

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7259411号
(P7259411)

(45)発行日 令和5年4月18日(2023.4.18)

(24)登録日 令和5年4月10日(2023.4.10)

(51)国際特許分類	F I
G 0 2 B 17/08 (2006.01)	G 0 2 B 17/08
G 0 2 B 13/16 (2006.01)	G 0 2 B 13/16
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18
G 0 3 B 21/14 (2006.01)	G 0 3 B 21/14 Z

請求項の数 18 (全27頁)

(21)出願番号	特願2019-37325(P2019-37325)	(73)特許権者	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(22)出願日	平成31年3月1日(2019.3.1)	(74)代理人	100179475 弁理士 仲井 智至
(65)公開番号	特開2020-140153(P2020-140153 A)	(74)代理人	100216253 弁理士 松岡 宏紀
(43)公開日	令和2年9月3日(2020.9.3)	(74)代理人	100225901 弁理士 今村 真之
審査請求日	令和4年1月19日(2022.1.19)	(72)発明者	柳澤 博隆 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ コーエプソン株式会社内
		(72)発明者	守国 栄時 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ コーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 投写光学系、投写型画像表示装置、および撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

縮小側から拡大側に向かって順に、第1光学系と、第2光学系と、からなり、縮小側結像面と拡大側結像面との間に中間像を形成する投写光学系において、

前記第2光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、第1透過面、反射面、および第2透過面を有する光学素子であり、

前記第1透過面と前記反射面とは、予め設定した仮想軸の一方側に位置し、

前記第2透過面は、前記仮想軸の他方側に位置し、

前記反射面は、凹曲面形状を備え、

前記第2透過面は、前記拡大側に突出する凸曲面形状を備え、

前記光学素子は、当該光学素子を通過する光線の光路上に、第1部材部分と、前記第1部材部分とは材質の異なる第2部材部分と、

を備え、

前記第2部材部分は、前記第1部材部分よりも耐熱性が高く、

前記第2部材部分には、前記光学素子に入射した光線の光束径が最も小さくなる領域の少なくとも一部分が重なることを特徴とする投写光学系。

【請求項2】

前記中間像は、前記光学素子における前記第1透過面と前記反射面との間に位置することを特徴とする請求項1に記載の投写光学系。

【請求項3】

前記第 2 部材部分は、前記第 1 部材部分よりも光線の透過率が高いことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の投写光学系。

【請求項 4】

互いに直交する 3 軸を X 軸、Y 軸、および Z 軸とし、前記仮想軸が延びる方向を Z 軸方向、前記 Y 軸の一方側を上方、前記 Y 軸の他方側を下方、前記 X 軸と垂直で前記 Y 軸および前記 Z 軸を含む面を YZ 平面とした場合に、

前記第 2 透過面の有効光線範囲の Y 軸方向の上端を通過する上端光束の上周辺光線および当該有効光線範囲の Y 軸方向の下端を通過する下端光束の上周辺光線が YZ 平面上で交差する上側交点と、前記上端光束の下周辺光線および前記下端光束の下周辺光線が前記 YZ 平面上で交差する下側交点とを結ぶ仮想線は、前記 YZ 平面で前記仮想軸に垂直な仮想垂直線に対して傾斜していることを特徴とする請求項 1 から 3 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

10

【請求項 5】

瞳は、前記光学素子の内側で、前記仮想軸に垂直な面に対して傾斜していることを特徴とする請求項 1 から 4 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 6】

前記中間像は、前記第 2 部材部分に形成されることを特徴とする請求項 1 から 5 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 7】

前記第 1 透過面、前記反射面、および前記第 2 透過面は、前記第 1 部材部分に設けられていることを特徴とする請求項 1 から 6 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

20

【請求項 8】

前記第 1 透過面および前記第 2 透過面は、前記第 1 部材部分に設けられており、前記反射面は、前記第 2 部材部分に設けられていることを特徴とする請求項 1 から 6 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 9】

前記第 1 透過面および前記反射面は、前記第 1 部材部分に設けられており、前記第 2 透過面は、前記第 2 部材部分に設けられていることを特徴とする請求項 1 から 6 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 10】

前記第 2 部材部分の材質は、ガラスであることを特徴とする請求項 1 から 9 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

30

【請求項 11】

前記第 1 部材部分の材質は、樹脂であることを特徴とする請求項 1 から 10 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 12】

前記第 1 部材部分と前記第 2 部材部分との接合面は、互に対応する面形状を備えることを特徴とする請求項 1 から 11 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 13】

前記第 1 透過面、前記反射面、および前記第 2 透過面のうちのいずれかは、非球面であることを特徴とする請求項 1 から 12 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

40

【請求項 14】

前記光学素子は、前記反射面よりも拡大側に絞りを備えることを特徴とする請求項 1 から 13 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 15】

前記第 1 光学系は、屈折光学系であることを特徴とする請求項 1 から 14 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 16】

請求項 1 から 15 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系と、前記縮小側結像面に投写画像を形成する画像形成部と、

50

を有することを特徴とする投写型画像表示装置。

【請求項 17】

請求項 1 から 16 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系と、
前記縮小側結像面に配置された撮像素子と、
を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 18】

縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系と、第 2 光学系と、からなり、縮小側結像面と拡大側結像面との間に中間像を形成する投写光学系において、
前記第 2 光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 透過面、反射面、および第 2 透過面を有する光学素子であり、
前記第 1 透過面と前記反射面とは、予め設定した仮想軸の一方側に位置し、
前記第 2 透過面は、前記仮想軸の他方側に位置し、
前記反射面は、凹曲面形状を備え、
前記第 2 透過面は、前記拡大側に突出する凸曲面形状を備え、
前記光学素子は、当該光学素子を通過する光線の光路上に、第 1 部材部分と、前記第 1 部材部分とは材質の異なる第 2 部材部分と、
を備えている投写光学系と、
前記縮小側結像面に配置された撮像素子と、
を有することを特徴とする撮像装置。

10

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、中間像の拡大側に凹形状の反射面を備える投写光学系、投写光学系を備える投写型画像表示装置、および投写光学系を備える撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

画像形成部が形成した投写画像を、投写光学系により拡大して投射する投写型画像表示装置は特許文献 1 に記載されている。同文献の投写光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に第 1 光学系と第 2 光学系とからなる。第 1 光学系は屈折光学系を備える。第 2 光学系は凹曲面形状の反射ミラーからなる。画像形成部は、光源とライトバルブとを備える。画像形成部は、投写光学系の縮小側結像面に投写画像を形成する。投写光学系は、第 1 光学系と反射面との間に中間像を形成し、拡大側結像面に配置されたスクリーンに最終像を投写する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2010 - 20344 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 の投写光学系では、投写距離を短くすると、反射ミラーの縮小側に位置する中間像が第 1 光学系の光軸に沿う方向に傾斜する。ここで、中間像は、傾斜するのに伴って、大きくなる。中間像が大きくなると、中間像の拡大側に位置する反射ミラーを大きくする必要が生じる。従って、中間像の拡大側に反射ミラーのみを備える投写光学系では、投写距離を短くする場合に、反射ミラーが大型化しやすいという問題がある。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の課題を解決するために、本発明は、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系と、第 2 光学系と、からなり、縮小側結像面と拡大側結像面との間に中間像を形成する投写光学系において、前記第 2 光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 透過面

50

、反射面、および第2透過面を有する光学素子であり、前記第1透過面と前記反射面とは、予め設定した仮想軸の一方側に位置し、前記第2透過面は、前記仮想軸の他方側に位置し、前記反射面は、凹曲面形状を備え、前記第2透過面は、前記拡大側に突出する凸曲面形状を備え、前記光学素子は、当該光学素子を通する光線の光路上に第1部材部分と、前記第1部材部分とは材質の異なる第2部材部分と、を備えることを特徴とする。

また、本発明に係る投写光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、第1光学系と、第2光学系と、からなり、縮小側結像面と拡大側結像面との間に中間像を形成する投写光学系において、前記第2光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、第1透過面、反射面、および第2透過面を有する光学素子であり、前記第1透過面と前記反射面とは、予め設定した仮想軸の一方側に位置し、前記第2透過面は、前記仮想軸の他方側に位置し、前記反射面は、凹曲面形状を備え、前記第2透過面は、前記拡大側に突出する凸曲面形状を備え、前記光学素子は、当該光学素子を通する光線の光路上に、第1部材部分と、前記第1部材部分とは材質の異なる第2部材部分と、を備え、前記第2部材部分は、前記第1部材部分よりも耐熱性が高く、前記第2部材部分には、前記光学素子に入射した光線の光束径が最も小さくなる領域の少なくとも一部分が重なることを特徴とする。

また、本発明に係る撮像装置は、縮小側から拡大側に向かって順に、第1光学系と、第2光学系と、からなり、縮小側結像面と拡大側結像面との間に中間像を形成する投写光学系において、前記第2光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、第1透過面、反射面、および第2透過面を有する光学素子であり、前記第1透過面と前記反射面とは、予め設定した仮想軸の一方側に位置し、前記第2透過面は、前記仮想軸の他方側に位置し、前記反射面は、凹曲面形状を備え、前記第2透過面は、前記拡大側に突出する凸曲面形状を備え、前記光学素子は、当該光学素子を通する光線の光路上に、第1部材部分と、前記第1部材部分とは材質の異なる第2部材部分と、を備えている投写光学系と、前記縮小側結像面に配置された撮像素子と、を有することを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】投写光学系を備える投写型画像表示装置の概略構成図である。

【図2】投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

【図3】実施例1の投写光学系の光線図である。

【図4】第2光学系の光線図である。

【図5】第2光学系を構成する光学素子の材質の説明図である。

【図6】中間像の拡大側に反射面のみを備える場合の倍率の説明図である。

【図7】中間像の拡大側に反射面と第2透過面を備える場合の倍率の説明図である。

【図8】スクリーンの上方に達する光束の開き角度の説明図である。

【図9】スクリーンの下方に達する光束の開き角度の説明図である。

【図10】実施例1の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図11】実施例2の投写光学系の光線図である。

【図12】実施例2の第2光学系の光線図である。

【図13】実施例2の第2光学系を構成する光学素子の材質の説明図である。

【図14】実施例2の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図15】実施例3の投写光学系の光線図である。

【図16】実施例3の第2光学系の光線図である。

【図17】実施例3の第2光学系を構成する光学素子の材質の説明図である。

【図18】実施例3の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図19】光学素子の変形例の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下に図面を参照して、本発明の実施形態に係る投写光学系およびこれを備える投写型画像表示装置について詳細に説明する。

【0008】

10

20

30

40

50

(投写型画像表示装置)

図 1 は本発明の投写光学系を備える投写型画像表示装置の概略構成図である。図 1 に示すように、投写型画像表示装置 1 は、スクリーン S に投写する画像光を生成する画像形成部 2 と、画像光を拡大して投写する投写光学系 3 と、画像形成部 2 の動作を制御する制御部 4 とを備える。

【 0 0 0 9 】

(画像光生成光学系および制御部)

画像形成部 2 は、光源 1 0、第 1 インテグレートレンズ 1 1、第 2 インテグレートレンズ 1 2、偏光変換素子 1 3、重畳レンズ 1 4 を備える。光源 1 0 は、例えば、超高圧水銀ランプ、固体光源等で構成される。第 1 インテグレートレンズ 1 1 および第 2 インテグレートレンズ 1 2 は、アレイ状に配列された複数のレンズ素子をそれぞれ有する。第 1 インテグレートレンズ 1 1 は、光源 1 0 からの光束を複数に分割する。第 1 インテグレートレンズ 1 1 の各レンズ素子は、光源 1 0 からの光束を第 2 インテグレートレンズ 1 2 の各レンズ素子の近傍に集光させる。

【 0 0 1 0 】

偏光変換素子 1 3 は、第 2 インテグレートレンズ 1 2 からの光を所定の直線偏光に変換させる。重畳レンズ 1 4 は、第 1 インテグレートレンズ 1 1 の各レンズ素子の像を、第 2 インテグレートレンズ 1 2 を介して、後述する液晶パネル 1 8 R、液晶パネル 1 8 G、および、液晶パネル 1 8 B の表示領域上で重畳させる。

【 0 0 1 1 】

また、画像形成部 2 は、第 1 ダイクロイックミラー 1 5、反射ミラー 1 6 およびフィールドレンズ 1 7 R、および、液晶パネル 1 8 R を備える。第 1 ダイクロイックミラー 1 5 は、重畳レンズ 1 4 から入射した光線の一部である R 光を反射させ、重畳レンズ 1 4 から入射した光線の一部である G 光および B 光を透過させる。第 1 ダイクロイックミラー 1 5 で反射された R 光は、反射ミラー 1 6 およびフィールドレンズ 1 7 R を経て、液晶パネル 1 8 R へ入射する。液晶パネル 1 8 R は R 光を画像信号に応じて変調することにより、赤色の投写画像を形成する。

【 0 0 1 2 】

さらに、画像形成部 2 は、第 2 ダイクロイックミラー 2 1、フィールドレンズ 1 7 G、および、液晶パネル 1 8 G を備える。第 2 ダイクロイックミラー 2 1 は、第 1 ダイクロイックミラー 1 5 からの光線の一部である G 光を反射させ、第 1 ダイクロイックミラー 1 5 からの光線の一部である B 光を透過させる。第 2 ダイクロイックミラー 2 1 で反射された G 光は、フィールドレンズ 1 7 G を経て、液晶パネル 1 8 G へ入射する。液晶パネル 1 8 G は画像表示素子である。液晶パネル 1 8 G は G 光を画像信号に応じて変調することにより、緑色の投写画像を形成する。

【 0 0 1 3 】

また、画像形成部 2 は、リレーレンズ 2 2、反射ミラー 2 3、リレーレンズ 2 4、反射ミラー 2 5、およびフィールドレンズ 1 7 B、および、液晶パネル 1 8 B を備える。第 2 ダイクロイックミラー 2 1 を透過した B 光は、リレーレンズ 2 2、反射ミラー 2 3、リレーレンズ 2 4、反射ミラー 2 5、およびフィールドレンズ 1 7 B を経て、液晶パネル 1 8 B へ入射する。液晶パネル 1 8 B は画像表示素子である。液晶パネル 1 8 B は B 光を画像信号に応じて変調することにより、青色の投写画像を形成する。

【 0 0 1 4 】

液晶パネル 1 8 R、液晶パネル 1 8 G、および、液晶パネル 1 8 B は、クロスダイクロイックプリズム 1 9 を 3 方向から囲んでいる。クロスダイクロイックプリズム 1 9 は、光合成用のプリズムであり、各液晶パネル 1 8 R、1 8 G、1 8 B で変調された光を合成して画像光を生成する。

【 0 0 1 5 】

投写光学系 3 は、クロスダイクロイックプリズム 1 9 が合成した画像光 (各液晶パネル 1 8 R、1 8 G、1 8 B が形成した投写画像) をスクリーン S に拡大して投写する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

制御部 4 は、ビデオ信号等の外部画像信号が入力される画像処理部 6 と、画像処理部 6 から出力される画像信号に基づいて液晶パネル 1 8 R、液晶パネル 1 8 G および液晶パネル 1 8 B を駆動する表示駆動部 7 とを備える。

【 0 0 1 7 】

画像処理部 6 は、外部の機器から入力された画像信号を各色の諧調等を含む画像信号に変換する。表示駆動部 7 は、画像処理部 6 から出力された各色の投写画像信号に基づいて液晶パネル 1 8 R、液晶パネル 1 8 G および液晶パネル 1 8 B を動作させる。これにより、画像処理部 6 は、画像信号に対応した投写画像を液晶パネル 1 8 R、液晶パネル 1 8 G および液晶パネル 1 8 B に表示する。

10

【 0 0 1 8 】

(投写光学系)

次に、投写光学系 3 を説明する。以下では、投写型画像表示装置 1 に搭載される投写光学系 3 の構成例として実施例 1 から 4 を説明する。

【 0 0 1 9 】

(実施例 1)

図 2 は本発明の投写光学系 3 の全体を模式的に表す光線図である。図 2 では、投写光学系 3 からスクリーン S に到達する 1 1 本の光束 F 1 ~ F 1 1 を模式的に示している。光束 F 1 は最も像高が低い位置に達する光束である。光束 F 1 1 は最も像高が高い位置に達する光束である。光束 F 2 から光束 F 1 0 は、光束 F 1 と光束 F 1 1 との間の各高さ位置に到達する光束である。図 3 は、実施例 1 の投写光学系の光線図である。図 4 は第 2 光学系の光線図である。図 5 は第 2 光学系を構成する光学素子の材質の説明図である。

20

【 0 0 2 0 】

本例の投写光学系 3 A は、図 2 に示すように、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系 3 1 と、第 2 光学系 3 2 と、からなる。図 3、図 4 に示すように、投写光学系 3 A は、縮小側結像面と拡大側結像面との間に中間像 3 3 を形成する。本例では、中間像 3 3 は第 2 光学系 3 2 の内側に形成される。なお、中間像 3 3 は、第 2 光学系 3 2 の内側に形成されなくてもよい。

【 0 0 2 1 】

第 1 光学系 3 1 は、複数枚のレンズを備える屈折光学系である。本例では、第 1 光学系 3 1 は 1 5 枚のレンズを備える。第 2 光学系 3 2 は 1 枚の光学素子 3 5 A からなる。中間像 3 3 は、光学素子 3 5 A の内側に形成される。

30

【 0 0 2 2 】

縮小側結像面には、画像形成部 2 の液晶パネル 1 8 R、液晶パネル 1 8 G および液晶パネル 1 8 B が配置されている。図 2、図 3 では 3 枚の液晶パネル 1 8 R、1 8 G、1 8 B のうちの一枚である液晶パネル 1 8 G を示す。液晶パネル 1 8 R、液晶パネル 1 8 G および液晶パネル 1 8 B は、縮小側結像面における第 1 光学系 3 1 の光軸 N の一方側に投写画像を形成する。拡大側結像面にはスクリーン S が配置されている。

【 0 0 2 3 】

図 3 に示すように、第 1 光学系 3 1 は、クロスダイクロイックプリズム 1 9 と、1 5 枚のレンズ L 1 ~ L 1 5 を有する。第 1 レンズ L 1 ~ 第 1 5 レンズ L 1 5 は縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。本例では、第 2 レンズ L 2 と第 3 レンズ L 3 は接合された第 1 接合レンズ L 2 1 である。第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 は接合された第 2 接合レンズ L 2 2 である。第 1 1 レンズ L 1 1 と第 1 2 レンズ L 1 2 は接合された第 3 接合レンズ L 2 3 である。第 1 3 レンズ L 1 3 および第 1 4 レンズ L 1 4 は接合された第 4 接合レンズ L 2 4 である。第 6 レンズ L 6 と第 7 レンズ L 7 との間には絞り O 1 が配置されている。なお、第 1 光学系 3 1 は、クロスダイクロイックプリズム 1 9 を備えていない場合がある。

40

【 0 0 2 4 】

図 4 に示すように、光学素子 3 5 A は、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 透過面

50

4 1、反射面 4 2、および第 2 透過面 4 3 を有する。以下の説明では、便宜上、互いに直交する 3 軸を X 軸、Y 軸、および Z 軸とする。そして、第 1 透過面 4 1 および反射面 4 2 が配列されている方向を Z 軸方向、Y 軸の一方側を上方 Y 1、Y 軸の他方側を下方 Y 2、X 軸と垂直で Y 軸および Z 軸を含む面を Y Z 平面とする。従って、図 1 から図 5 の各図は X 軸と平行な方向から見た場合を示す。図 2 に示すように、第 1 光学系 3 1 の光軸 N は Z 軸方向に延びる。画像形成部 2 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N の上方 Y 1 に投写画像を形成する。

【 0 0 2 5 】

中間像 3 3 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N の下方 Y 2 に形成される。スクリーン S は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N の上方 Y 1 に位置する。スクリーン S の横方向は X 軸方向である。中間像 3 3 はスクリーン S に形成される投写画像に対して上下が反転した画像である。また、中間像 3 3 は、拡大側結像面であるスクリーン S に長方形の最終像が投写されるように、歪んだ画像である。より具体的には、中間像 3 3 は、スクリーン S に形成される理想の長方形の最終像に対して最終像の台形歪みが小さくなる形状である。すなわち、中間像 3 3 は、最終像の台形歪みに対して逆に歪む。従って、中間像 3 3 は、スクリーン S における像高が最も高い辺が最も短い。

10

【 0 0 2 6 】

また、以下の説明では、Y Z 平面上に、Z 軸方向に延びる仮想軸 M を設定する。仮想軸 M は光学素子 3 5 A の設計基準軸である。仮想軸 M は、拡大側結像面であるスクリーン S に垂直である。

20

【 0 0 2 7 】

第 1 透過面 4 1 と反射面 4 2 とは、仮想軸 M の下方 Y 2 に位置する。第 2 透過面 4 3 は、仮想軸 M の上方 Y 1 に位置する。反射面 4 2 は、第 1 透過面 4 1 または第 2 透過面 4 3 から見て凹曲面形状を備える。従って、反射面 4 2 は正のパワーを有する。反射面 4 2 は光学素子 3 5 A に外側から反射コートを施すことにより設けられている。第 2 透過面 4 3 は拡大側に突出する凸曲面形状を備える。従って、第 2 透過面 4 3 は正のパワーを有する。ここで、第 1 透過面 4 1、反射面 4 2、および第 2 透過面 4 3 は、仮想軸 M に対し回転対称な面を持つ共軸光学系である。従って、仮想軸 M は、光学素子 3 5 A の設計基準軸である。本例では、仮想軸 M は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N と一致する。

【 0 0 2 8 】

光学素子 3 5 A は、上半分、下半分が、それぞれ仮想軸 M を中心とする回転対称に構成されている。すなわち、第 1 透過面 4 1、反射面 4 2、および第 2 透過面 4 3 は、図 3 に示す Y Z 平面の断面形状を、仮想軸 M を中心として X 軸方向の一方側および他方側にそれぞれ 90° の角度範囲で回転させた形状を備える。本例では、第 1 透過面 4 1、反射面 4 2、および第 2 透過面 4 3 は、いずれも非球面である。

30

【 0 0 2 9 】

第 2 光学系 3 2 の光学素子 3 5 A には、第 2 透過面 4 3 の有効光線範囲 5 0 の Y 軸方向の上端を通過する上端光束 5 1 の上周辺光線 5 1 a および当該有効光線範囲 5 0 の Y 軸方向の下端を通過する下端光束 5 2 の上周辺光線 5 2 a が Y Z 平面上で交差する上側交点 5 3 と、上端光束 5 1 の下周辺光線 5 1 b および下端光束 5 2 の下周辺光線 5 2 b が Y Z 平面上で交差する下側交点 5 4 と、を結ぶ仮想線 P を規定することができる。

40

【 0 0 3 0 】

仮想線 P は、Y Z 平面で仮想軸 M に垂直な仮想垂直線 V に対して傾斜している。また、仮想線 P が仮想垂直線 V に対して傾斜する傾斜角度は 90° 以上である。すなわち、仮想垂直線 V に対して仮想線 P の上側交点 5 3 の側が仮想垂直線 V と仮想線 P との交点を軸として反時計周りに回る傾斜角度は、90° を超える。仮想線 P は、Y Z 平面上における投写光学系 3 A の瞳ということもできる。従って、投写光学系 3 A の瞳は、仮想軸 M に垂直な面に対して傾斜している。光学素子に入射した光線は、仮想線 P、或いは仮想線 P の近傍において、集光される。光学素子に入射した光線は、仮想線 P の近傍の領域 A において、光束径が最も小さくなる。

50

【 0 0 3 1 】

ここで、図 5 に示すように、光学素子 3 5 A は、当該光学素子 3 5 A を通過する光線の光路上に第 1 領域 6 1、第 2 領域 6 2、第 3 領域 6 3、および第 4 領域 6 4 の 4 つの領域を定義することができる。第 1 領域 6 1 は、Z 軸方向で第 1 透過面 4 1 と反射面 4 2 との間に位置するとともに、Z 軸方向で反射面 4 2 と第 2 透過面 4 3 との間に位置する。第 1 領域 6 1 は、Z 軸方向の厚みが一定である。本例では、第 1 領域 6 1 は円盤形状をしている。なお、第 1 領域 6 1 は直方体形状でもよい。中間像 3 3 は、光学素子 3 5 A の内側に形成される。図 4 に示すように、光学素子 3 5 A に入射した光線の光束径が最も小さくなる領域 A は、少なくとも一部分が第 1 領域 6 1 の内側にある。

【 0 0 3 2 】

第 2 領域 6 2 は、仮想軸 M の下方 Y 2 において第 1 領域 6 1 の一方側に隣り合う。第 2 領域 6 2 は、第 1 透過面 4 1 を備える。第 1 領域 6 1 と第 2 領域 6 2 との仮想の境界面 7 1 は平坦面である。境界面 7 1 は、後述するレンズデータの面番号 3 3 である。

【 0 0 3 3 】

第 3 領域 6 3 は、仮想軸 M の下方 Y 2 において第 1 領域 6 1 の第 2 領域 6 2 とは反対側に位置する。第 3 領域 6 3 と第 1 領域 6 1 とは、Z 軸方向で隣り合う。第 3 領域 6 3 は、反射面 4 2 を備える。第 3 領域 6 3 と第 1 領域 6 1 との仮想の境界面 7 2 は平坦面である。境界面 7 2 は、後述するレンズデータの面番号 3 4、面番号 3 6 である。第 2 領域 6 2 と第 3 領域 6 3 とは第 1 領域 6 1 を Z 軸方向の両側から挟む。

【 0 0 3 4 】

第 4 領域 6 4 は、仮想軸 M の上方 Y 1 において、第 1 領域 6 1 の一方側に隣り合う。また、第 4 領域 6 4 は第 2 領域 6 2 の上方 Y 1 に隣り合う。第 4 領域 6 4 は、第 2 透過面 4 3 を備える。また、第 4 領域 6 4 と第 1 領域 6 1 との仮想の境界面 7 3 は平坦面である。境界面接合面 7 3 は、後述するレンズデータの面番号 3 7 である。

【 0 0 3 5 】

本例において、第 2 領域 6 2、第 3 領域 6 3、および第 4 領域 6 4 は、樹脂からなる。すなわち、光学素子 3 5 A の第 2 領域 6 2、第 3 領域 6 3、および第 4 領域 6 4 は、樹脂からなる第 1 部材部分 6 5 である。一方、第 1 領域 6 1 は、ガラスからなる。すなわち、光学素子 3 5 A の第 1 領域 6 1 は、ガラスからなる第 2 部材部分 6 6 である。本例では、第 1 領域 6 1 は、石英ガラスからなる。

【 0 0 3 6 】

第 1 部材部分 6 5 は、Z 軸方向における第 2 部材部分 6 6 の一方側で第 2 領域 6 2 および第 4 領域 6 4 を備える第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) と、第 2 部材部分 6 6 の他方側で第 3 領域 6 3 を備える第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) と、を有する。第 2 部材部分 6 6 には、Z 軸方向の一方側に第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) が密着し、Z 軸方向の他方側に第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) が密着する。従って、第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) の接合面と、第 2 部材部分 6 6 の第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) に対する接合面とは、対応する形状を備える。よって、第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) の接合面と、第 2 部材部分 6 6 の第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) に対する接合面とは、いずれも平坦面である。また、第 2 部材部分 6 6 の第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) に対する接合面と第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) の接合面とは、対応する形状を備える。従って、第 2 部材部分 6 6 の第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) に対する接合面と、第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) の接合面とは、いずれも平坦面である。

【 0 0 3 7 】

第 1 部材部分 6 5 と第 2 部材部分 6 6 とは、材質が相違するので、耐熱性が異なる。すなわち、ガラスからなる第 2 部材部分 6 6 は、樹脂からなる第 1 部材部分 6 5 と比較して、短波長の光線の透過率が高い。これにより、第 2 部材部分 6 6 では、短波長の光線を吸収による温度上昇が抑制される。よって、第 2 部材部分 6 6 は、第 1 部材部分 6 5 と比較して、発熱しにくく、耐熱性が高い。

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

なお、光学素子 35A には、図 4 に点線で示すように、絞り O2 が設けられている場合がある。絞り O2 は、光学素子 35A を仮想線 P に沿って分割して、分割面に遮光用の墨を塗布し、しかる後に、分割した光学素子 35A を一つに接合することなどによって、設けられる。なお、絞り O2 は、光束の一部を遮光できる部材を用いて形成すればよく、墨を用いて形成されるものに限られない。

【0039】

(レンズデータ)

投写光学系 3A のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。* を付した面番号の面は非球面である。面番号 1 は、液晶パネル 18 であり、縮小側結像面である。面番号 2 はクロスダイクロイックプリズム 19 の縮小側の面であり、面番号 3 は拡大側の面である。面番号 21 の欄はダミーのデータである。符号は、第 1 光学系 31 では各レンズの符号である。

10

【0040】

また、符号は、第 2 光学系 32 においては、第 1 透過面 41、反射面 42、および第 2 透過面 43 の符号と、第 1 の第 1 部材部分 65(1)、第 2 部材部分 66、第 2 の第 1 部材部分 65(2) を示す。すなわち、面番号 32 は、第 1 透過面 41 である。面番号 33 は、第 1 の第 1 部材部分 65(1) と、第 2 部材部分 66 との接合面である。面番号 34 は、第 2 部材部分 66 と第 2 の第 1 部材部分 65(2) との接合面である。面番号 35 は、反射面 42 である。面番号 36 は、第 2 の第 1 部材部分 65(2) と第 2 部材部分 66 との接合面である。面番号 37 は、第 2 部材部分 66 と、第 1 の第 1 部材部分 65(1) との接合面である。面番号 38 は、第 2 透過面 43 である。従って、面番号 33、面番号 34、面番号 36、および面番号 37 は、平面形状を備える。r は曲率半径であり、単位は mm である。d は軸上面間隔であり、単位は mm である。nd は屈折率である。d はアップ数である。E は有効径である。

20

【0041】

面番号	符号	r	d	nd.vd	E
1	18	1.000000E+18	7.125000E+00		
2	19	1.000000E+18	1.943250E+01	SBSL7_OHARA	10.2460
3		1.000000E+18	6.122123E-01		12.9994
4	L1	-1.389956E+02	3.125229E+00	814032.2838	13.0000
5		-3.305925E+01	1.500000E-01		13.1616
6	L2	1.868799E+02	6.811206E+00	440669.9044	13.0781
7	L3	-1.856159E+01	9.000000E-01	846631.2381	13.0432
8		-4.418858E+01	1.500000E-01		13.7738
9	L4	8.133758E+01	6.797193E+00	SBSL7_OHARA	13.9799
10	L5	-2.483403E+01	9.000000E-01	TAFD25_HOYA	13.9518
11		-1.246978E+02	-2.186868E-18		14.4662
12	L6	5.811725E+01	5.807587E+00	450186.8998	14.7963
13		-4.346780E+01	3.090529E+01		14.7947
14	絞り	1.000000E+18	6.000000E+00		9.0000
15	L7	1.397540E+01	1.819399E+00	439307.9210	10.1136
16		1.454779E+01	5.748176E+00		9.8154
17	L8	2.013485E+01	3.798571E+00	846663.2378	10.0580
18		2.088220E+02	1.092626E+00		9.7652
19	L9	2.775553E+01	1.300000E+00	605966.6170	8.8797
20		1.373656E+01	2.572574E+00		8.0004
21	dummy	1.000000E+18	1.897183E+00		8.0000
22	L10	-1.783750E+01	1.300000E+00	834497.4275	8.0000
23		-3.554577E+01	5.570724E-01		8.4858
24	L11	4.396420E+01	6.728590E+00	578240.6451	9.0046

30

40

50

25	L12	-1.173764E+01	1.003692E+01	844962.2531	9.0774	
26		-6.391509E+01	3.633947E+01		11.7469	
27	L13	3.048211E+01	1.098635E+01	808760.4525	23.0000	
28	L14	5.418506E+01	1.098030E+01	554704.6736	20.2039	
29		-7.764110E+01	1.508594E-01		18.7525	
30	L15	-8.321115E+01	1.000000E+01	846259.2415	18.4445	
31		3.708265E+01	4.321518E+00		15.1106	
32*	41	-2.621787E+01	1.000000E+01	E48R_ZEON	14.9862	
33	66	1.000000E+18	5.000000E+00	EFEL2_HOYA	13.1505	
34	65(2)	1.000000E+18	5.000000E+00	E48R_ZEON	12.8395	10
35*	42	-1.735729E+01	-5.000000E+00	E48R_ZEON	12.6777	
36	66	1.000000E+18	-5.000000E+00	EFEL2_HOYA	10.7282	
37	65(1)	1.000000E+18	-1.000000E+01	E48R_ZEON	10.9751	
38*	43	1.233420E+01	-2.900000E+02		12.1912	
39	S	1.000000E+18	869.3374			

【0042】

面番号32、35、38の非球面データは、以下のとおりである。

面番号	32	35	38
Y曲率半径	-26.21787155	-17.35729427	12.33419785
コーニック定数(K)	0	-1	0
4次の係数(A)	0.000266042	1.8591E-05	-2.60214E-05
6次の係数(B)	-9.37226E-07	-8.94005E-08	-3.02228E-07
8次の係数(C)	2.41928E-09	9.68681E-10	3.26249E-09
10次の係数(D)	-2.73361E-12	-5.18053E-12	-1.17872E-11
12次の係数(E)	0	1.70617E-14	0
14次の係数(F)	0	-2.1489E-17	0
16次の係数(G)	0	0	0
18次の係数(H)	0	0	0
20次の係数(J)	0	0	0

【0043】

(効果)

本例の投写光学系3Aでは、第2光学系32を構成する光学素子35Aは、凹曲面形状の反射面42と、拡大側に突出する凸曲面形状の第2透過面43と、を備える。従って、光学素子35Aは、反射面42で反射した光束を、第2透過面43で屈折させることができる。よって、第2光学系32が、反射面42のみを備える場合と比較して、投写光学系3Aの短焦点化、すなわち投写距離を短くすることが容易である。また、光学素子35Aが拡大側に突出する凸曲面形状の第2透過面43を備えるので、投写距離を短くする場合でも、中間像33の拡大側に配置された凹曲面形状の反射面42が大型化することを抑制できる。

【0044】

かかる効果について、図6および図7を参照して説明する。図6は、第2光学系32が中間像33の拡大側に反射面42のみを備える場合の倍率の説明図である。図7は、第2光学系32が中間像33の拡大側に反射面42を備え、さらに、反射面42の拡大側に凸曲面形状の第2透過面43を備える場合の倍率の説明図である。

【0045】

図6に示すように、第2光学系32が中間像33の拡大側に反射面42のみを備える場合には、投写光学系3Aの倍率Qは、中間像33からスクリーンSに至る特定の光線の光路において中間像33と反射面42との距離Rに対する、反射面42からスクリーンSとの距離Tの比である。すなわち、 $Q = T / R$ である。従って、拡大側結像面であるスクリーンSと共役となる中間像33は、倍率Qを合わせるために、仮想軸Mに沿う方向に大き

10

20

30

40

50

く傾斜して、像面湾曲を発生させたものとなる。ここで、中間像 3 3 は、傾斜すると、大きくなる。また、中間像 3 3 が大きくなると、中間像 3 3 の拡大側に位置する反射面 4 2 を大きくする必要が生じる。従って、中間像 3 3 の拡大側に凹曲面形状の反射面 4 2 のみを備える投写光学系 3 A では、投写距離を短くする場合に、反射面 4 2 が大型化しやすい。また、中間像 3 3 が大きくなると、第 1 光学系 3 1 と第 2 光学系 3 2 との間の距離が必要になり、投写光学系 3 A の全長が長くなる。

【 0 0 4 6 】

これに対して、本例では、第 2 光学系 3 2 が反射面 4 2 の拡大側に凸曲面形状の第 2 透過面 4 3 を備えるので、中間像 3 3 が大きくなることを抑制できる。すなわち、図 7 に示すように、本例では、投写光学系 3 A の倍率 Q は、中間像 3 3 からスクリーン S に至る特定の光線の光路において中間像 3 3 と反射面 4 2 との間の距離 R_1 と反射面 4 2 と第 2 透過面 4 3 との間の距離 R_2 との合計に対する、第 2 透過面 4 3 とスクリーン S との間の距離 T' の比である。すなわち、 $Q = T' / (R_1 + R_2)$ である。これにより、拡大側結像面であるスクリーン S と共役となる中間像 3 3 は、スクリーン S の上方と下方とで倍率を合わせるために仮想軸 M に沿って大きく傾斜することがなく、像面湾曲が減少したものとなる。よって、中間像 3 3 が大きくなることを抑制できる。従って、中間像 3 3 の拡大側に位置する反射面 4 2 が大型化することを抑制できる。また、最外周の光線 5 1 が第 1 透過面 4 1 を通過するとき内側に屈折させることができれば、さらに反射面 4 2 を小型化することが可能になる。また、第 2 透過面 4 3 が凸曲面形状であり、正のパワーを持っているので、第 2 透過面 4 3 がない場合と比較して、光束を集光させる作用が働き、反射面 4 2 が大型化することを抑制できる。

【 0 0 4 7 】

さらに、本例では、中間像 3 3 は、光学素子 3 5 A における第 1 透過面 4 1 と反射面 4 2 との間に位置する。従って、中間像 3 3 が第 1 光学系 3 1 と光学素子 3 5 A との間に形成される場合と比較して、第 1 光学系 3 1 と光学素子 3 5 A とを接近させることができる。これにより、投写光学系 3 A をコンパクトにすることができる。

【 0 0 4 8 】

また、本例では、第 2 光学系 3 2 の第 1 透過面 4 1、反射面 4 2、および第 2 透過面 4 3 が非球面である。従って、本例の投写光学系 3 A では、収差の発生を抑制できる。

【 0 0 4 9 】

さらに、本例では、中間像 3 3 の縮小側の隣に位置する第 1 透過面 4 1 が非球面なので、中間像 3 3 での収差の発生を抑制できる。また、本例では、中間像 3 3 が仮想軸 M に沿って大きく傾斜することはなく、中間像 3 3 が仮想軸 M に対して垂直な方向に立っている。従って、第 1 透過面 4 1 と中間像 3 3 とを Z 軸方向で接近させることが容易であり、非球面を中間像 3 3 に近い位置に配置できる。従って、中間像 3 3 で発生する収差を効率よく補正できる。

【 0 0 5 0 】

また、本例では、仮想線 P が仮想垂直線 V に対して傾斜しているので、第 2 透過面 4 3 の有効光線範囲 5 0 の下端を通過する下端光束 5 2 を遮光せずにスクリーン S まで到達させることができる。

【 0 0 5 1 】

さらに、本例では、仮想線 P が仮想垂直線 V に対して傾斜しているので、仮想線 P が仮想垂直線 V と平行な場合と比較して、スクリーン S の上方の周辺部の光量が低下することを抑制できる。すなわち、仮想線 P が仮想垂直線 V に対して傾斜すれば、仮想線 P が仮想垂直線 V と平行な場合と比較して、スクリーン S の上方へ達する光束の開き角度 θ_0 が大きくなる。これにより、スクリーン S の上方へ達する光量が多くなる。ここで、図 8 は、スクリーン S の上方へ達する光束の開き角度の説明図である。図 8 は図 2 の A 部分の部分拡大図である。スクリーン S の上方へ達する光束の開き角度 θ_0 とは、スクリーン S と上端光束 5 1 の上周辺光線 5 1 a とが成す角度 θ_1 と、スクリーン S と上端光束 5 1 の下周辺光線 5 1 b とが成す角度 θ_2 と、の差分である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

また、スクリーン S の上方へ達する光束の開き角度 θ_0 が大きくなれば、スクリーン S の下方へ達する光束の開き角度 θ_0 との差が小さくなる。従って、スクリーン S の上方の周辺部の光量が、下方と比較して低下することを抑制できる。ここで、図 9 は、スクリーン S の下方へ達する光束の開き角度の説明図である。図 9 は図 2 の B 部分の部分拡大図である。スクリーン S の下方へ達する光束の開き角度 θ_0 とは、スクリーン S と下端光束 5 2 の上周辺光線 5 2 a とが成す角度 θ_1 と、スクリーン S と下端光束 5 2 の下周辺光線 5 2 b とが成す角度 θ_2 と、の差分である。

【 0 0 5 3 】

さらに、本例では、仮想線 P が仮想垂直線 V に対して傾斜する傾斜角度が 90° 以上である。これにより、スクリーン S の下方へ達する光束の開き角度 θ_0 が小さくなる。従って、スクリーン S の上方へ達する光束の開き角度 θ_0 と、スクリーン S の下方へ達する光線の開き角度 θ_0 との差が小さくなるので、スクリーン S で発生する上方と下方との間の光量の差を抑制できる。

10

【 0 0 5 4 】

次に、本例では、光学素子 3 5 A を通過する光線は、凹曲面形状の反射面 4 2 によって光学素子 3 5 A の内部で集光される。従って、光学素子 3 5 A の内部で光密度が高くなり、光学素子 3 5 A の一部分が高温となることがある。この場合、高温となった光学素子 3 5 A の一部分が熱膨張して、投写光学系 3 A の光学性能の劣化を招く可能性がある。

【 0 0 5 5 】

これに対して、光学素子 3 5 A は、当該光学素子 3 5 A を通過する光線の光路上に、樹脂からなる第 1 部材部分 6 5 と、ガラスからなる第 2 部材部分 6 6 と、を備える。そして、第 2 部材部分 6 6 に、光学素子 3 5 A に入射した光線の光束径が最も小さくなる領域 A を位置させる。これにより、光学素子 3 5 A の内部で光密度が高くなり、高温となりやすい領域 A が、耐熱性の高い材質から構成される。従って、高温となった光学素子 3 5 A の一部分が熱膨張して、投写光学系 3 A の光学性能の劣化を招くことを抑制、或いは回避できる。

20

【 0 0 5 6 】

また、ガラスからなる第 2 部材部分 6 6 は、両面が平坦である。従って、第 2 部材部分 6 6 の製造が容易である。この一方、光学素子 3 5 A において、非球面の第 1 透過面 4 1 を備える第 2 領域 6 2、非球面の反射面 4 2 を備える第 3 領域 6 3、および、非球面の第 2 透過面 4 3 を備える第 4 領域 6 4 は、いずれも、第 1 部材部分 6 5 であり、樹脂からなる。従って、第 2 領域 6 2、第 3 領域 6 3、および第 4 領域 6 4 をガラス製とした場合と比較して、光学素子 3 5 A に、非球面を設けやすい。

30

【 0 0 5 7 】

さらに、中間像 3 3 は、第 2 部材部分 6 6 に形成されるので、中間像 3 3 が第 1 部材部分 6 5 と第 2 部材部分 6 6 との接合面を横断することがない。従って、第 1 部材部分 6 5 と第 2 部材部分 6 6 との接合面に中間像 3 3 が位置することに起因して、投写画像が劣化することを防止できる。

【 0 0 5 8 】

また、本例では、第 2 部材部分 6 6 の Z 軸方向の一方側に位置する第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) に、第 1 透過面 4 1 および第 2 透過面 4 3 の 2 面を設けることができる。従って、光学素子 3 5 A の製造が容易となる。

40

【 0 0 5 9 】

図 1 0 は投写光学系 3 A の拡大側の M T F を示す図である。M T F を示す図 1 0 の横軸は空間周波数である。縦軸はコントラスト再現比である。図 1 0 に示すように、本例では、解像度の低下は抑制されている。

【 0 0 6 0 】

(実施例 2)

図 1 1 は、実施例 2 の投写光学系の光線図である。図 1 2 は実施例 2 の投写光学系の第

50

2 光学系の光線図である。図 1 3 は第 2 光学系を構成する光学素子の材質の説明図である。本例の投写光学系 3 B は、図 2 に示すように、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系 3 1 と、第 2 光学系 3 2 と、からなる。図 1 1、図 1 2 に示すように、投写光学系 3 B は、縮小側結像面と拡大側結像面との間に中間像 3 3 を形成する。本例では、中間像 3 3 は第 2 光学系 3 2 の内側に形成される。なお、中間像 3 3 は、第 2 光学系 3 2 の内側でなくてもよい。また、第 1 光学系 3 1 は、クロスダイクロイックプリズム 1 9 を備えていない場合がある。ここで、投写光学系 3 B は、実施例 1 の投写光学系 3 A と対応する構成を備えるので、対応する構成には同一の符号を付して、説明を省略する。

【 0 0 6 1 】

第 1 光学系 3 1 は、複数枚のレンズを備える屈折光学系である。本例では、第 1 光学系 3 1 は 1 5 枚のレンズを備える。第 2 光学系 3 2 は 1 枚の光学素子 3 5 B からなる。中間像 3 3 は、光学素子 3 5 B の内側に形成される。

10

【 0 0 6 2 】

図 1 3 に示すように、光学素子 3 5 B においても、当該光学素子 3 5 B を通過する光線の光路上に第 1 領域 6 1、第 2 領域 6 2、第 3 領域 6 3、および第 4 領域 6 4 の 4 つの領域を定義することができる。第 1 領域 6 1 は、Z 軸方向で第 1 透過面 4 1 と反射面 4 2 との間に位置するとともに、Z 軸方向で反射面 4 2 と第 2 透過面 4 3 との間に位置する。第 1 領域 6 1 は、Z 軸方向の厚みが一定である。本例では、第 1 領域 6 1 は円盤形状をしている。中間像 3 3 は、光学素子 3 5 A の内側に形成される。図 4 に示すように、光学素子 3 5 A に入射した光線の光束径が最も小さくなる領域 A は、少なくとも一部分が第 1 領域 6 1 の内側にある。第 2 領域 6 2 は、仮想軸 M の下方 Y 2 において第 1 領域 6 1 の一方側に隣り合う。第 2 領域 6 2 は、第 1 透過面 4 1 を備える。第 3 領域 6 3 は、仮想軸 M の下方 Y 2 において第 1 領域 6 1 の第 2 領域 6 2 とは反対側に位置する。第 3 領域と第 1 領域とは、Z 軸方向で隣り合う。第 3 領域 6 3 は、反射面 4 2 を備える。第 2 領域 6 2 と第 3 領域 6 3 とは第 1 領域 6 1 を Z 軸方向の両側から挟む。第 4 領域 6 4 は、仮想軸 M の上方 Y 1 において、第 1 領域 6 1 の一方側に隣り合う。また、第 4 領域 6 4 は第 2 領域 6 2 の上方 Y 1 に隣り合う。第 4 領域 6 4 は、第 2 透過面 4 3 を備える。

20

【 0 0 6 3 】

本例では、第 2 領域 6 2 および第 4 領域 6 4 は、樹脂からなる。すなわち、図 1 3 に示すように、光学素子 3 5 B の第 2 領域 6 2 および第 4 領域 6 4 は、樹脂からなる第 1 部材部分 6 5 である。一方、第 1 領域 6 1 および第 3 領域 6 3 は、石英ガラスからなる。すなわち、光学素子 3 5 B の第 1 領域 6 1 および第 3 領域 6 3 は、ガラスからなる第 2 部材部分 6 6 である。第 1 部材部分 6 5 は、第 2 領域 6 2 および第 4 領域 6 4 を一体に備える。第 2 部材部分 6 6 は、第 1 領域 6 1 および第 3 領域 6 3 を一体に備える。

30

【 0 0 6 4 】

第 2 部材部分 6 6 には、Z 軸方向の一方側に第 1 部材部分 6 5 が密着する。従って、第 1 部材部分 6 5 の接合面と、第 2 部材部分 6 6 の第 1 部材部分 6 5 に対する接合面とは、対応する形状を備える。よって、第 1 部材部分 6 5 の接合面、および第 2 部材部分 6 6 の第 1 部材部分 6 5 に対する接合面は、いずれも平坦面である。

【 0 0 6 5 】

ここで、第 2 部材部分 6 6 はガラス製なので、樹脂製の第 1 部材部分 6 5 と比較して、発熱しにくく、耐熱性が高い。なお、光学素子 3 5 B には、図 1 2 に点線で示すように、絞り O 2 が設けられている場合がある。絞り O 2 は、光学素子 3 5 B を仮想線 P に沿って分割して、分割面に遮光用の墨を塗布し、しかる後に、分割した光学素子 3 5 B を一つに接合することなどによって、設けられる。なお、絞り O 2 は、光束の一部を遮光できる部材を用いて形成すればよく、墨を用いて形成されるものに限られない。

40

【 0 0 6 6 】

(レンズデータ)

投写光学系 3 B のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。* を付した面番号の面は非球面である。面番号 1 は、液晶パネル 1 8

50

であり、縮小側結像面である。面番号2はクロスダイクロイックプリズム19の縮小側の面であり、面番号3は拡大側の面である。面番号21の欄はダミーのデータである。符号は、第1光学系31では各レンズの符号である。

【0067】

また、符号は、第2光学系32においては、第1透過面41、反射面42、および第2透過面43の符号と、第1部材部分65、および第2部材部分66を示す。すなわち、面番号32は、第1透過面41である。面番号33は、第1部材部分65と、第2部材部分66との接合面である。面番号34は、第1領域61と第3領域63との間の仮想の境界面である。面番号35は、反射面42である。面番号36は、第3領域63と第1領域61との間の仮想の境界面である。面番号37は、第2部材部分66と、第1部材部分65との接合面である。面番号38は、第2透過面43である。面番号33、面番号34、面番号36、および面番号37は、平面形状を備える。rは曲率半径であり、単位はmmである。dは軸上面間隔であり、単位はmmである。ndは屈折率である。dはアッペ数である。Eは有効径である。

【0068】

面番号	符号	r	d	nd.vd	E	
1	18	1.000000E+18	7.125000E+00			
2	19	1.000000E+18	1.943250E+01	SBSL7_OHARA	10.8540	
3		1.000000E+18	1.000000E-01		14.6393	
4	L1	-2.182215E+03	4.822720E+00	834805.4272	13.0000	20
5		-3.028955E+01	1.500000E-01		14.8178	
6	L2	7.956298E+01	6.390268E+00	491175.7833	13.9167	
7	L3	-2.476253E+01	9.000000E-01	842686.2770	13.7430	
8		-5.951605E+01	1.500000E-01		13.7379	
9	L4	3.368854E+01	6.264058E+00	SBSL7_OHARA	12.8196	
10	L5	-4.120156E+01	9.000000E-01	TAFD25_HOYA	12.4756	
11		3.611656E+01	-3.870300E-18		12.1151	
12	L6	2.922427E+01	5.324238E+00	446256.8644	12.2285	
13		-8.867741E+01	3.544122E+01		12.1973	
14	絞り	1.000000E+18	6.000000E+00		9.0000	30
15	L7	4.599757E+01	2.147463E+00	716279.2784	9.8163	
16		6.737324E+01	1.000000E-01		9.7701	
17	L8	4.480886E+01	3.283564E+00	846663.2378	9.7994	
18		-1.174937E+02	4.598734E+00		9.6739	
19	L9	4.637311E+01	1.800000E+00	632729.5055	8.5200	
20		1.804972E+01	1.872167E+00		8.0000	
21	dummy	1.000000E+18	1.944532E+00		8.0000	
22	L10	-1.745039E+01	1.800000E+00	814729.4395	8.0005	
23		-2.335179E+01	5.637605E+00		8.7067	
24	L11	2.635738E+01	1.000000E+01	596577.6260	11.6879	40
25	L12	-2.387527E+01	1.296403E+01	846663.2378	11.6023	
26		1.402851E+02	3.554280E+01		12.5704	
27	L13	2.887653E+01	4.028096E+00	551520.6778	23.0000	
28	L14	3.084711E+01	1.139258E+01	754649.5234	23.6478	
29		1.812929E+02	1.000000E-01		22.8619	
30	L15	1.349890E+02	1.000000E+01	846663.2378	22.4608	
31		2.598188E+01	2.261108E+00		16.3109	
32*	41	-6.290446E+01	1.000000E+01	E48R_ZEON	14.9862	
33	66	1.000000E+18	5.000000E+00	450720.6720	14.4627	
34		1.000000E+18	5.000000E+00	450720.6720	12.8395	50

35*	42	-1.727674E+01	-5.000000E+00	450720.6720	12.6777
36		1.000000E+18	-5.000000E+00	450720.6720	11.8454
37	65	1.000000E+18	-1.000000E+01	E48R_ZEON	5.0555
38*	43	1.603858E+01	-2.900000E+02		12.6156
39	S	1.000000E+18	870.1604		

【0069】

面番号32、35、38の非球面データは、以下のとおりである。

面番号	32	35	38
Y曲率半径	-62.90445989	-17.2767367	16.0385788
コーニック定数 (K)	0	-1	0
4次の係数(A)	0.000162374	2.48539E-05	-2.76633E-05
6次の係数(B)	-5.39335E-07	-1.08737E-07	1.85418E-07
8次の係数(C)	1.57435E-09	1.15451E-09	-6.04999E-10
10次の係数(D)	-2.68081E-12	-3.59291E-12	2.12972E-14
12次の係数(E)	0	-3.4373E-15	0
14次の係数(F)	0	4.11518E-17	0
16次の係数(G)	0	0	0
18次の係数(H)	0	0	0
20次の係数(J)	0	0	0

【0070】

(効果)

本例の投写光学系3Bでは、第2光学系32を構成する光学素子35Bは、凹曲面形状の反射面42と、拡大側に突出する凸曲面形状の第2透過面43と、を備える。従って、光学素子35Bは、反射面42で反射した光束を、第2透過面43で屈折させることができる。よって、第2光学系32が、反射面42のみを備える場合と比較して、投写光学系3Bの短焦点化、すなわち投写距離を短くすることが容易である。また、光学素子35Bが拡大側に突出する凸曲面形状の第2透過面43を備えるので、投写距離を短くする場合でも、中間像33の拡大側に配置された凹曲面形状の反射面42が大型化することを抑制できる。

【0071】

また、本例では、中間像33は、光学素子35Bにおける第1透過面41と反射面42との間に位置する。従って、中間像33が第1光学系31と光学素子35Bとの間に形成される場合と比較して、第1光学系31と光学素子35Bとを接近させることができる。これにより、投写光学系3Bをコンパクトにすることができる。

【0072】

また、本例では、第2光学系32の第1透過面41、反射面42、および第2透過面43が非球面である。従って、本例の投写光学系3Bでは、収差の発生を抑制できる。

【0073】

さらに、本例では、中間像33の縮小側の隣に位置する第1透過面41が非球面なので、中間像33での収差の発生を抑制できる。また、本例では、中間像33が仮想軸Mに沿って大きく傾斜することはなく、中間像33が仮想軸Mに対して垂直な方向に立っている。従って、第1透過面41と中間像33とをZ軸方向で接近させることが容易であり、非球面を中間像33に近い位置に配置できる。従って、中間像33で発生する収差を効率よく補正できる。

【0074】

また、本例では、仮想線Pが仮想垂直線Vに対して傾斜しているので、第2透過面43の有効光線範囲50の下端を通過する下端光束52を遮光せずにスクリーンSまで到達させることができる。

【0075】

さらに、本例では、仮想線Pが仮想垂直線Vに対して傾斜しているので、仮想線Pが仮

想垂直線 V と平行な場合と比較して、スクリーン S の上方の周辺部の光量が低下することを抑制できる。さらに、スクリーン S の上方へ達する光束の開き角度 θ が大きくなれば、スクリーン S の下方へ達する光束の開き角度 θ との差が小さくなる。従って、スクリーン S の上方の周辺部の光量が、下方と比較して低下することを抑制できる。

【0076】

また、本例では、仮想線 P が仮想垂直線 V に対して傾斜する傾斜角度が 90° 以上である。これにより、スクリーン S の下方へ達する光束の開き角度 θ が小さくなる。従って、スクリーン S の上方へ達する光束の開き角度 θ と、スクリーン S の下方へ達する光線の開き角度 θ との差が小さくなるので、スクリーン S で発生する上方と下方との間の光量の差を抑制できる。

10

【0077】

次に、本例では、光学素子 35 B は、当該光学素子 35 B を通過する光線の光路上に、樹脂からなる第 1 部材部分 65 と、ガラスからなる第 2 部材部分 66 と、を備える。そして、第 2 部材部分 66 に、光学素子 35 B に入射した光線の光束径が最も小さくなる領域 A を位置させる。これにより、光学素子 35 B の内部で光密度が高くなり、高温となりやすい領域 A が、耐熱性の高い材質から構成される。従って、高温となった光学素子 35 B の一部分が熱膨張して、投写光学系 3 B の光学性能の劣化を招くことを抑制、或いは回避できる。

【0078】

また、本例では、反射面 42 を備える第 3 領域 63 が、ガラスからなる第 2 部材部分 66 とされている。ここで、第 3 領域 63 では、縮小側から反射面 42 に向かう光線および反射面 42 により反射して拡大側に向かう光線が重なるので、光密度が高くなり、高温となりやすい。これに対して、本例では、第 3 領域 63 をガラスからなる第 2 部材部分 66 としたので、高温となった第 3 領域 63 が熱膨張して、投写光学系 3 B の光学性能の劣化を招くことを抑制、或いは回避できる。

20

【0079】

さらに、中間像 33 は、第 2 部材部分 66 に形成されるので、中間像 33 が第 1 部材部分 65 と第 2 部材部分 66 との接合面を横断することがない。従って、第 1 部材部分 65 と第 2 部材部分 66 との接合面に起因して、投写画像が劣化することを防止できる。

【0080】

また、本例では、第 2 部材部分 66 の Z 軸方向の一方側に位置する第 1 部材部分 65 に第 1 透過面 41 と第 2 透過面 43 との 2 面が設けられている。また、本例の光学素子 35 B は、一つの第 1 部材部分 65 と第 2 部材部分 66 とからなる。従って、第 1 部材部分 65 が光学素子 35 B の離間する 2 か所に設けられた場合と比較して、光学素子 35 B の製造が容易である。

30

【0081】

さらに、非球面の第 1 透過面 41 を備える第 2 領域 62、および非球面の第 2 透過面 43 を備える第 4 領域 64 は、いずれも、樹脂からなる。従って、第 2 領域 62、および第 4 領域 64 をガラス製とした場合と比較して、光学素子 35 B に、非球面の第 1 透過面 41 および非球面の第 2 透過面 43 を設けやすい。

40

【0082】

図 14 は投写光学系 3 B の拡大側の MTF を示す図である。MTF を示す図 14 の横軸は空間周波数である。縦軸はコントラスト再現比である。図 14 に示すように、本例では、解像度の低下は抑制されている。

【0083】

(実施例 3)

図 15 は、実施例 3 の投写光学系の光線図である。図 16 は第 2 光学系の光線図である。図 17 は第 2 光学系を構成する光学素子の材質の説明図である。本例の投写光学系 3 C は、図 2 に示すように、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系 31 と、第 2 光学系 32 と、からなる。図 15、図 16 に示すように、投写光学系 3 C は、縮小側結像面と

50

拡大側結像面との間に中間像 3 3 を形成する。本例では、中間像 3 3 は第 2 光学系 3 2 の内側に形成される。なお、中間像 3 3 は、第 2 光学系 3 2 の内側に形成されなくてもよい。また、第 1 光学系 3 1 は、クロスダイクロイックプリズム 1 9 を備えていない場合がある。ここで、投写光学系 3 C は、実施例 1 の投写光学系 3 A と対応する構成を備えるので、対応する構成には同一の符号を付して、説明を省略する。

【 0 0 8 4 】

第 1 光学系 3 1 は、複数枚のレンズを備える屈折光学系である。本例では、第 1 光学系 3 1 は 1 5 枚のレンズを備える。第 2 光学系 3 2 は 1 枚の光学素子 3 5 C からなる。中間像 3 3 は、光学素子 3 5 C の内側に形成される。

【 0 0 8 5 】

図 1 7 に示すように、光学素子 3 5 C においても、当該光学素子 3 5 C を通過する光線の光路上に第 1 領域 6 1、第 2 領域 6 2、第 3 領域 6 3、および第 4 領域 6 4 の 4 つの領域を定義することができる。第 1 領域 6 1 は、Z 軸方向で第 1 透過面 4 1 と反射面 4 2 との間に位置するとともに、Z 軸方向で反射面 4 2 と第 2 透過面 4 3 との間に位置する。第 1 領域 6 1 は、Z 軸方向の厚みが一定である。本例では、第 1 領域 6 1 は円盤形状をしている。中間像 3 3 は、光学素子 3 5 A の内側に形成される。図 4 に示すように、光学素子 3 5 A に入射した光線の光束径が最も小さくなる領域 A は、少なくとも一部分が第 1 領域 6 1 の内側にある。第 2 領域 6 2 は、仮想軸 M の下方 Y 2 において第 1 領域 6 1 の一方側に隣り合う。第 2 領域 6 2 は、第 1 透過面 4 1 を備える。第 3 領域 6 3 は、仮想軸 M の下方 Y 2 において第 1 領域 6 1 の第 2 領域 6 2 とは反対側に位置する。第 3 領域と第 1 領域とは、Z 軸方向で隣り合う。第 3 領域 6 3 は、反射面 4 2 を備える。第 2 領域 6 2 と第 3 領域 6 3 とは第 1 領域 6 1 を Z 軸方向の両側から挟む。第 4 領域 6 4 は、仮想軸 M の上方 Y 1 において、第 1 領域 6 1 の一方側に隣り合う。また、第 4 領域 6 4 は第 2 領域 6 2 の上方 Y 1 に隣り合う。第 4 領域 6 4 は、第 2 透過面 4 3 を備える。

【 0 0 8 6 】

本例では、第 2 領域 6 2 および第 3 領域 6 3 は、樹脂からなる。すなわち、図 1 7 に示すように、光学素子 3 5 C の第 2 領域 6 2 および第 3 領域 6 3 は、樹脂からなる第 1 部材部分 6 5 である。一方、第 1 領域 6 1 および第 4 領域 6 4 は、石英ガラスからなる。すなわち、光学素子 3 5 C の第 1 領域 6 1 および第 4 領域 6 4 は、ガラスからなる第 2 部材部分 6 6 である。第 1 部材部分 6 5 は、第 2 領域 6 2 を備える第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) と、第 3 領域 6 3 を備える第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) と、を有する。

【 0 0 8 7 】

第 2 部材部分 6 6 には、Z 軸方向の一方側に第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) が密着し、Z 軸方向の他方側に第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) が密着する。従って、第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) の接合面と、第 2 部材部分 6 6 の第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) に対する接合面とは、対応する形状を備える。第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) の接合面、および第 2 部材部分 6 6 の第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) に対する接合面は、いずれも平坦面である。また、第 2 部材部分 6 6 の第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) に対する接合面と第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) の接合面とは、対応する形状を備える。第 2 部材部分 6 6 の第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) に対する接合面、および第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) の接合面は、いずれも平坦面である。

【 0 0 8 8 】

ここで、第 2 部材部分 6 6 はガラス製なので、樹脂製の第 1 部材部分 6 5 と比較して、発熱しにくく、耐熱性が高い。なお、光学素子 3 5 C には、図 1 6 に点線で示すように、絞り O 2 が設けられている場合がある。絞り O 2 は、光学素子 3 5 C を仮想線 P に沿って分割して、分割面に遮光用の墨を塗布し、しかる後に、分割した光学素子 3 5 C を一つに接合することなどによって、設けられる。なお、絞り O 2 は、光束の一部を遮光できる部材を用いて形成すればよく、墨を用いて形成されるものに限られない。

【 0 0 8 9 】

(レンズデータ)

10

20

30

40

50

投写光学系 3 C のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。* を付した面番号の面は非球面である。面番号 1 は、液晶パネル 1 8 であり、縮小側結像面である。面番号 2 はクロスダイクロイックプリズム 1 9 の縮小側の面であり、面番号 3 は拡大側の面である。面番号 2 1 の欄はダミーのデータである。符号は、第 1 光学系 3 1 では各レンズの符号である。

【 0 0 9 0 】

また、符号は、第 2 光学系 3 2 においては、第 1 透過面 4 1、反射面 4 2、および第 2 透過面 4 3 の符号と、第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1)、第 2 部材部分 6 6、第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) を示す。すなわち、面番号 3 2 は、第 1 透過面 4 1 である。面番号 3 3 は、第 1 の第 1 部材部分 6 5 (1) と第 2 部材部分 6 6 との接合面である。面番号 3 5 は、反射面 4 2 である。面番号 3 6 は、第 2 の第 1 部材部分 6 5 (2) と第 2 部材部分 6 6 との接合面である。面番号 3 7 は、第 1 領域 6 1 と第 4 領域 6 4 との間の仮想の境界面である。面番号 3 8 は、第 2 透過面 4 3 である。面番号 3 3、面番号 3 4、面番号 3 6、および面番号 3 7 は、平面形状を備える。r は曲率半径であり、単位は mm である。d は軸上面間隔であり、単位は mm である。n d は屈折率である。d はアッペ数である。E は有効径である。

【 0 0 9 1 】

面番号	符号	r	d	nd.vd	E
1	18	1.000000E+18	7.125000E+00		
2	19	1.000000E+18	1.943250E+01	SBSL7_OHARA	10.2460
3		1.000000E+18	4.691589E-01		12.9995
4	L1	-1.812632E+02	3.609720E+00	833122.4287	13.0000
5		-2.989524E+01	1.500000E-01		13.2104
6	L2	1.706382E+02	6.085524E+00	455055.8550	13.1558
7	L3	-2.108995E+01	9.000000E-01	845501.2485	13.1217
8		-4.926623E+01	1.500000E-01		13.6111
9	L4	5.976424E+01	6.647001E+00	SBSL7_OHARA	13.6591
10	L5	-2.903433E+01	9.000000E-01	TAFD25_HOYA	13.5651
11		1.392889E+03	-2.091294E-17		13.8433
12	L6	5.881683E+01	5.696279E+00	444740.8584	14.0604
13		-4.445917E+01	3.583482E+01		14.0835
14	絞り	1.000000E+18	9.635853E-01		9.0000
15	L7	1.495582E+01	2.244218E+00	438075.9368	9.8959
16		1.616764E+01	2.714631E+00		9.6532
17	L8	2.400762E+01	3.726822E+00	846663.2378	9.8467
18		5.358274E+02	2.255573E+00		9.6049
19	L9	2.728590E+01	1.700000E+00	755000.5232	8.6954
20		1.576844E+01	2.183000E+00		8.0001
21	dummy	1.000000E+18	1.822460E+00		8.0000
22	L10	-1.849842E+01	1.700000E+00	834805.4272	8.0003
23		-3.615641E+01	1.000000E-01		8.6740
24	L11	5.735115E+01	7.577326E+00	576367.4539	9.2374
25	L12	-1.098129E+01	1.016853E+01	846110.2428	9.4137
26		-4.957545E+01	1.579306E+01		13.4811
27	L13	2.961997E+01	1.200000E+01	523929.4689	22.0747
28	L14	1.979866E+01	1.921839E+01	540746.6929	18.8332
29		-4.643698E+01	1.485181E-01		18.4518
30	L15	-4.486200E+01	1.200000E+01	809560.3393	18.4495
31		4.185301E+01	1.353667E+00		16.4364
32*	41	-3.056962E+01	1.000000E+01	E48R_ZEON	16.6729

33	66	1.000000E+18	7.000000E+00	525326.7170	15.3310
34	65(2)	1.000000E+18	8.000000E+00	E48R_ZEON	14.6819
35*	42	-1.847144E+01	-8.000000E+00	E48R_ZEON	14.7923
36	66	1.000000E+18	-7.000000E+00	525326.7170	10.3444
37		1.000000E+18	-1.000000E+01	525326.7170	28.7306
38*	43	1.537007E+01	-2.900000E+02		15.3409
39	S	1.000000E+18	870.0402		

【0092】

面番号32、35、38の非球面データは、以下のとおりである。

面番号	32	35	38	
Y曲率半径	-30.56961551	-18.47143653	15.3700684	
コーニック定数(K)	0	-1	0	
4次の係数(A)	0.000201869	1.64149E-05	-1.05561E-05	
6次の係数(B)	-5.54505E-07	-8.59042E-08	-9.8238E-08	
8次の係数(C)	1.00734E-09	6.00656E-10	5.0539E-10	
10次の係数(D)	-7.83761E-13	-2.76177E-12	-1.07879E-12	
12次の係数(E)	0	7.88392E-15	0	
14次の係数(F)	0	-9.87253E-18	0	
16次の係数(G)	0	0	0	
18次の係数(H)	0	0	0	

10

20

【0093】

(効果)

本例の投写光学系3Cでは、第2光学系32を構成する光学素子35Cは、凹曲面形状の反射面42と、拡大側に突出する凸曲面形状の第2透過面43と、を備える。従って、光学素子35Cは、反射面42で反射した光束を、第2透過面43で屈折させることができる。よって、第2光学系32が、反射面42のみを備える場合と比較して、投写光学系3Cの短焦点化、すなわち投写距離を短くすることが容易である。また、光学素子35Cが拡大側に突出する凸曲面形状の第2透過面43を備えるので、投写距離を短くする場合でも、中間像33の拡大側に配置された凹曲面形状の反射面42が大型化することを抑制できる。

30

【0094】

また、本例では、中間像33は、光学素子35Cにおける第1透過面41と反射面42との間に位置する。従って、中間像33が第1光学系31と光学素子35Cとの間に形成される場合と比較して、第1光学系31と光学素子35Cとを接近させることができる。これにより、投写光学系3Cをコンパクトにすることができる。

【0095】

また、本例では、第2光学系32の第1透過面41、反射面42、および第2透過面43が非球面である。従って、本例の投写光学系3Cでは、収差の発生を抑制できる。

【0096】

さらに、本例では、中間像33の縮小側の隣に位置する第1透過面41が非球面なので、中間像33での収差の発生を抑制できる。また、本例では、中間像33が仮想軸Mに沿って大きく傾斜することはなく、中間像33が仮想軸Mに対して垂直な方向に立っている。従って、第1透過面41と中間像33とをZ軸方向で接近させることが容易であり、非球面を中間像33に近い位置に配置できる。従って、中間像33で発生する収差を効率よく補正できる。

40

【0097】

また、本例では、仮想線Pが仮想垂直線Vに対して傾斜しているので、第2透過面43の有効光線範囲50の下端を通過する下端光束52を遮光せずにスクリーンSまで到達させることができる。

【0098】

50

さらに、本例では、仮想線 P が仮想垂直線 V に対して傾斜しているため、仮想線 P が仮想垂直線 V と平行な場合と比較して、スクリーン S の上方の周辺部の光量が低下することを抑制できる。さらに、スクリーン S の上方へ達する光束の開き角度 θ が大きくなれば、スクリーン S の下方へ達する光束の開き角度 θ との差が小さくなる。従って、スクリーン S の上方の周辺部の光量が、下方と比較して低下することを抑制できる。

【0099】

また、本例では、仮想線 P が仮想垂直線 V に対して傾斜する傾斜角度が 90° 以上である。これにより、スクリーン S の下方へ達する光束の開き角度 θ が小さくなる。従って、スクリーン S の上方へ達する光束の開き角度 θ と、スクリーン S の下方へ達する光線の開き角度 θ との差が小さくなるので、スクリーン S で発生する上方と下方との間の光量の差を抑制できる。

10

【0100】

次に、本例では、光学素子 35C は、当該光学素子 35C を通過する光線の光路上に、樹脂からなる第 1 部材部分 65 と、ガラスからなる第 2 部材部分 66 と、を備える。そして、第 2 部材部分 66 に、光学素子 35C に入射した光線の光束径が最も小さくなる領域 A を位置させる。これにより、光学素子 35C の内部で光密度が高くなり、高温となりやすい領域 A が、耐熱性の高い材質から構成される。従って、高温となった光学素子 35C の一部分が熱膨張して、投写光学系 3C の光学性能の劣化を招くことを抑制、或いは回避できる。

【0101】

20

また、中間像 33 は、第 2 部材部分 66 に形成されるので、中間像 33 が第 1 部材部分 65 と第 2 部材部分 66 との接合面を横断することがない。従って、第 1 部材部分 65 と第 2 部材部分 66 との接合面に起因して、投写画像が劣化することを防止できる。

【0102】

また、本例では、非球面の第 1 透過面 41 を備える第 2 領域 62、および非球面の反射面 42 を備える第 3 領域 63 は、いずれも、樹脂からなる。従って、第 2 領域 62、および第 3 領域 63 をガラス製とした場合と比較して、光学素子 35C に、非球面の第 1 透過面 41 および非球面の反射面 42 を設けやすい。

【0103】

図 18 は投写光学系 3C の拡大側の MTF を示す図である。MTF を示す図 18 の横軸は空間周波数である。縦軸はコントラスト再現比である。図 18 に示すように、本例では、解像度の低下は抑制されている。

30

【0104】

(その他の実施の形態)

図 19 は、投写光学系 3 の第 2 光学系 32 に採用可能な光学素子 35 の変形例を示す。図 19 に示す変形例の光学素子 35D では、第 1 領域 61 および第 2 領域 62 を、ガラスからなる第 2 部材部分 66 とし、第 3 領域 63 および第 4 領域 64 を樹脂からなる第 1 部材部分 65 とする。第 1 部材部分 65 は、第 3 領域 63 を備える第 1 の第 1 部材部分 65 (1) と、第 4 領域 64 を備える第 2 の第 1 部材部分 65 (2) と、を有する。

【0105】

40

このようにしても、第 2 部材部分 66 に、光学素子 35D に入射した光線の光束径が最も小さくなる領域を位置させることができる。従って、光学素子 35D の内部で光密度が高くなり、高温となりやすい領域が、耐熱性の高い材質から構成される。従って、高温となった光学素子 35D の一部分が熱膨張して、投写光学系の光学性能の劣化を招くことを抑制、或いは回避できる。

【0106】

なお、投写光学系 3 を用いて撮像装置を構成する場合には、図 2 に示すように、投写光学系 3 の縮小側結像面に撮像素子 100 を配置する。

【符号の説明】

【0107】

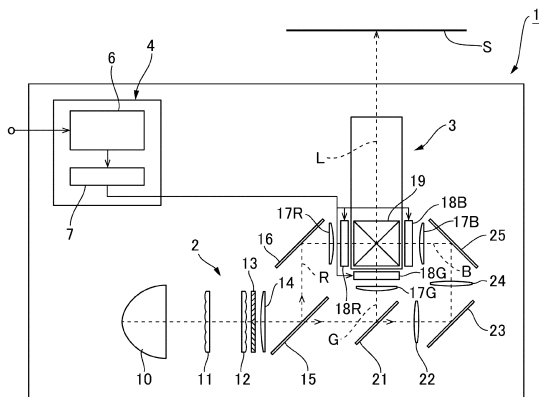
50

1 ... 投写型画像表示装置、2 ... 画像形成部、3, 3 A, 3 B, 3 C ... 投写光学系、4 ... 制御部、6 ... 画像処理部、7 ... 表示駆動部、10 ... 光源、11 ... 第1インテグレーターレンズ、12 ... 第2インテグレーターレンズ、13 ... 偏光変換素子、14 ... 重畳レンズ、15 ... 第1ダイクロイックミラー、16 ... 反射ミラー、17 B ... フィールドレンズ、17 G ... フィールドレンズ、17 R ... フィールドレンズ、18 ... 液晶パネル、18 B ... 液晶パネル、18 G ... 液晶パネル、18 R ... 液晶パネル、19 ... クロスダイクロイックプリズム、21 ... 第2ダイクロイックミラー、22 ... リレーレンズ、23 ... 反射ミラー、24 ... リレーレンズ、25 ... 反射ミラー、31 ... 第1光学系、32 ... 第2光学系、33 ... 中間像、35 ... 光学素子、41 ... 第1透過面、42 ... 反射面、43 ... 第2透過面、50 ... 有効光線範囲、51 ... 上端光束、51 a ... 上周辺光線、51 b ... 下周辺光線、52 ... 下端光束、52 a ... 上周辺光線、52 b ... 下周辺光線、53 ... 上側交点、54 ... 下側交点、61 ... 第1領域、62 ... 第2領域、63 ... 第3領域、64 ... 第4領域、65 ... 第1部材部分、65 (1) ... 第1の第1部材部分、65 (2) ... 第2の第1部材部分、66 ... 第2部材部分、71, 72, 73 ... 仮想の境界面、100 ... 撮像素子、L1 ~ L15 ... レンズ、L21 ~ L24 ... 接合レンズ、O1, O2 ... 絞リ。

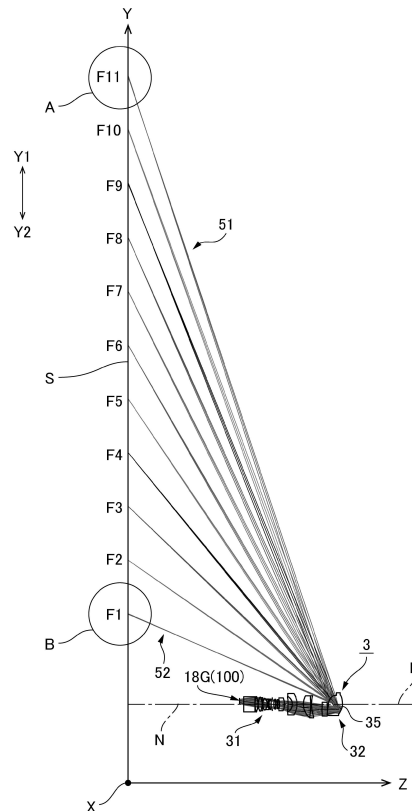
10

【図面】

【図1】



【図2】



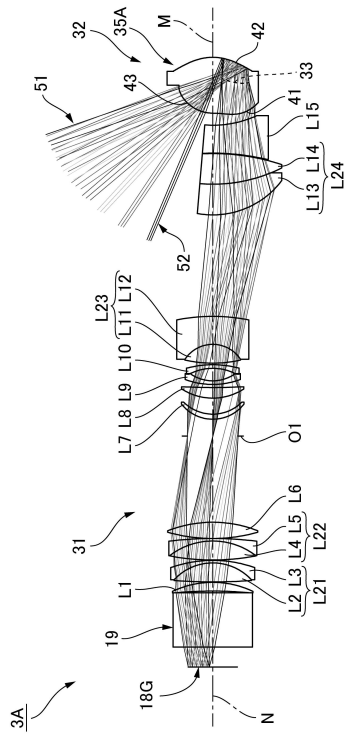
20

30

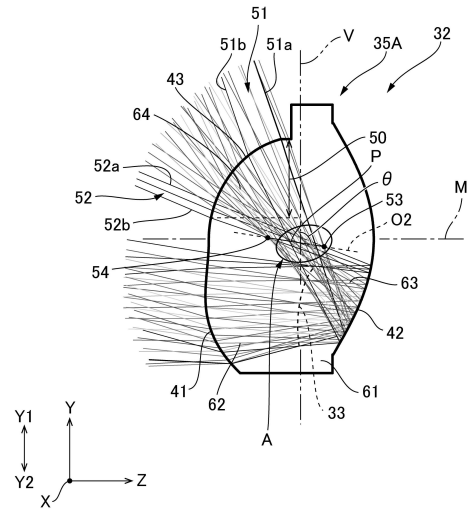
40

50

【 図 3 】



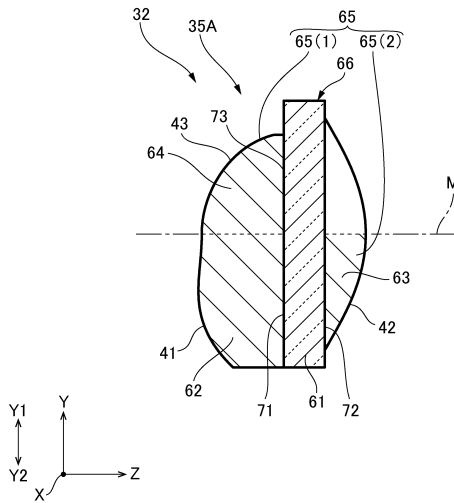
【 図 4 】



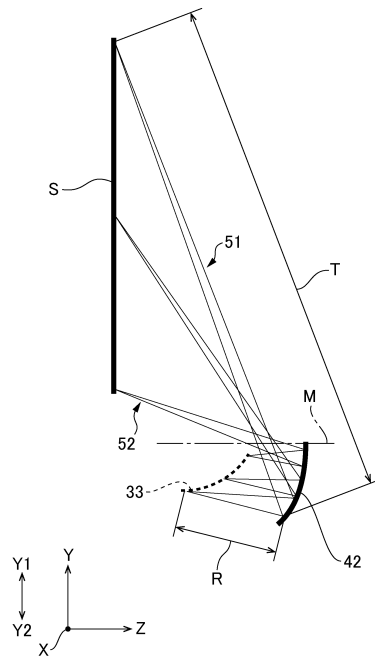
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

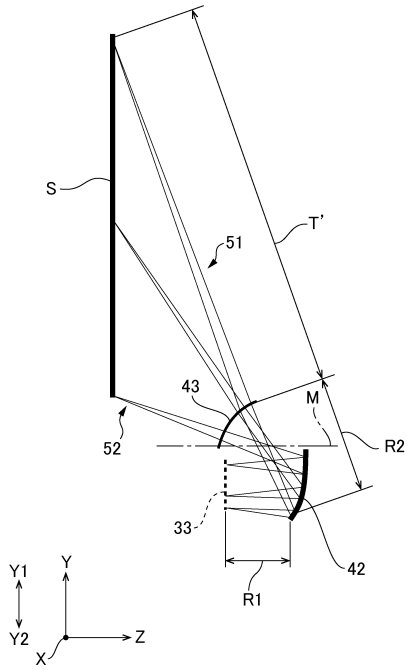


30

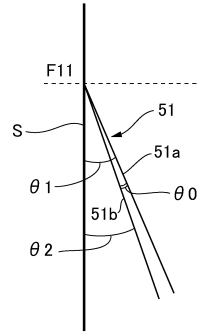
40

50

【 7 】



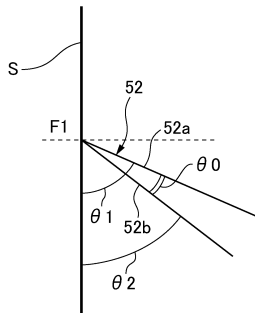
【 8 】



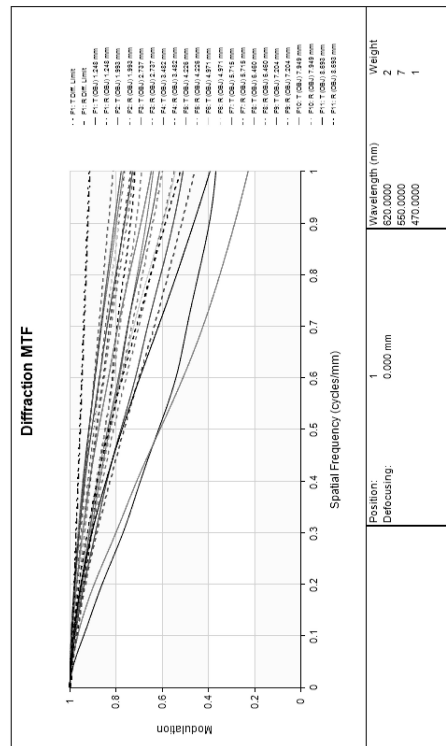
10

20

【 9 】



【 1 0 】

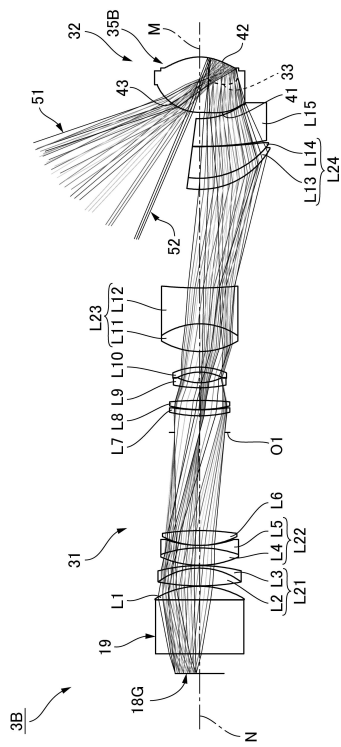


30

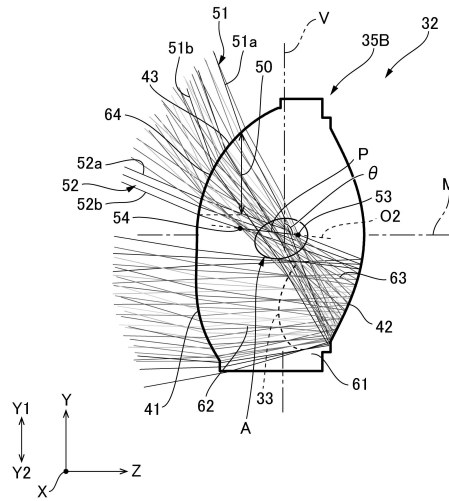
40

50

【図 1 1】



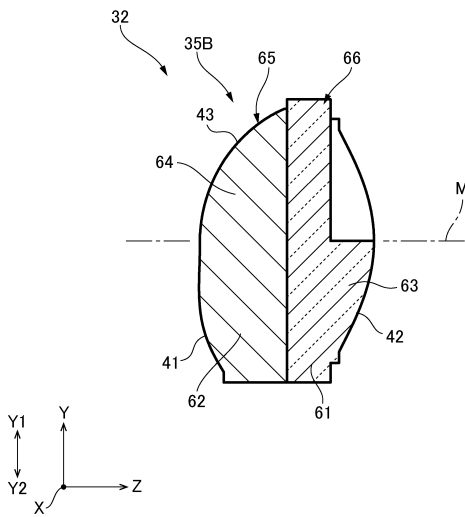
【図 1 2】



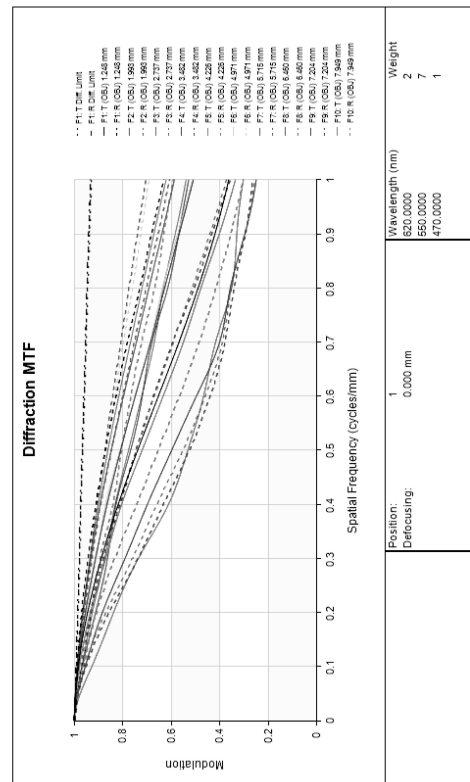
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

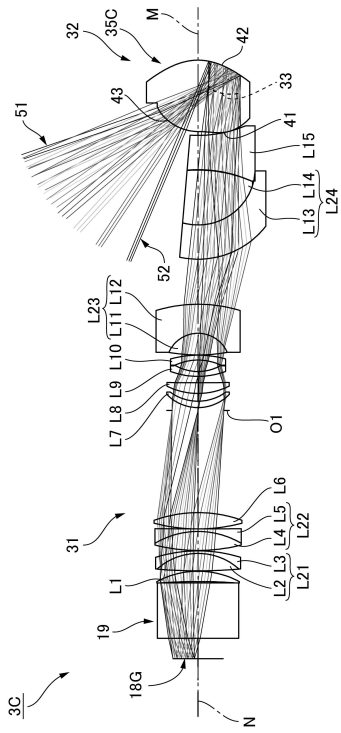


30

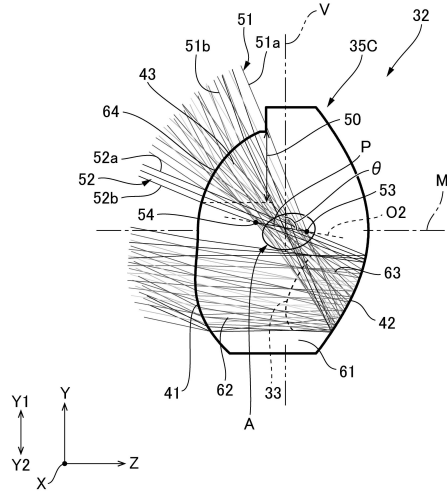
40

50

【 図 1 5 】



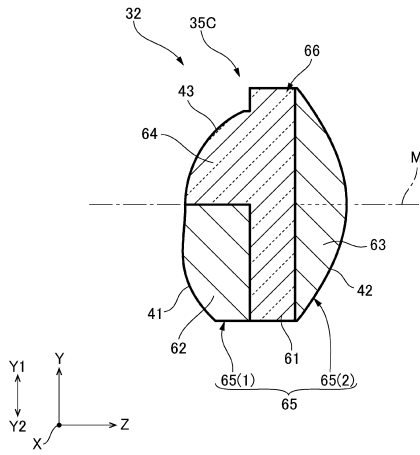
【 図 1 6 】



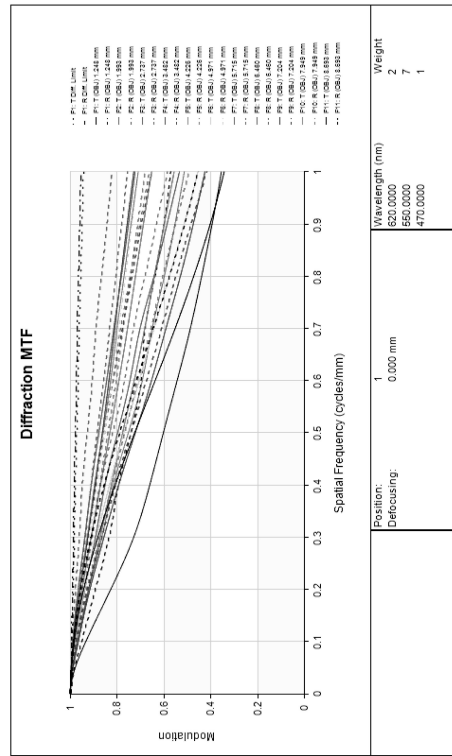
10

20

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

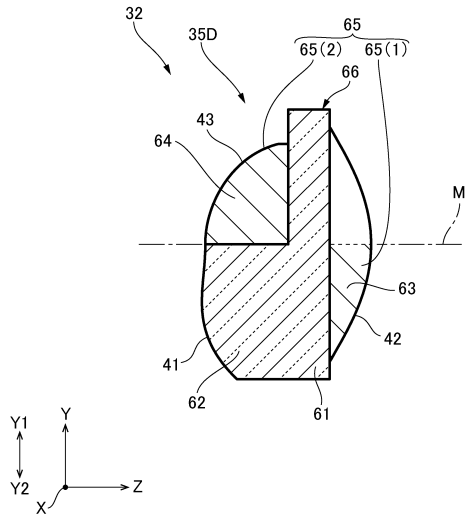


30

40

50

【 図 19 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 瀬戸 息吹

- (56)参考文献 特開 2020 - 042103 (JP, A)
特開 2019 - 133061 (JP, A)
米国特許出願公開第 2013 / 0057971 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- G02B 9 / 00 - 17 / 08
 - G02B 21 / 02 - 21 / 04
 - G02B 25 / 00 - 25 / 04
 - G03B 21 / 00 - 21 / 10
 - G03B 21 / 12 - 21 / 13
 - G03B 21 / 134 - 21 / 30