より大きくなると、レンズ系 32 や画像表示パネル 31 がスクリーン 35 から前方に飛び出してしまうからである。

30

【0074】

また、実施の形態 2 で説明したように、非テレセントリック系の場合、第 1 レンズ群 32 a は十分小さくできるが、第 2 レンズ群 32 b は第 1 レンズ群 32 a からの発散光束を受けるため、第 1 レンズ群 32 a ほど小さくすることは困難である。さらに、角度 θ を鋭角とすることにより、図 17 に示されるように、レンズ系 32 は、より凸面ミラー 34 に近づけて配置することとなるため、レンズ系 32 の上方（スクリーン 35 側）を通過する、凸面ミラー 34 からスクリーン 35 の画像表示領域の下端に向かう光束の高さがより低くなる。よって、平面ミラー 33 の小型化によってスクリーン 35 を十分下方（スクリーン 35 から離れる方向）に配置した場合に、第 2 レンズ群 32 b と、凸面ミラー 34 からスクリーン 35 の画像表示領域の下端に向かう光束との干渉が生じる可能性がある。

40

【0075】

一方、図 16 から分かるように、第 2 レンズ群 32 b は、主として下側のみ光束を透過させ、実際には上側は機能していないため、第 2 レンズ群 32 b の上側（スクリーン 35 側）を切り欠いている。これにより、角度 θ を鋭角にした場合でも、光束とレンズ群との干渉を生じることなく、画像表示装置の袴高さを小さくすることができる。第 2 レンズ群 32 b は複数のレンズから構成され、切り欠くレンズは、光束との干渉の生じるレンズのみとすることができる。

【0076】

50

以上に説明したように、実施の形態 3 に係る投写光学系 30 によれば、平面ミラー 33 を小型化できるだけでなく、レンズ系 32 をも小型化できるので、薄型で高さの十分小さい画像表示装置を提供することができる。

【0077】

なお、本実施の形態においては、レンズ系 32 よりも外側（画像表示パネル 31 側）としたが、これに限らず、レンズ系 32 をレンズ系 32 内に配置することも可能である。

【0078】

なお、実施の形態 3 において、上記以外の点は、上記実施の形態 1 又は 2 の場合と同じである。

【0079】

実施の形態 4 .

図 22 は、本発明の実施の形態 4 に係る画像表示装置の内部構成（平面ミラー 43 を備えないと仮定した場合の内部構成）の一例を概略的に示す図である。また、図 23 は、実施の形態 4 に係る画像表示装置の内部構成の一例を概略的に示す平面図（平面ミラー 43 を備えた場合）である。図 22 及び図 23 の画像表示パネル 41、レンズ系 42（レンズ群 42a, 42b, 42c）、平面ミラー 43、凸面ミラー 44、及びスクリーン 45 はそれぞれ、図 5 及び図 6 における画像表示パネル 11、レンズ系 12（レンズ群 12a, 12b）、平面ミラー 13、凸面ミラー 14、及びスクリーン 15 に対応している。実施の形態 4 に係る投写光学系 40 は、レンズ系 42 よりも外側（画像表示パネル 41 側）から中間像 I1 までの間に、第 3 レンズ群 42c を配置している点が、実施の形態 1 と異なる。また、図 22 においては、平面ミラー 43 の設置状態を破線で示しており、レンズ系 42 と凸面ミラー 44 は平面ミラー 43 が無いと仮定した場合の設置状態、すなわち、直線的に設置している場合を示しているが、投写光学系 40 の構成は、実際には、図 23 のように平面ミラー 43 を含む構成になる。

【0080】

投写光学系 40 の各要素の機能は、実施の形態 1 の場合と概ね同様であるが、前述の通り、レンズ系 42 よりも外側（画像表示パネル 41 側）から中間像 I1 までの間に、第 3 レンズ群 42c を配置している点が、実施の形態 1 と異なる。第 3 レンズ群 42c は、絞り S1 側から順に、負のパワーを有するレンズ群 c1 と、正のパワーを有するレンズ群 c2 と、負のパワーを有するレンズ群 c3 とから構成される。各レンズ群 c1、c2、c3 は、少なくとも 1 枚以上のレンズから構成される。

【0081】

以下、レンズ群 42c を配置する効果について説明する。画像表示パネル 41 を中間像 I1 に結像させる光学系に着目して考える。レンズ群 42c を配置しない場合には、レンズ系 42 よりも外側（画像表示パネル 41 側）に対して画像表示パネル 41 側のみに正のパワーを有するレンズ群 42a が配置されることとなり、正のパワーに起因した像面湾曲が大きくなりやすい。ここで、像面湾曲を補正する手法としては、光線の光軸からの高さが低い位置に負のパワーを配置すること、及び、像面に近い位置に負のパワーを配置することが有効である。レンズ群 42c を配置した場合には、光線の光軸からの高さが低い位置、すなわち、レンズ系 42 よりも外側（画像表示パネル 41 側）に負のパワーを有するレンズ群 c1 が配置され、さらに、像面に近い位置、すなわち中間像 I1 近傍に負のパワーを有するレンズ群 c3 が配置されており、像面湾曲を補正する効果を有する。負のパワーを有するレンズ群 c1 と負のパワーを有するレンズ群 c3 のみでは、負のパワーが強くなりすぎ、光束が大きく広がってしまうため、正のパワーを持つレンズ群 c2 をレンズ群 c1 とレンズ群 c3 との間に配置して、レンズ群 c1 により広がった光束を一旦収束させると共に、レンズ群 c3 以降のレンズ群を小型化している。

【0082】

数値例 1 .

図 24 に、実施の形態 2 に係る投写光学系 200 の具体的な数値例（数値例 1）を示す。面番号 s_i は、最も縮小側（画像表示素子側）の光学面を 1 番目として、拡大側（スク

10

20

30

40

50

リー側)に向かうに従い順次増加する*i*番目($i = 1, 2, \dots, 51$)の光学面の番号を示す。曲率半径 R_i は、面番号 s_i の光学面の曲率半径を示す。面間隔 D_i は、面番号 s_i の光学面の面頂点から次の光学面(面番号 s_{i+1})の面頂点までの距離を示す。曲率半径 R_i 及び面間隔 D_i の単位は、ミリメートル(mm)である。屈折率及びアッペ数は、面番号 s_i の光学面の*d*線(波長587.56nm)における屈折率*n*及びアッペ数をそれぞれ示す。また、面番号に付されたマーク「*」は、対応する面が非球面であることを示す。各非球面(面番号 s_{46} 、 s_{47} 、 s_{50})は、光軸方向を*Z*軸とした直交座標系(*X*, *Y*, *Z*)において、*r*を近軸曲率半径とし、*K*を円錐定数とし、 A_1 、 A_2 、...をそれぞれ1次、2次、...の非球面係数とするとき、以下の式(3)により表される。また、非球面データ(非球面係数 A_1 、 A_2 、...及び円錐定数*K*)は、図25に示す。

10

【0083】

【数1】

$$Z = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1+K) \cdot (h^2/r^2)}} + \sum_{i=1} A_i \cdot h^i$$

$$h = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

} 式(3)

20

【0084】

図26は、図24の数値例1に対応する投写光学系200を含む画像表示装置の内部構成(平面ミラー230を備えないと仮定した場合の内部構成)を概略的に示す図である。また、図27は、投写光学系200を含む画像表示装置の内部構成を概略的に示す平面図(平面ミラー230を備えた場合)である。また、図28は、投写光学系200を構成するレンズ群220の詳細構成を示す図である。図26、図27及び図28の画像表示パネル210、レンズ系220(レンズ群220a, 220b)、平面ミラー230、凸面ミラー240、及びスクリーン250はそれぞれ、図14及び図15における画像表示パネル21、レンズ系22(レンズ群22a, 22b)、平面ミラー23、凸面ミラー24、及びスクリーン25に対応している。図26においては、平面ミラー230の設置状態を破線で示しており、レンズ系220と凸面ミラー240は平面ミラー230がないと仮定した場合の設置状態、すなわち、直線的に設置している場合を示しているが、投写光学系200の構成は、実際には、図27のように平面ミラー230を含む構成になる。

30

【0085】

s_1 面は画像表示パネル210、 s_2 面及び s_3 面は平行平板、 s_5 面はレンズ系絞りS3、 s_6 面から s_{31} 面まではレンズ群220a、 s_{32} 面から s_{47} 面まではレンズ群220b、 s_{48} 面は絞りS2、 s_{49} 面は平面ミラー230、 s_{50} 面は凸面ミラー、 s_{51} 面はスクリーンに対応する。平面ミラー230は、スクリーン面に対し40度傾いて配置されており、レンズ系220の光軸ALと凸面ミラー240の光軸AMとのなす角は80度となっている。

40

【0086】

数値例1が適用された投写光学系200では、画像表示パネル210は対角サイズが0.65インチ(アスペクト比16:9)であり、スクリーン対角サイズは68.42インチ(1514.7mm×852.0mm)であり、Fナンバーは2.5である。また、スクリーン250の下端から光軸AMまでの距離は101.7mmである。また、式(1)における L_{11} は41.38mmであり、 L_{12} は150.71mmであり、式(1)の関係を満たしている。また、式(2)における L_{12} は150.71mmであり、 p は99.00mmであり、式(2)の左辺値は49.5となり、右辺値は198となるので、式(2)の関係を満たしている。

【0087】

50

レンズ群 220 a の焦点距離は 23.6 mm であり、レンズ群 220 b の焦点距離は 51.8 mm であり、レンズ系 220 の焦点距離は -16.4 mm であり、投写光学系 200 全体としての焦点距離は -1.25 mm である。

【0088】

図 29 に、数値例 1 が適用された投写光学系 200 のディストーション（歪曲）を示す。また、図 30 及び図 31 に、スポットダイアグラムの位置及び形状を示す。図 30 は、スクリーン上の各位置を G1 ~ G15 で示しており、図 31 のスポットダイアグラムに付した G1 ~ G15 に対応している。すなわち、図 31 のスポットダイアグラムは、図 30 に示すスクリーン上の G1 ~ G15 の各位置におけるスポットダイアグラムを示す。使用波長とそのウェイトは、波長 460 nm、波長 532 nm、波長 640 nm について、1 : 6 : 3 としている。図 29 に示すように、表示画像に目立った歪み等はなく、歪曲は十分に補正されている。また、図 31 に示すとおり、良好な結像性能が得られており、像面湾曲は十分に補正されている。

10

【0089】

数値例 2 .

図 32 に、実施の形態 4 に係る投写光学系 400 の具体的な数値例（数値例 2）を示す。図 33 に、面番号 s_i 、曲率半径 R_i 、面間隔 D_i 、屈折率 n 及びアッペ数、非球面の表記は数値例 2 と同様である。また、非球面データ（非球面係数 A_1 、 A_2 、... 及び円錐定数 K ）は示す。

【0090】

図 34 は、図 32 の数値例 2 に対応する投写光学系 400 を含む画像表示装置の内部構成（平面ミラー 430 を備えないと仮定した場合の内部構成）を概略的に示す図である。また、図 35 は、投写光学系 400 を含む画像表示装置の内部構成を概略的に示す平面図（平面ミラー 430 を備えた場合）である。また、図 36 は、投写光学系 400 を構成するレンズ群 420 の詳細構成を示す図である。図 34、図 35 及び図 36 の画像表示パネル 410、レンズ系 420（レンズ群 420 a、420 b、420 c）、平面ミラー 430、凸面ミラー 440、及びスクリーン 450 はそれぞれ、図 22 及び図 23 における画像表示パネル 41、レンズ系 42（レンズ群 42 a、42 b、42 c）、平面ミラー 43、凸面ミラー 44、及びスクリーン 45 に対応している。図 34 においては、平面ミラー 430 の設置状態を破線で示しており、レンズ系 420 と凸面ミラー 440 は平面ミラー 430 が無いと仮定した場合の設置状態、すなわち、直線的に設置している場合を示しているが、投写光学系 400 の構成は、実際には、図 35 のように平面ミラー 430 を含む構成になる。

20

30

【0091】

s_1 面は画像表示パネル 410、 s_2 面及び s_3 面は平行平板、 s_5 面から s_{14} 面まではレンズ群 420 a、 s_{15} 面はレンズ系絞り S1、 s_{16} 面から s_{29} 面まではレンズ群 420 c（ s_{16} 面から s_{21} 面まではレンズ群 c1、 s_{22} 面から s_{23} 面まではレンズ群 c2、 s_{24} 面から s_{29} 面まではレンズ群 c3）、 s_{30} 面から s_{46} 面まではレンズ群 420 b、 s_{47} 面は絞り S2、 s_{48} 面は平面ミラー 430、 s_{49} 面は凸面ミラー、 s_{50} 面はスクリーンに対応する。平面ミラー 430 は、スクリーン面に対し 40 度傾いて配置されており、レンズ系 420 の光軸 AL と凸面ミラー 440 の光軸 AM とのなす角は 80 度となっている。

40

【0092】

数値例 2 が適用された投写光学系 400 では、画像表示パネル 410 は対角サイズが 0.65 インチ（アスペクト比 16 : 9）、スクリーン対角サイズは 68.42 インチ（1514.7 mm × 852.0 mm）、F ナンバーは 2.7 である。また、スクリーン下端から光軸 AM までの距離は 101.7 mm である。また、式（1）における L11 は 30.34 mm、L12 は 151.40 mm であり、式（1）の関係を満たしている。また、式（2）における L12 は 151.40 mm、p は 99.00 mm であり、式（2）の左辺値は 49.5、右辺値は 198 となるので、式（2）の関係を満たしている。

50

【 0 0 9 3 】

レンズ群 4 2 0 a の焦点距離は 3 6 . 9 mm、レンズ群 4 2 0 b の焦点距離は 4 5 . 0 mm、レンズ群 4 2 0 c の焦点距離は - 4 2 . 2 mm (レンズ群 c 1 の焦点距離は - 3 3 . 9 mm、レンズ群 c 2 の焦点距離は 6 4 . 7 mm、レンズ群 c 3 の焦点距離は - 4 2 . 9 mm)、レンズ系 4 2 0 の焦点距離は - 1 7 . 6 mm、投写光学系 4 0 0 全体としての焦点距離は - 1 . 2 7 mm である。

【 0 0 9 4 】

ここで、数値例 2 における像面湾曲の補正について説明する。図 3 7 は、中間像の像面湾曲の状態を示す。中間像 I 1 は、レンズ群 c 3 とレンズ群 4 2 0 b との間に形成され、物体高が大きくなるにつれて、レンズ群 4 2 0 c から遠ざかる方向に湾曲している。図 3 8 は、レンズ群 4 2 0 b により形成される、中間像 I 1 の像 I 2 の像面湾曲の状態を示す。通常、このように湾曲した中間像 I 1 を正のパワーを有するレンズ群 4 2 0 b で結像させると、その像は、物体高が大きくなるにつれて、レンズ群 4 2 0 b に近づく方向に湾曲する。しかし、数値例 2 においては、像 I 2 は、物体高が大きくなるにつれて、レンズ群 4 2 0 b から遠ざかる方向に湾曲させている。その結果、図 1 0 で説明した原理により、凸面ミラーにより生じる像面湾曲を打ち消すことができる。このような像面湾曲の補正機能をレンズ群 4 2 0 b に持たせるには、非球面レンズを使用するのが有効である。数値例 2 においては、レンズの有効径を小さくするために、レンズ群 4 2 0 b の最も凸面ミラー側に非球面レンズを用いているが、これに限らず、レンズ群 4 2 0 の任意の位置に非球面レンズを配置してもよい。また、レンズ群 4 2 0 b に限らず、レンズ群 4 2 0 a やレンズ群 4 2 0 c に非球面レンズを配置して像面湾曲を補正することも可能である。

【 0 0 9 5 】

以上の像面湾曲の補正については、数値例 1 についても適用できる。図 2 4 において、s 1 7 面から s 2 2 面までの焦点距離は - 3 8 . 2 mm で前述のレンズ群 c 1 に相当する。同様に、s 2 3 面から s 2 5 面までの焦点距離は 8 9 . 4 mm で前述のレンズ群 c 2 に相当し、s 2 6 面から s 3 1 面までの焦点距離は - 5 8 . 0 mm で前述のレンズ群 c 3 に相当する。数値例 1 についても、レンズ群 2 2 0 にこのような構成を含ませることにより、像面湾曲を補正することが可能となる。非球面レンズの適用についても同様である。

【 0 0 9 6 】

図 3 9 に、数値例 2 が適用された投写光学系 2 0 0 のディストーション (歪曲) を示す。また、図 4 0 に、スポットダイアグラムを示す。図 4 0 のスポットダイアグラムは、図 3 0 に示すスクリーン上 G 1 ~ G 1 5 の各位置におけるスポットダイアグラムである。使用波長とそのウェイトは、波長 4 6 0 nm、波長 5 3 2 nm、波長 6 4 0 nm について、1 : 6 : 3 としている。図 3 9 に示すように、表示画像に目立った歪み等はなく、歪曲は十分に補正されている。また、図 4 0 に示すように、良好な結像性能が得られており、像面湾曲は十分に補正されている。

【 0 0 9 7 】

なお、上記数値例 1 及び数値例 2 は、あくまで設計例として挙げたにすぎず、本発明に係る投写光学系は、これらの数値例に限定して解釈されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、画像表示パネルサイズ、スクリーンサイズ、F ナンバー、スクリーン下端から光軸までの高さは仕様により適宜変更することができ、投写光学系の各レンズ群のレンズ構成 (レンズ枚数、硝材、曲率半径、レンズ厚等) も設計変更が可能である。

【 0 0 9 8 】

変形例 .

上記実施の形態 1 ~ 4 においては、1 枚の画像表示パネル 1 1 , 2 1 , 3 1 , 4 1 を用いる単板方式の投写光学系について説明したが、本発明は、これに限定されず、R G B 各色のそれぞれに対して、独立した画像表示パネルを用いる 3 板方式の投写光学系にも適用可能である。

【 0 0 9 9 】

また、上記実施の形態 1 ~ 4 においては、凸面ミラー 1 4 , 2 4 , 3 4 , 4 4 が高次の

非球面形状を持つ場合を説明したが、凸面ミラー 1 4 , 2 4 , 3 4 , 4 4 の形状は、これに限定されず、より一層設計自由度を上げるために、自由曲面形状とすることも可能である。

【 0 1 0 0 】

さらに、上記実施の形態 1 ~ 4 においては、レンズ系 1 2 , 2 2 , 3 2 , 4 2 及び凸面ミラー 1 4 , 2 4 , 3 4 , 4 4 が同軸光学系である場合を説明したが、本発明は、これに限定されず、より一層設計自由度を上げるために、レンズ系 1 2 , 2 2 , 3 2 , 4 2 の光軸 A L と凸面ミラー 1 4 , 2 4 , 3 4 , 4 4 の光軸 A M とが同軸ではない偏芯光学系にも適用可能である。

【 0 1 0 1 】

さらにまた、上記実施の形態 1 ~ 4 においては、スクリーン 1 5 , 2 5 , 3 5 , 4 5 の背面から画像を投写する背面投写型の画像表示装置について説明したが、本発明は、これに限定されず、前面投写型の画像表示装置にも適用可能である。

【 0 1 0 2 】

また、上記実施の形態 1 ~ 4 においては、レンズ系 1 2 , 2 2 , 3 2 , 4 2 出射後から凸面ミラー 1 4 , 2 4 , 3 4 , 4 4 に入射するまでの光路中に平面ミラー 1 3 , 2 3 , 3 3 , 4 3 を配置した場合を説明したが、本発明は、これに限定されず、平面ミラー 1 3 , 2 3 , 3 3 , 4 3 を備えない画像表示装置にも適用可能である。

【符号の説明】

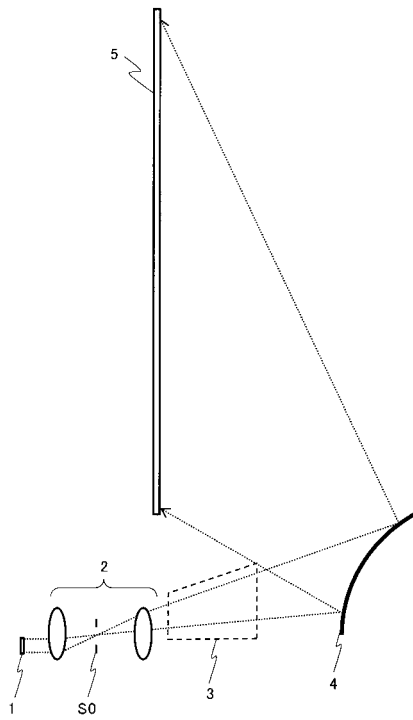
【 0 1 0 3 】

1 0 , 2 0 , 3 0 , 4 0 , 2 0 0 , 4 0 0 投写光学系、 1 1 , 2 1 , 3 1 , 4 1 画像表示パネル、 1 2 , 2 2 , 3 2 , 4 2 レンズ系、 1 2 a , 2 2 a , 3 2 a , 4 2 a 第 1 レンズ群、 1 2 b , 2 2 b , 3 2 b , 4 2 b 第 2 レンズ群、 4 2 c 第 3 レンズ群、 1 3 , 2 3 , 3 3 , 4 3 凸面ミラー、 1 4 , 2 4 , 3 4 , 4 4 平面ミラー、 1 5 , 2 5 , 3 5 , 4 5 スクリーン、 1 6 筐体、 5 0 光源、 5 1 光束均一化・成形素子、 5 2 照明光学系。

10

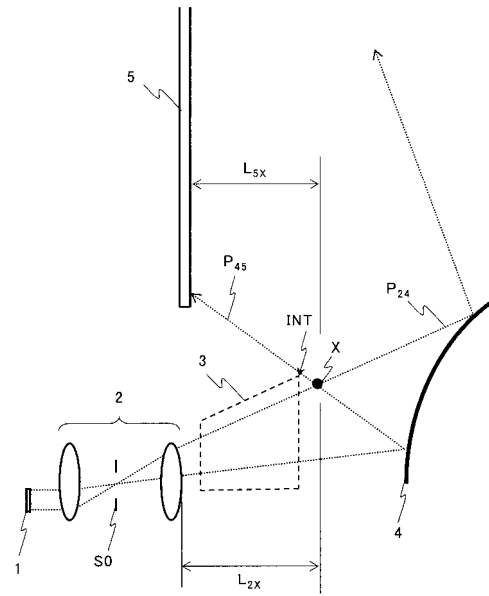
20

【 図 1 】



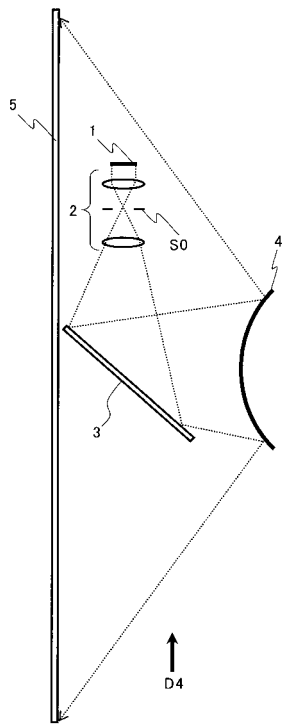
比較例の構成図

【 図 2 】



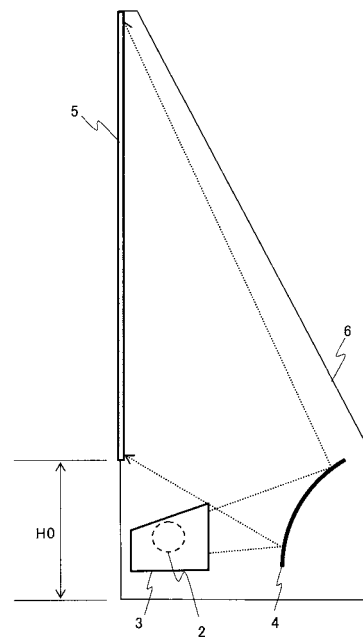
比較例の投写光学系の構成図

【 図 3 】



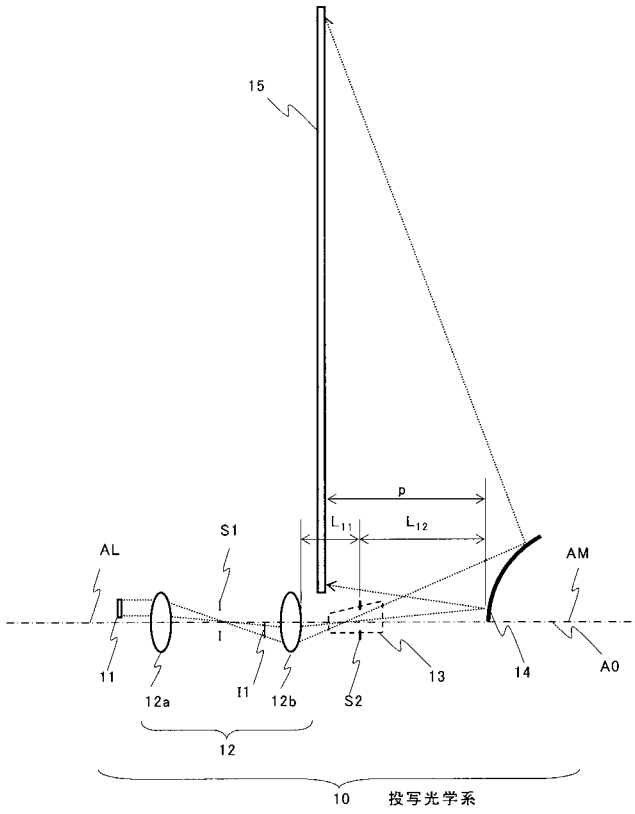
比較例の平面図

【 図 4 】



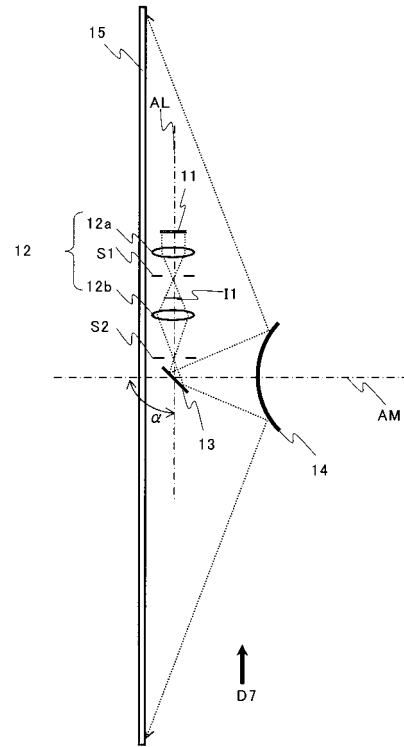
比較例の側面図

【 図 5 】



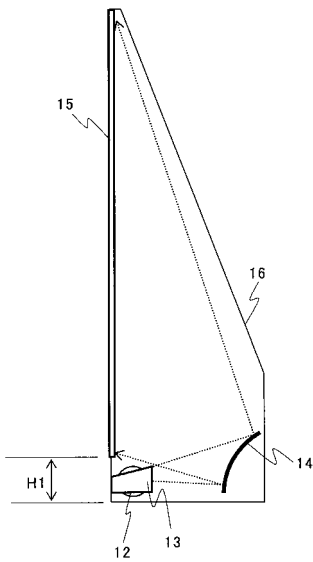
実施の形態1の内部構成(平面ミラーを備えない場合)

【 図 6 】



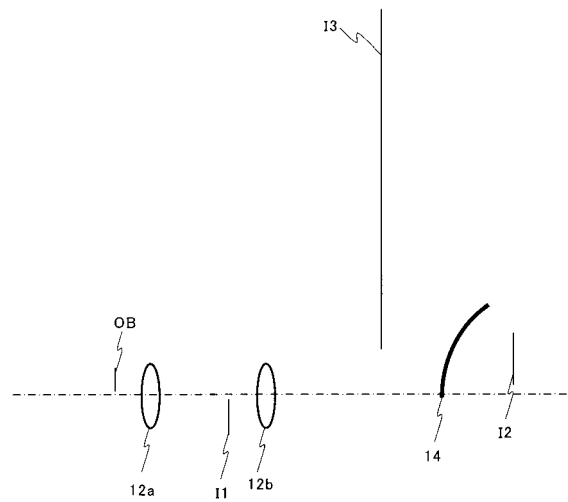
実施の形態1の平面図

【 図 7 】



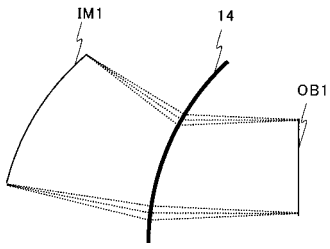
実施の形態1の側面図

【 図 8 】



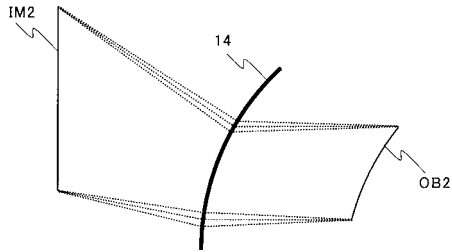
実施の形態1の投影光学系

【図9】



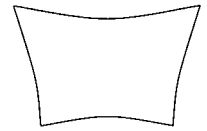
凸面ミラーにより生じる像面湾曲

【図10】



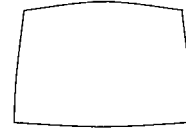
凸面ミラーにより生じる像面湾曲の補正

【図11】



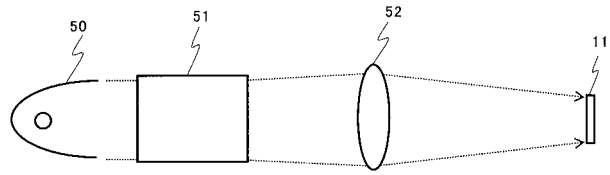
凸面ミラーにより生じる歪曲

【図12】



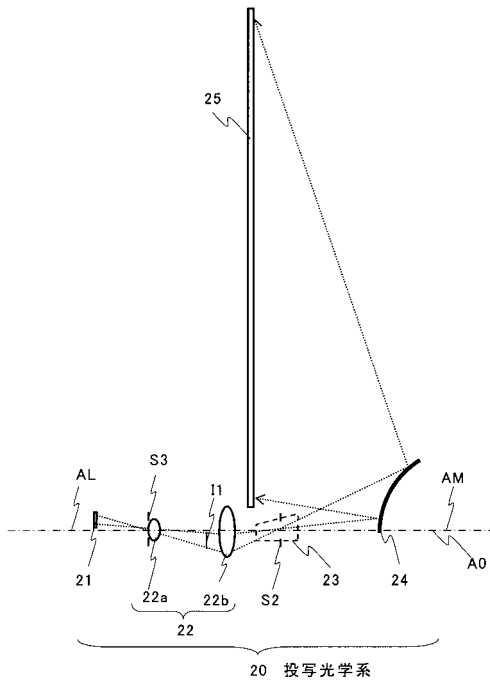
レンズ系により生じる歪曲

【図13】



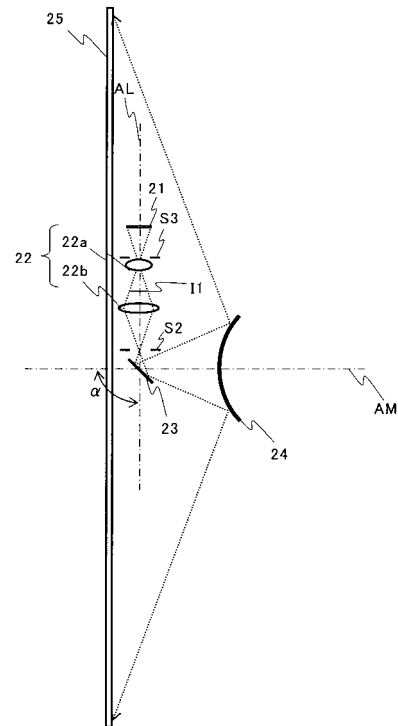
照明装置の構成

【図14】



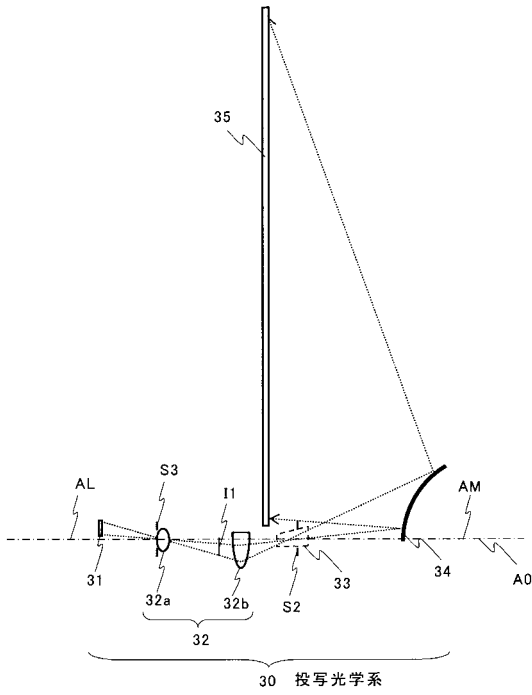
実施の形態2の内部構成(平面ミラーを備えない場合)

【図15】



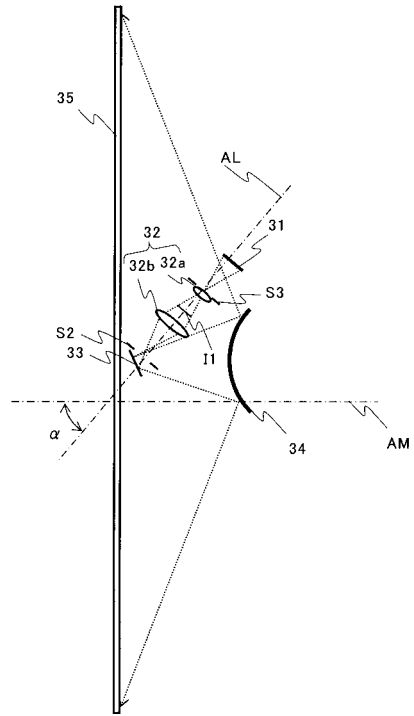
実施の形態2の平面図

【図16】



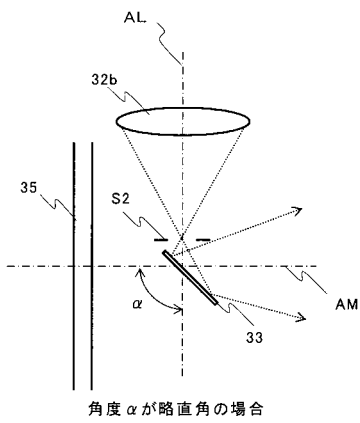
実施の形態3の内部構成(平面ミラーを備えない場合)

【図17】



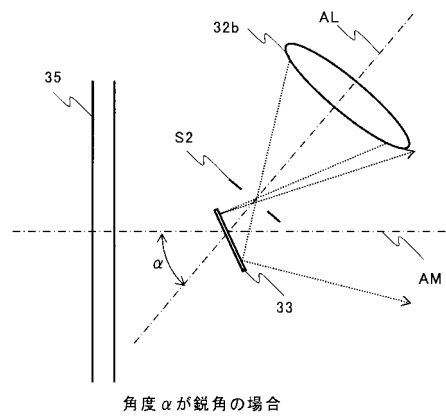
実施の形態3の平面図

【図18】



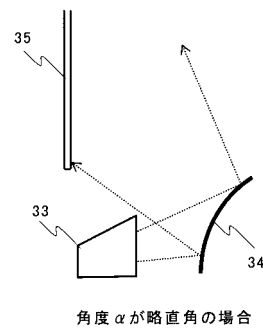
角度αが略直角の場合

【図19】



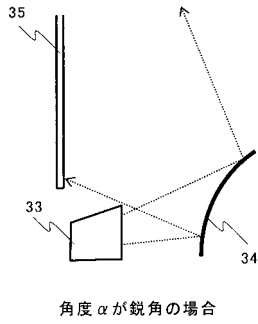
角度αが鋭角の場合

【図20】

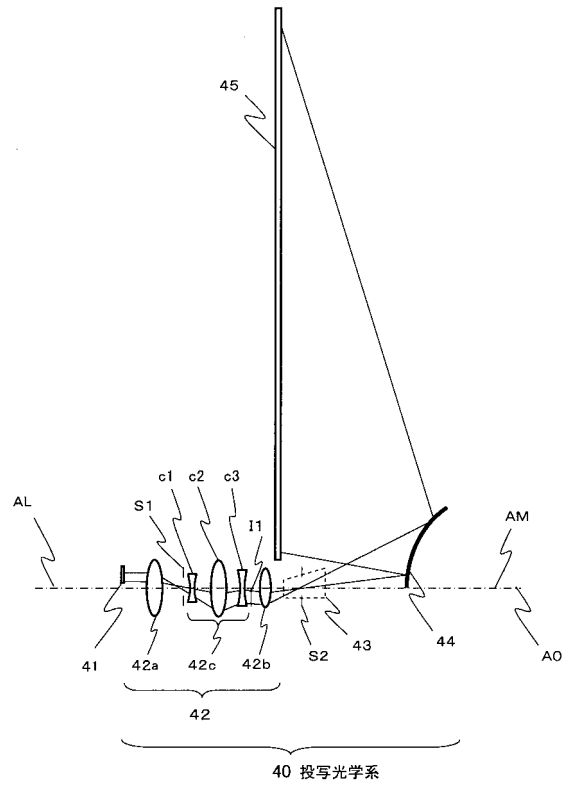


角度αが略直角の場合

【図 2 1】

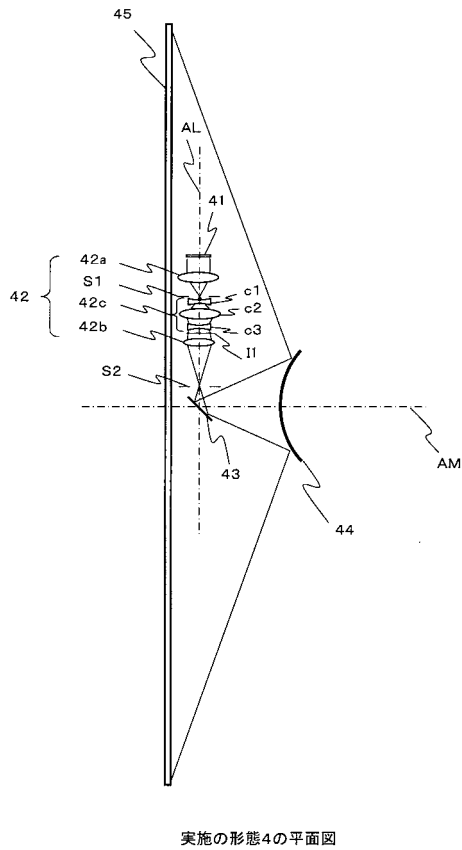


【図 2 2】



実施の形態4の内部構成(平面ミラーを備えない場合)

【図 2 3】



【図 2 4】

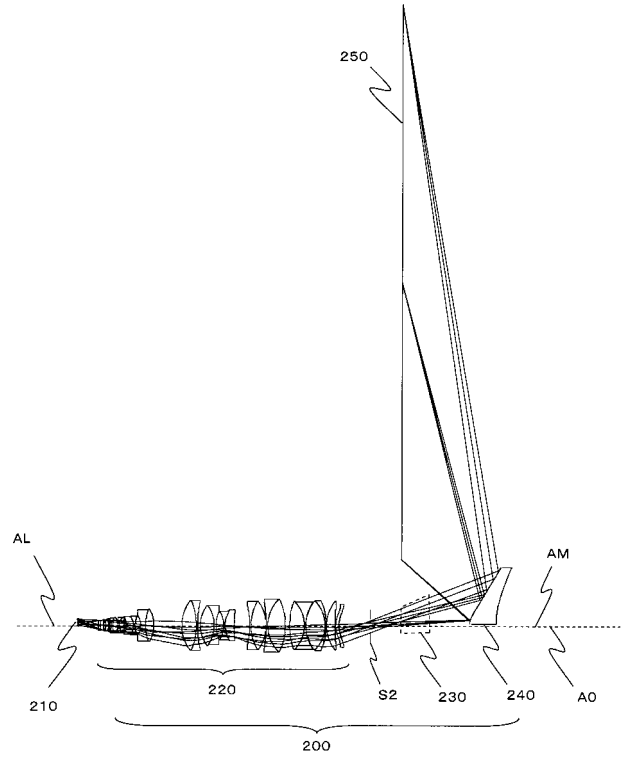
数値例1の投写光学系

面番号 si	曲率半径[mm] Ri	面間隔[mm] Di	屈折率 n	アッペ数 ν
s1	Infinity	1.10		
s2	Infinity	1.05	1.50690	63.1
s3	Infinity	3.00	1.51680	64.2
s4	Infinity	33.00		
s5 (絞り)	Infinity	1.00		
s6	-107.871	3.09	1.80518	25.5
s7	-26.411	0.20		
s8	-763.176	4.56	1.77905	47.6
s9	-17.325	2.00	1.76020	32.3
s10	-33.235	2.19		
s11	-19.228	2.00	1.68624	32.4
s12	34.181	7.38	1.67780	53.4
s13	-22.109	0.20		
s14	510.177	2.00	1.76496	27.3
s15	18.685	7.20	1.76692	48.1
s16	-80.035	3.22		
s17	-23.997	10.98	1.80518	25.5
s18	-20.970	2.00	1.58612	39.0
s19	37.963	8.48		
s20	-26.993	7.12	1.54575	54.0
s21	73.808	12.54	1.80518	25.5
s22	-49.001	41.35		
s23	64.877	21.62	1.80420	46.5
s24	-101.084	2.00	1.62942	34.4
s25	191.908	3.98		
s26	52.856	20.76	1.78915	47.1
s27	-52.969	2.45	1.80518	25.5
s28	51.134	11.42		
s29	-44.396	2.00	1.80518	25.5
s30	40.437	13.29	1.78204	47.4
s31	171.553	23.38		
s32	-147.990	2.00	1.80420	46.5
s33	77.523	22.86	1.80518	25.5
s34	-63.473	0.20		
s35	-196.949	2.00	1.80441	39.5
s36	58.468	26.19	1.80518	25.5
s37	-97.606	6.36		
s38	113.162	22.10	1.49700	81.6
s39	-53.059	2.00	1.77888	26.3
s40	67.779	0.20		
s41	63.457	28.34	1.51030	77.6
s42	-54.534	2.00	1.72669	28.3
s43	-93.052	0.20		
s44	63.719	12.94	1.75808	48.6
s45	690.851	0.20		
*s46	33.510	5.00	1.52996	55.8
*s47	41.542	41.38		
s48	Infinity	76.71		
s49	Infinity	-74.00		MIRROR
*s50	-23.184	99.00		MIRROR
s51	Infinity			

【 図 2 5 】

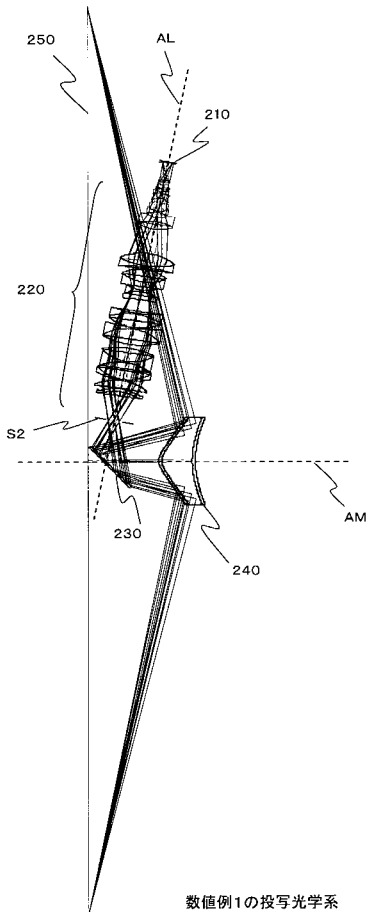
数値例1の投写光学系			
	s46	s47	s50
K	-1.702044E+00	5.173781E-02	-3.483050E+00
A1	0.000000E+00	0.000000E+00	-4.406531E-02
A2	0.000000E+00	0.000000E+00	4.411954E-04
A3	0.000000E+00	0.000000E+00	2.062120E-06
A4	-5.141843E-06	-5.709208E-06	8.661053E-09
A5	0.000000E+00	0.000000E+00	-9.329366E-11
A6	-8.189817E-10	2.796239E-10	-5.706500E-13
A7	0.000000E+00	0.000000E+00	6.157491E-16
A8	2.340847E-13	-2.818031E-12	2.292093E-17
A9	0.000000E+00	0.000000E+00	1.777329E-19
A10	2.372234E-17	9.121655E-16	-1.422981E-21
A11	0.000000E+00	0.000000E+00	1.578630E-23
A12	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.147637E-25

【 図 2 6 】



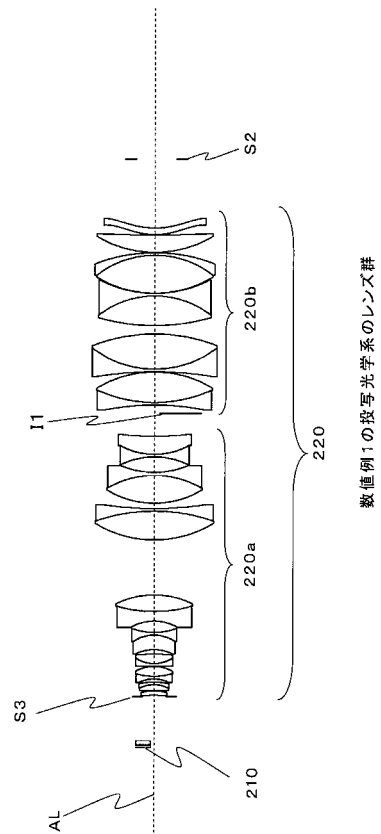
数値例1の投写光学系

【 図 2 7 】



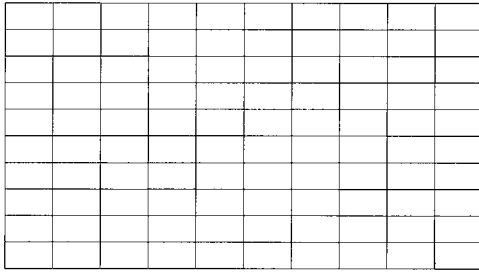
数値例1の投写光学系

【 図 2 8 】



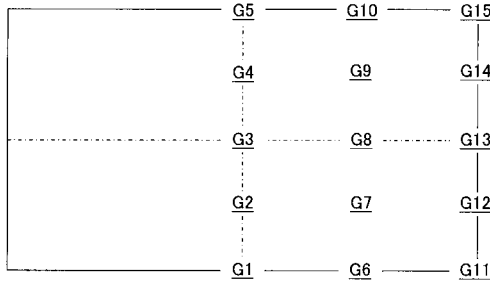
数値例1の投写光学系のレンズ群

【 図 2 9 】



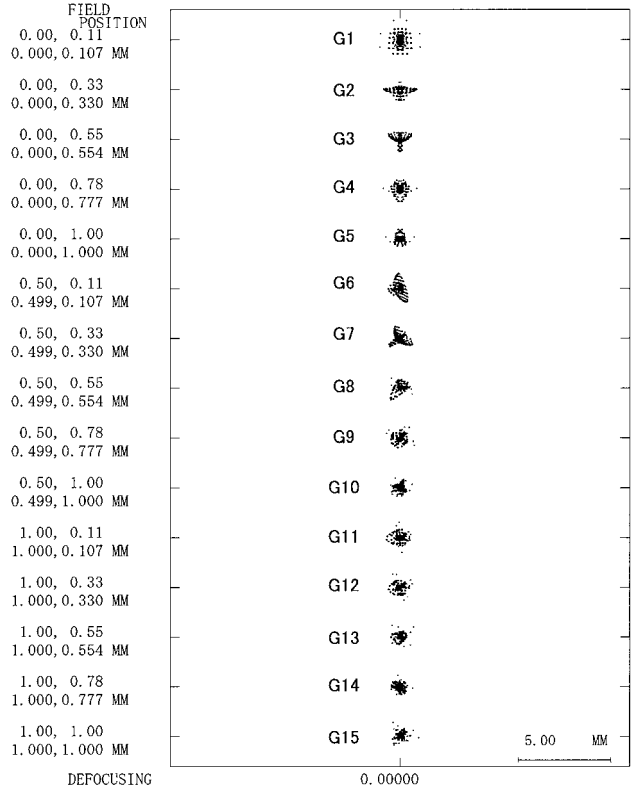
数値例1の投写光学系のディストーション

【 図 3 0 】



数値例1及び2の投写光学系のスポットの位置

【 図 3 1 】



数値例1の投写光学系のスポットダイアグラム

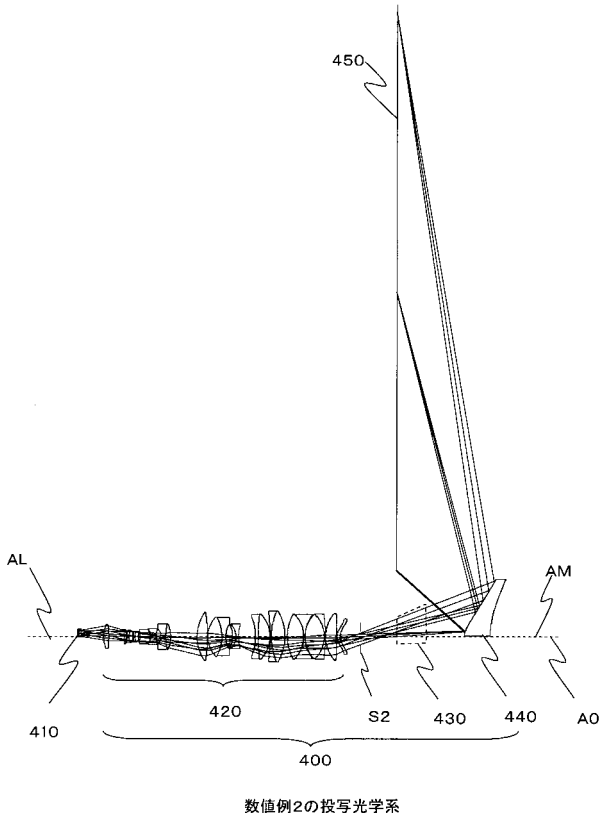
【 図 3 2 】

数値例2の投写光学系				
面番号	曲率半径[mm]	面間隔[mm]	屈折率	アッベ数
si	Ri	Di	n	v
s1	Infinity	1.10		
s2	Infinity	1.05	1.50690	63.1
s3	Infinity	3.00	1.51680	64.2
s4	Infinity	33.00		
s5	45.956	7.85	1.80518	25.5
s6	-126.676	22.30		
s7	-3422.210	3.20	1.80420	46.5
s8	-46.208	1.83		
s9	-24.825	2.00	1.69020	30.1
s10	14.635	6.50	1.68099	53.2
s11	-30.598	0.20		
s12	53.085	2.00	1.80501	27.7
s13	12.091	4.98	1.63957	56.7
s14	-48.894	1.00		
s15 (絞り)	Infinity	2.00		
s16	-28.435	15.82	1.80518	25.5
s17	-15.774	8.00	1.49700	81.6
s18	28.060	7.27		
s19	-17.809	6.72	1.49700	81.6
s20	77.123	7.79	1.80459	35.1
s21	-53.803	38.62		
s22	67.415	15.80	1.80420	46.5
s23	-210.968	0.20		
s24	44.554	20.95	1.75642	48.6
s25	-60.552	5.89	1.80518	25.5
s26	40.400	10.06		
s27	-42.755	4.73	1.80420	46.5
s28	-28.148	3.98	1.80518	25.5
s29	60.294	20.00		
s30	Infinity	5.00		
s31	-78.119	3.58	1.80420	46.5
s32	255.863	17.87	1.80518	25.5
s33	-51.439	0.20		
s34	-298.330	2.00	1.80421	46.2
s35	104.119	19.99	1.80518	25.5
s36	-78.623	3.35		
s37	74.902	24.06	1.50245	79.9
s38	-50.727	2.00	1.75721	27.1
s39	55.847	0.20		
s40	51.490	27.95	1.50089	80.4
s41	-49.993	2.00	1.76705	26.7
s42	-234.107	0.20		
s43	55.891	16.71	1.73758	49.6
s44	-511.411	0.20		
*s45	18.698	5.00	1.52996	55.8
*s46	20.924	30.34		
s47	Infinity	75.40		
s48	Infinity	-76.00	MIRROR	
*s49	-22.872	99.00	MIRROR	
s50	Infinity			

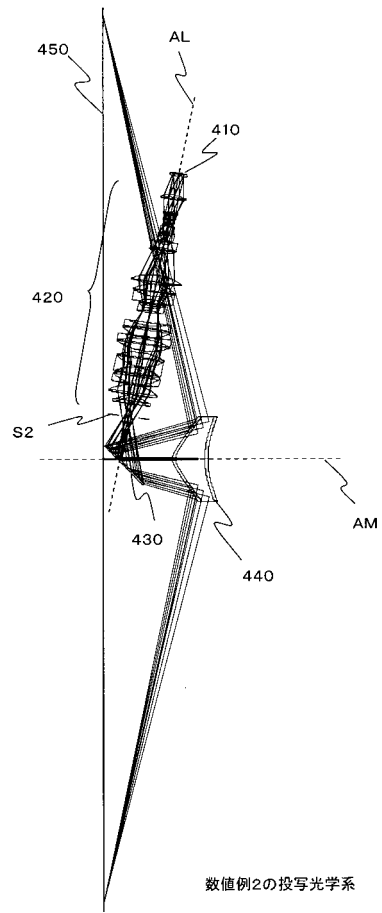
【 図 3 3 】

数値例2の投写光学系			
	s45	s46	s49
K	-1.135665E+00	-8.558219E-01	-3.436783E+00
A1	0.000000E+00	0.000000E+00	-4.879045E-02
A2	0.000000E+00	0.000000E+00	5.647127E-04
A3	0.000000E+00	0.000000E+00	1.521780E-06
A4	-1.049353E-05	-1.574293E-05	4.301856E-09
A5	0.000000E+00	0.000000E+00	-7.332079E-11
A6	-1.215685E-08	9.708738E-09	-1.954330E-13
A7	0.000000E+00	0.000000E+00	1.676427E-15
A8	5.415930E-12	-2.915744E-11	3.683002E-18
A9	0.000000E+00	0.000000E+00	-4.522384E-20
A10	2.318807E-15	2.181742E-14	-1.332571E-21
A11	0.000000E+00	0.000000E+00	3.697682E-23
A12	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.952918E-25

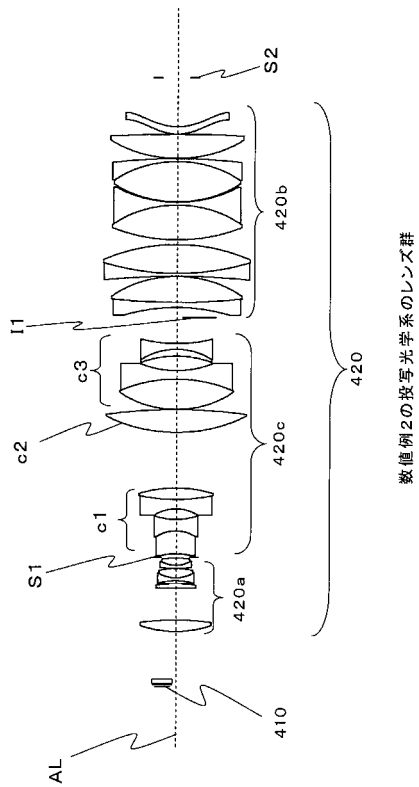
【 図 3 4 】



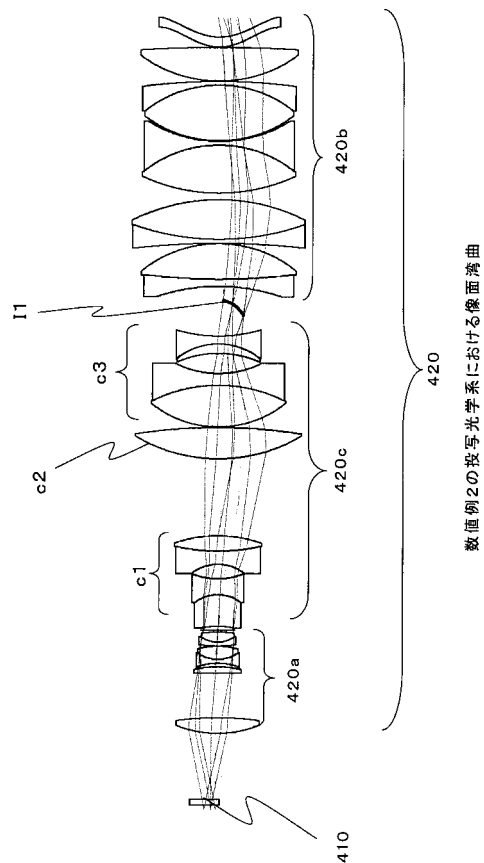
【 図 3 5 】



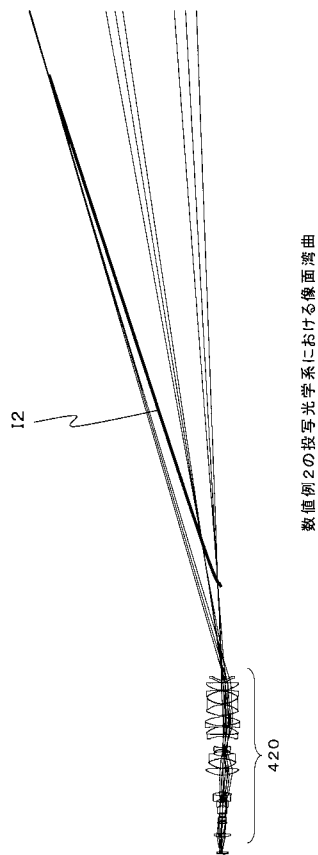
【 図 3 6 】



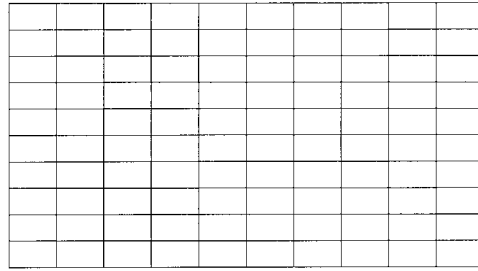
【 図 3 7 】



【 図 3 8 】

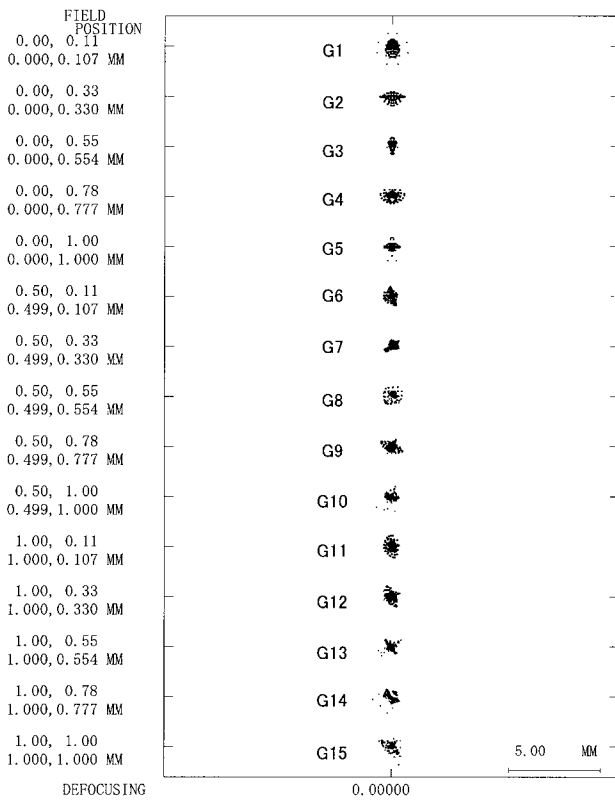


【 図 3 9 】



数値例2の投写光学系のディストーション

【 図 4 0 】



数値例2の投写光学系のスポットダイアグラム

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA06 PA15 PA16 PB20 QA03 QA07 QA12 QA21 QA26 QA32
QA34 QA41 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 TA01 TA03 TA06
2H191 FA13X FA31X FA56X FA85Z FA86Z FA87Z LA11 LA22 MA11
2K103 AA05 AA07 AA14 AA17 AA25 AB07 AB08 BC03 BC05 BC19
BC23 BC27 BC50 CA01 CA06 CA20 CA26 CA29 CA47