

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4731808号
(P4731808)

(45) 発行日 平成23年7月27日 (2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年4月28日 (2011.4.28)

(51) Int.Cl.	F I
G03B 21/10 (2006.01)	G03B 21/10 Z
G02B 13/16 (2006.01)	G02B 13/16
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18
G03B 21/00 (2006.01)	G03B 21/00 F

請求項の数 12 (全 85 頁)

(21) 出願番号	特願2003-413598 (P2003-413598)	(73) 特許権者	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
(22) 出願日	平成15年12月11日 (2003.12.11)	(74) 代理人	100123434 弁理士 田澤 英昭
(62) 分割の表示	特願2001-40739 (P2001-40739) の分割	(74) 代理人	100101133 弁理士 濱田 初音
原出願日	平成13年2月16日 (2001.2.16)	(72) 発明者	鈴木 浩志 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三 菱電機株式会社内
(65) 公開番号	特開2004-133483 (P2004-133483A)	(72) 発明者	寺本 浩平 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三 菱電機株式会社内
(43) 公開日	平成16年4月30日 (2004.4.30)		
審査請求日	平成19年7月27日 (2007.7.27)		
(31) 優先権主張番号	特願2000-137602 (P2000-137602)		
(32) 優先日	平成12年5月10日 (2000.5.10)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2000-241757 (P2000-241757)		
(32) 優先日	平成12年8月9日 (2000.8.9)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光を発する発光体と、入射する照明光を画像情報に応じて変調して出射する空間光変調素子と、上記発光体が発する光を上記空間光変調素子に導き照明光として入射させる集光手段とから構成され、上記画像情報を上記照明光に与えて光画像信号として送信する送信手段と、

上記光画像信号を反射する反射部と、上記反射部が有する収差を補正するとともに上記光画像信号を上記反射部へ投影する屈折光学部とから構成され、上記光画像信号を投影する投影光学手段と、

上記投影光学手段を介して上記光画像信号を受光して上記画像情報に基づく画像を表示する表示手段とを備え、

上記投影光学手段の光軸は上記表示手段から外れた位置に配置されたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項2】

上記送信手段の少なくとも一部を、上記表示手段の受光面側かつ上記光軸の側の空間であって、かつ上記反射部で反射された光画像信号を遮らない空間に配置したことを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項3】

上記投影光学手段からの光画像信号を上記表示手段へ反射する平面鏡を備え、

上記表示手段の受光面と上記平面鏡の反射面とが平行の関係にあるとともに、上記平面

鏡の反射面および上記表示手段の受光面と直交する底面を有し、

上記表示手段に表示される4角形の画像の底辺上に存在し、該画像の中心から最も離れた第1の点と、上記第1の点へ向う光線が反射される上記平面鏡上の第2の点と、上記第2の点へ向う光線が反射される上記反射部上の第3の点と、上記第1の点、上記第2の点、及び上記第3の点を上記底面の法線方向から該底面上に投影した点である第4の点、第5の点、及び第6の点とを頂点とする5面体形状の配置空間に、発光体及び集光手段の一部からなる集光光学系主要部を配置することを特徴とする請求項1または請求項2記載の画像表示装置。

【請求項4】

上記投影光学手段は、上記屈折光学部から上記反射部へ光画像信号を反射する第1の光路折曲手段を備えたことを特徴とする請求項1から請求項3のうちのいずれか1項記載の画像表示装置。

10

【請求項5】

上記第1の光路折曲手段は、上記反射部の光軸を含む水平面内で、上記屈折光学部の光軸方向を折り曲げることを特徴とする請求項4記載の画像表示装置。

【請求項6】

上記第1の光路折曲手段は反射鏡またはプリズム素子であることを特徴とする請求項4記載の画像表示装置。

【請求項7】

上記屈折光学部は、第1のレンズ手段から第2のレンズ手段へ光画像信号を反射する第2の光路折曲手段を備えたことを特徴とする請求項1から請求項4のうちのいずれか1項記載の画像表示装置。

20

【請求項8】

上記第2の光路折曲手段は反射鏡またはプリズム素子であることを特徴とする請求項7記載の画像表示装置。

【請求項9】

上記反射部は、上記表示手段へ光画像信号を反射しない非反射部分を切り取った形状であることを特徴とする請求項1から請求項8のうちのいずれか1項記載の画像表示装置。

【請求項10】

上記集光光学系主要部の光軸は、上記表示手段の受光面および上記底面に平行に配置したことを特徴とする請求項3記載の画像表示装置。

30

【請求項11】

上記集光光学系主要部の光軸は、上記表示手段の受光面に平行に設置するとともに、上記底面に対して所定の角度で傾斜していることを特徴とする請求項3記載の画像表示装置。

【請求項12】

上記集光光学系主要部から出射して上記空間光変調素子に入射する光束と、該空間光変調素子から出射して上記屈折光学部に入射する光束とを媒介する第2のプリズム素子を備えたことを特徴とする請求項3、請求項10及び請求項11のうちのいずれか1項記載の画像表示装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、画像情報が与えられた光画像信号を表示手段に投影して画像を表示する画像表示装置に関するものであり、また、この画像表示装置に用いる光学系構成要素のアライメント調整方法に係るものである。

【背景技術】

【0002】

図95は従来 of 画像表示装置の構成を示す図である。1は光を出力する発光体、2は発光体1から出力された光が概ね平行になるように反射する放物面リフレクタ、3は放物面

50

リフレクタ 2 に反射された光を集光する集光レンズである。発光体 1、放物面リフレクタ 2 および集光レンズ 3 から照明光源系が構成されている。

【 0 0 0 3 】

4 は集光レンズ 3 によって集光された光を画像情報に基づいて空間的に強度変調するライトバルブ、5 はライトバルブ 4 によって強度変調された光をスクリーン 6 に投影する投影光学レンズ、6 は投影光学レンズ 5 から投影された光を画像として表示するスクリーンである。光路は矢印で表示してある。

【 0 0 0 4 】

次に動作について説明する。

発光体 1 から出力された光は、放物面リフレクタ 2 によって反射され、集光レンズ 3 によってライトバルブ 4 へ集光される。ライトバルブ 4 は画像情報に基づいて集光された光を空間的に強度変調する。強度変調された光は投影光学レンズ 5 によってスクリーン 6 に後方（図 9 5 の左方）から投影されて、画像として表示される。画像表示装置の利用者は、図 9 5 のスクリーン 6 の前方（図 9 5 の右方）から画像を視認する。

【 0 0 0 5 】

図 9 5 の画像表示装置の奥行は、発光体 1、放物面リフレクタ 2、集光レンズ 3 からなる照明光源系からスクリーン 6 までの距離に相当する。同じ大きさの画像を表示できる画像表示装置であれば、この奥行をなるべく薄く構成したものの方が好ましい。このような理由で、図 9 5 に示した従来の画像表示装置では、画像表示装置の奥行を極力抑えて薄型化できるように、広角の投影光学レンズ 5 を用いてスクリーン 6 に画像を表示している。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、投影光学レンズ 5 の広角には限界があるため、図 9 5 の画像表示装置をさらに薄型化するために、図 9 6 に示すように、水平方向に対して 45° 傾いた平面鏡 7 を設けて、投影光学レンズ 5 からの光路を折り曲げてスクリーン 6 に投影するように構成している。

【 0 0 0 7 】

図 9 6 の画像表示装置では、照明光源系やライトバルブ 4、投影光学レンズ 5 の各構成要素を画像表示装置の高さ方向（図 9 6 の上下方向）に配置し、画像表示装置の薄型化を可能にしている。この場合の画像表示装置の奥行は、平面鏡 7 からスクリーン 6 までの距離に相当する。水平方向に対する平面鏡 7 の傾きを 45° よりも大きくすれば画像表示装置をさらに薄型化することができるが、ライトバルブ 4 および光源部分が投影光と干渉し、光がけられてしまってスクリーン 6 から光路が外れてしまう。

【 0 0 0 8 】

また、特許文献 1 には、図 9 6 の平面鏡 7 の代わりに凸面鏡を用いて光を反射してスクリーン 6 に画像を拡大表示する画像表示装置が開示されているが、スクリーン 6 には歪んだ画像が表示されてしまう。

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開平 6 - 1 1 7 6 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

従来の画像表示装置は以上のように構成されているので、画像表示装置の薄型化には限界があり、これ以上の薄型化をすることができないという課題があった。

【 0 0 1 1 】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、画像を歪ませることなく拡大表示することができるとともに、従来と比較してさらに薄型化することができる画像表示装置を得ることを目的とする。

【 0 0 1 2 】

また、この発明は、上記の画像表示装置の光学系構成要素をアライメント調整するアライメント調整方法を得ることを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0013】

この発明に係るが画像表示装置は、光を発する発光体と、入射する照明光を画像情報に応じて変調して出射する空間光変調素子と、発光体が発する光を空間光変調素子に導き照明光として入射させる集光手段とから構成され、画像情報を照明光に与えて光画像信号として送信する送信手段と、光画像信号を反射する反射部と、反射部が有する収差を補正するとともに光画像信号を反射部へ投影する屈折光学部とから構成され、光画像信号を投影する投影光学手段と、投影光学手段を介して光画像信号を受光して画像情報に基づく画像を表示する表示手段とを備え、投影光学手段の光軸は表示手段から外れた位置に配置されるようにしたものである。

10

【0015】

この発明に係る画像表示装置は、上記送信手段の少なくとも一部を、上記表示手段の受光面側かつ上記光軸の一侧の空間であって、かつ上記反射部で反射された光画像信号を遮らない空間に配置されるようにしたものである。

【0016】

この発明に係る画像表示装置は、上記投影光学手段からの光画像信号を上記表示手段へ反射する平面鏡を備え、上記表示手段の受光面と上記平面鏡の反射面とが平行の関係にあるとともに、上記平面鏡の反射面および上記表示手段の受光面と直交する底面を有し、上記表示手段に表示される4角形の画像の底辺上に存在し、該画像の中心から最も離れた第1の点と、上記第1の点へ向う光線が反射される上記平面鏡上の第2の点と、上記第2の点へ向う光線が反射される上記反射部上の第3の点と、上記第1の点、上記第2の点、及び上記第3の点を上記底面の法線方向から該底面上に投影した点である第4の点、第5の点、及び第6の点とを頂点とする5面体形状の配置空間に、発光体及び集光手段の一部からなる集光光学系主要部を配置されるようにしたものである。

20

【0017】

この発明に係る画像表示装置は、上記投影光学手段が、上記屈折光学部から上記反射部へ光画像信号を反射する第1の光路折曲手段を備えるようにしたものである。

【0018】

この発明に係る画像表示装置は、上記第1の光路折曲手段が、上記反射部の光軸を含む水平面内で、上記屈折光学部の光軸方向を折り曲げるようにしたものである。

30

【0019】

この発明に係る画像表示装置は、反射鏡またはプリズム素子を上記第1の光路折曲手段とするようにしたものである。

【0020】

この発明に係る画像表示装置は、上記屈折光学部が、第1のレンズ手段から第2のレンズ手段へ光画像信号を反射する第2の光路折曲手段を備えるようにしたものである。

【0021】

この発明に係る画像表示装置は、反射鏡またはプリズム素子を上記第2の光路折曲手段とするようにしたものである。

【0022】

この発明に係る画像表示装置は、上記反射部を、上記表示手段へ光画像信号を反射しない非反射部分を切り取った形状とするようにしたものである。

40

【0023】

この発明に係る画像表示装置は、上記集光光学系主要部の光軸を、上記表示手段の受光面および上記底面に平行に配置されるようにしたものである。

【0024】

この発明に係る画像表示装置は、上記集光光学系主要部の光軸を、上記表示手段の受光面に平行に設置するとともに、上記底面に対して所定の角度で傾斜させるようにしたものである。

【0025】

50

この発明に係る画像表示装置は、上記集光光学系主要部から出射して上記空間光変調素子に入射する光束と、該空間変調素子から出射して上記屈折光学部に入射する光束とを媒介する第2のプリズム素子を備えるようにしたものである。

【発明の効果】

【0079】

この発明によれば、光を発する発光体と、入射する照明光を画像情報に応じて変調して出射する空間光変調素子と、発光体が発する光を空間光変調素子に導き照明光として入射させる集光手段とから構成され、画像情報を照明光に与えて光画像信号として送信する送信手段と、光画像信号を反射する反射部と、反射部が有する収差を補正するとともに光画像信号を反射部へ投影する屈折光学部とから構成され、光画像信号を投影する投影光学手段と、投影光学手段を介して光画像信号を受光して画像情報に基づく画像を表示する表示手段とを備え、投影光学手段の光軸は表示手段から外れた位置に配置されているので、表示手段へ光路を折り曲げるための光学部品を別に設ける必要がなくなり、光学部品点数を減少させて表示手段と反射部との間の距離を短くすることができ、また、薄型化した画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

10

【0081】

この発明によれば、上記送信手段の少なくとも一部を、上記表示手段の受光面側かつ上記光軸の側の空間であって、かつ上記反射部で反射された光画像信号を遮らない空間に配置されるようにしたので、薄型化した画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

20

【0082】

この発明によれば、上記投影光学手段からの光画像信号を上記表示手段へ反射する平面鏡を備え、上記表示手段の受光面と上記平面鏡の反射面とが平行の関係にあるとともに、上記平面鏡の反射面および上記表示手段の受光面と直交する底面を有し、上記表示手段に表示される4角形の画像の底边上に存在し、該画像の中心から最も離れた第1の点と、上記第1の点へ向う光線が反射される上記平面鏡上の第2の点と、上記第2の点へ向う光線が反射される上記反射部上の第3の点と、上記第1の点、上記第2の点、及び上記第3の点を上記底面の法線方向から該底面上に投影した点である第4の点、第5の点、及び第6の点とを頂点とする5面体形状の配置空間に、発光体及び集光手段の一部からなる集光光学系主要部を配置されるようにしたので、平面鏡と表示手段とによって定められた画像表示装置の薄さの範囲で、スクリーン下部の高さを抑制することができるという効果が得られる。

30

【0083】

この発明によれば、上記投影光学手段が、上記屈折光学部から上記反射部へ光画像信号を反射する第1の光路折曲手段を備えるようにしたので、画像表示装置をさらに薄型化し、スクリーン下部高さを低く抑えた画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

【0084】

この発明によれば、上記第1の光路折曲手段が、上記反射部の光軸を含む水平面内で、上記屈折光学部の光軸方向を折り曲げるようにしたので、さらに薄型化し、かつスクリーン下部高さを低く抑えた画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

40

【0085】

この発明によれば、反射鏡またはプリズム素子を上記第1の光路折曲手段とするようにしたので、曲面形状の反射面または屈折面を工夫することによって、光線の制御に自由度を与えることができるようになり、種々の光学性能の改善を図ることができるという効果が得られる。

【0086】

この発明によれば、上記屈折光学部が、第1のレンズ手段から第2のレンズ手段へ光画像信号を反射する第2の光路折曲手段を備えるようにしたので、画像表示装置をさらに薄型化し、スクリーン下部高さを低く抑えた画像表示装置を構成することができるという効

50

果が得られる。

【0087】

この発明によれば、反射鏡またはプリズム素子を上記第2の光路折曲手段とするようにしたので、曲面形状の反射面または屈折面を工夫することによって、光線の制御に自由度を与えることができるようになり、種々の光学性能の改善を図ることができるという効果が得られる。

【0088】

この発明によれば、上記反射部を、上記表示手段へ光画像信号を反射しない非反射部分を切り取った形状とするようにしたので、非反射部を切り取った分だけ反射部を小さく構成することができ、画像表示装置のコストを削減することができ、また画像表示装置内部の構成スペースを有効に利用することができるという効果が得られる。

10

【0089】

この発明によれば、上記集光光学系主要部の光軸を、上記表示手段の受光面および上記底面に平行に配置されるようにしたので、照明光源部の寿命を短くすることなく、スクリーン下部の高さを抑制して種々の利用形態に対応できる画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

【0090】

この発明によれば、上記集光光学系主要部の光軸を、上記表示手段の受光面に平行に設置するとともに、上記底面に対して所定の角度で傾斜させるようにしたので、照明光源部の寿命を短くすることなく、スクリーン下部の高さを抑制して種々の利用形態に対応できる画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

20

【0091】

この発明によれば、上記集光光学系主要部から出射して上記空間光変調素子に入射する光束と、該空間変調素子から出射して上記屈折光学部に入射する光束とを媒介する第2のプリズム素子を備えるようにしたので、反射型の光空間変調素子に対して配置空間に配置した集光光学系主要部によって光を集光することができ、かつ、空間光変調素子で反射された光束を上記空間光変調素子への入射光束と分離する構成の自由度を高めることができるという効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0145】

以下、この発明の実施の一形態について説明する。

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1による画像表示装置の構成を示す図である。11は光(照明光)を発する発光体、12は発光体11から発した光が概ね平行になるように反射する放物面リフレクタ、13は放物面リフレクタ12から反射された光を集光する集光レンズである。発光体11、放物面リフレクタ12および集光レンズ13から照明光源系(送信手段、照明光源部)が構成されている。

【0146】

14は反射型の光空間変調素子であるマイクロミラーデバイス(送信手段、反射型画像情報付与部、デジタルマイクロミラーデバイス、略はDMD, Texas Instruments Incorporated(TI)の登録商標)であり、マイクロミラーデバイス14は集光レンズ13によって集光された光をその反射面によって空間的に強度変調し、画像情報が与えられた光画像信号として強度変調光を反射する。この発明はあらゆる光空間変調素子を備えた画像表示装置に適用することができるが、以下では、マイクロミラーデバイス14を用いて説明を行う。15は樽型歪曲収差(補正収差)を有する屈折光学レンズ(屈折光学部)、16は糸巻型歪曲収差を有する凸面鏡(反射部)、17は屈折光学レンズ15と凸面鏡16とから構成される投影光学系(投影光学手段)である。投影光学系17はマイクロミラーデバイス14によって空間的に強度変調された光をスクリーン18に投影するものであり、マイクロミラーデバイス14によって強度変調された光は屈折光学レンズ15によって凸面鏡16へ投影されて反射する。凸面鏡16の反射面は

30

40

50

負のパワーを有しており、入射光の像をスクリーン 18 に拡大して投影する。18 は投影光学系 17 から投影された光を受光して画像を表示するスクリーン（表示手段）である。光路は矢印で表示してある。

【0147】

この実施の形態 1 では、マイクロミラーデバイス 14 の反射面とスクリーン 18 の受光面とを平行にして、画像表示装置の奥行が最小になるように設置している。また、投影する光のけられがないように、高さ方向においてマイクロミラーデバイス 14 とスクリーン 18 との重なりがないように配置している。さらに、上記のマイクロミラーデバイス 14 とスクリーン 18 との配置条件を満たしつつ、マイクロミラーデバイス 14 の像とスクリーン 18 の像との共役関係が保たれるように投影光学系 17 を配置している。

10

【0148】

次に動作について説明する。

発光体 11 から出力された光は、放物面リフレクタ 12 によって反射され、集光レンズ 13 を介してマイクロミラーデバイス 14 の反射面に対して斜めの方向から入射する。マイクロミラーデバイス 14 は画像情報に基づいて入射した光を空間的に強度変調する。強度変調された光は投影光学系 17 によってスクリーン 18 に投影されて画像が表示される。画像表示装置の利用者は、図 1 のスクリーン 18 の左方から画像を視認する。

【0149】

ここで、マイクロミラーデバイス 14 について説明する。

マイクロミラーデバイス 14 は $16 \mu\text{m}$ 角の小ミラーが $17 \mu\text{m}$ ピッチで 2 次元アレー状に配置された反射面を有しており、この小ミラーと画像フォーマットとは通常一対一に対応している。例えば図示しないコントローラから印加される電圧によって各小ミラーの傾きを個々に変化させ、各小ミラーからの反射光の方向をそれぞれ変化させることができる。

20

【0150】

つまり、ある小ミラーからの反射光をスクリーン 18 に投影する場合には、投影光学系 17 の開口の方向に光が反射するように、該当する小ミラーの傾きを変化させる。また、ある小ミラーからの反射光をスクリーン 18 に投影しない場合には、投影光学系 17 の開口から外れる方向に光が反射するように、該当する小ミラーの傾きを制御する。小ミラーの傾きを変化させるのに要する時間は $10 \mu\text{s}$ 以下であり、マイクロミラーデバイス 14 は光を高速に強度変調できる。

30

【0151】

マイクロミラーデバイス 14 は反射型の光空間変調素子であるため、その反射面に対して斜めの方向から入射した光を強度変調して反射することが可能である。光空間変調素子として例えば液晶を用いた場合には、液晶の裏面からほぼ垂直に光を入射しなければならないため、裏面に配置される照明光源系によって画像表示装置の薄型化が制約されることを考えると、マイクロミラーデバイス 14 の有効性が明らかになる。この実施の形態 1 のようにマイクロミラーデバイス 14 を用いることによって、マイクロミラーデバイス 14 が光を出射する側に照明光源系を配置して、光空間変調素子とスクリーン 18 への光路折り曲げを行う凸面鏡 16 の間に照明光源系を配置することが可能になり、画像表示装置の高さ方向の空間を有効利用でき、照明光源系の張り出しを防ぐことができる。

40

【0152】

次に投影光学系 17 について説明する。

マイクロミラーデバイス 14 によって強度変調された光は、投影光学系 17 へ反射される。図 1 に示すように、屈折光学レンズ 15 の光軸はマイクロミラーデバイス 14 の反射面およびスクリーン 18 の受光面に対して垂直であり、かつ、マイクロミラーデバイス 14 の中心およびスクリーン 18 の中心からオフセットして設置している。したがって、屈折光学レンズ 15 の画角の一部のみをマイクロミラーデバイス 14 からの光の投影に使用していることになる。図 1 では、屈折光学レンズ 15 の下方から光が入射しているため、上方に光が出射する。

50

【 0 1 5 3 】

図2は屈折光学レンズ15の樽型歪曲収差が凸面鏡16の糸巻型歪曲収差を補正する動作を概念的に説明する図である。図2に示すように、屈折光学レンズ15は樽型歪曲収差を有するように設計されており、マイクロミラーデバイス14から格子状の像(図2(a))を示す光を屈折光学レンズ15へ投影すると、この格子状の像が樽型状に変形する(図2(b))。この樽型歪曲収差は、凸面鏡16で生じる糸巻型歪曲収差(図2(c))を補正する特性(補正収差)であり、凸面鏡16の糸巻型歪曲収差をもとにして設計したものである。

【 0 1 5 4 】

したがって、歪みが補正された光をスクリーン18に投影すると、拡大された格子状の像(図2(d))が歪むことなく表示されるようになる。一般に、光学系で生じた画像の歪みを信号処理によって補正することも可能であるが、画像の精細度は劣化してしまうので、この実施の形態1では、光学的に歪曲収差を補正するようにしている。

【 0 1 5 5 】

ここで凸面鏡16の糸巻型歪曲収差について説明する。

図3は無収差の屈折光学レンズ19を介して凸面鏡16または平面鏡21によってマイクロミラーデバイス14からの光を反射したときの像を光路追跡で求める方法を概念的に示した図である。図3では、平面鏡21で反射した光路は実線で、凸面鏡16で反射した光路は破線で示してある。

【 0 1 5 6 】

マイクロミラーデバイス14から格子状の像(図3(a))を有する光を出射した場合、無収差の屈折光学レンズ19を透過した光の像は歪みを生じない(図3(b))。したがって、無収差の屈折光学レンズ19を透過した光を平面鏡21で反射させて、屈折光学レンズ19の光軸20に垂直なA-A'断面上で観察すると、黒点()が等間隔に存在するようになる(図3(d))。つまり、無収差の屈折光学レンズ19と平面鏡21とから構成される投影光学系の場合には、格子状の像を保ったままで歪曲収差を示さない。

【 0 1 5 7 】

一方、無収差の屈折光学レンズ19を透過した光を凸面鏡16で反射した場合には、凸面鏡16の反射面における光軸方向の反射位置が各光路毎に異なるために、A-A'断面上では白丸()で示すようになって糸巻型歪曲収差(図3(c))が生じる。この糸巻型歪曲収差は凸面鏡16の形状を決めると光路追跡によって計算できるため、この計算結果をもとに図1の屈折光学レンズ15の歪曲収差を設計すれば良い。歪曲設計方法に関しては従来の屈折光学系の設計に基づき行えば良いためここでは省略する。

【 0 1 5 8 】

このように、凸面鏡16の糸巻型歪曲収差を補正する樽型歪曲収差を有するように屈折光学レンズ15を用いるようにしたので、スクリーン18に歪みのない画像を拡大表示できるようになり、画像表示装置の各構成要素に対するスクリーン18の位置を薄型化に適するように構成することができる。

【 0 1 5 9 】

なお、凸面鏡16は、2次曲線を軸の周りに回転して得られる回転非球面をその反射面の形状とすることによって、鏡面旋盤によって容易に製作することができ、製造コストを大幅に削減できる。凸面鏡16は画像表示装置の仕様に応じて自由に設計することが可能であり、設計された凸面鏡16の糸巻型歪曲収差を補正する樽型歪曲収差を持つ屈折光学レンズ15を設計すれば良い。

【 0 1 6 0 】

また、従来の技術では、図96の平面鏡7のように投影光学系17とは別に光路を折り曲げる手段が必要であったが、この実施の形態1では投影光学系17の一部が光路を折り曲げる作用も持っているため、光学部品の点数が少なくなり、スクリーン18と凸面鏡16との間の距離を短くすることができる。

【 0 1 6 1 】

10

20

30

40

50

また、図 4 に示すように、照明光源系が大きく突出してしまうような場合には、投影光学系 17 からの光を反射する平面鏡 22 を追加して、スクリーン 18 へ光路を折り曲げるようにすることで、画像表示装置の空間を最大限に利用することができる。なお、平面鏡 22 と投影光学系 17 とを入れ替えるようにしても良く、また、平面鏡 22 の代わりに投影光学系 17 とは別の投影光学系を用いるようにしても良い。

【0162】

以上のように、この実施の形態 1 によれば、照明光源系およびマイクロミラーデバイス 14 から構成され、画像情報に基づいて強度変調された光画像信号を出射する送信手段と、光画像信号を受光して画像情報に基づく画像を表示するスクリーン 18 と、負のパワーを有し、画像情報に基づいて強度変調された光をスクリーン 18 へ反射する凸面鏡 16 と、凸面鏡 16 が有する糸巻型歪曲収差を補正する樽型歪曲収差を有し、送信手段からの光を凸面鏡 16 へ投影するように設置される屈折光学レンズ 15 とを備えるようにしたので、画像情報に基づいて変調された光が凸面鏡 16 から受ける糸巻型歪曲収差を補正してスクリーン 18 に拡大画像を表示することができるようになり、画像表示装置の薄型化に最適な位置にスクリーン 18 を配置することができ、従来と比較してより薄型化した画像表示装置を構成することができるようになるという効果が得られる。

10

【0163】

また、この実施の形態 1 によれば、発光体 11、放物面リフレクタ 12 および集光レンズ 13 から構成される照明光源系と、照明光源系から入射した光を画像情報に基づいて変調して反射するマイクロミラーデバイス 14 とから送信手段を構成するようにしたので、マイクロミラーデバイス 14 が光を出射する側に照明光源系を配置できるようになり、液晶などの透過型の光空間変調素子を用いた従来の画像表示装置と比較して、より薄型化した画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

20

【0164】

さらに、この実施の形態 1 によれば、マイクロミラーデバイス 14 から反射された光を投影光学系 17 によってスクリーン 18 へ反射させるようにしたので、スクリーン 18 へ光路を折り曲げるための光学部品を別に設ける必要がなくなり、光学部品点数を減少させてスクリーン 18 と凸面鏡 16 との間の距離を短くすることができるという効果が得られる。

【0165】

さらに、この実施の形態 1 によれば、凸面鏡 16 を回転非球面形状とするようにしたので、鏡面旋盤によって容易に製作することができ、製造コストを大幅に削減することができるという効果が得られる。

30

【0166】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 では、樽型歪曲収差を有する屈折光学レンズ 15 と糸巻型歪曲収差を有する凸面鏡 16 とによって投影光学系 17 を構成するようにしたが、この実施の形態 2 では、凸面鏡と同様に短い投影距離で画像を拡大することができ、歪曲収差を有さないフレネルミラーによって投影光学系を構成した場合について説明する。

【0167】

図 5 はこの発明の実施の形態 2 による画像表示装置の構成を示す図である。図 5 において、23 は無収差の屈折光学レンズ（屈折光学部）、24 は屈折光学レンズ 23 からの光を反射してスクリーン 18 に投影するフレネルミラー（反射部）、25 は屈折光学レンズ 23 とフレネルミラー 24 とから構成される投影光学系（投影光学手段）である。凸面鏡 16 と同様に、フレネルミラー 24 の反射面は負のパワーを有している。なお、ここでは照明光源系の図示を省略している。

40

【0168】

図 6 はフレネルミラー 24 を拡大した図である。図 6 には実施の形態 1 で示した凸面鏡 16 も同様に示している。図 6 の凸面鏡 16 とフレネルミラー 24 との対応のとおり、フレネルミラー 24 は、凸面鏡 16 の反射面を小区間毎にそれぞれ分割し、分割した位置に

50

相当する部分と同じ傾きを持ち、かつ周期構造にした反射面の形状を有するものである。図 6 から分かるように、凸面鏡 16 よりもフレネルミラー 24 は薄い形状である。

【0169】

図 7 は凸面鏡 16 とフレネルミラー 24 との歪曲収差の違いを比較する図である。実施の形態 1 で述べたように、マイクロミラーデバイス 14 や無収差の屈折光学レンズ 23 における格子状の像 (図 7 a, b) を凸面鏡 16 で反射した光路 (図 7 の破線) は、凸面形状に起因する各光路の反射位置の違いから糸巻型歪曲収差 (図 7 c,) が屈折光学レンズ 23 の光軸 27 に垂直な A - A' 断面上に発生する。一方、フレネルミラー 24 を用いた場合は、光軸方向の反射位置が全て同じであるため、図 3 の平面鏡 21 と同様に歪曲収差が発生しない (図 7 d,)。したがって、フレネルミラー 24 を用いて投影光学系 25 を構成することによって、歪曲収差の補正を考慮する必要がなくなり、無収差の屈折光学レンズ 23 をそのまま用いれば良い。この他の構成や動作については、実施の形態 1 と同様であるため、説明を省略する。

10

【0170】

以上のように、この実施の形態 2 によれば、凸面鏡と同様に短い距離で画像を拡大し、透過する光の像に歪みを与えないフレネルミラー 24 と無収差の屈折光学レンズ 23 とを用いて投影光学系 25 を構成するようにしたので、実施の形態 1 の凸面鏡 16 の糸巻型歪曲収差を屈折光学レンズによって補正することなく、スクリーン 18 に画像を拡大表示することができるようになり、画像表示装置の設計、製造を容易にすることができるという効果が得られる。

20

【0171】

また、この実施の形態 2 によれば、凸面鏡 16 よりも薄く構成されるフレネルミラー 24 を投影光学系 25 に用いるようにしたので、実施の形態 1 と比較して更に薄型化した画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

【0172】

実施の形態 3 .

この実施の形態 3 では、光の入射面と反対側の面を凸面形状の反射面で構成した光学素子および屈折光学レンズから投影光学系を構成する場合について説明する。

【0173】

図 8 はこの発明の実施の形態 3 による画像表示装置の構成を示す図である。図 8 において、28 は屈折光学レンズ (屈折光学部)、29 は分散特性の異なる 2 つの光学材料から構成される光学素子 (反射部)、30 は屈折光学レンズ 28 と光学素子 29 とから構成される投影光学系 (投影光学手段) である。なお、ここでは照明光源系の図示を省略している。

30

【0174】

図 9 は光学素子 29 を拡大した図である。31, 33 はそれぞれ低分散ガラス (低分散媒質)、高分散ガラス (高分散媒質)、32 は低分散ガラス 31 と高分散ガラス 33 との境界面、34 は高分散ガラス 33 と空気との境界となる反射面である。光の入射側から見ると、境界面 32 は正のパワーを有するように凹面形状に構成され、反射面 34 は負のパワーを有するように凸面形状となっている。プリズムの原理と同様に、光学素子 29 に光が入出射したときに色収差が発生するため、低分散ガラス 31 と高分散ガラス 33 とを組み合わせて色消しを行っている。

40

【0175】

次に動作について説明する。

図 10 は光学素子 29 の内部において、入射した光路を示す図である。図 10 において、境界面 32 の左側が低分散ガラス 31 (屈折率 n_1)、右側が高分散ガラス 33 (屈折率 n_2) に相当する。 n_1, n_2 は任意に選択できるが、ここでは $n_1 < n_2$ である。また、反射面 34 と同一の形状を有する凸面鏡を用意して、この凸面鏡を反射面 34 として入射光を単に折り曲げた光路を破線で示してある。

【0176】

50

実線と破線を比較して分かるように、単なる凸面鏡によって折り曲げた場合の光路より、低分散ガラス31、高分散ガラス33を順に透過して凸面形状の反射面34に入射するように構成された光学素子29による光路の方がより大きな角度で光路を折り曲げることができ、より広角の画像をスクリーン18に投影できる。

【0177】

この光学素子29を用いれば、実施の形態1の凸面鏡16と比較して、画像をより広角に投影できる分だけ反射面34の凸面形状を緩やかにすることができるので、反射面34の糸巻型歪曲収差を低減できる。また、低分散ガラス31や高分散ガラス33の光学材料の厚さを調整することによって光の出射位置を制御することができるので、反射面34で生じる歪曲収差を光学素子29の内部で補正することができる。

10

【0178】

次に光学素子29の色消しの原理的な説明を行う。図11は反射面34で折り返された光学素子29内の光路を一方向に展開した図である。図11では、赤、青の光路をそれぞれ実線、破線で示してある。波長の差に対する屈折率変化が大きい場合を高分散、小さい場合を低分散と称している。一般にガラス材料は波長が短くなると屈折率が高くなる特性をもっている。

【0179】

したがって、図11に示すように、低分散ガラス31で屈折した光では、短い波長の青は大きく屈折し、長い波長の赤は青ほど屈折しない。高分散ガラス33では色による屈折の度合いが低分散ガラス31と異なるため、低分散ガラス31より低いパワーのものでも低分散ガラス31で生じた色収差が補正できる分散が与えられる。よって、この組み合わせにより正のパワーの色消しレンズが構成できる。負のパワーの色消しレンズが必要な場合は低分散ガラス31と高分散ガラス33との組み合わせを逆にすれば良い。

20

【0180】

なお、図9において光の入射側に低分散ガラス31を配置しているが、図12のように光の入射側に高分散ガラス36を用い、次に低分散ガラス38、そして負のパワーを有する反射面39という構成を用いた光学素子35の方が高い色消し効果が得られる場合もある。これらは設計時に自由に選択が可能である。

【0181】

以上のように、この実施の形態3によれば、光の透過する方向に積層された低分散ガラス31と高分散ガラス33とから構成され、負のパワーを有し、低分散ガラス31および高分散ガラス33を透過した光を反射する反射面34が形成された光学素子29を用いてスクリーン18へ光を投影するようにしたので、実施の形態1の凸面鏡16と同等の広角を持つ光をより緩やかな凸面形状で投影できるとともに、低分散ガラス31や高分散ガラス33の厚さを調整して反射面34で生じる歪曲収差を光学素子29、35の内部で補正することができるようになり、反射面34で生じる糸巻型歪曲収差の補正が容易になるという効果が得られる。

30

【0182】

実施の形態4.

この実施の形態4では、屈折面や反射面に非球面形状を用いた屈折光学レンズ、凸面鏡による歪曲収差の補正について説明する。

40

【0183】

図13はこの発明の実施の形態4による画像表示装置の構成を示す図である。図13において、40は正のパワーを有する屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部）、41は非球面形状の反射面を有する非球面凸面鏡（投影光学手段、反射部）、42は非球面形状の屈折面を有する非球面レンズ（投影光学手段、屈折光学部）、43は球面形状の反射面を有する球面凸面鏡（投影光学手段、反射部）、44は屈折光学レンズ40、非球面凸面鏡41、非球面レンズ42、球面凸面鏡43が共有する光軸である。なお、照明光源系、スクリーンの図示は省略する。

【0184】

50

フェルマの原理によって解析を行うと、レンズの屈折面やミラーの反射面を球面形状にした場合には無収差が得られないのに対して、レンズの屈折面やミラーの反射面を非球面形状にすると収差を減じられることが知られている。この実施の形態 4 では、主光線のバラけた所にこの非球面形状を有する光学素子を適用することによって、歪曲収差を補正するようにしている。

【0185】

例えば、図 13 (a) に示すように、屈折光学レンズ 40 を介して光空間変調素子としてのマイクロミラーデバイス 14 からの光を非球面凸面鏡 41 によって反射し、不図示のスクリーン 18 へ光を投影している。

また、図 13 (b) に示すように、屈折光学レンズ 40 と球面凸面鏡 43 との間の主光線のバラけた所に非球面レンズ 42 を設置して、マイクロミラーデバイス 14 からの光を屈折光学レンズ 40、非球面レンズ 42 を介して球面凸面鏡 43 によって反射し、スクリーン 18 へ光を投影している。

非球面凸面鏡 41 の反射面形状や非球面レンズ 42 の屈折面形状と歪曲収差とが一對一に対応するので、いずれの場合も歪曲収差を軽減するようにその形状を光路追跡によって設計している。

【0186】

したがって、図 13 (a)、(b) いずれの場合も、非球面形状を有する非球面凸面鏡 41、非球面レンズ 42 を媒介してスクリーン 18 へ光を投影するようにしているので、画像表示装置を薄型化構成できるとともに、スクリーン 18 へ投影された画像の歪みを補正することができる。

【0187】

また、図 13 (c) に示すように、非球面レンズ 42、非球面凸面鏡 41 をともに備えるようにしても良い。このようにすることで、歪曲収差をさらに容易に補正することができるようになる。

さらに、図示は省略するが、非球面レンズ 42 は 1 枚に限定されるものではなく、屈折光学レンズ 40 と非球面凸面鏡 41 (または球面凸面鏡 43) との間に複数枚の非球面レンズ 42 を備えるようにしても良く、歪曲収差をさらに補正することができる。

【0188】

以上説明してきた非球面形状による歪曲収差の補正をより効果的にするために次の 3 つの方法が考えられる。

【0189】

図 14 はこの発明の実施の形態 4 による画像表示装置の構成を示す図である。照明光源系、スクリーンの図示は省略する。図 14 において、45 は光軸 44 中心では大きな凸の曲率を持ち、周辺になるに従って小さな曲率となる反射面を有する非球面凸面鏡 (投影光学手段、反射部) である。比較のために球面凸面鏡 43 (点線) および球面凸面鏡 43 による反射光線 (点線矢印) を図示してある。

【0190】

実施の形態 1 で説明したように、球面凸面鏡 43 では糸巻型歪曲収差が発生して画像の歪みの原因になっていた。この糸巻型歪曲収差は球面凸面鏡 43 の周辺形状において発生するため、光軸 44 中心では大きな凸の曲率を持ち、周辺になるに従って小さな曲率を有する反射面形状の非球面凸面鏡 45 を用いて、球面凸面鏡 43 の周辺形状を補正している。このことによって、歪曲収差をより低減することができる。

【0191】

図 15 はこの発明の実施の形態 4 による画像表示装置の構成を示す図である。照明光源系、スクリーンの図示は省略する。図 15 において、46 は奇数次非球面を反射面として有する非球面凸面鏡 (投影光学手段、反射部) である。

【0192】

一般に、3次元の曲面は偶数次の項から構成される多項式によって表される。この多項式に奇数次の項を加算して、各非球面係数を適切な値にすることによって図 15 の非球面

10

20

30

40

50

凸面鏡 4 6 の奇数次非球面が形成される。図 1 4 の非球面凸面鏡 4 5 の非球面（点線）と比較すると、非球面凸面鏡 4 6 の奇数次非球面は光軸 4 4 の近傍において凸状の出っぱり（もしくは凹状のくぼみ）が形成されていることが図 1 5 から分かる。

【 0 1 9 3 】

この光軸 4 4 近傍の凸状の出っぱり（もしくは凹状のくぼみ）は奇数次の項を加算することによって形成されるものであり、図 1 5 のように、マイクロミラーデバイス 1 4 を光軸 4 4 外に偏芯配置した場合には、この光軸 4 4 近傍の反射面による光の投影は行われぬ。したがって、非球面凸面鏡 4 6 の中心部分の曲率不連続性による光軸近傍の投影結像性能の劣化があっても、表示性能には問題がない。非球面凸面鏡 4 6 を用いることで、歪曲収差の補正と軸外の投影光の良好な結像特性を両立した投影光学系を実現できる。

10

【 0 1 9 4 】

1 次の奇数次項を含む奇数次の非球面ミラー、非球面レンズの中心部は原理上曲率の不連続により、反射光 / 屈折光の乱れが生じ、結像性能が劣化する。

そこで、この実施の形態 4 では、これら奇数次非球面の中心部（光軸上の点）を避けて反射 / 透過させて投影光束（光画像信号）をスクリーン 1 8 上に導くことにより、良好な結像性能を実現するようにしている。また、このためにマイクロミラーデバイス 1 4 は光軸外に有効表示面をシフトさせて偏芯配置している。

【 0 1 9 5 】

奇数次非球面を屈折光学レンズに適用することもできる。

図 1 6 はこの発明の実施の形態 4 による画像表示装置の構成を示す図である。図 1 6 において、4 7 は非球面凸面鏡 4 5 を向く屈折面が奇数次非球面に形成された非球面レンズ（投影光学手段、屈折光学部）である。

20

【 0 1 9 6 】

特に、屈折光学レンズの非球面凸面鏡 4 5 に近い屈折面の出射部分ほど主光線がバラけるため、この出射部分の形状を局部的に変更して、歪曲収差を減ずるようにその形状をコントロールすることができる。

【 0 1 9 7 】

以上のように、この実施の形態 4 によれば、非球面形状の反射面を有する非球面凸面鏡 4 1 を備えるようにしたので、スクリーン 1 8 へ投影する光の歪曲収差を補正することができるという効果が得られる。

30

【 0 1 9 8 】

また、この実施の形態 4 によれば、屈折光学レンズ 4 0 と凸面鏡との間の主光線のバラけた所に少なくとも 1 枚の非球面形状の屈折面を有する非球面レンズ 4 2 を設けるようにしたので、スクリーン 1 8 へ投影する光の歪曲収差を補正することができるという効果が得られる。

【 0 1 9 9 】

さらに、この実施の形態 4 によれば、光軸中心では大きな凸の曲率を持ち、周辺になるに従って小さな曲率を有する非球面凸面鏡 4 5 を備えるようにしたので、スクリーン 1 8 へ投影する光の歪曲収差をより補正することができるという効果が得られる。

【 0 2 0 0 】

さらに、この実施の形態 4 によれば、偶数次非球面を表す偶数次の多項式に奇数次の項を加算して形成される奇数次非球面を反射面として有する非球面凸面鏡 4 6 を備えるようにしたので、歪曲収差の補正と軸外の投影光の良好な結像特性を両立した投影光学系を実現することができるという効果が得られる。

40

【 0 2 0 1 】

さらに、この実施の形態 4 によれば、偶数次非球面を表す偶数次の多項式に奇数次の項を加算して形成される奇数次非球面を屈折面として有する非球面レンズ 4 7 を備えるようにしたので、屈折面の形状を局部的に変えられ、歪曲収差を容易に軽減でき、さらに軸外の結像性能の改良が可能になるという効果が得られる。

【 0 2 0 2 】

50

なお、以上の屈折光学レンズと凸面鏡とに適用する各形状は画像表示装置の設計時に任意に選択することが可能であり、適切な組み合わせを選ぶようにすれば良い。

【0203】

また、屈折光学レンズ40、非球面レンズ42、非球面レンズ47などの屈折光学部の一部、つまり屈折光学部を構成する少なくとも1枚の屈折光学レンズを、例えばポリカーボネイト、アクリルなどに代表されるプラスチック合成樹脂を射出成形加工することによって、所望の非球面形状の型から大量生産することが可能である。一般にレンズの材料となるガラスの融点は約700、モールド用ガラスの融点は500であるのに対して、プラスチック合成樹脂はこれらの材料よりも低い融点であり、屈折光学レンズをプラスチック合成樹脂で製造することによって生産性が向上し、画像表示装置のコストを低減することができるといふ効果が得られる。

10

【0204】

もちろん、非球面レンズ42、47などを公知のガラスモールド法により成型して製造することも可能である。この場合には、非球面レンズをガラス材料で構成しているので、プラスチック材料で製造する場合よりも環境特性（使用温度範囲、湿度範囲など）を向上できる。屈折光学部のレンズ材料の選定は、各々の材料の長所を生かして画像表示装置の目的・用途・仕様によって定めるようにすれば良い。

【0205】

実施の形態5

実施の形態4で示したように、非球面形状の反射面を有する非球面凸面鏡や非球面形状の屈折面を有する屈折光学レンズを用いて歪曲収差を補正しようとしたが、この際にスクリーン18に投影された画像には像面湾曲が発生し、いわゆるピンボケ現象を生じる。この実施の形態5では像面湾曲を軽減する手法について説明する。

20

【0206】

像面湾曲の大きさを考察する上で一般的によく用いられるのはペッツバール和Pであり、これは式(1)のように表される。

【0207】

$$\begin{aligned} P &= \sum_{i=1}^N P_i \\ &= \sum_{i=1}^N \left[1 / (n_i \cdot f_i) \right] \\ &= \sum_{i=1}^N \left[i / n_i \right] \quad (i = 1, \dots, N) \end{aligned} \quad (1)$$

30

【0208】

式(1)において、 \sum は和の指数iに関する総和を意味する演算子、iは光学素子の番号、Nは光学素子の総数である。P_iはi番目の光学素子のペッツバール和寄与成分、n_iはi番目の光学素子の屈折率、f_iはi番目の光学素子の焦点距離、iはi番目の光学素子が有するパワーを表している。

【0209】

平面物体に対して、像面湾曲のない平面像を得るための条件はペッツバール条件と呼ばれ、P=0のときにペッツバール条件が満たされる。つまり、画像表示装置において、ペッツバール和を0に近づけることによって像面湾曲が軽減された画像をスクリーン18に表示することができるようになる。

40

【0210】

図17に示すように、屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部、ペッツバール和補償レンズ）48を例えば図13(a)に適用する場合を考える。屈折光学レンズ48は正レンズ48Aと負レンズ48Bとから構成される色消しレンズである。

【0211】

いま、非球面凸面鏡41(i=3)について考えると、屈折率n₃=-1であり、かつ絶対値の大きな負のパワーP₃(<0)を持つため、負の値どうしの除算によってペッツバール和Pに寄与する非球面凸面鏡41のペッツバール和寄与成分P₃は正の値になりやすい。

【0212】

50

したがって、非球面凸面鏡 4 1 の寄与成分 P 3 を相殺する屈折光学レンズ 4 8 を設計することによって像面湾曲を補正する。すなわち、正のパワーを有する正レンズ 4 8 A ($i = 1$) と負のパワーを有する負レンズ 4 8 B ($i = 2$) とから構成される屈折光学レンズ 4 8 によって、ペッツパール和に対して寄与する成分 P 1 + P 2 を負の値にし、非球面凸面鏡 4 1 の成分 P 3 と相殺するようにする。

【 0 2 1 3 】

まず、正レンズ 4 8 A は正のパワー $\phi_1 (> 0)$ を有するため、正レンズ 4 8 A の屈折率 n_1 を大きくすることによって、寄与成分 $P_1 = \phi_1 / n_1 \rightarrow 0$ に近づけ、ペッツパール和 P に対する影響を軽減するようにする。

また、負レンズ 4 8 B は負のパワー $\phi_2 (< 0)$ を有するため、負レンズ 4 8 B の屈折率 n_2 を小さくすることによって、絶対値が大きく、負の値の寄与成分 $P_2 = \phi_2 / n_2$ を作り出すようにする。

以上のように、正レンズ 4 8 A、負レンズ 4 8 B の屈折率を $n_1 > n_2$ となるようにすることで、 $P_1 + P_2$ をできるだけ負の値に近づけて、P 3 に対する $P_1 + P_2$ の影響を軽減することができるようになる。

【 0 2 1 4 】

さらに、正レンズ 4 8 A のアッベ数 V_1 と負レンズ 4 8 B のアッベ数 V_2 とを近い値に設定することによって、ペッツパール条件をさらに満たすようにすることができる。一般に、波長変化による屈折率変化を Δn とすると、アッベ数 $V = (n - 1) / \Delta n$ (n は屈折率) で定義され、アッベ数が小さい場合には分散値が高い光学材料を意味する。

【 0 2 1 5 】

図 1 7 の屈折光学レンズ 4 8 の正レンズ 4 8 A、負レンズ 4 8 B の合成パワーを ϕ とすると、合成パワーの式 $\phi = \phi_1 + \phi_2$ (1) と色消し条件の式 $(\phi_1 / n_1 - \phi_2 / n_2) = 0$ (2) から式 (3) が得られる。

【 0 2 1 6 】

$$\phi_1 = \phi \cdot \frac{1}{1 - \frac{\phi_2}{\phi_1}} \quad (2)$$

$$\phi_2 = -\phi \cdot \frac{2}{1 - \frac{\phi_2}{\phi_1}} \quad (3)$$

【 0 2 1 7 】

式 (2)、(3) を式 (4)、(5) のようにそれぞれ変形して、 (ϕ_2 / ϕ_1) に対する (ϕ_1 / ϕ) 、 (ϕ_2 / ϕ) の絶対値の変化の様子を図 1 8 に示す。

【 0 2 1 8 】

$$\frac{\phi_1}{\phi} = \frac{1}{[1 - (\phi_2 / \phi_1)]} \quad (4)$$

$$\frac{\phi_2}{\phi} = -(\phi_2 / \phi_1) / [1 - (\phi_2 / \phi_1)] \quad (5)$$

【 0 2 1 9 】

図 1 8 では、横軸は (ϕ_2 / ϕ_1) を、縦軸は (4)、(5) 式の絶対値、 $|\phi_1 / \phi|$ 、 $|\phi_2 / \phi|$ をそれぞれ表している。図 1 8 から分かるように、 (ϕ_2 / ϕ_1) を 1 の値に近づけるほど、すなわち ϕ_1 、 ϕ_2 の値を近い値にするほど、正レンズ 4 8 A、負レンズ 4 8 B のパワー ϕ_1 、 ϕ_2 は大きくなる。

【 0 2 2 0 】

このことを利用して、屈折光学レンズ 4 8 を構成する正レンズ 4 8 A、負レンズ 4 8 B のパワーを大きくし、ペッツパール条件をさらに満たすようにすることができる。つまり、正レンズ 4 8 A の屈折率 n_1 を大きくし、負レンズ 4 8 B の屈折率 n_2 を小さくして、正レンズ 4 8 A のアッベ数 V_1 と負レンズ 4 8 B のアッベ数 V_2 とを近い値になるように設定する。

【 0 2 2 1 】

例えば、正レンズ 4 8 A、負レンズ 4 8 B の屈折率をそれぞれ $n_1 = n_2 = 1.6$ とし、正レンズ 4 8 A、負レンズ 4 8 B のアッベ数をそれぞれ $V_1 = 50$ 、 $V_2 = 30$ とし、式 (2)、(3) において合成パワー $\phi = 1$ と仮定することで、 $\phi_1 = 50 / (50 - 30) = 2.5$ 、 $\phi_2 = -30 / (50 - 30) = -1.5$ となり、このときの屈折光学レンズ 4 8 のペッツパール和は、 $P_1 + P_2 = (2.5 / 1.6) + (-1.5 / 1.6)$

10

20

30

40

50

= 0.625 となっている。

【0222】

この状態からペッツバル条件に近づくように、正レンズ48Aの屈折率を大きく、負レンズ48Bの屈折率を小さくする。例えば $n_1 = 1.8$, $n_2 = 1.6$ と負レンズ48Bより正レンズ48Aの屈折率を大きくすると、ペッツバル和 $P_1 + P_2 = (2.5 / 1.8) + (-1.5 / 1.6) = 0.4514$ となって、屈折率 n_1 , n_2 を変化させる前よりも負の値に近づき、ペッツバル和Pが改善されるようになる。

【0223】

続いて、正レンズ48A、負レンズ48Bの各アッペ数 α_1 , α_2 を近い値にする。例えば $\alpha_1 = 45$, $\alpha_2 = 43$ のように、アッペ数の差分 $\alpha_1 - \alpha_2$ を小さくすると、式(2) , (3) から $\alpha_1 = 45 / (45 - 43) = 22.5$, $\alpha_2 = -43 / (45 - 43) = -21.5$ となって ($\alpha = 1$ とする)、ペッツバル和 $P_1 + P_2 = (22.5 / 1.8) + (-21.5 / 1.6) = -0.9375$ となり、屈折光学レンズ48のペッツバル和 $P_1 + P_2$ を負の値にすることができる。したがって、非球面凸面鏡41を含めた図17のペッツバル和Pの値を0に近づけることができようになり、像面湾曲を軽減することができる。

10

【0224】

以上のように、この実施の形態5によれば、正のパワーを有する正レンズ48Aと負のパワーを有する負レンズ48Bとから構成され、正レンズ48Aの屈折率を負レンズ48Bの屈折率よりも大きくし、正レンズ48Aのアッペ数と負レンズ48Bのアッペ数とを近い値に設定した屈折光学レンズ48を備えるようにしたので、歪曲収差を補償するとともに、ペッツバル条件を満たすようにして像面湾曲を補償することができるようになり、結像性能を向上することができるという効果が得られる。

20

【0225】

なお、以上の説明では、図17の屈折光学レンズ48を図13(a)に用いたが、この実施の形態5はこれに限定されるものではなく、実施の形態4で示した他の構成に適用することも可能である。

【0226】

実施の形態6

この実施の形態6では、非球面凸面鏡で発生する像面湾曲を補償するために、屈折光学レンズでオーバーな像面湾曲を発生させる手法について説明する。

30

【0227】

図19は非球面凸面鏡で発生するアンダーな像面湾曲を説明する図である。図19(a)において、49は屈折光学レンズ、50は屈折光学レンズ49の光軸、51は光軸50に垂直な平面である。屈折光学レンズ49を透過した光は平面51上に結像するようになっており、図19(a)ではフラットな画像が得られる。

【0228】

この屈折光学レンズ49を介して実施の形態4の非球面凸面鏡に光を投影すると、非球面凸面鏡で発生するアンダーな像面湾曲のためにベスト像面が投影光学系側に凹面を向けた曲面になってしまう。

40

例えば図19(b)に示すように、非球面凸面鏡41に対して屈折光学レンズ49から光を出射すると、反射された光は像面52のように像面湾曲を示し、ピンボケの画像がスクリーン18に表示されてしまう。この非球面凸面鏡41のアンダーな像面湾曲を補正するために、屈折光学系でオーバーな像面湾曲を発生させるようにして、投影像面を平坦化するようにする。

【0229】

すなわち、図20に示すように、光軸44から離れるほど焦点までの距離が遠くなるオーバーな像面湾曲を有する像面53をマイクロミラーデバイス14と非球面凸面鏡41との間に備えた屈折光学レンズ(投影光学手段、屈折光学部、像面湾曲補償レンズ)54によって発生し、屈折光学レンズ54のオーバーな像面湾曲と非球面凸面鏡41のアンダー

50

な像面湾曲とを相殺している。このようにすることで、歪曲収差を補正するために用いた非球面凸面鏡 4 1 のアンダーな像面湾曲を補正することができるようになり、歪曲収差がなく、かつ像面湾曲の生じない画像を表示することができる。

【 0 2 3 0 】

屈折光学レンズ 5 4 の屈折面の形状は、計算機を用いた光路追跡の数値計算によって、最適な屈折面形状を決定することができる。

【 0 2 3 1 】

また、主光線のバラけた所や主光線のまとまっている所に非球面形状の光学素子を適用することで、主光線のバラけた所では歪曲収差、主光線のまとまった所では像面湾曲を効果的に軽減できることが光路追跡の数値計算の結果から分かっている。この一例を図 2 1 に示す。

10

【 0 2 3 2 】

図 2 1 は光路追跡の数値計算結果を示す図であり、不図示のマイクロミラーデバイス 1 4 からの光のまとまった所に非球面レンズ（投影光学手段、屈折光学部、非球面形状光学素子）5 5 を、非球面レンズ 5 5 からの光のバラけた所に非球面レンズ（投影光学手段、屈折光学部、非球面形状光学素子）5 6 A , 5 6 B を、非球面レンズ 5 6 B からの光のバラけた所に非球面凸面鏡（投影光学手段、反射部、非球面形状光学素子）5 7 を設けるようにして、非球面凸面鏡 5 7 によって反射した光を不図示のスクリーン 1 8 へ投影している。非球面レンズ 5 5 は像面湾曲を、非球面レンズ 5 6 A , 5 6 B 、非球面凸面鏡 5 7 は歪曲収差を効果的に軽減することができる。

20

【 0 2 3 3 】

< 数値実施例 6 A >

図 2 1 の数値計算結果の一例を図 2 2 に示す。図 2 2 で用いる非球面形状の定義式は式 (6) , (7) の通りである。ただし、z は光学面の回転中心を通る接平面からのサグ量、c は面頂点での曲率（曲率半径の逆数）、k は円錐係数、r は z 軸からの距離をそれぞれ表している。なお、図 2 2 の諸元は、f = 5 . 5 7 mm（波長 5 4 6 . 1 nm での焦点距離）、NA = 0 . 1 7（マイクロミラーデバイス側開口数）、Y o b = 1 4 . 2 2 mm（マイクロミラーデバイス側物体高）、M = 8 6 . 3 x（投影倍率）である。

【 0 2 3 4 】

$$z = c r^2 / [1 + \{ 1 - (1 + k) c^2 r^2 \}^{0.5}] + A r^4 + B r^6 + C r^8 + D r^{10} + E r^{12} + F r^{14} + G r^{16} + H r^{18} + J r^{20} \quad (6)$$

30

$$z = c r^2 / [1 + \{ 1 - (1 + k) c^2 r^2 \}^{0.5}] + A R 1 r + A R 2 r^2 + A R 3 r^3 + \dots + A R n r^n + \dots + A R 3 0 r^{30} \quad (7)$$

【 0 2 3 5 】

以上のように、この実施の形態 6 によれば、非球面凸面鏡 4 1 のアンダーな像面湾曲と相殺するオーバーな像面湾曲を屈折光学レンズ 5 4 で発生させるようにしたので、歪曲収差を補正するとともに、像面湾曲を補正した画像を表示できるという効果が得られる。

【 0 2 3 6 】

また、この実施の形態 6 によれば、主光線のバラけた所と主光線のまとまった所に非球面形状の光学面を適用するようにしたので、主光線のまとまった所では像面湾曲を、主光線のバラけた所では歪曲収差を効果的に軽減できるという効果が得られる。

40

【 0 2 3 7 】

なお、屈折光学レンズ 5 4 は実施の形態 4 で示した他の非球面凸面鏡に適用しても良く、同様の効果が得られる。

【 0 2 3 8 】

実施の形態 7 .

図 2 3 はこの発明の実施の形態 7 による画像表示装置の構成を示す図である。図 2 3 (a) , (b) , (c) はそれぞれ画像表示装置の正面図、上面図、側面図である。図 2 3

50

において、58はマイクロミラーデバイス14からの光を媒介する屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部）であり、各実施の形態で説明した屈折光学レンズに相当する。59は屈折光学レンズ58からの光を反射する光路折曲反射鏡（光路折曲手段）、60は負のパワーを有する凸面鏡（投影光学手段、反射部）であり、各実施の形態で説明した凸面鏡である。61は凸面鏡60の光軸である。なお、図23では、照明光源系の図示を省略している。

【0239】

図23の屈折光学レンズ58と凸面鏡60とは共通の光軸で製造されており、図23の配置構成とするために、光路折曲反射鏡59を用いることで屈折光学レンズ58の光軸方向を凸面鏡60の光軸61を含む水平面内で適切な角度に折り曲げるようにしている。換言すると、屈折光学レンズ58、凸面鏡60の光軸が一致した状態から、凸面鏡60の光軸61を含む水平面の法線の周りに屈折光学レンズ58の光軸を適切な方位になるまで回転させている。このようにして、屈折光学レンズ58を画像表示装置の空スペースに配置している。

10

【0240】

図23では、屈折光学レンズ58を透過したマイクロミラーデバイス14からの光を光路折曲反射鏡59によってまず凸面鏡60側へ反射し、反射光を凸面鏡60が反射した光を実施の形態1で説明した平面鏡22によって反射して、スクリーン18へ広角投影するようにしている。特に、平面鏡22の反射面とスクリーン18の受光面（または画像表示面）とを平行に配置することによって、最も薄型化した画像表示装置を構成することができる。この実施の形態7でポイントとなるのは、画像表示装置の空スペースに配置した屈折光学レンズ58からの光を凸面鏡60へ光路折曲反射鏡59によって反射している点である。空スペースに屈折光学レンズ58や不図示の照明光源系を配置できるので、画像表示装置の厚さを低減できる。

20

【0241】

この光路折曲反射鏡59の効果は、図23と図24、25とを比較することによって理解できる。

つまり、図24では、光路折曲反射鏡59を備えていないため屈折光学レンズ58を透過した光を凸面鏡60へ直接出射することになり、スクリーン18、平面鏡22、凸面鏡60から定まる位置にマイクロミラーデバイス14、屈折光学レンズ58などを配置する必要が生じて、図23の画像表示装置より厚く構成されてしまう。

30

【0242】

また、図25では、光路折曲反射鏡59は設けているものの、屈折光学レンズ58の光軸方向を凸面鏡60の光軸を含む水平面以外の面内（図25では垂直面内）に折り曲げているため、屈折光学レンズ58、マイクロミラーデバイス14、不図示の照明光源系などを凸面鏡60よりも下側に配置することになり、図23の画像表示装置よりスクリーン下部高さが高く構成されてしまう。

【0243】

したがって、図23のように空スペースに配置した屈折光学レンズ58からの光を凸面鏡60へ反射する光路折曲反射鏡59を用いることによって、画像表示装置をさらに薄型化し、スクリーン下部高さを低く構成することができる。

40

【0244】

また、図示は省略するが、複数のレンズから構成された屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部）に光路折曲反射鏡を用いるようにしても良い。つまり、屈折光学レンズを構成する複数のレンズのうち第1のレンズ手段と第2のレンズ手段との間に光路折曲反射鏡を挿入し、光路折曲反射鏡による反射によって2つのレンズ間の光を媒介させるようにする。第1のレンズ手段、第2のレンズ手段は少なくとも1枚の屈折光学レンズから構成されるレンズ群である。この場合には、第1のレンズ手段の光軸と第2のレンズ手段の光軸とを同軸に構成する必要がなくなるので、2つの光軸を折り曲げて屈折光学レンズを構成することができるようになる。このようにしても、図23と同様に、画像表示装置を

50

薄型化することが可能である。

【0245】

なお、屈折光学レンズが多数のレンズから構成される場合には、レンズの個数に応じて複数の光路折曲反射鏡を用いるようにしても良い。

【0246】

また、屈折光学レンズからの光を凸面鏡へ反射する光路折曲反射鏡と、屈折光学レンズの任意のレンズからの光を別のレンズへ反射する光路折曲反射鏡とを併用するようにしても良く、画像表示装置の仕様に応じて設計することが可能である。

【0247】

以上のように、この実施の形態7によれば、凸面鏡60の光軸61を含む水平面内で屈折光学レンズ58の光軸方向を適切な角度に折り曲げて、屈折光学レンズ58が出射した光を凸面鏡60へ反射する光路折曲反射鏡59を備えるようにしたので、屈折光学レンズ58や照明光源系を画像表示装置の空スペースに配置することができるようになり、さらに薄型化し、かつスクリーン下部高さを低く抑えた画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

10

【0248】

また、この実施の形態7によれば、屈折光学レンズを構成する第1のレンズ手段からの光を第2のレンズ手段へ反射する光路折曲反射鏡を備えるようにしたので、第1のレンズ手段の光軸と第2のレンズ手段の光軸とを折り曲げて屈折光学レンズを構成することができるようになり、空スペースを利用してレンズを配置して、さらに薄型化し、かつスクリーン下部高さを低く抑えた画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

20

【0249】

なお、この実施の形態7は各実施の形態1～6に適用することが可能である。

【0250】

実施の形態8

実施の形態6の数値実施例6Aで説明したように、計算機を用いた光線追跡の数値計算によって、この発明の目的を達成するための光学系の最適な構成を具体的に求めることができる。この実施の形態8では、この数値計算の結果について開示する。

【0251】

図26はこの発明の実施の形態8による画像表示装置の構成を示す図であり、数値実施例6A(図21)を用いている。図1と同一の符号14はマイクロミラーデバイスである。図26において、62は正のパワーを持つ正レンズ群および負のパワーを持つ負レンズ群から構成されたレトロ光学系(投影光学手段、屈折光学部)、63は光の出射角度を微調整する屈折光学レンズ(投影光学手段、屈折光学部)、64は屈折光学レンズからの光を反射し、歪曲収差を補正する非球面凸面鏡(投影光学手段、反射部)である。照明光源部、スクリーンの図示は省略している。

30

【0252】

不図示のマイクロミラーデバイスからの光はレトロ光学系62を透過し、屈折光学レンズ63を介して凸面鏡64へ出射され、不図示のスクリーンへ投影される。このとき、レトロ光学系62は集光作用を有するとともに、スクリーンへ投影する光線の画角を広げる働きを補助している。また、屈折光学レンズ63は非球面凸面鏡64で補正しきれなかった歪曲収差を補正する働きをしている。レトロ光学系62や屈折光学レンズ63は、各実施の形態で説明した種々の屈折光学レンズを含んでいる。

40

【0253】

より具体的には、図27(a)の2つの正レンズ群62A、62Bおよび1つの負レンズ群62Cから、図27(b)の2つの正レンズ群62D、62Eおよび1つの負レンズ群62Fから、そして図27(c)の1つの正レンズ群62Gおよび1つの負レンズ群62Hからレトロ光学系62をそれぞれ構成している。

【0254】

以上の構成は、この発明の目的を達成するために数値計算によって導かれた構成であり

50

、歪曲収差や像面湾曲を抑制し、薄型化した画像表示装置を構成できるという効果は、各数値実施例に示す数値計算の結果を用いて数値計算を再び行うことによって容易に理解できよう。具体的な数値計算の結果を数値実施例 8 A , 8 B , 8 C としてそれぞれ示す。

【 0 2 5 5 】

< 数値実施例 8 A >

図 2 8 , 2 9 は数値実施例 8 A の数値データ、構成をそれぞれ示す図であり、図 2 7 (a) に対応している。正レンズ群 6 2 B は、正レンズおよび負レンズから構成された色消しレンズである。

【 0 2 5 6 】

< 数値実施例 8 B >

図 3 0 , 3 1 は数値実施例 8 B の数値データ、構成をそれぞれ示す図であり、図 2 7 (b) に対応している。ここでは、正レンズ群 6 2 E は 1 枚のレンズから構成されている。

【 0 2 5 7 】

< 数値実施例 8 C >

図 3 2 , 3 3 は数値実施例 8 C の数値データ、構成をそれぞれ示す図であり、図 2 7 (c) に対応している。

【 0 2 5 8 】

さらに、図 3 4 ~ 3 7 には実施の形態 4 に関する数値実施例 4 A , 4 B を、図 3 8 , 3 9 には実施の形態 7 に関する数値実施例 7 A をそれぞれ開示する。

【 0 2 5 9 】

< 数値実施例 4 A , 4 B >

図 3 4 , 3 5 は数値実施例 4 A の数値データ、構成をそれぞれ示す図であり、図 3 6 , 3 7 は数値実施例 4 B の数値データ、構成をそれぞれ示す図である。いずれも実施の形態 4 に対応しており、2 つの非球面レンズ 4 7 のうち、非球面凸面鏡 4 6 に近い方をアクリル、遠い方をポリカーボネイトでそれぞれ製造している。

【 0 2 6 0 】

一般に、プラスチックの屈折率温度係数、線膨張率温度係数はガラスよりも 2 桁ほど大きな値であるため温度変化の大きな環境で使用する際には使用方法に関して特別な配慮が必要になる。そこで、特に数値実施例 4 B では、2 つの非球面レンズ 4 7 の形状において、中心部分の厚さと周辺部分の厚さとをほぼ等しくしており、温度変化に対する非球面レンズ 4 7 の形状の変化の影響を軽減できるようにして、環境特性を向上させている。

【 0 2 6 1 】

< 数値実施例 7 A >

図 3 8 , 3 9 は数値実施例 7 A の数値データ、構成をそれぞれ示す図である。実施の形態 7 に対応しており、光路折曲反射鏡を図の折り曲げ位置に挿入して画像表示装置の薄型化を狙った場合に相当する。

【 0 2 6 2 】

なお、上記の全数値実施例に関する諸元や非球面形状の計算式は、波長 5 4 6 . 1 n m での焦点距離 f の値を除いて数値実施例 6 A の場合と同様である。各数値実施例の焦点距離 f は次のようになっている。

【 0 2 6 3 】

数値実施例 4 A : $f = 5 . 3 8 8 1 \text{ mm}$

数値実施例 4 B : $f = 4 . 9 8 9 8 \text{ mm}$

数値実施例 7 A : $f = 4 . 8 6 7 5 \text{ mm}$

数値実施例 8 A : $f = 5 . 2 1 9 0 \text{ mm}$

数値実施例 8 B : $f = 5 . 0 4 9 6 \text{ mm}$

数値実施例 8 C : $f = 5 . 5 7 6 8 \text{ mm}$

【 0 2 6 4 】

以上の各数値実施例に示した数値データを検証すると、レトロ光学系 6 2 が有するレンズに次のような特徴を見つけることができる。

【0265】

(特徴1) 負のパワーを持つ負レンズの屈折率の平均値 ave_Nn , 正のパワーを持つ正レンズの屈折率の平均値 ave_Np は、それぞれ $1.45 < ave_Nn < 1.722$, $1.722 < ave_Np < 1.9$ となっている。

(特徴2) 負レンズのアッペ数の平均値 ave_dn , 正レンズのアッペ数の平均値 ave_dp は、それぞれ $2.5 < ave_dn < 3.8$, $3.8 < ave_dp < 6.0$ となっている。

(特徴3) 正レンズを構成する硝材の屈折率の平均値と負レンズを構成する硝材の屈折率の平均値との差分 dif_ave_N は、 $0.04 < dif_ave_N < 1$ となっている。

10

(特徴4) 正レンズを構成する硝材のアッペ数の平均値と負レンズを構成する硝材のアッペ数の平均値との差分 dif_ave_d は、 $0 < dif_ave_d < 1.6$ となっている。

【0266】

特徴1, 2は、実施の形態5で示した屈折光学レンズ48(ベッツパール和補償レンズ)において、正レンズ48Aの屈折率を高くし、負レンズの屈折率48Bを低くすることに相当している。また、一般には色消しなどの用途でアッペ数70~90のものも用いられているが、特徴2から分かるように、アッペ数の値は60以下となっている。

【0267】

以上が、計算機を用いた光線追跡の数値計算によって導かれた数値実施例の結果である。

20

【0268】

さて、この発明では、投影光学系共通の光軸外にマイクロミラーデバイスを偏芯配置し、光学系へ斜めに光を入射しているため、光線の一部がレンズ枠などにけられて有効な光束を減少させないように留意しなければならない。この実施の形態8では、この光のけられをなくすために図26のように構成している。

【0269】

すなわち、図26の構成では、マイクロミラーデバイス14に最も近いレンズからマイクロミラーデバイス14(送信手段光出射面)までの距離である後側焦点距離(Back focal length: 英語、BFLと略す)と、マイクロミラーデバイス14からレトロ光学系62の入射瞳位置までの距離とを一致させるようにしている。このようにすることによって、光のけられを最小化して、スクリーンへの照明効率を高めることができる。この理由について、次に説明する。

30

【0270】

マイクロミラーデバイス14の小ミラーからそれぞれ反射された主光線は入射瞳位置に集まる。各小ミラーからの反射光の広がり角は一定なので、図40(a)に示すように入射瞳位置がBFLに一致している場合には、BFLの位置で光線が最も集まるようになるので、BFLに配置された屈折光学レンズ66の大きさ(径)を最小化することができる。また、このときには、不図示の照明光源系からの光をマイクロミラーデバイス14へ媒介する屈折光学レンズ65は、マイクロミラーデバイス14から屈折光学レンズ66へ向かう光をけることはない。

40

【0271】

これに対して、例えば図40(b)に示すように、屈折光学レンズ65, 66, マイクロミラーデバイス14の大きさや配置をそのままにして、入射瞳位置をBFLからズラすようにすると、各小ミラーからの主光線はズレた入射瞳位置に集まり、光の広がり角が一定なので、図40(a)と比べてBFLの位置の光線は広がり、この光を受光するレンズ径が大きくなる。また、マイクロミラーデバイス14から屈折光学レンズ66へ入射する光が屈折光学レンズ65によってけられてしまう。このことは、有効光束の減少につながり、照明効率を劣化させてしまう。

【0272】

50

以上のような理由によって、マイクロミラーデバイス14から入射瞳位置までの距離をBFLに等しくするようにしており、このことによって、屈折光学レンズの大きさ(径)を最小化できるとともに、光のけられを少なくし、照明効率を向上することができる。もちろん、ここで示したけられを最小化する手法は、他の実施の形態にも適用することが可能である。なお、数値実施例4A, 4Bに関しては、入射瞳位置がBFLとほぼ一致した状態になっているが、完全に一致させることによって最良の効果を得ることができる。

【0273】

以上のように、この実施の形態8によれば、正レンズ群および負レンズ群から構成されるレトロ光学系62と、光の出射角度を微調整する屈折光学レンズ63と、歪曲収差を補正する非球面凸面鏡64とを備えるようにしたので、歪曲収差や像面湾曲を抑制し、薄型化した画像表示装置を構成できるという効果が得られる。

10

【0274】

また、この実施の形態8によれば、正レンズ群62A(62D), 正レンズ群62B(62E), 負レンズ群62C(62F)からレトロ光学系62を構成するようにしたので、歪曲収差や像面湾曲を抑制し、薄型化した画像表示装置をより具体的に構成できるという効果が得られる。

【0275】

さらに、この実施の形態8によれば、正レンズ群62G, 負レンズ群62Hからレトロ光学系62を構成するようにしたので、歪曲収差や像面湾曲を抑制し、薄型化した画像表示装置をより具体的に構成できるという効果が得られる。

20

【0276】

さらに、この実施の形態8によれば、負レンズの屈折率平均値を1.45以上1.72以下の範囲に、正レンズの屈折率平均値を1.72より大きく1.9以下の範囲にしたので、歪曲収差や像面湾曲を抑制し、薄型化した画像表示装置をより具体的に構成できるという効果が得られる。

【0277】

さらに、この実施の形態8によれば、負レンズを構成する硝材のアッペ数の平均値を2.5以上3.8以下とし、正レンズを構成する硝材のアッペ数の平均値を3.8より大きく6.0以下としたので、歪曲収差や像面湾曲を抑制し、薄型化した画像表示装置をより具体的に構成できるという効果が得られる。

30

【0278】

さらに、この実施の形態8によれば、正レンズを構成する硝材の屈折率の平均値と負レンズを構成する硝材の屈折率の平均値との差分が0.04以上1以下のレンズ硝材から屈折光学レンズを構成するようにしたので、歪曲収差や像面湾曲を抑制し、薄型化した画像表示装置をより具体的に構成できるという効果が得られる。

【0279】

さらに、この実施の形態8によれば、正レンズを構成する硝材のアッペ数の平均値と負レンズを構成する硝材のアッペ数の平均値との差分が0以上1.6以下のレンズ硝材から屈折光学レンズを構成するようにしたので、歪曲収差や像面湾曲を抑制し、薄型化した画像表示装置をより具体的に構成できるという効果が得られる。

40

【0280】

さらに、この実施の形態8によれば、マイクロミラーデバイス14に最も近い屈折光学レンズからマイクロミラーデバイス14までのBFLと、マイクロミラーデバイス14からレトロ光学系62の入射瞳位置までの距離とを一致させるようにしたので、屈折光学レンズの大きさ(径)を最小化できるとともに、光のけられを最小化して、照明効率を向上することができるという効果が得られる。

【0281】

実施の形態9.

この実施の形態9では、マイクロミラーデバイスから反射鏡までの間において、マージナルレイ(marginal ray: 英語)の低い所に負のパワーを有する負レンズを

50

配置して、ペッツバル条件を満足させる手法について説明する。

【0282】

図41はこの発明の実施の形態9による画像表示装置の構成を示す図であり、図41(a)、(b)はそれぞれ全体図、拡大図である。照明光源部、マイクロミラーデバイス、スクリーンなどの図示は省略している。図41において、67、68はそれぞれ屈折光学レンズ、69は正のペッツバル和寄与成分を有する凸面鏡、70は屈折光学レンズ67、68および凸面鏡69が共有する光軸、71は不図示のマイクロミラーデバイスから凸面鏡69へ進行する光のマーヅナルレイ、72はマーヅナルレイ71の低い所に配置された負のパワーを有する負レンズである。

【0283】

実施の形態5で述べたように、凸面鏡69は正のペッツバル和寄与成分を有しているため、屈折光学レンズ67、68、凸面鏡69から構成される投影光学系全体のペッツバル和は正の値になりやすく、像面湾曲が生じる。そこで、絶対値の大きい負のパワーを有する負レンズ72を追加することによって負のペッツバル和寄与成分を作り出し、光学系全体のペッツバル和を0になるようにすれば、像面湾曲を低減することが可能になる。

【0284】

この負レンズ72を配置する際に、マーヅナルレイ71の低い所を負レンズ72の配置箇所として選択している点がこの実施の形態9のポイントである。つまり、この実施の形態9では、不図示のマイクロミラーデバイスから凸面鏡69までの間において、マーヅナルレイ71の低い所に負レンズ72を配置するようにしている。マーヅナルレイ71の低い所では、光軸70の周りに光が集中している。

【0285】

このようにすることで、負レンズ72の中心周辺の微小部分に集中して光が透過するようになるため、光に対する負レンズ72のレンズ効果をほとんど無視することができるようになる。したがって、屈折光学レンズ67、68および凸面鏡69をもとにした光路設計に対して、負レンズ72の影響を考慮すること必要がなく、かつ、投影光学系の正のペッツバル和寄与成分を相殺することができる。光路に対する影響を考慮する必要がなく、負のパワーの絶対値およびガラス材料の屈折率だけを考慮してペッツバル条件を満たすようにすれば良いので、像面湾曲の軽減を容易に行うことができる。

【0286】

より具体的には、実施の形態8のレトロ光学系62に負レンズ72を設けるようにしても良いし、また、マイクロミラーデバイスの反射面(液晶などの透過型の光空間変調素子の場合には出射面)はマーヅナルレイ71の低い所に相当するため、コンデンサレンズ(フィールドフラットナ)を負レンズ72として反射面(出射面)に近接して備えるようにしても良い。

負レンズ72の構成は特に1枚のレンズに限定されるものではなく、複数枚のレンズより構成された負レンズ72を備えるようにすることも可能である。

【0287】

以上のように、この実施の形態9によれば、マーヅナルレイ71の低い所に負のパワーを有する負レンズ72を配置するようにしたので、負レンズ72の透過光に対するレンズ効果を考慮することなく、投影光学系の正のペッツバル和寄与成分を相殺する負のペッツバル和寄与成分を作り出してペッツバル条件を容易に満たすことができるようになり、像面湾曲を低減した画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

【0288】

実施の形態10.

実施の形態7では、画像表示装置の厚さ・スクリーン下部高さの双方を最小化するため、屈折光学レンズ58と凸面鏡60との間に光路折曲反射鏡59を挿入して、光軸61を含む水平面内で光路を折り曲げるようにした。この実施の形態10では、実施の形態7で示した光路折曲反射鏡59と屈折光学レンズ58の凸面鏡60に対する相対的な配置条件

10

20

30

40

50

について説明する。

【0289】

図42は光路折曲反射鏡の配置条件を説明するための図であり、図42(a)および(b)はそれぞれ側面図および上面図、図42(c)は凸面鏡60の正面図である。図23と同一または相当する構成については同一の符号を付してある。図42において、73は屈折光学レンズ58の光軸、58zは光路折曲反射鏡59を仮想的に取り除き、凸面鏡60の光軸61と光軸73とを一致させた場合の屈折光学レンズ58である。

【0290】

光軸61と光軸73とは水平面において折曲角度 θ で交差している。光軸73は、光軸61と一致した状態から、水平面内で180 - θ 度だけ回転して図42(b)のようになる。P、Qはそれぞれ光軸73を含む水平面と屈折光学レンズ58との交線上の2点であり、光路折曲反射鏡59から凸面鏡60へ向う光路に最も近い点をP、平面鏡22が設けられた画像表示装置の平面鏡設置面に最も近い点をQとしてある。

10

【0291】

また、凸面鏡60が設けられた画像表示装置の凸面鏡設置面(反射部設置面)から光路折曲反射鏡59の位置(光軸61と光軸73との交点)までの距離はb、光軸61を含む水平面と光路折曲反射鏡59との交線上の点において凸面鏡設置面に最も近い点を最近点、凸面鏡設置面に最も遠い点を最遠点と呼ぶと、最近点から凸面鏡設置面までの距離はa、最遠点から凸面鏡設置面までの距離はcである。距離cは凸面鏡設置面から光折曲反射鏡59までの最長距離となっている。

20

【0292】

さらに、光路折曲反射鏡59の最も高い点から光軸61までの高さをm、点Qから凸面鏡設置面までの距離をg、屈折光学レンズ58zの出射瞳位置から凸面鏡設置面までの距離をfとしてある。距離gは凸面鏡設置面から屈折光学レンズ58までの最長距離となっている。したがって、屈折光学レンズ58の出射瞳位置から光路折曲反射鏡59の位置までの距離と、光路折曲反射鏡59の位置から凸面鏡設置面までの水平方向の距離との合計距離もfになる。

【0293】

図42(a)から分かるように、スクリーン18の最下端から光軸61までの距離であるスクリーン下部高さを最小化するには、スクリーン18の最下端へ向う凸面鏡60の反射光線75をできるだけ光軸61に接近させた低い位置を通過させた方が有利である。一方で、過度に低い位置を光路が通過すると、光路折曲反射鏡59に光路が遮られてスクリーン上に影となって表示できない部分が発生し、実用に供しない。したがって、スクリーン18の最下端へ向う凸面鏡60の反射光線を光路折曲反射鏡59で遮らないように、光路折曲反射鏡59のサイズ・位置を定めなければならない。

30

【0294】

光路折曲反射鏡59の位置に関しては、凸面鏡60の反射光線をできるだけ低い光路で通過させるために、距離aをできるだけ大きくする。一方で、画像表示装置の厚さには薄型化の仕様から決まる厚さ制限値があるので、距離cはこの厚さ制限値以下とする必要がある。

40

【0295】

以上の条件の下で光路を折り曲げる場合、距離fが短すぎると、屈折光学レンズ58の点Pを含む部分が光路折曲反射鏡59から凸面鏡60までの光線を遮ってしまう。または屈折光学レンズ58の点Pを含む部分が光路折曲反射鏡59から凸面鏡60までの光線を遮らないように設定すると、距離aが必要以上に短くなる。一方、距離fが長すぎると、凸面鏡60の受光面や光路折曲反射鏡59の位置の条件から屈折光学レンズ58の位置が光路折曲反射鏡59から必要以上に離れ、結果として光路折曲反射鏡59が大きくなり、光路折曲反射鏡59の高さmを大きな値にしなければならず、凸面鏡60から反射してスクリーン18の最下端に向う反射光線75を遮ってしまう。このため、距離fには最適値が存在する。

50

【0296】

折曲角度 については、図42(b)から分かるように、折曲角度 をあまり大きく設定してしまうと、距離 g または距離 c が厚さ制限値を超えてしまうとともに、距離 a が短くなりスクリーン18の最下端へ向う凸面鏡60からの反射光線の高さを引き上げてしまうことになる。

【0297】

逆に、折曲角度 を小さくするようにすれば距離 g または距離 c も小さくなるので、屈折光学レンズ58または光路折曲反射鏡59は厚さの観点からは有利になる。しかし、折曲角度 をあまり小さくしてしまうと、光路折曲反射鏡59から凸面鏡60までの光路に屈折光学レンズ58の点Pを含む部分が入り込んで光を遮り、映像を投影できない影の部分が発生してしまう。したがって、折曲角度 にも最適値が存在する。

10

【0298】

以上のことを踏まえて、光路折曲反射鏡59から凸面鏡60までの光路に対して、光を遮らない範囲で点Pをできるだけ接近させるように光路の折曲角度 を決める。

【0299】

また折曲角度 が決まると、このときの画像表示装置の厚さを制約するのは距離 g または距離 c なので、これらの距離のうちでより大きな方を厚さ制限値となるように距離 f を決める。特に、距離 c と距離 g とを等しく設定すると、スクリーン下部高さを最も低く抑えることができる。

なお、折曲角度 は画像表示装置の他の条件によってあらかじめ定められている場合もあるが、上記の場合と同様に考えれば良い。

20

【0300】

以上の結果を次の1~3にまとめておく。距離 f および折曲角度 を以下の1~3のように最適化することで、映像が投影できない影の部分を生じる事なく、厚さ制限値の制約を満足してスクリーン下部高さを低く抑えることができるという効果が得られる。

【0301】

1. 光路折曲反射鏡59によって光路を折り曲げる場合には、光路折曲反射鏡59から凸面鏡60までの光路を遮らない範囲で、屈折光学レンズ58の点Pをできるだけ上記光路に近づけるように折曲角度 を設定する。

【0302】

2. 画像表示装置の他の配置条件によって折曲角度 があらかじめ決まっている場合には、光路折曲反射鏡59から凸面鏡60までの光路を遮らない範囲で、屈折光学レンズ58の点Pをできるだけ上記光路に近づけ、距離 c または距離 g が厚さ制限値となるように距離 f を設定する。

30

【0303】

3. スクリーン下部高さを最も低く抑えるために、光路折曲反射鏡59から凸面鏡60までの光路を遮らない範囲で、屈折光学レンズ58の点Pをできるだけ上記光路に近づけるように折曲角度 を設定するとともに、距離 c と距離 g とを等しくし、かつ距離 c および距離 g が厚さ制限値となるように距離 f を設定する。

【0304】

なお、光線の通過しない点Pを含んだレンズ部分(非透過部分)を屈折光学レンズ58から削除することによって、光路折曲反射鏡59から凸面鏡60までの光路に点Pを近づける際に、光路折曲反射鏡59から凸面鏡60までの光路に対して削除していない場合と比べて屈折光学レンズ58をより接近させることができる。

40

【0305】

また、例えば図1や図4から分かるように、凸面鏡の反射面を全て用いてスクリーンへ光を投影しているわけではなく、凸面鏡の半分以下の反射面だけで投影している。したがって、例えば図42(c)の凸面鏡60のように、スクリーンへ光を投影しない不用な反射面を有する部分(非反射部分)を切り取って構成するようにすれば、不用部分を切り取った分だけ凸面鏡を小さく構成して、画像表示装置のコストを削減することができ、また

50

画像表示装置内部の構成スペースを有効に利用することができるという効果が得られる。さらに、回転成型された1つの凸面鏡を2等分して切り取り、2等分した各凸面鏡を2台分の画像表示装置に適用することも可能であり、画像表示装置の製造工程を簡略化できる。

【0306】

この発明では、歪曲収差を補正するように光線追跡を行い、屈折光学レンズ58や光路折曲反射鏡59、凸面鏡61の各構成要素の形状を決定してこれらを配置するようにしている。構成要素の位置関係を保持して光路を正確に形成する必要がある。このために、図43に示すような保持機構74を設けるようにして、屈折光学レンズ58、光路折曲反射鏡59、凸面鏡60を一体化して保持するようにする。このようにすることで、相互の位置関係を固定して、構成要素間の光路を精度良く製造できるようになり、光学系の外部より加わる応力や、各種の環境条件(温度、湿度等)の変化が生じても屈折光学レンズ58、反射鏡59、凸面鏡60の相対位置関係が変化しにくくなり、画像表示装置の性能をより安定化することができるという効果が得られる。もちろん、光路折曲反射鏡59がない場合、つまり屈折光学レンズ58と凸面鏡60とだけを保持機構によって保持しても良い。

10

【0307】

また、実施の形態7で述べたように、屈折光学レンズ58と凸面鏡60との間に光路折曲反射鏡59を配置する代わりに、屈折光学レンズ58を構成する第1のレンズ手段と第2のレンズ手段との間に光路折曲反射鏡を設けることで光路を折り曲げ、画像表示装置の厚さを抑えることも可能である。図44はこのときの画像表示装置の構成を示す図である。図42と同一または相当する構成については同一の符号を付してある。不図示のマイクロミラーデバイスからの光は、屈折光学レンズ58の第1のレンズ手段を透過して、光路折曲反射鏡59によって反射されてから屈折光学レンズ58の第2のレンズ手段を透過して凸面鏡60へ進行する。

20

【0308】

この場合、距離 g は凸面鏡設置面から屈折光学レンズまでの最長距離となっている。また、スクリーン18の最下端から光軸61までの距離であるスクリーン下部高さを最小化するために、スクリーン18の最下端へ向う凸面鏡60の反射光線75をできる限り光軸61に接近させた低い位置を通過すべく設定するため、屈折光学レンズ58をできるだけ凸面鏡60よりも離れた方が有利である。特に屈折光学レンズ58の出射面の最高部 R より反射光線75が低い位置を通過すると屈折光学レンズ58により光路が遮られる。このため、距離 g が厚さを超えない範囲で凸面鏡設置面から屈折光学レンズ58までの最短距離 a はできるだけ長くすべく配置する。以上の条件より、図44の場合にも、凸面鏡設置面から屈折光学レンズ58の出射瞳までの距離 f には最適値が存在する。

30

【0309】

また、光路の折曲角度はレンズと凸面鏡の間に光路折曲反射鏡を用いた場合と同様に、薄型化の観点からはできるだけ小さい値に設定すべきである。しかし、あまり折曲角度が小さいと、第1のレンズ手段が光路折曲反射鏡から第2のレンズ手段までの光路を遮ってしまう。したがって、図44の場合にも、折曲角度の最適値が存在することが分かる。

40

【0310】

なお、実施の形態7, 10では、光路折曲反射鏡の代わりに、光路折曲手段としてプリズムを用いるようにしても良く、同様の効果を得ることができる。

【0311】

実施の形態11.

この実施の形態11では、マイクロミラーデバイスから反射鏡までの間の屈折光学レンズの入射光側および出射光側のレンズ径をレンズ中央部に比べて小さく構成することにより、ペッツバル条件を満たすと共に折り曲げ条件に有利な光学系を構成する手法について説明する

50

【0312】

図45はこの発明の実施の形態11による画像表示装置の構成を示す図であり、照明光学部、スクリーンなどの図示は省略している。図45において、14はマイクロミラーデバイス、76は屈折光学レンズ(屈折光学部)、77は正のペッツパール和寄与成分を有する凸面鏡、78は屈折光学レンズ76および凸面鏡77が共有する光軸、79はマイクロミラーデバイス14から凸面鏡77へ進行する光のマーヅナルレイである。

【0313】

屈折光学レンズ76において、80はマーヅナルレイ79の高い所に配置された正のパワーを有する正レンズ、81および82はおのおの正レンズ80の入射側レンズ群および出射側レンズ群であり、マイクロミラーデバイス14からの光は、入射側レンズ群81、
10 正レンズ80、出射側レンズ群82の順に透過して凸面鏡77へ向う。

【0314】

実施の形態5で述べたように凸面鏡77は正のペッツパール和寄与成分を有しているの
で、投影光学系全体のペッツパール和は正の値になりやすく、像面湾曲が生じる。そこで、
屈折光学レンズ76を構成する正のパワーを有する正レンズ80のパワーをできるだけ
小さくすればペッツパール和の増加を抑制することができる。

【0315】

正レンズ80をマーヅナルレイ79の高い所に配置している点がこの実施の形態11の
ポイントである。つまり、ペッツパール条件を考慮して正レンズ80のパワーを小さくす
ると、これに応じて正レンズ80のレンズ作用の効果も小さくなるが、小パワーの正レン
ズ80の配置箇所として、光軸から見て光が広がるマーヅナルレイの高い所を選択するよ
うにすれば、正レンズ80の入射面・出射面の各微小面積とこれを透過する各光線との対
20 応付けが容易になる。したがって、透過光に対する正レンズ80の入射面・出射面の形状
をより緻密に設計することができ、小パワーの正レンズ80のレンズ作用を十分効果的に
することができる。

【0316】

このように、マーヅナルレイ71の低い所に負レンズ72を配置して、レンズ作用効果
をほとんど無視できるようにした実施の形態9とは逆の発想で、正の小パワーを持つ正レン
ズ80をマーヅナルレイ79の高い所に配置することで、正レンズ80のレンズ作用を
損なうことなく、ペッツパール和の増加を抑制することが可能となる。
30

【0317】

図45を用いて具体的に説明する。図45において、屈折光学レンズ76中央部の正レン
ズ80がこの実施の形態11による正のパワーを有する正レンズであり、マーヅナルレイ
79の高い所に設置している。正レンズ80の入射側レンズ群81および出射側レンズ
群82を設置することで、正レンズ80でのマーヅナルレイ79が高くなるような構成を
とっている。

【0318】

図46はこの実施の形態11の数値実施例11Aを示す図である。図46の諸元は、 f
= -0.74 mm (波長546.1 nmでの焦点距離)、 $NA = 0.17$ (マイクロミラー
デバイス側開口数)、 $Yob = 14.2$ mm (マイクロミラーデバイス側物体高)、 M
= 86.3 (投影倍率)である。図46における非球面形状の定義は数値実施例6A記載
のものと同様である。
40

【0319】

この数値計算の結果を検証すると、屈折光学レンズ76に入射する光のマーヅナルレイ
79の高さを h_i 、屈折光学レンズ76中央部の正レンズ80を通る光のマーヅナルレイ
79の最大高さを h_m 、屈折光学レンズ76から出射する光のマーヅナルレイ79の高さを
 h_o とすれば、これら h_i 、 h_m 、 h_o は、 $1.05 h_i < h_m < 3 h_i$ および
 $0.3 h_i < h_o < h_i < h_m / 1.05 < 3 / 1.05 \cdot h_i$ となるので、上の2つの不等式を満足する
 h_i 、 h_m 、 h_o では h_o が最も小さくなる。
50

【 0 3 2 0 】

また、図 4 5 に示す構成は、出射部分のレンズ径を小さくすることによって先のペッツバル条件以外に、実施の形態 7 で説明したように屈折光学部を光路折曲手段から反射部までの光路を遮らない範囲でレンズ径の大きい場合より光路に近づけることができるため、光路折曲反射鏡の挿入範囲についても余裕ができる。なお、正レンズ 8 0 は、後に述べる数値実施例 1 4 A に係る図 5 3 に示すように、複数のレンズで構成することも可能である。

【 0 3 2 1 】

以上のように、この実施の形態 1 1 によれば、マイクロミラーデバイス 1 4 から凸面鏡 7 7 までの間のマージナルレイ 7 9 の高い所に正のパワーを有する正レンズ 8 0 を配置して、光学系のペッツバル和の増加を抑制するよう正レンズ 8 0 のパワーを小さくしたので、正レンズ 8 0 のレンズ作用を効果的に利用して、投影光学系の正のペッツバル和寄与成分を抑制することができ、像面湾曲を低減した画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

10

【 0 3 2 2 】

また、屈折光学レンズ 7 6 に入射する光のマージナルレイ 7 9 の高さ h_i 、屈折光学レンズ 7 6 中央部の正レンズ 8 0 を通る光のマージナルレイ 7 9 の最大高さ h_m 、屈折光学レンズ 7 6 から出射する光のマージナルレイ 7 9 の高さ h_o を $1.05 h_i < h_m < 3 h_i$ および $0.3 h_i < h_o < h_i$ を満たすようにしたので、投影光学系の正のペッツバル和寄与成分を抑制することができ、像面湾曲を低減した画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

20

【 0 3 2 3 】

また、 $1.05 h_i < h_m < 3 h_i$ および $0.3 h_i < h_o < h_i$ の関係を満足すれば、屈折光学レンズ 7 6 出射部分のレンズ径を小さくでき、光路折曲反射鏡の挿入範囲に余裕を持った画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

【 0 3 2 4 】

実施の形態 1 2 .

実施の形態 4 では、マイクロミラーデバイス 1 4 の有効表示面を奇数次非球面の光軸外にシフトして偏芯配置し、奇数次非球面の中心部（光軸上の点）を避けて反射 / 透過させて投影光束（光画像信号）をスクリーン 1 8 上に導くようにした。光軸中心付近を使用しないため、奇数次非球面が使用でき、これによって非球面凸面鏡の自由度が向上して結像性能が向上することを述べたが、この実施の形態 1 2 では光軸中心における光軸方向の結像位置に対して周辺部における光軸方向の結像位置をずらした構成をとることにより光学系の自由度を持たせて結像性能を向上させる例について説明する。

30

【 0 3 2 5 】

図 4 7 は一般の光学系の結像関係を示す図である。図 4 7 において、1 4 は光軸に対して偏芯配置されたマイクロミラーデバイス、8 3 は屈折光学レンズ（投影光学手段）、8 4 は凸面鏡（投影光学手段）、8 5 は光軸中心の結像位置を含み光軸に垂直な平面である結像面、8 6 A および 8 6 B は光軸外の結像面 8 5 上の結像位置である。

【 0 3 2 6 】

図 4 7 の光学系では、光軸中心の結像位置を基準として光軸に垂直に平面を取り、これを結像面 8 5 とすると軸外の結像位置 8 6 A および 8 6 B も結像面 8 5 上に存在するように設計する。しかし、広角光学系では結像位置を同じ平面内におさめることは難しく、結像位置のズレの大小はあるが像面は湾曲してしまう。この対策についてはすでに実施の形態 5、実施の形態 9、実施の形態 1 1 等に示したペッツバル条件を満足する光学系の条件を示し、像面湾曲を低減する手法を説明した。

40

【 0 3 2 7 】

一方、この実施の形態 1 2 では光軸中心を使用しないため、この部分の結像位置と実際に使用する軸外の結像位置とは異なっても構わない。図 4 8 は像面が湾曲した光学系の例を示したもので、8 7 は屈折光学レンズ、8 8 は凸面鏡、8 9 は湾曲した像面、9 0 A お

50

よび 90B は軸外の結像位置である。

【0328】

図48のように、曲線状の像面89で示したような像面湾曲が許されることに着目したことがこの実施の形態12のポイントである。この条件下ではペッツバル条件から外れたレンズ構成が可能になり、屈折光学レンズ87を構成する光学材料の屈折率および分散の制限条件が緩和されるため、設計の自由度が広がることになる。このため、より高い結像性能が得られやすくなることがわかる。

【0329】

以上のように、この実施の形態12によれば、光軸中心の結像位置を光軸周辺の結像位置が存在する同一平面からはずすようにしたので、屈折光学レンズ87の設計上の自由度が増加し、優れた結像性能を有する画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

10

【0330】

実施の形態13 .

この実施の形態13では実施の形態5で示した像面湾曲を軽減する手法に加え、さらに像面湾曲を軽減できる手法について説明する。

【0331】

上記の数値実施例で示したように凸面鏡の形状は、周辺部が反り返る形状になりやすい。この凸面鏡の局所的な曲率に着目すると、光軸中心部分の凸面鏡の曲率は凸であっても反り返った部分の凸面鏡の曲率は凹になっている。凸の曲率の反射鏡では光が発散し、凹の曲率の反射鏡では光が集光することから、スクリーン上に結像するには凸面鏡へ入射する屈折光学部からの出射光は光軸中心で収束光が必要となり、周辺部では発散光が必要となる。

20

【0332】

光軸中心で収束光を発生するレンズは周辺部でも収束光を発生することを考慮すると、この条件にかなう屈折光学レンズを設計することは非常に困難であることが容易に推定できる。換言すれば、一般の屈折光学レンズを使用した場合、大きな像面湾曲を生じることになる。よって凸面鏡の周辺部の反り返りを抑制することは像面湾曲の抑制に大きな効果がある。この実施の形態13では、この凸面鏡周辺部の反り返りを屈折光学レンズの射出瞳に瞳収差を持たせることによって抑制することができることを示すものである。以下にその理由を示す。

30

【0333】

図49はこの発明の実施の形態13による画像表示装置の構成を示す図である。図49において、91は屈折光学レンズ(屈折光学部)、92は周辺部が反り返った凸面鏡、93は周辺部の反り返りが改善された凸面鏡、94は屈折光学レンズ91と凸面鏡92、93が共有する光軸、95は光軸近辺の出射光、96は周辺部の出射光、97は光軸近辺の出射光95に対する屈折光学レンズ91の射出瞳、98は周辺部の出射光96に対する屈折光学レンズ91の射出瞳、99は射出瞳97から出射した場合の周辺部の出射光である。

【0334】

屈折光学レンズ91から出射する光は図49の光軸94近辺を通過した出射光95と周辺部の出射光99のように、どちらも射出瞳97から出射するのが一般的である。ここで、図49の出射光96、凸面鏡92および凸面鏡93の関係から判るように、出射光96が凸面鏡92により反射され、歪曲収差が補正された状態にするには射出瞳は97の位置で良いが、凸面鏡93のように反り返りの無い形状を満たし、かつ出射光96が凸面鏡93により反射され、歪曲収差が補正された状態にするには射出瞳98のように光軸94中心付近の射出瞳97と、周辺部の出射光の射出瞳98とを図49に示すように意図的にずらせば良い。

40

【0335】

以上のように凸面鏡93への光の入射位置と入射角を調整することで、凸面鏡93のよ

50

うに端の部分での反り返りを抑制することができ、像面湾曲を抑制することができるという効果が得られる。なお、この特徴は上記の全ての数値実施例において認められる特徴である。

【0336】

実施の形態14.

この実施の形態14では、投影光学部において光軸中心付近の歪曲収差を許容して結像性能を向上させる手法について説明する。

【0337】

図50はこの発明の実施の形態14による画像表示装置の構成を示す図である。図50において、100はスクリーン、101は不図示の投影光学系とスクリーン100が共有する光軸、102は光軸101を中心とした円がスクリーン100の底辺のみで交わる最大の範囲を示したものである。

10

【0338】

光学系において歪曲収差の制約は結像性能を規定する大きな要因なので、この制約をはずすことにより結像性能を向上させることができる。しかし、歪曲収差が発生するとスクリーン周辺での画像がスクリーン枠に対してゆがんで表示されたり、スクリーン枠の辺よりも画像が過大もしくは過小に表示されるという不都合が発生する。これらの不具合を極力少なくするには、歪曲収差の影響を受ける部分を極力抑える必要がある。

【0339】

図50におけるスクリーン100上の範囲102に示されるように、光軸101を中心として円を描いた場合に、スクリーン100の底辺と交差し、他の辺と交差しない範囲まで、投影光学部の発生する歪曲収差の絶対値を大きくし、この円よりも外側の領域で歪曲収差の絶対値を小さく抑制することにより、歪曲収差の影響をスクリーン100底辺のみに限定でき、他の3辺は正しい矩形形状に画像形成できる。

20

【0340】

また、光学系で発生する歪曲収差は、光軸からの距離に対する歪の割合で定義されている。つまり、歪曲収差の値が同一であっても光軸からの距離が近いほど実際の歪の量は少ない。また、視覚的な観点からすると画像の歪感は画面内部の映像については判り難く、画面の最外周部が歪んで本来直線である画面境界部が曲線になると容易に判別できる。本発明によれば光軸に近い一辺については歪曲を発生し、この辺の直線性を失うが、光軸からこの一辺までの距離が短いため、他の辺に対する相対的な歪量は少なくなり、境界部が曲線になりにくいという効果が得られる。さらに、この辺上に光軸があれば、外面境界部に関しては直線性を失わない。

30

【0341】

この特徴はディスプレイを組み合わせてマルチ構成で使用する場合、特に有効である。図51はマルチ構成で用いた場合の画像表示装置を示す図である。図51において、100A~100Fはスクリーン、101A~101Fは各画像表示装置の不図示の投影光学部とスクリーン100A~100Fが共有する光軸、102A~102Fは光軸101A~101Fを中心とした円がスクリーン100A~100Fの底辺のみで交わる最大の範囲を示したものである。

40

【0342】

図51のように縦方向に2面、横方向に多面のマルチディスプレイを構成する場合でも底辺を除いた部分の歪曲収差が抑制されていれば画面のつなぎ部分での絵の重なり、絵の隙間などがほとんど発生しない。

【0343】

以上の構成は数値計算によって導かれた結果である。具体的な数値計算の結果を数値実施例14Aとして示す。

【0344】

<数値実施例14A>

図52, 53は数値実施例14Aの数値データ、構成をそれぞれ示す図である。図52

50

の諸元は、 $f = 3.31 \text{ mm}$ (波長 546.1 nm での焦点距離)、 $NA = 0.17$ (マイクロミラーデバイス側開口数)、 $Yob = 14.65 \text{ mm}$ (マイクロミラーデバイス側物体高)、 $M = 86.96$ (投影倍率)である。

【0345】

この数値実施例14Aにおける歪曲収差の数値計算結果を図54に示す。歪曲収差を許した設計との対比として、図55に数値実施例4Aの歪曲収差を示す。図55から分かるように数値実施例4Aの歪曲収差はほぼ0.1%以下であるのに対し、図54に示した数値実施例14Aの歪曲収差は光軸からの距離を示す像高が小さい範囲において最大2%ほどの歪曲収差を許していることが分かる。

【0346】

なお、歪曲収差を許した設計を行った結果光学系で発生した歪曲収差は、光路折り曲げ等で使用する鏡面の形状を変形させることにより補正可能である。つまり、上記の歪曲収差を補正するように、投影光学系17からの光を反射してスクリーン18へ光路を折り曲げる平面鏡22の形状を歪ませれば、画像表示装置全体の歪曲収差を補正することができる。

【0347】

実施の形態15.

この実施の形態15では、凸面鏡に2つの工夫を施している。一方の工夫によって温度変化に対する環境特性を向上することができ、他方の工夫によって画像表示装置の組立工程におけるアライメント調整を容易にすることができる。

【0348】

図56はこの発明の実施の形態15による画像表示装置の構成を示す図である。図56(a)は画像表示装置の側面図であり、照明光学系やスクリーンなどの図示を省略している。また、図56(b)、(c)はそれぞれ凸面鏡の上面図、正面図である。図56では、凸面鏡が有する光軸の方向にz軸を、光軸を含む水平面においてz軸と直交するようにx軸を、x軸およびz軸と直交するようにy軸をそれぞれとっている。

【0349】

図56において、14はマイクロミラーデバイス、103A、103Bはそれぞれ各実施の形態で示した屈折光学レンズ(屈折光学部)、104はこの実施の形態15を特徴付ける凸面鏡(反射部)、105は屈折光学レンズ103A、103Bや凸面鏡104が共有する光軸である。凸面鏡104は、光軸105を中心とした回転対称形の凸面鏡104Oから非反射部分104Cを切り取って凸面鏡104を構成している(図56(b)、(c)、実施の形態10参照)。

【0350】

凸面鏡104において、104Fは屈折光学レンズ103A、103Bからの光を反射する凸面鏡104の反射面としてのフロント面、104Rはフロント面104Fの背側に設けられた凸面鏡104のリア面である。

【0351】

この発明では、歪曲収差を補正するためにフロント面104Fの非球面形状を緻密な光線追跡によって設計しているので、使用環境の温度変化によって凸面鏡104の各部位毎に収縮や膨張の度合いに違いが生じると、フロント面104Fの形状が微妙に変化して歪曲収差の補正に影響を与える。この温度変化に対する対策として、フロント面104Fからリア面104Rまでの厚さを均一にしている点が、凸面鏡104に施した一つ目の工夫である。

【0352】

図57は温度変化に対する凸面鏡の厚さ方向の形状変化を説明するための図であり、図57(a)は収縮する凸面鏡104、図57(b)は膨張する凸面鏡104を表している。図56と同一または相当する構成については同一の符号を付してある。

【0353】

線膨張率が異なる材質によって凸面鏡104を製造しているため、フロント面104F

10

20

30

40

50

からリア面 104R までの厚さを均一にすることによって、温度変化に対する凸面鏡 104 の厚さ変化が各部位で全て等しくなる。したがって、光線追跡によって表面形状を設計し製造されたフロント面 104F (破線)、リア面 104R (破線) の各部位は、光軸 105 に対して平行に収縮、膨張してフロント面 104F' (実線)、リア面 104R' (実線) になる。凸面鏡 104 の厚さ変化が各部位で全て等しいので、フロント面 104F' はフロント面 104F の形状を保持しており、環境の温度変化に対するフロント面 104F の形状変化を抑制することができる。

【0354】

凸面鏡 104 に施したもう一方の工夫は、フロント面 104F の光軸 105 近傍に低反射面 104L および高反射面 104H を形成した点である (図 56)。低反射面 104L

10

【0355】

光軸 105 に対してマイクロミラーデバイス 14 を偏芯配置したこの発明の画像表示装置の凸面鏡 104 では、フロント面 104F の光軸 105 近傍 (非投影フロント面) をスクリーンまたは平面鏡に対する光の反射に利用しないので、このフロント面 104F の光軸 105 近傍に低反射面 104L、高反射面 104H を設けている。

フロント面 104F の光軸 105 近傍は、例えば、光軸 105 を含み x 軸と直交する図 56 (a) の断面図において、屈折光学レンズ 103B ~ 凸面鏡 104 間の最も光軸 105 に近い光路を通過する光線 106 のフロント面 104F における反射点 106P よりも低い部分に相当する。

20

【0356】

低反射面 104L、高反射面 104H は非球面形状ではなく、いずれも光軸 105 を中心とした円形 (半円) 形状の光軸 105 と直交する小さな平面上に形成されている。フロント面 104F と光軸 105 との交点から反射点 106P までの距離を R とすると、R よりも小さな値 r_L 、 r_H をそれぞれ低反射面 104L、高反射面 104H の半径として、光軸 105 を中心とした同心円 (半円) で低反射面 104L、高反射面 104H をそれぞれ形成している。 $r_L > r_H$ と設定しているため、低反射面 104L の内部に高反射面 104H が存在し、低反射面 104L よりも高反射面 104H は光軸 105 に近づいている。

【0357】

低反射面 104L、高反射面 104H を凸面鏡 104 に設けるようにすることで、画像表示装置の組立工程におけるアライメント調整を容易にすることができる。

30

図 58 は凸面鏡 104 を用いたアライメント調整方法を示す図である。図 56 と同一符号は同一の構成である。

【0358】

図 58 において、107 は直進性の高いレーザ光 (直進光) を出力するレーザ、108 はレーザ 107 からのレーザ光を一方向にのみ通過してレーザ 107 を戻りレーザ光から保護するアイソレータ、109 はアイソレータ 108 と凸面鏡 104 の間に設けられたハーフミラー、110 はハーフミラー 109 からのレーザ光のパワーを検出する検出器である。また、符号 111、112 を付した矢印はそれぞれアライメント調整時の往路、復路のレーザ光であり、符号 113 を付した 2 点破線はレーザ光 111、112 によって作り出された仮想光軸である。

40

【0359】

まず始めに、図 58 (a) の構成によって、凸面鏡 104 に対する仮想光軸 113 を設定する。水平面と平行にレーザ 107 から出射するレーザ光は、アイソレータ 108、ハーフミラー 109 を通過して凸面鏡 104 へ向う。このとき、x 軸方向の並進調整 M_x 、x 軸周りの回転調整 R_x 、y 軸方向の並進調整 M_y 、y 軸周りの回転調整 R_y に関する凸面鏡 104 の姿勢をマニピュレータなどで微調整し、ハーフミラー 109 へレーザ光 111 を高反射面 104H によって反射して、ハーフミラー 109 を介して検出器 110 で検出されるレーザ光 112 のパワーが最大となるようにする。

50

【 0 3 6 0 】

最大パワーが検出される状態は、凸面鏡 1 0 4 が最も望ましい姿勢になったときであり、つまりハーフミラー 1 0 9 から凸面鏡 1 0 4 へ向う往路のレーザ光 1 1 1 と、凸面鏡 1 0 4 からハーフミラー 1 0 9 へ向う復路のレーザ光 1 1 2 とが完全に一致する場合である。高反射率を有する平面鏡の高反射面 1 0 4 H をレーザ光 1 1 1 に対して直交させると、レーザ光は直進性が高いため、レーザ光 1 1 1 , 1 1 2 が完全に一致して仮想光軸 1 1 3 を作り出すことができる。

【 0 3 6 1 】

凸面鏡 1 0 4 の姿勢が大きくズレている場合には、凸面鏡 1 0 4 が反射したレーザ光 1 1 2 はハーフミラー 1 0 9 を介し、検出器 1 1 0 に入射しないので、検出器 1 1 0 はパワーを検出しない。また、凸面鏡 1 0 4 の姿勢が望ましい状態に近づいても、光軸ズレがあると平面鏡の低反射面 1 0 4 L がハーフミラー 1 0 9 へレーザ光 1 1 1 を反射する。低反射面 1 0 4 L の反射率が低いので、ハーフミラー 1 0 9 を介して検出器 1 1 0 によって検出されるレーザ光 1 1 2 のパワーは低いレベルであるため、光軸ズレが検知できる。この方法から考えると、高反射面 1 0 4 H の半径 r_H の値は、光軸ズレの許容範囲から定めれば良いことが分かる。

10

【 0 3 6 2 】

また、4つの受光素子 1 1 0 A , 1 1 0 B , 1 1 0 C , 1 1 0 D によって検出器 1 1 0 の受光面を「田の字型」(2行2列のマトリクス、図 5 8 (c)) に分割し、各受光素子 1 1 0 A ~ 1 1 0 D の出力信号の差動演算を行うことにより、凸面鏡 1 0 4 の傾き R_x , R_y を高精度に検出調整可能である。

20

【 0 3 6 3 】

さらに、4分割した受光素子 1 1 0 A ~ 1 1 0 D の出力の加算演算により受光素子に入射する総光パワーも求めることができ、光軸ズレ M_x , M_y も検出可能である。よって、この構成にすることで、 M_x , M_y , R_x , R_y の総合調整が行える。

【 0 3 6 4 】

このように、検出器 1 1 0 で検出されるレーザ光 1 1 2 をモニタしながら、凸面鏡 1 0 4 の姿勢を微調整することによって、レーザ光 1 1 1 , 1 1 2 による仮想光軸 1 1 3 を作り出すことができる。

【 0 3 6 5 】

次に、図 5 8 (b) の構成によって、屈折光学レンズ 1 0 3 A , 1 0 3 B のアライメント調整を行う。図 5 8 (a) の仮想光軸 1 1 3 が作り出された構成に対して屈折光学レンズ 1 0 3 A , 1 0 3 B を挿入する。この場合にも、屈折光学レンズ 1 0 3 A , 1 0 3 B の姿勢が望ましい状態になると、屈折光学レンズ 1 0 3 A , 1 0 3 B の中心をレーザ光 1 1 1 , 1 1 2 が通過するようになる。

30

【 0 3 6 6 】

つまり、屈折光学レンズ 1 0 3 A , 1 0 3 B の中心に対してレーザ光 1 1 1 , 1 1 2 が直交して通過すると、屈折光学レンズ 1 0 3 A , 1 0 3 B のレーザ光 1 1 2 に与えるレンズ作用が発生しないので、最大パワーが検出器 1 1 0 で得られる。この望ましい状態は屈折光学レンズ 1 0 3 A , 1 0 3 B の光軸が仮想光軸 1 1 3 と一致する場合に当たる。

40

【 0 3 6 7 】

以上のように、この実施の形態 1 5 によれば、フロント面 1 0 4 F からリア面 1 0 4 R までを等厚にした凸面鏡 1 0 4 を備えるようにしたので、温度変化に対するフロント面 1 0 4 F の形状変化を抑制することができ、画像表示装置の環境特性を向上することができるという効果が得られる。

【 0 3 6 8 】

また、この実施の形態 1 5 によれば、フロント面 1 0 4 F の光軸 1 0 5 近傍に設けた低反射面 1 0 4 L と、低反射面 1 0 4 L よりもさらにフロント面 1 0 4 F の光軸 1 0 5 近傍に光軸ズレの許容範囲の大きさを有する高反射面 1 0 4 H とを凸面鏡 1 0 4 に備えるようにしたので、検出器 1 1 0 によるパワーモニタおよび演算処理によって仮想光軸 1 1 3 を

50

作り出すことができるようになり、画像表示装置の組立工程において、凸面鏡 104，屈折光学レンズ 103A，103B のアライメント調整を容易に行うことができるという効果が得られる。

【0369】

実施の形態 16 .

図 59 はこの発明の実施の形態 16 による画像表示装置の構成を示す図である。照明光源系、平面鏡やスクリーンなどの図示は省略する。

図 59 において、14 はマイクロミラーデバイス（送信手段）、114 はマイクロミラーデバイス 14 の反射面（出射面）を保護するカバーガラス（送信手段）、115 はカバーガラス 114 の光学的厚さのバラツキを補償する補償ガラス（送信手段）、76 および 77 はそれぞれ各実施の形態で示した屈折光学レンズ（屈折光学部）および凸面鏡（反射部）、78 は屈折光学レンズ 76，凸面鏡 77 の光軸である。

10

【0370】

マイクロミラーデバイス 14 には、多数の小ミラーから構成される反射面を保護するためのカバーガラス 114 が実装されている。発光体、放物面リフレクタおよび集光レンズなどから構成される不図示の照明光源系からの光は、カバーガラス 114 を介して反射面へ入射する。また、反射面で強度変調された光は、カバーガラス 114 を通過してから屈折光学レンズ 76，凸面鏡 77 へ向う。

【0371】

ところで、カバーガラス 114 の厚さは常に一定の基準値になっているとは限らず、許容される最大寸法厚さと最小寸法厚さととの差、いわゆる公差の範囲内で製造される。したがって、カバーガラス 114 の厚さには個体差が生じているのが普通である。また、厚さの基準値が将来的に仕様変更される場合も想定される。画像表示装置に利用される光はカバーガラス 114 を必ず通過するので、厚さの個体差や基準値の仕様変更による厚さのバラツキは、カバーガラス 114 を通過する光に対して影響を与えることになり、光学系全体の光路設計がカバーガラス 114 の厚さの個体差に左右されてしまうことになる。

20

【0372】

この実施の形態 16 では、カバーガラス 114 の厚さのバラツキを補償するために、不図示の照明光源系または屈折光学レンズ 76 とカバーガラス 114 との間に補償ガラス 115 を設けるようにしている。

30

図 60 を用いて、補償ガラス 115 によるカバーガラス 114 厚さの個体差を補償する手法について次に説明する。

【0373】

図 60 はカバーガラス 114 の厚さと補償ガラス 115 の厚さとの関係を示す図である。ここでは説明を簡単にするために、カバーガラス 114 の屈折率 n_1 と補償ガラス 115 の屈折率 n_2 とは等しい ($n_1 = n_2 = n$ とする) ものとするが、後述するように、屈折率 n_1 ， n_2 に差異があっても良い。

【0374】

* 基準状態

図 60 (a) は、カバーガラス 114 の厚さ t_1 が基準値 T_1 の場合を表している。このときには、厚さ $t_2 = T_2$ の補償ガラス 115 を介して、カバーガラス 114 が実装されたマイクロミラーデバイス 14 と光をやりとりする。したがって、この光は、厚さ $t = T_1 + T_2$ ，屈折率 n のガラス媒質を等価的に通過することになる。照明光源系や屈折光学レンズ 76，凸面鏡 77 などの他の光学系は、厚さ $t = T_1 + T_2$ ，屈折率 n のガラス媒質が存在するものとみなして設計する。

40

【0375】

* 補償例 1

図 60 (b) は、基準値 T_1 から個体差 T (T は正負の符号を含む) だけズレて、カバーガラス 114 の厚さ t_1 が $T_1 + T$ となった場合を表している。このときには、厚さ $t_2 = T_2 - T$ の補償ガラス 115 を介して、カバーガラス 114 が実装されたマ

50

マイクロミラーデバイス 14 と光をやりとりする。

【0376】

すなわち、カバーガラス 114 の厚さ $t_1 = T_1 + T$ と補償ガラス 115 の厚さ $t_2 = T_1 - T$ との合計値は、上記の基準状態と同じ厚さ $t = T_1 + T_2$ なので、マイクロミラーデバイス 14 とやりとりされる光は、厚さ $t = T_1 + T_2$ 、屈折率 n のガラス媒質を等価的に通過することになる。したがって、カバーガラス 114 の厚さ t_1 の固体差によってバラツキ T が生じているにもかかわらず、このバラツキ T を補償ガラス 115 の厚さ t_2 を変更することによって相殺し、基準状態の光学系を設計変更することなく利用することができる。

【0377】

* 補償例 2

図 60 (c) は、カバーガラス 114 の厚さ t_1 が基準値 T_1 から基準値 T_3 へ仕様変更された場合を表している。このときには、補償例 1 の T を $T_3 - T_1$ と考えて、厚さ $t_2 = T_2 - (T_3 - T_1) = T_2 - T$ の補償ガラス 115 を介して、カバーガラス 114 が実装されたマイクロミラーデバイス 14 と光をやりとりする。

【0378】

補償例 1 と同様に、カバーガラス 114 の厚さ $t_1 = T_1 + (T_3 - T_1) = T_1 + T$ と補償ガラス 115 の厚さ $t_2 = T_2 - (T_3 - T_1) = T_2 - T$ との合計値は、上記の基準状態と同じ $t = T_1 + T_2$ になるので、マイクロミラーデバイス 14 とやりとりされる光は、厚さ $t = T_1 + T_2$ 、屈折率 n のガラス媒質を等価的に通過することになる。したがって、カバーガラス 114 の厚さ t_1 は基準値 T_1 から基準値 T_3 へ仕様変更されたことによる厚さ偏差 T が生じているにもかかわらず、この厚さ偏差 T を補償ガラス 115 の厚さ t_2 を変更することによって相殺し、基準状態の光学系を設計変更することなく利用することができる。

【0379】

以上の基準状態、補償例 1, 2 から分かるように、この実施の形態 16 では、カバーガラス 114 の厚さ t_1 が有する基準値 T_1 からのバラツキ（もしくは厚さ偏差） T の増減に応じて、補償ガラス 115 の厚さ t_2 の基準値 T_2 をバラツキ（もしくは厚さ偏差） T だけ逆に減増して、合計値 $t = T_1 + T_2$ と一定になるようにしているのので、屈折率 n 、厚さ $t = T_1 + T_2$ のガラス媒質がマイクロミラーデバイス 14 の反射面に等価的に実装されているものとみなすことができ、バラツキ（もしくは厚さ偏差）に左右されることなく、基準状態の光学系をそのまま利用することができる。もちろん、マイクロミラーデバイス 14 に限らず、液晶など他の光空間変調素子にもこの実施の形態 16 を適用できる。

【0380】

以上では、カバーガラス 114 と補償ガラス 115 を等しい屈折率 n を有するものとして考えてきたが、カバーガラス 114、補償ガラス 115 が異なる屈折率 n_1 、 n_2 をそれぞれ有するものとして、屈折率 n_1 、 n_2 も加味した光学的厚さで考えた方がより一般的である。

【0381】

つまり、カバーガラス 114 の光学的厚さ t_1 / n_1 と、補償ガラス 115 の光学的厚さ t_2 / n_2 とを考えて、「 $t_1 / n_1 + t_2 / n_2 = \text{一定}$ 」の条件を満たすように、補償ガラス 115 の厚さ t_2 、屈折率 n_2 を定めるようにする。このようにして、カバーガラス 115 の厚さ t_1 、屈折率 n_1 のバラツキを補償することができるようになる。

【0382】

また、屈折光学レンズ 76（屈折光学部）を保持する不図示の鏡筒の入射側（マイクロミラーデバイス 14 側）に補償ガラス 115 を着脱できる構成（補償ガラス着脱機構）をとれば、カバーガラス 114 の厚さ変更や厚さバラツキに対応して適宜最適な厚さの補償ガラス 115 に取り替えることができる。

【0383】

10

20

30

40

50

< 数値実施例 16 A >

補償ガラス 115 を用いた場合の数値計算結果についてもここで開示しておく。

図 61, 62 は数値実施例 16 A の数値データ、構成をそれぞれ示す図である。図 45, 59 と同一符号は同一または相当する構成要素である。図 61 の諸元は、 $f = 3.39$ mm (波長 546.1 nm での焦点距離)、 $NA = 0.17$ (マイクロミラーデバイス側開口数)、 $Yob = 14.65$ mm (マイクロミラーデバイス側物体高)、 $M = 86.96$ (投影倍率) である。カバーガラス 114 は補償ガラス 115 に含めて計算したため、図 62 ではまとめて図示した。

【0384】

図 61 に示した数値データでは、第 2 面の厚さ 4.5 mm がカバーガラス 114 と補償ガラス 115 の和として表されている。例えば、カバーガラスの基準厚さ 3 mm, 補償ガラスの厚さ 1.5 mm の状況を想定して収差補正した結果である。

【0385】

以上のように、この実施の形態 16 によれば、マイクロミラーデバイス 14 の反射面に実装されたカバーガラス 114 と屈折光学レンズ 76 や照明光源系との間において、製造上の公差や設計変更によって増減するカバーガラス 114 の光学的厚さのバラツキに応じて、このバラツキを逆に減増した光学的厚さを有する補償ガラス 115 を設け、マイクロミラーデバイス 14 の反射面と光をやりとりするようにしたので、カバーガラス 114 の厚さのバラツキを相殺して、常に一定の光学的厚さを有するガラス媒質によってマイクロミラーデバイス 14 の反射面が保護されているようにみなすことができ、照明光源系や屈折光学レンズ 76, 凸面鏡 77 を設計変更することなく利用することができるという効果が得られる。

【0386】

また、この実施の形態 16 によれば、屈折光学レンズ 76 を保持する不図示の鏡筒の入射側 (マイクロミラーデバイス 14 側) に補償ガラス 115 を着脱できる構成を備えるようにしたので、カバーガラス 114 の厚さ変更や厚さバラツキに対応して適宜最適な厚さの補償ガラス 115 に取り替えることができるという効果が得られる。

【0387】

実施の形態 17 .

図 63 は実施の形態 1 の平面鏡 22 (図 4)、実施の形態 7, 10 の光路折曲反射鏡 59 (図 23 など) を用いた画像表示装置の構成を示す図であり、画像表示装置の透視斜視図である。図 4, 23 と同一または相当する構成については同一の符号を付してある。また、照明光源系を含む集光光学系、マイクロミラーデバイス、屈折光学レンズなどの図示は省略している。

【0388】

図 63 において、116 は直方体形状の画像表示装置、117 は画像表示装置 116 のスクリーン下部、118 は画像表示装置 116 の水平な底面であり、スクリーン 18 および凸面鏡 60 が設けられた面と、平面鏡 22 が設けられた面とは底面 118 に直交している。図 63 では、光軸 61 を含み底面 118 に直交する平面によって画像表示装置 116 を半分に切断している。スクリーン 18 の法線方向に 軸を、底面 118 の法線方向に 軸を、そして、 軸と直交する方向に 軸をとっている。

【0389】

119 は凸面鏡 (反射部) 60 上の点 P (第 3 の点) で反射されて平面鏡 22 上の点 Q (第 2 の点) へ向う光線、120 は平面鏡 22 上の点 Q で反射されてスクリーン (表示手段) 18 上の点 R (第 1 の点) へ向う光線である。点 R は、スクリーン 18 に表示される 4 角形の画像の底辺 (底面 118 と平行かつ底面 118 に近い辺) 上に存在し、画像の中心から最も離れた点である。また、121, 122 は 軸方向から底面 118 へ光線 119, 120 をそれぞれ投影したときの線分であり、点 P', Q', R' (それぞれ第 3, 2, 1 の投影点) は点 P, Q, R を 軸方向から底面 118 へそれぞれ投影したときの点である。

10

20

30

40

50

【0390】

このときに、点P、Q、R、P'、Q'、R'から成る空間（配置空間）Sを抜き出すと図63(b)のようになる。この実施の形態17では、集光光学系などの配置スペースとして空間Sに着目し、スクリーン下部117の高さが増加しないようにしている。光線119、120は点Rに対応する光線なので、空間Sに集光光学系の構成要素を配置する際には、光線119、120をケラないように注意すれば、他の全ての光線もケラないようになる。

【0391】

図64はこの発明の実施の形態17による画像表示装置の構成を示す図であり、図64(a)は軸方向から見た画像表示装置116のスクリーン下端より下の部分の正面図、図64(b)は軸方向から見た画像表示装置116の上面図である。図1、4、23、63と同一符号は同一又は相当する構成である。また、図65(a)、(b)はスクリーン18と直交するA-A'、B-B'平面による画像表示装置116の断面をそれぞれ示す図である。B-B'平面は、A-A'平面よりも線分Q-Q'に近い面である。

10

【0392】

図64において、123は発光体11、放物面鏡12および集光レンズ13から成る照明光源系（送信手段、照明光源部、集光光学系主要部）、124は照明光源系123からの光（照明光）を3原色に順次着色するカラーホイール（送信手段、集光光学系主要部）、125はカラーホイール124からの光を入射面で受け、照度分布が均一化された光を出射面から出射するロッドインテグレート（送信手段、集光光学系主要部）、126はロッドインテグレート125からの光をリレーするリレーレンズ（送信手段、集光光学系主要部）である。

20

【0393】

また、127および128はそれぞれこの実施の形態17を特徴付ける第2の光路折曲反射鏡（第2の光路折曲手段）および第3の光路折曲反射鏡（第3の光路折曲手段）、129はリレーレンズ126からの光の主光線方向をそろえてマイクロミラーデバイス（送信手段、反射型画像情報付与部）14へ入射するフィールドレンズ（送信手段）である。リレーレンズ126からの光は第2、3の光路折曲反射鏡127、128によって順に反射されてフィールドレンズ129へ向う。

【0394】

マイクロミラーデバイス14へ光を集光する集光光学系は、照明光源系123、カラーホイール124、ロッドインテグレート125、リレーレンズ126、第2の光路折曲反射鏡127、第3の光路折曲反射鏡128、フィールドレンズ129から構成されており、特に、照明光源系123、カラーホイール124、ロッドインテグレート125、リレーレンズ126を集光光学系主要部と呼ぶことにする。

30

【0395】

130は集光光学系主要部が共有する光軸、131は画像表示装置116の余剰空間であり、通常の画像表示装置116を構成する際には、余剰空間131は切り取られるため、構成要素の配置スペースとして考えない。図64では、画像表示装置116の底面118およびスクリーン18の受光面に対して光軸130を平行にして集光光学系主要部を空間Sに配置している。

40

【0396】

この理由の一つは、図66に示すように、水平面上の光軸130を有する照明光源系123が傾いて、光軸130Aの照明光源系123Aになった場合に、光軸130と光軸130Aとのなす角が規定値（例えば15°）を超えると、照明光源系123を構成する発光体11（ショートアーク放電ランプ）の内部温度分布が規定状態から外れて、照明光源系123の寿命が短くなってしまふからである。光軸130を中心とした回転運動に対しては照明光源系123は問題を生じない。

【0397】

さらにもう一つの理由は、図67に示すように、画像表示装置116は底面118を水

50

平にした利用形態（図 6 7 (a)）だけに限らず、例えば壁掛け用の画像表示装置として用いられる場合に、水平面から底面 1 1 8 を若干傾斜させた利用形態（図 6 7 (b)）や、天地を逆転して水平面から底面 1 1 8 を若干傾斜させた利用形態（図 6 7 (c)）なども想定されるからである。

【 0 3 9 8 】

以上の 2 つの理由に加えて、画像表示装置 1 1 6 の薄型化（軸方向のサイズ最小化）や、スクリーン下部 1 1 7 の高さの抑制（スクリーン下部 1 1 7 の軸方向の最小化）を満たすために、図 6 4 の配置構成を採用している。このようにすることで、図 6 7 (b)、(c) のように画像表示装置 1 1 6 を傾斜させた場合でも、照明光源系 1 2 3 にとっては光軸 1 3 0 を中心とした回転運動になるので、照明光源系 1 2 3 の寿命を損なうことなく、画像表示装置 1 1 6 の種々の利用形態に対応できるようになる。このときに、図 6 5 に示すように、凸面鏡 6 0 からスクリーン 1 8 へ向う光（斜線部分）をケラないように、A - A ' 平面よりも B - B ' 平面に近い領域に大きな構成要素を配置する。

10

【 0 3 9 9 】

ところで、実施の形態 7 , 1 0 で述べたように、スクリーン 1 8 に対して平面鏡 2 2 は平行に設置されており、この平面鏡 2 2 に対して適切に配置された光路折曲反射鏡 5 9 , 凸面鏡 6 0 の位置から屈折光学レンズ 5 8 , マイクロミラーデバイス 1 4 の位置が定められている。したがって、空間 S に設置された集光光学系主要部からの光をマイクロミラーデバイス 1 4 へ入射するために第 2 , 3 の光路折曲反射鏡 1 2 7 , 1 2 8 をリレーレンズ 1 2 6 とフィールドレンズ 1 2 9 との間に設けるようにして光を媒介している。凸面鏡 6 0 の出射光をケラないように、第 3 の光路折曲反射鏡 1 2 8 よりも高い位置にある第 2 の光路折曲反射鏡 1 2 7 はできる限り低い位置に設置する。

20

【 0 4 0 0 】

第 2 , 3 の光路折曲反射鏡 1 2 7 , 1 2 8 の配置位置として、リレーレンズ 1 2 6 とフィールドレンズ 1 2 9 との間を選んでいる理由は、他の構成要素の相互位置関係は結像などの光学的条件によって定められてしまうのに対し、リレーレンズ 1 2 6 の焦点距離とフィールドレンズ 1 2 9 の焦点距離を調節することによって、リレーレンズ 1 2 6 からフィールドレンズ 1 2 9 までの光路長を適切に定めることができるからである。

【 0 4 0 1 】

このように、画像表示装置 1 1 6 の底面 1 1 8 およびスクリーン 1 8 に対して光軸 1 3 0 を平行にして集光光学系主要部を空間 S に配置し、第 2 , 3 の光路折曲反射鏡 1 2 7 , 1 2 8 によってリレーレンズ 1 2 6 からフィールドレンズ 1 2 9 へ向う光を媒介するようにして、反射型の光空間変調素子であるマイクロミラーデバイス 1 4 へ空間 S の集光光学系主要部から光を集光することができる。

30

【 0 4 0 2 】

さらに、スクリーン下部 1 1 7 の高さを抑制するために次のようにしても良い。つまり、光軸 1 3 0 が底面 1 1 8 と平行に設置されると、照明光源系 1 2 3 およびカラーホイール 1 2 4 などの径の大きな構成要素によって、スクリーン下部 1 1 7 の高さ（底面 1 1 8 の軸方向の位置）が決定される場合も想定される。そこで、図 6 8 に示すように、照明光源系 1 2 3 B , カラーホイール 1 2 4 B , ロッドインテグレータ 1 2 5 B , リレーレンズ 1 2 6 B からなる集光光学系主要部の光軸 1 3 0 B を傾斜角 θ で傾けるようにする。もちろん、傾斜角 θ は照明光源系 1 2 3 B の規定値以内である。

40

【 0 4 0 3 】

光軸 1 3 0 B は、スクリーン 1 8 の受光面に平行で、かつ、リレーレンズ 1 2 6 B と光軸 1 3 0 B との交点よりも照明光源系 1 2 3 B と光軸 1 3 0 B の交点が軸方向（鉛直方向）において高くなるように傾斜させることである。この場合に、傾斜角 θ を規定値以内に収めるとともに、照明光源系 1 2 3 B やカラーホイール 1 2 4 B によって光線 1 1 9 , 1 2 0 をケラないように留意する。光軸 1 3 0 B の傾斜にともなって、第 2 の光路折曲反射鏡 1 2 7 B の軸方向における位置が低くなり、照明光源系 1 2 3 B , カラーホイール 1 2 4 B の軸方向の位置が高くなる。そして、スクリーン下部 1 1 7 の高さは、最も低

50

い位置にある第3の光路折曲反射鏡128で決まるようになる。

【0404】

さらに、上の状態において、集光光学系の下部に配置されて各構成要素を保持するとともにその設置位置調整を行う調整台132に第3の光路折曲反射鏡128を収納する収納孔133を設けるようにしても良い(図69)。このことによって、スクリーン下部117の高さをより抑制することが可能となる。

【0405】

以上の説明では、第2,3の光路折曲反射鏡127,128を平面鏡として扱ってきたが、この実施の形態17はこれに限定されるものではなく、2枚もしくは1枚の曲面鏡を用いるようにしてもよい。第2,3の光路折曲反射鏡127,128の少なくとも一方を曲面鏡とし、その曲面形状の反射面(光学面)を工夫することによって、光線の制御に自由度を与えることができるようになる。

【0406】

また、実施の形態7,10の光路折曲反射鏡59と同様に、第2,3の光路折曲反射鏡127,128の少なくとも一方を平面または曲面形状の屈折面(光学面)を有するプリズムにしても良い。

【0407】

このようにすることで、マイクロミラーデバイス14への照明効率、マイクロミラーデバイス14へのロッドインテグレート125出射面の結像条件、屈折光学レンズ58の入射瞳へのリレーレンズ126系のフーリエ変換面の結像条件、マイクロミラーデバイス14の照明光の照度分布均一化など、種々の光学性能の改善を図ることが可能となる。

【0408】

以上のように、この実施の形態17によれば、スクリーン18に表示される4角形の画像の底辺上に存在して画像の中心から最も離れた点Rと、平面鏡22から点Rへ向う光線120の平面鏡22上の反射点Qと、凸面鏡60から反射点Qへ向う光線119の凸面鏡60上の反射点Pと、水平な底面118の法線方向から底面118へ点P,Q,Rをそれぞれ投影した点P',Q',R'とを線分で各々結ぶことによってできる空間Sに集光光学系主要部(図64の例では、照明光源系123からリレーレンズ126まで)を配置するようにしたので、平面鏡22とスクリーン18とによって定められた画像表示装置の薄さの範囲で、スクリーン下部117の高さを抑制することができるという効果が得られる。

【0409】

また、この実施の形態17によれば、照明光源系123からリレーレンズ126までの集光光学系主要部からの光を反射する第2の光路折曲反射鏡127と、第2の光路折曲反射鏡127からの反射光をフィールドレンズ129を介してマイクロミラーデバイス14へ入射する第3の光路折曲反射鏡128とを備えるようにしたので、反射型の光空間変調素子であるマイクロミラーデバイス14に対して空間Sに配置した集光光学系主要部によって光を集光することができるという効果が得られる。

【0410】

さらに、この実施の形態17によれば、集光光学系主要部の光軸130をスクリーン18および底面118に平行に設置するようにしたので、照明光源系123の寿命を短くすることなく、スクリーン下部117の高さを抑制して種々の利用形態に対応できる画像表示装置116を構成することができるという効果が得られる。

【0411】

さらに、この実施の形態17によれば、集光光学系主要部の光軸130Bをスクリーン18に平行にするとともに、照明光源系123Bの発光体11Bの軸方向の位置がリレーレンズ126Bの軸方向の位置よりも高くなるように光軸130Bを照明光源系123Bの傾斜角の規定値以内で傾斜するようにしたので、照明光源系123Bの寿命を短くすることなく、スクリーン下部117の高さを抑制して種々の利用形態に対応できる画像表示装置116を構成することができるという効果が得られる。

【 0 4 1 2 】

さらに、この実施の形態 17 によれば、集光光学系を設置する調整台 132 を備えるとともに、第 3 の光路折曲反射鏡 128 を収納する収納孔 133 を調整台 132 に設けるようにしたので、スクリーン下部 117 の高さをさらに抑制した画像表示装置を構成することができるという効果が得られる。

【 0 4 1 3 】

さらに、この実施の形態 17 によれば、第 2 の光路折曲反射鏡 127 , 第 3 の光路折曲反射鏡 128 の少なくとも一方を曲面鏡としたので、その曲面形状を工夫することによって光線の制御に自由度を与えることができるようになり、種々の光学性能の改善を図ることができるという効果が得られる。

10

【 0 4 1 4 】

なお、図 63 (a) の画像表示装置 116 は半分に切断されているので、1 台の画像表示装置 116 には互に対称形をなす 2 つの空間 S が存在し、集光光学系を一方の空間 S に配置するとともに、電源などの他の構成要素を他方の空間 S に配置するようにしても良い。

【 0 4 1 5 】

また、液晶などの透過型の光空間変調素子をこの画像表示装置に適用する場合には、第 2 , 3 の光路折曲反射鏡 127 , 128 を用いることなく、光軸 130 を共有化した照明光源系 123 からフィールドレンズ 129 までの集光光学系を空間 S に配置し、図 64 や図 68 に準じて - 面に光軸 130 をほぼ平行にし、透過型の光空間変調素子へ直接光を入射するようにすれば良い。

20

【 0 4 1 6 】

さらに、第 3 の光路折曲反射鏡 128 からマイクロミラーデバイス 14 までの光と、マイクロミラーデバイス 14 から屈折光学レンズ 58 までの光とを媒介する公知の T I R プリズム (全反射プリズム) を設けるようにすることで、屈折光学レンズ 58 の入射瞳位置が見かけ上無限点にあるテレセントリック投影光学系にもこの実施の形態 17 を適用することができる。

【 0 4 1 7 】

実施の形態 18 .

実施の形態 4 では、プラスチック合成樹脂によって射出成形加工した屈折光学レンズについて述べたが、プラスチック合成樹脂で各実施の形態の凸面鏡 (投影光学手段、反射部) を製造するようにしても良く、屈折光学レンズの場合と同様に、非球面などのその形状を容易に成形できるとともに、低コストで大量生産できるという効果が得られる。

30

【 0 4 1 8 】

さて、画像表示装置に適用する凸面鏡を合成樹脂で作る際には、画像表示装置の使用環境下における温度変化対策が一つのポイントになる。温度変化に起因する熱膨張・熱収縮によって、凸面鏡の非球面形状が変形したり、光軸ズレが生じたりすると、画像表示装置の光学性能が劣化してしまうからである。以下、この実施の形態 18 では、温度変化対策を施した凸面鏡について述べる。

【 0 4 1 9 】

図 70 はこの発明の実施の形態 18 による画像表示装置に適用する凸面鏡の構成を示す図であり、図 70 (a) , (b) はそれぞれ正面図、側面図である。

40

図 70 において、134 は合成樹脂製の凸面鏡 (投影光学手段、反射部) であり、各実施の形態で示したものである。135 は凸面鏡 134 の光軸である。凸面鏡 134 は、光軸 135 を中心として回転対称な非球面形状の凸面鏡 1340 からスクリーンへ光 (光画像信号) を投影しない非反射部分を切り取った形状を成形しており (図 70 (a) , 実施の形態 10 参照) 、フロント面 134 F からリア面 134 R までを等厚 (図 70 (b) , 実施の形態 15 参照) にしている。

【 0 4 2 0 】

そして非反射部分を切り取る際に、ネジ孔 136 H , 137 H , 138 H をそれぞれ有

50

する第1のネジ留部136, 第2のネジ留部137, 第3のネジ留部138を凸面鏡134に設けるようにしており、第1~3のネジ留部136~138の3点を以下に説明するようにネジ留して、画像表示装置に凸面鏡134を保持するようにしている。なお、凸面鏡134の反射面の歪を最小に抑える上で、ネジ留部136~138とそのネジ孔136H~138Hは、凸面鏡134と同時に成形することが望ましい。

【0421】

第1のネジ留部136は、光軸135の近傍に設けられている。つまり、光軸135の方向から見た正面図(図70(a))で長方形に見える凸面鏡134において、フロント面134Fと光軸135との凸面鏡頂点135P(図70(a)の×印)に最も近い下辺上であって、光軸135からネジ孔136Hの中心までの偏芯距離がこの下辺上で最短になるように、第1のネジ留部136を位置させている。偏芯距離の許容範囲については後で言及する。

10

【0422】

そして、第1のネジ留部136は、画像表示装置に固定された凸面鏡取付機構(第1の反射部取付機構)140, テーパーネジ139, ワッシャ139Wおよびナット139Nによって凸面鏡134の光軸135に垂直な面内位置が凸面鏡取付機構140の取付面に対してピボット(英語でpivot, 旋回軸)固定される。ピボット固定することによって、ネジ孔136Hへのテーパーネジ139の挿入方向を軸とした回転運動を除いて、凸面鏡134の自由度を全て固定している。

【0423】

20

このピボット固定のために、凸面鏡取付機構140および第1のネジ留部136のネジ孔136Hまでは、テーパーネジ139のテーパー部分に合わせて孔の形状(テーパー形状)を決めており、テーパーネジ139は、凸面鏡取付機構140を通過してからネジ孔136Hを通過し、例えばワッシャ139W, ナット139Nを用いて締め付けられる。凸面鏡取付機構140および第1のネジ留部136のネジ孔136Hまでをテーパー形状にすることによって、ピボット固定を確実に行うことができる。ネジ留が完了すると、テーパーネジ139のテーパー部分は凸面鏡取付機構140の内部に留まり、凸面鏡取付機構140から飛び出た部分はワッシャ139W, ナット139Nで固定される。

【0424】

このような第1のネジ留部136に対して、第2のネジ留部137, 第3のネジ留部138は、図70(a)の凸面鏡134正面図の左辺・右辺にそれぞれ設けられており、第2のネジ留部137の中心点、第3のネジ留部138の中心点および凸面鏡頂点135Pを線分で結んでなる2等辺三角形の面積ができるだけ大きくなるようにしている。

30

【0425】

これらの第2のネジ留部137, 第3のネジ留部138は、画像表示装置の凸面鏡取付機構(それぞれ第2の反射部取付機構、第3の反射部取付機構)142の取付面に対して直ネジ141を用いてそれぞれスライド保持される。スライド保持とは、凸面鏡134が熱膨張・熱収縮すると、第2のネジ留部137, 第3のネジ留部138が凸面鏡取付機構142の取付面に沿ってそれぞれズレるようにすることである。

【0426】

40

このスライド保持のために、第2のネジ留部137のネジ孔137H, 第3のネジ留部138のネジ孔138Hは、いずれも直ネジ141のネジ径よりも大きな孔径にしており、また凸面鏡取付機構142の取付面は面積を大きくしてスライド方向の傾斜を持っており、第2のネジ留部137, 第3のネジ留部138と接触保持される。直ネジ141は、凸面鏡取付機構142を通過してからネジ孔137H(138H)を通過し、例えばワッシャ141Wやナット141Nを用いて、凸面鏡134が熱膨張・熱収縮した場合に凸面鏡取付機構142の取付面に沿ってスライドする程度の強度でゆるやかに締め付けられる。また、上記のスライドを滑らかに起こすように、凸面鏡取付機構142の取付面とネジ留部137(136)の間には潤滑剤からなる潤滑層が必要に応じて設けられる。

【0427】

50

以上説明してきたように、第1～第3のネジ留部136～138によって、凸面鏡134を画像表示装置に3点留で保持し、凸面鏡134の温度変化対策を図っている点がこの実施の形態18の特徴である。温度変化に対する凸面鏡134の動作について次に説明する。

【0428】

図71は常温下の凸面鏡134が温度変化によって熱膨張する様子を示す図である。図70と同一符号は同一の構成要素である。図71では、常温下の凸面鏡134と、常温から温度上昇して熱膨張した凸面鏡134'とを重ねて図示している。記号「'」（ダッシュ）」のない符号は常温の凸面鏡134の構成要素、記号「'」（ダッシュ）」を付した符号は熱膨張の凸面鏡134の構成要素をそれぞれ示している。

10

【0429】

図71(a)において、第1のネジ留部136は光軸135に対する面内位置がピボット固定されているので応力変形の不動点となり、熱膨張による形状変化の応力は凸面鏡134の他の部分へかかるようになる。このとき、第1のネジ留部136が所定の偏芯距離で光軸135近傍に設けられているので、光軸135のズレを最小限に抑えることができる。

【0430】

そして、温度変化によって熱膨張に転じた際に発生する応力は、スライド保持された第2のネジ留部137、第3のネジ留部138のズレに変換されるようになる。図71(b)は常温下の第3のネジ留部138(破線)と最大熱膨張時の第3のネジ留部138'(実線)とを拡大した図である。

20

【0431】

前述したように、直ネジ141のネジ径と比較して、第3のネジ留部138のネジ孔138H(137H)はその孔径が大きく作られているので、第3のネジ留部138は凸面鏡取付機構142の取付面に沿ってスライドし、凸面鏡134のフロント面134Fは常温下と熱膨張後とでその形状を保って相似的に変化するようになり、温度変化に対する画像表示装置の光学性能の劣化を抑制することができる。もちろん、熱収縮が発生しても同様に考えられる。

【0432】

図71(c)から分かるように、ネジ孔138Hの孔径と、直ネジ141のネジ径との相対的大きさは、画像表示装置の温度仕様をもとにして、最大膨張時のネジ孔138H'および最小収縮時のネジ孔138H''のシフト位置関係(ズレ量)から決定すれば良い。ネジ孔137Hと直ネジ141のネジ径との相対的大きさも同様に決定できる。

30

【0433】

なお、第1のネジ留部136の凸面鏡頂点135Pからの偏芯距離は、例えば次のようにして定めることができる。図72は偏芯距離EXCの第1のネジ留部136を中心として凸面鏡134が回転運動した際の凸面鏡頂点135Pのズレ()を説明するための図である。図70と同一符号は同一構成要素である。

【0434】

第1のネジ留部136によって凸面鏡134がピボット固定されているので、凸面鏡134の凸面鏡頂点135Pの位置もまた第1のネジ留部136によって決まる。したがって、画像表示装置の組立工程において、第1のネジ留部136をピボット固定する際に凸面鏡頂点135Pのズレ()が発生するようになる。

40

【0435】

つまり、図72(a)に示すように、凸面鏡頂点135Pから偏芯距離EXCだけ偏芯したネジ孔136Hを中心として、凸面鏡134が角度 θ だけ回転したときの鉛直方向における凸面鏡頂点135Pのズレ()が組立誤差によって生じることになる。このことから考えると、凸面鏡134の大きさや組立工程における回転誤差 θ の調整可能範囲からズレ()が許容範囲に収まるように、第1のネジ留部136の偏芯距離EXCを決定してやれば良い。

50

【0436】

いま、図72(a)において、光軸135のズレ()は、() = $E \times C \cdot [1 - \cos(\cdot / 180)]$ と求めることができる。この式をもとにして、例えば偏芯距離 $E \times C = 20 \text{ mm}$ としたときの回転誤差とズレ()との関係を図72(b)に示している。横軸、縦軸はそれぞれ回転誤差、ズレ()である。

【0437】

例として、回転誤差の調整可能範囲を 2 deg. 、ズレ()の最大許容値を 0.1 mm とすると、図72(b)の曲線から $= 2 \text{ deg.}$ に対して() $< 0.02 \text{ mm}$ なので、第1のネジ留部136を偏芯距離 $E \times C = 20 \text{ mm}$ として製造した凸面鏡134は、5倍以上の十分な組立マーヅンを持っていることが分かる。

10

【0438】

なお、偏芯距離 $E \times C = 0 \text{ mm}$ 、つまりネジ孔136Hの中心を凸面鏡頂点135Pと一致させるようにしても良い。当然この場合には、上記の凸面鏡頂点135Pのズレ()が発生しないため、凸面鏡134をより理想的な状態で保持することができる。

【0439】

また、図70では、凸面鏡取付機構140、142よりも第1~3のネジ留部136~138がリア面134R側になるようネジ留を行ったが、この理由は、高精度に成形されたフロント面134Fの形状ならびに位置が凸面鏡取付機構140、142によって維持され、温度変化によって発生する凸面鏡134の応力がリア面134Rの形状変化になるようにするためである。このことにより、フロント面134Fの形状変化を抑制することができる。

20

【0440】

以上、温度変化対策を施した凸面鏡134について説明してきたが、その形状は図70に示したものに限定されるわけではなく、例えば図73に示すような凸面鏡134も考えることができる。

図73は温度変化対策を施した凸面鏡134の構成バリエーションを示す図であり、いずれも正面図である。図70と同一符号は同一または相当する構成である。

【0441】

図73(a)では、第1のネジ留部136に代わって凹部144を形成し、円柱支持体145の曲面を凹部144に嵌るようにしている。この際に、円柱支持体145に凹部144を押し付ける必要があるので、鉛直下方へ凸面鏡134を引くスプリング143を凹部144の左右に設けている。

30

【0442】

図73(b)では、第1のネジ留部136に代わって凸部146を形成し、V溝支持体147のV溝部分に凸部146を嵌るようにしている。図70(a)と同様に、V溝支持体147に凸部146を押し付ける必要があるので、鉛直下方へ凸面鏡134を引く2つのスプリング143を凸部146の左右に設けている。この場合、円弧状の凸部146の中心に凸面鏡頂点135Pが位置するようにすれば、図72で説明した偏芯距離が0になり、凸面鏡134をより理想的な状態で保持することができる。

【0443】

また、図73(c)に示すように、第1のネジ留部136が設けられた一辺と向い合う上辺に第2のネジ留部137、第3のネジ留部138を設けるようにしても良く、図70の場合と同様の効果が得られる。

40

【0444】

さらに、画像表示装置の天地を逆転させて用いる場合(実施の形態17参照)も想定されるため、このときには図74の正面図に示すように、天地逆転した凸面鏡134において、第1のネジ留部136の左右のスプリング留部146A、146Bに2つのスプリング143の一端をそれぞれ固定し、スプリング143の他端をいずれも1点Psに固定して、凸面鏡134をスプリング143で引っ張るようにしても良い。

【0445】

50

このとき、スプリング 1 4 3 の 1 点固定の位置は第 1 のネジ留部 1 3 6 よりも高くなり、凸面鏡 1 3 4 に対するスプリング 1 4 3 の引っ張り力が左右でバランス良くなるようにする。このようにすることで、第 1 のネジ留部 1 3 6 に集中する応力をスプリング 1 4 3 へ分散することができるようになり、第 1 のネジ留部 1 3 6 の信頼性を向上することができる。

【 0 4 4 6 】

以上のように、この実施の形態 1 8 によれば、プラスチック合成樹脂で凸面鏡を製造するようにしたので、その形状を容易に成形できるとともに、低コストで大量生産できるという効果が得られる。

【 0 4 4 7 】

また、この実施の形態 1 8 によれば、凸面鏡 1 3 4 の正面下辺に所定の偏芯距離 E X C で凸面鏡頂点 1 3 5 P 近傍に設けられてピボット固定される第 1 のネジ留部 1 3 6 と、凸面鏡 1 3 4 の正面左辺にスライド保持される第 2 のネジ留部 1 3 7 と、凸面鏡 1 3 4 の正面右辺にスライド保持される第 3 のネジ留部 1 3 8 とを凸面鏡 1 3 4 に設けるようにしたので、温度変化に起因する熱膨張・熱収縮によって、凸面鏡 1 3 4 の形状の変形や凸面鏡頂点 1 3 5 P のズレを抑制し、画像表示装置の光学性能の劣化を防ぐことができるという効果が得られる。

【 0 4 4 8 】

さらに、この実施の形態 1 8 によれば、凸面鏡取付機構 1 4 0 および第 1 のネジ留部 1 3 6 は、テーパネジ 1 3 9 によってネジ留されるとともに、テーパネジ 1 3 9 のテーパ部分と合致するテーパ形状の孔を有するようにしたので、確実にピボット固定を行うことができるという効果が得られる。

【 0 4 4 9 】

さらに、この実施の形態 1 8 によれば、凸面鏡 1 3 4 の正面下辺に所定の偏芯距離 E X C で凸面鏡頂点 1 3 5 P 近傍に設けられた凹部 1 4 4 と、その曲面を凹部 1 4 4 に嵌る円柱支持体 1 4 5 と、凹部 1 4 4 の左右にその一端がそれぞれ固定されて引っ張り力を持った 2 つのスプリング 1 4 3 と、スライド保持される第 2 のネジ留部 1 3 7 と、スライド保持される第 3 のネジ留部 1 3 8 とを凸面鏡 1 3 4 に設けるようにしたので、温度変化に起因する熱膨張・熱収縮によって、凸面鏡 1 3 4 の形状の変形や光軸 1 3 5 のズレを抑制し、画像表示装置の光学性能の劣化を防ぐことができるという効果が得られる。

【 0 4 5 0 】

さらに、この実施の形態 1 8 によれば、凸面鏡 1 3 4 の正面下辺に凸面鏡頂点 1 3 5 P 近傍に設けられた円弧状の凸部 1 4 6 と、凸部 1 4 6 をその V 溝に嵌る V 溝支持体 1 4 7 と、凸部 1 4 6 の左右にその一端がそれぞれ固定されて引っ張り力を持った 2 つのスプリング 1 4 3 と、スライド保持される第 2 のネジ留部 1 3 7 と、スライド保持される第 3 のネジ留部 1 3 8 とを凸面鏡 1 3 4 に設けるようにしたので、温度変化に起因する熱膨張・熱収縮によって、凸面鏡 1 3 4 の形状の変形や光軸 1 3 5 のズレを抑制し、画像表示装置の光学性能の劣化を防ぐことができるという効果が得られる。

【 0 4 5 1 】

さらに、この実施の形態 1 8 によれば、第 1 のネジ留部 1 3 6 の左右にその一端がそれぞれ固定されるとともに、他端は共通の一点で固定されて引っ張り力を持った 2 つのスプリング 1 4 3 を備えるようにしたので、画像表示装置を天地逆転して利用する際に第 1 のネジ留部 1 3 6 に集中する応力をスプリング 1 4 3 へ分散することができるようになり、第 1 のネジ留部 1 3 6 の信頼性を向上することができる。

【 0 4 5 2 】

さらに、この実施の形態 1 8 によれば、凸面鏡取付機構 1 4 0 , 1 4 2 に対して、ネジ留部 1 3 6 , 1 3 7 , 1 3 8 のうち、凸面鏡 1 3 4 の反射面であるフロント面 1 3 4 F 側を接触保持するようにしたので、凸面鏡 1 3 4 の反射面を精度良く配置することができるという効果が得られる。

【 0 4 5 3 】

10

20

30

40

50

なお、以上の説明では、凸面鏡 134 を光軸 135 周りに回転対称な形状としていたが、この実施の形態 18 は、非回転対称な合成樹脂製の構成要素に適用することも可能である。

【0454】

また、第 2 のネジ留部 137、第 3 のネジ留部 138 は各 1 個に限定されるわけではなく、各 2 個以上設けるようにしても良い。

【0455】

実施の形態 19 .

実施の形態 18 に続いて、この実施の形態 19 も温度変化対策を施した画像表示装置について説明する。

図 75 はこの発明の実施の形態 19 による画像表示装置の構成を示す図であり、照明光源系や凸面鏡以降の構成については図示を省略している。

【0456】

図 75 において、148 はマイクロミラーデバイス（送信手段、画像情報付与部）、149 は各実施の形態の屈折光学レンズ、150 は屈折光学レンズ 149 の光軸、151 はマイクロミラーデバイス 148 や屈折光学レンズ 149 などの光学系を設置する光学ベース（保持機構）である。光学ベース 151 は、図 43 に示した保持機構 74（実施の形態 10 参照）に相当し、屈折光学レンズ 149 や不図示の光路折曲反射鏡・凸面鏡を一体化して保持するとともに、ここではマイクロミラーデバイス 148 も保持している。

【0457】

152、153 は光学ベース 151 に固定されて屈折光学レンズ 149 をスライド支持する 2 本のスライド支持柱である。屈折光学レンズ 149 はスライド支持柱 152、153 上を光軸 150 の方向へスライドできるようになっている。

【0458】

154 は光学ベース 151 上に固定された取付板、155 は屈折光学レンズ 149 下部に固定された取付板、156 は不図示の電源から印加される直流の制御電圧によって光軸 150 方向の長さが変化する圧電素子である。取付板 154、155 は、いずれもスライド支持柱 152 とスライド支持柱 153 との間であって、互いに対向する面で圧電素子 156 をちょうど挟むようにして、圧電素子 156 とそれぞれ接触保持している。

【0459】

マイクロミラーデバイス 148 から出射した光（光画像信号）は、屈折光学レンズ 149 を介して、各実施の形態で示したように、不図示の凸面鏡、平面鏡、スクリーンへと順次進んでいく。このとき、スクリーンに表示される画像のピントを例えば常温下で初期調整した場合、画像表示装置の使用環境の温度変化によって、画像のピントが狂ってしまうことが起こる。

【0460】

このピントの狂いは、屈折光学レンズ 149 内の各レンズ群および各レンズの間隔、さらに光学ベース 151 や光学ベース 151 上の各光学系構成要素の温度分布・線膨張率の差異によって生じるものであり、光軸 150 方向における熱膨張・熱収縮の度合いが各々異なって光学系各構成要素の相対的な位置関係がズレてしまうことに起因する。特に問題となるのは、マイクロミラーデバイス 148 から屈折光学レンズ 149 までの光軸 150 方向の長さ L_0 の変化であり、ピントの狂いに対して大きな影響を与えることが数値解析などの結果から分かっている。これは、レンズそのものの温度変化によりピントが最適となる L_0 の値が変化し、最適値 L_0 が $L_0 A$ になることと、物理的に温度変化により L_0 の値そのものが変化して物理距離 L_0 が $L_0 B$ になるという、2 つの要因が存在する。ここで、温度が変化しても $L_0 A = L_0 B$ の関係が保存されれば、ピントに狂いは生じない。しかし $L_0 A \neq L_0 B$ の場合はピントの狂いを生じる。

【0461】

この長さ $L_0 B - L_0 A$ の変化を補償するために、図 75 では制御電圧によって光軸 150 方向の長さが調整できる圧電素子 156 を設けるようにしている。つまり、圧電素子

10

20

30

40

50

156に対して制御電圧の初期オフセットを印加した状態で最初のピント調整を行っておく。そして、画像表示装置に対する使用環境の温度変化に応じて圧電素子156へ印加する制御電圧を増減する。

【0462】

こうして、圧電素子156の光軸150方向の長さを変化させ、圧電素子156に接触保持された取付板154, 155間の距離を変化させると、スライド支持柱152, 153の上で屈折光学レンズ149が光軸150に沿ってスライドするようになる。

【0463】

例えば、温度変化によって長さL0B - L0Aが初期調整状態より長くなった場合には、制御電圧を減じて圧電素子156の長さを減少させる。これにより、屈折光学レンズ149はスライド支持柱152, 153上をスライドし、マイクロミラーデバイス148へ光軸150方向に沿って接近するので、温度変化の影響を受けた長さL0を初期調整状態へ戻すことができる。

【0464】

逆に、長さL0B - L0Aが短くなった場合には、制御電圧を増やして圧電素子156の長さを増加させる。これにより、屈折光学レンズ149はスライド支持柱152, 153上をスライドし、マイクロミラーデバイス148から光軸150方向に沿って離れ、温度変化の影響を受けた長さL0を初期調整状態へ戻すことができる。

【0465】

このように、図75の構成では、ピントの狂いに対して大きな影響を与える長さL0の変化を圧電素子156への制御電圧を調整することによって補償できるようになっており、温度変化に起因するピントの狂いを調整できる。

【0466】

また、ピントの狂いに対する温度変化対策には、図76に示すような構成も考えられる。図76はこの発明の実施の形態19による画像表示装置の構成を示す図である。図75と同一符号は同一構成要素であり、照明光源系や凸面鏡以降の構成については図示を省略している。

【0467】

図76において、157は光学ベース151上に固定されたギア支持柱であり、モータなどを含んだギア機構157Gによって精密に且つ光軸150方向へのガタを少なく屈折光学レンズ149を光軸150方向へ移動させるものである。158, 159は温度センサであり、温度センサ158は屈折光学レンズ149の鏡筒温度T1を、温度センサ159は光学ベース151の温度T2をそれぞれセンシングする。

【0468】

また、160は光学ベース151を加熱・冷却する加熱冷却器であり、ペルチェ素子がこの代表例である。161はCPUなどのコントロールユニットであり、温度T1, T2にしたがってギア機構157Gや加熱冷却器160をフィードバック制御する。

【0469】

図75では圧電素子156によって長さL0B - L0Aを調整していたが、図76ではギア機構157Gによって屈折光学レンズ149を光軸150の方向へ移動させ、長さL0B - L0Aの調整を図っている。このようにしても、図75の場合と同様の効果が得られる。

【0470】

また、図76で特徴的な点は、温度センサ158, 159によって屈折光学レンズ149, 光学ベース151の温度T1, T2をそれぞれリアルタイムでセンシングし、これらの温度T1, T2にしたがってコントロールユニット161がギア機構157G, 加熱冷却器160をフィードバック制御している点である。

【0471】

いま、屈折光学レンズ149の鏡筒の線膨張率、光学ベース151の線膨張率をそれぞれ1, 2とし、その光入射端からギア支持柱157の位置までの光軸150方向にお

10

20

30

40

50

ける屈折光学レンズ149の長さを L_1 ($L_0 + L_1 = L_2$)、ピント初期調整時における屈折光学レンズ149、光学ベース151の各温度をともに T_0 とする。

【0472】

そして、画像表示装置が使用環境下に置かれてその内部に温度勾配が発生し、長さ L_0 が $L_0 B = L_0 + \Delta L_0$ に変化したときに、温度センサ158、159が屈折光学レンズ149、光学ベース151の温度を T_1 、 T_2 ($T_1 < T_2$)とそれぞれセンシングされたものとする。このとき変化分 $\Delta L_0 B$ は、 $\Delta L_0 B = L_2 \cdot \alpha_2 \cdot (T_2 - T_0) - L_1 \cdot \alpha_1 \cdot (T_1 - T_0)$ と求めることができる。また、あらかじめレンズ鏡筒温度 T_1 に対するピントが最適となる L_0 の値の変化量 $\Delta L_0 B$ をコントロールユニット161に記憶させておく。

10

【0473】

この長さ L_0 の物理的な変化分 $\Delta L_0 B$ をコントロールユニット161が算出し、コントロールユニット161がギア機構157Gを調整して光学的ピント移動量 $L_0 B - L_0 A$ をゼロにするように L_0 の長さを補償する。このようにすることで、光学的ピント移動量 $L_0 B - L_0 A$ (ピント補償量)を打ち消すように、屈折光学レンズ149はギア機構157Gによって光軸150の方向へ移動するようになり、使用環境下の温度変化に依存することなく、不図示のスクリーンに表示された画像のピントを維持することができる。もちろん、圧電素子156と同様に、ギア機構157Gは制御電圧で動作させても良い。

【0474】

20

また、コントロールユニット161は、温度センサ158、159から温度 T_1 、 T_2 が与えられると、ギア機構157Gを調整して L_0 の長さを調整する代わりに意図的に加熱冷却器160によって光学ベース151を加熱・冷却し、光学ベース151の熱膨張・熱収縮を利用して L_2 の長さを制御しても良い。このようにすることで、ピントの狂いを誘発した温度勾配を抑制することができるようになり、使用環境下の温度変化に依存することなく、不図示のスクリーンに表示された画像のピントを維持することができる。

【0475】

なお、温度センサ158、159、コントロールユニット161およびギア機構157Gによる温度変化対策と、温度センサ158、159、コントロールユニット161および加熱冷却器160による温度変化対策とは、どちらか一方だけを行っても良いし併用しても良い。

30

【0476】

また、温度センサ158、159の数量は特に限定されるわけではなく、同様に加熱冷却器160の数量も限定されず、温度センサ158、159および加熱冷却器160の位置も限定されない。

【0477】

さらに、画像表示装置の性能上、特に問題が生じない範囲であれば、屈折光学レンズ149を過熱冷却器160によって加熱・冷却することも考えられる。

【0478】

さらに、図76の温度センサ158、159、コントロールユニット161を図75の圧電素子156に適用しても良い。

40

【0479】

さらに、温度センサ158、159でセンシングされた温度 T_1 、 T_2 が画像のピントを必ずしも反映しているとは限らないので、コントロールユニット161に学習機能を設けて、この学習機能によって温度変化対策を図っても良い。

【0480】

つまり、ある環境温度 T_3 下で画像表示装置のピント初期調整を調整者が行い、このときの長さ $[L_0]_{T_3}$ をコントロールユニット161に記憶させる。続いて同様に、環境温度 T_4 ($T_4 < T_3$)下でもピント初期調整を行い、このときの長さ $[L_0]_{T_4}$ もコントロールユニット161に記憶させる。

50

【0481】

これによって、コントロールユニット161は、 $(T_3, [L_0]_{T_3})$ 、 $(T_4, [L_0]_{T_4})$ の2つのピント調整点から、この2点を直線補間して補間関係式を導出する。そしてコントロールユニット161は、実環境下に置かれた画像表示装置の任意の環境温度 T_x を温度センサでセンシングし、環境温度 T_x に対する最適な長さ $[L_0]_{T_x}$ を補間関係式から求めて、圧電素子156やギア機構157Gで長さ L_0 (ピント補償量)を補償する。

また、学習回数を3回以上の n 回(ピント調整点を3つ以上)とし、それぞれの温度に対応した最適な長さの n 個の値と温度の関係から補間関係式を導入すれば、より正確なピント補償が可能になる。

10

【0482】

この学習制御方式の場合、環境温度とピントとの関係を調整者の目で一対一に対応付けし、この結果をコントロールユニット161に学習させているので、より正確なピント調整を行うことができる。なお、この場合の温度センサは、環境温度をセンシングできるように画像表示装置に設けられる。

【0483】

さらに、上記の学習制御方式と同様の理由により、ピントの狂いを必ずしも反映しない温度 T_1 、 T_2 ではなく、画像表示装置に表示される画像のピントを直接検出して、フィードバック制御するようにしても良い。

【0484】

図77はこの発明の実施の形態19による画像表示装置の構成を示す図である。図75、76と同一符号は同一または相当する構成要素である。

20

図77において、162は各実施の形態の凸面鏡(投影光学手段、反射部)、163は平面鏡(実施の形態1)、164はスクリーン(表示手段)である。スクリーン164上の表示画像はオーバースキャン表示されて画像表示領域165と非画像表示領域166に分割されている。例えば1024×768のXGA規格で画像の上下左右から12ドットずつ削ると、画像表示領域165は1000×744になり、非画像表示領域166は斜線を施した12ドット幅の帯になる。

【0485】

また、167は小型反射鏡、168はCCD素子である。小型反射鏡167は平面鏡163から非画像表示領域166へ投影される光を反射し、CCD素子168は小型反射鏡167で反射された光を受光すると、この光から得られたピント情報をコントロールユニット161へ出力する。

30

【0486】

ここでは、マイクロミラーデバイス148の小ミラーを制御して、例えば1ドット表示画像に相当する光がCCD素子168で常に受光されるようにしている。なお、CCD素子168の受光面とスクリーン164の画像形成面とは、屈折光学レンズ149、凸面鏡162からなる投影光学系に対して等しい光路長の位置に配置される。

【0487】

次に動作について説明する。

40

マイクロミラーデバイス148からの大部分の光は、屈折光学レンズ149、凸面鏡162、平面鏡163、スクリーン164へと順次進み、画像表示領域165に画像を表示する。同様の順番でスクリーン164の非画像表示領域166へ入射する1ドット表示画像の光は、小型反射鏡167で反射してCCD素子168へ入射する。

【0488】

CCD素子168ではCCD素子内の全画素を参照し、画像表示領域165に表示される画像のピント情報を1ドット表示画像の光から得て、コントロールユニット161へ1回目のピント情報として出力する。コントロールユニット161は、1回目のピント情報を解析し、図75や図76の構成を備えた屈折光学レンズ149をフィードバック制御して、画像のピント調整を行う。

50

一般的にピント調整を行なうと、光学的な不均一性によりピントが最も合った画面上の位置が若干移動する場合がある。そのため、ピント調整のたびにCCD素子168内の全画素を参照することで、CCD素子168上でのピント位置のズレを補償することができる。

【0489】

フィードバック制御された屈折光学レンズ149からの大部分の光は、画像表示領域165に画像を表示する。非画像表示領域166へ向う1ドット表示画像の光は、小型反射鏡167、CCD素子168によって2回目のピント情報として検出され、屈折光学レンズ149に対するコントロールユニット161のフィードバック制御に用いられる。以下、3回目以降も同様の動作が繰り返される。

10

このように、非画像表示領域166へ入射する1ドット表示画像の光からピント情報をCCD素子168によって検出しているため、温度などの2次的な情報を用いることなく、ピントの狂いを直接反映したピント調整が可能になる。

【0490】

投影光学系に対してピント調整を行なうと、投影光学系が若干機械的に動く、または歪曲特性が微量変化して、CCD素子168上の1ドット表示画像位置がわずかに動くことがある。また、画像表示装置全体を移動した場合でも、画像表示装置に外部から加わる応力が変化することで投影光学系が機械的に微小量変形して1ドット表示画像位置がわずかに動くことがある。

20

いずれの場合でも、像の移動範囲に対してCCD素子168の大きさを十分に大きくして(画像移動量および測定エリアを満足する大きさにして)、たとえば1ドット表示画像が移動してもCCD素子168からはみ出ることのないようにしておく。このようにすることで、測定毎に1ドット表示画像位置およびその周辺情報を測定すれば、画像の移動(ズレ)が生じて測定結果に影響を与えることなく正確なピント調整を行なうことができるようになる。

【0491】

以上の動作の中で、コントロールユニット161によるピント情報の解析方法についてももう少し述べておく。

図78はコントロールユニット161のピント情報の解析方法を示す図であり、図78(a)~(c)の3通りの方法を図示している。横軸はCCD素子168の受光面の位置座標であり、実際には2次元座標になる。また、縦軸は光の強度を表している。

30

【0492】

図78(a)~(c)において、 C_m 、 C_{m+1} はそれぞれm回目、 $m+1$ 回目($m=1, 2, \dots$)のピント情報であり、光の強度分布特性を示している。具体的には、 C_m 、 C_{m+1} は2次元アレイ状のCCD素子168の各単位受光素子から得られる電気信号であり、CCD素子168上に入射する1ドット表示画像の光の照度分布に比例したプロファイルを有する。

【0493】

また、図78(a)の $Peak_m$ 、 $Peak_{m+1}$ はそれぞれピント情報 C_m 、 C_{m+1} の強度ピーク値、図78(b)の $FWHM_m$ 、 $FWHM_{m+1}$ はそれぞれピント情報 C_m 、 C_{m+1} の半値全幅(Full Width Half Maximum)である。

40

【0494】

さらに、図78(c)の $GRAD_m$ 、 $GRAD_{m+1}$ はそれぞれピント情報 C_m 、 C_{m+1} におけるピーク値から換算される肩部の傾きの大きさであり、例えばピーク値強度の10%、90%が得られるピント情報 C_m 、 C_{m+1} 上の特定点を結ぶ直線の傾きを表している。肩部の傾きとは、ピーク値の θ 、 θ ($0\% < \theta < 100\%$)が得られる2点を結ぶ直線の傾きとする。

【0495】

図78(a)の解析方法にしたがった場合、m回目のピント情報から得られるピーク値 $Peak_m$ よりも $m+1$ 回目のピント情報のピーク値 $Peak_{m+1}$ が大きくなるように

50

、コントロールユニット 161 は屈折光学レンズ 149 をフィードバック制御する。

【0496】

図 78 (b) の場合であれば、 m 回目のピント情報から得られる半値全幅 $FWHM_m$ よりも $m+1$ 回目のピント情報の半値全幅 $FWHM_{m+1}$ が小さくなるように、図 78 (c) の場合であれば、 m 回目のピント情報から得られる肩部の傾き $GRAD_m$ よりも $m+1$ 回目のピント情報の肩部の傾き $GRAD_{m+1}$ が大きくなるように、コントロールユニット 161 は屈折光学レンズ 149 をフィードバック制御する。

なお、ピント情報の半値全幅以外の幅、例えば $1/10$ の強度の幅 $1/e^2$ の強度の幅などのように、ピント情報において所定レベルを与える幅 (所定レベルの幅) を最小化しても良いことはもちろんである。

10

【0497】

図 78 (a) ~ (c) いずれの場合も、CCD 素子 168 で得られるピント情報から、画像表示領域 165 に表示される画像のピント調整を行うことができる。

【0498】

なお、図 77 (a) では小型反射鏡 167, CCD 素子 168 を非画像表示領域 166 に配置したが、図 77 (b) に示すように、画像表示領域 165 ぎりぎりに画像表示装置の筐体 (2点破線で示す) を制限した場合に、小型反射鏡 167 はとりわけ有効な効果を示す。つまり、筐体の制限の下において、画像表示領域 165 に投影される光のケラレを生じることなく小型反射鏡 167, CCD 素子 168 を筐体内部に配置して、ピント情報を検出できる。

20

【0499】

小型反射鏡 167, CCD 素子 168 の配置位置に関しては、以下の条件を満足するように配置する。

【0500】

小型反射鏡 167 をスクリーン 164 から離れた位置に配置する

小型反射鏡 167 と CCD 素子 168 との間隔は、小型反射鏡 167 からスクリーン 164 までの光路長と等しくする

【0501】

もちろん、図 79 のように、非画像表示領域 166 の任意の箇所に CCD 素子 168 だけを配置して、1 ドット相当の光の照度分布を直接検出するようにしても良い。

30

【0502】

また、ピント調整用の表示パターンは、1 ドット表示画像以外にライン状や十字線のような表示画像としても良い。

【0503】

ここで、温度変化対策に関連する数値実施例を一つ記載する。

以上の説明では、屈折光学レンズ 149 全体を移動して、温度変化に対するピント調整を行ってきたが、この実施の形態 19 はこれに限定されるわけではない。この明細書の各箇所で説明しているように、屈折光学レンズ 149 は複数のレンズから構成されているので、ピント調整するために屈折光学レンズ 149 を構成する全レンズ群の一部もしくは凸面鏡 162 を、図 75 ~ 図 78 と同様の手法によって移動させるようにしても良い。凸面鏡 162 を移動させる際には、ギア機構 157G を備えたギア支持柱 157 を凸面鏡の保持に用いて、ギア機構 157G を駆動制御すれば良い。

40

【0504】

例えば、数値実施例 14A で示した画像表示装置の構成 (図 53) を図 80 に再掲する。

屈折光学レンズ 149 を構成する全レンズ群のうちで、図 80 中不図示の凸面鏡に最も近いレンズ 149A と、レンズ 149A に次いで凸面鏡に近いレンズ 149B と、レンズ 149B に次いで凸面鏡に近いレンズ 149C との 3 枚のレンズを光軸 150 の方向へ移動させると、結像性能の劣化を最小限に抑えながら、マイクロミラーデバイス 148 から屈折光学レンズ 149 までの距離 L_0 の変化を補償できることが、数値計算の結果から分

50

かっている。

【0505】

この実施の形態19の最後として、各構成要素の鉛直方向における温度変化対策を述べる。

図81に示すように、光学ベース(保持機構)151上の各構成要素が温度変化によって受ける鉛直方向(光学ベース151の法線方向)のズレについては、例えば屈折光学レンズ149のスライド支持柱152, 153, 凸面鏡161を光学ベース上に固定支持する固定支持柱169において、スライド支持柱152, 153, 固定支持柱169の鉛直方向の高さと線膨張率との積が等しくなるように設計すれば良い。

【0506】

このようにすることで、温度変化による鉛直方向のズレがいずれの構成要素においても一定になり、鉛直方向における光軸150のズレを防ぐことができる。なお、図81では、マイクロミラーデバイス148の支持柱の図示を省略しているが、マイクロミラーデバイス148の支持柱に関しても、鉛直方向の高さと線膨張率との積を他の支持柱と等しくする。

【0507】

以上のように、この実施の形態19によれば、光学ベース151上に設けられ、屈折光学レンズ149の全レンズ群または一部のレンズ群をスライド支持する2本のスライド支持柱152, 153と、光学ベース151上および屈折光学レンズ149の全体またはその一部のレンズ群の下部にそれぞれ固定され、スライド支持柱152, 153の間に位置する取付板154, 155と、取付板154, 155によって挟むように接触保持され、制御電圧の増減によって光軸150の方向へその長さが変化する圧電素子156とを備えるようにしたので、温度変化で発生するピントの狂いを調整できるという効果が得られる。

【0508】

また、この実施の形態19によれば、光学ベース151上に設けられ、ギア機構157Gによって屈折光学レンズ149全体またはその一部のレンズ群をギア機構157Gによって光軸150の方向へ移動するギア支持柱157を備えるようにしたので、温度変化で発生するピントの狂いを調整できるという効果が得られる。

【0509】

さらに、この実施の形態19によれば、光学ベース151または屈折光学レンズ149のうちの少なくとも一方に加熱冷却器160を設けるようにしたので、使用環境下で発生する温度勾配を抑制してピントの狂いを調整できるという効果が得られる。

【0510】

さらに、この実施の形態19によれば、屈折光学レンズ149の鏡筒温度 T_1 をセンシングする温度センサ158と、光学ベース151の内部温度 T_2 をセンシングする温度センサ159と、鏡筒温度 T_1 および内部温度 T_2 から長さ L_0 の最適値または温度差分 T を算出し、圧電素子156, ギア機構157Gまたは加熱冷却器160のうちの少なくとも一つをフィードバック制御するコントロールユニット161とを備えるようにしたので、温度変化で発生するピントの狂いを調整できるという効果が得られる。

【0511】

さらに、この実施の形態19によれば、使用環境下の温度をセンシングする温度センサと、ピント初期調整における環境温度 T_3 の長さ $[L_0]_{T_3}$ と、ピント初期調整における環境温度 T_4 の長さ $[L_0]_{T_4}$ とを線形補間した線形補間式にしたがって使用環境下の温度に適する長さ L_0 を算出し、圧電素子156またはギア機構157Gをフィードバック制御するコントロールユニット161とを備えるようにしたので、環境温度とピントとの関係を一対一に対応付けして、より正確なピント調整を行うことができるという効果が得られる。

【0512】

さらに、この実施の形態19によれば、スクリーン164の非画像表示領域166へ入

10

20

30

40

50

射する光からピント情報を検出するCCD素子168と、CCD素子168から得られたピント情報を解析し、圧電素子156またはギア機構157Gをフィードバック制御するコントロールユニット161とを備えるようにしたので、温度などの二次的な情報を用いることなく、ピントの狂いを直接反映してピント調整できるという効果が得られる。

【0513】

さらに、この実施の形態19によれば、非画像表示領域166へ入射する光をCCD素子168へ反射する小型反射鏡167を備えるようにしたので、画像表示装置領域165ぎりぎりに筐体が制限されている場合でもピント情報を検出できるという効果が得られる。

【0514】

さらに、この実施の形態19によれば、コントロールユニット161は、CCD素子168へ入射する光の強度分布特性プロファイルをピント情報とし、ピント情報のピーク値Peakmをできるだけ大きくするようにフィードバック制御を行うので、ピントの狂いを直接反映してピント調整できるという効果が得られる。

【0515】

さらに、この実施の形態19によれば、コントロールユニット161は、CCD素子168へ入射する光の強度分布特性プロファイルをピント情報とし、ピント情報の半値全幅FWHMmをできるだけ小さくするようにフィードバック制御を行うので、ピントの狂いを直接反映してピント調整できるという効果が得られる。

【0516】

さらに、この実施の形態19によれば、コントロールユニット161は、CCD素子168へ入射する光の強度分布特性プロファイルをピント情報とし、ピント情報の肩部の傾きGRAdmをできるだけ大きくするようにフィードバック制御を行うので、ピントの狂いを直接反映してピント調整できるという効果が得られる。

【0517】

さらに、この実施の形態19によれば、屈折光学レンズ149のスライド支持柱152, 153, 凸面鏡161の固定支持柱169を鉛直方向の高さと線膨張率との積が全て等しくなるようにしたので、鉛直方向における光軸150のズレを防ぐことができるという効果が得られる。

【0518】

なお、以上では、光空間変調素子としてマイクロミラーデバイスで説明を行なったが、透過型または反射型液晶など、他の光空間変調素子を用いても同様の効果が得られる。

【0519】

実施の形態20.

図82はこの発明の実施の形態20による画像表示装置に適用する凸面鏡の構成を示す図である。図82において、170は各実施の形態の凸面鏡(投影光学手段、反射部)で、光軸171を中心として回転対称な凸面鏡1700から非反射部分を切り取った形状を成形したものであり、凸面鏡170のフロント面の光軸171近傍(非投影フロント面)に反射凸部172を持っている。

【0520】

反射凸部172は、実施の形態15で示した凸面鏡104の高反射面104Hおよび低反射面104Lを凸型化したもの、もしくは全面を高反射面としたものであり、凸面鏡170のフロント面よりも突出しており、以下に述べる画像表示装置のアライメント調整方法を行う際に利用するものである。反射凸部172の代わりに、図82(b)に示す反射凹部173を凸面鏡170に設けるようにしても良い。当然、反射凹部173は、実施の形態15で示した凸面鏡104の高反射面104Hおよび低反射面104Lを凹型化したもの、もしくは全面を高反射面としたものである。反射凸部172, 反射凹部173の反射面は平面であり、この平面の法線は光軸171に平行である。

【0521】

図83はこの発明の実施の形態20によるアライメント調整方法のフローチャートを示

10

20

30

40

50

す図である。また、図 8 4 ~ 8 8 は図 8 3 のアライメント調整方法の各ステップにしたがって光学系構成要素が順次配置されていく様子を示す図である。図 8 2 と同一符号は同一構成要素である。

【 0 5 2 2 】

<ステップ S T 1 : 治具スクリーンに対する凸面鏡のアライメント調整>

図 8 4 (a) において、レーザ光源 1 7 4 から出射される平行光束と、治具スクリーン (治具表示手段) 1 7 6 の法線とが平行になるように設置する。レーザ光源 1 7 4 からは、反射凸部 1 7 2 よりも大きな断面積の平行光束が出射しており、ビームスプリッタ 1 7 5 を介して治具スクリーン 1 7 6 へ平行光束が垂直に入射する。

【 0 5 2 3 】

治具スクリーン 1 7 6 の光軸周りには透過孔 (第 1 の透過孔) 1 7 6 H が設けられており (図 8 4 (b))、ビームスプリッタ 1 7 5 を透過した平行光束の一部は、透過孔 1 7 6 H を透過して光学ベース 1 7 7 (保持機構、図 4 3 , 実施の形態 1 0 参照) 上に設置された凸面鏡 1 7 0 の反射凸部 1 7 2 へ進んでいく。

【 0 5 2 4 】

凸面鏡 1 7 0 では、反射凸部 1 7 2 で平行光束を反射して、往路の平行光束と逆方向に透過孔 1 7 6 H を透過させる。この復路の平行光束は透過孔 1 7 6 H を透過した後にビームスプリッタ 1 7 5 へ入射し、レーザ光源 1 7 4 からの平行光束と直交する方向へ進んでから、集光レンズ 1 7 8 で四分割検出器 1 7 9 (図 5 8 (c) の検出器) の中心へ集光される。

【 0 5 2 5 】

凸面鏡 1 7 0 の姿勢を調整することによって、四分割検出器 1 7 9 の 4 つの受光素子でそれぞれ検出される各光パワーを等しくすると、透過孔 1 7 6 H - 反射凸部 1 7 2 間における平行光束の往路と復路とが光軸 1 7 1 と一致した状態 (仮想光軸) になり、治具スクリーン 1 7 6 に対する凸面鏡 1 7 0 のアライメント調整が完了する。

【 0 5 2 6 】

<ステップ S T 2 : 凸面鏡に対する光路折曲反射鏡のアライメント調整>

図 8 4 (a) の状態から、相互関係を維持したまま、レーザ光源 1 7 4 , ビームスプリッタ 1 7 5 , 集光レンズ 1 7 8 および四分割検出器 1 7 9 を移動して、レーザ光源 1 7 4 , ビームスプリッタ 1 7 5 からの平行光束の中心を屈折光学レンズの理想的な光軸 1 8 0 と一致させる。そして、凸面鏡 1 7 0 に対する光路折曲反射鏡 (図 2 3 など、実施の形態 7 , 1 0 参照) 1 8 1 のアライメント調整を行う (図 8 5) 。

【 0 5 2 7 】

図 8 5 において、反射凸部 1 7 2 よりも大きな断面積の平行光束をレーザ光源 1 7 4 からビームスプリッタ 1 7 5 を介して出射し、所定の位置に配置された光路折曲反射鏡 1 8 1 によって反射凸部 1 7 2 へ反射する。反射凸部 1 7 2 は入射する平行光束よりも小さな反射面となっているので、平行光束の一部だけが光路折曲反射鏡 1 8 1 へ反射する。

【 0 5 2 8 】

反射凸部 1 7 2 からの平行光束は、光路折曲反射鏡 1 8 1 で反射されてビームスプリッタ 1 7 5 へ向かい、集光レンズ 1 7 8 を介して四分割検出器 1 7 9 で検出される。図 8 4 (a) の場合と同様に、凸面鏡 1 7 0 に対する光路折曲反射鏡 1 8 1 のアライメント調整 (2 軸のあおり角調整) が理想的になると、四分割検出器 1 7 9 の各受光素子でそれぞれ検出される各光パワーが全て等しくなる。

【 0 5 2 9 】

このとき、反射凸部 1 7 2 - ビームスプリッタ 1 7 5 間の平行光束は、光路折曲反射鏡 1 8 1 を介して往路と復路とが一致しており、屈折光学レンズの理想的な光軸 1 8 0 の仮想光軸がレーザ光源 1 7 4 の光束で作りに出される。

【 0 5 3 0 】

<ステップ S T 3 : 孔空反射鏡によるレンズ保持フランジのアライメント調整>

図 8 5 で作り出された理想的な光軸 1 8 0 に対して、屈折光学レンズを保持するレンズ

10

20

30

40

50

保持フランジ 1 8 2 と、屈折光学レンズの代わりに取り付けられた孔空反射鏡 1 8 3 をレンズ保持フランジ 1 8 2 に設置する（図 8 6 (a)）。孔空反射鏡 1 8 3 は、光の透過する透過孔（第 2 の透過孔）1 8 3 H をその中心に持っており（図 8 6 (b)）、レーザ光源 1 7 4 , ビームスプリッタ 1 7 5 からの平行光束を透過するようになっている。透過孔 1 8 3 H の周辺は反射面になっている。

【 0 5 3 1 】

図 8 6 (a)において、透過孔 1 8 3 H を透過した平行光束は、光路折曲反射鏡 1 8 1 から反射凸部 1 7 2 へと向う。反射凸部 1 7 2 で反射された平行光束は、光路折曲反射鏡 1 8 1 で反射され、孔空反射鏡 1 8 3 の透過孔 1 8 3 H を透過してビームスプリッタ 1 7 5 へ向かい、集光レンズ 1 7 8 を介して四分割検出器 1 7 9 で検出される。

10

【 0 5 3 2 】

また、孔空反射鏡 1 8 3 の透過孔 1 8 3 H 周辺の反射面で反射された光束も同時に四分割検出器 1 7 9 に重畳して入射する。凸面鏡 1 7 0 に対するレンズ保持フランジ 1 8 2 , 孔空反射鏡 1 8 3 のアライメント調整（レンズ保持フランジ 1 8 2 の 2 軸あおり調整）が理想的になると、四分割検出器 1 7 9 の各受光素子で検出される光パワーが全て等しくなる。

【 0 5 3 3 】

<ステップ S T 4 : レンズ保持フランジに屈折光学レンズを設置 >

理想的なアライメント状態となったレンズ保持フランジ 1 8 2 から孔空反射鏡 1 8 3 を取り外し、屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部）1 8 4 を代わりに設置して、レーザ光源 1 7 4 , ビームスプリッタ 1 7 5 , 集光レンズ 1 7 8 および四分割検出器 1 7 9 を取り外す（図 8 7）。

20

【 0 5 3 4 】

<ステップ S T 5 : マイクロミラーデバイスの画像を治具スクリーンへ投影 >

図 8 8 において、マイクロミラーデバイス（送信手段、画像情報付与部）1 8 5 を所定の位置に設置し、マイクロミラーデバイス 1 8 5 に対して照明光源系（送信手段、照明光源部）1 8 6 から光を照射する。マイクロミラーデバイス 1 8 5 で画像情報を得た照明光源系 1 8 6 からの光は、屈折光学レンズ 1 8 4 , 光路折曲反射鏡 1 8 1 , 凸面鏡 1 7 0 を介して治具スクリーン 1 7 6 へ投影される。

【 0 5 3 5 】

投影された光が治具スクリーン 1 7 6 上でスクリーン面内の正規の位置に結像するように、照明光源系 1 8 6 , マイクロミラーデバイス 1 8 5 のアライメント調整（主に、マイクロミラーデバイス 1 8 5 の（ 1 ）面内位置 2 軸、（ 2 ）面の法線回りの回転 1 軸、（ 3 ）あおり 2 軸、（ 4 ）面の法線方向移動 1 軸よりなる調整で、（ 1 ）および（ 2 ）は表示位置、（ 3 ）および（ 4 ）は結像性能確保のための重要な調整）を行うと、一連のアライメント調整が完了する。

30

【 0 5 3 6 】

以上のように、この実施の形態 2 0 によれば、凸面鏡 1 7 0 のフロント面の光軸 1 0 5 近傍に反射凸部 1 7 2 または反射凹部 1 7 3 を設けるようにしたので、画像表示装置の組立工程において、光学系構成要素のアライメント調整を容易に行うことができるという効果が得られる。

40

【 0 5 3 7 】

また、この実施の形態 2 0 によれば、治具スクリーン 1 7 6 の透過孔 1 7 6 H を透過した平行光束を反射凸部 1 7 2 （または反射凹部 1 7 3 ）で反射して、反射凸部 1 7 2 （または反射凹部 1 7 3 ）と透過孔 1 7 6 H との間において往路と復路とを一致させるステップ S T 1 と、屈折光学レンズの理想的な光軸 1 8 0 と一致する平行光束を光路折曲反射鏡 1 8 1 , 反射凸部 1 7 2 （または反射凹部 1 7 3 ）の順に反射して、反射凸部 1 7 2 （または反射凹部 1 7 3 ）と光路折曲反射鏡 1 8 1 との間において往路と復路とを一致させるステップ S T 2 と、レンズ保持フランジ 1 8 2 に設置された孔空反射鏡 1 8 3 の透過孔 1 8 3 H を介して光路折曲反射鏡 1 8 1 へ入射する平行光束を透過させ、孔空反射鏡 1 8 3

50

の透過孔 183H の周辺部で反射した光束と、光路折曲反射鏡 181, 反射凸部 172 (または反射凹部 173) を往復反射する光束との進行方向を一致させるステップ ST3 と、レンズ保持フランジ 182 から孔空反射鏡 183 を取り外し屈折光学レンズ 184 を代わりに設置するステップ ST4 と、屈折光学レンズ 184, 光路折曲反射鏡 181, 凸面鏡 170 を介して照明光源系 186 およびマイクロミラーデバイス 185 からの光を治具スクリーン 176 上の正規の位置に結像させるステップ ST5 とを備えるようにしたので、画像表示装置の組立工程において、光学系構成要素のアライメント調整を系統的かつ容易に行うことができるという効果が得られる。

【0538】

なお、ステップ ST1 ~ ST5 において、四分割検出器 179 の分割検出器出力を等しくすることで多要素のアライメント調整を行う例を示したが、この他に四分割検出器 179 の位置にアライメントの目標となる十字線などを描いたスリガラス治具を配置し、このスリガラス治具上への集光光束を接眼レンズなどを介して目視観測する目視観測装置でも調整することが可能である。

10

【0539】

また、以上に示したアライメント調整は、反射面の角度ズレを調整する方法を示しているため、同じ治具を用いて面の傾きを測定できる装置 (例えばオートコリメータなど) を使用して調整することもできる。

【0540】

もちろん、この実施の形態 20 で示したアライメント調整方法は実施の形態 15 の凸面鏡 104 でも可能であり、実施の形態 15 で示したアライメント調整方法はこの実施の形態 20 の凸面鏡 170 でも可能である。

20

【0541】

実施の形態 21 .

図 89 はこの発明の実施の形態 21 による画像表示装置の構成を示す図である。照明光源系や平面鏡、スクリーンなどの図示は省略している。

図 89 において、187 はマイクロミラーデバイス、188 は各実施の形態の屈折光学レンズ (投影光学手段、屈折光学部)、189 は各実施の形態の凸面鏡 (投影光学手段、反射部)、190 は屈折光学レンズ 188 および凸面鏡 189 の光軸、191 は凸面鏡 189 のフロント面 189F に接合形成されたガラスや合成樹脂などのレンズ層である。

30

【0542】

図 89 では、マイクロミラーデバイス 187, 屈折光学レンズ 188 からの光 (光画像信号) は、レンズ層 191 の入出射面 191I でまず屈折し、レンズ層 191 の内部を透過してから凸面鏡 189 のフロント面 189F へ入射する。そして、凸面鏡 189 のフロント面 189F で反射した光は、レンズ層 191 の内部を再び透過してその入出射面 191I で屈折して不図示の平面鏡またはスクリーンへと向かう。

【0543】

つまり、凸面鏡 189 とやりとりされる光は、レンズ層 191 の入出射面 191I の形状やその媒質によって光学的作用を受けるようになっている。したがって、レンズ層 191 の表面形状、構成材料 (屈折率、分散) などを適切に設計することによって、光路制御をより緻密に行うことが可能になる。

40

【0544】

以上のように、この実施の形態 21 によれば、凸面鏡 189 のフロント面 189F にレンズ層 191 を設けるようにしたので、レンズ層 191 自身の入出射面 191I の形状やその屈折率・分散を適切なものにするにより、光路設計の自由度を増加させ、より緻密な光線制御を行うことができるという効果が得られる。

【0545】

実施の形態 22 .

画像表示装置の筐体をデザインする際には、複数の斜面を効果的に利用した形状がしばしば採用される。このことによって、薄型化した画像表示装置を視覚的により一層薄く感

50

じられるようにしている。

【0546】

図90は各実施の形態で示した画像表示装置を従来の筐体に収納した場合の概観を示す図であり、図90(a)、(b)、(c)はそれぞれ筐体の正面図、側面図、上面図である。照明光源系から凸面鏡までの光学系構成要素は図示を省略している。

【0547】

図90において、192はスクリーン、193は不図示の光学系構成要素が収納されるスクリーン下部、194はスクリーン192およびスクリーン下部193からなる筐体前部、195はスクリーン192と平行に設置された平面鏡(図4の平面鏡22、実施の形態1参照)、196は平面鏡195が収納された筐体後部、また197U、197L、197Rは画像表示装置の筐体をそれぞれ形成する上部および左右部の斜面(上部斜面、左部斜面、右部斜面)、198は画像表示装置の底面である。

10

【0548】

図90の場合には、筐体前部194の高さはスクリーン192の鉛直方向設置高さおよびスクリーン下部193の高さによって決まり、筐体前部194の幅はスクリーン192の水平方向長さによって決まる。また、筐体後部196の高さ・幅は平面鏡195の鉛直方向設置高さ・水平方向長さによってそれぞれ決まる(ただし筐体後部196の大きさを決めるのは平面鏡195に限定されず、画像表示装置の構成によって例えば平面鏡195を用いない場合には凸面鏡などに変わることもある)。

【0549】

筐体前部194および筐体後部196の高さ・幅をそれぞれ比較すると、筐体前部194にはスクリーン192が設けられているので、筐体前部194よりも筐体後部196の方が小さくなっていると言える。このことは、一般の画像表示装置についても言えることである。

20

【0550】

図90の画像表示装置の筐体は、3つの斜面197U、197L、197Rおよび水平な底面198によって、大きな筐体前部194から小さな筐体後部196までの空間を囲むように設計されている。ここで、筐体前部194と筐体後部196は、左右の斜面197L、197Rによって直方体からそのコーナーがそれぞれ切り取られた形状になっている(図90(c))。

30

【0551】

このようにすることで、画像表示装置を斜め(図90(c)のブロック矢印の方向)から見た場合に、何物にも遮られることなく筐体後部196を見通すことができるようになり、画像表示装置の薄型化を視覚的に印象付けることができる。しかしながら、直方体の筐体をマルチ構成する場合と比較すると、斜面197U、197L、197Rを用いた画像表示装置は、スクリーン192を同一平面に保つと斜面どうしが接触しないため、マルチ構成(実施の形態14)しにくいという難点がある。

【0552】

さて、この実施の形態22の画像表示装置はマルチ構成を念頭において、図90の筐体に次のような工夫を凝らしている。

40

【0553】

図91はこの発明の実施の形態22による画像表示装置の筐体の概観を示す図であり、図91(a)、(b)、(c)はそれぞれ正面図、側面図、上面図である。図90と同一または相当する構成については同一符号を付してある。

【0554】

図91において特徴的な点は、斜面197L、197Rによって前部筐体194のコーナー194C、後部筐体196のコーナー196Cをいずれも切り取らないようにし、筐体前部194の背面(筐体後部196側)にスクリーン192と平行な平行面194Pを、筐体後部196の側方にスクリーン192と垂直な垂直面196Vを残すようにしている点である(図91(c))。

50

【0555】

このようにすることで、上記の薄型化を印象付ける視覚的な効果を保ちつつ、画像表示装置をマルチ構成した場合に以下の効果を得ることができる。

図92, 93は図91の画像表示装置を2台でマルチ構成した場合を示す図であり、図92, 93はそれぞれ上面図、斜視図である。図90, 91と同一または相当する構成については同一符号を付してある。ここでのマルチ構成は、2台の画像表示装置の天地を同一にして隣接して接続し、横方向に大きな画像を表示するようにしている。

【0556】

図92, 93において、199はL字形断面の接続部材であり、画像表示装置をマルチ構成で接続保持するために用いる。マルチ構成する図92(a)左の画像表示装置において、画像表示装置の右側にある平行面194Pと接続部材199の端面(第1の端面)199Aとを接続し、やはり画像表示装置の右側にある垂直面196Vと接続部材199の端面(第2の端面)199Bとを接続する(図92(b))。そして、図92(a)右の画像表示装置の左側においても、別の接続部材199を同様に接続して、2つの接続部材199を接続面199Cどうしで連結する。

10

【0557】

端面199A, 199Bは互いに直交しており、かつ平行面194P, 直交面196Vとそれぞれほぼ同一面積であり、また、端面199Bと接続面199Cとは平行の関係にあるので、直方体の筐体に収納された画像表示装置をマルチ構成すると同様に、画像表示装置を精度良くマルチ構成することができ、設置作業効率を向上することができるという効果が得られる。

20

【0558】

この効果は、接続部材199を用いることができるように、画像表示装置の筐体に平行面194Pと直交面196Vとを設けたことによるものであり、図90の筐体の場合では、斜面197L, 197Rの接続部材に対する力のかかり方がズレる方向に働くため、同様の効果は簡単に得られない。

【0559】

また、接続部材199の接続面199Cや裏面199Dをくり貫いて孔199Hを設けるようにし、接続部材199および斜面197L, 197Rによって形成される空間を利用して、排気・排熱やケーブル類のやりとりなどを孔199Hを介して行うこともできる。

30

【0560】

このときには、画像表示装置の筐体外へ斜面197L, 197Rから排気・排熱やケーブル類を出すようにする。斜面197L, 197Rから孔199Hを介してケーブル類をやりとりすると、画像表示装置の背面は完全な平面になり、画像表示装置の背面を例えば部屋の壁面などに密着させることができるようになる。

【0561】

なお、接続部材199の鉛直方向高さは特に限定されるものではなく、通常は画像表示装置の高さ以下である。

【0562】

図94は画像表示装置を4台でマルチ構成した場合を示す図であり、図94(a), (b)はそれぞれ前方斜視図、後方斜視図である。図90~93と同一符号は同一構成要素である。ここでのマルチ構成は、天地を同一にして隣接接続した2台の画像表示装置を二組用意し、一方の組の天地を逆転して他方の組の上部に載せ、縦方向・横方向ともに大きな画像を表示するようにしている。

40

【0563】

図94の場合には、上下の画像表示装置の斜面197Uどうしで構成される空間に排気・排熱やケーブル類を通すようにしても良い。この場合にも、部屋の壁面などに画像表示装置を完全に密着させることができるようになる。しかも、上下の画像表示装置の接続を接続部材199の斜面197U側の端面を接触させるように配置することで、上下の画像

50

表示装置の配列を精度良く、簡単かつ短時間でセッティング可能である。接続部材 199 の第 3 の端面を接触させて上下を連結できるように、接続部材 199 の高さは画像表示装置の高さと同じにし、かつ第 3 の端面をスクリーンに垂直に形成する（第 3 の端面は端面 199A, 199B のいずれにも直交している）。

【0564】

以上のように、この実施の形態 22 によれば、底面 198 上に設けられ、スクリーン 192 が設けられた前部筐体 194 と、底面 198 上に設けられ、平面鏡 195 を収納する後部筐体 196 と、前部筐体 194 から後部筐体 196 までの間に設けられた斜面 197U, 197L, 197R とを備え、スクリーン 192 と平行な平行面 194P を前部筐体 194 の後部筐体 196 側に残すとともに、スクリーン 192 と垂直な垂直面 196V を残すように、斜面 197L および斜面 197R を形成したので、画像表示装置を精度良くマルチ構成することができ、設置作業効率を向上することができるという効果が得られる。

10

【0565】

また、この実施の形態 22 によれば、画像表示装置の左右いずれか片側の平行面 194P に接続される端面 199A と、平行面 194P と同じ側の垂直面 196C に接続される端面 199B と、端面 199B に平行な接続面 199C とを有する接続部材 199 によって、他の画像表示装置に接続された接続部材 199 の接続面 199C と連結するようにしたので、直方体の筐体に収納された画像表示装置をマルチ構成すると同様に、画像表示装置を精度良くマルチ構成することができ、設置作業効率を向上することができるという効果が得られる。

20

【0566】

さらに、この実施の形態 22 によれば、斜面 197U、斜面 197L および斜面 197R を介して、排気・排熱またはケーブル類を画像表示装置の筐体内部から外部へ通すようにしたので、部屋の壁面などに画像表示装置を完全に密着させることができるという効果が得られる。背面を壁につけ、かつ上部および下部を開放にした状態では、接続部材 199 と斜面 197R (197L) によって囲まれる三角柱の領域は、上下方向の排熱用ダクトとして用いることができる。この構造にすれば、エントツ同様の効果が期待でき、排熱効果を向上させることができる。

【0567】

以上の各実施の形態では、光空間変調素子としてマイクロミラーデバイスを用いる場合について説明してきたが、光空間変調素子に液晶を用いて画像表示装置を構成するようにしても良く、液晶を用いた従来の画像表示装置と比較して、より薄型化された画像表示装置を構成することができる。

30

【0568】

また、実施の形態 1 でも既に述べたように、マイクロミラーデバイス、液晶以外の各種の光空間変調素子に対してもこの発明を適用することは当然可能であり、画像表示装置を薄型化に構成できる効果を発揮できる。

【0569】

さらに、図 3 や図 13 などの各図で示したように、この発明では屈折光学レンズと凸面鏡との光軸を共通化するようにして光学系全体を回転対称形で構成している。光軸を共通化しない場合には、光軸に対する非対称性が発生してしまうことを考えると、光軸を共通化することによって、屈折光学レンズや凸面鏡を回転成形によって容易に製造することができ、アライメントも容易に調整することができるという効果が得られる。

40

【図面の簡単な説明】

【0570】

【図 1】この発明の実施の形態 1 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 2】屈折光学レンズの樽型歪曲収差が凸面鏡の糸巻型歪曲収差を補正する動作を概念的に説明する図である。

【図 3】無収差の屈折光学レンズを介して凸面鏡または平面鏡によって光を反射したとき

50

の像を光路追跡で求める方法を概念的に示した図である。

【図 4】平面鏡を追加したこの発明の実施の形態 1 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 5】この発明の実施の形態 2 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 6】凸面鏡とフレネルミラーとを拡大した図である。

【図 7】凸面鏡とフレネルミラーとの歪曲収差の違いを比較する図である。

【図 8】この発明の実施の形態 3 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 9】光学素子を拡大した図である。

【図 10】光学素子の内部において、入射した光路を示す図である。

【図 11】反射面で折り返された光学素子内の光路を一方向に展開した図である。

10

【図 12】光学素子を拡大した図である。

【図 13】この発明の実施の形態 4 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 14】この発明の実施の形態 4 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 15】この発明の実施の形態 4 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 16】この発明の実施の形態 4 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 17】この発明の実施の形態 5 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 18】正レンズ、負レンズのアッペ数の比に対するパワーの変化の様子を示す図である。

【図 19】非球面凸面鏡で発生するアンダーな像面湾曲を説明する図である。

【図 20】この発明の実施の形態 6 による画像表示装置の構成を示す図である。

20

【図 21】光のまとまった所や光のバラけた所に非球面を適用した図である。

【図 22】図 21 の数値計算結果の一例を示す図である。

【図 23】この発明の実施の形態 7 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 24】図 23 の画像表示装置の効果を説明するための図である。

【図 25】図 23 の画像表示装置の効果を説明するための図である。

【図 26】この発明の実施の形態 8 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 27】レトロ光学系の構成を示す図である。

【図 28】数値実施例 8 A の数値データを示す図である。

【図 29】数値実施例 8 A の構成を示す図である。

【図 30】数値実施例 8 B の数値データを示す図である。

30

【図 31】数値実施例 8 B の構成を示す図である。

【図 32】数値実施例 8 C の数値データを示す図である。

【図 33】数値実施例 8 C の構成を示す図である。

【図 34】数値実施例 4 A の数値データを示す図である。

【図 35】数値実施例 4 A の構成を示す図である。

【図 36】数値実施例 4 B の数値データを示す図である。

【図 37】数値実施例 4 B の構成を示す図である。

【図 38】数値実施例 7 A の数値データを示す図である。

【図 39】数値実施例 7 A の構成を示す図である。

【図 40】後側焦点距離、入射瞳位置および屈折光学レンズの関係を示す図である。

40

【図 41】この発明の実施の形態 9 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 42】光路折曲反射鏡の配置条件を説明するための図である。

【図 43】屈折光学レンズ、光路折曲反射鏡および凸面鏡を保持する保持機構を示す図である。

【図 44】光路折曲反射鏡の配置条件を説明するための図である。

【図 45】この発明の実施の形態 11 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 46】この実施の形態 11 の数値実施例 11 A を示す図である。

【図 47】一般の光学系の結像関係を示す図である。

【図 48】像面が湾曲した光学系の例を示す図である。

【図 49】この発明の実施の形態 13 による画像表示装置の構成を示す図である。

50

- 【図50】この発明の実施の形態14による画像表示装置の構成を示す図である。
- 【図51】マルチ構成で用いた場合の画像表示装置を示す図である。
- 【図52】数値実施例14Aの数値データを示す図である。
- 【図53】数値実施例14Aの構成を示す図である。
- 【図54】数値実施例14Aにおける歪曲収差の数値計算結果を示す図である。
- 【図55】数値実施例4Aにおける歪曲収差の数値計算結果を示す図である。
- 【図56】この発明の実施の形態15による画像表示装置の構成を示す図である。
- 【図57】温度変化に対する凸面鏡の厚さ方向の形状変化を説明するための図である。
- 【図58】凸面鏡を用いたアライメント調整方法を示す図である。
- 【図59】この発明の実施の形態16による画像表示装置の構成を示す図である。 10
- 【図60】カバーガラスの厚さと補償ガラスの厚さとの関係を示す図である。
- 【図61】数値実施例16Aの数値データを示す図である。
- 【図62】数値実施例16Aの構成を示す図である。
- 【図63】平面鏡、光路折曲反射鏡を用いた画像表示装置の構成を示す図である。
- 【図64】この発明の実施の形態17による画像表示装置の構成を示す図である。
- 【図65】スクリーンと直交するA-A', B-B'平面による画像表示装置の断面をそれぞれ示す図である。
- 【図66】光軸が傾いた照明光源系の状態を示す図である。
- 【図67】画像表示装置の種々の利用形態を示す図である。
- 【図68】この発明の実施の形態17による画像表示装置の構成を示す図である。 20
- 【図69】第3の光路折曲反射鏡を収納する収納孔を設けた調整台を示す図である。
- 【図70】この発明の実施の形態18による画像表示装置に適用する非球面凸面鏡の構成を示す図である。
- 【図71】温度変化によって熱膨張する凸面鏡の動作を説明するための図である。
- 【図72】偏心距離EXCの第1のネジ留部を中心として凸面鏡が角度だけ回転した際の光軸のズレ()を説明するための図である。
- 【図73】温度変化対策を施した凸面鏡の構成バリエーションを示す図である。
- 【図74】天地逆転した場合の画像表示装置に適用するための温度変化対策用凸面鏡の構成バリエーションを示す図である。
- 【図75】この発明の実施の形態19による画像表示装置の構成を示す図である。 30
- 【図76】この発明の実施の形態19による画像表示装置の構成を示す図である。
- 【図77】この発明の実施の形態19による画像表示装置の構成を示す図である。
- 【図78】コントロールユニットのピント情報の解析方法を示す図である。
- 【図79】この発明の実施の形態19による画像表示装置の構成を示す図である。
- 【図80】屈折光学レンズの一部レンズ群を移動してピントズレを補償する一例を示す図である。
- 【図81】この発明の実施の形態19による画像表示装置の構成を示す図である。
- 【図82】この発明の実施の形態20による画像表示装置に適用する凸面鏡の構成を示す図である。
- 【図83】この発明の実施の形態20によるアライメント調整方法のフローチャートを示す図である。 40
- 【図84】アライメント調整方法にしたがって光学系構成要素が順次配置されていく様子を示す図である。
- 【図85】アライメント調整方法にしたがって光学系構成要素が順次配置されていく様子を示す図である。
- 【図86】アライメント調整方法にしたがって光学系構成要素が順次配置されていく様子を示す図である。
- 【図87】アライメント調整方法にしたがって光学系構成要素が順次配置されていく様子を示す図である。
- 【図88】アライメント調整方法にしたがって光学系構成要素が順次配置されていく様子 50

を示す図である。

【図 89】この発明の実施の形態 21 による画像表示装置の構成を示す図である。

【図 90】各実施の形態で示した画像表示装置を従来の筐体に収納した場合の概観を示す図である。

【図 91】この発明の実施の形態 22 による画像表示装置の筐体の概観を示す図である。

【図 92】画像表示装置を 2 台でマルチ構成した場合を示す図である。

【図 93】画像表示装置を 2 台でマルチ構成した場合を示す図である。

【図 94】画像表示装置を 4 台でマルチ構成した場合を示す図である。

【図 95】従来の画像表示装置の構成を示す図である。

【図 96】平面鏡を追加した従来の画像表示装置の構成を示す図である。

10

【符号の説明】

【0571】

11 発光体（送信手段、照明光源部）、12 放物面リフレクタ（送信手段、照明光源部）、13 集光レンズ（送信手段、照明光源部）、14 マイクロミラーデバイス（送信手段、反射型画像情報付与部）、15 屈折光学レンズ（屈折光学部）、16 凸面鏡（反射部）、17 投影光学系（投影光学手段）、18 スクリーン（表示手段）、19 屈折光学レンズ、20 光軸、21 平面鏡、22 平面鏡、23 屈折光学レンズ（屈折光学部）、24 フレネルミラー（反射部）、25 投影光学系（投影光学手段）、27 光軸、28 屈折光学レンズ（屈折光学部）、29 光学素子（反射部）、30 投影光学系（投影光学手段）、31 低分散ガラス（低分散媒質）、32 境界面、33 高分散ガラス（高分散媒質）、34 反射面、35 光学素子、36 高分散ガラス、37 境界面、38 低分散ガラス、39 反射面、40 屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部）、41 非球面凸面鏡（投影光学手段、反射部）、42 非球面レンズ（投影光学手段、屈折光学部）、43 球面凸面鏡（投影光学手段、反射部）、44 光軸、45 非球面凸面鏡（投影光学手段、反射部）、46 非球面凸面鏡（投影光学手段、反射部）、47 非球面レンズ（投影光学手段、屈折光学部）、48 屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部、ペッツパール和補償レンズ）、48A 正レンズ、48B 負レンズ、49 屈折光学レンズ、50 光軸、51 平面、52 像面、53 像面、54 屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部、像面湾曲補償レンズ）、55 非球面レンズ（投影光学手段、屈折光学部、非球面形状光学素子）、56A、56B 非球面レンズ（投影光学手段、屈折光学部、非球面形状光学素子）、57 非球面凸面鏡（投影光学手段、反射部、非球面形状光学素子）、58 屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部）、58z 屈折光学レンズ、59 光路折曲反射鏡（光路折曲手段）、60 凸面鏡（投影光学手段、反射部）、61 光軸、62 レトロ光学系（投影光学手段、屈折光学部）、63 屈折光学レンズ（投影光学手段、屈折光学部）、64 非球面凸面鏡（投影光学手段、反射部）、65、66 屈折光学レンズ、67、68 屈折光学レンズ、69 凸面鏡、70 光軸、71 マージナルレイ、72 負レンズ、73 光軸、74 保持機構、75 反射光線、76 屈折光学レンズ（屈折光学部）、77 凸面鏡、78 光軸、79 マージナルレイ、80 正レンズ、81 入射側レンズ群、82 出射側レンズ群、83 屈折光学レンズ（投影光学手段）、84 凸面鏡（投影光学手段）、85 結像面、86A、86B 結像位置、87 屈折光学レンズ、88 凸面鏡、89 像面、90A、90B 結像位置、91 屈折光学レンズ（屈折光学部）、92、93 凸面鏡、94 光軸、95、96 出射光、97、98 射出瞳、99 出射光、100、100A~100F スクリーン、101、101A~101F 光軸、102、102A~102F 最大範囲、103A、103B 屈折光学レンズ（屈折光学部）、104 凸面鏡（反射部）、104O 凸面鏡、104C 非反射部分、104F、104F' フロント面、104R、104R' リア面、104L 低反射面、104H 高反射面、105 光軸、106 光線、106P 反射点、107 レーザ、108 アイソレータ、109 ハーフミラー、110 検出器、110A、110B、110C、110D 受光素子、111、112 往路、復路のレーザ光、113 仮想光軸、

20

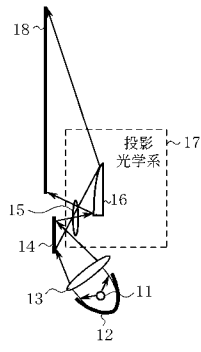
30

40

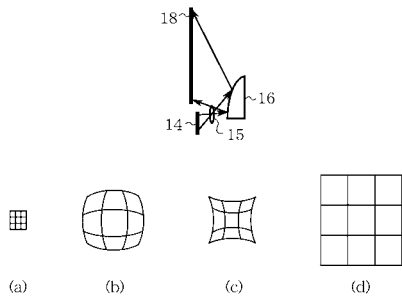
50

114 カバーガラス(送信手段)、115 補償ガラス(送信手段)、116 画像表示装置、117 スクリーン下部、118 底面、119 光線、120 光線、121、122 線分、S 空間(配置空間)、123、123A、123B 照明光源系(送信手段、照明光源部、集光光学系主要部)、124、124B カラーホイール(送信手段、集光光学系主要部)、125、125B ロッドインテグレート(送信手段、集光光学系主要部)、126、126B リレーレンズ(送信手段、集光光学系主要部)、127、127B 第2の光路折曲反射鏡(第2の光路折曲手段)、128 第3の光路折曲反射鏡(第3の光路折曲手段)、129 フィールドレンズ(送信手段)、130、130A、130B 光軸、131 余剰空間、132 調整台、133 収納孔、134 凸面鏡(投影光学手段、反射部)、134O 凸面鏡、134F フロント面、134R 10
 リア面、135 光軸、135P 凸面鏡頂点、136 第1のネジ留部、136H ネジ孔、137 第2のネジ留部、137H ネジ孔、138 第3のネジ留部、138H ネジ孔、139 テーパーネジ、139W ワッシャ、139N ナット、140 凸面鏡取付機構(反射部取付機構)、141 直ネジ、141W ワッシャ、141N ナット、142 凸面鏡取付機構(反射部取付機構)、143 スプリング、144 凹部、145 円柱支持体、146 凸部、146A、146B スプリング留部、147 V溝支持体、148 マイクロミラーデバイス(送信手段、画像情報付与部)、149 屈折光学レンズ(投影光学手段、屈折光学部)、149A、149B、149C レンズ、150 光軸、151 光学ベース(保持機構)、152、153 スライド支持柱、154、155 取付板、156 圧電素子、157 ギア支持柱、157G ギア機構 20
 、158、159 温度センサ、160 加熱冷却器、161 コントロールユニット、162 凸面鏡(投影光学手段、反射部)、163 平面鏡、164 スクリーン(表示手段)、165 画像表示領域、166 非画像表示領域、167 小型反射鏡、168 CCD素子、169 固定支持柱、170 凸面鏡(投影光学手段、反射部)、170O 凸面鏡、171 光軸、172 反射凸部、173 反射凹部、174 レーザ光源、175 ビームスプリッター、176 治具スクリーン(治具表示手段)、176H 透過孔(第1の透過孔)、177 光学ベース(保持機構)、178 集光レンズ、179 四分割検出器、180 光軸、181 光路折曲反射鏡、182 レンズ保持フランジ、183 孔空反射鏡、183H 透過孔(第2の透過孔)、184 屈折光学レンズ(投影光学手段、屈折光学部)、185 マイクロミラーデバイス(送信手段、画像情報付与部)、186 照明光源系(送信手段、照明光源部)、187 マイクロミラーデバイス(送信手段、画像情報付与部)、188 屈折光学レンズ(投影光学手段、屈折光学部)、189 凸面鏡(投影光学手段、反射部)、189F フロント面、190 光軸、191 レンズ層、191I 入出射面、192 スクリーン(表示手段)、193 スクリーン下部、194 筐体前部、194C コーナー、194P 平行面、195 平面鏡、196 筐体後部、196C コーナー、196V 垂直面、197U、197L、197R 斜面(上部斜面、左部斜面、右部斜面)、198 底面、199 接続部材、199A、199B 端面(第1、2の端面)、199C 接続面、199D 裏面 30
 。

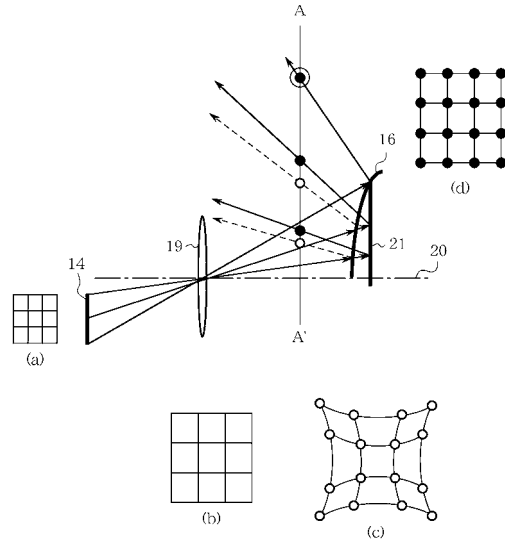
【 図 1 】



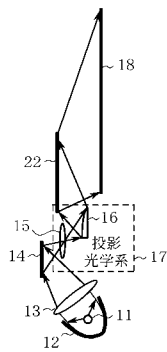
【 図 2 】



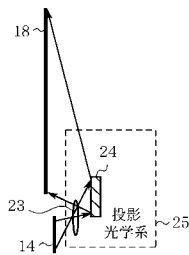
【 図 3 】



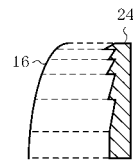
【 図 4 】



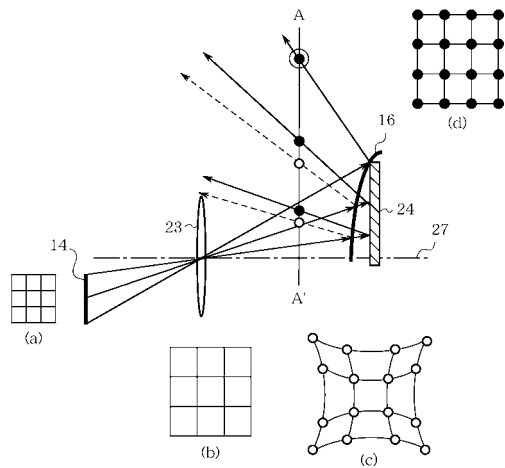
【 図 5 】



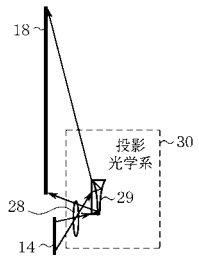
【 図 6 】



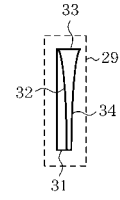
【 図 7 】



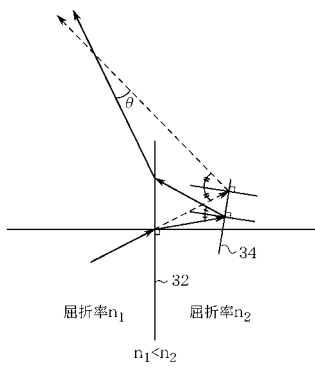
【图 8】



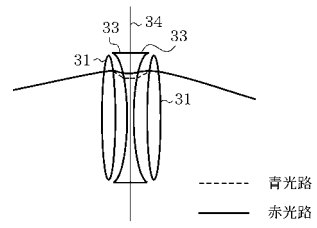
【图 9】



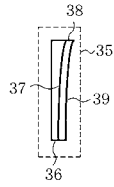
【图 10】



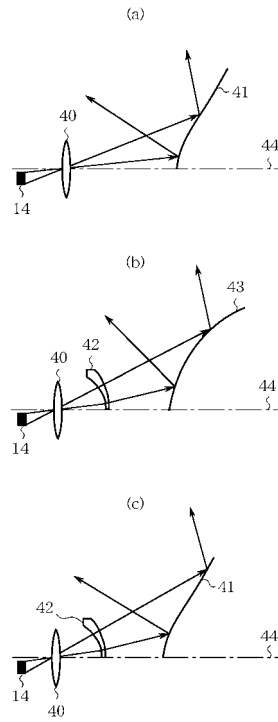
【图 11】



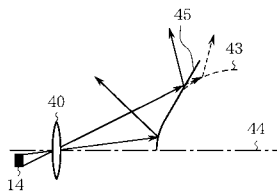
【 図 1 2 】



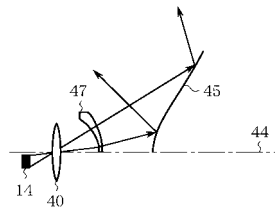
【 図 1 3 】



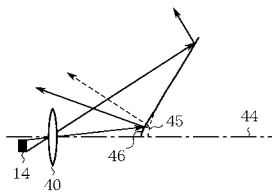
【 図 1 4 】



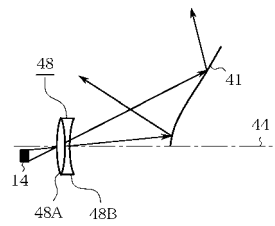
【 図 1 6 】



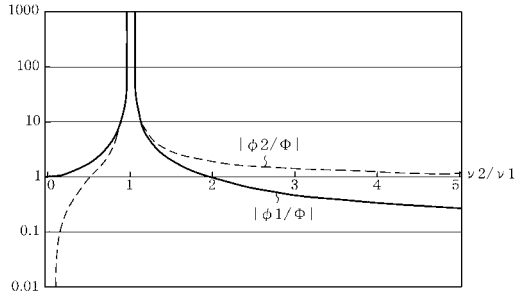
【 図 1 5 】



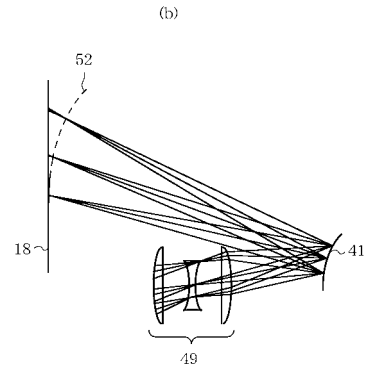
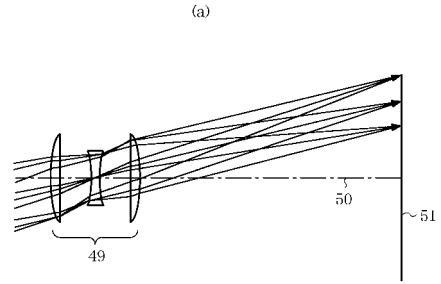
【 図 1 7 】



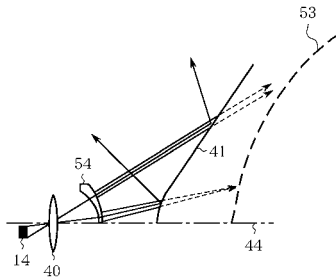
【図18】



【図19】



【図20】



【図22】

形状データ

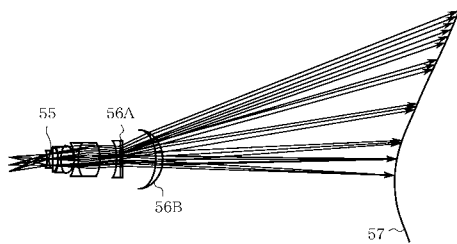
	面番号	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
	1	∞	30		
stop	2	∞	0		
	3	-14.66425866	1	1.673	32.2
	4	19.57365899	3.4	1.800	42.5
a1	5	-71.52517928	0.2		
	6	46.57431333	5.7	1.734	51.1
	7	-18.29407936	0.2		
	8	-40.70466802	2.8	1.689	31.2
	9	29.58192706	0.601907206		
	10	40.63225731	10.4	1.734	51.1
	11	-18.55101371	0.2		
	12	-21.25419861	1.2	1.620	36.3
	13	36.18745731	18	1.805	25.5
	14	-52.79556347	18.44366577		
	15	-22.2362126	2.6	1.699	30.1
	16	-373.1950411	0.2		
	17	-377.4162065	1.5	1.583	30.2
a2	18	-377.4162065	28		
	19	-36.51210431	4.3	1.493	58.3
a3	20	-27.84174798	200		
a4	21	99.76542177	-185	mirror	
	22	∞	235	mirror	
	23	∞	0		

非球面係数

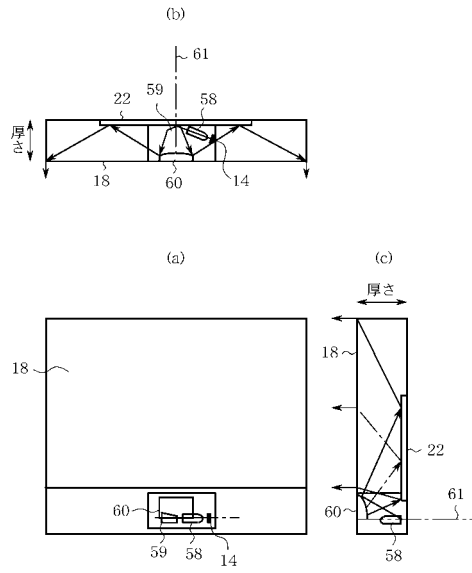
面番号	5(a1)	18(a2)
k	-27.07818351	411.8441246
A	5.8307554E-05	7.9259890E-08
B	2.2448345E-07	1.3052778E-08

面番号	20(a3)	21(a4)
k	-0.185161669	-1.423779483
AR1	0	0.001258226
AR2	0.003607536	-0.000570833
AR3	-2.0171885E-05	1.9194137E-07
AR4	2.9870872E-06	-3.4523509E-09
AR5	1.2983498E-07	5.7545484E-11
AR6	-6.5096954E-09	2.1100900E-14
AR7	6.2670569E-11	-2.1391081E-15
AR8	1.9677727E-12	5.9659829E-18

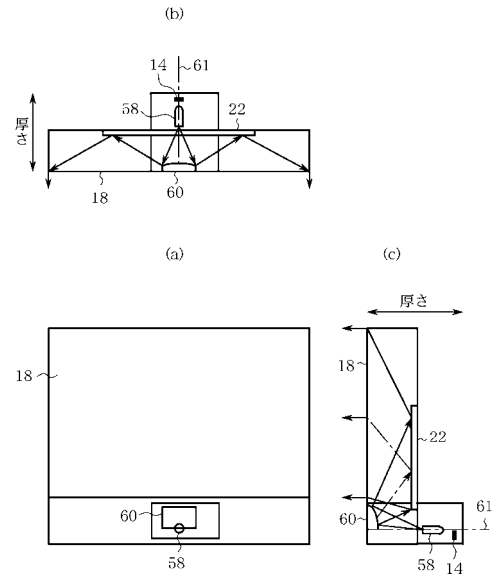
【図21】



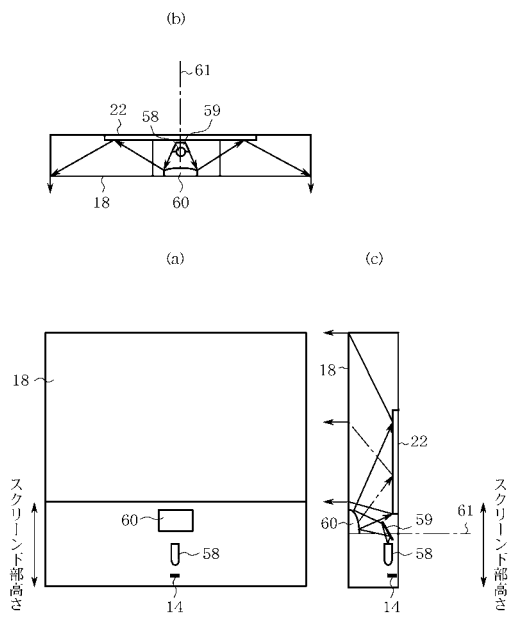
【図23】



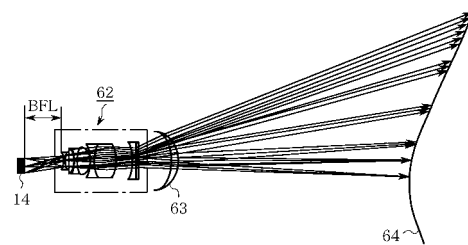
【図24】



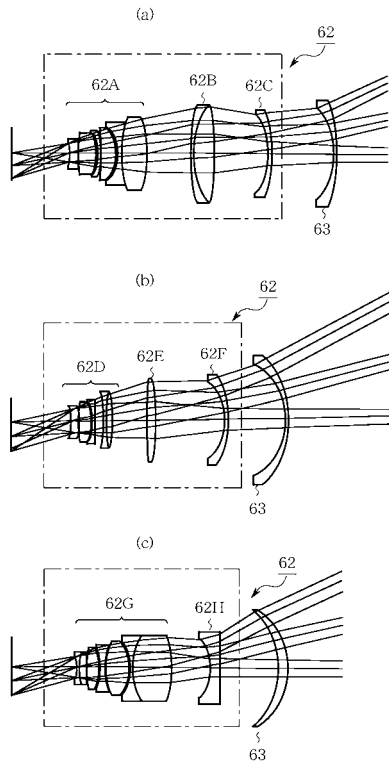
【図25】



【図26】



【図 27】



【図 28】

形状データ

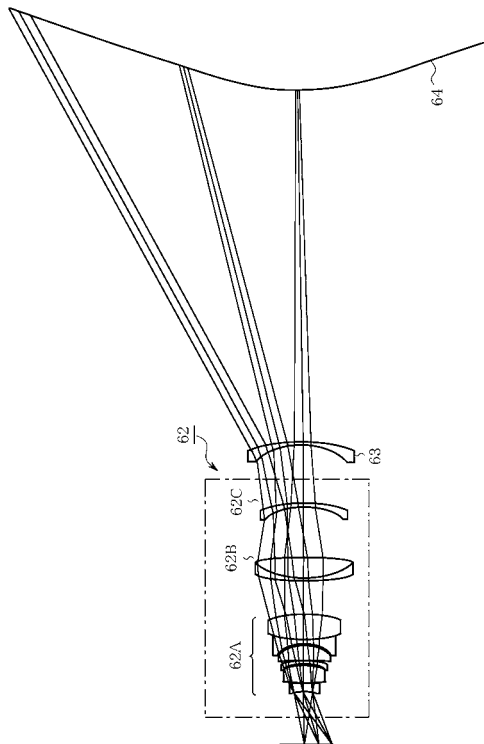
面番号	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
1	∞	30		
stop	-20.6576453533	4.7	1.468	33.8
3	-80.5590059094	0.2		
4	105.1808714030	9	1.795	45.4
5	-22.7193673760	0.856693940799		
6	-17.3195136863	1.5	1.699	30.1
7	-36.5709492186	0.1		
8	∞	0		
9	-117.4048328480	8.4	1.734	51.1
10	-18.4433151695	0.610590115593		
11	-18.0444912892	2	1.717	29.5
12	58.2778027126	0.1		
13	60.6427596822	13.5	1.755	52.3
14	-48.8581369974	22.9151946067		
15	134.5886723560	1.5	1.670	39.3
16	50.1278660368	0.2		
17	50.1825926071	10.4	1.805	25.5
18	-127.7639461820	28.4346465294		
19	-37.7652148481	2	1.805	25.5
20	-67.5410544326	32.6137406027		
21	-38.6933083141	1.5	1.805	25.5
a1	-72.6271254361	200		
a2	97.9695439905	-185		mirror
24	∞	235		mirror
25	∞	0		

非球面係数

面番号	22(a1)
k	0
A	2.14260670628E-06
B	-4.79111799587E-10
C	-7.8046619422E-14

面番号	23(a2)
k	-5.24681962734
AR1	0.00196450411864
AR2	-0.000239993326253
AR3	3.63342308137E-07
AR4	-9.24814356675E-09
AR5	7.39934890564E-12
AR6	2.02289771668E-13
AR7	-3.98993312603E-16
AR8	-6.84585972298E-19

【図 29】



【図 30】

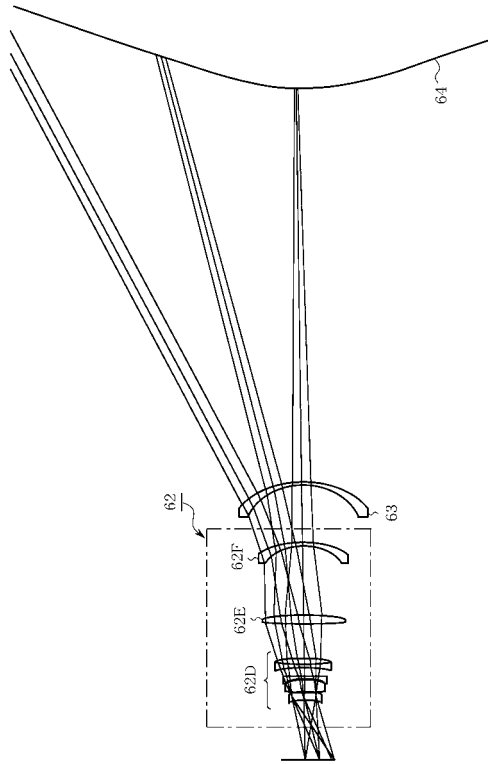
形状データ

面番号	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
1	∞	30		
stop	∞	0		
3	-12.2904711278	4.4	1.805	25.5
4	-16.4195184751	0.2		
5	104.5354229330	5.7	1.788	47.5
6	-19.6319108577	1.17708106134		
7	-17.3104022925	1	1.805	25.5
8	-99.5878191538	3.78999966183		
9	-64.4356830029	1.8	1.689	31.2
10	405.8043036740	0.1		
11	205.5484851810	3.8	1.773	49.6
12	-37.9436126142	16.3275458444		
13	351.0732445020	5.2	1.805	39.6
14	-66.7950420770	34.6140975436		
15	-25.3154161226	1.3	1.581	40.9
16	-49.5460449762	28		
17	-30.6367731626	1.3	1.487	70.4
a1	-41.3463744375	200		
a2	99.7565078437	-185		mirror
20	∞	235		mirror
21	∞	0		

非球面係数

面番号	18(a1)	19(a2)
k	0.26122774128	-4.84979881319
AR1	5.08543725099E-04	0.00113628431
AR2	-2.31479750093E-04	-3.98908468387E-04
AR3	-1.06950444718E-05	1.91130104677E-07
AR4	3.86431430675E-06	-5.95426848631E-09
AR5	-4.74490920644E-08	4.64306112540E-11
AR6	-9.03166761795E-10	6.54614682822E-14
AR7	3.49012367035E-11	-1.74594047087E-15
AR8	5.98706752604E-14	4.67473510700E-18

【図31】



【図32】

形状データ

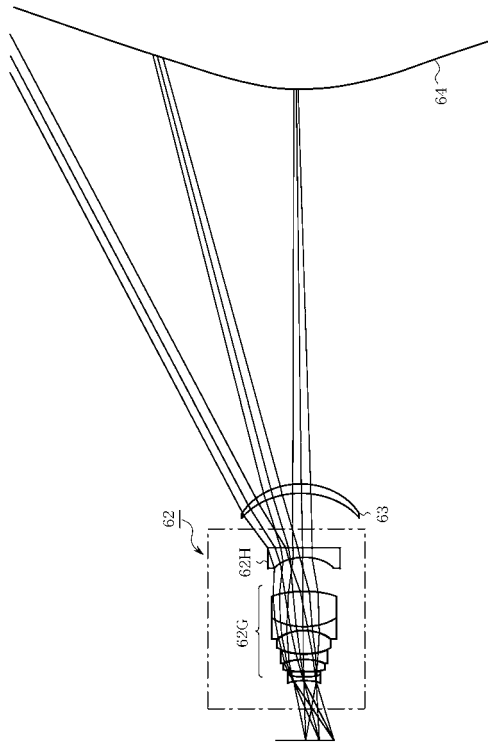
面番号	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
1	∞	30		
stop	∞	0		
3	-14.8674137388	1	1.673	32.2
4	18.5559337996	3.4	1.800	42.3
a1	-74.0536848715	0.2		
6	43.6696369615	5.7	1.734	51.1
7	-18.5192833307	0.2		
8	-40.4744736638	2.8	1.689	31.2
9	28.1242054109	0.721410946123		
10	39.1964702090	10.4	1.734	51.1
11	-18.6885145614	0.2		
12	-21.0924464244	1.2	1.620	36.3
13	34.4444350214	18	1.805	25.5
14	-51.9422716099	18.3565287687		
15	-22.3972908894	4.1	1.699	30.1
a2	-479.2220790420	28		
17	-36.7674341411	4.3	1.487	70.4
a3	-27.7830763359	200		
a4	99.7654217668	-185		mirror
20	∞	235		mirror
21	∞	0		

非球面係数

面番号	5(a1)	16(a2)
k	-30.6753040764	689.5547308060
A	5.71039286720E-05	7.13647300379E-06
B	2.25311896143E-07	1.19485813073E-08

面番号	18(a3)	19(a4)
k	-0.1793477113	-4.4237794828
AR1	0	0.0012582257858
AR2	0.00365144111288	-0.000570832798628
AR3	-2.08418127864E-05	1.91941370309E-07
AR4	3.06790134130E-06	-3.45235087113E-09
AR5	1.28809224318E-07	5.75454836583E-11
AR6	-6.46419170810E-09	-2.11008995385E-14
AR7	5.60800488063E-11	-2.13910807996E-15
AR8	2.10739642573E-12	5.96598292076E-18

【図33】



【図34】

形状データ

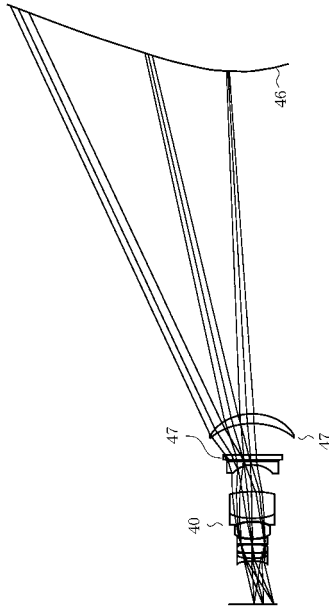
面番号	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
1	∞	30		
2	∞	0		
3	-13.44465	1	1.673	32.2
4	22.29631	3.4	1.806	40.7
a1	-213.55978	0.2		
6	39.68662	5.7	1.697	55.5
stop	-21.23434	0.2		
8	-76.49347	2.8	1.689	31.2
9	24.81811	0.28796		
10	28.11617	10.0	1.734	51.1
11	-19.46732	0.5		
12	-21.07916	2.0	1.620	36.3
13	41.20070	17.2	1.805	25.5
14	-47.74581	20.2		
15	-19.64666	1.8	1.699	30.1
16	-285.50057	1.2		
17	-296.46506	2.3	1.583	30.2
a2	-296.46506	22		
19	-41.83187	6.5	1.493	58.3
a3	-28.78769	222.6		
a4	101.38793	-185		mirror
22	∞	235		mirror
23	∞	0		

非球面係数

面番号	5(a1)	18(a2)
k	94.803794	231.121259
A	5.68235E-05	7.22298E-06
B	9.96524E-08	1.21095E-08

面番号	20(a3)	21(a4)
k	-0.034091	-4.2611
AR1	0	0.0017037
AR2	2.3760E-03	-5.4703E-04
AR3	-1.3655E-05	2.2681E-07
AR4	2.0976E-06	-3.7501E-09
AR5	1.6646E-07	5.5657E-11
AR6	-7.5921E-09	2.2956E-14
AR7	6.4636E-11	-2.0653E-15
AR8	2.7930E-12	5.8043E-18

【図 35】



【図 36】

形状データ

面番号	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
1	∞	30		
2	∞	0		
3	-17.34243	1	1.673	32.2
4	18.31171	3.4	1.806	40.7
a1	-431.65942	0.2		
6	29.08428	5.7	1.697	55.5
stop	-22.39460	0.2		
8	-70.37449	2.8	1.689	31.2
9	20.78432	0.422916		
10	24.46057	10	1.734	51.1
11	-25.60922	0.5		
12	-27.87924	2.0	1.620	36.3
13	33.46787	17.2	1.805	25.5
14	-48.80317	20.2		
15	-16.72859	1.8	1.699	30.1
16	-472.97398	1.2		
17	-432.97164	2.3	1.583	30.2
a2	-432.97164	18.59086		
19	-47.05214	12	1.487	70.4
20	-31.45896	0.2		
21	-34.76999	2	1.493	58.3
a3	-36.76734	205.6		
a4	100.46532	-185		mirror
24	∞	235		mirror
25	∞	0		

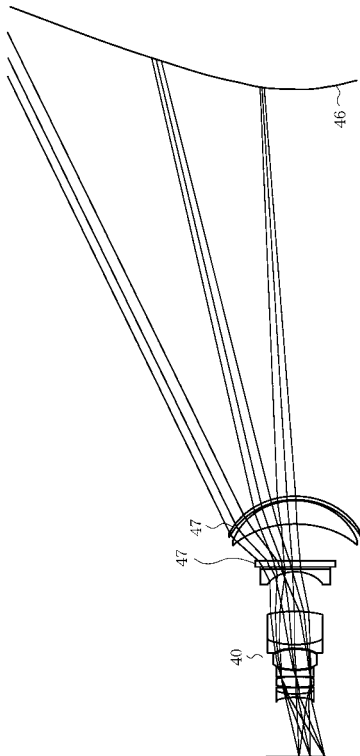
非球面係数

面番号	5(a1)	18(a2)
k	1123.385176	453.751298
A	5.72413E-05	1.02654E-05
B	1.15746E-07	-1.71142E-09

面番号	22(a3)
k	0.396525
A	8.66086E-07
B	1.02860E-09
C	-1.51387E-12
D	1.13359E-15

面番号	23(a4)
k	-4.3207
AR1	2.0932E-03
AR2	-5.3836E-04
AR3	3.0012E-07
AR4	-3.7476E-09
AR5	5.3519E-11
AR6	9.5182E-15
AR7	-2.0763E-15
AR8	6.2448E-18

【図 37】



【図 38】

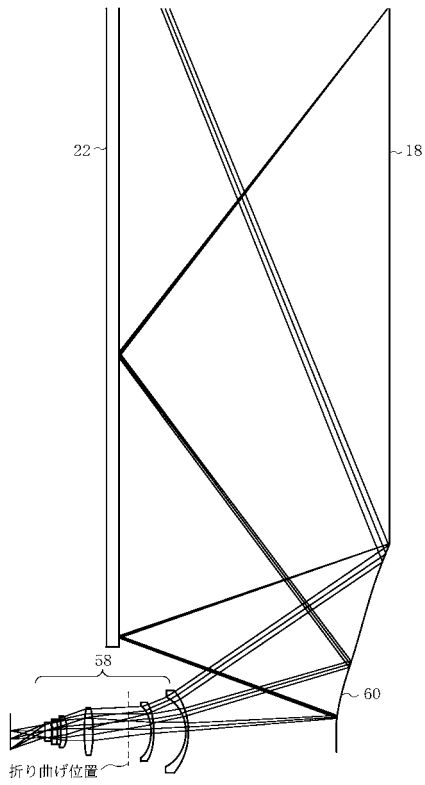
形状データ

面番号	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
1	∞	30		
stop	-13.4261664433	4.4	1.805	25.5
3	-18.5697706537	0.1		
4	∞	0		
5	96.5265031257	5.7	1.788	47.5
6	-17.4308819114	0.397498402225		
7	-16.4228675060	1	1.805	25.5
8	-60.2043783294	1.342174017		
9	-73.1869001667	1.8	1.689	31.2
10	173.0147244620	0.780042494674		
11	-129.3791808380	2.8	1.773	49.6
12	-33.6477898040	15.8750139763		
13	196.0051080580	5.2	1.805	39.6
14	-74.0063177141	52.0143705416		
15	-28.5012732493	1.3	1.581	40.9
16	-55.6266733382	28		
17	-30.9418208415	1.3	1.487	70.4
a1	-45.9668803671	128		
a2	85.3955888127	-190		mirror
20	∞	235		mirror
21	∞	0		

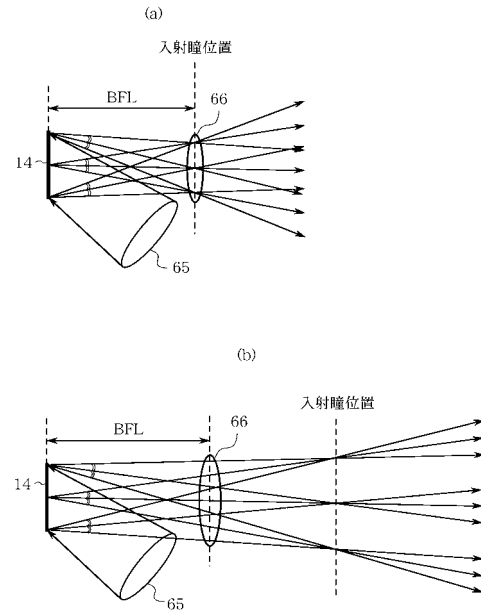
非球面係数

面番号	18(a1)	19(a2)
k	0.192778928749	-5.6077761791170
AR1	1.774508723E-03	-0.00114723527653
AR2	-8.68337658673E-04	-4.95421889495E-04
AR3	-4.78199895283E-07	-9.97000490749E-08
AR4	4.28880134809E-05	-6.48715736783E-09
AR5	-3.13809231047E-08	4.81877304832E-11
AR6	-8.86192485666E-10	8.84967561950E-14
AR7	2.69189766537E-11	-1.65622637933E-15
AR8	-8.33108856115E-14	4.1808393664E-18

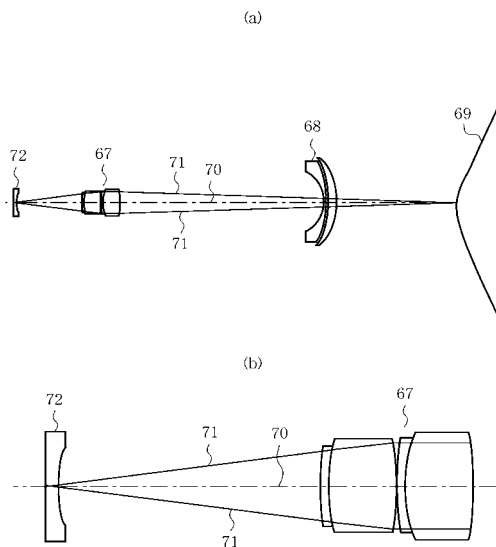
【図39】



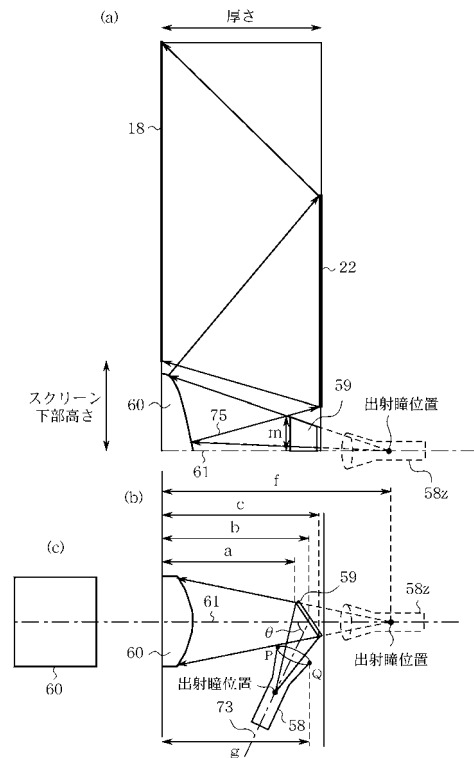
【図40】



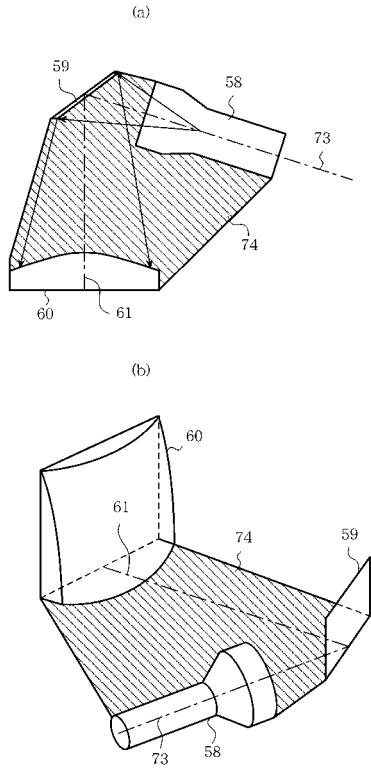
【図41】



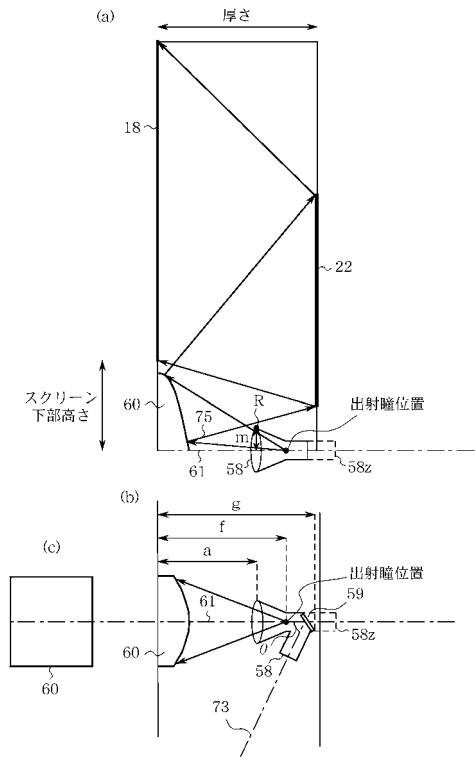
【図42】



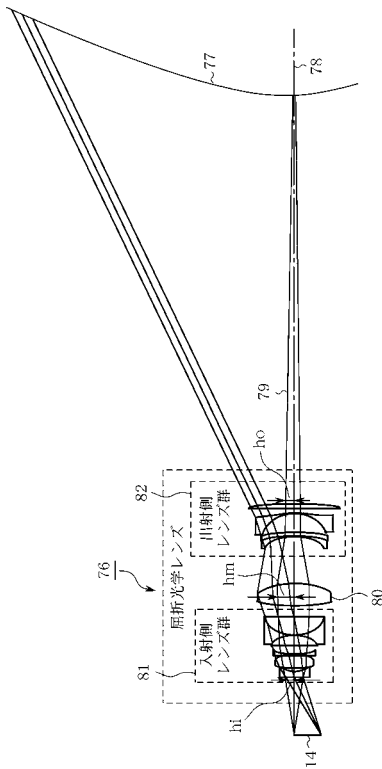
【図43】



【図44】



【図45】



【図46】

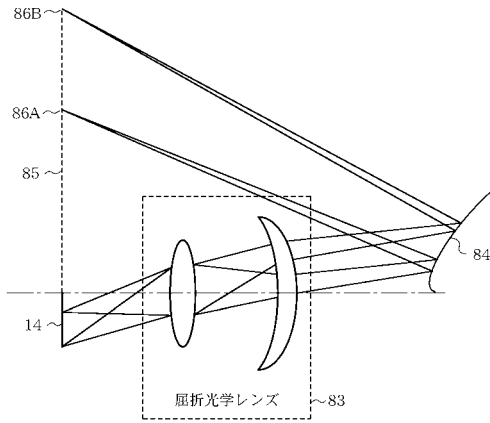
面番	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
1	∞	30		
2	∞	0.759413002		
3	-18.08246509	1.295315809	1.645	34.2
4	14.26967269	3.040801019	1.812	46.5
5	-89.85177999	0.1		
6	38.08047971	6.816794346	1.632	37.8
7	-22.10508829	0.1		
8	399.4581115	0.75	1.699	35.9
9	30.52687812	3.514449063		
10	178.9200255	5.969639512	1.753	51.6
11	-18.24854658	0.1		
12	-20.22028005	0.75	1.699	37.1
13	18.88427392	7.742297755	1.595	61.5
14	118.7889006	6.210410756		
15	75.82429822	11.42953737	1.805	25.4
16	-45.48096773	22.85514754		
17	-23.81888934	0.75	1.693	37.6
18	-78.5219672	0.948010192		
19	-54.73173658	0.75	1.578	41.3
20	234.0322249	1.20064284		
21	-80.15802174	8.419857503	1.608	60.9
22	-20.53147589	0.75	1.808	30.7
23	-48.10173307	2.838508965		
24	-2046.703797	1.728326726	1.722	28.6
25	-2.400127241	208.6471271		
26	98.10117698	-185		mirror
27	∞	235		mirror
28	∞	0		

面番	56a11	20(a2)
k	-4.32940673132E+17	-1.21826467670E-03
A	6.2901303842E-05	-5.88743894311E-06
B	1.37894561173E-07	-1.73532385497E-08
C	-7.06479561573E-10	1.18834320118E-11
D	5.53896680363E-12	-6.80313146301E-14

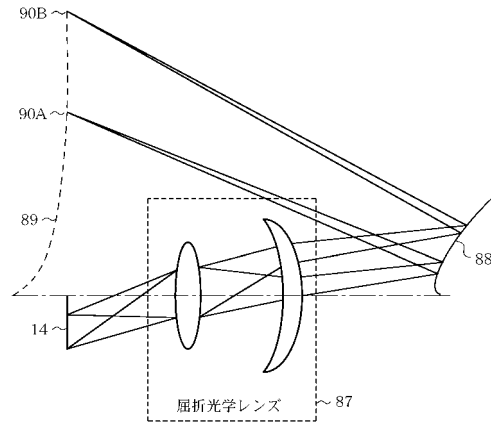
面番	23(a3)	25(a4)
k	-1.724906832	-1.50277096191E-15
A	7.74200201398E-06	-4.02340217867E-06
B	1.15498463977E-10	1.4992721050E-09
C	6.652228168877E-12	1.94579734847E-12
D	2.83368238833E-15	5.11946061831E-15

面番	26(a5)
k	-4.198831491
AR1	0.002910563
AR2	-0.000642464
AR3	4.3515321786E-07
AR4	-3.6279969587E-09
AR5	1.0215413586E-10
AR6	-1.0512922236E-13
AR7	-2.45238662418E-15
AR8	5.0201588526E-18
AR9	-7.7746888347E-21
AR10	1.8233746123E-23
AR11	4.0004474832E-25
AR12	1.8572076845E-27
AR13	1.0837222256E-29

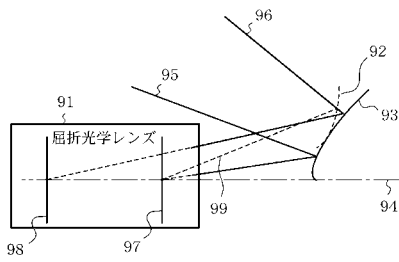
【図47】



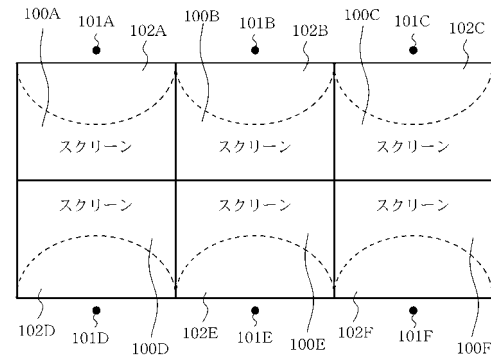
【図48】



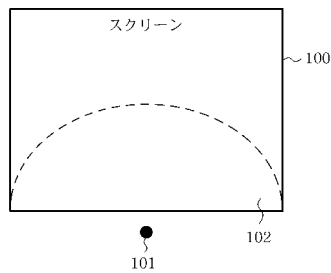
【図49】



【図51】



【図50】



【図52】

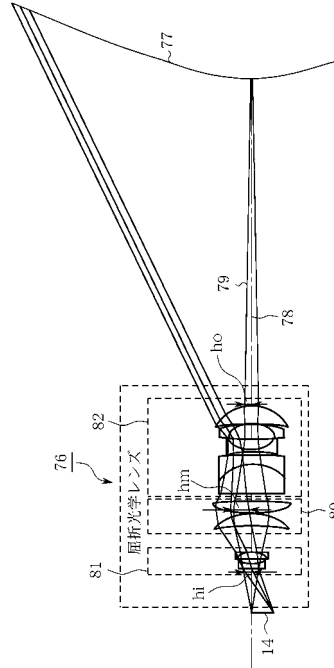
面番号	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
1	∞	30		
stop	∞	0		
3	-36.20569316	2.450194072	1.755200	27.5
4	12.28575345	2.84681536	1.743300	49.3
a1	-51.08200239	0.1		
6	60.74463277	4.40052074	1.729160	54.7
7	-11.85997421	0.75	1.805181	25.5
8	-87.60955983	18.16014798		
9	-100.7895973	7.55	1.805181	25.5
10	-31.95229299	0.1		
11	55.14907044	9.008423098	1.805181	25.5
12	-151.9493125	5.05		
13	1123.09334	20	1.696802	55.5
14	-24.68341928	6.516931913	1.805181	25.5
15	-226.0041685	1.971694287		
16	-47.77345182	1.3	1.806100	33.3
17	19.4398449	6.997754925	1.622994	58.1
18	122.6856621	9.290681858		
19	-18.03371133	1	1.805181	25.5
20	-61.36251152	0.2		
21	-213.3989174	12.93782856	1.496997	81.6
22	-27.1165052	0.3	1.525	49.0
a2	-27.1165053	220		
a3	97.9514514	-180		mirror
25	∞	230		mirror
26	∞	0		

非球面係数

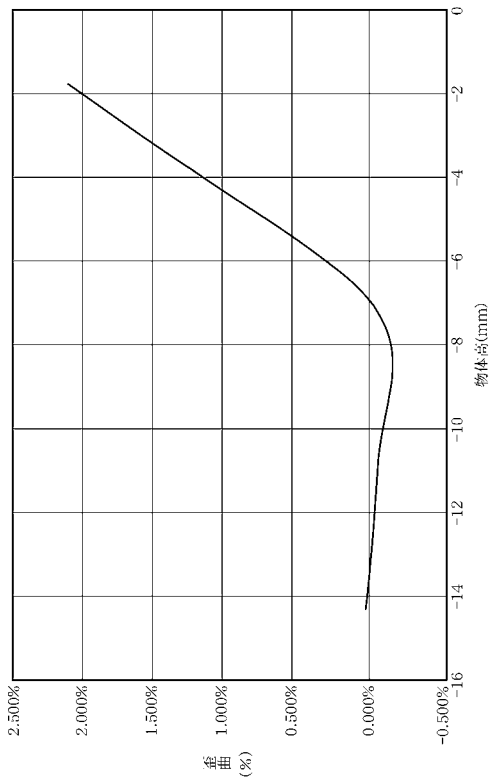
面番号	5(a1)	23(a2)
k	-4.32940673132E+17	-6.44192632533E-02
A	2.06464810175E-05	2.25891515654E-06
B	4.22130612543E-08	1.27763942489E-09
C	-4.28109161934E-10	-1.48949338494E-12
D	3.18505494008E-12	4.41143555338E-15

面番号	24(a3)
k	-5.890257058
A	-1.68371401519E-09
B	-3.15175891126E-13
C	1.85045591079E-17
D	-4.41896288674E-22
E	4.06924422352E-27

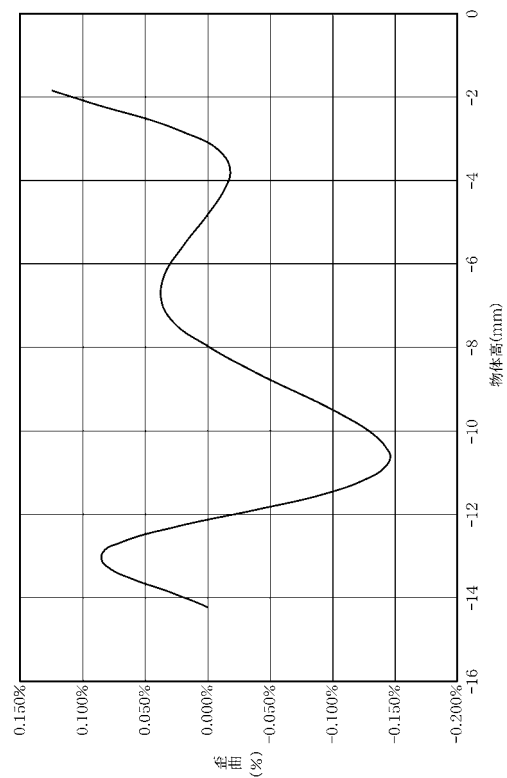
【図53】



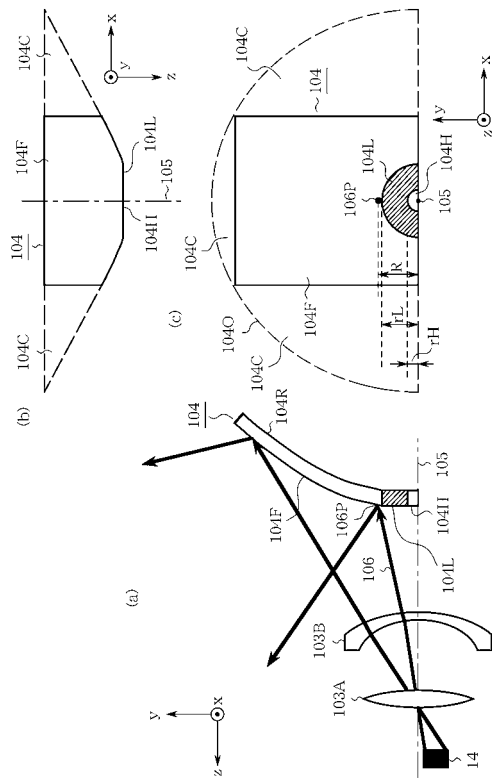
【図54】



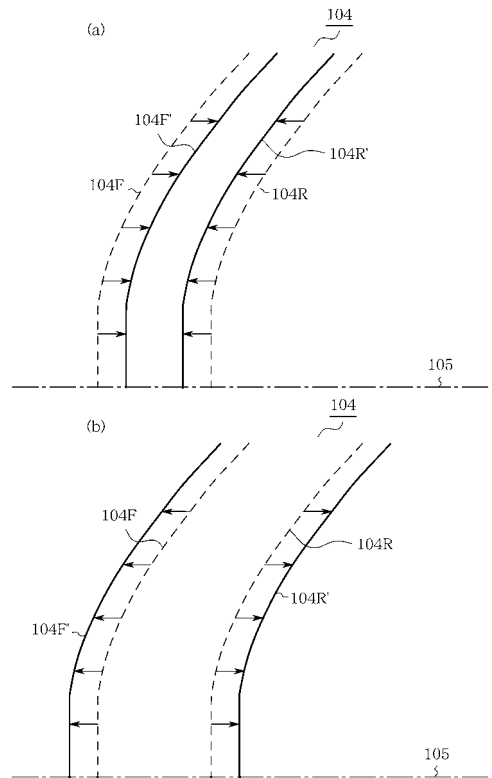
【図55】



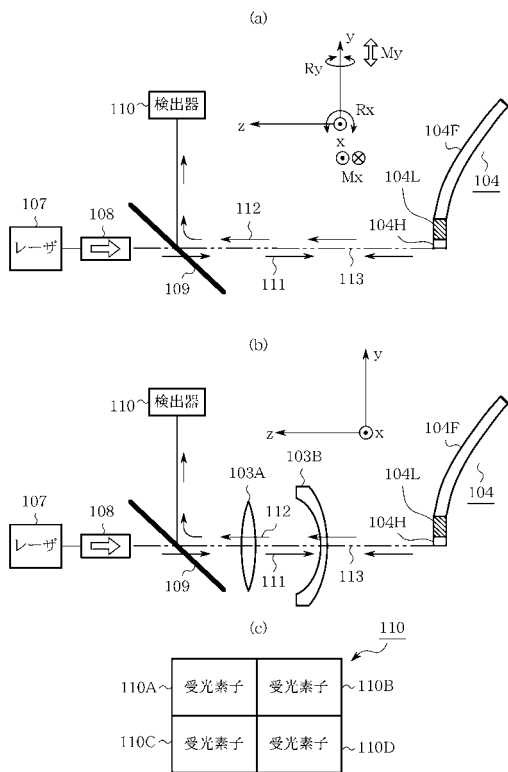
【図56】



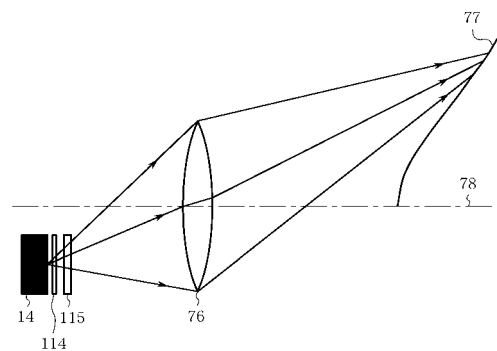
【図57】



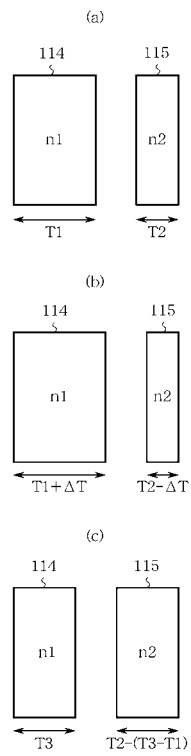
【図58】



【図59】



【図60】



【図61】

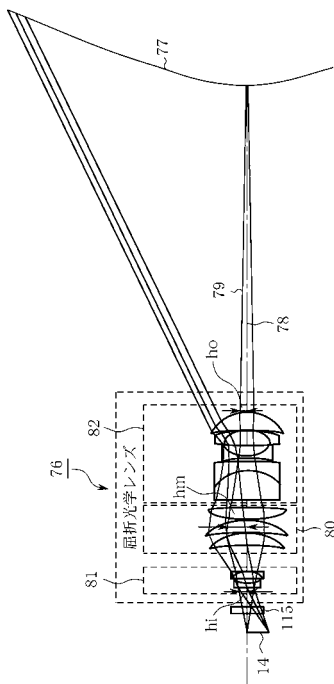
面番号	曲率半径(mm)	厚(mm)	屈折率nd	アッベ数vd
1	∞	16.968		
2	∞	4.5	1.487488	70.4
3	∞	10		
stop	∞	0		
5	-32.67553228	2.2	1.755200	27.5
6	12.58063824	3	1.743300	49.3
a1	-52.90163133	0.2		
8	61.0404767	4.4	1.729160	54.7
9	-11.15923642	0.75	1.805181	25.5
10	-76.60896233	15.79661203		
11	-124.8193679	7	1.805181	25.5
12	-38.93002102	0.2		
13	-443.3986638	7	1.805181	25.5
14	-52.34621034	0.2		
15	79.93164049	7	1.805181	25.5
16	-309.0136537	5.03		
17	-154.4333819	20	1.696802	55.5
18	-23.63819092	5.65	1.805181	25.5
19	-72.50920655	0.1		
20	-135.8874032	1.3	1.806100	33.3
21	19.12119784	6.033332559	1.622994	58.1
22	47.30795139	10.38100593		
23	-17.33118223	1	1.805181	25.5
24	-107.7455893	0.2		
25	6275.660982	13.85243075	1.496997	81.6
26	-28.5622612	0.3	1.517900	52.3
a2	-28.56225984	230		
a3	100.7024021	-180		mirror
29	∞	230		mirror
30	∞	0		

非球面係数

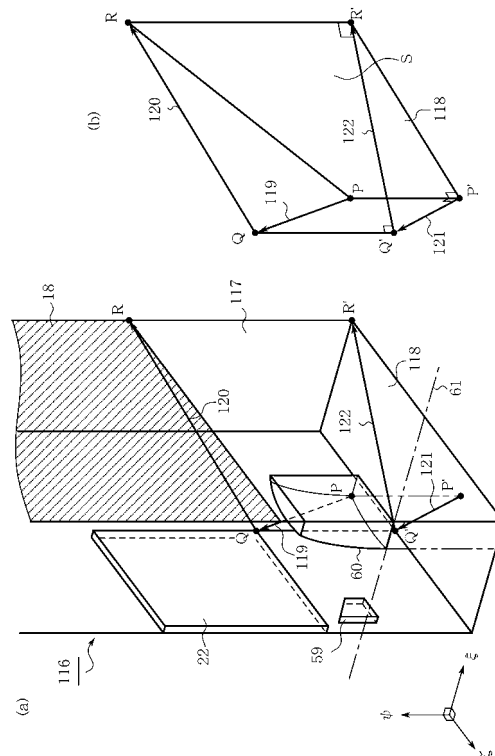
面番号	7(a1)	27(a2)
k	-4.32940673132E+17	-2.28341058574E-01
A	2.12269026040E-05	6.27190024566E-07
B	3.29700420778E-08	1.3772750580E-10
C	-8.29121655424E-10	-2.97585526938E-12
D	8.20349889370E-12	4.49026971395E-15

面番号	28(a3)
k	-5.53539236314
A	-1.01852653478E-08
B	3.39532791265E-13
C	-7.71671397273E-18
D	8.40279684117E-23

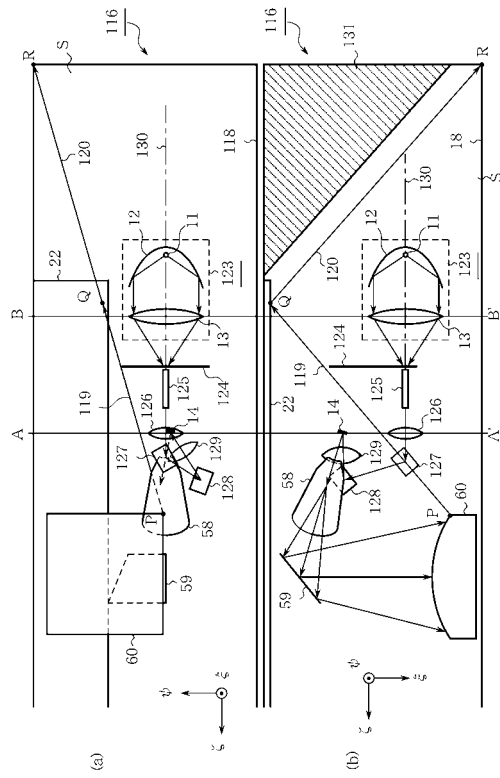
【図62】



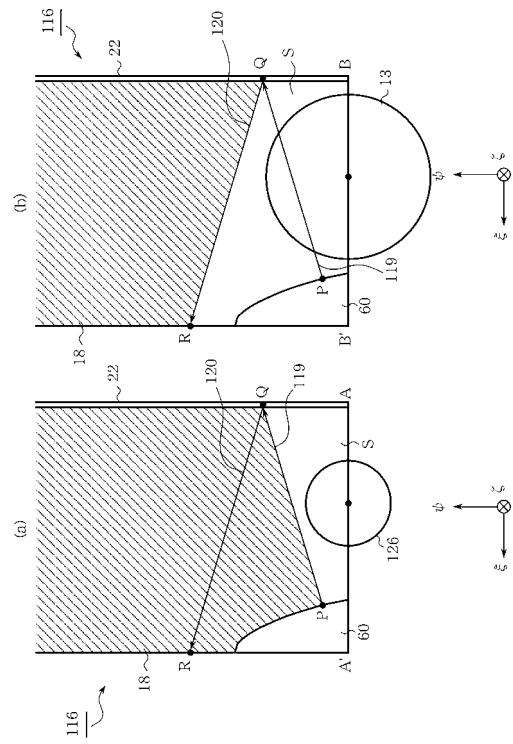
【図63】



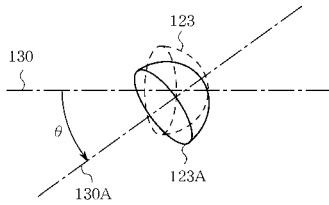
【 6 4 】



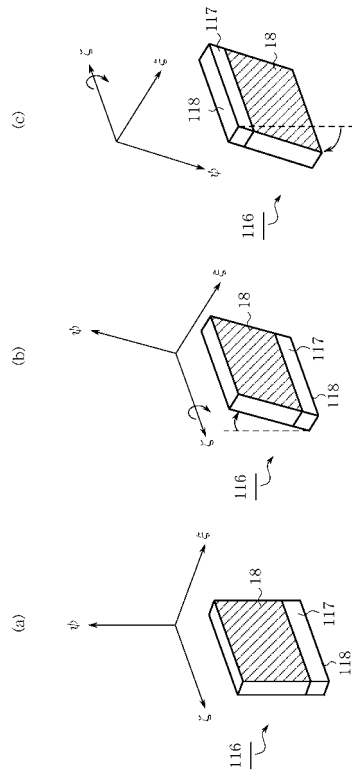
【 6 5 】



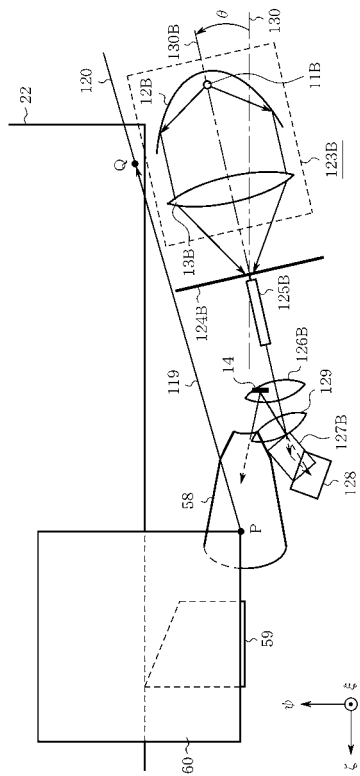
【 6 6 】



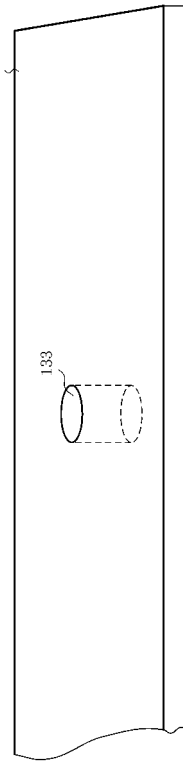
【 6 7 】



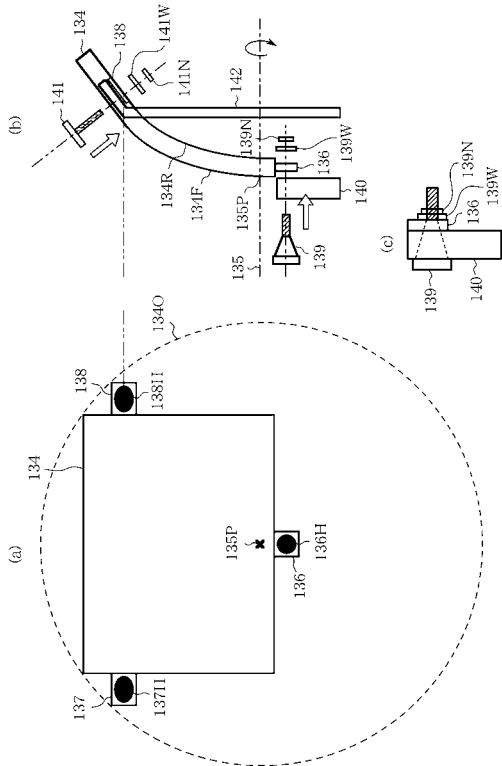
【 図 6 8 】



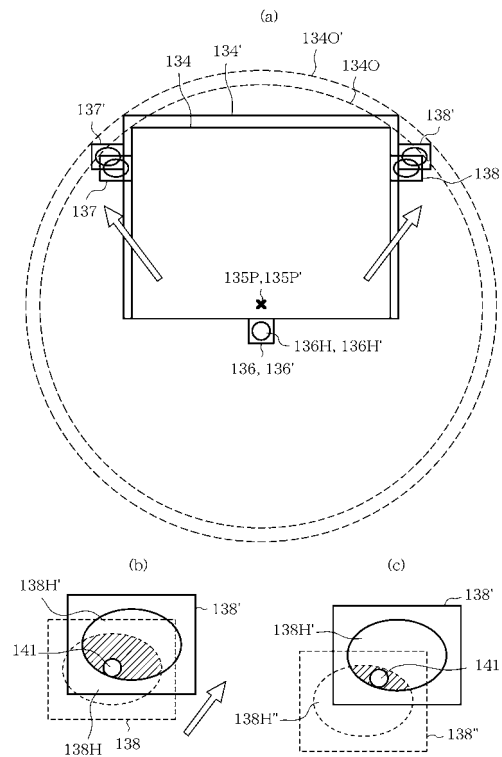
【 図 6 9 】



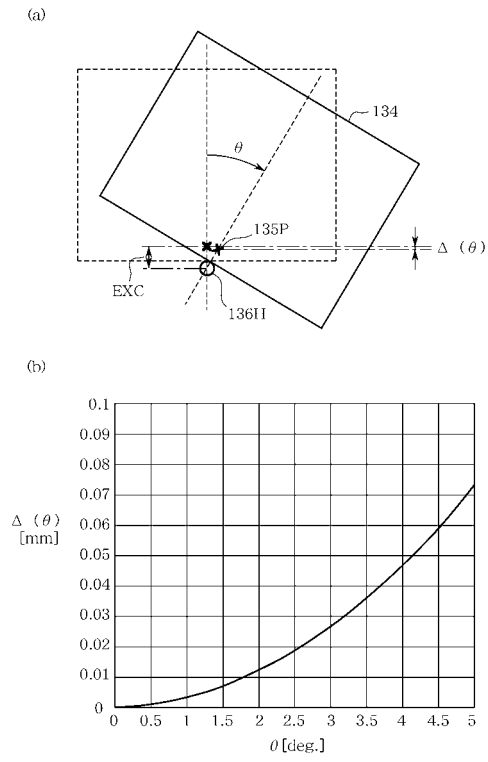
【 図 7 0 】



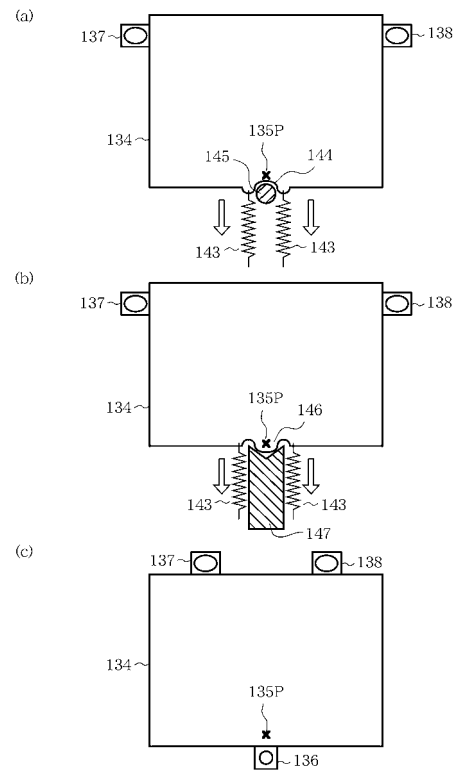
【 図 7 1 】



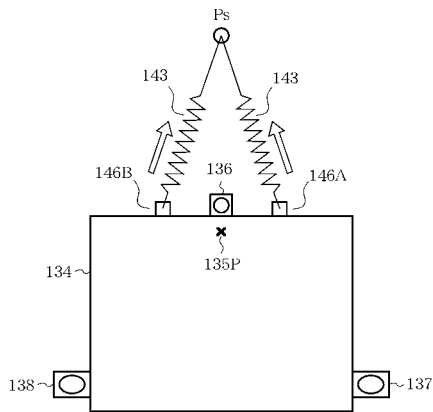
【 図 7 2 】



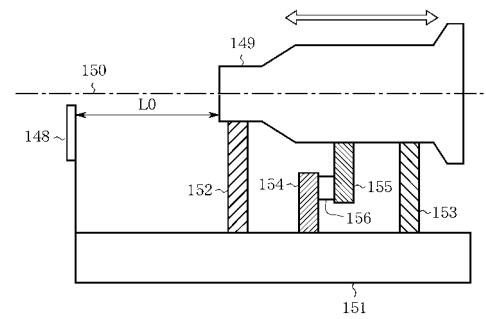
【 図 7 3 】



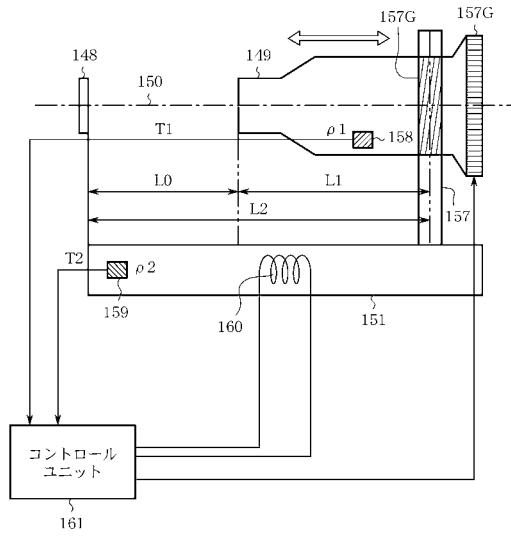
【 図 7 4 】



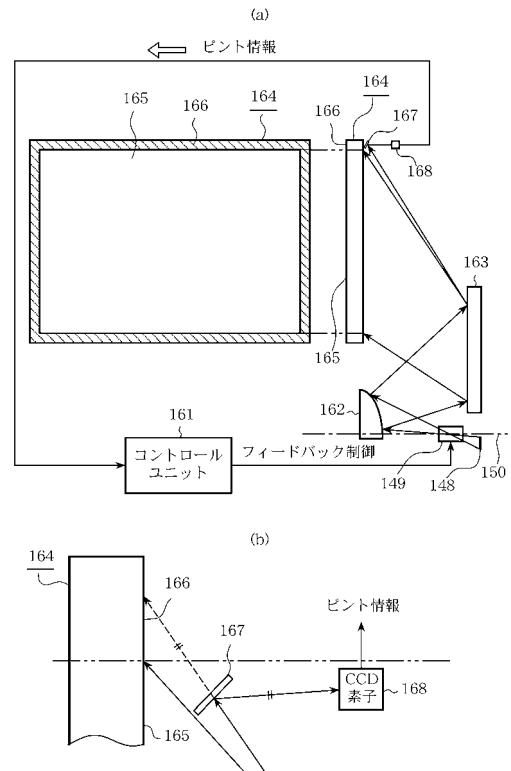
【 図 7 5 】



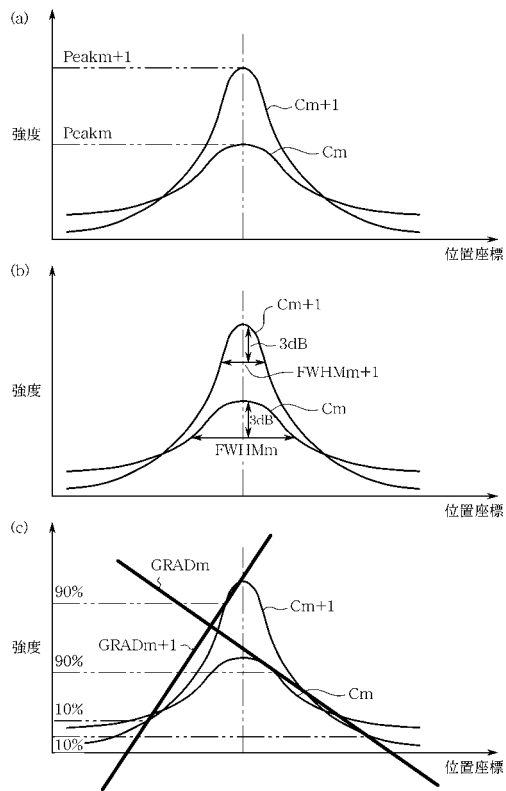
【図76】



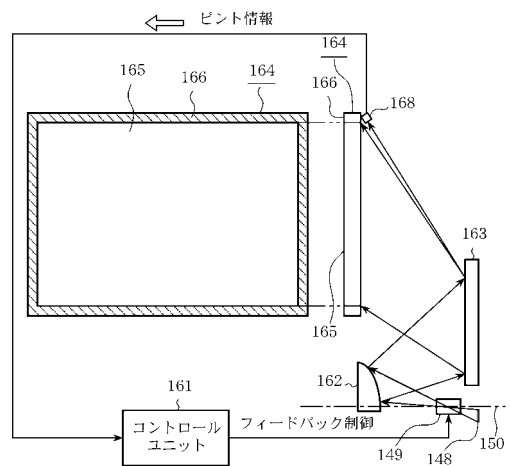
【図77】



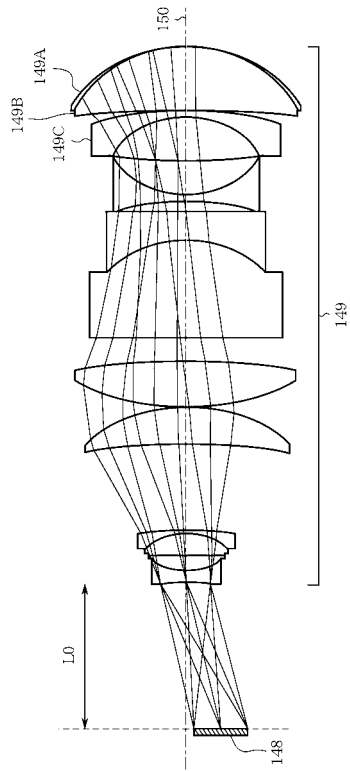
【図78】



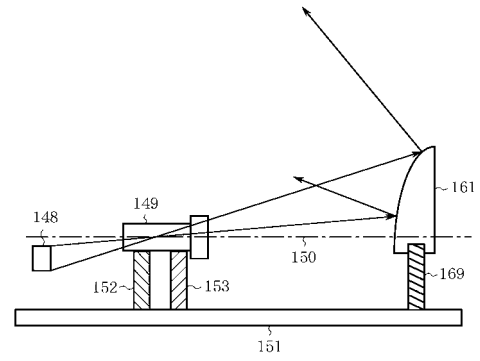
【図79】



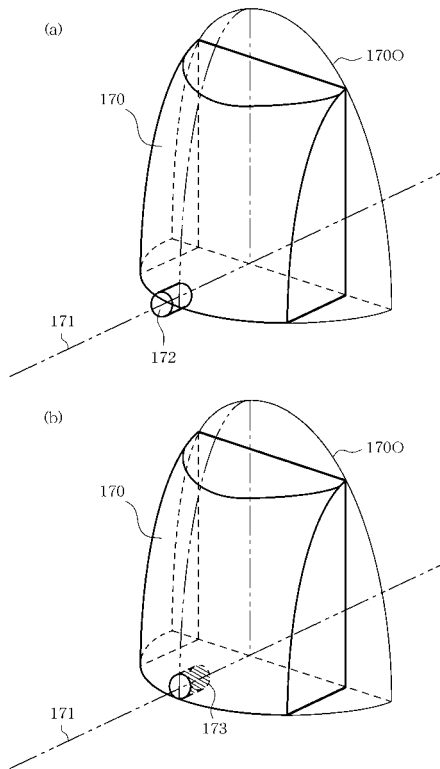
【図80】



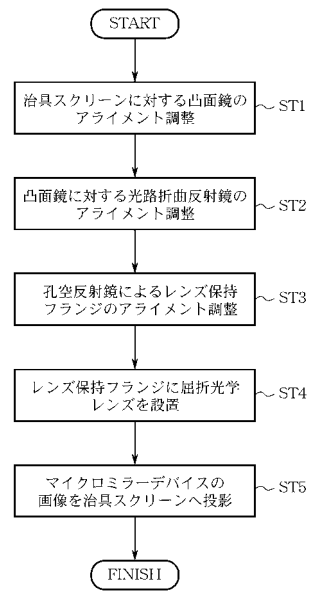
【図81】



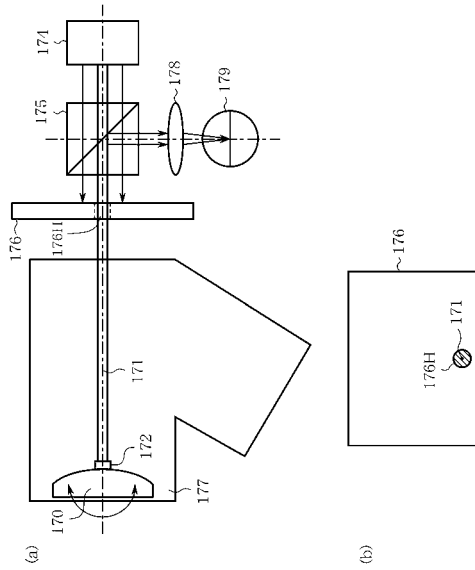
【図82】



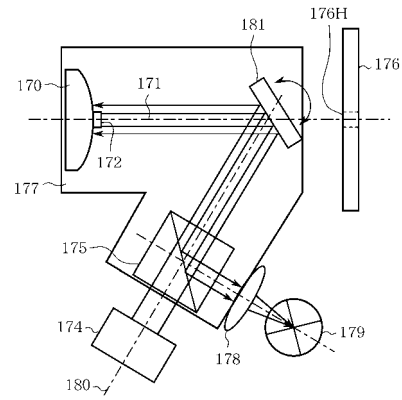
【図83】



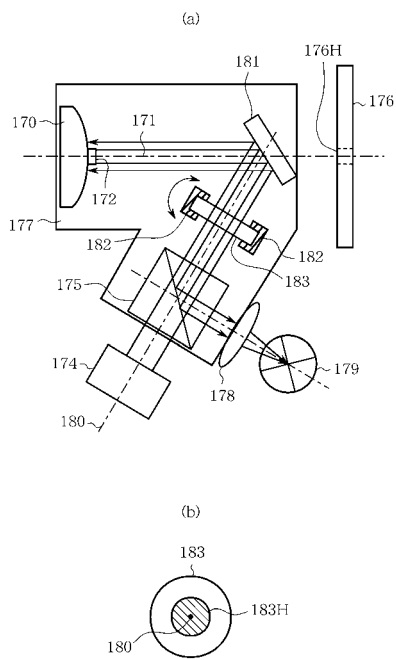
【 8 4 】



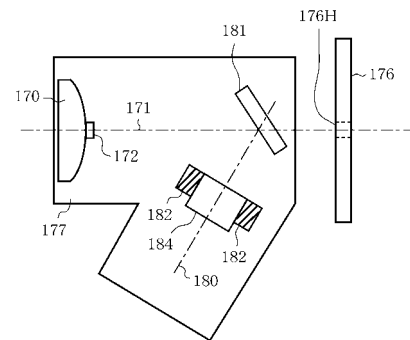
【 8 5 】



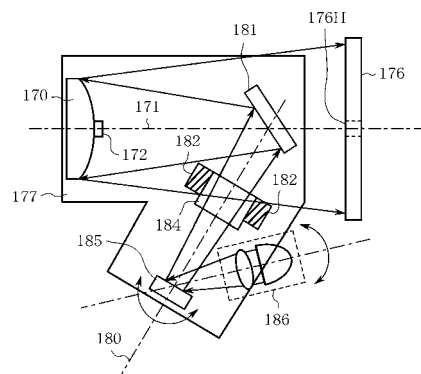
【 8 6 】



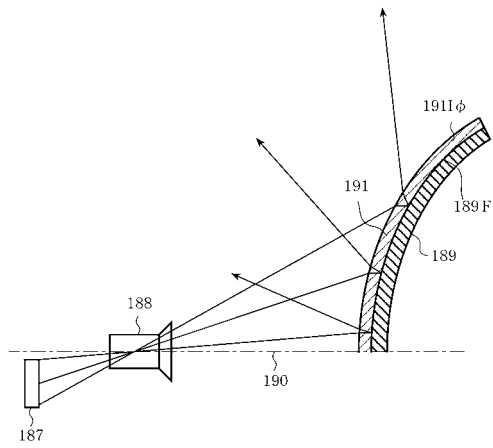
【 8 7 】



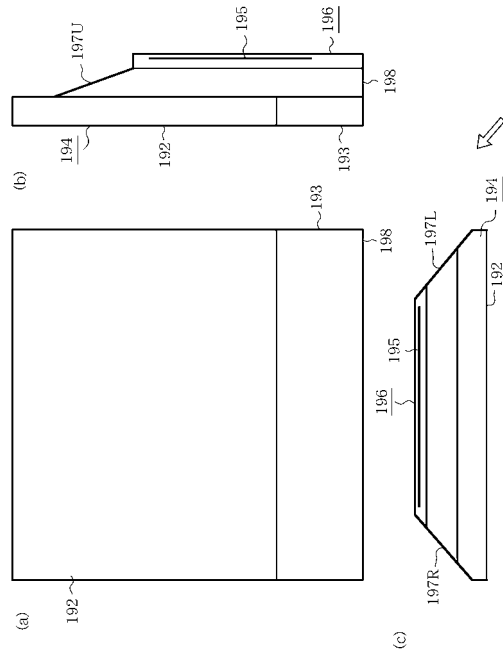
【 8 8 】



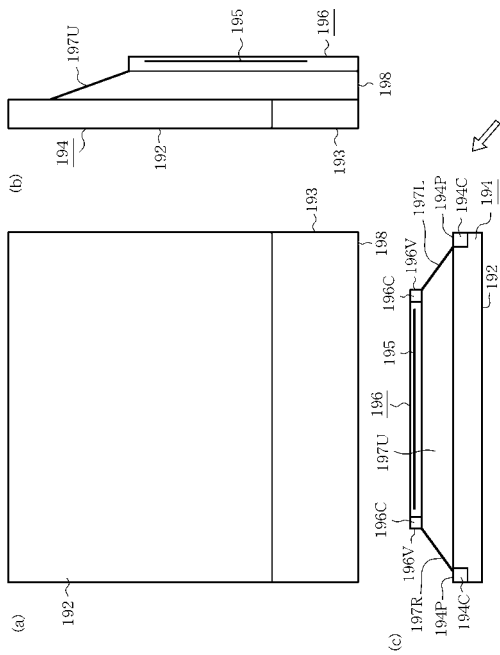
【図 89】



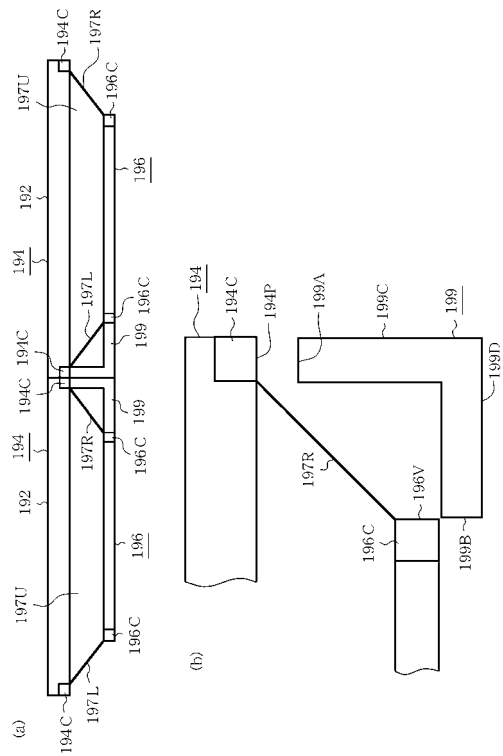
【図 90】



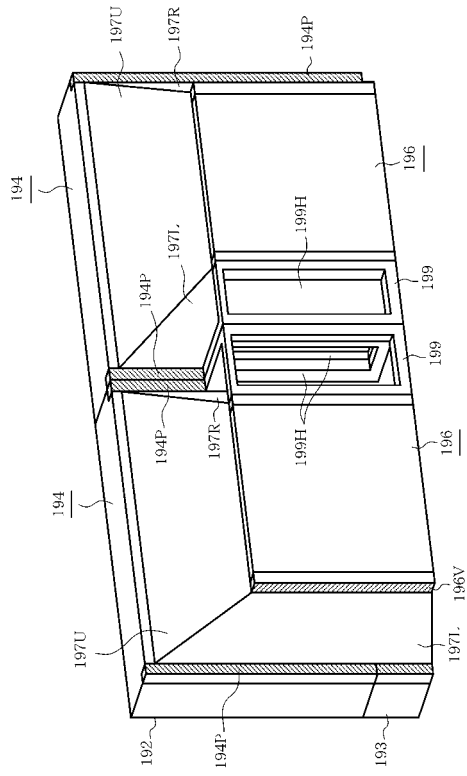
【図 91】



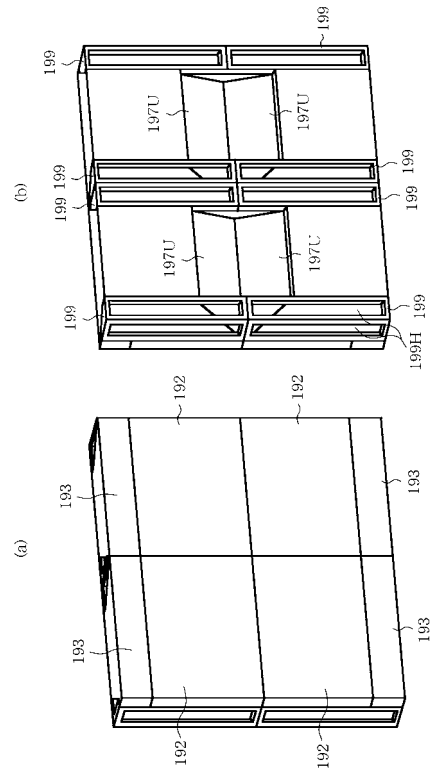
【図 92】



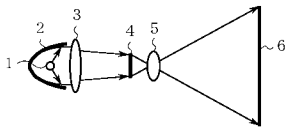
【 図 9 3 】



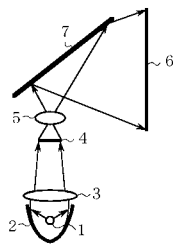
【 図 9 4 】



【 図 9 5 】



【 図 9 6 】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 特願2000-273723(P2000-273723)
(32)優先日 平成12年9月8日(2000.9.8)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願2000-313652(P2000-313652)
(32)優先日 平成12年10月13日(2000.10.13)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願2000-345571(P2000-345571)
(32)優先日 平成12年11月13日(2000.11.13)
(33)優先権主張国 日本国(JP)

- (72)発明者 鈴木 二郎
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 鹿間 信介
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 瀬川 勝久

- (56)参考文献 特開平9 - 138349(JP, A)
特開平9 - 179064(JP, A)
実開平7 - 41519(JP, U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 27/18
G03B 17/00 - 17/08
G03B 21/10