(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2024-121180
(P2024-121180A)
(43)公開日　令和6年9月6日(2024.9.6)

(51)国際特許分類			FI			テーマコード（参考）
G02B	*13/16*	*(2006.01)*	G02B	13/16		2H087
G02B	*17/08*	*(2006.01)*	G02B	17/08		2K203
G03B	*21/00*	*(2006.01)*	G03B	21/00	E	
G03B	*21/14*	*(2006.01)*	G03B	21/14	Z	

審査請求　未請求　請求項の数　11　　ＯＬ　（全17頁）

(21)出願番号　特願2023-28141(P2023-28141)
(22)出願日　令和5年2月27日(2023.2.27)

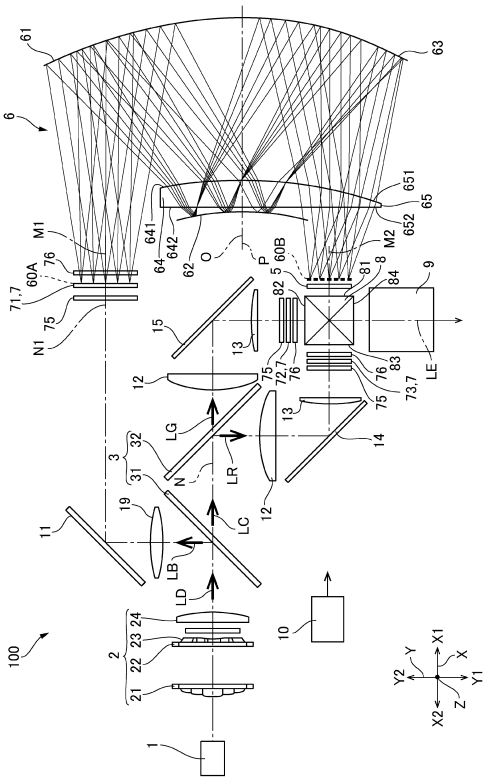
(71)出願人　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目１番６号
(74)代理人　100179475
弁理士　仲井 智至
(74)代理人　100216253
弁理士　松岡 宏紀
(74)代理人　100225901
弁理士　今村 真之
(72)発明者　守国 栄時
長野県諏訪市大和３丁目３番５号 セイコーエプソン株式会社内

Ｆターム（参考）　2H087　KA06 KA07 LA27 NA02 RA32 RA41 RA45 RA48 TA01 TA05 TA06

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　リレー光学系、およびプロジェクター

(57)【要約】
【課題】部品点数が少ない、両側テレセントリックで変倍するリレー光学系を提供すること。
【解決手段】リレー光学系は、拡大側結像面と、拡大側結像面を縮小した縮小側結像面とを結ぶ。リレー光学系は、拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、凹形状の第１反射面、凸形状の第２反射面、および凹形状の第３反射面を有する。拡大側結像面の光軸と縮小側結像面の光軸とは、平行である。拡大側結像面に入射する光線の入射方向は、縮小側結像面に入射する入射方向と反対方向である。第１反射面の曲率半径と第３反射面の曲率半径とは、異なる。第１反射面、第２反射面および第３反射面は、それぞれ、非球面形状を備える。拡大側および縮小側は、それぞれ、テレセントリックである。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
拡大側結像面と、前記拡大側結像面を縮小した縮小側結像面とを結ぶリレー光学系において、
拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、凹形状の第１反射面、凸形状の第２反射面、および凹形状の第３反射面を有し、
前記拡大側結像面の光軸と前記縮小側結像面の光軸とは、平行であり、
前記拡大側結像面に入射する光線の入射方向は、前記縮小側結像面に入射する入射方向と反対方向であり、
前記第１反射面の曲率半径と前記第３反射面の曲率半径とは、異なり、
前記第１反射面、前記第２反射面および前記第３反射面は、それぞれ、非球面形状を備え、
前記拡大側および前記縮小側は、それぞれ、テレセントリックであることを特徴とするリレー光学系。
【請求項２】
前記第１反射面、前記第２反射面および前記第３反射面は、それぞれ、回転対称面であることを特徴とする請求項１に記載のリレー光学系。
【請求項３】
前記第１反射面、前記第２反射面および前記第３反射面の設計光軸は、それぞれ、一致することを特徴とする請求項２に記載のリレー光学系。
【請求項４】
前記第１反射面および前記第２反射面の間、かつ、前記第２反射面および前記第３反射面の間に配置された第１レンズを有し、
前記第１反射面で反射された光線は、前記第１レンズを透過して、前記第２反射面に到達し、
前記第２反射面で反射された光線は、前記第１レンズを透過して、前記第３反射面に到達することを特徴とする請求項１から３のうち何れか一項に記載のリレー光学系。
【請求項５】
前記第３反射面および前記縮小側結像面の間に配置された第２レンズを有し、
前記第３反射面で反射された光線は、前記第２レンズを透過して、前記縮小側結像面に到達することを特徴とする請求項１から３のうち何れか一項に記載のリレー光学系。
【請求項６】
前記第１反射面および前記第２反射面の間、かつ、前記第２反射面および前記第３反射面の間に配置された第１レンズと、前記第３反射面および前記縮小側結像面の間に配置された第２レンズとを有し、
前記第１反射面で反射された光線は、前記第１レンズを透過して、前記第２反射面に到達し、
前記第２反射面で反射された光線は、前記第１レンズを透過して、前記第３反射面に到達し、
前記第３反射面で反射された光線は、前記第２レンズを透過して、前記縮小側結像面に到達することを特徴とする請求項１から３のうち何れか一項に記載のリレー光学系。
【請求項７】
前記第１レンズと前記第２レンズとは、一体に形成されていることを特徴とする請求項６に記載のリレー光学系。
【請求項８】
前記第１レンズの曲率半径と前記第２レンズの曲率半径とは、同じであることを特徴とする請求項７に記載のリレー光学系。
【請求項９】
前記第１レンズのレンズ面と前記第２レンズのレンズ面は、それぞれ、回転対称面であることを特徴とする請求項６に記載のリレー光学系。

【請求項１０】
前記第１レンズの前記レンズ面および前記第２レンズの前記レンズ面の設計光軸は、それぞれ、一致することを特徴とする請求項９に記載のリレー光学系。
【請求項１１】
請求項１に記載されたリレー光学系を備えるプロジェクターにおいて、
光源と、
前記光源から出射された出射光を、青色光を含む第１波長帯の第１色光と前記第１色光よりも長い波長帯の他の色光に分離するとともに、前記出射光の光軸と直交する方向に前記第１色光を反射する第１ダイクロイックミラーを備える分離光学系と、
前記第１ダイクロイックミラーで分離された前記第１色光に対して変調する第１光変調素子と、
前記第１ダイクロイックミラーで分離させた前記他の色光に対して変調する第２光変調素子と、
前記第１ダイクロイックミラーで分離された前記第１色光を前記第１光変調素子に向けて直交する方向に反射する反射ミラーと、
前記第１光変調素子が拡大側結像面に配置され、前記第１光変調素子で変調された前記第１色光の光束幅を縮小側結像面で縮小する前記リレー光学系と、
前記リレー光学系で光束幅が縮小された前記第１色光および前記第２光変調素子で変調された前記他の色光を合成した合成光を出射する色合成プリズムと、
前記色合成プリズムから出射した前記合成光を投写する投写光学系と、
を有し、
前記第１光変調素子の有効面積は、前記第２光変調素子の有効面積より大きい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、リレー光学系、およびプロジェクターに関する。
【背景技術】
【０００２】
拡大側結像面と、拡大側結像面を変倍した縮小側結像面とを結ぶ光学系は、特許文献１に記載されている。同文献の第１投写光学ユニットは、両側がテレセントリックであり、第１次結像面と、第１次結像面を縮小した物体面とを結ぶ光学系である。第１投写光学ユニットは、正のパワーを有する第１レンズ群、負のパワーを有する第２レンズ群、および正のパワーを有する第３レンズ群を備える。第１レンズ群は、４枚のレンズで構成されている。第２レンズ群は、開口絞りと５枚のレンズで構成されている。第３レンズ群は、３枚のレンズで構成されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００６－３３０４１０号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
特許文献１の光学系では、光学系を構成するレンズ枚数が多いので、光学系を組み立てる際に、各レンズの位置調整が難しい。このため、両側がテレセントリックで変倍する光学系では、光学要素が少ない構成が望まれていた。
【０００５】
上記の課題を解決するために、本発明のリレー光学系は、拡大側結像面と、前記拡大側結像面を縮小した縮小側結像面とを結ぶリレー光学系において、拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、凹形状の第１反射面、凸形状の第２反射面、および凹形状の第

３反射面を有し、前記拡大側結像面の光軸と前記縮小側結像面の光軸とは、平行であり、前記拡大側結像面に入射する光線の入射方向は、前記縮小側結像面に入射する入射方向と反対方向であり、前記第１反射面の曲率半径と前記第３反射面の曲率半径とは、異なり、前記第１反射面、前記第２反射面および前記第３反射面は、それぞれ、非球面形状を備え、前記拡大側および前記縮小側は、それぞれ、テレセントリックであることを特徴とする。

【０００６】

本発明のプロジェクターは、上記リレー光学系を備えるプロジェクターにおいて、光源と、前記光源から出射された出射光を、青色光を含む第１波長帯の第１色光と前記第１色光よりも長い波長帯の他の色光に分離するとともに、前記出射光の光軸と直交する方向に前記第１色光を反射する第１ダイクロイックミラーを備える分離光学系と、前記第１ダイクロイックミラーで分離された前記第１色光に対して変調する第１光変調素子と、前記第１ダイクロイックミラーで分離させた前記他の色光に対して変調する第２光変調素子と、前記第１ダイクロイックミラーで分離された前記第１色光を前記第１光変調素子に向けて直交する方向に反射する反射ミラーと、前記第１光変調素子が拡大側結像面に配置され、前記第１光変調素子で変調された前記第１色光の光束幅を縮小側結像面で縮小する前記リレー光学系と、前記リレー光学系で光束幅が縮小された前記第１色光および前記第２光変調素子で変調された前記他の色光を合成した合成光を出射する色合成プリズムと、前記色合成プリズムから出射した前記合成光を投写する投写光学系と、を有し、前記第１光変調素子の有効面積は、前記第２光変調素子の有効面積より大きいことを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【０００７】

【図１】実施形態１のリレー光学系を用いたプロジェクターの要部の概略図である。

【図２】実施形態２のリレー光学系の概略図である。

【図３】実施形態３のリレー光学系の概略図である。

【図４】実施形態４のリレー光学系の概略図である。

【図５】実施形態５のリレー光学系の概略図である。

【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リレー光学系およびプロジェクターを説明する。

【０００９】

［実施形態１］

図１は、実施形態１のリレー光学系６を用いたプロジェクター１００の要部の概略図である。図１に示すように、プロジェクター１００は、光源１と、光源１からの出射光を均一化する照明光学系２と、照明光学系２からの出射光を各色光に分離する分離光学系３と、分離光学系３で分離された各色光に対して変調して投写画像を形成する複数の光変調素子７と、反射ミラー１１と、複数の光変調素子７のうち１つで変調された色光の光束幅を縮小するリレー光学系６と、光変調素子７で変調された各色光を合成した合成光を出射する色合成プリズム８と、色合成プリズム８から出射した合成光を投写する投写光学系９と、光変調素子７を制御する制御部１０とを有する。

【００１０】

ここで、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、分離光学系３の第１光軸Ｎに沿った方向をＸ軸方向とする。Ｘ軸方向において、照明光学系２からの出射光が出射する方向を第１方向Ｘ１とし、その反対方向を第２方向Ｘ２とする。Ｙ軸方向において、色合成プリズム８から合成光が出射する方向を第３方向Ｙ１とし、その反対方向を第４方向Ｙ２とする。

【００１１】

光源１は、例えば、超高圧水銀ランプ、固体光源等で構成される。本形態では、光源１は、出射光ＬＤとして白色光を出射する。

【００１２】
照明光学系２は、マルチレンズ２１、偏光ビームスプリッタ２２、マルチレンズ２３、およびリレーレンズ２４を備える。マルチレンズ２１は、光源１からの出射光ＬＤを複数に分割する。偏光ビームスプリッタ２２は、マルチレンズ２１から出射した出射光ＬＤの偏光方向を変換する。マルチレンズ２３は、偏光ビームスプリッタ２２から出射した出射光ＬＤをリレーレンズ２４の近傍に集光させる。リレーレンズ２４は、マルチレンズ２３から入射した出射光ＬＤを拡大して、分離光学系３に向けて出射する。
【００１３】
分離光学系３は、第１方向Ｘ１に向かって順に、第１ダイクロイックミラー３１、および第２ダイクロイックミラー３２を備える。第１ダイクロイックミラー３１、および第２ダイクロイックミラー３２は、分離光学系３の第１光軸Ｎに沿って配置されている。照明光学系２からの出射光ＬＤの光軸は、第１光軸Ｎと一致する。
【００１４】
第１ダイクロイックミラー３１は、出射光ＬＤを、第１色光ＬＢと他の色光ＬＣとに分離する。第１ダイクロイックミラー３１は、第１色光ＬＢを第４方向Ｙ２に反射し、他の色光ＬＣを第１方向Ｘ１に向けて透過する。第２ダイクロイックミラー３２は、他の色光ＬＣを、第２色光ＬＧと第３色光ＬＲとに分離する。第２ダイクロイックミラー３２は、第３色光ＬＲを第３方向Ｙ１に反射し、第２色光ＬＧを第１方向Ｘ１に向けて透過する。本形態では、第１色光ＬＢは、青色光を含む第１波長帯である。第２色光ＬＧは、緑色を含む第２波長帯である。第３色光ＬＲは、赤色を含む第３波長帯である。第１波長帯は、例えば、４２０ｎｍ～５００ｎｍである。第２波長帯は、例えば、５００ｎｍ～６００ｎｍである。第３波長帯は、例えば、６００ｎｍ～６８０ｎｍである。他の色光ＬＣの波長帯は、例えば、５００ｎｍ～６８０ｎｍである。
【００１５】
ここで、第２ダイクロイックミラー３２の第３方向Ｙ１には、第２ダイクロイックミラー３２で分離された第３色光ＬＲを第１方向Ｘ１に向けて反射する反射ミラー１４が配置されている。第２ダイクロイックミラー３２の第１方向Ｘ１には、第２ダイクロイックミラー３２で分離された第２色光ＬＧを第３方向Ｙ１に向けて反射する反射ミラー１５が配置されている。第２ダイクロイックミラー３２と反射ミラー１４との間、および第２ダイクロイックミラー３２と反射ミラー１５との間には、それぞれ、レンズ１２が配置されている。反射ミラー１４の第１方向Ｘ１および反射ミラー１５の第３方向Ｙ１には、それぞれ、レンズ１３が配置されている。レンズ１２およびレンズ１３は、分離光学系３で分離された第２色光ＬＧおよび第３色光ＬＲを光変調素子７の近傍に集光させる。
【００１６】
反射ミラー１１は、第１ダイクロイックミラー３１の第４方向Ｙ２に配置されている。反射ミラー１１は、第１ダイクロイックミラー３１で分離された第１色光ＬＢを第１方向Ｘ１に向けて反射する。ここで、プロジェクター１００は、反射ミラー１１と第１ダイクロイックミラー３１との間に、リレーレンズ１９を備える。リレーレンズ１９は、第１ダイクロイックミラー３１からの第１色光ＬＢが第１光変調素子７１に均一に照射するように、第１色光ＬＢの結像位置を調整する。本形態では、リレーレンズ１９は、１枚のレンズからなる。なお、リレーレンズ１９は、複数のレンズで構成されてもよい。
【００１７】
光変調素子７は、液晶パネルである。光変調素子７は、第１色光ＬＢに対して変調する第１光変調素子７１と、第２色光ＬＧに対して変調する第３光変調素子７２と、第３色光ＬＲに対して変調する第４光変調素子７３とを備える。第１光変調素子７１、第３光変調素子７２および第４光変調素子７３は、それぞれ、入射側偏光板７５と出射側偏光板７６とを備える。なお、第３光変調素子７２および第４光変調素子７３は、本発明の「第２光変調素子」に相当する。
【００１８】
第１光変調素子７１は、第１ダイクロイックミラー３１の第１方向Ｘ１に配置されてい

る。第１光変調素子７１の光軸Ｎ１は、Ｘ軸に沿った方向に延びる。第１光変調素子７１の光軸Ｎ１は、分離光学系３の第１光軸Ｎと平行である。

【００１９】

第３光変調素子７２は、色合成プリズム８の第２面部８２と対向する位置に配置されている。第４光変調素子７３は、色合成プリズム８の第３面部８３と対向する位置に配置されている。

【００２０】

第１光変調素子７１の有効面積は、第３光変調素子７２および第４光変調素子７３の有効面積より大きい。ここで、有効面積とは、光変調素子の有効表示領域の面積を示す。本形態では、第１光変調素子７１は、有効表示領域の対角寸法が１．０３インチの液晶パネルであり、第３光変調素子７２および第４光変調素子７３は、有効表示領域の対角寸法が０．６７インチの液晶パネルである。

【００２１】

リレー光学系６は、拡大側結像面６０Ａと、拡大側結像面６０Ａを縮小した縮小側結像面６０Ｂとを結ぶ。第１光変調素子７１は拡大側結像面６０Ａに配置され、リレー光学系６は、第１光変調素子７１で変調された第１色光ＬＢの光束幅を縮小側結像面６０Ｂで縮小する。すなわち、リレー光学系６は、変倍する光学系である。本形態では、リレー光学系６は、第１光変調素子７１で変調された第１色光ＬＢの１．０３インチの光束幅を、縮小側結像面６０Ｂで０．６７インチの光束幅に縮小する。第１光変調素子７１の光軸Ｎ１と拡大側結像面６０Ａの光軸Ｍ１とは、一致する。縮小側結像面６０Ｂは、色合成プリズム８の第１面部８１と対向する位置に配置されている。縮小側結像面６０Ｂおよび色合成プリズム８の第１面部８１の空気換算距離は、第３光変調素子７２および色合成プリズム８の第２面部８２の空気換算距離と同じである。また、縮小側結像面６０Ｂおよび色合成プリズム８の第１面部８１の空気換算距離は、第４光変調素子７３および色合成プリズム８の第３面部８３の空気換算距離と同じである。

【００２２】

ここで、プロジェクター１００は、縮小側結像面６０Ｂと第１面部８１との間に配置された偏光板５を有する。偏光板５と第１光変調素子７１の出射側偏光板７６とは、第１色光ＬＢに含まれる偏光成分のうち同一方向の直線偏光成分を透過させる。すなわち、第１光変調素子７１の出射側偏光板７６が第１色光ＬＢのＳ偏光を透過させる場合には、偏光板５はＳ偏光を透過させ、第１光変調素子７１の出射側偏光板７６が第１色光ＬＢのＰ偏光を透過させる場合には、偏光板５はＰ偏光を透過させる。

【００２３】

色合成プリズム８は、第１色光ＬＢが入射する第１面部８１、第２色光ＬＧが入射する第２面部８２、第３色光ＬＲが入射する第３面部８３および合成光ＬＥが出射する第４面部８４を備える。第１面部８１と第３面部８３とは、Ｘ軸方向で対向する。第２面部８２と第４面部とは、Ｙ軸方向で対向する。色合成プリズム８は、リレー光学系６で光束幅が縮小された第１色光ＬＢ、第３光変調素子７２で変調された第２色光ＬＧ、および第４光変調素子７３で変調された第３色光ＬＲを合成した合成光ＬＥを、第４面部８４から第３方向Ｙ１に出射する。ここで、色合成プリズム８の第１面部８１に入射する第１色光ＬＢの光束幅は、色合成プリズム８の第２面部８２に入射する第２色光ＬＧおよび色合成プリズム８の第３面部８３に入射する第３色光ＬＲの光束幅と同じである。

【００２４】

投写光学系９は、色合成プリズム８から出射した合成光ＬＥをスクリーンに投写する。投写光学系９は、複数枚のレンズを備える。制御部１０は、ビデオ信号等の外部画像信号に基づいて光変調素子７を動作させる。

【００２５】

（リレー光学系の詳細）

図１に示すように、リレー光学系６は、拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、凹形状の第１反射面６１、凸形状の第２反射面６２、および凹形状の第３反射面６３

を有する。第１反射面６１および第３反射面６３は、一体に形成されている。第１反射面６１の曲率半径と第３反射面６３の曲率半径とは、異なる。

【００２６】

第１反射面６１、第２反射面６２および第３反射面６３は、それぞれ、非球面形状を備える。第１反射面６１、第２反射面６２および第３反射面６３は、それぞれ、回転対称面である。第１反射面６１、第２反射面６２および第３反射面６３の設計光軸Ｏは、それぞれ、一致する。設計光軸Ｏは、Ｘ軸方向に延びる。

【００２７】

リレー光学系６は、第１反射面６１および第２反射面６２の間、かつ、第２反射面６２および第３反射面６３の間に配置された第１レンズ６４と、第３反射面６３および縮小側結像面６０Ｂの間に配置された第２レンズ６５とを有する。第１レンズ６４と第２レンズ６５とは、一体に形成されている。第１レンズ６４の曲率半径と第２レンズ６５の曲率半径とは、同じである。より具体的には、第１レンズ６４の第１方向Ｘ１のレンズ面６４１の曲率半径と、第２レンズ６５の第１方向Ｘ１のレンズ面６５１の曲率半径とは、同じである。同様に、第１レンズ６４の第２方向Ｘ２のレンズ面６４２の曲率半径と、第２レンズ６５の第２方向Ｘ２のレンズ面６５２の曲率半径とは、同じである。

【００２８】

第１レンズのレンズ面６４１，６４２は、それぞれ、回転対称面である。第２レンズのレンズ面６５１，６５２は、それぞれ、回転対称面である。第１レンズのレンズ面６４１，６４２および第２レンズのレンズ面６５１，６５２の設計光軸Ｐは、それぞれ、一致する。設計光軸Ｐは、Ｘ軸方向に延びるとともに、設計光軸Ｏと一致する。

【００２９】

第１光変調素子７１により変調された第１色光ＬＢは、第１方向Ｘ１に向かって進む。第１光変調素子７１から第１反射面６１に到達した第１色光ＬＢは、第１反射面６１により、第２方向Ｘ２および第３方向Ｙ１に向かって反射される。第１反射面６１で反射された第１色光ＬＢは、第１レンズ６４を透過して、第２反射面６２に到達する。第２反射面６２に到達した第１色光ＬＢは、第２反射面６２により、第１方向Ｘ１および第３方向Ｙ１に向かって反射される。第２反射面６２で反射された第１色光ＬＢは、第１レンズ６４を透過して、第３反射面６３に到達する。第３反射面６３に到達した第１色光ＬＢは、第３反射面６３により、第２方向Ｘ２に向かって反射される。第３反射面６３で反射された第１色光ＬＢは、第２レンズ６５を透過して、縮小側結像面６０Ｂに到達する。

【００３０】

拡大側結像面６０Ａの光軸Ｍ１と縮小側結像面６０Ｂの光軸Ｍ２とは、平行である。拡大側結像面６０Ａに入射する第１色光ＬＢの入射方向は、第１方向Ｘ１である。縮小側結像面６０Ｂから出射する第１色光ＬＢの出射方向は、第２方向Ｘ２である。すなわち、拡大側結像面６０Ａに入射する第１色光ＬＢの入射方向は、縮小側結像面６０Ｂから出射する第１色光ＬＢの出射方向とは反対方向である。

【００３１】

拡大側結像面６０Ａおよび縮小側結像面６０Ｂは、色合成プリズム８の第１面部８１に対して同じ側の第１方向Ｘ１に位置する。すなわち、第１光変調素子７１および縮小側結像面６０Ｂは、色合成プリズム８の第１面部８１に対して同じ側の第１方向Ｘ１に位置する。

【００３２】

リレー光学系６の拡大側および縮小側は、それぞれ、テレセントリックである。リレー光学系６の拡大側がテレセントリックとは、第１反射面６１と拡大側結像面６０Ａとの間を通過する各光束の中心光線が、光軸Ｍ１と平行または光軸Ｍ１と略平行となっていることをいう。リレー光学系６の縮小側がテレセントリックとは、第２レンズ６５と縮小側結像面６０Ｂとの間を通過する各光束の中心光線が、光軸Ｍ２と平行または光軸Ｍ２と略平行となっていることをいう。本形態では、各光束の中心光線と光軸Ｍ１，Ｍ２とが成す角度は±５°以内である。

【００３３】
リレー光学系６のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、拡大側から縮小側に順番に付してある。符号は、拡大側結像面、第１反射面、第１レンズ、第２反射面、第３反射面、第２レンズおよび縮小側結像面の符号である。レンズの面番号に付された「＊」は、非球面形状であることを示す。Ｒは曲率半径である。Ｄは軸上面間隔である。ｎｄは屈折率である。ｖｄはアッベ数である。Ｙは有効半径である。Ｒ、Ｄ、Ｙの単位はｍｍである。

【００３４】

符号	面番号	R	D	nd	vd	モード	Y
60A	0	0.00000	115.00			屈折	69.816
61	1	-178.49209	-70.00			反射	84.435
64	2	-183.44420	-11.50	1.458467	67.8	屈折	32.295
	3	-21694.45400	-2.00			屈折	26.681
62	*4	-117.32686	2.00			反射	27.000
64	5	-21694.45400	11.50	1.458467	67.8	屈折	19.000
	6	-183.44420	70.00			屈折	19.000
63	*7	-144.97227	-70.00			反射	70.000
65	8	-183.44420	-11.50	1.458467	67.8	屈折	57.957
	9	-21694.45400	-33.00			屈折	58.000
60B	10	0.00000	0.00			屈折	45.735

【００３５】

面番号	1	4	7
コーニック定数	0	2.880608E+01	0
4次の係数	3.919410E-08	2.088599E-06	1.337207E-08
6次の係数	9.070897E-12	1.546748E-09	-4.339381E-12
8次の係数	1.242520E-15	-1.224049E-12	8.161682E-16
10次の係数	-6.127942E-20	6.391380E-16	-4.571229E-20

【００３６】
（作用効果）
リレー光学系６は、拡大側結像面６０Ａと、拡大側結像面６０Ａを縮小した縮小側結像面６０Ｂとを結ぶ。リレー光学系６は、拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、凹形状の第１反射面６１、凸形状の第２反射面６２、および凹形状の第３反射面６３を有する。リレー光学系６は、第１反射面６１および第２反射面６２の間、かつ、第２反射面６２および第３反射面６３の間に配置された第１レンズ６４と、第３反射面６３および縮小側結像面６０Ｂの間に配置された第２レンズ６５とを有する。リレー光学系６は、拡大側および縮小側は、それぞれ、テレセントリックである。

【００３７】
本形態によれば、リレー光学系６は、反射面を有するので、リレー光学系を屈折レンズのみで構成する場合と比較して、部品点数を削減することができる。また、本形態では、部品点数が少ないので、リレー光学系を組み立てる際の光学要素の位置調整が容易である。リレー光学系６は、リレー光学系６の両側がテレセントリックでないものと比較して、リレー光学系６をプロジェクター１００に組み込む際の設置精度が厳しくなく、配置が容易である。

【００３８】
また、本形態では、拡大側結像面６０Ａの光軸Ｍ１と縮小側結像面６０Ｂの光軸Ｍ２とは、平行である。拡大側結像面６０Ａに入射する光線の入射方向は、縮小側結像面６０Ｂに入射する入射方向と反対方向である。よって、リレー光学系６は、３枚の反射面により、効率よく光路を１８０°折り曲げることができる。

【００３９】
本形態では、第１反射面６１の曲率半径と第３反射面６３の曲率半径とは、異なる。第

１反射面６１、第２反射面６２および第３反射面６３は、それぞれ、非球面形状を備える。よって、第１反射面６１の曲率半径と第３反射面６３の曲率半径とが異なるので、リレー光学系６を構成する光学部品の点数が少なくても、両側をテレセントリックにさせやすい。また、３つの反射面が、それぞれ、非球面形状を備えるので、リレー光学系６で発生する諸収差を良好に補正することができる。

【００４０】

本形態では、第１反射面６１、第２反射面６２および第３反射面６３は、それぞれ、回転対称面である。これにより、反射面の加工が容易となるとともに、反射面の精度が向上する。また、加工が容易となるので、製造コストを抑制することができる。

【００４１】

本形態では、第１反射面、第２反射面および第３反射面の設計光軸Ｐは、それぞれ、一致する。これにより、各反射面の設計光軸Ｐを基準に、各反射面を組立調整することが容易となるので、各反射面の組立精度が向上する。

【００４２】

本形態では、第１反射面６１で反射された光線は、第１レンズ６４を透過して、第２反射面６２に到達する。第２反射面６２で反射された光線は、第１レンズを透過して、第３反射面に到達する。これにより、第１反射面６１で反射された光線は、第１レンズ６４により、光線の広がりや角度をコントロールすることができるので、第１反射面６１と第２反射面６２との軸上面間隔を小さくすることができる。また、第１レンズ６４により、第１反射面６１で反射された光線の諸収差を良好に補正することができる。同様に、第２反射面６２で反射された光線は、第１レンズ６４により、光線の広がりや角度をコントロールすることができるので、第２反射面６２と第３反射面６３との軸上面間隔を小さくすることができる。また、第１レンズ６４により、第２反射面６２で反射された光線の諸収差を良好に補正することができる。

【００４３】

本形態では、第３反射面６３で反射された光線は、第２レンズ６５を透過して、縮小側結像面６０Ｂに到達する。これにより、第３反射面６３で反射された光線は、第２レンズ６５により、光線の広がりや角度をコントロールすることができるので、第３反射面６３と縮小側結像面６０Ｂとの軸上面間隔を小さくすることができる。また、第２レンズ６５により、第３反射面６３で反射された光線の諸収差を良好に補正することができる。

【００４４】

本形態では、第１レンズ６４と第２レンズ６５とは、一体に形成されている。これにより、第１レンズ６４および第２レンズ６５を１つのレンズとすることができるので、部品点数を削減することができる。また、本形態では、第１レンズ６４の曲率半径と第２レンズ６５の曲率半径とは、同じである。これにより、第１レンズ６４および第２レンズ６５を１つのレンズとした場合に、レンズ面の形成が容易となる。

【００４５】

本形態では、第１レンズ６４のレンズ面と第２レンズ６５のレンズ面は、それぞれ、回転対称面である。これにより、各レンズ面の加工が容易となるとともに、各レンズ面の精度が向上する。また、加工が容易となるので、製造コストを抑制することができる。

【００４６】

本形態では、第１レンズ６４のレンズ面および第２レンズ６５のレンズ面の設計光軸Ｏは、それぞれ、一致する。各レンズの設計光軸Ｐと各レンズのレンズ面の設計光軸Ｏは、それぞれ、一致する。よって、各反射面および各レンズを組み立てる際の基準軸が一致するので、各反射面および各レンズを組立調整することが容易となるので、各反射面の組立精度が向上する。

【００４７】

本形態のプロジェクター１００は、光源１と、光源１から出射された出射光ＬＤを、青色光を含む第１波長帯の第１色光ＬＢと第１色光ＬＢよりも長い波長帯の他の色光ＬＣに分離するとともに、出射光ＬＤの光軸と直交するＹ軸方向に第１色光ＬＢを反射する第１

ダイクロイックミラー３１を備える分離光学系３と、第１ダイクロイックミラー３１で分離された第１色光ＬＢに対して変調する第１光変調素子７１と、第１ダイクロイックミラー３１で分離させた他の色光ＬＣに対して変調する第２光変調素子と、第１ダイクロイックミラー３１で分離された第１色光ＬＢを第１光変調素子７１に向けて直交するＸ軸方向に反射する反射ミラー１１と、第１光変調素子７１が拡大側結像面６０Ａに配置され、第１光変調素子７１で変調された第１色光ＬＢの光束幅を縮小側結像面６０Ｂで縮小するリレー光学系６と、リレー光学系６で光束幅が縮小された第１色光ＬＢおよび第２光変調素子で変調された他の色光ＬＣを合成した合成光ＬＤを出射する色合成プリズム８と、色合成プリズム８から出射した合成光ＬＤを投写する投写光学系９と、を有する。第１光変調素子７１の有効面積は、第２光変調素子の有効面積より大きい。第１光変調素子７１の光軸Ｎ１は、拡大側結像面６０Ａの光軸Ｍ１と平行である。第１光変調素子７１および縮小側結像面６０Ｂは、第１色光ＬＢが入射する色合成プリズム８の第１面部８１に対して同じ側の第１方向Ｘ１に位置する。

【００４８】

本形態によれば、プロジェクター１００は、本形態のリレー光学系６を用いるので、部品点数が少ない低コストを実現したプロジェクター１００を提供することができる。

【００４９】

本形態によれば、第１光変調素子７１の有効面積は、第２光変調素子の有効面積より大きいので、第２光変調素子より、第１光変調素子７１に照射される照度を小さくすることができる。これにより、光源１をより明るくした場合であっても、第１光変調素子７１の液晶が光により劣化することを抑制することができる。

【００５０】

また、リレー光学系６は、第１光変調素子７１で変調された第１色光ＬＢの光束幅を縮小側結像面６０Ｂで縮小することができるので、第１光変調素子７１の有効面積が、第３光変調素子７２の有効面積より大きい場合であっても、色合成プリズム８に入射する各色光の光束幅を同じ大きさにすることができる。

【００５１】

また、リレー光学系６は、拡大側結像面６０Ａに入射した第１色光ＬＢを１８０°屈曲させて縮小側結像面６０Ｂから第１色光ＬＢを出射するので、リレー光学系６が第１色光ＬＢを屈曲さない場合と比較して、プロジェクター全体をコンパクトにすることができる。

【００５２】

［実施形態２］

図２は、実施形態２のリレー光学系６Ａの概略図である。図２に示すように、実施形態２のリレー光学系６Ａでは、第１レンズ６４と第２レンズ６５とは、独立の部材としてもよい。なお、実施形態２のリレー光学系６Ａは、第１レンズ６４と第２レンズ６５とが独立の部材である点を除き、実施形態１のリレー光学系６と同じ構成を備えることができる。

【００５３】

［実施形態３］

図３は、実施形態３のリレー光学系６Ｂの概略図である。図３に示すように、実施形態３のリレー光学系６Ｂは、第２レンズ６５を備えずに、第１レンズ６４のみを備えていてもよい。なお、実施形態３のリレー光学系６Ｂは、第２レンズ６５を備えていない点を除き、実施形態１のリレー光学系６と同じ構成を備えることができる。

【００５４】

［実施形態４］

図４は、実施形態４のリレー光学系６Ｃの概略図である。図４に示すように、実施形態４のリレー光学系６Ｃは、第１レンズ６４を備えずに、第２レンズ６５のみを備えていてもよい。なお、実施形態４のリレー光学系６Ｃは、第１レンズ６４を備えていない点を除き、実施形態１のリレー光学系６と同じ構成を備えることができる。

【００５５】
［実施形態５］
図５は、実施形態５のリレー光学系６Ｄの概略図である。図５に示すように、リレー光学系６Ｄでは、第１反射面６１と第３反射面６３とは、独立の部材としてもよい。なお、実施形態５のリレー光学系６Ｄは、第１反射面６１と第３反射面６３とが独立の部材である点を除き、実施形態１のリレー光学系６と同じ構成を備えることができる。また、第１反射面６１と第３反射面６３とを独立の部材とする構成は、実施形態２～４に適用することができる。
【００５６】
［他の実施形態］
上記の形態において、第１レンズ６４のレンズ面は、非球面形状を備えてもよい。また、第１レンズ６４は、自由曲面形状を備えてもよい。このようにすれば、第１レンズ６４により、リレー光学系６で発生する諸収差をより補正することができる。
【００５７】
上記の形態において、第２レンズ６５のレンズ面は、非球面形状を備えてもよい。また、第２レンズ６５は、自由曲面形状を備えてもよい。このようにすれば、第２レンズ６５により、リレー光学系６で発生する諸収差をより補正することができる。
【００５８】
リレー光学系６は、第１レンズ６４および第２レンズ６５の何れも備えていなくともよい。すなわち、リレー光学系６は、第１反射面６１、第２反射面６２および第３反射面６３のみで構成されてもよい。
【００５９】
上記形態のリレー光学系６は、プロジェクターに用いることに限定されない。上記形態のリレー光学系６は、拡大側結像面および拡大側結像面を縮小した縮小側結像面を結ぶ光学系を用いる、露光機やステッパーなどの装置に用いることができる。
【００６０】
［本開示のまとめ］
以下、本開示のまとめを付記する。
【００６１】
（付記１）
拡大側結像面と、前記拡大側結像面を縮小した縮小側結像面とを結ぶリレー光学系において、
拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、凹形状の第１反射面、凸形状の第２反射面、および凹形状の第３反射面を有し、
前記拡大側結像面の光軸と前記縮小側結像面の光軸とは、平行であり、
前記拡大側結像面に入射する光線の入射方向は、前記縮小側結像面に入射する入射方向と反対方向であり、
前記第１反射面の曲率半径と前記第３反射面の曲率半径とは、異なり、
前記第１反射面、前記第２反射面および前記第３反射面は、それぞれ、非球面形状を備え、
前記拡大側および前記縮小側は、それぞれ、テレセントリックであることを特徴とするリレー光学系。
【００６２】
これにより、リレー光学系は、反射面を有するので、リレー光学系を屈折レンズのみで構成する場合と比較して、部品点数を削減することができる。リレー光学系は、部品点数が少ないので、リレー光学系を組み立てる際の光学要素の位置調整が容易である。リレー光学系の両側がテレセントリックであるので、リレー光学系の両側がテレセントリックでないものと比較して、リレー光学系を装置に組み込む際の設置精度が厳しくなく、配置が容易である。
【００６３】

リレー光学系は、３枚の反射面により、効率よく光路を１８０°折り曲げることができる。３枚の反射面が、それぞれ、非球面形状を備えるので、リレー光学系で発生する諸収差を良好に補正することができる。

【００６４】

（付記２）

前記第１反射面、前記第２反射面および前記第３反射面は、それぞれ、回転対称面であることを特徴とする付記１に記載のリレー光学系。

【００６５】

これにより、反射面の加工が容易となるとともに、反射面の精度が向上する。また、加工が容易となるので、製造コストを抑制することができる。

【００６６】

（付記３）

前記第１反射面、前記第２反射面および前記第３反射面の設計光軸は、それぞれ、一致することを特徴とする付記２に記載のリレー光学系。

【００６７】

これにより、各反射面の設計光軸を基準に、各反射面を組立調整することが容易となるので、各反射面の組立精度が向上する。

【００６８】

（付記４）

前記第１反射面および前記第２反射面の間、かつ、前記第２反射面および前記第３反射面の間に配置された第１レンズを有し、

前記第１反射面で反射された光線は、前記第１レンズを透過して、前記第２反射面に到達し、

前記第２反射面で反射された光線は、前記第１レンズを透過して、前記第３反射面に到達することを特徴とする付記１から３のうち何れか一項に記載のリレー光学系。

【００６９】

これにより、第１反射面で反射された光線は、第１レンズにより、光線の広がりや角度をコントロールすることができるので、第１反射面と第２反射面との軸上面間隔を小さくすることができる。また、第１レンズにより、第１反射面で反射された光線の諸収差を良好に補正することができる。同様に、第２反射面で反射された光線は、第１レンズにより、光線の広がりや角度をコントロールすることができるので、第２反射面と第３反射面との軸上面間隔を小さくすることができる。また、第１レンズにより、第２反射面で反射された光線の諸収差を良好に補正することができる。

【００７０】

（付記５）

前記第３反射面および前記縮小側結像面の間に配置された第２レンズを有し、

前記第３反射面で反射された光線は、前記第２レンズを透過して、前記縮小側結像面に到達することを特徴とする付記１から３のうち何れか一項に記載のリレー光学系。

【００７１】

これにより、第３反射面で反射された光線は、第２レンズにより、光線の広がりや角度をコントロールすることができるので、第３反射面と縮小側結像面との軸上面間隔を小さくすることができる。また、第２レンズにより、第３反射面で反射された光線の諸収差を良好に補正することができる。

【００７２】

（付記６）

前記第１反射面および前記第２反射面の間、かつ、前記第２反射面および前記第３反射面の間に配置された第１レンズと、前記第３反射面および前記縮小側結像面の間に配置された第２レンズとを有し、

前記第１反射面で反射された光線は、前記第１レンズを透過して、前記第２反射面に到達し、

前記第２反射面で反射された光線は、前記第１レンズを透過して、前記第３反射面に到達し、
前記第３反射面で反射された光線は、前記第２レンズを透過して、前記縮小側結像面に到達することを特徴とする付記１から３のうち何れか一項に記載のリレー光学系。
【００７３】
これにより、第１反射面で反射された光線は、第１レンズにより、光線の広がりや角度をコントロールすることができるので、第１反射面と第２反射面との軸上面間隔を小さくすることができる。また、第１レンズにより、第１反射面で反射された光線の諸収差を良好に補正することができる。同様に、第２反射面で反射された光線は、第１レンズにより、光線の広がりや角度をコントロールすることができるので、第２反射面と第３反射面との軸上面間隔を小さくすることができる。また、第１レンズにより、第２反射面で反射された光線の諸収差を良好に補正することができる。さらに、第３反射面で反射された光線は、第２レンズにより、光線の広がりや角度をコントロールすることができるので、第３反射面と縮小側結像面との軸上面間隔を小さくすることができる。また、第２レンズにより、第３反射面で反射された光線の諸収差を良好に補正することができる。
【００７４】
（付記７）
前記第１レンズと前記第２レンズとは、一体に形成されていることを特徴とする付記６に記載のリレー光学系。
【００７５】
これにより、第１レンズおよび第２レンズを１つのレンズとすることができるので、部品点数を削減することができる。
【００７６】
（付記８）
前記第１レンズの曲率半径と前記第２レンズの曲率半径とは、同じであることを特徴とする付記７に記載のリレー光学系。
【００７７】
これにより、第１レンズおよび第２レンズを１つのレンズとした場合に、レンズ面の形成が容易となる。
【００７８】
（付記９）
前記第１レンズのレンズ面と前記第２レンズのレンズ面は、それぞれ、回転対称面であることを特徴とする付記６から８のうち何れか一項に記載のリレー光学系。
【００７９】
これにより、各レンズ面の加工が容易となるとともに、各レンズ面の精度が向上する。また、加工が容易となるので、製造コストを抑制することができる。
【００８０】
（付記１０）
前記第１レンズの前記レンズ面および前記第２レンズの前記レンズ面の設計光軸は、それぞれ、一致することを特徴とする付記９に記載のリレー光学系。
【００８１】
これにより、各レンズ面の設計光軸を基準に、各レンズを組立調整することが容易となるので、各レンズの組立精度が向上する。
【００８２】
（付記１１）
付記１から１０のうち何れか一項に記載されたリレー光学系を備えるプロジェクターにおいて、
光源と、
前記光源から出射された出射光を、青色光を含む第１波長帯の第１色光と前記第１色光よりも長い波長帯の他の色光に分離するとともに、前記出射光の光軸と直交する方向に前

記第１色光を反射する第１ダイクロイックミラーを備える分離光学系と、
前記第１ダイクロイックミラーで分離された前記第１色光に対して変調する第１光変調素子と、
前記第１ダイクロイックミラーで分離させた前記他の色光に対して変調する第２光変調素子と、
前記第１ダイクロイックミラーで分離された前記第１色光を前記第１光変調素子に向けて直交する方向に反射する反射ミラーと、
前記第１光変調素子が拡大側結像面に配置され、前記第１光変調素子で変調された前記第１色光の光束幅を縮小側結像面で縮小する前記リレー光学系と、
前記リレー光学系で光束幅が縮小された前記第１色光および前記第２光変調素子で変調された前記他の色光を合成した合成光を出射する色合成プリズムと、
前記色合成プリズムから出射した前記合成光を投写する投写光学系と、
を有し、
前記第１光変調素子の有効面積は、前記第２光変調素子の有効面積より大きいことを特徴とするプロジェクター。

【００８３】

これにより、部品点数が少ない低コストを実現したプロジェクターを提供することができる。

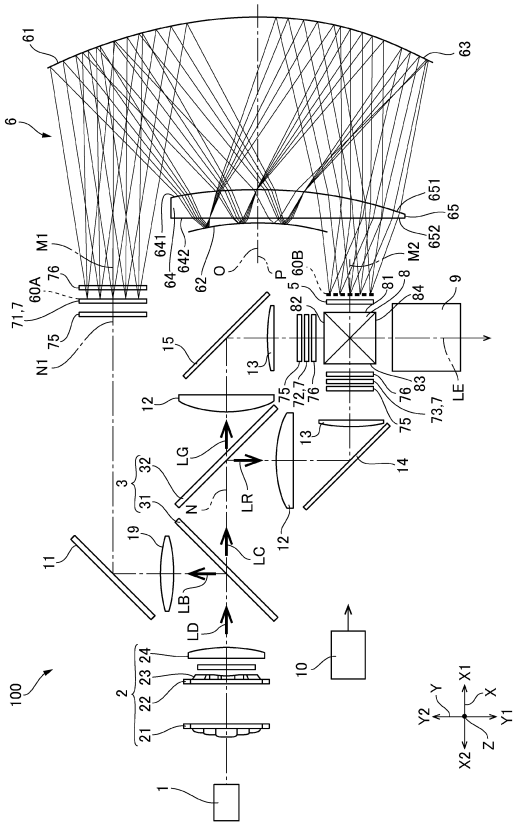
【符号の説明】

【００８４】

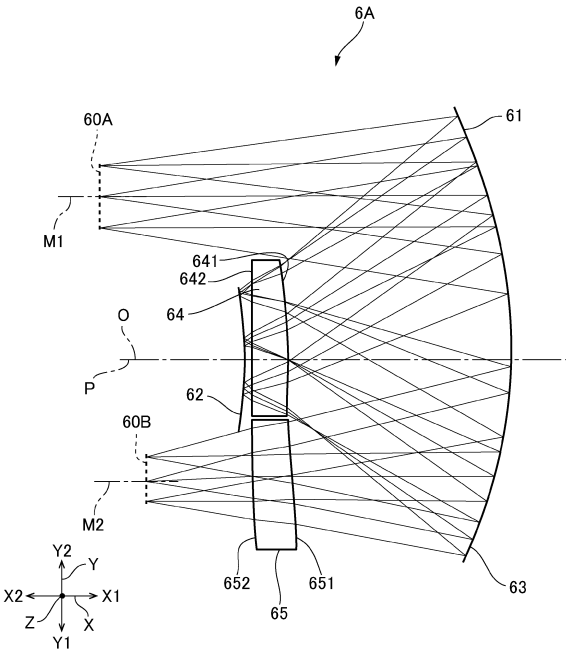
１…光源、２…照明光学系、３…分離光学系、５…偏光板、６・６Ａ・６Ｂ・６Ｃ・６Ｄ…リレー光学系、７…光変調素子、８…色合成プリズム、９…投写光学系、１０…制御部、１１…反射ミラー、１２…レンズ、１３…レンズ、１４…反射ミラー、１５…反射ミラー、１９…リレーレンズ、２１…マルチレンズ、２２…偏光ビームスプリッタ、２３…マルチレンズ、２４…リレーレンズ、３１…第１ダイクロイックミラー、３２…第２ダイクロイックミラー、６０Ａ…拡大側結像面、６０Ｂ…縮小側結像面、６１…第１反射面、６２…第２反射面、６３…第３反射面、６４…第１レンズ、６５…第２レンズ、７１…第１光変調素子、７２…第３光変調素子、７３…第４光変調素子、７５…入射側偏光板、７６…出射側偏光板、８１…第１面部、８２…第２面部、８３…第３面部、８４…第４面部、１００…プロジェクター、６４１…レンズ面、６４２…レンズ面、６５１…レンズ面、６５２…レンズ面、Ｌ１～Ｌ１０…レンズ、ＬＤ…出射光、ＬＥ…合成光、ＬＢ…第１色光、ＬＧ…第２色光、ＬＲ…第３色光、ＬＣ…他の色光、Ｎ…第１光軸、Ｍ１…拡大側結像面の光軸、Ｍ２…縮小側結像面の光軸、Ｏ…設計光軸、Ｐ…設計光軸。

【図面】

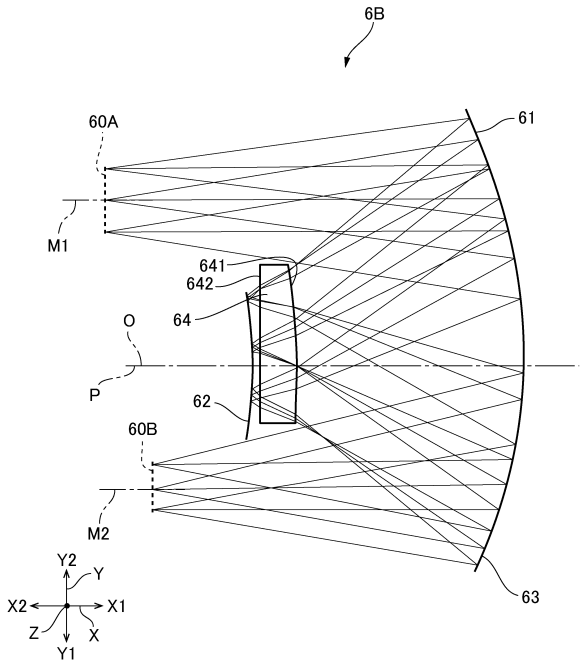
【図１】


61
63
6
651
65
M1
641
642
652
M2
64
62
O
P
60B
60A
76
71.7
75
N1
5
82
81
8
84
9
15
13
12
72.7
73.7
83
LE
LG
LR
LC
LB
LD
14
N
3
32
31
19
11
10
100
2
24
23
22
21
1
X1
X2
Y1
Y2
Z

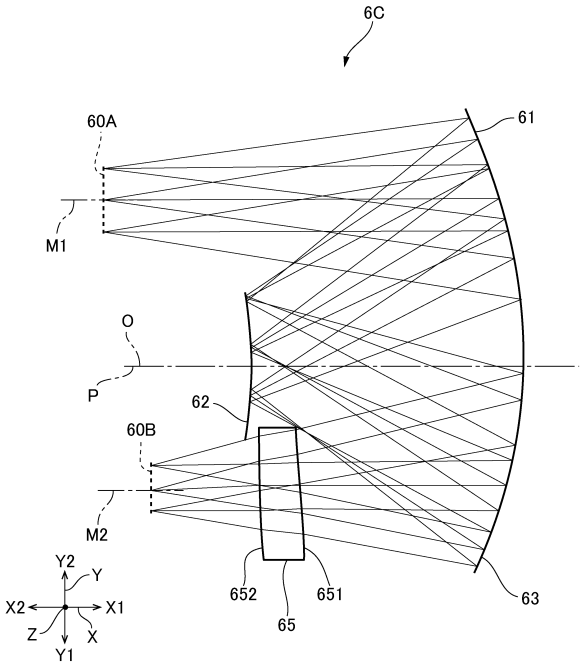
【図２】


6A
60A
61
M1
641
642
64
O
P
62
60B
M2
652
651
65
63
Y2
Y
X2
X1
Z
X
Y1

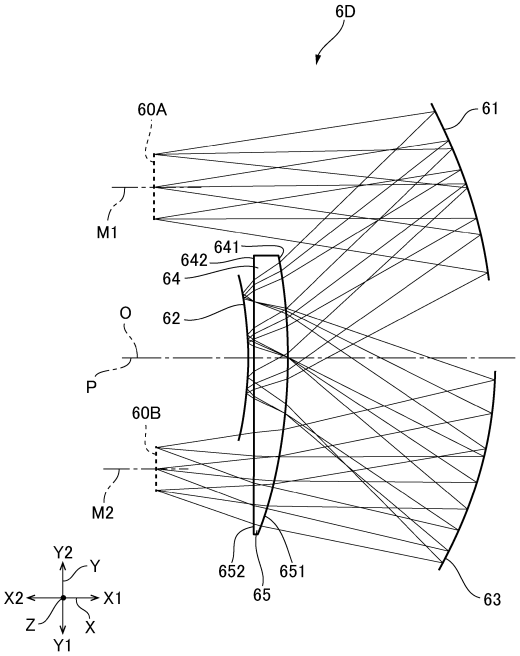
【図３】


6B
60A
61
M1
641
642
64
O
P
62
60B
M2
63
Y2
Y
X2
X1
Z
X
Y1

【図４】


6C
60A
61
M1
O
P
62
60B
M2
652
651
65
63
Y2
Y
X2
X1
Z
X
Y1

【図５】



フロントページの続き

Ｆターム（参考） 2K203 FA03 FA23 FA34 FA42 GA33 GA36 GB10 GB23 HA04 HA13
HA14 HA75 HB17 MA35