

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7363518号
(P7363518)

(45)発行日 令和5年10月18日(2023.10.18)

(24)登録日 令和5年10月10日(2023.10.10)

(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 3 B	21/14 (2006.01)	G 0 3 B	21/14

D

請求項の数 30 (全35頁)

(21)出願番号	特願2020-9802(P2020-9802)
(22)出願日	令和2年1月24日(2020.1.24)
(65)公開番号	特開2021-117317(P2021-117317)
	A)
(43)公開日	令和3年8月10日(2021.8.10)
審査請求日	令和4年9月16日(2022.9.16)

(73)特許権者	000002369 セイコーホン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74)代理人	100179475 弁理士 仲井 智至
(74)代理人	100216253 弁理士 松岡 宏紀
(74)代理人	100225901 弁理士 今村 真之
(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 コーホン株式会社内
審査官	殿岡 雅仁

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、

前記縮小側から順に、第1入射面と、第1反射面と、第1射出面と、を有する第1光学素子と、

前記縮小側から順に、第2入射面と、第2反射面と、第2射出面と、を有する第2光学素子と、を有し、

前記第2光学系には、前記第1光学素子、または前記第2光学素子の一方が交換可能に配置され、

前記第2光学系に前記第1光学素子が配置された場合の投写角度を第1投写角度とし、前記第2光学系に前記第2光学素子が配置された場合の前記投写角度を第2投写角度としたときに、前記第1投写角度と前記第2投写角度とは相違しており、

前記第1光学系は、前記第1光学系の最も前記拡大側に位置する第1レンズと、前記第1レンズよりも前記縮小側に位置する第2レンズとを備え、前記第1レンズと前記第2レンズとの間の距離は、前記第2光学系に前記第1光学素子を配置する場合と、前記第2光学系に前記第2光学素子を配置する場合とで異なることを特徴とする投写光学系。

【請求項2】

前記第1光学系は、前記第2光学系に前記第1光学素子が配置された場合と、前記第2光学系に前記第2光学素子が配置された場合で共通であ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1光学素子、または前記第2光学素子の一方を、前記第2光学系に選択的に配置する配置機構を備える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】

前記配置機構は、前記第2光学系に前記第1光学素子を配置する場合には、前記第1光学系と前記第1光学素子との軸上面間距離を第1距離とし、前記第2光学系に前記第2光学素子を配置する場合には、前記第1光学系と前記第2光学素子との軸上面間距離を前記第1距離とは相違する第2距離とすることを特徴とする請求項3に記載の投写光学系。

【請求項 5】

前記第1反射面と、前記第2反射面とは、形状が相違す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。

【請求項 6】

前記第1射出面と、前記第2射出面とは、形状が相違す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】

前記第1入射面と、前記第2入射面とは、形状が相違す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1反射面は、凹形状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。

10

【請求項 9】

前記第2反射面は、凹形状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。

【請求項 10】

前記第1射出面は、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9のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

20

【請求項 11】

前記第2射出面は、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10のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

30

【請求項 12】

前記第1入射面は、縮小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2入射面は、縮小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12のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 14】

前記第1入射面および前記第1反射面は、前記第1反射面の光軸に対して一方側に位置し、

前記第1射出面は、前記第1反射面の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13のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

40

【請求項 15】

前記第2入射面および前記第2反射面は、前記第2反射面の光軸に対して一方側に位置し、

前記第2射出面は、前記第2反射面の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14のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 16】

前記第1反射面は、非球面であることを特徴とする請求項1から15のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項 17】

50

前記第2反射面は、非球面であることを特徴とする請求項1から16のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項18】

前記第1射出面は、非球面であることを特徴とする請求項1から17のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項19】

前記第2射出面は、非球面であることを特徴とする請求項1から18のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項20】

前記第1入射面は、非球面であることを特徴とする請求項1から19のうちいずれか一項に記載の投写光学系。 10

【請求項21】

前記第2入射面は、非球面であることを特徴とする請求項1から20のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項22】

前記第2光学素子は、前記第2反射面と、前記第2射出面との間の光路上に第3反射面を備えることを特徴とする請求項1から21のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項23】

前記第2光学系に前記第1光学素子を配置する場合に前記第1射出面から投写される光束の第1投写方向と、前記第2光学系に前記第2光学素子を配置する場合に前記第2射出面から投写される光束の第2投写方向とは、異なることを特徴とする請求項22に記載の投写光学系。 20

【請求項24】

前記第2投写方向は、前記第1光学系の光軸に沿った方向で前記第1投写方向とは反対側を向いていることを特徴とする請求項23に記載の投写光学系。

【請求項25】

前記第1入射面、前記第1反射面、および前記第1射出面は、前記第1反射面の光軸を回転軸として回転対称な形状を備えることを特徴とする請求項1から24のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項26】

前記第2入射面、前記第2反射面、および前記第2射出面は、前記第2反射面の光軸を回転軸として回転対称な形状を備えることを特徴とする請求項1から25のうちいずれか一項に記載の投写光学系。 30

【請求項27】

前記第1反射面の光軸と直交する軸を第1軸とすると、
前記第1射出面の有効光線範囲の前記第1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前記第1軸方向の下端を通過する下端光束の上周辺光線が前記第1光学系の光軸および前記第1反射面の光軸を含む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平面上で交差する下側交点とを結ぶ第1瞳は、前記平面で前記第1反射面の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1から26のうちいずれか一項に記載の投写光学系。 40

【請求項28】

前記第2反射面の光軸と直交する軸を第1軸とすると、
前記第2射出面の有効光線範囲の前記第1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前記第1軸方向の下端を通過する下端光束の上周辺光線が前記第1光学系の光軸および前記第2反射面の光軸を含む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平面上で交差する下側交点とを結ぶ第2瞳は、前記平面で前記第2反射面の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1から26のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項29】

10

20

30

40

50

前記第2光学系に前記第1光学素子を配置する場合には、前記第1反射面よりも前記縮小側に中間像が結像され、前記第2光学系に前記第2光学素子を配置する場合に前記第2反射面よりも前記縮小側に中間像が結像されることを特徴とする請求項1から28のうちいずれか一項に記載の投写光学系。

【請求項30】

請求項1から29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】

10

【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備え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。

20

【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、投写仕様の変更を行う場合、投写仕様が容易に変更できず、投写仕様の変更にはコストがかかるという課題があった。

30

【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、前記縮小側から順に、第1入射面と、第1反射面と、第1射出面と、を有する第1光学素子と、前記縮小側から順に、第2入射面と、第2反射面と、第2射出面と、を有する第2光学素子と、を有し、前記第2光学系には、前記第1光学素子、または前記第2光学素子の一方が交換可能に配置され、前記第2光学系に前記第1光学素子が配置された場合の投写角度を第1投写角度とし、前記第2光学系に前記第2光学素子が配置された場合の前記投写角度を第2投写角度としたときに、前記第1投写角度と前記第2投写角度とは相違することを特徴とする。

40

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、前記縮小側から順に、第1入射面と、第1反射面と、第1射出面と、を有する第1光学素子と、前記縮小側から順に、第2入射面と、第2反射面と、第2射出面と、を有する第2光学素子と、を有し、前記第2光学系には、前記第1光学素子、または前記第2光学素子の一方が交換可能に配置され、前記第2光学系に前記第1光学素子が配置された場合の投写角度を第1投写角度とし、前記第2光学系に前記第2光学素子が配置された場合の前記投写角度を第2投写角度としたときに、前記第1投写角度と前記第2投写角度とは相違しており、前記第1光学系は、前記第1光学系の最も前記拡大側に位置する第1レンズと、前記第1レンズよりも前記縮小側に位置する第2

50

レンズとを備え、前記第1レンズと前記第2レンズとの間の距離は、前記第2光学系に前記第1光学素子を配置する場合と、前記第2光学系に前記第2光学素子を配置する場合とで異なることを特徴とする。

【0006】

次に、本発明のプロジェクターは、上記の投写光学系と、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。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【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。

10

【図2】投写光学系が備える配置機構の説明図である。

【図3】実施例1の第1形態の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

【図4】実施例1の投写光学系の第1形態の光線図である。

【図5】実施例1の投写光学系の第1形態の第2光学系の光線図である。

【図6】実施例1の第2形態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1の投写光学系の第2形態の光線図である。

【図8】実施例1の投写光学系の第2形態の第2光学系の光線図である。

【図9】実施例1の第1光学素子と第2光学素子との形状の相違の説明図である。

【図10】実施例1の第1形態の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図11】実施例1の第2形態の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図12】実施例2の第1形態の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

20

【図13】実施例2の投写光学系の第1形態の光線図である。

【図14】実施例2の投写光学系の第1形態の第2光学系の光線図である。

【図15】実施例2の第2形態の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

【図16】実施例2の投写光学系の第2形態の光線図である。

【図17】実施例2の投写光学系の第2形態の第2光学系の光線図である。

【図18】実施例2の第1光学素子と第2光学素子との形状の相違の説明図である。

【図19】実施例2の第1形態の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図20】実施例2の第2形態の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図21】実施例3の第1形態の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

【図22】実施例3の投写光学系の第1形態の光線図である。

30

【図23】実施例3の投写光学系の第1形態の第2光学系の光線図である。

【図24】実施例3の第2形態の投写光学系の全体を模式的に表す光線図である。

【図25】実施例3の投写光学系の第2形態の光線図である。

【図26】実施例3の投写光学系の第2形態の第2光学系の光線図である。

【図27】実施例3の第1形態の投写光学系の拡大側のMTFを示す図である。

【図28】実施例3の第2形態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】

【0008】

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。

40

【0009】

(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。

【0010】

(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、重畠レンズ14を備える。光源10は、例えば、超高压

50

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。

【0011】

偏光変換素子13は、第2インテグレーターレンズ12からの光を所定の直線偏光に変換させる。重畳レンズ14は、第1インテグレーターレンズ11の各レンズ素子の像を、第2インテグレーターレンズ12を介して、後述する液晶パネル18R、液晶パネル18G、および、液晶パネル18Bの表示領域上で重畳させる。

10

【0012】

また、画像形成部2は、第1ダイクロイックミラー15、反射ミラー16およびフィールドレンズ17R、および、液晶パネル18Rを備える。第1ダイクロイックミラー15は、重畳レンズ14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14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15で反射されたR光は、反射ミラー16およびフィールドレンズ17Rを経て、液晶パネル18Rへ入射する。液晶パネル18Rは光変調素子である。液晶パネル18R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。

【0013】

さらに、画像形成部2は、第2ダイクロイックミラー21、フィールドレンズ17G、および、液晶パネル18Gを備える。第2ダイクロイックミラー21は、第1ダイクロイックミラー15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15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21で反射されたG光は、フィールドレンズ17Gを経て、液晶パネル18Gへ入射する。液晶パネル18Gは光変調素子である。液晶パネル18G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

【0014】

また、画像形成部2は、リレーレンズ22、反射ミラー23、リレーレンズ24、反射ミラー25、およびフィールドレンズ17B、および、液晶パネル18Bを備える。第2ダイクロイックミラー21を透過したB光は、リレーレンズ22、反射ミラー23、リレーレンズ24、反射ミラー25、およびフィールドレンズ17Bを経て、液晶パネル18Bへ入射する。液晶パネル18Bは光変調素子である。液晶パネル18B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。

30

【0015】

液晶パネル18R、液晶パネル18G、および、液晶パネル18Bは、クロスダイクロイックプリズム19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19は、光合成用のプリズムであり、各液晶パネル18R、18G、18Bで変調された光を合成した投写画像を生成する。

【0016】

ここで、クロスダイクロイックプリズム19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19が合成した投写画像（各液晶パネル18R、18G、18B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。

40

【0017】

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18R、液晶パネル18Gおよび液晶パネル18Bを駆動する表示駆動部7と、を備える。

【0018】

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

50

液晶パネル 18 R、液晶パネル 18 G および液晶パネル 18 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 18 R、液晶パネル 18 G および液晶パネル 18 B に表示する。

【0019】

(投写光学系)

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 ~ 3 を説明する。実施例 1 ~ 3 において、各投写光学系 3 は、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、を備える。また、各投写光学系 3 は、第 2 光学系 3 2 に第 1 光学素子 3 3 および第 2 光学素子 3 4 を有するとともに、第 2 光学系 3 2 に第 1 光学素子 3 3 および第 2 光学素子 3 4 の一方を選択的に配置可能な配置機構 6 0 を有する。第 2 光学系 3 2 に第 1 光学素子 3 3 が選択された場合でも、第 2 光学素子 3 4 が選択された場合でも、第 1 光学系 3 1 は共通である。すなわち、各実施例において、第 1 光学系 3 1 は一つである。

【0020】

図 2 は、配置機構 6 0 の説明図である。配置機構 6 0 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N 上に、第 1 光学素子 3 3 および第 2 光学素子 3 4 の一方を選択的に配置する。配置機構 6 0 としては、例えば、第 1 光学素子 3 3 を保持する第 1 保持部材 6 1 と、第 2 光学素子 3 4 を保持する第 2 保持部材 6 2 と、第 1 保持部材 6 1 を移動させる第 1 移動機構 6 6 および第 2 保持部材 6 2 を移動させる第 2 移動機構 6 7 と、を備えるものとすることができる。第 1 移動機構 6 6 は、第 1 光学素子 3 3 が第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N 上に位置する第 1 選択位置 6 6 A と、第 1 光学素子 3 3 が第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N から離間する第 1 退避位置 6 6 B との間で第 1 保持部材 6 1 を移動させる。第 2 移動機構 6 7 は、第 2 光学素子 3 4 が第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N 上に位置する第 2 選択位置 6 7 A と、第 2 光学素子 3 4 が第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N から離間する第 2 退避位置 6 7 B との間で第 2 保持部材 6 2 を移動させる。第 1 選択位置 6 6 A と第 2 選択位置 6 7 A とは、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸方向の位置が相違する場合がある。第 1 保持部材 6 1 が第 1 選択位置 6 6 A にある場合には、第 2 保持部材 6 2 は第 2 退避位置 6 7 B に配置される。第 2 保持部材 6 2 が第 2 選択位置 6 7 A にある場合には、第 1 保持部材 6 1 は第 1 退避位置 6 6 B に配置される。第 1 移動機構 6 6 と第 2 移動機構 6 7 とは、連動して動作する。

【0021】

各実施例 1 ~ 3 の投写光学系の説明では、第 2 光学系 3 2 に第 1 光学素子 3 3 を選択した第 1 形態と、第 2 光学系 3 2 に第 2 光学素子 3 4 を選択した第 2 形態と、を並列に示す。また、各実施例 1 ~ 3 において、各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。

【0022】

(実施例 1)

図 3 は、実施例 1 の第 1 形態の投写光学系 3 A の全体を模式的に表す光線図である。図 4 は、実施例 1 の投写光学系 3 A の第 1 形態の光線図である。図 5 は、実施例 1 の投写光学系 3 A の第 1 形態における第 2 光学系の光線図である。図 6 は、実施例 1 の第 2 形態の投写光学系 3 A の全体を模式的に表す光線図である。図 7 は、実施例 1 の第 2 形態の投写光学系 3 A の光線図である。図 8 は、実施例 1 の投写光学系 3 A の第 2 形態における第 2 光学系の光線図である。

【0023】

図 3 に示すように、第 1 形態の投写光学系 3 A は、広角投影が可能である。すなわち、第 1 形態の投写光学系 3 A が最終像をスクリーン S に投写する投写角度である第 1 投写角度 α_1 は、比較的広い。図 3 および図 6 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 3 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 3 は最も像高が高い位置に達する光束である。光束 F 2 は光束 F 1 と光束 F 3 との間の位置に達する光束である。ここで、投写角度とは、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N と光束 F 3 の最外郭の光線とが成す角度である。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

(実施例 1 の第 1 形態)

第 1 形態の投写光学系 3 A は、図 4 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 は第 1 光学素子 3 3 からなる。第 1 光学素子 3 3 は、縮小側から順に、第 1 入射面 4 1、第 1 反射面 4 2、および第 1 射出面 4 3 を有する。第 1 入射面 4 1 は、縮小側に突出する凸形状である。第 1 反射面 4 2 は凹形状を備える。第 1 射出面 4 3 は、拡大側に突出する凸形状である。第 2 光学系 3 2 を構成する第 1 光学素子 3 3 は、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N 上に配置される。本例では、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N と第 1 光学素子 3 3 の第 1 反射面 4 2 の第 2 光軸 M とは一致する。

10

【 0 0 2 5 】

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 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 3 A 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 と第 1 光学素子 3 3 の第 1 反射面 4 2 との間には、縮小側結像面と共に役な中間像 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。本例では、中間像 3 5 は、第 1 光学素子 3 3 の内側に形成される。すなわち、中間像 3 5 は、第 1 光学素子 3 3 の第 1 入射面 4 1 と第 1 反射面 4 2 との間に形成される。

【 0 0 2 6 】

以下の説明では、便宜上、互いに直交する 3 軸を X 軸、Y 軸（第 1 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 と垂直な方向を Z 軸方向とする。また、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N および第 1 光学素子の第 1 反射面 4 2 の第 2 光軸 M を含む平面を YZ 平面とする。

20

【 0 0 2 7 】

本例では、第 1 光学系 3 1 の第 1 光軸 N、および、第 1 光学素子 3 3 の第 1 反射面 4 2 の第 2 光軸 M は、Z 軸方向に延びる。図 3、図 4、図 5 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。

【 0 0 2 8 】

図 4 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、14 枚のレンズ L 1 ~ L 1 4 を有する。レンズ L 1 ~ レンズ L 1 4 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 9 とレンズ L 1 0 は接合された第 3 接合レンズ L 2 3 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。

30

【 0 0 2 9 】

図 5 に示すように、第 1 光学素子 3 3 は、第 1 反射面 4 2 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、第 1 入射面 4 1、第 1 射出面 4 3 および第 1 反射面 4 2 の設計上の光軸である。第 1 入射面 4 1 および第 1 反射面 4 2 は、第 1 反射面 4 2 の第 2 光軸 M の下方 Y 2 に位置し、第 1 射出面 4 3 は、第 1 反射面 4 2 の第 2 光軸 M の上方 Y 1 に位置する。本例では、第 1 光学素子 3 3 の第 1 入射面 4 1、第 1 反射面 4 2、および第 1 射出面 4 3 は、第 1 反射面 4 2 の第 2 光軸 M を回転軸として回転対称な形状を備える。従って、第 1 入射面 4 1 と第 1 射出面 4 3 とは回転対称な形状を備える。第 1 光学素子 3 3 の第 1 入射面 4 1、第 1 反射面 4 2 および第 1 射出面 4 3 は、いずれも非球面である。第 1 反射面 4 2 は、第 1 光学素子 3 3 の第 1 入射面 4 1 とは反対側の面に設けた反射コーティング層である。なお、各非球面は、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。

40

【 0 0 3 0 】

図 5 に示すように、第 2 光学系 3 2 の第 1 瞳 P 1 は、第 1 光学素子 3 3 の内側に位置する。YZ 平面における第 2 光学系 3 2 の第 1 瞳 P 1 は、第 1 射出面 4 3 の有効光線範囲 5

50

0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。第1瞳P1は、YZ平面上で第1反射面42の第2光軸Mと垂直な仮想垂直線Vに対して傾斜する。

【0031】

(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。符号は、レンズ、第1入射面、第1反射面、および第1射出面の符号である。レンズ、第1入射面、第1反射面、および第1射出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。

【0032】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C
18	0	球	無限	8.4859		屈折	0.0000
19	1	球	無限	30.1506	SBSL7_OHARA	屈折	12.6334
	2	球	無限	5.0143		屈折	14.8167
	3	球	無限	0.0000		屈折	15.3698
	4	球	無限	0.0000		屈折	15.3698
	5	球	無限	0.0000		屈折	15.3698
L1	6	球	65.3371	5.8874	497451.7695	屈折	15.5777
	7	球	-49.6319	0.1000		屈折	15.5634
L2	8	球	66.3089	8.4225	489067.6221	屈折	14.7615
L3	9	球	-22.5098	1.0000	834805.4272	屈折	14.4598
	10	球	-72.9598	0.1000		屈折	14.5180
L4	11	球	61.0285	7.0224	466237.7988	屈折	14.0323
L5	12	球	-26.3124	1.0000	840873.3029	屈折	13.7644
	13	球	29.8875	0.1216		屈折	13.7143
L6	14	球	30.5660	5.8252	827375.2424	屈折	13.7450
	15	球	-89.6876	0.4982		屈折	13.7512
L7	16	球	-61.5318	3.7335	512482.7396	屈折	13.7509
	17	球	-26.8299	18.5003		屈折	13.5002
O	絞り	球	無限	12.1803		屈折	8.0653
L8	19	球	-19.3204	1.0000	437001.951	屈折	8.0001
	20	球	-26.1014	20.1363		屈折	8.3250
L9	21	球	43.9622	19.2102	655112.3105	屈折	15.8061
L10	22	球	-21.3739	1.0000	846663.2378	屈折	16.0445
	23	球	48.4377	1.2197		屈折	17.6763
L11	24	球	74.6611	11.4179	667614.3028	屈折	17.6787
	25	球	-24.9813	0.1000		屈折	18.1297
L12	26	球	-28.0717	1.0000	776762.4909	屈折	17.8804
	27	球	-218.8664	0.1000		屈折	19.5619
L13	28	非球面	35.5372	6.0001	E48R_ZEON	屈折	21.0899
	29	非球面	62.2622	18.2764		屈折	21.9723
L14	30	非球面	-260.9712	6.0001	E48R_ZEON	屈折	24.5560
	31	非球面	-242.0358	11.8538		屈折	25.5340
	32	球	無限	0.0000		屈折	24.3112
41	33	非球面	56.3202	39.2342	Z330R_ZEON	屈折	23.9622
	34	球	無限	0.0000	Z330R_ZEON	屈折	18.3502
42	35	非球面	-17.6860	0.0000	Z330R_ZEON	反射	19.1699

36	球	無限	-39.2342	Z330R_ZEON	屈折	37.2226
43	37	非球面	56.3202	-110.0018	屈折	33.0898
38	球	無限	-95.0015		屈折	513.9232
39	球	無限	-301.0048		屈折	873.4344
S	40	球	無限	0.0000	屈折	2012.5170

【0033】

各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【0034】

面番号	S28	S29	S30	S31	
Y曲率半径	35.5372	62.2622	-260.9712	-242.0358	10
コーニック定数(K)	-0.133920864	-8.315740849	90	0	
4次の係数(A)	-1.01937E-05	-6.03735E-06	-1.01994E-05	-2.82320E-05	
6次の係数(B)	-8.03197E-09	-2.41061E-08	-2.81612E-08	1.83126E-08	
8次の係数(C)	-3.19987E-11	5.87667E-13	3.19894E-11	-1.52624E-11	
10次の係数(D)					
12次の係数(E)					

【0035】

面番号	S33	S35	S37	
Y曲率半径	56.3202	-17.6860	56.3202	
コーニック定数(K)	1.649968721	-3.245671782	1.649968721	20
4次の係数(A)	4.94475E-07	-4.92801E-06	4.94475E-07	
6次の係数(B)	2.03014E-09	1.05751E-08	2.03014E-09	
8次の係数(C)	-1.01723E-12	-8.36427E-12	-1.01723E-12	
10次の係数(D)	-9.62950E-16	1.90974E-14	-9.62950E-16	
12次の係数(E)	1.00490E-18		1.00490E-18	

【0036】

また、第1形態の投写光学系3Aの最大物体高、Fナンバー、投写角度、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、第1形態の投写光学系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。FナンバーはFNOで示す。投写角度は、第1投写角度1であり、単位はdeg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

FNO 2.2

投写角度 75.3

TR(0.59" 16:9LV) 0.230

【0037】

(実施例1の第2形態)

図3および図6に示すように、第2形態の投写光学系3Aが最終像をスクリーンSに投写する投写角度である第2投写角度2は、第1形態の投写光学系3Aが最終像をスクリーンSに投写する第1投写角度1と比較して、狭い。

【0038】

第2形態の投写光学系3Aは、図7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2光学系32は第2光学素子34からなる。第2光学素子34は、縮小側から順に、第2入射面46、第2反射面47、および第2射出面48を有する。第2入射面46は、縮小側に突出する凸形状である。第2反射面47は凹形状を備える。第2射出面48は、拡大側に突出する凸形状である。第2光学系32を構成する第2光学素子34は、第1光学系31の第1光軸N上に配置される。本例では、第1光学系31の第1光軸Nと第2反射面47の第2光軸Mとは一致する。第1光学系31は、第1形態の投写光学系と同一である。液晶パネル18の配置も第1形態

30

40

50

の投写光学系と同一である。

【0039】

第1光学系31と第2光学素子34の第2反射面47との間には、縮小側結像面と共に役な中間像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。中間像35は、第2光学素子34の内側に形成される。すなわち、中間像35は、第2光学素子34の第2入射面46と第2反射面47との間に形成される。

【0040】

図8に示すように、第2光学素子34は、第2反射面47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、第2入射面46、第2射出面48および第2反射面47の設計上の光軸である。第2入射面46および第2反射面47は、第2反射面47の第2光軸Mの下方Y2に位置し、第2射出面48は、第2反射面47の第2光軸Mの上方Y1に位置する。本例では、第2光学素子34の第2入射面46、第2反射面47、および第2射出面48は、第2反射面47の第2光軸Mを回転軸として回転対称な形状を備える。従って、第2入射面46と第2射出面48とは回転対称な形状を備える。第2光学素子34の第2入射面46、第2反射面47および第2射出面48は、いずれも非球面である。第2反射面47は、第2光学素子34の第2入射面46とは反対側の面に設けた反射コーティング層である。なお、各非球面は、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

【0041】

図9は、第1光学素子33と第2光学素子34との形状の相違の説明図である。図9では、第1光学素子33と第2光学素子34とを重ねた場合を示す。図9に示すように、第1光学素子33の第1入射面41、第1反射面42、および第1射出面43の形状と、第2光学素子34の第2入射面46、第2反射面47、および第2射出面48のそれぞれの形状とが、互いに相違する。すなわち、第2光学素子34の第2入射面46の非球面形状は、第1光学素子33の第1入射面41と相違する。第2光学素子34の第2反射面47の非球面形状は、第1光学素子33の第1反射面42と相違する。第2光学素子34の第2射出面48の非球面形状は、第1光学素子33の第1射出面43と相違する。また、第1光学素子33において、第1反射面42で反射された第1光束の主光線が第1射出面43に入射する第1入射角度は、第2光学素子34において、第2反射面47で反射された第2光束の主光線が第2射出面48に入射する第2入射角度よりも大きい。

20

【0042】

図8に示すように、第2光学系32の第2瞳P2は、第2光学素子34の内側に位置する。YZ平面における第2光学系32の第2瞳P2は、第2射出面48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。第2瞳P2は、YZ平面上で第2反射面47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

【0043】

(レンズデータ)

第2形態の投写光学系3Aでは、第1光学系31のレンズL14と第2光学素子34との軸上面間距離である第2距離と、第1形態の投写光学系3Aの第1光学系31のレンズL14と第1光学素子33との軸上面間距離である第1距離とは相違する。すなわち、本例の投写光学系では、配置機構60は、第1光学素子33と第2光学素子34とを、第1光学系31の第1光軸N上において、異なる位置に配置する。第2形態の投写光学系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。符号は、レンズ、第2入射面、第2反射面、および第2射出面の符号である。レンズ、第2入射面、第2反射面、および第2射出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

50

【0044】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C	
18	0	球	無限	8.4859		屈折	0.0000	
19	1	球	無限	30.1506	SBSL7_OHARA	屈折	12.6334	
	2	球	無限	5.0143		屈折	14.8167	
	3	球	無限	0.0000		屈折	15.3698	
	4	球	無限	0.0000		屈折	15.3698	
	5	球	無限	0.0000		屈折	15.3698	
L1	6	球	65.3371	5.8874	497451.7695	屈折	15.5777	
	7	球	-49.6319	0.1000		屈折	15.5634	10
L2	8	球	66.3089	8.4225	489067.6221	屈折	14.7615	
L3	9	球	-22.5098	1.0000	834805.4272	屈折	14.4598	
	10	球	-72.9598	0.1000		屈折	14.5180	
L4	11	球	61.0285	7.0224	466237.7988	屈折	14.0323	
L5	12	球	-26.3124	1.0000	840873.3029	屈折	13.7644	
	13	球	29.8875	0.1216		屈折	13.7143	
L6	14	球	30.5660	5.8252	827375.2424	屈折	13.7450	
	15	球	-89.6876	0.4982		屈折	13.7512	
L7	16	球	-61.5318	3.7335	512482.7396	屈折	13.7509	
	17	球	-26.8299	18.5003		屈折	13.5002	20
O1	絞り	球	無限	12.1803		屈折	8.0653	
L8	19	球	-19.3204	1.0000	437001.951	屈折	8.0001	
	20	球	-26.1014	20.1363		屈折	8.3250	
L9	21	球	43.9622	19.2102	655112.3105	屈折	15.8061	
L10	22	球	-21.3739	1.0000	846663.2378	屈折	16.0445	
	23	球	48.4377	1.2197		屈折	17.6763	
L11	24	球	74.6611	11.4179	667614.3028	屈折	17.6787	
	25	球	-24.9813	0.1000		屈折	18.1297	
L12	26	球	-28.0717	1.0000	776762.4909	屈折	17.8804	
	27	球	-218.8664	0.1000		屈折	19.5619	30
L13	28	非球面	35.5372	6.0001	E48R_ZEON	屈折	21.0899	
	29	非球面	62.2622	18.2764		屈折	21.9723	
L14	30	非球面	-260.9712	6.0001	E48R_ZEON	屈折	24.5560	
	31	非球面	-242.0358	11.0000		屈折	25.5340	
	32	球	無限	0.0000		屈折	24.3112	
46	33	非球面	43.3299	39.2342	Z330R_ZEON	屈折	23.9622	
	34	球	無限	0.0000	Z330R_ZEON	屈折	18.3502	
47	35	非球面	-20.7986	0.0000	Z330R_ZEON	反射	19.1699	
	36	球	無限	-39.2342	Z330R_ZEON	屈折	37.2226	
48	37	非球面	43.3299	-110.0018		屈折	33.0898	40
	38	球	無限	-95.0015		屈折	513.9232	
	39	球	無限	-301.0048		屈折	873.4344	
S	40	球	無限	0.0000		屈折	2012.5170	

【0045】

第2光学素子34の各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【0046】

面番号	S33	S35	S37	
Y曲率半径	43.3299	-20.7986	43.3299	
コニック定数(K)	0.784834378	-3.517637827	0.784834378	
4次の係数(A)	-4.89548E-07	-1.03308E-05	-4.89548E-07	50

6次の係数(B)	-6.28825E-09	3.81030E-08	-6.28825E-09
8次の係数(C)	1.27262E-11	-5.78676E-11	1.27262E-11
10次の係数(D)	-8.63796E-15	5.74521E-14	-8.63796E-15
12次の係数(E)	2.12690E-18		2.12690E-18

【 0 0 4 7 】

また、第2形態の投写光学系3Aの最大物体高、Fナンバー、投写角度、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、第2形態の投写光学系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。FナンバーはFNOで示す。投写角度は、第2投写角度2であり、単位はdeg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。

10

最大物体高 11.7
 FNO 2.2
 投写角度 70.9
 TR (0.59" 16:9LV) 0.304

【 0 0 4 8 】

(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。また、投写光学系3Aは、縮小側から順に、第1入射面41と、第1反射面42と、第1射出面43と、を有する第1光学素子33と、縮小側から順に、第2入射面46と、第2反射面47と、第2射出面48と、を有する第2光学素子34と、を有し、第2光学系32には、第1光学素子33、または第2光学素子34の一方が交換可能に配置される。また、投写光学系3Aは、第1光学素子33、または第2光学素子34の一方を、第2光学系32に選択的に配置する配置機構60を備える。

20

【 0 0 4 9 】

従って、本例の投写光学系3Aは、第2光学系32に第1光学素子33および第2光学素子34のいずれが選択された場合でも、反射面で反射した光束を、射出面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。

30

【 0 0 5 0 】

また、本例では、第2光学系32に第1光学素子33が配置された場合の投写角度を第1投写角度1とし、第2光学系32に第2光学素子34が配置された場合の投写角度を第2投写角度2とした場合に、第1投写角度1と第2投写角度2とは相違する。すなわち、本例では、第2光学系32に第1光学素子33を選択した場合と、第2光学素子34を選択した場合とで、投写光学系3Aの投写角度を変化させることができる。ここで、従来は、投写角度を変えるためには、投写光学系の全体を交換する必要があった。これに対して、本例の投写光学系3Aによれば、予め備える2つの第2光学系32を選択的に配置するだけで、投写角度を変更できる。よって、レンズ交換のコストを抑制しながら、プロジェクターの投写角度を変更できる。

40

【 0 0 5 1 】

さらに、本例では、第2光学系32に第1光学素子33を選択した場合でも、第2光学素子34を選択した場合でも、第1光学系31は共通である。すなわち、第1光学系は1つである。従って、投写角度の変更にかかるコストを抑制できる。

【 0 0 5 2 】

また、第1形態の投写光学系3Aにおいて、第1光学素子33は拡大側に突出する凸形状の第1射出面43を備えるので、第1射出面43において光束を屈折させることができる。従って、拡大側結像面であるスクリーンSと共に中間像35が、第1反射面42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。よって、中間像35の拡大側に位置する第1反射面42が大型化することを抑制できる。同様に、第2形態の投写

50

光学系 3 Aにおいて、第 2 光学素子 3 4 は拡大側に突出する凸形状の第 2 射出面 4 8 を備えるので、第 2 射出面 4 8 において光束を屈折させることができる。従って、拡大側結像面であるスクリーン S と共に役となる中間像 3 5 が、第 2 反射面 4 7 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。よって、中間像 3 5 の拡大側に位置する第 2 反射面 4 7 が大型化することを抑制できる。

【 0 0 5 3 】

また、第 1 光学素子 3 3 では、第 1 入射面 4 1、第 1 反射面 4 2、および第 1 射出面 4 3 が、第 1 反射面 4 2 の第 2 光軸 M を回転軸として回転対称な形状を備える。従って、第 1 光学素子 3 3 の製造が容易である。また、第 1 光学素子 3 3 が回転対称な形状を備えるので、第 1 光学素子 3 3 が回転対称な形状ではない場合と比較して、製造時における第 1 光学素子 3 3 の歩留まりが向上する。同様に、第 2 光学素子 3 4 では、第 2 入射面 4 6、第 2 反射面 4 7、および第 2 射出面 4 8 が、第 2 反射面 4 7 の第 2 光軸 M を回転軸として回転対称な形状を備える。従って、第 2 光学素子 3 4 の製造が容易である。また、第 2 光学素子 3 4 が回転対称な形状を備えるので、第 2 光学素子 3 4 が回転対称な形状ではない場合と比較して、製造時における第 2 光学素子の歩留まりが向上する。10

【 0 0 5 4 】

ここで、第 2 光学系 3 2 に第 1 光学素子 3 3 を選択した場合でも、第 2 光学素子 3 4 を選択した場合でも、第 2 光学系 3 2 の瞳 P (第 1 瞳 P 1 および第 2 瞳 P 2) は、第 1 反射面 4 2 および第 2 反射面 4 7 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 5 5 】

さらに、本例では、第 1 光学素子 3 3 において、中間像 3 5 の縮小側に位置する第 1 入射面 4 1 が非球面なので、中間像 3 5 での収差の発生を抑制できる。また、第 1 光学素子 3 3 の第 1 反射面 4 2、および第 1 射出面 4 3 は、非球面である。従って、拡大側結像面において、収差の発生を抑制できる。同様に、第 2 光学素子 3 4 において、中間像 3 5 の縮小側に位置する第 2 入射面 4 6 が非球面なので、中間像 3 5 での収差の発生を抑制できる。また、第 2 光学素子 3 4 の第 2 反射面 4 7、および第 2 射出面 4 8 は、非球面である。従って、拡大側結像面において、収差の発生を抑制できる。30

【 0 0 5 6 】

また、本例では、第 1 光学素子 3 3 の第 1 入射面 4 1、第 1 反射面 4 2、および第 1 射出面 4 3 の形状と、第 2 光学素子 3 4 の第 2 入射面 4 6、第 2 反射面 4 7、および第 2 射出面 4 8 のそれぞれの形状とが、互いに相違する。従って、第 1 光学素子 3 3 と第 2 光学素子 3 4 とを選択的に配置したときに、投写光学系の投写角度を変更することが容易である。

【 0 0 5 7 】

さらに、本例では、第 1 光学素子 3 3 において、第 1 反射面 4 2 で反射された第 1 光束の主光線が第 1 射出面 4 3 に入射する第 1 入射角度は、第 2 光学素子 3 4 において、第 2 反射面 4 7 で反射された第 2 光束の主光線が第 2 射出面 4 8 に入射する第 2 入射角度よりも大きい。このように配置することにより、第 1 形態の投写光学系 3 A の第 1 投写角度 1 を、第 2 形態の投写光学系の第 2 投写角度 2 よりも大きくすることが可能となる。40

【 0 0 5 8 】

図 1 0 は、第 1 形態の投写光学系 3 A の拡大側の MTF を示す図である。図 1 1 は、第 2 形態の投写光学系 3 A の拡大側の MTF を示す図である。図 1 0、図 1 1 において、横軸は空間周波数であり、縦軸はコントラスト再現比である。図 1 0、図 1 1 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)50

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F1であり、間隔の長い破線は、光束F2であり、破線は、光束F3である。図10、図11に示すように、本例の投写光学系3Aは、高い解像度を有する。

【0059】

(実施例2)

図12は、実施例2の第1形態の投写光学系3Bの全体を模式的に表す光線図である。図13は、実施例2の投写光学系3Bの第1形態の光線図である。図14は、実施例2の投写光学系3Bの第1形態の第2光学系の光線図である。図15は、実施例2の第2形態の投写光学系3Bの全体を模式的に表す光線図である。図16は、実施例2の第2形態の投写光学系3Bの光線図である。図17は、実施例2の投写光学系3Bの第2光学系の光線図である。

10

【0060】

図12に示すように、第1形態の投写光学系3Bは、広角投影が可能である。すなわち、第1形態の投写光学系3Bが最終像をスクリーンSに投写する投写角度である第1投写角度1は、比較的、広い。図12および図15では、本例の投写光学系3BからスクリーンSに到達する光束を、光束F1～F3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F3は最も像高が高い位置に達する光束である。光束F2は光束F1と光束F3との間の位置に達する光束である。ここで、投写角度とは、第1光学系31の第1光軸Nと光束F3の最外郭の光線とが成す角度である。

20

【0061】

(実施例2の第1形態)

第1形態の投写光学系3Bは、図12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は第1光学素子33からなる。第1光学素子33は、縮小側から順に、第1入射面41、第1反射面42、および第1射出面43を有する。第1入射面41は、縮小側に突出する凸形状である。第1反射面42は凹形状を備える。第1射出面43は、拡大側に突出する凸形状である。第2光学系32を構成する第1光学素子33は、第1光学系31の第1光軸N上に配置される。本例では、第1光学系31の第1光軸Nと第1光学素子33の第1反射面42の第2光軸Mとは一致する。

30

【0062】

投写光学系3B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3B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と第1光学素子33の第1反射面42との間には、縮小側結像面と共に中間像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。本例では、中間像35は、第1光学素子33の内側に形成される。すなわち、中間像35は、第1光学素子33の第1入射面41と第1反射面42との間に形成される。

40

【0063】

本例では、第1光学系31の第1光軸N、および、第1光学素子33の第1反射面42の第2光軸Mは、Z軸方向に延びる。図12、図13、図14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。

【0064】

図13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、14枚のレンズL1～L14を有する。レンズL1～レンズL14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L9とレンズL10は接合された第3接合レンズL23である。レンズL7とレンズL8との間には、絞りOが配置されている。

【0065】

図14に示すように、第1光学素子33は、第1反射面42の第2光軸Mを設計軸とし

50

て設計されている。言い換えれば、第2光軸Mは、第1入射面41、第1射出面43および第1反射面42の設計上の光軸である。第1入射面41および第1反射面42は、第1反射面42の第2光軸Mの下方Y2に位置し、第1射出面43は、第1反射面42の第2光軸Mの上方Y1に位置する。本例では、第1光学素子33の第1入射面41、第1反射面42、および第1射出面43は、第1反射面42の第2光軸Mを回転軸として回転対称な形状を備える。従って、第1入射面41と第1射出面43とは回転対称な形状を備える。第1光学素子33の第1入射面41、第1反射面42および第1射出面43は、いずれも非球面である。第1反射面42は、第1光学素子33の第1入射面41とは反対側の面に設けた反射コーティング層である。なお、各非球面は、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

【0066】

図14に示すように、第2光学系32の第1瞳P1は、第1光学素子33の内側に位置する。YZ平面における第2光学系32の第1瞳P1は、第1射出面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。第1瞳P1は、YZ平面上で第1反射面42の第2光軸Mと垂直な仮想垂直線Vに対して傾斜する。

【0067】

(レンズデータ)

20

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入射面、第1反射面、および第1射出面の符号である。レンズ、第1入射面、第1反射面、および第1射出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。

【0068】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C	
18	0	球	無限	8.4859		屈折	0.0000	
19	1	球	無限	30.1506	SBSL7_OHARA	屈折	13.0791	
	2	球	無限	5.0143		屈折	16.2353	
	3	球	無限	0.0000		屈折	17.0378	
	4	球	無限	0.0000		屈折	17.0378	
	5	球	無限	0.0000		屈折	17.0378	
L1	6	球	208.6545	5.2079	846663.2378	屈折	17.1508	
	7	球	-50.8988	0.1000		屈折	17.2211	
L2	8	球	36.8543	14.2150	454294.8218	屈折	15.6673	
L3	9	球	-22.5903	1.0000	843402.2598	屈折	13.8362	
	10	球	236.0866	0.1390		屈折	13.5990	
L4	11	球	33.8621	11.1910	459927.8531	屈折	13.5407	
L5	12	球	-25.9849	2.8206	845715.2419	屈折	12.7904	40
	13	球	36.1675	5.2726		屈折	12.8547	
L6	14	球	86.7155	5.7825	845955.238	屈折	14.4698	
	15	球	-36.4831	0.1000		屈折	14.6412	
L7	16	球	-64.8378	3.7957	454002.8399	屈折	14.3829	
	17	球	-28.2734	17.7527		屈折	13.5002	
O1	18	球	無限	2.5268		屈折	9.3221	
L8	19	球	-23.2500	2.1606	737187.5312	屈折	10.5361	
	20	球	-29.1624	6.0204		屈折	11.2691	
L9	21	球	46.1866	13.7216	666888.3032	屈折	13.5509	
L10	22	球	-15.4811	1.0000	845175.2515	屈折	13.5566	50

23	球	-45.4883	0.1000		屈折	14.5996	
L11 24	球	-46.5394	5.1285	437001.951	屈折	14.6009	
25	球	-21.2061	0.2919		屈折	14.7583	
L12 26	球	-29.2680	16.4379	834702.4273	屈折	13.8241	
27	球	51.7480	9.0958		屈折	15.7392	
L13 28	非球面	32.1031	6.0001	E48R_ZEON	屈折	20.7662	
29	非球面	60.7245	13.9914		屈折	20.7662	
L14 30	非球面	-228.1519	6.0001	E48R_ZEON	屈折	22.0626	
31	非球面	-1050.9549	2.6027		屈折	23.5701	
32	球	無限	0.0000		屈折	22.4862	10
41 33	非球面	42.9433	39.2342	Z330R_ZEON	屈折	22.0519	
34	球	無限	0.0000	Z330R_ZEON	屈折	18.5297	
42 35	非球面	-15.4921	0.0000	Z330R_ZEON	反射	18.7876	
36	球	無限	-39.2342	Z330R_ZEON	屈折	33.9454	
43 37	非球面	42.9433	-110.0018		屈折	33.4079	
38	球	無限	-95.0015		屈折	518.8422	
39	球	無限	-301.0048		屈折	877.1733	
S 40	球	無限	0.0000		屈折	2012.5172	

【0069】

各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【0070】

面番号	S28	S29	S30	S31	
Y曲率半径	32.1031	60.7245	-228.1519	-1050.9549	
コーニック定数(K)	-0.441757802	-25.25718891	90	0	
4次の係数(A)	-2.89277E-05	-3.89388E-05	-3.37813E-05	-5.64772E-05	
6次の係数(B)	4.17176E-08	3.85256E-08	-3.39553E-08	5.64604E-08	
8次の係数(C)	-5.83352E-11	-3.28917E-11	7.47850E-11	-4.30075E-11	
10次の係数(D)					
12次の係数(E)					

【0071】

面番号	S33	S35	S37	
Y曲率半径	42.9433	-15.4921	42.9433	
コーニック定数(K)	0.508272266	-3.277192413	0.508272266	
4次の係数(A)	-2.53066E-06	-9.22878E-06	-2.53066E-06	
6次の係数(B)	-5.39889E-10	3.33646E-08	-5.39889E-10	
8次の係数(C)	5.51895E-12	-4.61597E-11	5.51895E-12	
10次の係数(D)	-5.67337E-15	3.44417E-14	-5.67337E-15	
12次の係数(E)	1.96436E-18		1.96436E-18	

【0072】

また、第1形態の投写光学系3Bの最大物体高、Fナンバー、投写角度、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、第1形態の投写光学系3B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。FナンバーはFNOで示す。投写角度は、第1投写角度1であり、単位はdeg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

FNO 1.880

投写角度 75.3

TR(0.59" 16:9LV) 0.230

【0073】

10

20

30

40

50

(実施例 2 の第 2 形態)

図 12 および図 15 に示すように、第 2 形態の投写光学系 3B が最終像をスクリーン S に投写する投写角度である第 2 投写角度 θ_2 は、第 1 形態の投写光学系 3B が最終像をスクリーン S に投写す第 1 投写角度 θ_1 と比較して、狭い。

【0074】

第 2 形態の投写光学系 3B は、図 16 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 2 光学系 32 は第 2 光学素子 34 からなる。第 2 光学素子 34 は、縮小側から順に、第 2 入射面 46、第 2 反射面 47、および第 2 射出面 48 を有する。第 2 入射面 46 は、縮小側に突出する凸形状である。第 2 反射面 47 は凹形状を備える。第 2 射出面 48 は、拡大側に突出する凸形状である。第 2 光学系 32 を構成する第 2 光学素子 34 は、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N 上に配置される。本例では、第 1 光学系 31 の第 1 光軸 N と第 2 反射面 47 の第 2 光軸 M とは一致する。第 1 光学系 31 は、第 1 形態の投写光学系と同一である。液晶パネル 18 の配置も第 1 形態の投写光学系と同一である。

10

【0075】

第 1 光学系 31 と第 2 光学素子 34 の第 2 反射面 47 との間には、縮小側結像面と共に役な中間像 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。中間像 35 は、第 2 光学素子 34 の内側に形成される。すなわち、中間像 35 は、第 2 光学素子 34 の第 2 入射面 46 と第 2 反射面 47 との間に形成される。

20

【0076】

図 17 に示すように、第 2 光学素子 34 は、第 2 反射面 47 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、第 2 入射面 46、第 2 射出面 48 および第 2 反射面 47 の設計上の光軸である。第 2 入射面 46 および第 2 反射面 47 は、第 2 反射面 47 の第 2 光軸 M の下方 Y2 に位置し、第 2 射出面 48 は、第 2 反射面 47 の第 2 光軸 M の上方 Y1 に位置する。本例では、第 2 光学素子 34 の第 2 入射面 46、第 2 反射面 47、および第 2 射出面 48 は、第 2 反射面 47 の第 2 光軸 M を回転軸として回転対称な形状を備える。従って、第 2 入射面 46 と第 2 射出面 48 とは回転対称な形状を備える。第 2 光学素子 34 の第 2 入射面 46、第 2 反射面 47 および第 2 射出面 48 は、いずれも非球面である。第 2 反射面 47 は、第 2 光学素子 34 の第 2 入射面 46 とは反対側の面に設けた反射コーティング層である。なお、各非球面は、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。

30

【0077】

図 18 は、第 1 光学素子 33 と第 2 光学素子 34 との形状の相違の説明図である。図 18 では、第 1 光学素子 33 と第 2 光学素子 34 とを重ねた場合を示す。図 18 に示すように、第 1 光学素子 33 の第 1 入射面 41、第 1 反射面 42、および第 1 射出面 43 の形状と、第 2 光学素子 34 の第 2 入射面 46、第 2 反射面 47、および第 2 射出面 48 のそれぞれの形状とが、互いに相違する。すなわち、第 2 光学素子 34 の第 2 入射面 46 の非球面形状は、第 1 光学素子 33 の第 1 入射面 41 と相違する。第 2 光学素子 34 の第 2 反射面 47 の非球面形状は、第 1 光学素子 33 の第 1 反射面 42 と相違する。第 2 光学素子 34 の第 2 射出面 48 の非球面形状は、第 1 光学素子 33 の第 1 射出面 43 と相違する。また、第 1 光学素子 33 において、第 1 反射面 42 で反射された第 1 光束の主光線が第 1 射出面 43 に入射する第 1 入射角度は、第 2 光学素子 34 において、第 2 反射面 47 で反射された第 2 光束の主光線が第 2 射出面 48 に入射する第 2 入射角度よりも大きい。

40

【0078】

図 17 に示すように、第 2 光学系 32 の第 2 瞳 P2 は、第 2 光学素子 34 の内側に位置する。YZ 平面における第 2 光学系 32 の第 2 瞳 P2 は、第 2 射出面 48 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。第 2 瞳 P2

50

は、YZ平面上で第2反射面47の第2光軸Mと垂直な仮想垂直線Vに対して傾斜する。

【0079】

(レンズデータ)

第2形態の投写光学系3Bでは、第1光学系31のレンズL14と第2光学素子34との軸上面間距離である第2距離と、第1形態の投写光学系3Bの第1光学系31のレンズL14と第1光学素子33との軸上面間距離である第1距離と、が相違する。すなわち、本例の投写光学系3Bでは、配置機構60は、第1光学素子33と第2光学素子34とを、第1光学系31の第1光軸N上において、異なる位置に配置する。また、第2形態の投写光学系3Bでは、フォーカシングのために、第1光学系31の最も拡大側に位置する第1レンズであるレンズL14と、レンズL14よりも縮小側に位置する第2レンズであるレンズL13を第1光学系31の第1光軸N上で移動させている。すなわち、本例の投写光学系3Bでは、第2光学系32に第2光学素子34を配置した場合と、第2光学系32に第1光学素子33を配置した場合とでは、レンズL14とレンズL13との間の距離は、相違する。第2形態の投写光学系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2入射面、第2反射面、および第2射出面の符号である。レンズ、第2入射面、第2反射面、および第2射出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。

【0080】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C	20
18	0	球	無限	8.4859		屈折	0.0000	
19	1	球	無限	30.1506	SBSL7_OHARA	屈折	13.0791	
	2	球	無限	5.0143		屈折	16.2353	
	3	球	無限	0.0000		屈折	17.0378	
	4	球	無限	0.0000		屈折	17.0378	
	5	球	無限	0.0000		屈折	17.0378	
L1	6	球	208.6545	5.2079	846663.2378	屈折	17.1508	
	7	球	-50.8988	0.1000		屈折	17.2211	
L2	8	球	36.8543	14.2150	454294.8218	屈折	15.6673	
L3	9	球	-22.5903	1.0000	843402.2598	屈折	13.8362	30
	10	球	236.0866	0.1390		屈折	13.5990	
L4	11	球	33.8621	11.1910	459927.8531	屈折	13.5407	
L5	12	球	-25.9849	2.8206	845715.2419	屈折	12.7904	
	13	球	36.1675	5.2726		屈折	12.8547	
L6	14	球	86.7155	5.7825	845955.238	屈折	14.4698	
	15	球	-36.4831	0.1000		屈折	14.6412	
L7	16	球	-64.8378	3.7957	454002.8399	屈折	14.3829	
	17	球	-28.2734	17.7527		屈折	13.5002	
O	18	球	無限	2.5268		屈折	9.3221	
L8	19	球	-23.2500	2.1606	737187.5312	屈折	10.5361	40
	20	球	-29.1624	6.0204		屈折	11.2691	
L9	21	球	46.1866	13.7216	666888.3032	屈折	13.5509	
L10	22	球	-15.4811	1.0000	845175.2515	屈折	13.5566	
	23	球	-45.4883	0.1000		屈折	14.5996	
L11	24	球	-46.5394	5.1285	437001.951	屈折	14.6009	
	25	球	-21.2061	0.2919		屈折	14.7583	
L12	26	球	-29.2680	16.4379	834702.4273	屈折	13.8241	
	27	球	51.7480	0.1000		屈折	15.7392	
L13	28	非球面	32.1031	6.0001	E48R_ZEON	屈折	20.7662	
	29	非球面	60.7245	16.9807		屈折	20.7662	50

L 14 30	非球面	-228.1519	6.0001	E48R_ZEON	屈折	22.0626	
31	非球面	-1,050.9549	0.1000		屈折	23.5701	
32	球	無限	0.0000		屈折	22.4862	
46 33	非球面	30.7020	39.2342	Z330R_ZEON	屈折	22.0519	
34	球	無限	0.0000	Z330R_ZEON	屈折	18.5297	
47 35	非球面	-21.7497	0.0000	Z330R_ZEON	反射	18.7876	
36	球	無限	-39.2342	Z330R_ZEON	屈折	33.9454	
48 37	非球面	30.7020	-110.0018		屈折	33.4079	
38	球	無限	-95.0015		屈折	518.8422	
39	球	無限	-301.0048		屈折	877.1733	10
S 40	球	無限	0.0000		屈折	2012.5172	

【 0 0 8 1 】

第 2 光学素子 3 4 の各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【 0 0 8 2 】

面番号	S33	S35	S37	
Y曲率半径	30.7020	-21.7497	30.7020	
コーニック定数(K)	0.173779984	-1.706904246	0.173779984	
4次の係数(A)	-7.93334E-07	5.52070E-06	-7.93334E-07	
6次の係数(B)	-3.68186E-08	9.66595E-09	-3.68186E-08	
8次の係数(C)	9.63890E-11	-2.00040E-11	9.63890E-11	
10次の係数(D)	-9.94669E-14	2.37406E-14	-9.94669E-14	20
12次の係数(E)	3.65376E-17		3.65376E-17	

【 0 0 8 3 】

また、第 2 形態の投写光学系 3 B の最大物体高、F ナンバー、投写角度、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、第 2 形態の投写光学系 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。F ナンバーは F NO で示す。投写角度は、第 2 投写角度 2 であり、単位は deg 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
F NO	1.880	
投写角度	64.5	
TR (0.59 " 16:9 LV)	0.419	

【 0 0 8 4 】

(作用効果)

本例においても、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。

【 0 0 8 5 】

図 1 9 は、第 1 形態の投写光学系 3 B の拡大側の MTF を示す図である。図 2 0 は、第 2 形態の投写光学系 3 B の拡大側の MTF を示す図である。図 1 9 、図 2 0 において、横軸は空間周波数であり、縦軸はコントラスト再現比である。図 1 9 、図 2 0 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。

【 0 0 8 6 】

(実施例 3)

図 2 1 は、実施例 3 の第 1 形態の投写光学系 3 C の全体を模式的に表す光線図である。図 2 2 は、実施例 2 の投写光学系 3 C の第 1 形態の光線図である。図 2 3 は、実施例 3 の投写光学系 3 C の第 1 形態の第 2 光学系の光線図である。図 2 4 は、実施例 3 の第 2 形態の投写光学系 3 C の全体を模式的に表す光線図である。図 2 5 は、実施例 3 の第 2 形態の投写光学系 3 C の光線図である。図 2 6 は、実施例 3 の投写光学系 3 C の第 2 形態の第 2 光学系の光線図である。

【 0 0 8 7 】

図21に示すように、第1形態の投写光学系3Cは、広角投影が可能である。すなわち、第1形態の投写光学系3Cが最終像をスクリーンSに投写する投写角度である第1投写角度 θ_1 は、比較的広い。図21および図24では、本例の投写光学系3CからスクリーンSに到達する光束を、光束F1～F3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F3は最も像高が高い位置に達する光束である。光束F2は光束F1と光束F3との間の位置に達する光束である。ここで、投写角度とは、第1光学系31の第1光軸Nと光束F3の最外郭の光線とが成す角度である。

【0088】

(実施例3の第1形態)

第1形態の投写光学系3Cは、図21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は第1光学素子33からなる。第1光学素子33は、縮小側から順に、第1入射面41、第1反射面42、および第1射出面43を有する。第1入射面41は、縮小側に突出する凸形状である。第1反射面42は凹形状を備える。第1射出面43は、拡大側に突出する凸形状である。第2光学系32を構成する第1光学素子33は、第1光学系31の第1光軸N上に配置される。本例では、第1光学系31の第1光軸Nと第1光学素子33の第1反射面42の第2光軸Mとは一致する。

10

【0089】

投写光学系3C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3C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と第1光学素子33の第1反射面42との間には、縮小側結像面と共に役な中間像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。本例では、中間像35は、第1光学素子33の内側に形成される。すなわち、中間像35は、第1光学素子33の第1入射面41と第1反射面42との間に形成される。

20

【0090】

本例では、第1光学系31の第1光軸N、および、第1光学素子33の第1反射面42の第2光軸Mは、Z軸方向に延びる。図21、図22、図23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。

30

【0091】

図21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、14枚のレンズL1～L14を有する。レンズL1～レンズL14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L9とレンズL10は接合された第3接合レンズL23である。レンズL7とレンズL8との間には、絞りOが配置されている。

40

【0092】

図23に示すように、第1光学素子33は、第1反射面42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、第1入射面41、第1射出面43および第1反射面42の設計上の光軸である。第1入射面41および第1反射面42は、第1反射面42の第2光軸Mの下方Y2に位置し、第1射出面43は、第1反射面42の第2光軸Mの上方Y1に位置する。第1光学素子33の第1入射面41、第1反射面42および第1射出面43は、いずれも非球面である。第1反射面42は、第1光学素子33の第1入射面41とは反対側の面に設けた反射コーティング層である。なお、各非球面は、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。

【0093】

図23に示すように、第2光学系32の第1瞳P1は、第1光学素子33の内側に位置する。YZ平面における第2光学系32の第1瞳P1は、第1射出面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5

50

0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。第1瞳P1は、YZ平面上で第1反射面42の第2光軸Mと垂直な仮想垂直線Vに対して傾斜する。

【0094】

(レンズデータ)

投写光学系3C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入射面、第1反射面、および第1射出面の符号である。レンズ、第1入射面、第1反射面、および第1射出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。

10

【0095】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C	
18	0	球	無限	5.0771		屈折	0.0000	
19	1	球	無限	21.5089	SBSL7_OHARA	屈折	8.2832	
	2	球	無限	3.0000		屈折	11.8012	
	3	球	無限	0.0000		屈折	12.5595	
	4	球	無限	0.0000		屈折	12.5595	
	5	球	無限	0.0000		屈折	12.5595	
L1	6	球	41.7981	5.3869	454494.8186	屈折	13.0910	20
	7	球	-22.2835	0.1000		屈折	13.0364	
L2	8	球	54.2754	5.0410	451333.7958	屈折	11.4965	
L3	9	球	-17.1845	1.0000	836974.3715	屈折	11.7006	
	10	球	-52.9270	0.1000		屈折	11.7951	
L4	11	球	47.9808	4.5785	449429.8119	屈折	11.3586	
L5	12	球	-17.2585	1.0000	836389.3853	屈折	11.5883	
	13	球	-421.1997	0.1070		屈折	11.9083	
L6	14	球	63.7304	2.3863	846663.2378	屈折	8.4268	
	15	球	-108.4486	0.1539		屈折	12.0087	
L7	16	球	-74.2437	2.5285	445852.8468	屈折	12.0373	30
	17	球	-24.0570	8.6940		屈折	12.0172	
O	18	球	無限	14.8700		屈折	6.4426	
L8	19	球	-12.0396	1.0000	754999.5232	屈折	8.1861	
	20	球	-15.1143	8.3927		屈折	8.8321	
L9	21	球	20.7081	6.3849	632937.3259	屈折	9.0259	
L10	22	球	-17.4743	1.0000	846630.2381	屈折	15.7341	
	23	球	22.2176	1.3175		屈折	11.5123	
L11	24	球	51.7320	6.4418	705847.283	屈折	10.8155	
	25	球	-14.8667	0.1000		屈折	10.9572	
L12	26	球	-15.5940	1.0000	754950.5233	屈折	10.8132	40
	27	球	-164.6925	0.1000		屈折	12.1253	
L13	28	非球面	15.7262	3.8897	E48R_ZEON	屈折	13.7886	
	29	非球面	21.7673	11.6983		屈折	13.8868	
L14	30	非球面	-162.8890	3.5584	E48R_ZEON	屈折	15.7563	
	31	非球面	19.2386	1.9369		屈折	16.3064	
	32	球	無限	0.0000		屈折	14.8181	
41	33	非球面	11.4271	18.6477	Z330R_ZEON	屈折	13.7195	
	34	球	無限	0.0000	Z330R_ZEON	屈折	9.6146	
42	35	非球面	-10.9153	0.0000	Z330R_ZEON	反射	10.7700	
	36	球	無限	-9.3261	Z330R_ZEON	屈折	18.0333	50

37	球	無限	0.0000	Z330R_ZEON	屈折	16.5347
38	球	無限	-9.3261	Z330R_ZEON	屈折	16.5347
43	39	非球面	22.7753	-65.8130	屈折	15.5849
40	球	無限	-56.8385		屈折	285.0512
41	球	無限	-180.0883		屈折	498.4798
S	42	球	無限	0.0000	屈折	1169.4561

【0096】

各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【0097】

面番号	S28	S29	S30	S31	10
Y曲率半径	15.7262	21.7673	-162.8890	19.2386	
コーニック定数(K)	-0.34070695	-7.775047152	90	0	
4次の係数(A)	-1.444445E-04	-1.26419E-04	-4.65331E-05	-3.29684E-04	
6次の係数(B)	8.97377E-08	5.74077E-08	-4.32930E-07	5.68427E-07	
8次の係数(C)	6.20294E-10	1.51258E-09	1.40636E-09	-8.11882E-10	
10次の係数(D)					
12次の係数(E)					

【0098】

面番号	S33	S35	S39	20
Y曲率半径	11.4271	-10.9153	22.7753	
コーニック定数(K)	-0.407326241	-3.984142888	1.077443753	
4次の係数(A)	-4.02438E-05	-6.19674E-05	-1.78454E-05	
6次の係数(B)	-4.67907E-07	8.46203E-07	1.11659E-07	
8次の係数(C)	1.27376E-09	-2.18754E-09	4.18094E-10	
10次の係数(D)	-4.47766E-12	2.01334E-12	-4.22966E-12	
12次の係数(E)	-5.64150E-16		9.89579E-15	

【0099】

また、第1形態の投写光学系3Cの最大物体高、開口数、投写角度、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、第1形態の投写光学系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。投写角度は、第1投写角度1であり、単位はdeg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 7.0

NA 0.274

投写角度 75.0

TR(0.37" 16:9LV) 0.221

【0100】

(実施例3の第2形態)

図21および図24に示すように、第2形態の投写光学系3Cの投写方向(第2投写方向)は、第1形態の投写光学系3Cの投写方向(第1投写方向)と相違する。すなわち、第2形態の投写光学系3Cでは、第2光学系32から、第1光学系31とは反対側に向かって光束が投写される。なお、第2形態の投写光学系3Cが最終像をスクリーンSに投写する投写角度である第2投写角度2は、第1形態の投写光学系3Cが最終像をスクリーンSに投写する第1投写角度1と同一である。

【0101】

第2形態の投写光学系3Cは、図25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2光学系32は第2光学素子34からなる。第2光学素子34は、縮小側から順に、第2入射面46、第2反射面47、第3反射面49および第2射出面48を有する。すなわち、第2光学系32は、第2反射面

10

20

30

40

50

47と、第2射出面48との間の光路上に第3反射面49を備える。第2反射面47の第2光軸Mに沿った方向において、第3反射面49は、第2入射面46と第2反射面47との間に位置する。また、第2反射面47の第2光軸Mに沿った方向において、第3反射面49は、第2入射面46と第2射出面48との間に位置する。

【0102】

第2入射面46は、縮小側に突出する凸形状である。第2反射面47は凹形状を備える。第3反射面49は、平面である。すなわち、第3反射面49は平面ミラーである。第2射出面48は、拡大側に突出する凸形状である。第2光学系32を構成する第2光学素子34は、第1光学系31の第1光軸N上に配置される。本例では、第1光学系31の第1光軸Nと第2反射面47の第2光軸Mとは一致する。第1光学系31は、第1形態の投写光学系と同一である。液晶パネル18の配置も第1形態の投写光学系と同一である。10

【0103】

第1光学系31と第2光学素子34の第2反射面47との間には、縮小側結像面と共に役な中間像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。中間像35は、第2光学素子34の内側に形成される。すなわち、中間像35は、第2光学素子34の第2入射面46と第2反射面47との間に形成される。

【0104】

図26に示すように、第2光学素子34は、第2反射面47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、第2入射面46、第2射出面48および第2反射面47の設計上の光軸である。第2入射面46および第2反射面47は、第2反射面47の第2光軸Mの下方Y2に位置し、第3反射面49および第2射出面48は、第2反射面47の第2光軸Mの上方Y1に位置する。第2光学素子34の第2入射面46、第2反射面47および第2射出面48は、いずれも非球面である。第2反射面47は、第2光学素子34の第2入射面46とは反対側の面に設けた反射コーティング層である。第3反射面49は、第2光学素子34において、第2光軸Mを間に挟んで第2入射面46とは反対側で第1光学系31の側を向く平面部に設けた反射コーティング層である。なお、各非球面は、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。20

【0105】

図26に示すように、第2光学系32の第2瞳P2は、第2光学素子34の内側に位置する。YZ平面における第2光学系32の第2瞳P2は、第2射出面48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。第2瞳P2は、YZ平面上で第2反射面47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

【0106】

(レンズデータ)

投写光学系3C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2入射面、第2反射面、第3反射面および第2射出面の符号である。レンズ、第2入射面、第2反射面、第3反射面および第2射出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はアバーチャー半径である。R、D、Cの単位はmmである。40

【0107】

符号	面番号	形状	R	D	硝材	屈折/反射	C
18	0	球	無限	5.0771		屈折	0.0000
19	1	球	無限	21.5089	SBSL7_OHARA	屈折	8.2832
	2	球	無限	3.0000		屈折	11.8012
	3	球	無限	0.0000		屈折	12.5595
	4	球	無限	0.0000		屈折	12.5595

	5	球	無限	0.0000	屈折	12.5595	
L 1	6	球	41.7981	5.3869	454494.8186	屈折	13.0910
	7	球	-22.2835	0.1000		屈折	13.0364
L 2	8	球	54.2754	5.0410	451333.7958	屈折	11.4965
L 3	9	球	-17.1845	1.0000	836974.3715	屈折	11.7006
	10	球	-52.9270	0.1000		屈折	11.7951
L 4	11	球	47.9808	4.5785	449429.8119	屈折	11.3586
L 5	12	球	-17.2585	1.0000	836389.3853	屈折	11.5883
	13	球	-421.1997	0.1070		屈折	11.9083
L 6	14	球	63.7304	2.3863	846663.2378	屈折	8.4268
	15	球	-108.4486	0.1539		屈折	12.0087
L 7	16	球	-74.2437	2.5285	445852.8468	屈折	12.0373
	17	球	-24.0570	8.6940		屈折	12.0172
O	18	球	無限	14.8700		屈折	6.4426
L 8	19	球	-12.0396	1.0000	754999.5232	屈折	8.1861
	20	球	-15.1143	8.3927		屈折	8.8321
L 9	21	球	20.7081	6.3849	632937.3259	屈折	9.0259
L 10	22	球	-17.4743	1.0000	846630.2381	屈折	15.7341
	23	球	22.2176	1.3175		屈折	11.5123
L 11	24	球	51.7320	6.4418	705847.283	屈折	10.8155
	25	球	-14.8667	0.1000		屈折	10.9572
L 12	26	球	-15.5940	1.0000	754950.5233	屈折	10.8132
	27	球	-164.6925	0.1000		屈折	12.1253
L 13	28	非球面	15.7262	3.8897	E48R_ZEON	屈折	13.7886
	29	非球面	21.7673	11.6983		屈折	13.8868
L 14	30	非球面	-162.8890	3.5584	E48R_ZEON	屈折	15.7563
	31	非球面	19.2386	1.9369		屈折	16.3064
	32	球	無限	0.0000		屈折	14.8181
4 1	33	非球面	11.4271	18.6477	Z330R_ZEON	屈折	13.7195
	34	球	無限	0.0000	Z330R_ZEON	屈折	9.6146
4 2	35	非球面	-10.9153	0.0000	Z330R_ZEON	反射	10.7700
	36	球	無限	-9.3261	Z330R_ZEON	屈折	18.0333
	37	球	無限	0.0000	Z330R_ZEON	反射	16.5347
	38	球	無限	9.3261	Z330R_ZEON	屈折	16.5347
4 3	39	非球面	22.7753	65.8130		屈折	15.5849
	40	球	無限	56.8385		屈折	285.0512
	41	球	無限	180.0883		屈折	498.4798

【0108】

第2光学素子34の各非球面の非球面係数は以下のとおりである。

【0109】

面番号	S33	S35	S39	
Y曲率半径	11.4271	-10.9153	-22.7753	
コーニック定数(K)	-0.407326241	-3.984142888	1.077443753	
4次の係数(A)	-4.02438E-05	-6.19674E-05	1.78454E-05	
6次の係数(B)	-4.67907E-07	8.46203E-07	-1.11659E-07	
8次の係数(C)	1.27376E-09	-2.18754E-09	-4.18094E-10	
10次の係数(D)	-4.47766E-12	2.01334E-12	4.22966E-12	
12次の係数(E)	-5.64150E-16		-9.89579E-15	

【0110】

また、第2形態の投写光学系3Cの最大物体高、開口数、投写角度、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、第 2 形態の投写光学系 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 N A で示す。投写角度は、第 2 投写角度 θ_2 であり、単位は deg 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 7.0
 N A 0.274
 投写角度 105.0
 TR (0.37" 16:9 LV) -0.221

【0111】

(作用効果)

本例の投写光学系 3C 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。また、第 2 光学系 32 として選択的に配置される第 1 光学素子 33 は、縮小側から順に第 1 入射面 41、第 1 反射面 42、および第 1 射出面 43 を備え、第 2 光学素子 34 は、縮小側から順に第 2 入射面 46、第 2 反射面 47、第 3 反射面 49、および第 2 射出面 48 を備える。

【0112】

従って、本例の投写光学系 3C は、第 2 光学系 32 として第 1 光学素子 33 および第 2 光学素子 34 のいずれが選択された場合でも、反射面で反射した光束を、射出面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 3C 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。

【0113】

ここで、本例では、第 1 光学素子 33 と第 2 光学素子 34 とを入れ替えた場合に、スクリーン S と第 1 光軸 N との成す角が同一であるが、投写方向を変更できる。すなわち、本例の投写光学系 3C では、第 2 光学素子 34 は、第 2 反射面 47 と、第 2 射出面 48 との間の光路上に第 3 反射面 49 を備える。これにより、本例の投写光学系 3C では、第 1 光学素子 33 と第 2 光学素子 34 とを入れ替えた場合に、投写方向を変更できる。

【0114】

ここで、本例では、第 2 光学系 32 に第 1 光学素子 33 を選択した場合でも、第 2 光学素子 34 を選択した場合でも、第 1 光学系 31 は共通である。すなわち、第 1 光学系 31 は 1 つである。従って、投写方向の変更にかかるコストを抑制できる。

【0115】

なお、本例では、第 1 形態と第 2 形態との間でスクリーン S と第 1 光軸 N との成す角が同一であるが、この点を除き、本例においても上記の投写光学系と同一の効果を得ることができる。

【0116】

図 27 は、第 1 形態の投写光学系 3C の拡大側の MTF を示す図である。図 28 は、第 2 形態の投写光学系 3C の拡大側の MTF を示す図である。図 27、図 28 において、横軸は空間周波数であり、縦軸はコントラスト再現比である。図 27、図 28 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。

【0117】

ここで、上記の実施例 1 ~ 3 において、投写光学系 3 は、第 1 光学素子 33 および第 2 光学素子 34 の一方を選択的に配置可能な配置機構 60 を備えているが、投写光学系 3 は、配置機構 60 を備えない構成であってもよい。すなわち、投写光学系 3 は、第 1 光学素子 33 および第 2 光学素子 34 が交換可能であれば、配置機構 60 を備えていなくてもよい。

【符号の説明】

【0118】

10

20

30

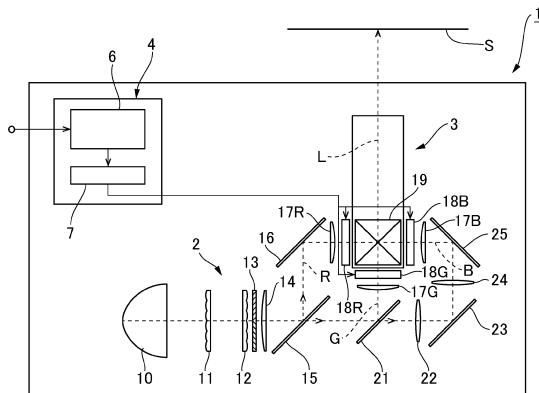
40

50

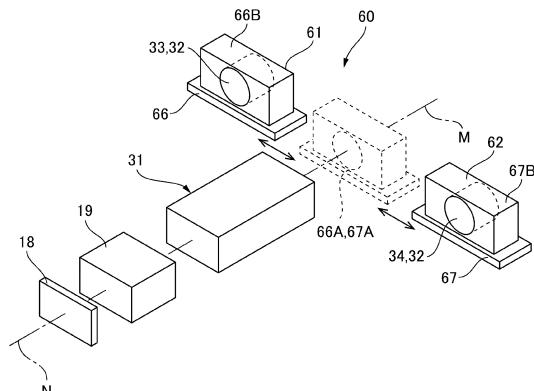
1 … プロジェクター、 2 … 画像形成部、 3、 3 A、 3 B、 3 C … 投写光学系、 4 … 制御部、 6 … 画像処理部、 7 … 表示駆動部、 10 … 光源、 11 … 第1インテグレータレンズ、 12 … 第2インテグレータレンズ、 13 … 偏光変換素子、 14 … 重畠レンズ、 15 … 第1ダイクロイックミラー、 16 … 反射ミラー、 17R … フィールドレンズ、 17G … フィールドレンズ、 17B … フィールドレンズ、 18R … 液晶パネル、 18G … 液晶パネル、 18B … 液晶パネル、 18R … 各液晶パネル、 19 … クロスダイクロイックプリズム、 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 … 第1光学素子、 34 … 第2光学素子、 35 … 中間像、 41 … 第1入射面、 42 … 第1反射面、 43 … 第1射出面、 46 … 第2入射面、 47 … 第2反射面、 48 … 第2射出面、 49 … 第3反射面、 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、 60 … 配置機構、 61 … 第1保持部材、 62 … 第2保持部材、 66 … 第1移動機構、 66A … 第1選択位置、 66B … 第1退避位置、 67 … 第2移動機構、 67A … 第2選択位置、 67B … 第2退避位置、 F1 ~ F3 … 光束、 L1 ~ L14 … レンズ、 L21 ~ L23 … 接合レンズ、 N … 第1光軸、 M … 第2光軸、 P1 … 第1瞳、 P2 … 第2瞳、 S … スクリーン、 V … 仮想垂直線、 1 … 第1投写角度、 2 … 第2投写角度。

【図面】

【図1】



【図2】



10

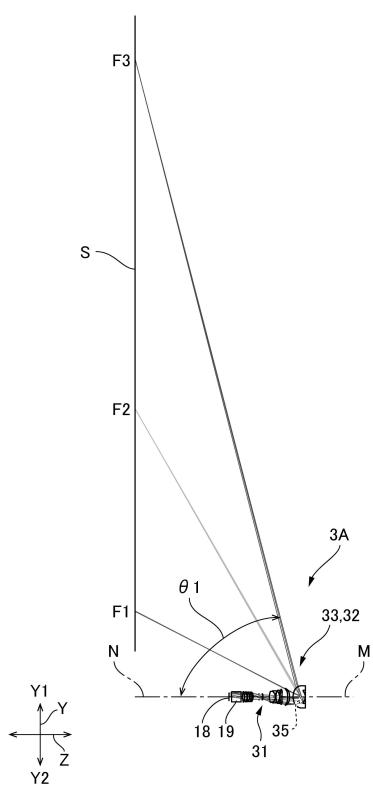
20

30

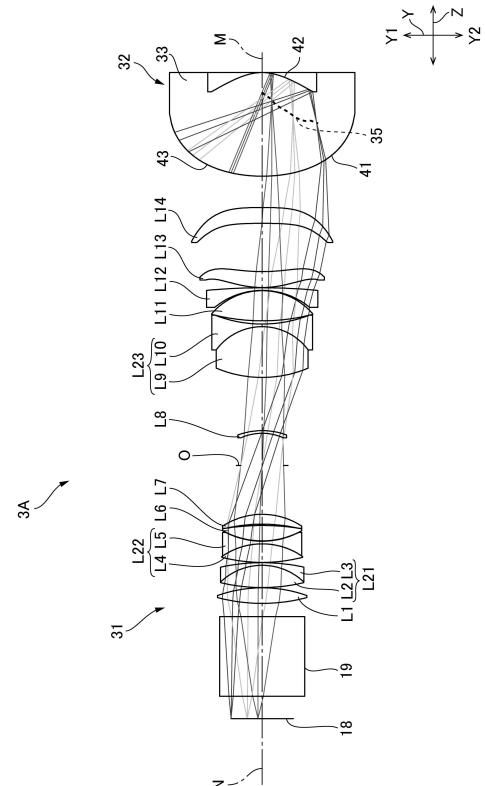
40

50

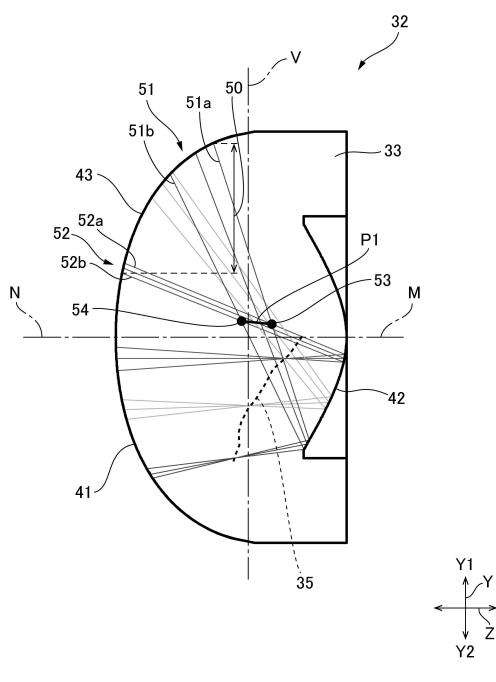
【図3】



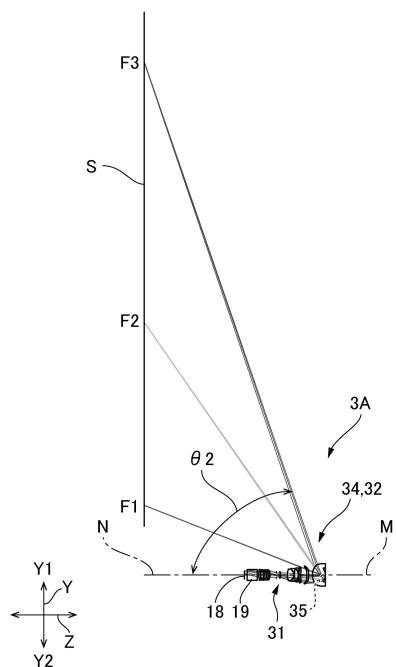
【図4】



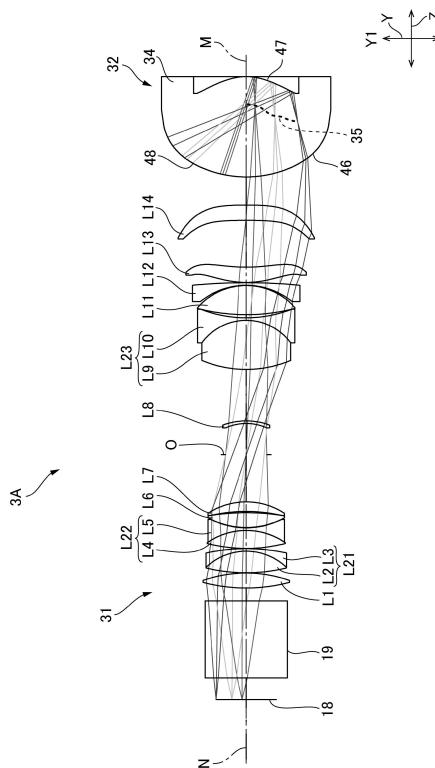
【図5】



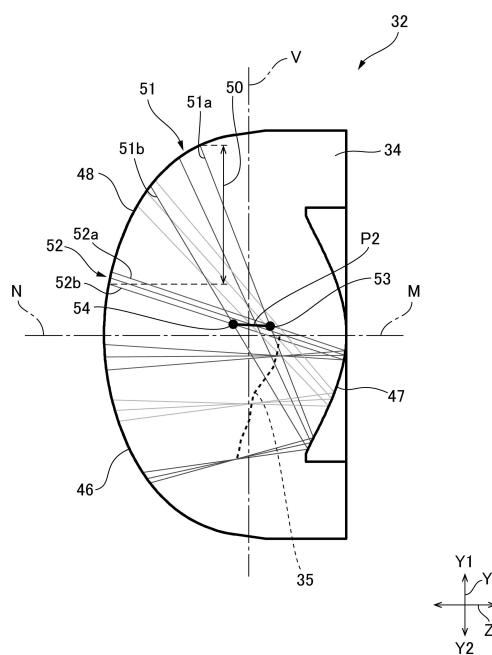
【図6】



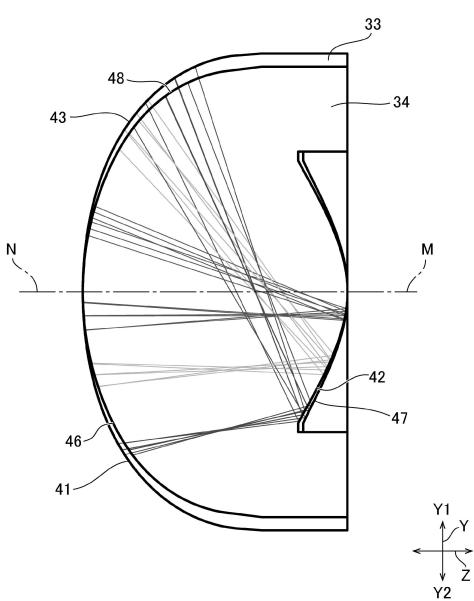
【 図 7 】



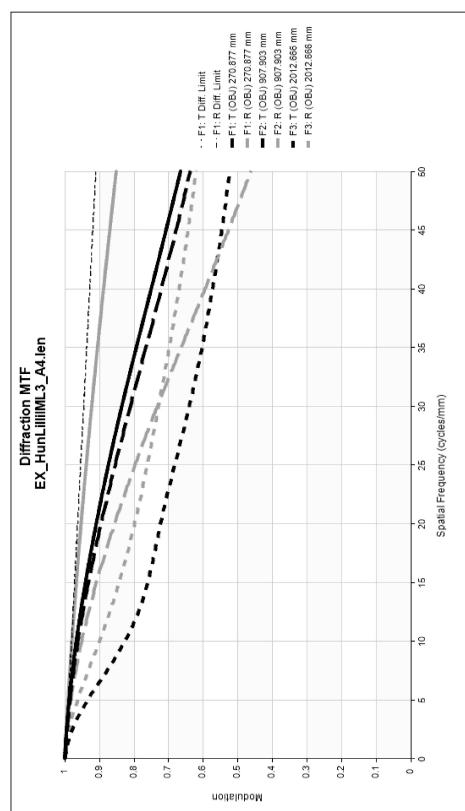
【図8】



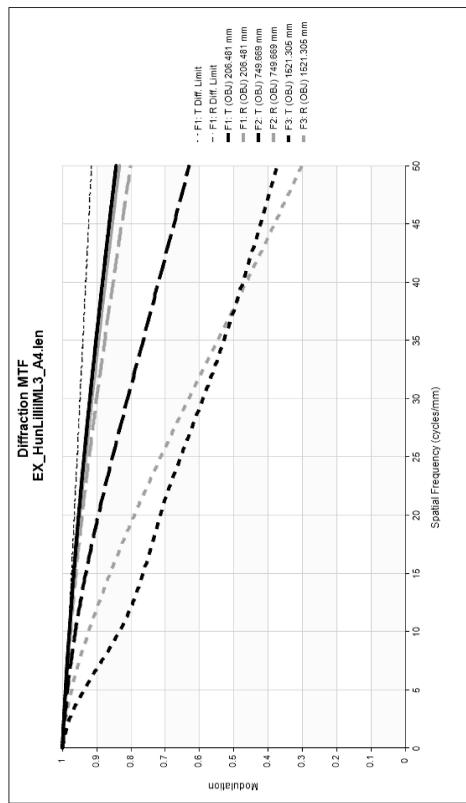
【 9 】



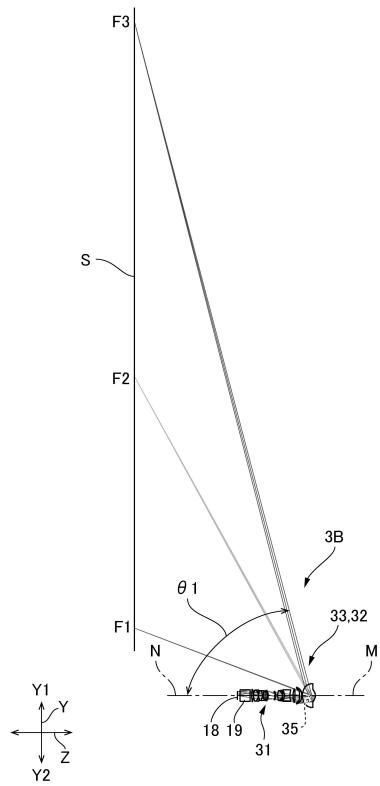
【図10】



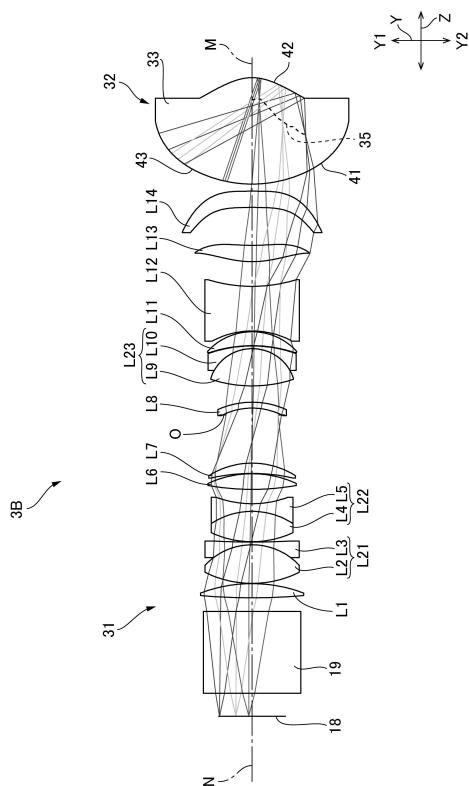
【図 1 1】



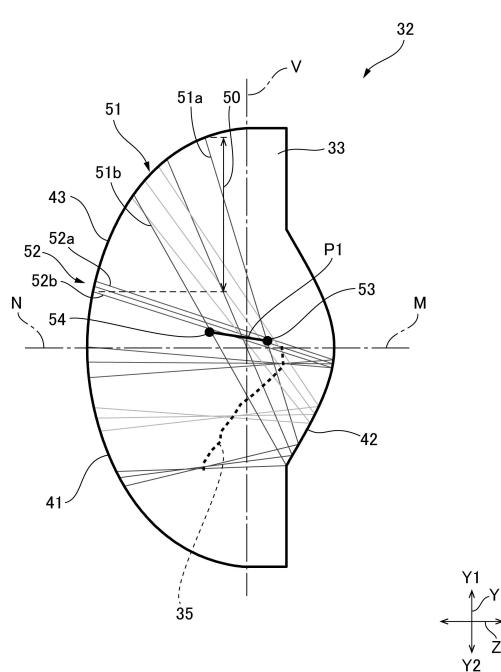
【図 1 2】



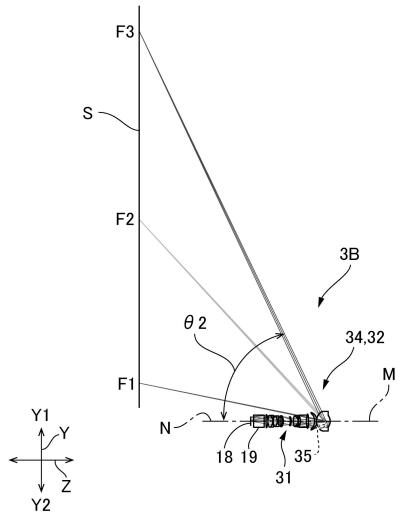
【図 1 3】



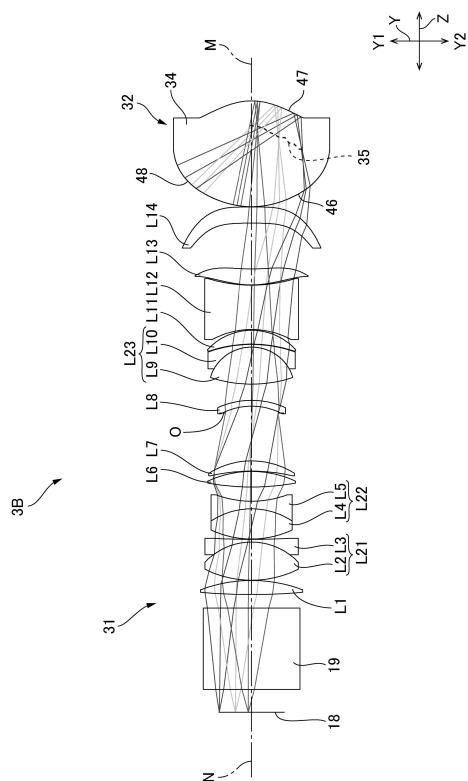
【図 1 4】



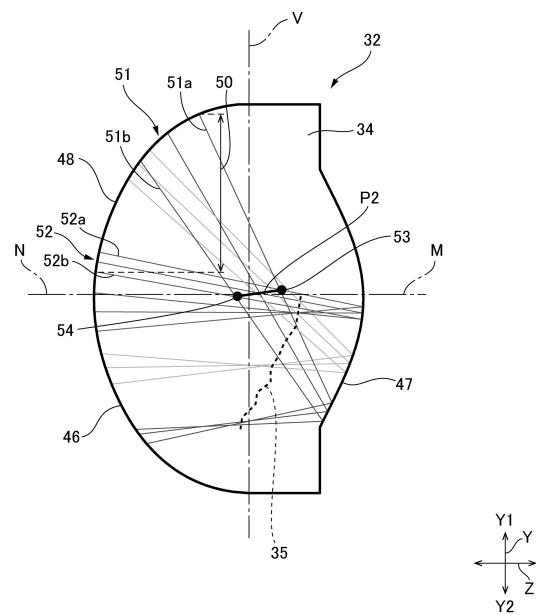
【図15】



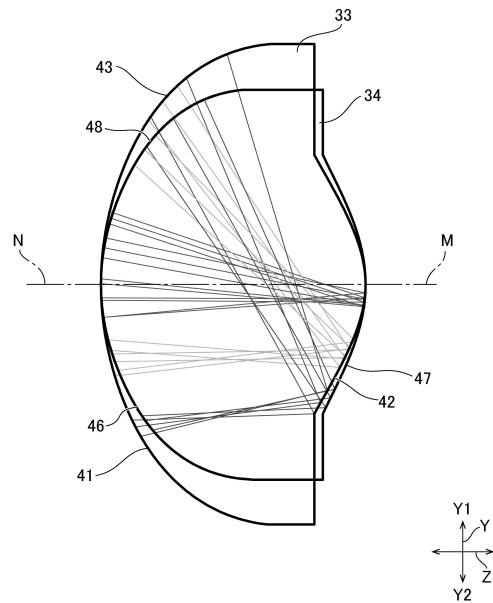
【図16】



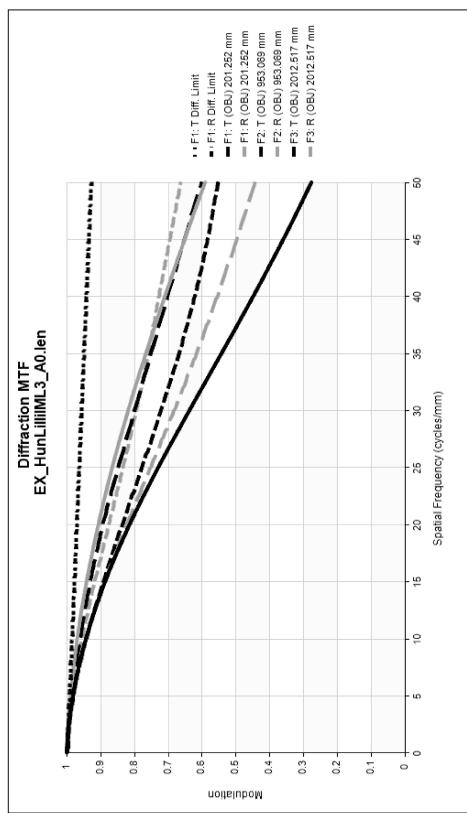
【図17】



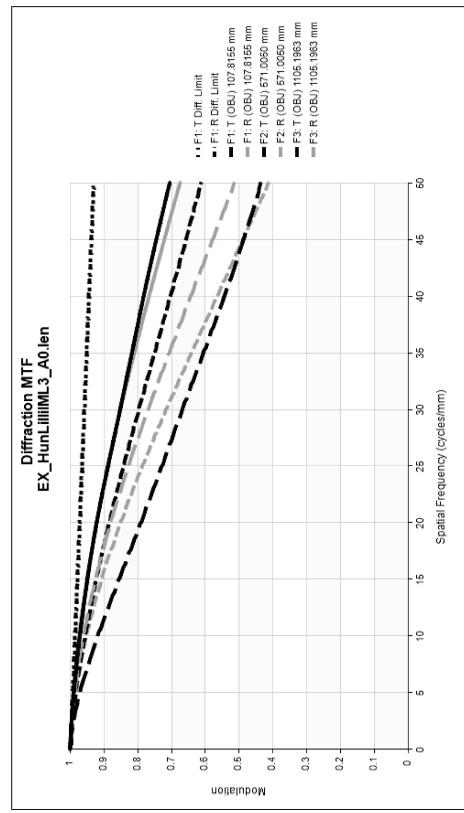
【図18】



【図 19】



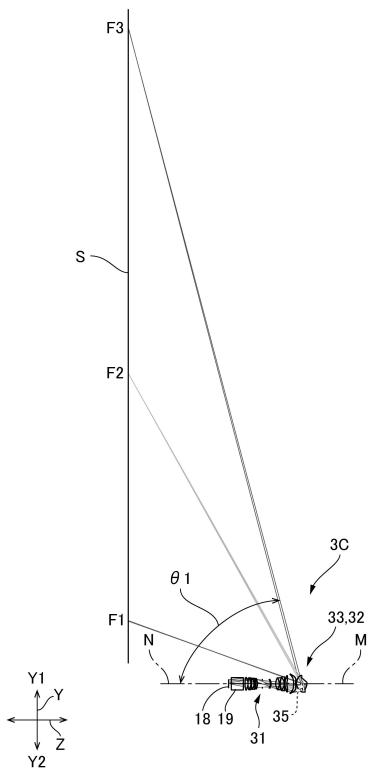
【図 20】



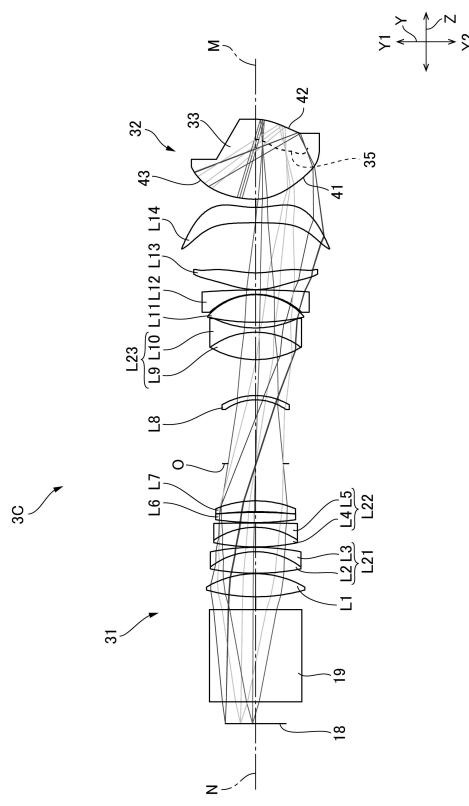
10

20

【図 21】



【図 22】

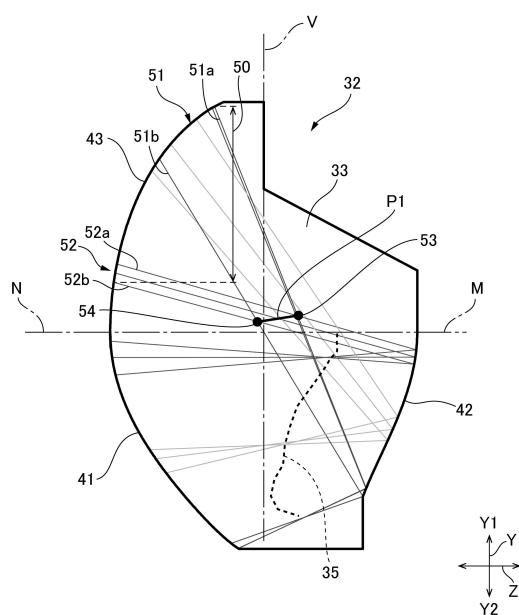


30

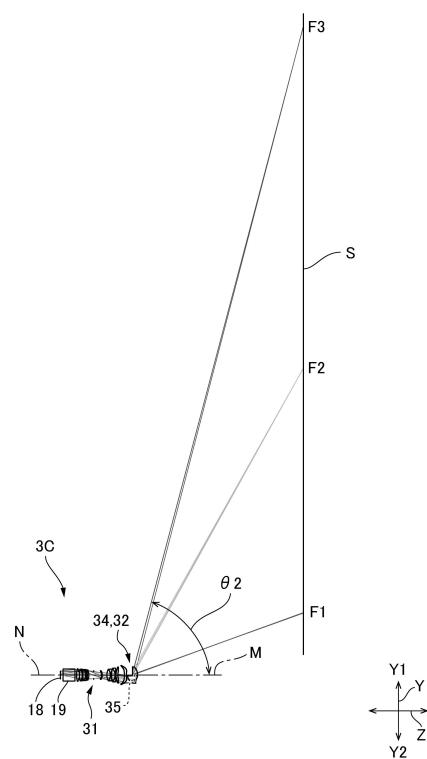
40

50

【図 2 3】



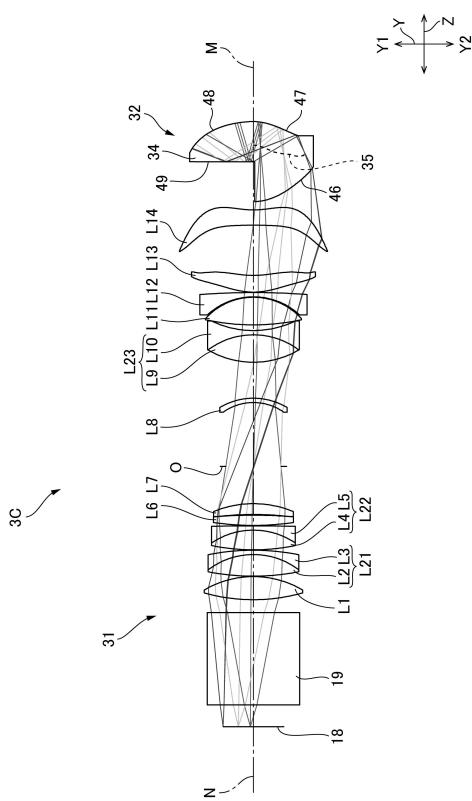
【図 2 4】



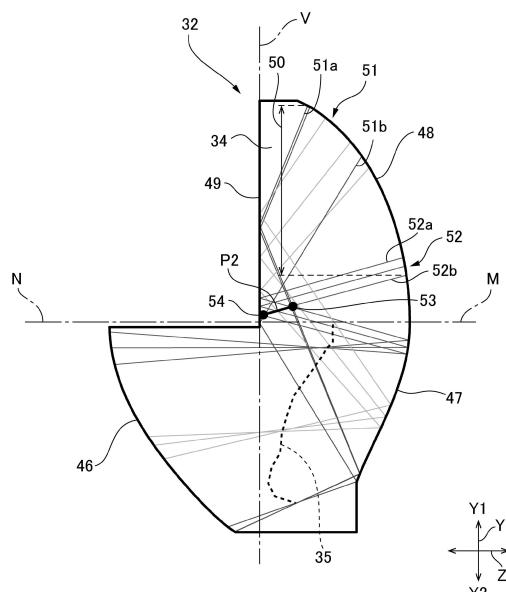
10

20

【図 2 5】



【図 2 6】

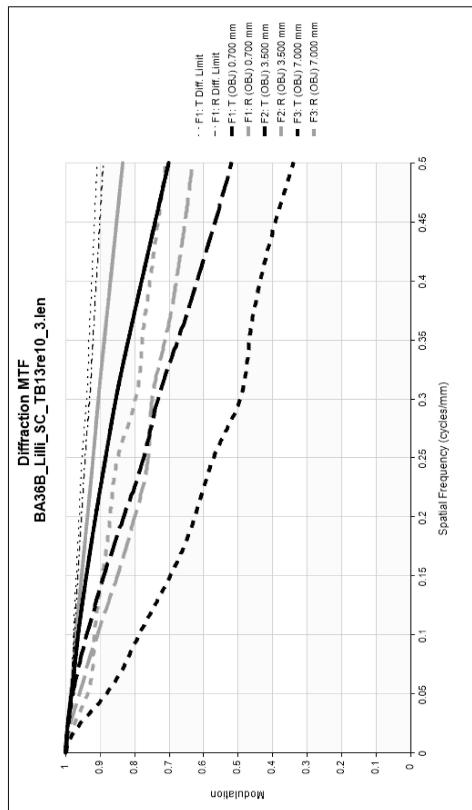


30

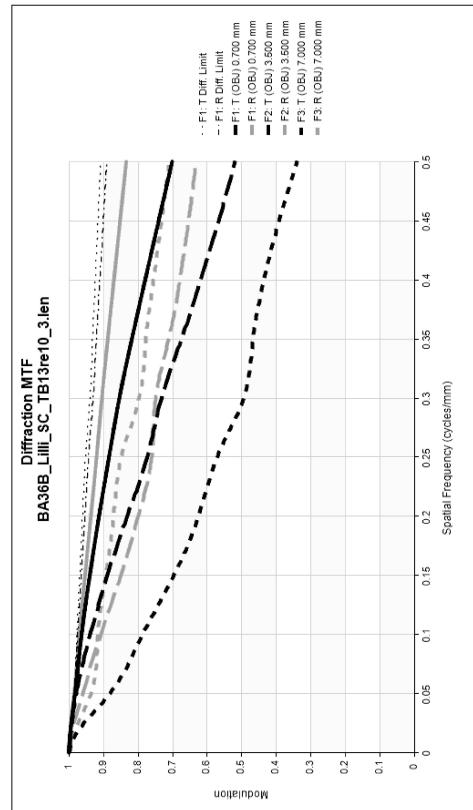
40

50

【図 2 7】



【図 2 8】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-199020(JP,A)
 特開2019-133061(JP,A)
 特開2006-292814(JP,A)
 特開2001-264633(JP,A)
 特開2007-334019(JP,A)
 特開2007-328232(JP,A)
 国際公開第2018/055963(WO,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 - 21/30