

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7380246号
(P7380246)

(45)発行日 令和5年11月15日(2023.11.15)

(24)登録日 令和5年11月7日(2023.11.7)

(51)国際特許分類	F I
G 0 2 B 13/16 (2006.01)	G 0 2 B 13/16
G 0 2 B 21/02 (2006.01)	G 0 2 B 21/02
G 0 3 B 21/28 (2006.01)	G 0 3 B 21/28
G 0 3 B 21/00 (2006.01)	G 0 3 B 21/00 E
H 0 4 N 5/74 (2006.01)	H 0 4 N 5/74 A
請求項の数 19 (全32頁) 最終頁に続く	

(21)出願番号	特願2020-8952(P2020-8952)	(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	令和2年1月23日(2020.1.23)	(74)代理人	100179475 弁理士 仲井 智至
(65)公開番号	特開2021-117277(P2021-117277 A)	(74)代理人	100216253 弁理士 松岡 宏紀
(43)公開日	令和3年8月10日(2021.8.10)	(74)代理人	100225901 弁理士 今村 真之
審査請求日	令和4年8月22日(2022.8.22)	(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
		審査官	瀬戸 息吹
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 投写光学系、およびプロジェクター

(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、を備える投写光学系において、

前記第2光学系は、反射面、第1透過面、および第2透過面を有する光学素子と、反射素子と、を備え、

前記反射面、前記反射素子、前記第1透過面、および前記第2透過面は、前記縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿ってこの順に位置し、

前記第1光学系の第1光軸に沿った方向において、前記反射素子は、前記光学素子と第1光学系との間に位置し、

前記反射素子は、平面ミラーを備えることを特徴とする投写光学系。

【請求項2】

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、を備える投写光学系において、

前記第2光学系は、入射側透過面、反射面、第1透過面、および第2透過面を有する光学素子と、反射素子と、を備え、

前記入射側透過面、前記反射面、前記入射側透過面、前記反射素子、前記第1透過面、および前記第2透過面は、前記縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿ってこの順に位置し、

前記第1光学系の第1光軸に沿った方向において、前記反射素子は、前記光学素子と第

1 光学系との間に位置し、
前記反射素子は、平面ミラーを備えることを特徴とする投写光学系。

【請求項 3】

前記入射側透過面は、非球面であることを特徴とする請求項 2 に記載の投写光学系。

【請求項 4】

前記反射面は、凹形状であることを特徴とする請求項 1 から 3 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 5】

前記第 2 透過面は、拡大側に突出する凸形状であることを特徴とする請求項 1 から 4 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

10

【請求項 6】

前記第 1 透過面は、拡大側に突出する凸形状であることを特徴とする請求項 1 から 5 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 7】

前記反射面は、非球面であることを特徴とする請求項 1 から 6 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 8】

前記第 2 透過面は、非球面であることを特徴とする請求項 1 から 7 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 9】

前記第 1 透過面は、非球面であることを特徴とする請求項 1 から 8 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

20

【請求項 10】

前記反射面は、前記反射面の第 2 光軸に対して一方側に位置し、前記反射素子、前記第 1 透過面、および前記第 2 透過面は、前記第 2 光軸に対して他方側に位置することを特徴とする請求項 1 から 9 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 11】

互いに直交する 3 軸を X 軸、Y 軸、および Z 軸とし、拡大側結像面の幅方向を X、前記拡大側結像面の上下方向を Y 軸方向、前記拡大側結像面に垂直な方向を Z 軸方向、前記第 1 光軸および前記第 2 光軸を含む平面を YZ 平面とした場合に、

30

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前記有効光線範囲の 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瞳は、前記 YZ 平面で前記第 2 光軸と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 10 に記載の投写光学系。

【請求項 12】

前記第 1 光学系は、光路を折り曲げる第 1 偏向素子を備えることを特徴とする請求項 1 から 11 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 13】

前記第 1 偏向素子は、平面ミラーであることを特徴とする請求項 12 に記載の投写光学系。

40

【請求項 14】

前記第 1 光学系において、前記第 1 光軸のうち、前記第 1 偏向素子よりも前記縮小側の光軸を第 1 光軸の第 1 部分、前記第 1 偏向素子よりも前記拡大側の光軸を第 1 光軸の第 2 部分とした場合に、前記第 1 光軸の第 1 部分と前記第 1 光軸の第 2 部分とがなす角は、90°であることを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の投写光学系。

【請求項 15】

前記第 1 光学系は、前記第 1 偏向素子の前記拡大側に光路を折り曲げる第 2 偏向素子を備えることを特徴とする請求項 12 から 14 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 16】

50

前記第 2 偏向素子は、平面ミラーであることを特徴とする請求項 1 5 に記載の投写光学系。

【請求項 1 7】

前記第 1 光学系において、前記第 1 光軸のうち、前記第 2 偏向素子よりも前記拡大側の光軸を第 1 光軸の第 3 部分とした場合に、前記第 1 光軸の第 1 部分と前記第 1 光軸の第 3 部分とは、平行であることを特徴とする請求項 1 5 または 1 6 に記載の投写光学系。

【請求項 1 8】

前記第 1 光学系と前記反射面との間に中間像が結像されることを特徴とする請求項 1 から 1 7 のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 1 9】

請求項 1 から 1 8 のうちのいずれか一項に記載の投写光学系と、
前記投写光学系の縮小側結像面に投写画像を形成する画像形成部と、
を有することを特徴とするプロジェクター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投写光学系、およびプロジェクターに関する。

【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写するプロジェクターは特許文献 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 光学系は凹形状の反射面を有する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。

【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】

投写光学系およびプロジェクターには、投写距離を短くすることが要求されている。しかしながら、特許文献 1 の投写光学系を用いて、投写距離をさらに短縮しようとする場合、投写光学系の設計が困難になるという課題があった。

【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、を備える投写光学系において、前記第 2 光学系は、反射面、第 1 透過面、および第 2 透過面を有する光学素子と、反射素子と、を備え、前記反射面、前記反射素子、前記第 1 透過面、および前記第 2 透過面は、前記縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿ってこの順に位置し、前記第 1 光学系の第 1 光軸に沿った方向において、前記反射素子は、前記光学素子と第 1 光学系との間に位置することを特徴とする。

本発明の投写光学系は、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、を備える投写光学系において、前記第 2 光学系は、反射面、第 1 透過面、および第 2 透過面を有する光学素子と、反射素子と、を備え、前記反射面、前記反射素子、前記第 1 透過面、および前記第 2 透過面は、前記縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿ってこの順に位置し、前記第 1 光学系の第 1 光軸に沿った方向において、前記反射素子は、前記光学素子と第 1 光学系との間に位置し、前記反射素子は、平面ミラーを備えることを特徴

10

20

30

40

50

とする。

また、本発明の投写光学系は、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、を備える投写光学系において、前記第2光学系は、入射側透過面、反射面、第1透過面、および第2透過面を有する光学素子と、反射素子と、を備え、前記入射側透過面、前記反射面、前記入射側透過面、前記反射素子、前記第1透過面、および前記第2透過面は、前記縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿ってこの順に位置し、前記第1光学系の第1光軸に沿った方向において、前記反射素子は、前記光学素子と第1光学系との間に位置し、前記反射素子は、平面ミラーを備え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プロジェクターの概略構成図である。

【図2】実施例1の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】実施例1の投写光学系の第2光学系の光線図である。

【図5】実施例1の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図6】実施例2の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

【図7】実施例2の投写光学系の光線図である。

【図8】実施例2の投写光学系の第2光学系の光線図である。

【図9】実施例2の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図10】実施例3の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

【図11】実施例3の投写光学系の光線図である。

【図12】実施例3の投写光学系の第2光学系の光線図である。

【図13】実施例3の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図14】実施例4の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

【図15】実施例4の投写光学系の光線図である。

【図16】実施例4の投写光学系の第2光学系の光線図である。

【図17】実施例4の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図18】実施例5の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

【図19】実施例5の投写光学系の光線図である。

【図20】実施例5の投写光学系の第2光学系の光線図である。

【図21】実施例5の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【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プロジェクターについて詳細に説明する。

【0008】

(プロジェクター)

図1は本発明の投写光学系3を備えるプロジェクターの概略構成図である。図1に示すように、プロジェクター1は、スクリーンSに投写する投写画像を生成する画像形成部2と、投写画像を拡大してスクリーンSに拡大像を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。

【0009】

(画像生成光学系および制御部)

画像形成部2は、光源10、第1インテグレーターレンズ11、第2インテグレーターレンズ12、偏光変換素子13、重畳レンズ14を備える。光源10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インテグレーターレンズ11および第2インテグレーターレンズ12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インテグレーターレンズ11は、光源10からの光束を複数に分割する。第1インテグレーターレンズ11の各レンズ素子は、光源10からの光束を第2インテグレーターレンズ12の各レンズ素子の近傍に集光させる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

偏光変換素子 1 3 は、第 2 インテグレーターレンズ 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 インテグレーターレンズ 1 1 の各レンズ素子の像を、第 2 インテグレーターレンズ 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 は光変調素子である。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。

10

【 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 は光変調素子である。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。

20

【 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 は光変調素子である。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た投写画像を生成する。

30

【 0 0 1 5 】

ここで、クロスダイクロイックプリズム 1 9 は投写光学系 3 の一部分を構成する。投写光学系 3 は、クロスダイクロイックプリズム 1 9 が合成した投写画像（各液晶パネル 1 8 R、1 8 G、1 8 B が形成した画像）をスクリーン S に拡大して投写する。スクリーン S は、投写光学系 3 の拡大側結像面である。

【 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。

40

【 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階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。

【 0 0 1 8 】

(投写光学系)

50

次に、投写光学系 3 を説明する。以下では、プロジェクター 1 に搭載される投写光学系 3 の構成例として実施例 1 ~ 5 を説明する。なお、各実施例 1 ~ 5 において、投写光学系の光線図では、液晶パネル 18 R、液晶パネル 18 G、液晶パネル 18 B を、液晶パネル 18 として表す。

【0019】

(実施例 1)

図 2 は、実施例 1 の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。図 2 では、本例の投写光学系 3 A からスクリーン S に到達する光束を、光束 F 1 ~ F 4 により模式的に示す。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 4 は最も像高が高い位置に達する光束である。光束 F 2 および光束 F 3 は、光束 F 1 と光束 F 4 との間の位置に達する光束である。図 3 は、実施例 1 の投写光学系 3 A の光線図である。図 4 は、実施例 1 の第 2 光学系の光線図である。

10

【0020】

本例の投写光学系 3 A は、図 3 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、および第 2 光学系 3 2 からなる。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。第 2 光学系 3 2 は、光学素子 3 3 と、反射素子 3 4 と、を備える。光学素子 3 3 は、反射面 4 1、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 を有する。反射素子 3 4 は、平面ミラーである。第 2 光学系 3 2 では、縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿って、反射面 4 1、反射素子 3 4、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 が、この順に位置されている。

20

【0021】

投写光学系 3 A の縮小側結像面には、画像形成部 2 の液晶パネル 18 が配置されている。液晶パネル 18 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N に垂直な面内に、第 1 光軸 N に対して一方側に投写画像を形成する。投写光学系の拡大側結像面には、スクリーン S が配置されている。第 1 光学系 3 1 と光学素子 3 3 の反射面 4 1 との間には、縮小側結像面と共役な中間像 3 5 が結像される。中間像 3 5 は拡大側結像面とも共役である。また、中間像 3 5 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N を間に挟んでスクリーン S とは反対側に形成される。

【0022】

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。また、拡大側結像面であるスクリーン S の幅方向を X 軸方向、スクリーン S の上下方向を Y 軸方向、スクリーン S に垂直な方向を Z 軸方向とする。また、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N および光学素子 3 3 の反射面 4 1 の第 2 光軸 M を含む平面を YZ 平面とする。

30

【0023】

本例では、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N は、Z 軸方向に延びる。図 2、図 3、図 4 は、YZ 平面上の光線図である。液晶パネル 18 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N の上方 Y 1 に投写画像を形成する。中間像 3 5 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N の下方 Y 2 に結像される。スクリーン S は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N の上方 Y 1 に配置される。

【0024】

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 19 と、15 枚のレンズ L 1 ~ L 15 を有する。レンズ L 1 ~ レンズ L 15 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、レンズ L 2 とレンズ L 3 は接合された第 1 接合レンズ L 2 1 である。レンズ L 4 とレンズ L 5 は接合された第 2 接合レンズ L 2 2 である。レンズ L 1 1 とレンズ L 1 2 は接合された第 3 接合レンズ L 2 3 である。レンズ L 1 3 とレンズ L 1 4 は接合された第 4 接合レンズ L 2 4 である。レンズ L 7 とレンズ L 8 との間には、絞り O が配置されている。

40

【0025】

光学素子 3 3 は、拡大側に凸形状を備えるメニスカスレンズ 3 6 と、メニスカスレンズ 3 6 の縮小側の面に部分的に設けられた反射コーティング層 3 7 と、を備える。光学素子 3 3 の反射面 4 1 は、反射コーティング層 3 7 である。ここで、光学素子 3 3 は、反射面 4 1 の第 2 光軸 M を設計軸として設計されている。言い換えれば、第 2 光軸 M は、反射面

50

4 1、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 の設計上の光軸である。図 4 に示すように、反射面 4 1 の第 2 光軸 M は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N と一致する。従って、反射面 4 1 の第 2 光軸 M は、Z 軸に沿って延びる。反射面 4 1 は、第 2 光軸 M の下方 Y 2 に位置する。第 1 透過面 4 2 および第 2 透過面 4 3 は、第 2 光軸 M の上方 Y 1 に位置する。光学素子 3 3 の反射面 4 1、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 は、いずれも非球面である。非球面は、自由曲面の場合がある。この場合でも、自由曲面は、第 2 光軸 M を設計軸として設計されている。

【 0 0 2 6 】

反射素子 3 4 は、反射面 4 1 の第 2 光軸 M に垂直である。反射素子 3 4 は、反射面 4 1 の第 2 光軸 M の上方 Y 1 に位置する。反射素子 3 4 は、反射面 4 1 の第 2 光軸 M に沿った方向で、光学素子 3 3 よりも第 1 光学系 3 1 の側に位置する。

【 0 0 2 7 】

第 2 光学系 3 2 の瞳 P は、第 2 光学系 3 2 の内側に位置する。YZ 平面における第 2 光学系 3 2 の瞳 P 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 YZ 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 YZ 平面上で交差する下側交点 5 4 とを結ぶ線で規定されるものである。瞳 P は、反射素子 3 4 と第 2 透過面 4 3 との間に形成される。瞳 P は、YZ 平面上で反射面 4 1 の第 2 光軸 M と垂直な仮想垂直線 V に対して傾斜する。

【 0 0 2 8 】

(レンズデータ)

投写光学系 3 A 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。符号は、レンズ、反射面、反射素子、第 1 透過面、および第 2 透過面の符号である。レンズ、反射面、反射素子、第 1 透過面、および第 2 透過面に対応しない面番号のデータはダミーデータである。R は曲率半径である。D は軸上面間隔である。C はアパーチャー半径である。R、D、C の単位は mm である。

【 0 0 2 9 】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C	
18	0	球	無限	0.0000		屈折	0.0000	30
	1	球	無限	9.5000		屈折	11.7000	
19	2	球	無限	25.9100	SBSL7_OHARA	屈折	13.3059	
	3	球	無限	0.0000		屈折	16.1679	
L1	4	球	27.2275	9.6207	SFPL51_OHARA	屈折	17.2029	
	5	球	-96.6617	0.2000		屈折	16.8825	
L2	6	球	29.0138	7.7348	SFSL5_OHARA	屈折	14.8572	
L3	7	球	-60.7868	1.2000	STIH6_OHARA	屈折	14.0000	
	8	球	46.8651	0.2000		屈折	12.8622	
L4	9	球	20.0287	9.3478	SBSL7_OHARA	屈折	12.3016	
L5	10	球	-22.8718	1.2000	TAFD25_HOYA	屈折	11.5596	40
	11	球	190.2895	0.4397		屈折	10.9652	
L6	12	非球面	41.8537	1.2000	LBAL35_OHARA	屈折	10.8731	
	13	非球面	21.5006	0.2000		屈折	10.4882	
L7	14	球	19.3529	7.5650	SFSL5_OHARA	屈折	10.5273	
	15	球	62.6402	2.2349		屈折	9.5673	
O	16	球	無限	0.4040		屈折	9.2670	
L8	17	球	29.3227	4.6147	STIH53_OHARA	屈折	10.2078	
	18	球	-68.0342	3.3630		屈折	10.2526	
L9	19	非球面	-87.2281	5.6840	LLAM60_OHARA	屈折	10.0018	
	20	非球面	20.5876	4.2883		屈折	11.2693	50

	21	球	無限	0.2988		屈折	12.5570	
L10	22	球	40.1891	3.9043	STIM22_OHARA	屈折	15.2007	
	23	球	112.0759	20.7200		屈折	15.5454	
L11	24	球	62.0827	22.5281	STIM2_OHARA	屈折	26.0000	
L12	25	球	-30.5918	1.2000	STIH6_OHARA	屈折	26.1404	
	26	球	138.3228	0.2000		屈折	30.0612	
L13	27	球	105.8154	15.0227	STIL25_OHARA	屈折	31.1823	
L14	28	球	-64.8091	1.3233	STIH6_OHARA	屈折	31.6527	
	29	球	-64.5253	0.2000		屈折	31.9494	
L15	30	非球面	-338.6023	2.2476	'Z-E48R'	屈折	32.5943	10
	31	非球面	45.8885	13.3862		屈折	32.0721	
	32	球	無限	16.7098		屈折	31.7316	
	33	球	無限	39.3523		屈折	30.1083	
41	34	非球面	-46.4264	-39.3523		反射	37.4512	
34	35	球	無限	39.3523		反射	38.7046	
42	36	非球面	-50.2503	1.2000	'Z-E48R'	屈折	39.8994	
43	37	非球面	-162.2411	0.0000		屈折	58.4637	
	38	球	無限	439.5080		屈折	158.9958	
S	39	球	無限	0.0000		屈折	1487.1211	

【0030】

各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【0031】

面番号	S12	S13	S19
Y曲率半径	41.85372823	21.50057506	-87.22813862
コーニック定数(K)	1.568	-1.3	-1
4次の係数(A)	-1.92815E-04	-1.48851E-04	-7.47776E-05
6次の係数(B)	1.53921E-06	1.63590E-06	-7.57612E-09
8次の係数(C)	-6.56218E-09	-7.90242E-09	-1.24201E-10
10次の係数(D)	1.33383E-11	1.76919E-11	

12次の係数(E)

14次の係数(F)

【0032】

面番号	S20	S30	S31
Y曲率半径	20.58762759	-338.6022945	45.88845982
コーニック定数(K)	-0.88	90	0
4次の係数(A)	-3.30064E-05	2.13930E-05	-1.77739E-06
6次の係数(B)	6.74245E-08	-1.77680E-08	1.39563E-08
8次の係数(C)	-1.14226E-10	1.22895E-11	-2.21256E-11
10次の係数(D)		-1.11769E-14	5.46695E-15
12次の係数(E)		7.16104E-18	4.41203E-18
14次の係数(F)		-2.09326E-21	-2.25037E-21

【0033】

面番号	S34	S36	S37
Y曲率半径	-46.42641713	-50.2503134	-162.2411346
コーニック定数(K)	-1	0.55805156	6.222885555
4次の係数(A)	7.13212E-07	-1.95028E-06	-2.69488E-06
6次の係数(B)	-5.94905E-10	-1.37400E-09	6.44559E-10
8次の係数(C)	1.93757E-13	-4.89909E-14	-7.82591E-14
10次の係数(D)	7.20821E-18		
12次の係数(E)	-4.35422E-20		

14次の係数(F) 1.23785E-23

【0034】

また、投写光学系3Aの最大物体高、開口数、ミラー半径、レンズ全長、TRは、以下のとおりである。最大物体高は、液晶パネル18面上において画像形成領域の中で、投写光学系3Aの第1光軸Nから最も離れた点までの寸法である。最大物体高の単位はmmである。開口数はNAで示す。ミラー半径は、第1反射面の半径であり、単位はmmである。最終レンズ半径は、第2透過面のレンズ半径であり、単位はmmである。投写光学系3Aのレンズ全長は、Z軸方向における液晶パネル18から第2透過面までの距離であり、単位はmmである。TRは、スローレシオであり、投写距離を、投写画像をスクリーンSへ投写した時のX軸方向の寸法で除算した値である。

最大物体高 11.7

NA 0.3125

ミラー半径 37.5

最終レンズ半径 58.5

レンズ全長 232

TR(0.59" WXGA) 0.27

【0035】

(作用効果)

本例の投写光学系3Aは、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、を備える投写光学系において、第2光学系32は、反射面41、第1透過面42、および第2透過面43を有する光学素子33と、反射素子34と、を備える。反射面41、反射素子34、第1透過面42、および第2透過面43は、縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿ってこの順に位置する。第1光学系31の第1光軸Nに沿った方向において、反射素子34は、光学素子33と第1光学系31との間に位置する。

【0036】

本例の投写光学系3Aによれば、第2光学系32において、反射面41および反射素子34で反射した光束を、第1透過面42および第2透過面43で屈折させることができる。よって、第2光学系が、反射面のみを備える場合と比較して、投写光学系の投写距離を短くすることが容易である。言い換えれば、本例の投写光学系3Aは、第2光学系が反射面のみを備える場合と比較して、投写光学系を短焦点化することができる。

【0037】

また、本例の投写光学系3Aは、反射素子34を備えるので、第2光学系32から射出される光束を、Y軸方向で第1光学系31とは反対側に射出できる。従って、第2光学系32から射出される光束の向きを、第1光学系31と干渉しない方向に向けることが容易である。

【0038】

ここで、反射面41、第1透過面42、および第2透過面43は、一つの光学素子33に設けられている。従って、例えば、反射面を、第1透過面および第2透過面を備える光学素子とは別の部材に設けた場合と比較して、反射面、第1透過面、および第2透過面の配置の精度が向上する。

【0039】

また、本例では、反射面41は、凹曲面である。従って、投写光学系を短焦点化することができる。

【0040】

さらに、本例では、光学素子33が拡大側に突出する凸形状の第2透過面43を備える。従って、投写距離を短くする場合でも、中間像35の拡大側に配置された反射面41が大型化することを抑制できる。すなわち、第2透過面43において光束を屈折させることができるので、スクリーンSと共役となる中間像35が、反射面41の第2光軸Mに沿って傾斜して大きくなることを抑制できる。従って、中間像35の拡大側に位置する反射面41が大型化することを抑制できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

また、本例では、光学素子 3 3 が拡大側に突出する凸形状の第 1 透過面 4 2 を備える。従って、投写距離を短くする場合でも、中間像 3 5 の拡大側に配置された反射面 4 1 が大型化することを抑制しやすい。すなわち、第 1 透過面 4 2 において光束を屈折させることができるので、スクリーン S と共役となる中間像 3 5 が、反射面 4 1 の第 2 光軸 M に沿って傾斜して大きくなることを抑制できる。従って、中間像 3 5 の拡大側に位置する反射面 4 1 が大型化することを抑制できる。

【 0 0 4 2 】

また、本例では、光学素子 3 3 において、中間像 3 5 の拡大側に位置する反射面 4 1、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 が、非球面である。従って、拡大側結像面において、収差の発生を抑制しやすい。

10

【 0 0 4 3 】

さらに、第 2 光学系 3 2 の瞳 P は、反射面 4 1 の第 2 光軸 M と垂直な仮想垂直線 V に対して傾斜している。従って、第 2 光学系 3 2 の瞳 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 Y 1 の周辺部の光量が低下することを抑制できる。すなわち、瞳 P が第 2 光軸 M と垂直な仮想垂直線 V に対して傾斜すれば、瞳 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 の上部へ達する光束 F 1 の光量が多くなる。また、スクリーン S の上部へ達する光束 F 1 の光量が多くなれば、スクリーン S の下部へ達する光束 F 3 の光量との差が小さくなる。従って、スクリーン S の上部の周辺部の光量が、下部と比較して低下することを抑制できる。

20

【 0 0 4 4 】

図 5 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 5 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。図中において、黒色のグラフは、タンジェンシャル光線 (T) を示し、灰色のグラフは、ラジアル光線 (R) を示す。また、タンジェンシャル光線 (T) およびラジアル光線 (R) のそれぞれにおいて、実線は、光束 F 1 であり、間隔の最も長い破線は、光束 F 2 であり、間隔の長い破線は、光束 F 3 であり、破線は、光束 F 4 である。図 5 に示すように、本例の投写光学系 3 A は、高い解像度を有する。

【 0 0 4 5 】

(実施例 2)

図 6 は、実施例 2 の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。図 6 では、本例の投写光学系 3 B からスクリーン S に到達する光束を、光束 F 1 ~ F 4 により模式的に示す。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 4 は最も像高が高い位置に達する光束である。光束 F 2 および光束 F 3 は、光束 F 1 と光束 F 4 との間の位置に達する光束である。図 7 は、実施例 2 の投写光学系 3 B の光線図である。図 8 は、実施例 2 の光線図である。

30

【 0 0 4 6 】

実施例 2 は、実施例 1 の投写光学系において、第 1 光学系は、光路を折り曲げる第 1 偏向素子および第 2 偏向素子を備える。本例の投写光学系 3 B は、図 6 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、および第 2 光学系 3 2 からなる。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。第 2 光学系 3 2 は、光学素子 3 3 と、反射素子 3 4 と、を備える。光学素子 3 3 は、反射面 4 1、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 を有する。反射素子 3 4 は、平面ミラーである。第 2 光学系 3 2 では、縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿って、反射面 4 1、反射素子 3 4、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 が、この順に位置されている。

40

【 0 0 4 7 】

投写光学系 3 B の縮小側結像面には、画像形成部 2 の液晶パネル 1 8 が配置されている。液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N に垂直な面内に、第 1 光軸 N に対して一方側に投写画像を形成する。投写光学系の拡大側結像面には、スクリーン S が配置されている。第 1 光学系 3 1 と光学素子 3 3 の反射面 4 1 との間には、縮小側結像面と共役な

50

中間像 35 が結像される。中間像 35 は拡大側結像面とも共役である。また、中間像 35 は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N を間に挟んでスクリーン S とは反対側に形成される。

【0048】

本例では、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N は、Z 軸方向に延びる。図 6、図 7、図 8 は、YZ 平面上の光線図である。液晶パネル 18 は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N の上方 Y1 に投写画像を形成する。中間像 35 は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N の下方 Y2 に結像される。スクリーン S は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N の上方 Y1 に配置される。

【0049】

図 7 に示すように、第 1 光学系 31 は、クロスダイクロイックプリズム 19 と、15 枚のレンズ L1 ~ L15 を有する。レンズ L1 ~ レンズ L15 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、レンズ L2 とレンズ L3 は接合された第 1 接合レンズ L21 である。レンズ L4 とレンズ L5 は接合された第 2 接合レンズ L22 である。レンズ L11 とレンズ L12 は接合された第 3 接合レンズ L23 である。レンズ L13 とレンズ L14 は接合された第 4 接合レンズ L24 である。レンズ L8 とレンズ L9 との間には、絞り O が配置されている。

【0050】

また、第 1 光学系 31 は、光路を折り曲げる第 1 偏向素子 38 および第 2 偏向素子 39 を備える。第 1 偏向素子 38 および第 2 偏向素子 39 は、いずれも平面ミラーである。第 1 偏向素子 38 は、絞り O の縮小側の隣に配置されている。すなわち、第 1 偏向素子 38 は、レンズ L7 とレンズ L8 との間に配置されている。第 2 偏向素子 39 は、絞り O よりも拡大側に配置されている。すなわち、第 2 偏向素子 39 は、レンズ L10 とレンズ L11 との間に配置されている。第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N のうち、第 1 偏向素子 38 よりも縮小側を第 1 光軸の第 1 部分 N1、第 1 偏向素子 38 よりも拡大側で第 2 偏向素子 39 に至るまでを第 1 光軸の第 2 部分 N2、第 2 偏向素子 39 よりも拡大側を第 1 光軸の第 3 部分 N3 とした場合に、第 1 光軸の第 1 部分 N1 と第 1 光軸の第 2 部分 N2 とがなす角は 90° である。第 1 光軸の第 2 部分 N2 と第 1 光軸の第 3 部分 N3 とがなす角は 90° である。第 1 光軸の第 1 部分 N1 と第 1 光軸の第 3 部分 N3 とは平行である。本例では、第 1 光軸の第 1 部分 N1 と第 1 光軸の第 3 部分 N3 とは並列に延びている。

【0051】

すなわち、第 1 偏向素子 38 は第 1 光軸の第 1 部分 N1 に対して 45° 傾斜して配置され、第 1 光学系 31 の光束を上方 Y1 に向かって 90° 折り曲げている。第 2 偏向素子 39 は第 1 光軸の第 2 部分 N2 に対して 45° 傾斜して配置され、第 1 光学系 31 の光束を 180° 折り返している。

【0052】

光学素子 33 は、拡大側に凸形状を備えるメニスカスレンズ 36 と、メニスカスレンズ 36 の縮小側の面に部分的に設けられた反射コーティング層 37 と、を備える。光学素子 33 の反射面 41 は、反射コーティング層 37 である。ここで、光学素子 33 は、反射面 41 の第 2 光軸 M を設計軸として設計されている。言い換えれば、第 2 光軸 M は、反射面 41、第 1 透過面 42、および第 2 透過面 43 の設計上の光軸である。反射面 41 の第 2 光軸 M は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N と一致する。図 8 に示すように、反射面 41 の第 2 光軸 M は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸の第 3 部分 N3 と一致する。従って、反射面 41 の第 2 光軸 M は、Z 軸に沿って延びる。反射面 41 は、第 2 光軸 M の下方 Y2 に位置する。第 1 透過面 42 および第 2 透過面 43 は、第 2 光軸 M の上方 Y1 に位置する。光学素子 33 の反射面 41、第 1 透過面 42、および第 2 透過面 43 は、いずれも非球面である。非球面は、自由曲面の場合がある。この場合でも、自由曲面は、第 2 光軸 M を設計軸として設計されている。

【0053】

反射素子 34 は、反射面 41 の第 2 光軸 M に垂直である。反射素子 34 は、反射面 41 の第 2 光軸 M の上方 Y1 に位置する。反射素子 34 は、反射面 41 の第 2 光軸 M に沿った方向で、光学素子 33 よりも第 1 光学系 31 の側に位置する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

第2光学系32の瞳Pは、第2光学系32の内側に位置する。YZ平面における第2光学系32の瞳Pは、第2透過面43の有効光線範囲50のY軸方向の上端を通過する上端光束51の上周辺光線51aおよび有効光線範囲50のY軸方向の下端を通過する下端光束52の上周辺光線52aがYZ平面上で交差する上側交点53と、上端光束51の下周辺光線51bおよび下端光束52の下周辺光線52bがYZ平面上で交差する下側交点54とを結ぶ線で規定されるものである。瞳Pは、反射素子34と第2透過面43との間に形成される。瞳Pは、YZ平面上で反射面41の第2光軸Mと垂直な仮想垂直線Vに対して傾斜する。

【 0 0 5 5 】

(レンズデータ)

投写光学系3B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。符号は、レンズ、第1偏向素子、第2偏向素子、反射面、反射素子、第1透過面、および第2透過面の符号である。レンズ、第1偏向素子、第2偏向素子、反射面、反射素子、第1透過面、および第2透過面に対応しない面番号のデータはダミーデータである。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。Cはアパーチャー半径である。R、D、Cの単位はmmである。

【 0 0 5 6 】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C	
18	0	球	無限	0.0000		屈折	0.0000	20
	1	球	無限	9.5000		屈折	11.7000	
19	2	球	無限	25.9100	SBSL7_OHARA	屈折	13.1294	
	3	球	無限	0.2000		屈折	15.6811	
L1	4	球	28.2094	8.9572	463480.6806	屈折	16.5145	
	5	球	-83.1544	0.2000		屈折	16.2563	
L2	6	球	33.5314	6.6630	453456.8225	屈折	14.7095	
L3	7	球	-78.1478	1.2000	2.0010:29.132	屈折	14.0000	
	8	球	29.7884	0.2000		屈折	13.4642	
L4	9	球	28.1457	9.6926	469236.8323	屈折	13.6582	
L5	10	球	-22.5231	1.2000	2.0009:29.135	屈折	13.7136	30
	11	球	-186.9823	0.2000		屈折	14.8724	
L6	12	非球面	48.9604	3.0063	441964.8821	屈折	16.1663	
	13	非球面	314.2727	0.2000		屈折	16.3015	
L7	14	球	81.4934	6.3039	469050.7791	屈折	16.5299	
	15	球	-55.3604	19.1151		屈折	16.7970	
O	16	球	無限	0.0000		反射	26.4292	
	17	球	無限	-19.1151		屈折	17.8529	
	18	球	無限	-0.2000		屈折	19.1152	
L8	19	球	-61.1427	-6.0716	2.0015:19.408	屈折	19.3498	
	20	球	196.5322	-0.8207		屈折	19.0863	40
	21	球	無限	-18.2327		屈折	18.3967	
L9	22	非球面	27.0027	-1.6345	2.0027:19.317	屈折	16.8350	
	23	非球面	187.7066	-0.2000		屈折	18.3329	
L10	24	球	-75.7408	-10.1959	590410.3496	屈折	20.2617	
	25	球	42.1350	-22.3002		屈折	20.7008	
	26	球	無限	0.0000		反射	29.5422	
	27	球	無限	22.3002		屈折	21.4652	
L11	28	球	35.1039	12.8742	437001.951	屈折	22.3001	
L12	29	球	-189.1707	3.8133	2.0010:29.134	屈折	21.5043	
	30	球	43.8798	0.2000		屈折	20.3055	50

L13	31	球	34.2291	17.9986	437001.951	屈折	21.1074
L14	32	球	-85.4978	8.4736	792469.4538	屈折	20.6876
	33	球	57.3732	9.8162		屈折	20.8208
L15	34	非球面	-226.8989	6.3040	'Z-E48R'	屈折	21.3828
	35	非球面	-485.2593	0.2000		屈折	22.3000
	36	球	無限	1.5000		屈折	26.7876
	37	球	無限	40.2264		屈折	27.6086
41	38	非球面	-35.1906	0.0000		反射	38.8998
	39	球	無限	-40.2264		屈折	74.5214
34	40	球	無限	0.0000		反射	30.0529
	41	球	無限	40.2264		屈折	30.0529
	42	球	無限	0.0000		屈折	107.4634
42	43	非球面	-28.7213	1.2000	'Z-E48R'	屈折	39.8330
43	44	非球面	-42.6321	0.0000		屈折	54.0576
	45	球	無限	439.4195		屈折	144.9591
S	46	球	無限	0.0000		屈折	1488.5481

【0057】

各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【0058】

面番号	S12	S13	S22
Y曲率半径	48.96044013	314.2727343	27.00272101
コーニック定数(K)	1.568	-1.3	-1
4次の係数(A)	-1.02602E-05	3.23749E-06	-7.77232E-07
6次の係数(B)	2.22500E-08	2.10974E-08	-2.87978E-09
8次の係数(C)	-4.11479E-11	-4.06491E-11	-3.62426E-12
10次の係数(D)	2.28527E-13	2.41451E-13	
12次の係数(E)			
14次の係数(F)			

【0059】

面番号	S23	S34	S35
Y曲率半径	187.7066332	-226.8988513	-485.2592728
コーニック定数(K)	-0.88	90	0
4次の係数(A)	-7.79758E-06	-4.00626E-05	-7.89993E-05
6次の係数(B)	1.61670E-09	1.42410E-07	2.15938E-07
8次の係数(C)	-2.71849E-12	-3.51878E-10	-4.26635E-10
10次の係数(D)		5.84931E-13	5.81509E-13
12次の係数(E)		-7.00335E-16	-6.28266E-16
14次の係数(F)		4.42366E-19	3.57966E-19

【0060】

面番号	S38	S43	S44
Y曲率半径	-35.19059003	-28.72125677	-42.63205393
コーニック定数(K)	-1.65124531	-2.48275343	-0.82812574
4次の係数(A)	-1.44803E-07	-6.52555E-06	1.63369E-06
6次の係数(B)	-3.34034E-10	-2.02478E-09	-1.36041E-10
8次の係数(C)	1.23576E-13	2.29963E-12	-4.47648E-14
10次の係数(D)	-5.90820E-17	3.72271E-17	
12次の係数(E)	8.23282E-21	-3.16121E-19	
14次の係数(F)	-5.47662E-25	-7.45167E-23	

【0061】

また、投写光学系3Bの最大物体高、開口数、ミラー半径、レンズ全長、TRは、以下

10

20

30

40

50

のとおりである。最大物体高は、液晶パネル 18 面上において画像形成領域の中で、投写光学系 3 B の第 1 光軸 N から最も離れた点までの寸法である。最大物体高の単位は mm である。開口数は NA で示す。ミラー半径は、第 1 反射面の半径であり、単位は mm である。最終レンズ半径は、第 2 透過面のレンズ半径であり、単位は mm である。投写光学系 3 B のレンズ全長は、Z 軸方向における液晶パネル 18 から第 2 透過面までの距離であり、単位は mm である。TR は、スローレシオであり、投写距離を、投写画像をスクリーン S へ投写した時の X 軸方向の寸法で除算した値である。

最大物体高 11.7
 NA 0.3125
 ミラー半径 38.9
 最終レンズ半径 54.1
 レンズ全長 295
 TR (0.59" WXGA) 0.270

【0062】

(作用効果)

本例の投写光学系は、実施例 1 の投写光学系と同様の作用効果を得ることができる。また、本例では、第 1 偏向素子および第 2 偏向素子を備えることにより、第 1 光学系の光路を折り返している。これにより、Z 軸方向から見た場合に第 1 光学系が占める専有面積を小さくすることができる。

【0063】

図 9 は、投写光学系 3 B の拡大側の MTF を示す図である。図 9 に示すように、本例の投写光学系 3 B は、高い解像度を有する。

【0064】

(実施例 3)

図 10 は、実施例 3 の投写光学系 3 C の全体を模式的に表す光線図である。図 10 では、本例の投写光学系 3 C からスクリーン S に到達する光束を、光束 F1 ~ F4 により模式的に示す。光束 F1 は最も像高が低い位置に達する光束である。光束 F4 は最も像高が高い位置に達する光束である。光束 F2 および光束 F3 は、光束 F1 と光束 F4 との間の位置に達する光束である。図 11 は、実施例 3 の投写光学系 3 C の光線図である。図 12 は、第 2 光学系の光線図である。

【0065】

本例の投写光学系 3 C は、図 11 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、および第 2 光学系 32 からなる。第 1 光学系 31 は、複数枚のレンズを備える屈折光学系である。第 2 光学系 32 は、光学素子 33 と、反射素子 34 と、を備える。光学素子 33 は、入射側透過面 44、反射面 41、第 1 透過面 42、および第 2 透過面 43 を有する。反射素子 34 は、平面ミラーである。第 2 光学系 32 では、縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿って、入射側透過面 44、反射面 41、入射側透過面 44、反射素子 34、第 1 透過面 42、および第 2 透過面 43 が、この順に位置されている。

【0066】

投写光学系 3 C の縮小側結像面には、画像形成部 2 の液晶パネル 18 が配置されている。液晶パネル 18 は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N に垂直な面内に、第 1 光軸 N に対して一方側に投写画像を形成する。投写光学系の拡大側結像面には、スクリーン S が配置されている。第 1 光学系 31 と光学素子 33 の反射面 41 との間には、縮小側結像面と共役な中間像 35 が結像される。中間像 35 は拡大側結像面とも共役である。また、中間像 35 は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N を間に挟んでスクリーン S とは反対側に形成される。

【0067】

本例では、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N は、Z 軸方向に延びる。図 10、図 11、図 12 は、YZ 平面上の光線図である。液晶パネル 18 は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N の上方 Y1 に投写画像を形成する。中間像 35 は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N の下方 Y2 に結像される。スクリーン S は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N の上方 Y1 に配置される。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

図 1 1 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。レンズ L 1 ~ 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、レンズ L 2 とレンズ L 3 は接合された第 1 接合レンズ L 2 1 である。レンズ L 4 とレンズ L 5 は接合された第 2 接合レンズ L 2 2 である。レンズ L 1 1 とレンズ L 1 2 は接合された第 3 接合レンズ L 2 3 である。レンズ L 1 3 とレンズ L 1 4 は接合された第 4 接合レンズ L 2 4 である。レンズ L 7 とレンズ L 8 との間には、絞り O が配置されている。

【 0 0 6 9 】

光学素子 3 3 は、拡大側に凸形状を備えるメニスカスレンズ 3 6 と、メニスカスレンズ 3 6 の拡大側の面に部分的に設けられた反射コーティング層 3 7 と、を備える。光学素子 3 3 の反射面 4 1 は、反射コーティング層 3 7 である。ここで、光学素子 3 3 は、反射面 4 1 の第 2 光軸 M を設計軸として設計されている。言い換えれば、第 2 光軸 M は、入射側透過面 4 4、反射面 4 1、第 1 透過面、および第 2 透過面の設計上の光軸である。図 1 2 に示すように、反射面 4 1 の第 2 光軸 M は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N と一致する。従って、反射面 4 1 の第 2 光軸 M は、Z 軸に沿って延びる。入射側透過面 4 4 および反射面 4 1 は、第 2 光軸 M の下方 Y 2 に位置する。第 1 透過面 4 2 および第 2 透過面 4 3 は、第 2 光軸の上方 Y 1 に位置する。光学素子 3 3 の入射側透過面 4 4、反射面 4 1、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 は、いずれも非球面である。非球面は、自由曲面の場合がある。この場合でも、自由曲面は、第 2 光軸 M を設計軸として設計されている。

10

20

【 0 0 7 0 】

反射素子 3 4 は、反射面 4 1 の第 2 光軸 M に垂直である。反射素子 3 4 は、反射面 4 1 の第 2 光軸 M の上方 Y 1 に位置する。反射素子 3 4 は、反射面 4 1 の第 2 光軸 M に沿った方向で、光学素子 3 3 よりも第 1 光学系 3 1 の側に位置する。

【 0 0 7 1 】

第 2 光学系 3 2 の瞳 P は、第 2 光学系 3 2 の内側に位置する。Y Z 平面における第 2 光学系 3 2 の瞳 P 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 とを結ぶ線で規定されるものである。瞳 P は、反射素子 3 4 と第 2 透過面 4 3 との間に形成される。瞳 P は、Y Z 平面上で反射面 4 1 の第 2 光軸 M と垂直な仮想垂直線 V に対して傾斜する。

30

【 0 0 7 2 】

(レンズデータ)

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。符号は、レンズ、入射側投射面、反射面、反射素子、第 1 透過面、および第 2 透過面の符号である。レンズ、入射側投射面、反射面、反射素子、第 1 透過面、および第 2 透過面に対応しない面番号のデータはダミーデータである。R は曲率半径である。D は軸上面間隔である。C はアパーチャー半径である。R、D、C の単位は mm である。

40

【 0 0 7 3 】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C
18	0	球	無限	0.0000		屈折	0.0000
	1	球	無限	9.5000		屈折	11.7000
19	2	球	無限	25.9100	SBSL7_OHARA	屈折	13.6097
	3	球	無限	0.0000		屈折	17.0021
L1	4	球	41.2144	9.8241	SFPL51_OHARA	屈折	17.8162
	5	球	-43.6282	0.2000		屈折	17.7483
L2	6	球	23.5357	6.2884	SFSL5_OHARA	屈折	14.9123

50

L3	7	球	94.8272	1.2000	STIH6_OHARA	屈折	14.0000	
	8	球	21.4819	0.2000		屈折	12.6277	
L4	9	球	19.0505	10.4909	SBSL7_OHARA	屈折	12.6034	
L5	10	球	-21.2275	1.2000	TAFD25_HOYA	屈折	12.0117	
	11	球	63.5114	1.0411		屈折	11.6290	
L6	12	非球面	49.0884	1.2000	LBAL35_OHARA	屈折	11.6454	
	13	非球面	27.0575	0.2000		屈折	11.6632	
L7	14	球	26.8149	7.0725	SFSL5_OHARA	屈折	11.9375	
	15	球	-32.5544	4.3889		屈折	11.9390	
O	16	球	無限	2.5976		屈折	10.7320	10
L8	17	球	45.3300	7.0474	STIH53_OHARA	屈折	12.3109	
	18	球	-35.8311	0.2000		屈折	12.4566	
L9	19	非球面	-56.8046	1.5968	LLAM60_OHARA	屈折	12.3293	
	20	非球面	24.3773	7.4673		屈折	12.6338	
	21	球	無限	2.8159		屈折	14.9857	
L10	22	球	33.2956	4.5985	STIM22_OHARA	屈折	20.1790	
	23	球	49.7914	17.6365		屈折	20.0451	
L11	24	球	45.3688	20.9746	STIM2_OHARA	屈折	26.0000	
L12	25	球	-28.7126	1.2000	STIH6_OHARA	屈折	23.5216	
	26	球	115.5270	0.2000		屈折	24.2345	20
L13	27	球	33.8126	15.5800	STIL25_OHARA	屈折	27.3836	
L14	28	球	899.1542	1.2000	STIH6_OHARA	屈折	26.7372	
	29	球	42.8200	7.9678		屈折	24.3547	
L15	30	非球面	-256.9466	10.0000	'Z-E48R'	屈折	24.5227	
	31	非球面	76.1015	7.8140		屈折	21.8030	
	32	球	無限	1.7043		屈折	21.8850	
	33	球	無限	26.6661		屈折	22.7703	
44	34	非球面	-53.7754	4.0174	'Z-E48R'	屈折	30.1927	
41	35	非球面	-37.0708	-4.0174	'Z-E48R'	反射	31.6638	
44	36	非球面	-53.7754	-26.6661		屈折	29.5984	30
34	37	球	無限	0.0000		反射	42.8206	
	38	球	無限	26.6606		屈折	42.8206	
	39	球	無限	0.0000		屈折	110.7647	
42	40	非球面	-61.4764	4.0174	'Z-E48R'	屈折	43.5854	
43	41	非球面	-200.8496	0.0000		屈折	59.9999	
	42	球	無限	439.4195		屈折	131.0019	
S	43	球	無限	0.0000		屈折	1454.8316	

【 0 0 7 4 】

各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【 0 0 7 5 】

面番号	S12	S13	S19	S20
Y曲率半径	49.08839049	27.05749563	-56.80463531	24.37733913
コーニック定数(K)	1.568	-1.3	-1	-0.88
4次の係数(A)	-1.27624E-04	-9.62452E-05	-2.35727E-05	-5.71363E-06
6次の係数(B)	6.79968E-07	7.36058E-07	-6.95764E-09	-9.06493E-09
8次の係数(C)	-1.49344E-09	-2.04610E-09	-2.33118E-11	-1.65962E-11
10次の係数(D)	2.18051E-12	3.01616E-12		
12次の係数(E)				
14次の係数(F)				

【 0 0 7 6 】

10

20

30

40

50

面番号	S30	S31	S34	S35
Y曲率半径	-256.9466198	76.10151145	-53.77538203	-37.0707934
コーニック定数(K)	90	0	1.432637618	-1
4次の係数(A)	3.81759E-05	-2.49871E-05	-7.27509E-06	1.95126E-07
6次の係数(B)	-2.36256E-08	1.46370E-07	1.22445E-08	-2.56458E-09
8次の係数(C)	-2.04848E-11	-2.70415E-10	-8.06489E-12	2.98409E-12
10次の係数(D)	6.55740E-14	2.57801E-13	7.19014E-15	6.07298E-16
12次の係数(E)	-4.72334E-17	-2.07333E-16	-8.05971E-18	-3.51995E-18
14次の係数(F)	3.01373E-20	2.90536E-19	2.85331E-21	1.46175E-21

【0077】

10

面番号	S36	S40	S41
Y曲率半径	-53.77538203	-61.47639674	-200.8496205
コーニック定数(K)	1.432637618	-0.946487863	8.952212348
4次の係数(A)	-7.27509E-06	-3.81258E-06	-9.72802E-07
6次の係数(B)	1.22445E-08	2.37350E-09	2.00223E-10
8次の係数(C)	-8.06489E-12	-1.02258E-12	-4.09223E-14
10次の係数(D)	7.19014E-15		
12次の係数(E)	-8.05971E-18		
14次の係数(F)	2.85331E-21		

【0078】

20

また、投写光学系3Cの最大物体高、開口数、ミラー半径、レンズ全長、TRは、以下のとおりである。最大物体高は、液晶パネル18面上において画像形成領域の中で、投写光学系3Cの第1光軸Nから最も離れた点までの寸法である。最大物体高の単位はmmである。開口数はNAで示す。ミラー半径は、第1反射面の半径であり、単位はmmである。最終レンズ半径は、第2透過面のレンズ半径であり、単位はmmである。投写光学系3Cのレンズ全長は、Z軸方向における液晶パネル18から第2透過面までの距離であり、単位はmmである。TRは、スローレシオであり、投写距離を、投写画像をスクリーンSへ投写した時のX軸方向の寸法で除算した値である。

最大物体高	11.7
NA	0.3125
ミラー半径	31.7
最終レンズ半径	60.0
レンズ全長	220
TR(0.59" WXGA)	0.27

【0079】

(作用効果)

本例の投写光学系は、実施例1の投写光学系と同様の作用効果を得ることができる。

【0080】

また、本例では、第2光学系32において、反射面41に入射する光束、および、反射面41で反射した光束を、入射側透過面44で屈折させることができる。従って、第2光学系32が第1透過面42および第2透過面43を備える場合と比較して、更に、投写光学系の投写距離を短くすることができる。

40

【0081】

また、中間像35の拡大側に位置する入射側透過面44が非球面なので、拡大側結像面において、収差の発生を抑制しやすい。

【0082】

図13は、投写光学系3Cの拡大側のMTFを示す図である。図13に示すように、本例の投写光学系3Cは、高い解像度を有する。

【0083】

(実施例4)

50

図 1 4 は、実施例 4 の投写光学系 3 D の全体を模式的に表す光線図である。図 1 4 では、本例の投写光学系 3 D からスクリーン S に到達する光束を、光束 F 1 ~ F 4 により模式的に示す。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 4 は最も像高が高い位置に達する光束である。光束 F 2 および光束 F 3 は、光束 F 1 と光束 F 4 との間の位置に達する光束である。図 1 5 は、実施例 4 の投写光学系 3 D の光線図である。図 1 6 は、実施例 4 の第 2 光学系の光線図である。

【 0 0 8 4 】

実施例 4 は、実施例 2 の投写光学系において、第 1 光学系は光路を折り曲げる第 1 偏向素子および第 2 偏向素子を備える。本例の投写光学系 3 D は、図 1 5 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、および第 2 光学系 3 2 からなる。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。第 2 光学系 3 2 は、光学素子 3 3 と、反射素子 3 4 と、を備える。光学素子 3 3 は、入射側透過面 4 4、反射面 4 1、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 を有する。反射素子 3 4 は、平面ミラーである。第 2 光学系 3 2 では、縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿って、入射側透過面 4 4、反射面 4 1、入射側透過面 4 4、反射素子 3 4、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 が、この順に位置されている。

10

【 0 0 8 5 】

投写光学系 3 D の縮小側結像面には、画像形成部 2 の液晶パネル 1 8 が配置されている。液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N に垂直な面内に、第 1 光軸 N に対して一方側に投写画像を形成する。投写光学系の拡大側結像面には、スクリーン S が配置されている。第 1 光学系 3 1 と光学素子 3 3 の反射面 4 1 との間には、縮小側結像面と共役な中間像 3 5 が結像される。中間像 3 5 は拡大側結像面とも共役である。また、中間像 3 5 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N を間に挟んでスクリーン S とは反対側に形成される。

20

【 0 0 8 6 】

本例では、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N は、Z 軸方向に延びる。図 1 4、図 1 5、図 1 6 は、Y Z 平面上の光線図である。液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N の上方 Y 1 に投写画像を形成する。中間像 3 5 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N の下方 Y 2 に結像される。スクリーン S は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N の上方 Y 1 に配置される。

【 0 0 8 7 】

図 1 5 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。レンズ L 1 ~ 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、レンズ L 2 とレンズ L 3 は接合された第 1 接合レンズ L 2 1 である。レンズ L 4 とレンズ L 5 は接合された第 2 接合レンズ L 2 2 である。レンズ L 1 1 とレンズ L 1 2 は接合された第 3 接合レンズ L 2 3 である。レンズ L 1 3 とレンズ L 1 4 は接合された第 4 接合レンズ L 2 4 である。レンズ L 8 とレンズ L 9 との間には、絞り O が配置されている。

30

【 0 0 8 8 】

また、第 1 光学系 3 1 は、光路を折り曲げる第 1 偏向素子 3 8 および第 2 偏向素子 3 9 を備える。第 1 偏向素子 3 8 および第 2 偏向素子 3 9 は、いずれも平面ミラーである。第 1 偏向素子 3 8 は、絞り O の縮小側の隣に配置されている。すなわち、第 1 偏向素子 3 8 は、レンズ L 7 とレンズ L 8 との間に配置されている。第 2 偏向素子 3 9 は、絞り O よりも拡大側に配置されている。すなわち、第 2 偏向素子 3 9 は、レンズ L 1 0 とレンズ L 1 1 との間に配置されている。第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N のうち、第 1 偏向素子 3 8 よりも縮小側を第 1 光軸の第 1 部分 N 1、第 1 偏向素子 3 8 よりも拡大側で第 2 偏向素子 3 9 に至るまでを第 1 光軸の第 2 部分 N 2、第 2 偏向素子 3 9 よりも拡大側を第 1 光軸の第 3 部分 N 3 とした場合に、第 1 光軸の第 1 部分 N 1 と第 1 光軸の第 2 部分 N 2 とがなす角は 90° である。第 1 光軸の第 2 部分 N 2 と第 1 光軸の第 3 部分 N 3 とがなす角は 90° である。第 1 光軸の第 1 部分 N 1 と第 1 光軸の第 3 部分 N 3 とは平行である。本例では、第 1 光軸の第 1 部分 N 1 と第 1 光軸の第 3 部分 N 3 とは並列に延びている。

40

【 0 0 8 9 】

50

すなわち、第1偏向素子38は第1光軸の第1部分N1に対して45°傾斜して配置され、第1光学系31の光束を上方Y1に向かって90°折り曲げている。第2偏向素子39は第1光軸の第2部分N2に対して45°傾斜して配置され、第1光学系31の光束を180°折り返している。

【0090】

光学素子33は、拡大側に凸形状を備えるメニスカスレンズ36と、メニスカスレンズ36の拡大側の面に部分的に設けられた反射コーティング層37と、を備える。光学素子33の反射面41は、反射コーティング層37である。ここで、光学素子33は、反射面41の第2光軸Mを設計軸として設計されている。言い換えれば、第2光軸Mは、入射側透過面44、反射面41、第1透過面42、および第2透過面43の設計上の光軸である。図16に示すように、反射面41の第2光軸Mは、第1光学系31の第1光軸の第3部分N3と一致する。従って、反射面41の第2光軸Mは、Z軸に沿って延びる。入射側透過面44および反射面41は、第2光軸Mの下方Y2に位置する。第1透過面42および第2透過面43は、第2光軸の上方Y1に位置する。光学素子33の入射側透過面44、反射面41、第1透過面42、および第2透過面43は、いずれも非球面である。非球面は、自由曲面の場合がある。この場合でも、自由曲面は、第2光軸Mを設計軸として設計されている。

10

【0091】

反射素子34は、反射面41の第2光軸Mに垂直である。反射素子34は、反射面41の第2光軸Mの上方Y1に位置する。反射素子34は、反射面41の第2光軸Mに沿った方向で、光学素子33よりも第1光学系31の側に位置する。

20

【0092】

第2光学系32の瞳Pは、第2光学系32の内側に位置する。YZ平面における第2光学系32の瞳Pは、第2透過面43の有効光線範囲50のY軸方向の上端を通過する上端光束51の上周辺光線51aおよび有効光線範囲50のY軸方向の下端を通過する下端光束52の上周辺光線52aがYZ平面上で交差する上側交点53と、上端光束51の下周辺光線51bおよび下端光束52の下周辺光線52bがYZ平面上で交差する下側交点54とを結ぶ線で規定されるものである。瞳Pは、反射素子34と第2透過面43との間に形成される。瞳Pは、YZ平面上で反射面41の第2光軸Mと垂直な仮想垂直線Vに対して傾斜する。

30

【0093】

(レンズデータ)

投写光学系3D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。符号は、レンズ、第1偏向素子、第2偏向素子、入射側投射面、反射面、反射素子、第1透過面、および第2透過面の符号である。レンズ、第1偏向素子、第2偏向素子、入射側投射面、反射面、反射素子、第1透過面、および第2透過面に対応しない面番号のデータはダミーデータである。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。Cはアパーチャー半径である。R、D、Cの単位はmmである。

【0094】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C
18	0	球	無限	0.0000		屈折	0.0000
	1	球	無限	9.5000		屈折	11.7000
19	2	球	無限	25.9100	SBSL7_OHARA	屈折	13.1866
	3	球	無限	0.2000		屈折	15.8391
L1	4	球	60.8192	8.3858	447472.8179	屈折	16.2149
	5	球	-33.6543	0.2000		屈折	16.2525
L2	6	球	42.1742	6.8398	449655.8302	屈折	14.5611
L3	7	球	-44.7501	1.2000	2.0010:29.134	屈折	14.0000
	8	球	43.1052	0.2000		屈折	13.8696
L4	9	球	31.6779	10.8169	447567.8304	屈折	14.3070

40

50

L5	10	球	-21.9104	1.2000	2.0010:28.886	屈折	14.3931	
	11	球	-58.3816	0.2000		屈折	15.5371	
L6	12	非球面	96.3261	3.0000	878827.3593	屈折	16.3816	
	13	非球面	60.9753	0.2000		屈折	16.4506	
L7	14	球	47.0513	9.2823	449491.8071	屈折	16.8655	
	15	球	-47.2067	20.0299		屈折	17.1995	
O	16	球	無限	0.0000		反射	27.4865	
	17	球	無限	-20.0299		屈折	18.5462	
	18	球	無限	-0.2000		屈折	20.0401	
L8	19	球	-57.0398	-5.8695	2.0027:19.317	屈折	20.3345	10
	20	球	1094.6879	-1.8973		屈折	20.0379	
	21	球	無限	-19.0977		屈折	19.3260	
L9	22	非球面	50.6705	-1.2000	2.0027:19.317	屈折	17.6192	
	23	非球面	-202.8274	-0.2000		屈折	18.2801	
L10	24	球	-51.6804	-8.0027	652914.3585	屈折	19.7819	
	25	球	91.1078	-20.8653		屈折	19.9676	
	26	球	無限	0.0000		反射	28.3233	
	27	球	無限	20.8653		屈折	20.4211	
L11	28	球	38.7604	12.4568	614216.3226	屈折	20.9520	
L12	29	球	-45.7966	3.0000	2.0027:19.317	屈折	20.6415	20
	30	球	47.4799	10.4635		屈折	19.8139	
L13	31	球	-92.5686	3.3996	611216.3189	屈折	21.2199	
L14	32	球	-56.0227	6.0607	675797.2751	屈折	21.7046	
	33	球	-33.7704	0.2000		屈折	22.3552	
L15	34	非球面	-243.3783	2.8440	'Z-E48R'	屈折	22.3333	
	35	非球面	25.0399	9.7794		屈折	20.3862	
	36	球	無限	1.5030		屈折	20.4862	
	37	球	無限	26.6612		屈折	21.1335	
44	38	非球面	-68.3577	4.2395	'Z-E48R'	屈折	28.3267	
41	39	非球面	-38.4885	-4.2395	'Z-E48R'	反射	29.5616	30
44	40	非球面	-68.3577	-26.6612		屈折	27.6155	
34	41	球	無限	0.0000		反射	33.2362	
	42	球	無限	26.6613		屈折	33.2362	
	43	球	無限	0.0000		屈折	92.9510	
42	44	非球面	-49.2660	4.2395	'Z-E48R'	屈折	37.4399	
43	45	非球面	-147.0473	0.0000		屈折	54.3569	
	46	球	無限	439.4195		屈折	120.3501	
S	47	球	無限	0.0000		屈折	1458.6948	

【0095】

各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

40

【0096】

面番号	S12	S13	S22	S23
Y曲率半径	96.3260961	60.97528446	50.67048364	-202.8273751
コーニック定数(K)	1.568	-1.3	-1	-0.88
4次の係数(A)	-1.00271E-05	-7.79867E-06	-7.72183E-07	-5.91829E-06
6次の係数(B)	3.47797E-08	3.65406E-08	2.19648E-09	2.49647E-09
8次の係数(C)	-1.44942E-11	-2.65355E-11	-3.76843E-12	-3.70003E-12
10次の係数(D)	5.15470E-15	2.45256E-14		
12次の係数(E)				
14次の係数(F)				

50

【 0 0 9 7 】

面番号	S34	S35	S38	S39	
Y曲率半径	-243.3783218	25.03986207	-68.35771811	-38.48848791	
コーニック定数(K)	90	0	3.309513291	-1	
4次の係数(A)	2.59808E-05	-3.57184E-05	-9.53327E-06	5.03313E-07	
6次の係数(B)	4.74275E-08	1.85049E-07	1.28167E-08	-5.25830E-09	
8次の係数(C)	-3.01496E-10	-5.17448E-10	-1.14594E-11	8.21603E-12	
10次の係数(D)	6.68588E-13	5.85946E-13	1.49774E-14	-5.49356E-15	
12次の係数(E)	-7.34682E-16	-4.18133E-16	-1.53274E-17	4.32667E-19	
14次の係数(F)	4.02340E-19	4.30864E-19	5.55757E-21	3.62088E-22	10

【 0 0 9 8 】

面番号	S40	S44	S45		
Y曲率半径	-68.35771811	-49.26602456	-147.047343		
コーニック定数(K)	3.309513291	-13.20511972	5.099781969		
4次の係数(A)	-9.53327E-06	-1.27110E-05	-8.98450E-07		
6次の係数(B)	1.28167E-08	7.61054E-09	1.15337E-10		
8次の係数(C)	-1.14594E-11	-3.45915E-12	-3.33257E-14		
10次の係数(D)	1.49774E-14				
12次の係数(E)	-1.53274E-17				
14次の係数(F)	5.55757E-21				20

【 0 0 9 9 】

また、投写光学系 3 D の最大物体高、開口数、ミラー半径、レンズ全長、TR は、以下のとおりである。最大物体高は、液晶パネル 1 8 面上において画像形成領域の中で、投写光学系 3 D の第 1 光軸 N から最も離れた点までの寸法である。最大物体高の単位は mm である。開口数は NA で示す。ミラー半径は、第 1 反射面の半径であり、単位は mm である。最終レンズ半径は、第 2 透過面のレンズ半径であり、単位は mm である。投写光学系 3 D のレンズ全長は、Z 軸方向における液晶パネル 1 8 から第 2 透過面までの距離であり、単位は mm である。TR は、スローレシオであり、投写距離を、投写画像をスクリーン S へ投写した時の X 軸方向の寸法で除算した値である。

最大物体高	11.7	30
NA	0.3125	
ミラー半径	29.6	
最終レンズ半径	54.4	
レンズ全長	276	
TR (0.59" WXGA)	0.275	

【 0 1 0 0 】

(作用効果)

本例の投写光学系は、実施例 3 の投写光学系と同様の作用効果を得ることができる。また、本例では、第 1 偏向素子および第 2 偏向素子を備えることにより、第 1 光学系の光路を折り返している。これにより、Z 軸方向から見た場合に第 1 光学系が占める専有面積を小さくすることができる。

【 0 1 0 1 】

図 1 7 は、投写光学系 3 D の拡大側の MTF を示す図である。図 1 7 に示すように、本例の投写光学系 3 D は、高い解像度を有する。

【 0 1 0 2 】

(実施例 5)

図 1 8 は、実施例 5 の投写光学系 3 E の全体を模式的に表す光線図である。図 1 8 では、本例の投写光学系 3 E からスクリーン S に到達する光束を、光束 F 1 ~ F 4 により模式的に示す。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 4 は最も像高が高い位置に達する光束である。光束 F 2 および光束 F 3 は、光束 F 1 と光束 F 4 との間の位

置に達する光束である。図 19 は、実施例 5 の投写光学系 3 E の光線図である。図 20 は、第 5 実施例の第 2 光学系の光線図である。

【 0 1 0 3 】

実施例 5 は、実施例 4 と同様に、投写光学系において、第 1 光学系は光路を折り曲げる第 1 偏向素子および第 2 偏向素子を備える。本例の投写光学系 3 E は、図 19 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、および第 2 光学系 3 2 からなる。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。第 2 光学系 3 2 は、光学素子 3 3 と、反射素子 3 4 と、を備える。光学素子 3 3 は、入射側透過面 4 4、反射面 4 1、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 を有する。反射素子 3 4 は、平面ミラーである。第 2 光学系 3 2 では、縮小側から拡大側に向かう光の進行方向に沿って、入射側透過面 4 4、反射面 4 1、入射側透過面 4 4、反射素子 3 4、第 1 透過面 4 2、および第 2 透過面 4 3 が、この順に位置されている。

10

【 0 1 0 4 】

投写光学系 3 E の縮小側結像面には、画像形成部 2 の液晶パネル 1 8 が配置されている。液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N に垂直な面内に、第 1 光軸 N に対して一方側に投写画像を形成する。投写光学系の拡大側結像面には、スクリーン S が配置されている。第 1 光学系 3 1 と光学素子 3 3 の反射面 4 1 との間には、縮小側結像面と共役な中間像 3 5 が結像される。中間像 3 5 は拡大側結像面とも共役である。また、中間像 3 5 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N を間に挟んでスクリーン S とは反対側に形成される。

【 0 1 0 5 】

本例では、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N は、Z 軸方向に延びる。図 18、図 19、図 20 は、YZ 平面上の光線図である。液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N の上方 Y 1 に投写画像を形成する。中間像 3 5 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N の下方 Y 2 に結像される。スクリーン S は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N の上方 Y 1 に配置される。

20

【 0 1 0 6 】

図 19 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、15 枚のレンズ L 1 ~ L 15 を有する。レンズ L 1 ~ レンズ L 15 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、レンズ L 2 とレンズ L 3 は接合された第 1 接合レンズ L 2 1 である。レンズ L 4 とレンズ L 5 は接合された第 2 接合レンズ L 2 2 である。レンズ L 1 1 とレンズ L 1 2 は接合された第 3 接合レンズ L 2 3 である。レンズ L 1 3 とレンズ L 1 4 は接合された第 4 接合レンズ L 2 4 である。レンズ L 1 5 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N に対する上方 Y 1 部分がカットされたレンズである。レンズ L 8 とレンズ L 9 との間には、絞り O が配置されている。

30

【 0 1 0 7 】

また、第 1 光学系 3 1 は、光路を折り曲げる第 1 偏向素子 3 8 および第 2 偏向素子 3 9 を備える。第 1 偏向素子 3 8 および第 2 偏向素子 3 9 は、いずれも平面ミラーである。第 1 偏向素子 3 8 は、絞り O の縮小側の隣に配置されている。すなわち、第 1 偏向素子 3 8 は、レンズ L 7 とレンズ L 8 との間に配置されている。第 2 偏向素子 3 9 は、絞り O よりも拡大側に配置されている。すなわち、第 2 偏向素子 3 9 は、レンズ L 10 とレンズ L 11 との間に配置されている。第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N のうち、第 1 偏向素子 3 8 よりも縮小側を第 1 光軸の第 1 部分 N 1、第 1 偏向素子 3 8 よりも拡大側で第 2 偏向素子 3 9 に至るまでを第 1 光軸の第 2 部分 N 2、第 2 偏向素子 3 9 よりも拡大側を第 1 光軸の第 3 部分 N 3 とした場合に、第 1 光軸の第 1 部分 N 1 と第 1 光軸の第 2 部分 N 2 とがなす角は 90° である。第 1 光軸の第 2 部分 N 2 と第 1 光軸の第 3 部分 N 3 とがなす角は 90° である。第 1 光軸の第 1 部分 N 1 と第 1 光軸の第 3 部分 N 3 とは平行である。本例では、第 1 光軸の第 1 部分 N 1 と第 1 光軸の第 3 部分 N 3 とは並列に延びている。

40

【 0 1 0 8 】

すなわち、第 1 偏向素子 3 8 は第 1 光軸の第 1 部分 N 1 に対して 45° 傾斜して配置され、第 1 光学系 3 1 の光路を上方 Y 1 に向かって 90° 折り曲げている。第 2 偏向素子 3 9 は第 1 光軸の第 2 部分 N 2 に対して 45° 傾斜して配置され、第 1 光学系 3 1 の光路を

50

180°折り返している。

【0109】

光学素子33は、拡大側に凸形状を備えるメニスカスレンズ36と、メニスカスレンズ36の拡大側の面に部分的に設けられた反射コーティング層37と、を備える。光学素子33の反射面41は、反射コーティング層37である。ここで、光学素子33は、反射面41の第2光軸Mを設計軸として設計されている。言い換えれば、第2光軸Mは、入射側透過面44、反射面41、第1透過面42、および第2透過面43の設計上の光軸である。図20に示すように、反射面41の第2光軸Mは、第1光学系31の第1光軸Nの第3部分N3と一致する。従って、反射面41の第2光軸Mは、Z軸に沿って延びる。入射側透過面44および反射面41は、第2光軸Mの下方Y2に位置する。第1透過面42および第2透過面43は、第2光軸の上方Y1に位置する。光学素子33の入射側透過面44、反射面41、第1透過面42、および第2透過面は、いずれも非球面である。非球面は、自由曲面の場合がある。この場合でも、自由曲面は、第2光軸Mを設計軸として設計されている。

10

【0110】

反射素子34は、反射面41の第2光軸Mに垂直である。反射素子34は、反射面41の第2光軸Mの上方Y1に位置する。反射素子34は、反射面41の第2光軸Mに沿った方向で、光学素子33よりも第1光学系31の側に位置する。第1光学系の第1光軸Nと直交する方向から見た場合、反射素子34と第1光学系31のレンズL15とが重なる。

【0111】

第2光学系32の瞳Pは、第2光学系32の内側に位置する。YZ平面における第2光学系32の瞳Pは、第2透過面43の有効光線範囲50のY軸方向の上端を通過する上端光束51の上周辺光線51aおよび有効光線範囲50のY軸方向の下端を通過する下端光束52の上周辺光線52aがYZ平面上で交差する上側交点53と、上端光束51の下周辺光線51bおよび下端光束52の下周辺光線52bがYZ平面上で交差する下側交点54とを結ぶ線で規定されるものである。瞳Pは、反射素子34と第2透過面43との間に形成される。瞳Pは、YZ平面上で反射面41の第2光軸Mと垂直な仮想垂直線Vに対して傾斜する。

20

【0112】

(レンズデータ)

投写光学系3E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。符号は、レンズ、第1偏向素子、第2偏向素子、入射側投射面、反射面、反射素子、第1透過面、および第2透過面の符号である。レンズ、第1偏向素子、第2偏向素子、入射側投射面、反射面、反射素子、第1透過面、および第2透過面に対応しない面番号のデータはダミーデータである。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。Cはアパーチャー半径である。R、D、Cの単位はmmである。

30

【0113】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C
18	0	球	無限	0.0000		屈折	0.0000
	1	球	無限	9.5000		屈折	11.7000
19	2	球	無限	25.9100	SBSL7_OHARA	屈折	13.1449
	3	球	無限	0.2000		屈折	15.7239
L1	4	球	35.4215	10.4750	443314.8653	屈折	16.3636
	5	球	-37.0296	0.2000		屈折	16.2009
L2	6	球	124.1837	6.3938	454154.8344	屈折	14.5415
L3	7	球	-29.4013	1.2162	2.0006:28.214	屈折	14.0000
	8	球	59.5041	0.2089		屈折	14.3901
L4	9	球	36.6649	11.7954	444852.8471	屈折	15.1102
L5	10	球	-20.0854	1.2000	2.0010:29.134	屈折	15.2728
	11	球	-46.8668	0.2405		屈折	17.0887

40

50

L6	12	非球面	88.2703	3.2943	735074.5321	屈折	19.0117	
	13	非球面	50.5058	0.2128		屈折	19.2901	
L7	14	球	46.6480	11.7146	456203.7378	屈折	19.8069	
	15	球	-42.2516	21.9375		屈折	20.2330	
O	16	球	無限	0.0000		反射	31.3716	
	17	球	無限	-22.2165		屈折	21.5781	
	18	球	無限	-0.2311		屈折	22.6808	
L8	19	球	-59.3719	-7.0715	2.0005:19.475	屈折	22.9207	
	20	球	735.6722	-1.3341		屈折	22.5338	
	21	球	無限	-20.5635		屈折	21.8161	10
L9	22	非球面	37.4859	-1.2000	2.0027:19.317	屈折	19.0086	
	23	非球面	4094.4011	-2.7557		屈折	19.9946	
L10	24	球	-75.4732	-10.6449	647255.4076	屈折	23.0115	
	25	球	56.1392	-23.6931		屈折	23.2989	
	26	球	無限	0.0000		反射	32.5119	
	27	球	無限	23.6931		屈折	21.7554	
L11	28	球	63.2789	12.7993	612767.3176	屈折	20.3041	
L12	29	球	-30.8281	6.1889	2.0020:19.359	屈折	19.9647	
	30	球	72.5265	13.1602		屈折	20.7543	
L13	31	球	-61.7004	4.4566	537239.4139	屈折	23.3612	20
L14	32	球	-42.0251	6.5691	816278.2248	屈折	24.0343	
	33	球	-31.8478	0.2000		屈折	25.0031	
L15	34	非球面	-252.1895	10.0000	'Z-E48R'	屈折	24.7280	
	35	非球面	28.5103	10.3567		屈折	21.9118	
	36	球	無限	0.0000		屈折	22.9461	
	37	球	無限	33.6948		屈折	22.9461	
44	38	非球面	-49.4134	2.8111	'Z-E48R'	屈折	32.4428	
41	39	非球面	-34.9985	-2.8111	'Z-E48R'	反射	34.7017	
44	40	非球面	-49.4134	-41.9647		屈折	31.8814	
34	41	球	無限	0.0000		反射	50.8876	30
	42	球	無限	42.0161		屈折	50.8876	
	43	球	無限	0.0000		屈折	141.6424	
42	44	非球面	-46.9659	2.8111	'Z-E48R'	屈折	51.5235	
43	45	非球面	-50.7702	0.0000		屈折	75.0046	
	46	球	無限	307.4195		屈折	217.6765	
S	47	球	無限	0.0000		屈折	1488.5481	

【0114】

各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【0115】

面番号	S12	S13	S22	S23	40
Y曲率半径	88.27026489	50.50584329	37.48592767	4094.401136	
コーニック定数(K)	1.568	-1.3	-1	-0.88	
4次の係数(A)	-1.10349E-05	-7.88464E-06	-6.81021E-07	-5.47787E-06	
6次の係数(B)	3.44274E-08	3.49784E-08	-1.59217E-09	5.07966E-10	
8次の係数(C)	-2.07712E-11	-2.99526E-11	9.85211E-14	-3.75235E-13	
10次の係数(D)	4.62378E-15	1.40174E-14			
12次の係数(E)					
14次の係数(F)					

【0116】

面番号	S34	S35	S38	S39	50
-----	-----	-----	-----	-----	----

Y曲率半径	-252.189464	28.51032743	-49.41336502	-34.99850714
コーニック定数(K)	90	0	0.758064337	-1
4次の係数(A)	1.16695E-05	-3.05019E-05	-1.00951E-05	1.20305E-06
6次の係数(B)	7.16140E-08	1.86410E-07	1.15029E-08	-6.10403E-09
8次の係数(C)	-3.30028E-10	-5.07229E-10	-1.20410E-11	8.66480E-12
10次の係数(D)	6.66535E-13	6.31522E-13	1.79838E-14	-5.09972E-15
12次の係数(E)	-6.92904E-16	-4.55829E-16	-1.41251E-17	5.89237E-19
14次の係数(F)	3.10765E-19	2.04805E-19	3.33978E-21	1.92772E-22

【0117】

面番号	S40	S44	S45	
Y曲率半径	-49.41336502	-46.96586421	-50.77015164	
コーニック定数(K)	0.758064337	-0.865769094	-0.687556133	
4次の係数(A)	-1.00951E-05	-6.36237E-06	2.54890E-06	
6次の係数(B)	1.15029E-08	4.35750E-09	-3.89464E-10	
8次の係数(C)	-1.20410E-11	-9.84603E-13	2.49570E-14	
10次の係数(D)	1.79838E-14			
12次の係数(E)	-1.41251E-17			
14次の係数(F)	3.33978E-21			

【0118】

また、投写光学系3Eの最大物体高、開口数、ミラー半径、レンズ全長、TRは、以下のとおりである。最大物体高は、液晶パネル18面上において画像形成領域の中で、投写光学系3Eの第1光軸Nから最も離れた点までの寸法である。最大物体高の単位はmmである。開口数はNAで示す。ミラー半径は、第1反射面の半径であり、単位はmmである。最終レンズ半径は、第2透過面のレンズ半径であり、単位はmmである。投写光学系3Eのレンズ全長は、Z軸方向における液晶パネル18から第2透過面までの距離であり、単位はmmである。TRは、スローレシオであり、投写距離を、投写画像をスクリーンSへ投写した時のX軸方向の寸法で除算した値である。

最大物体高	11.7
NA	0.3125
ミラー半径	34.7
最終レンズ半径	75.1
レンズ全長	318
TR(0.59" WXGA)	0.188

【0119】

(作用効果)

本例の投写光学系は、実施例4の投写光学系と同様の作用効果を得ることができる。

【0120】

また、本例では、第1光学系の光軸と直交する方向から見た場合に、第1光学系のレンズL15と、反射素子34とが重なる。これにより、第1光学系と第2光学系とが第1光学系の光軸方向で接近するので、光軸方向において投写光学系を小型化することができる。

【0121】

図21は、投写光学系3Eの拡大側のMTFを示す図である。図21に示すように、本例の投写光学系3Eは、高い解像度を有する。

【符号の説明】

【0122】

1...プロジェクター、2...画像形成部、3、3A、3B、3C、3D、3E...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、17R...フィールドレンズ、

10

20

30

40

50

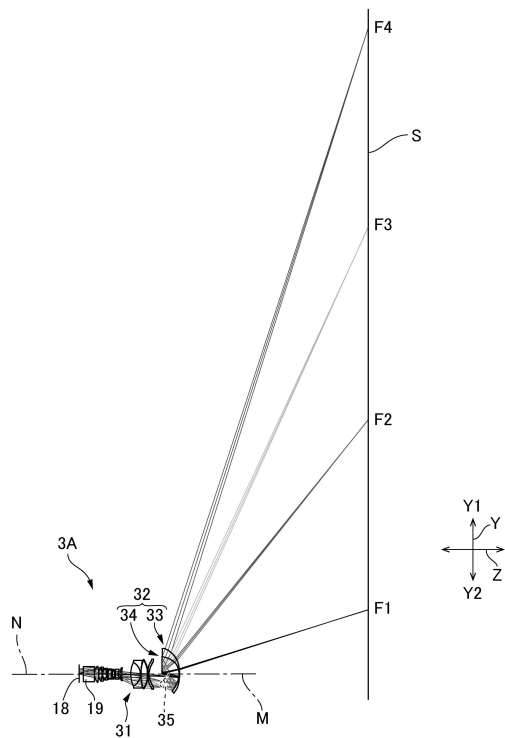
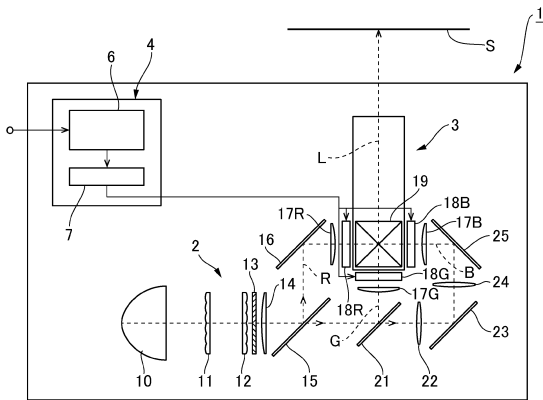
17G...フィールドレンズ、17B...フィールドレンズ、18R...液晶パネル、18G...液晶パネル、18B...液晶パネル、18R...各液晶パネル、19...クロスダイクロックプリズム、21...第2ダイクロミックミラー、22...リレーレンズ、23...反射ミラー、24...リレーレンズ、25...反射ミラー、31...第1光学系、32...第2光学系、33...光学素子、34...反射素子、35...中間像、36...メニスカスレンズ、37...反射コーティング層、38...第1偏向素子、39...第2偏向素子、41...反射面、42...第1透過面、43...第2透過面、44...入射側透過面、50...有効光線範囲、51...上端光束、51a...上周辺光線、51b...下周辺光線、52...下端光束、52a...上周辺光線、52b...下周辺光線、53...上側交点、54...下側交点、F1~F4...光束、L1~L15...レンズ、L21~L24...接合レンズ、N...第1光軸、N1...第1光軸の第1部分、N2...第1光軸の第2部分、N3...第1光軸の第3部分、M...第2光軸、P...瞳、S...スクリーン、V...仮想垂直線。

10

【図面】

【図1】

【図2】



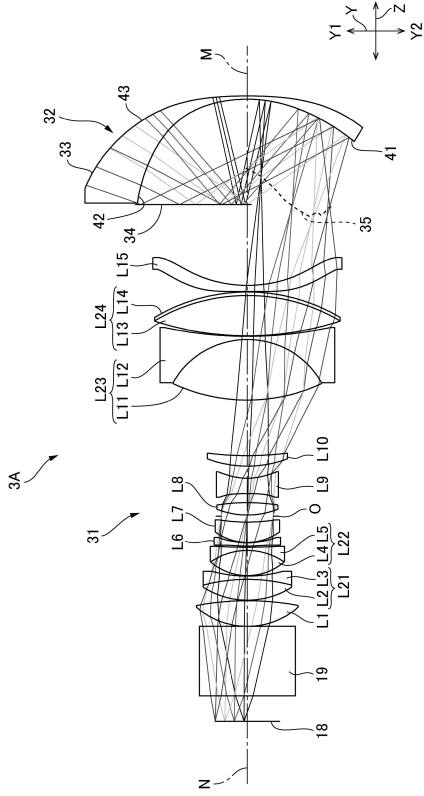
20

30

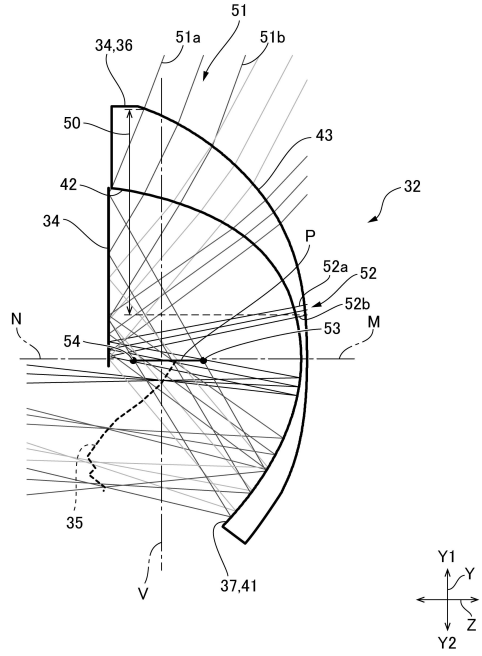
40

50

【 図 3 】



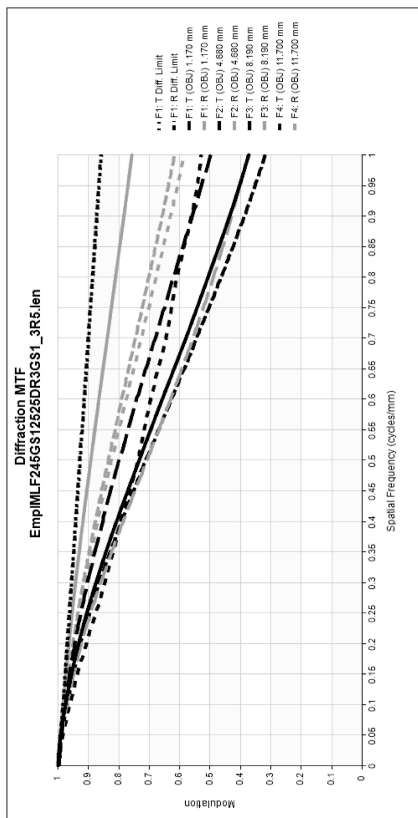
【 図 4 】



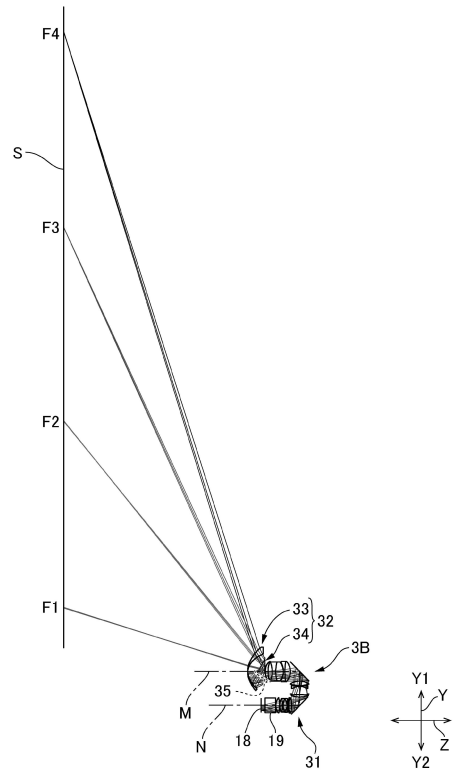
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

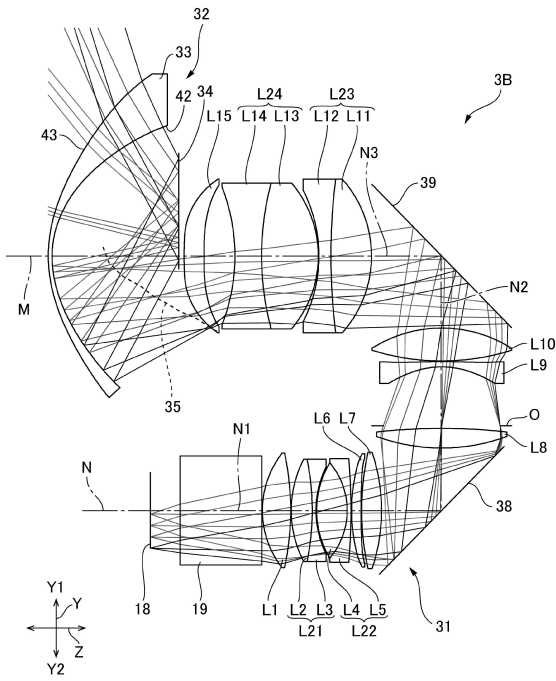


30

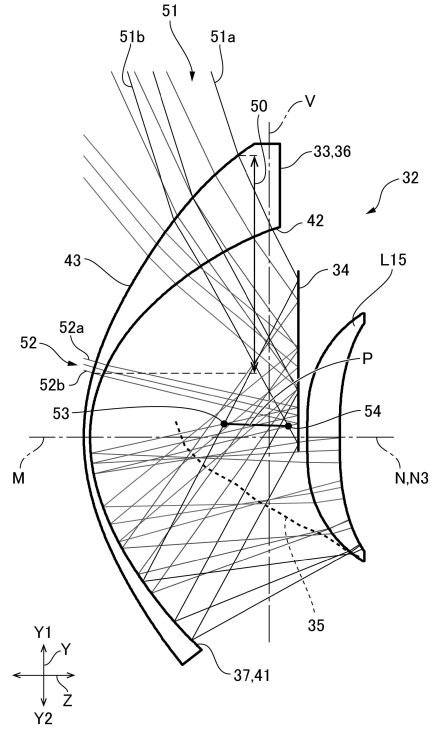
40

50

【 図 7 】



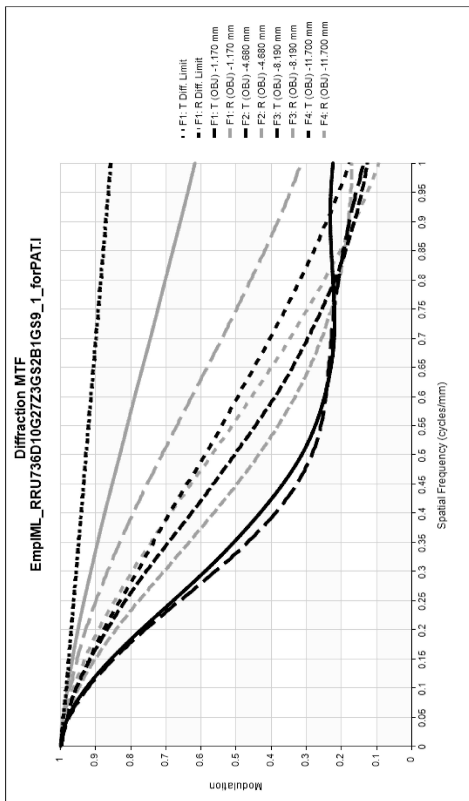
【 図 8 】



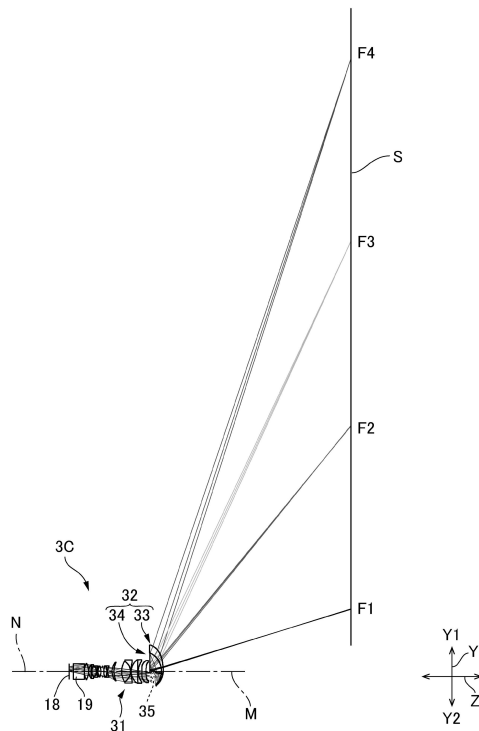
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

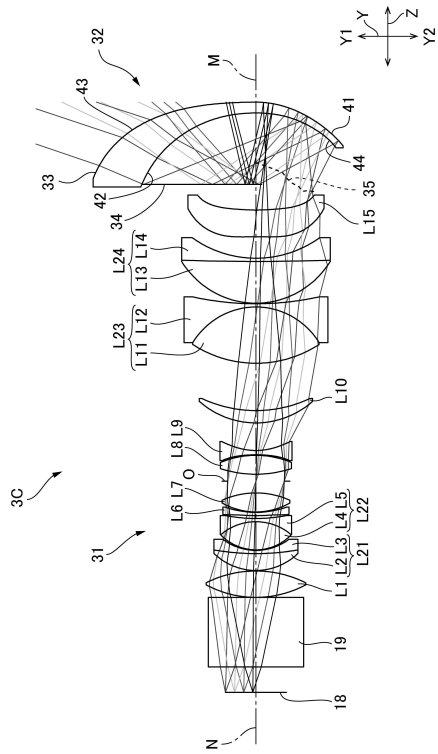


30

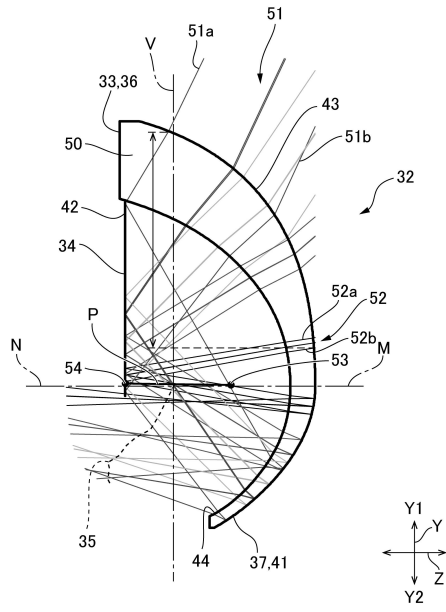
40

50

【 図 1 1 】



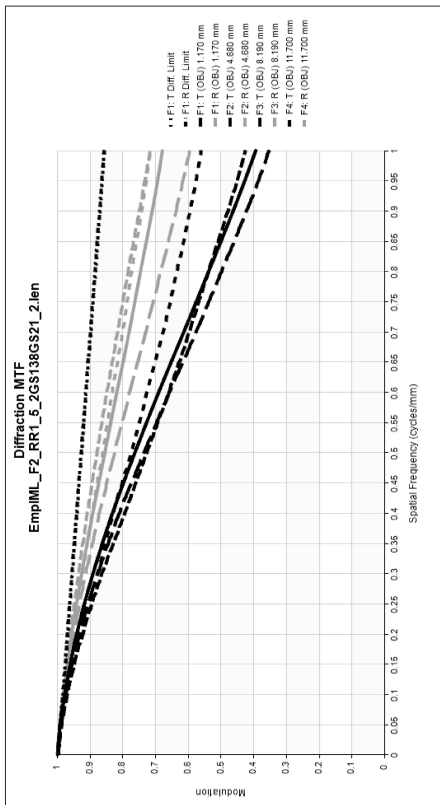
【 図 1 2 】



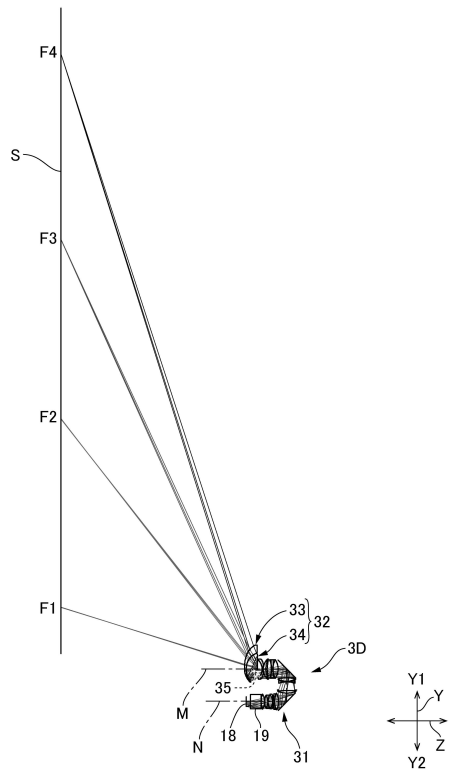
10

20

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

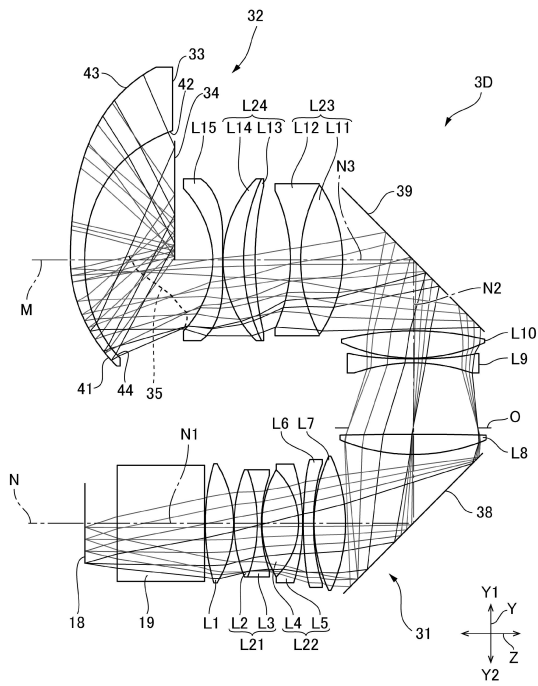


30

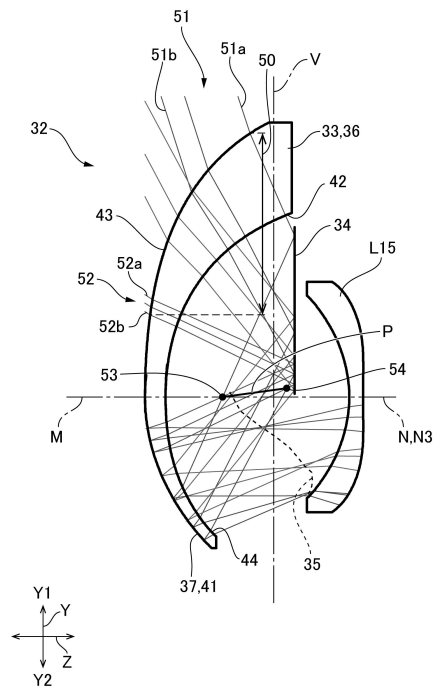
40

50

【 15 】



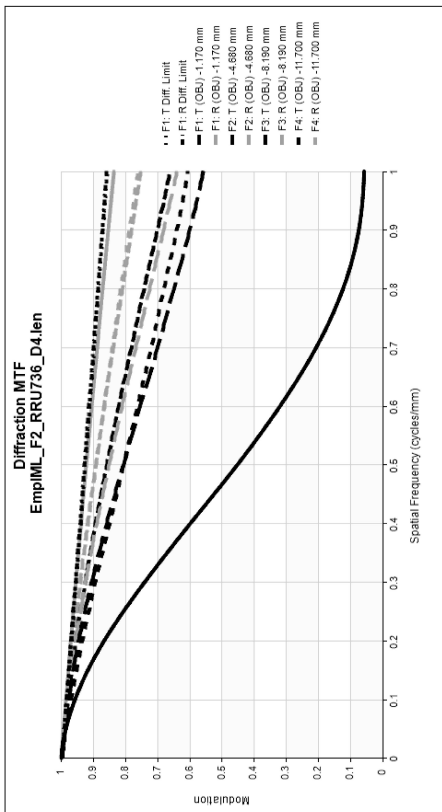
【 16 】



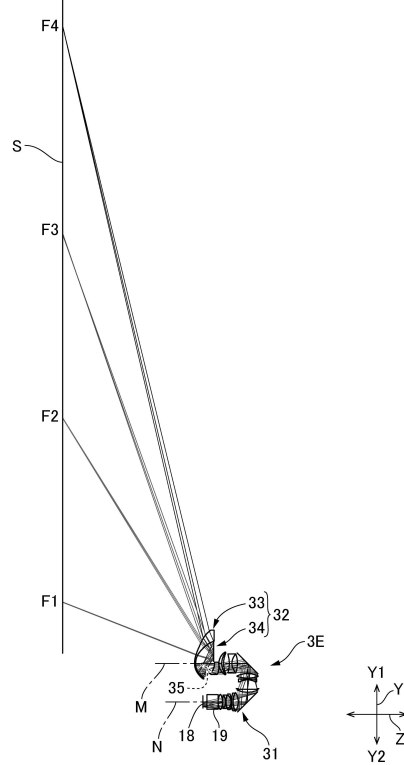
10

20

【 17 】



【 18 】

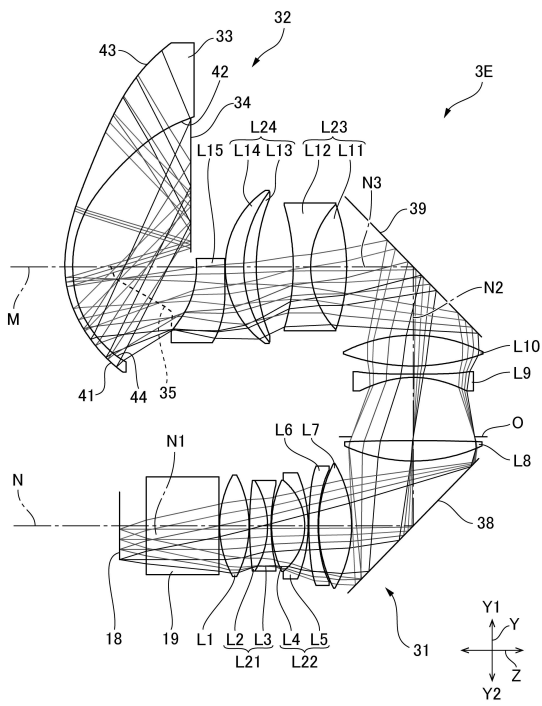


30

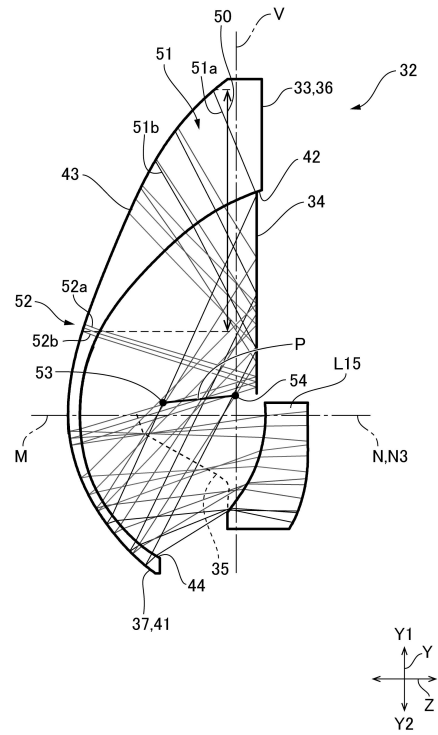
40

50

【 19 】



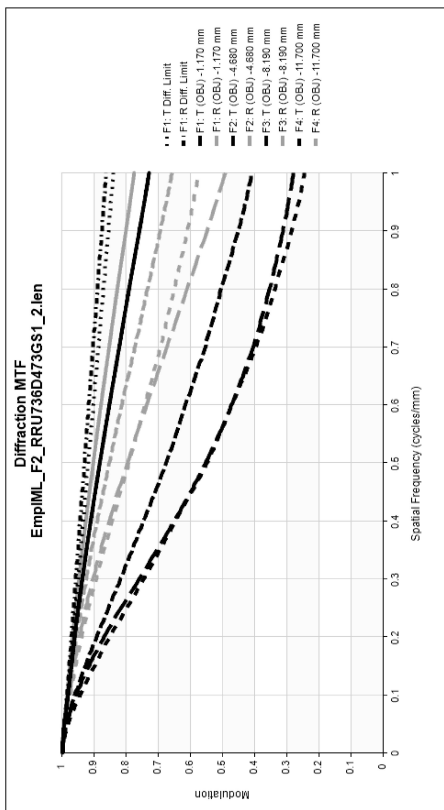
【 20 】



10

20

【 21 】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

F I

G 0 2 B 13/18

(56)参考文献

国際公開第 2 0 1 9 / 2 1 6 0 1 7 (W O , A 1)

国際公開第 2 0 2 0 / 0 0 4 0 9 9 (W O , A 1)

特開 2 0 1 9 - 0 2 8 1 2 9 (J P , A)

中国特許出願公開第 1 0 9 8 7 0 7 9 1 (C N , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

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

G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4

G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4

G 0 3 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 1 0

G 0 3 B 2 1 / 1 2 - 2 1 / 1 3

G 0 3 B 2 1 / 1 3 4 - 2 1 / 3 0

G 0 3 B 3 3 / 0 0 - 3 3 / 1 6

H 0 4 N 5 / 6 6 - 5 / 7 4