(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2006-78818
(P2006-78818A)
(43)公開日　平成18年3月23日(2006.3.23)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G02B 13/00	(2006.01)	G02B	13/00	2H087
G02B 13/18	(2006.01)	G02B	13/18	

審査請求 未請求　請求項の数 7　ＯＬ　（全 17 頁）

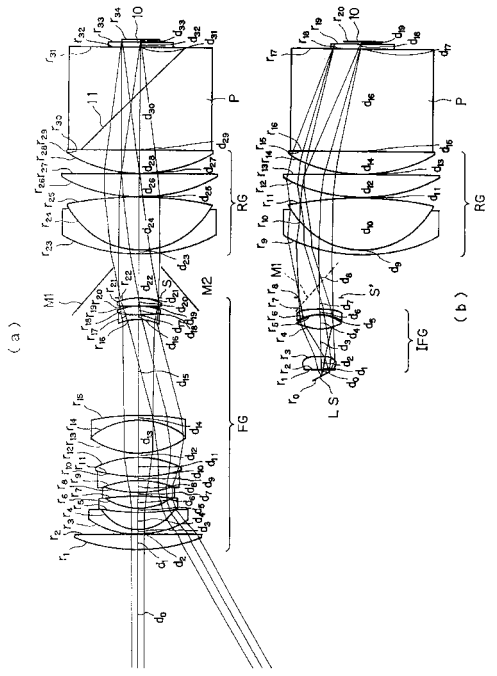
(21)出願番号　特願2004-263344 (P2004-263344)
(22)出願日　平成16年9月10日 (2004.9.10)

(71)出願人　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100097777
弁理士　韮澤　弘
(74)代理人　100088041
弁理士　阿部　龍吉
(74)代理人　100092495
弁理士　蛭川　昌信
(74)代理人　100095120
弁理士　内田　亘彦
(74)代理人　100095980
弁理士　菅井　英雄
(74)代理人　100094787
弁理士　青木　健二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】投影光学系

(57)【要約】
【課題】　カラー表示のために２枚以上の反射型映像表示素子を用いることができ、かつ、光学系全体が小型で部品点数が少なく構成が簡単な照明光学系を備えた投影光学系。
【解決手段】　反射型の映像表示素子１０と、映像表示素子を照明する照明光学系（ｂ）と、映像表示素子に表示された映像を投影する投影レンズ系（ａ）とを含む投影光学系であり、投影レンズ系の射出瞳を形成する光束制限部材Ｓ面が投影レンズ系の内部に位置するように構成され、投影レンズ系の光束制限部材Ｓ面より映像表示素子１０側の部分ＲＧが照明光学系と投影レンズ系との共通部分となっており、照明光学系の照明光源ＬＳからの照明光が光束制限部材面の投影光束透過領域Ｓと異なる領域Ｍ１から共通部分ＲＧに導入され、共通部分ＲＧを通って映像表示素子１０の面に導かれ、映像表示素子１０で反射された投影光束が共通部分ＲＧと残りの部分ＦＧとを経て投影面に導かれる。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
反射型の映像表示素子と、前記映像表示素子を照明する照明光学系と、映像表示素子に表示された映像を投影する投影レンズ系とを含む投影光学系であって、
前記投影レンズ系の射出瞳を形成する光束制限部材面が、前記投影レンズ系の内部に位置するように構成され、
前記投影レンズ系の前記光束制限部材面より前記映像表示素子側の部分が、前記照明光学系と前記投影レンズ系との共通部分となっており、
前記照明光学系の照明光源からの照明光が、前記光束制限部材面の投影光束透過領域と異なる領域から前記共通部分に導入され、前記共通部分を通って前記映像表示素子の面に導かれ、
前記映像表示素子で反射された投影光束が、前記共通部分と前記投影レンズ系の残りの部分とを経て投影面に導かれることを特徴とする投影光学系。
【請求項２】
以下の条件式を満足することを特徴とする請求項１記載の投影光学系。
$$3 \geqq s / f_t \geqq 0.4 \quad \cdots (1)$$
ここで、ｓ：共通部分と映像表示素子の間隔の空気換算長、
f_t：投影レンズ系の焦点距離、
である。
【請求項３】
前記共通部分が２枚以上のレンズで構成されていることを特徴とする請求項１又は２記載の投影光学系。
【請求項４】
以下の条件式を満足することを特徴とする請求項１から３の何れか１項記載の投影光学系。
$$0.1 < (\text{共通部分のレンズ枚数}) / (\text{投影レンズ系のレンズ枚数}) \leqq 0.5 \quad \cdots (2)$$
【請求項５】
前記共通部分が正パワーを有することを特徴とする請求項１から４の何れか１項記載の投影光学系。
【請求項６】
前記共通部分が正パワーの成分と負パワーの成分を含むことを特徴とする請求項１から５の何れか１項記載の投影光学系。
【請求項７】
以下の条件式を満足することを特徴とする請求項１から６の何れか１項記載の投影光学系。
$$1.3 \leqq f_k / f_t \leqq 5 \quad \cdots (3)$$
ここで、f_t：投影レンズ系の焦点距離、
f_k：共通部分の焦点距離、
である。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、投影光学系に関するものであり、特に、反射型映像表示素子に表示された映像をスクリーンに投影するプロジェクタ光学系に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
反射型ＬＣＤ、ＤＭＤ等の反射型映像表示素子用の照明光学系には以下のようなものがある。
【０００３】

ここで、ＤＭＤ（Ｄｉｇｉｔａｌ Ｍｉｃｒｏｍｉｒｒｏｒ Ｄｅｖｉｃｅ）とは、反射投影型の光変調素子である。実際のものは、１４μｍ角の微小な鏡を、数十万個敷詰めたデバイスである。ここで、個々の微小な鏡は、±１２°の角度に切り替えることができる。この切り替えにより、画像を形成させることができる。また、反射時間の調整は、鏡の切替周波数を調整して行われる。この反射時間を変えることで、階調を表現することができるようになっている。ＤＭＤは反射型のため、光量損失が少ない。このようなＤＭＤを用いれば、完全なるデジタル制御により画像形成ができる。また、ＤＭＤは応答速度が速いため、光源からの光をカラーフィルタを回転させ３る照明方法（原色面順次照明方式）により、カラー表示することもできる。また、３原色用に３枚のＤＭＤを用い、それぞれを独立に出力変調してカラー表示することもできる。

【０００４】

ところで、反射型映像表示素子用の投影光学系の従来例としては、特許文献１、特許文献２等に記載のものが知られている。

【特許文献１】特開２００３－２１５４９５号公報

【特許文献２】特開２０００－２３１０７９号公報

【特許文献３】特開平７－９０１８１号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

上記の従来例においては以下のような問題がある。

【０００６】

特許文献１記載のものは、投影光学系のバックフォーカス位置までの間に、ＴＩＲプリズム（全反射を利用したプリズム）を配置するものである。このＴＩＲプリズムにより、ＤＭＤ照明用の光とＤＭＤで反射された表示光とを分離している。しかしながら、ＴＩＲプリズムは、プリズム間の空気間隔の不均一性により投影像に片ボケを生じやすい。片ボケを生じないようにするためには、プリズム間の空気間隔を極めて厳しい精度にする必要がある。そのため、ＴＩＲプリズムが非常に高価となる。その結果、装置全体も高価になる。

【０００７】

特許文献２のものは、照明光学系が投影光学系と完全別体であって、斜め照明をするものである。この構成では、反射型映像表示素子用の照明光学系は、投影光学光と同じ側から表示素子を照明する必要がある。そのため、照明光学系と投影光学系が別体で、両光学系が干渉しないようにする必要がある。そこで、例えば、投影光学系や照明光学系の映像表示素子側有効径を小さくして、投影光学系や照明光学系の干渉を防ぐようにする。あるいは、照明光学系のスペースを確保するために、投影光学系のバックフォーカスを長くする。ただし、いずれの方法も、両光学系の設計の自由度が減るので、両光学系の設計の負担が増える。また、光学系が大型化する。

【０００８】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、光学系全体が小型で部品点数が少なく、しかも構成が簡単な照明光学系を備えた投影光学系を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明の第１の投影光学系は、反射型の映像表示素子と、前記映像表示素子を照明する照明光学系と、映像表示素子に表示された映像を投影する投影レンズ系とを含む投影光学系であって、

前記投影レンズ系の射出瞳を形成する光束制限部材面が、前記投影レンズ系の内部に位置するように構成され、

前記投影レンズ系の前記光束制限部材面より前記映像表示素子側の部分が、前記照明光学系と前記投影レンズ系との共通部分となっており、

前記照明光学系の照明光源からの照明光が、前記光束制限部材面の投影光束透過領域と異なる領域から前記共通部分に導入され、前記共通部分を通って前記映像表示素子の面に導かれ、

前記映像表示素子で反射された投影光束が、前記共通部分と前記投影レンズ系の残りの部分とを経て投影面に導かれることを特徴とするものである。

【００１０】

以下に本発明の第１の投影光学系において、上記構成をとる理由と作用を説明する。

【００１１】

投影光学系において、照明光学系と投影レンズ系が完全に別体だとする。この場合、両系が干渉しないレイアウトとするためには、投影レンズ系の最も映像表示素子側有効径を小さくして、投影レンズ系と照明光学系の干渉を防ぐ必要がある。また、照明光学系のスペースを確保するためには、投影レンズ系のバックフォーカスを確保する必要がある。そのため、両系の設計の自由度が減り、光学系が大型化する。そこで、投影レンズ系の作用と照明光学系の作用の両方の作用を持つ共通部分を設けるようにする。このようにすることで、この部分での両系の干渉を考慮する必要がなくなる。その結果、設計の自由度が増し、光学系を小型化することができる。

【００１２】

ところで、投影レンズ系の絞り面（光束制限部材面）以外の箇所では、映像表示素子の画角により光路が異なる。そこで、絞り面付近に照明光を反射させる部材を配置し、投影レンズ系の絞り面より映像表示素子側部分（共通部分）が、照明光学系の作用も持つようにする。このようにすれば、照明光学系と投影レンズ系のＦナンバーを最も小さくすることができる。

【００１３】

また、投影レンズ系の絞り面（光束制限部材面）以外の箇所では、映像表示素子の画角により光路が異なるので、光束の有効径が大きくなる。したがって、照明光を反射させる部材を投影レンズ系の絞り面以外の箇所に配置すると、反射部材の大きさが大きくなる。この場合、大きな反射部材を配置するためのスペースを確保する必要があるので、投影レンズ系の設計上の負担となる。これに対して、投影レンズ系の絞り面付近では有効径が小さい。そこで、投影レンズ系に入射させた照明光を反射させる部材を、投影レンズの絞り面付近に配置する。このようにすれば、反射部材の大きさが小さく、反射部材を配置するためのスペースも小さくてすむ。その結果、投影レンズ系の設計上の負担も少ない。

【００１４】

本発明の第２の投影光学系は、第１の投影光学系において、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【００１５】

$$3 \geqq s / f_t \geqq 0.4 \qquad \cdots (1)$$

ここで、ｓ：共通部分と映像表示素子の間隔の空気換算長、

f_t：投影レンズ系の焦点距離、

である。

【００１６】

以下に本発明の第２の投影光学系において、上記構成をとる理由と作用を説明する。

【００１７】

この条件式（１）を満足することで、共通部分と映像表示素子の間に、所定のプリズムを配置することができる。この所定のプリズムは、複数枚の映像表示素子に表示した映像を合成するプリズムである。この条件式（１）の下限の０．４を下回ると、このようなプリズム等を配置することが困難になる。上限の３を越えると、本発明の目的である光学系の小型化が困難になる。

【００１８】

以下の条件式を満足すると、さらに好ましい。

【００１９】

$3 \geqq s / f_t \geqq 0.8$ ・・・（１－２）

さらに、以下の条件式を満足すると、より好ましい。

【００２０】

$3 \geqq s / f_t \geqq 1.5$ ・・・（１－３）

本発明の第３の投影光学系は、第１～第２の投影光学系において、前記共通部分が２枚以上のレンズで構成されていることを特徴とするものである。

【００２１】

以下に本発明の第３の投影光学系において、上記構成をとる理由と作用を説明する。

【００２２】

共通部分は、投影レンズ系のレンズ群としての作用と、照明光学系のレンズ群としての作用の両方の作用を持つ。この共通部分を複数枚のレンズで構成すると、収差補正能力が増し、照明光学系と投影レンズ系の両方の構成を簡略化、小型化することができる。

【００２３】

本発明の第４の投影光学系は、第１～第３の投影光学系において、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【００２４】

０．１＜（共通部分のレンズ枚数）／（投影レンズ系のレンズ枚数）≦０．５ ・・・（２）

以下に本発明の第４の投影光学系において、上記構成をとる理由と作用を説明する。

【００２５】

この条件式（２）の下限の０．１を下回るか、上限の０．５を越えると、照明光学系と投影レンズ系のバランスが崩れる。あるいは、何れか一方が大型化、複雑化してしまう。その結果、全体の光学系が大型化してしまう。

【００２６】

以下の条件式を満足すると、さらに好ましい。

【００２７】

０．１５＜（共通部分のレンズ枚数）／（投影レンズ系のレンズ枚数）≦０．４ ・・・（２－２）

さらに、以下の条件式を満足すると、より好ましい。

【００２８】

０．２＜（共通部分のレンズ枚数）／（投影レンズ系のレンズ枚数）≦０．３ ・・・（２－３）

本発明の第５の投影光学系は、第１～第４の投影光学系において、前記共通部分が正パワーを有することを特徴とするものである。

【００２９】

以下に本発明の第５の投影光学系において、上記構成をとる理由と作用を説明する。

【００３０】

共通部分が正パワーを有すると、光学系を小型にしたまま映像表示素子側テレセントリックにしやすくなる。その結果、映像表示素子として反射型ＬＣＤが使える。また、複数枚の映像表示素子からの光を合成するために、ダイクロイック膜（ダイクロイック膜を有する光学素子）を使うことができる。

【００３１】

さて、スクリーン側から映像表示素子側に向かって光線を追跡する場合を、ここでは逆光線追跡とする。投影レンズ系を逆光線追跡で考えた場合、映像表示素子に対して発散状態の主光線傾角で、光線が共通部分に入射する。そこで、共通部分が正パワーだと、この正パワーの共通部分で発散状態を小さくすることができる。よって、投影レンズ系の有効径を小さくできる。照明光学系についても同様である。その結果、投影レンズ系と照明光学系を接近して配置することができ、光学系全体も小型化できる。このとき、投影レンズ系の絞り面を、非共通部分の共通部分側に位置させる。このようにすれば、投影レンズ系の径を小型化する効果が、さらに大きくなる。

【００３２】
　また、投影レンズ系を逆光線追跡で考えた場合、共通部分が正パワーだと、投影レンズ系をレトロフォーカスの構成にしやすいので、バックフォーカスの確保、及び映像表示素子側テレセントリック性の確保が容易になる。
【００３３】
　本発明の第６の投影光学系は、第１～第５の投影光学系において、前記共通部分が正パワーの成分と負パワーの成分を含むことを特徴とするものである。
【００３４】
　以下に本発明の第６の投影光学系において、上記構成をとる理由と作用を説明する。
【００３５】
　共通部分が正パワーの成分と負パワーの成分を含むことで、特に色収差補正能力が増す。共通部分を映像表示素子の直前に配置する場合、共通部分における光線高が高いので、特に倍率の色収差の補正能力が増す。
【００３６】
　本発明の第７の投影光学系は、第１～第６の投影光学系において、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。
【００３７】
　　$1.3 \leqq f_k / f_t \leqq 5$　　・・・（３）
ここで、f_t：投影レンズ系の焦点距離、
　　f_k：共通部分の焦点距離、
である。
【００３８】
　以下に本発明の第７の投影光学系において、上記構成をとる理由と作用を説明する。
【００３９】
　この条件式（３）の下限の１．３を下回ると、共通部分のパワーが強すぎ、共通部分で光線を大きく偏向することになる。その結果、非共通部分と共通部分の位置合わせ感度が敏感になり、位置合わせ公差が厳しくなりすぎる。上限の５を越えると、共通部分のパワーが弱すぎて投影レンズ系と照明光学系の両系が大型化する。
【００４０】
　以下の条件式を満足すると、さらに好ましい。
【００４１】
　　$1.5 \leqq f_k / f_t \leqq 5$　　・・・（３－２）
　さらに、以下の条件式を満足すると、より好ましい。
【００４２】
　　$2 \leqq f_k / f_t \leqq 5$　　・・・（３－３）
【発明の効果】
【００４３】
　本発明のよると、小型で部品点数が少なく構成が簡単なカラー表示が可能な、照明光学系を備えた投影光学系を得ることができる。特に、反射型ＬＣＤ、ＤＭＤ等の反射型映像表示素子を用いる場合に好適な、、照明光学系を備えた投影光学系を得ることができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００４４】
　以下に、本発明の投影光学系の実施例１と２について、説明する。
【００４５】
　実施例１の投影レンズ系の光路図を図１（ａ）に、照明光学系の展開した光路図を図１（ｂ）に示す。
【００４６】
　実施例１の投影レンズ系と照明光学系の数値データ（レンズデータ）は後記する。投影レンズ系（図１（ａ））は、図１（ａ）の左手遠方のスクリーン側から映像表示素子のＤＭＤ１０側に向かう逆光線追跡の順に、絞りＳよりスクリーン側の前群ＦＧと、絞りＳよ

りＤＭＤ１０側の後群ＲＧとからなる。前群ＦＧは負パワー（屈折力）、後群ＲＧは正パワー（屈折力）を有している。よって、光学系は、全体としてレトロフォーカス構成となっている。このような構成により、長いバックフォーカスを確保している。その結果、合成プリズムＰを、後群ＲＧとＤＭＤ１０の間に配置可能にしている。すなわち、複数枚の映像表示素子からの光を合成するために、ダイクロイック膜１１（ダイクロイック膜１１を有する合成プリズム）を使うことができる。また、上記構成により、映像表示素子側にテレセントリックな光学系となっている。

【００４７】

この投影レンズ系の前群ＦＧは、物体（スクリーン）側から順に、凸平正レンズ、２枚の物体側に凸の負メニスカスレンズ、２枚の両凹負レンズ、両凸正レンズ、両凸正レンズと物体側に凹の負メニスカスレンズとの接合レンズ、両凹負レンズ、両凸正レンズ、物体側に凹の正メニスカスレンズの１１枚からなる。後群ＲＧは、物体側から順に、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズとの接合レンズ、２枚の凸平正レンズの４枚からなる。なお、この実施例１の投影レンズ系は球面のみで、同軸光学系として構成されている。

【００４８】

また、実施例１の照明光学系（図１（ｂ））は、光源ＬＳ側から順に、絞りＳ’より光源ＩＳ側の前群ＩＦＧと絞りＳ’よりＤＭＤ１０側の後群ＲＧとからなる。絞りＳ’よりＤＭＤ１０側の後群ＲＧは、図１（ａ）の投影レンズ系の後群ＲＧと共通である。

【００４９】

前群ＩＦＧは、物体（光源）側から順に、物体側に凸の正メニスカスレンズ、両凸正レンズ、物体側に凹の負メニスカスレンズの３枚からなり、何れのレンズの両面も非球面からなる。

【００５０】

そして、前群ＩＦＧの光軸を基準にするとき、光源ＬＳは、図１（ｂ）の面で、その光軸に直角に上側に１．０３ｍｍシフトさせ、その位置で紙面に垂直な軸の周りで左に２６．６２°回転させた位置に配置されている。なお、光源ＬＳは面光源である。また、共通部分の後群ＲＧは、その光軸に直角に下側に２８．６２ｍｍシフトさせた偏心配置となっている。

【００５１】

図１（ａ）の投影レンズ系の後群ＲＧと、図１（ｂ）の照明光学系の後群ＲＧは、共通な（同じ）光学系である。これらを共通部分にするために、図１（ａ）の投影レンズ系の絞りＳの近傍であって、光軸から偏心した位置に、平面鏡Ｍ１が配置されている。この平面鏡Ｍ１は、照明光学系の前群ＩＦＧを通った光源ＬＳからの照明光を、後群ＲＧの中心から偏心した位置に導く。すなわち、照明光学系の前群ＩＦＧと光源ＬＳとが、図１（ａ）の平面鏡Ｍ１の入射側に、展開光路が図１（ｂ）になるように配置される。

【００５２】

なお、投影レンズ系の光軸を挟んで平面鏡Ｍ１と略対称の位置に、平面鏡Ｍ２が配置されている。この平面鏡Ｍ２は、ＤＭＤ１０の微小な鏡がニュートラルな位置（微小鏡の傾斜角０°）にあるときの反射光を、光学系の外に導く。

【００５３】

投影レンズ系を逆光線追跡した時、ＤＭＤ１０が像面に配置される。この状態におけるＤＭＤ１０の表示面、投影レンズ系の光軸（投影レンズ系の回転対称軸）及びイメージーサークルとの関係を図２に示す。ＤＭＤ１０の表示面は縦１０．６６８ｍｍ×横１４．２２４ｍｍである。ＤＭＤ１０は、表示面の短辺方向の１０％が光軸より下側に、９０％が光軸より上側に位置している。なお、ＤＭＤ１０は、長軸方向の長さが左右は均等になるように、配置されている。また、ＤＭＤ１０の表示面の上辺両隅に接するように、イメージーサークルが設定されている。最大像高は図示のように、２３．９ｍｍとなる。

【００５４】

ＤＭＤ１０を構成する微小な鏡の回転軸は、表示面の辺に対して４５°に設定されてい

る。よって、ＤＭＤ１０の反射光の偏向方向と照明光の入射方向は、図１（ａ）の投影レンズ系の最大像高を含む断面に対して、図２に角度関係を示すように、８．４７°の角度をなすことになる。この様子を、図３に示す。図３には、絞りＳの面での、次の光束（１）～（３）の様子が示されている。（１）平面鏡Ｍ１を経て導入される照明光、（２）ＤＭＤ１０の微小な鏡がＯＮ状態（微小鏡の傾斜角＋１２°）にあるときの反射光のＯＮ光（投影光）、（３）平面鏡Ｍ２を経て排出される反射光の０°光（ニュートラルな位置の反射光）の光束。このように、図１（ａ）の投影レンズ系の最大像高を含む断面に対して、これらの光束の中心を結ぶ直線を含む平面も８．４７°の角度をなしている。そのため、図１（ａ）の平面鏡Ｍ１、Ｍ２を配置する断面は、図１（ａ）の断面に対して、光軸を中心に８．４７°傾けられる。

【００５５】

また、合成プリズムＰには、複数の光を合成するためのダイクロイック膜が設けられている。図２に示すように、合成プリズムＰは、ダイクロイック膜１１の法線をイメージーサークルの面に投影した方向が、図１（ａ）の投影レンズ系の最大像高を含む断面に対して、３６．５３°の角度をなすように配置される。したがって、図１（ａ）のダイクロイック膜１１は、図１（ａ）の断面に対して光軸を中心に３６．５３°傾けられた断面に垂直に設けられる。

【００５６】

ＤＭＤ１０は、反射型映像表示素子として使用される。このＤＭＤ１０の個々の微小ミラーは、その回転軸の周りで±１２°振れる（傾斜する）ものである。したがって、ＤＭＤ１０の表示面に斜め方向＋２４°から、照明光を入射させている。なお、ホームユース用のプロジェクタ用光学系等では、明るさよりコントラストが重視される。よって、ホームユース用のプロジェクタ用光学系等では、ＯＦＦ光（－１２°）の回折光等の影響を除去してコントラストを上げる必要がある。そのために、２４°以上の入射角で照明光を入射させる等、構成を多少変更してももちろんよい。

【００５７】

また、反射型映像表示素子として、２枚のＤＭＤ１０を使用している。よって、合成プリズムＰのダイクロイック膜１１で、その表示を合成している。ダイクロイック膜１１は、Ｒ（赤色）、Ｂ（青色）は反射し、Ｇ（緑色）は透過する特性を有している。これにあわせて、第１のＤＭＤは、ＲとＢの映像を表示し、第２のＤＭＤはＧの映像を表示する（図１（ａ）のＤＭＤ１０）。ダイクロイック膜１１の角度依存特性の影響を除くために、照明光学系、投影レンズ系共にＤＭＤ側テレセントリックとしている。

【００５８】

なお、投影レンズ系の絞りＳと、照明光学系の絞りＳ’とは実際には存在しなくても良い。その代わりに、平面鏡Ｍ１の外形が照明光学系の開口絞りの作用をし、平面鏡Ｍ１と平面鏡Ｍ２の外形と鏡筒の内径が投影レンズ系の絞りの作用をする。

【００５９】

次に、実施例２の投影レンズ系の光路図を図４（ａ）に、照明光学系の展開した光路図を図４（ｂ）に示す。

【００６０】

実施例２の投影レンズ系と照明光学系の数値データ（レンズデータ）は後記する。投影レンズ系（図４（ａ））は、図４（ａ）の左手遠方のスクリーン側から映像表示素子のＤＭＤ１０側に向かう逆光線追跡の順に、絞りＳよりスクリーン側の前群ＦＧと、絞りＳよりＤＭＤ１０側の後群ＲＧとからなる。前群ＦＧは正パワー、後群ＲＧは正パワーの構成となっている。後群ＲＧとＤＭＤ１０の間には、合成プリズムＰが配置されており、複数枚の映像表示素子からの光を合成するために、ダイクロイック膜１１を使うことができる。

【００６１】

この投影レンズ系の前群ＦＧは、物体（スクリーン）側から順に、凸平正レンズ、２枚の物体側に凸の負メニスカスレンズ、２枚の両凹負レンズ、両凸正レンズ、両凸正レンズ

と物体側に凹の負メニスカスレンズとの接合レンズ、両凹負レンズ、両凸正レンズ、物体側に凹の正メニスカスレンズの１１枚からなる。後群ＲＧは、物体側から順に、両凹負レンズと両凸正レンズとの接合レンズ、両凸正レンズ、凸平正レンズの４枚からなる。なお、この実施例２の投影レンズ系は球面のみで、同軸光学系として構成されている。

【００６２】

また、実施例２の照明光学系（図４（ｂ））は、光源ＬＳ側から順に、絞りＳ’より光源ＩＳ側の前群ＩＦＧと絞りＳ’よりＤＭＤ１０側の後群ＲＧとからなる。絞りＳ’よりＤＭＤ１０側の後群ＲＧは、図４（ａ）の投影レンズ系の後群ＲＧと共通である。

【００６３】

前群ＩＦＧは、物体（光源）側から順に、物体側に凹の負メニスカスレンズ、両凸正レンズ、物体側に凹の正メニスカスレンズの３枚からなり、何れのレンズの両面も非球面からなる。

【００６４】

そして、前群ＩＦＧの光軸を基準にするとき、光源ＬＳは、図４（ｂ）の面で、その光軸に直角に下側に０．５８ｍｍシフトさせた位置に、偏心配置されている。この光源ＬＳは面光源である。また、共通部分の後群ＲＧは、その光軸に直角に下側に２０．３４ｍｍシフトさせた偏心配置となっている。

【００６５】

図４（ａ）の投影レンズ系の後群ＲＧと、図４（ｂ）の照明光学系の後群ＲＧは共通な光学系である。これらを共通部分にするために、図４（ａ）の投影レンズ系の絞りＳの近傍であって、光軸から偏心した位置に、平面鏡Ｍ１が配置されている。この平面鏡Ｍ１は、照明光学系の前群ＩＦＧを通った光源ＬＳからの照明光を、後群ＲＧの中心から偏心した位置に導く。すなわち、照明光学系の前群ＩＦＧと光源ＬＳとが、図４（ａ）の平面鏡Ｍ１の入射側に、展開光路が図４（ｂ）になるように配置される。

【００６６】

なお、投影レンズ系の光軸を挟んで平面鏡Ｍ１と略対称の位置に、平面鏡Ｍ２が配置されている。この平面鏡Ｍ２は、ＤＭＤ１０の微小な鏡がニュートラルな位置（微小鏡の傾斜角０°）にあるときの反射光を、光学系の外に導く。

【００６７】

図２と図３の位置、角度関係は実施例２についても同様であり、合成プリズムＰに関しても同様であり、照明光学系、投影レンズ系共にＤＭＤ側テレセントリックとしている。また、絞りＳと絞りＳ’も実際には存在しなくとも、平面鏡Ｍ１の外形が照明光学系の開口絞りの作用をし、平面鏡Ｍ１と平面鏡Ｍ２の外形と鏡筒の内径が投影レンズ系の絞りの作用をする。

【００６８】

なお、実施例１、２において、当然ながら、投影レンズ系に非球面を使用してもよい。非球面を有する場合、非球面が形成されたガラスのガラス転移点温度Ｔｇが以下の条件式を満たすことが望ましい。

【００６９】

６０℃＜Ｔｇ＜６２０℃

非球面形状は、研磨では形状を正確に出すことが難しく、また、研削では大量に加工することが困難である。非球面が形成されたレンズがこの条件式を満たすと、ガラス成形法により加工することができ、容易に大量に生産することができる。そのため、光学系が安価になる。

【００７０】

また、投影レンズ系や照明光学系を構成するレンズを有機無機ハイブリッド材料から構成することが可能である。有機無機ハイブリッド材料は、例えば特許文献３に記載されているように、無機材料中に有機材料が分散されているもの、あるいは、有機材料中に無機材料が分散されているものである。これらは、ガラスに比べると融点が低く、低い温度で成形して容易に大量に生産することができ、光学系が安価になる。また、プラスチックに

比べると、高屈折率低分散の光学特性が得られ、また、耐熱性に優れる。さらに、傷も付き難く、例えば光学系の前玉にも使用できる。したがって、少なくとも非球面が形成されたレンズにこのような有機無機ハイブリッド材料を用いることが望ましい。

【００７１】

以下に、上記実施例１～２の数値データを示すが、記号は上記の外、f_t は投影レンズ系の焦点距離、F_{NO}は投影レンズ系のＦナンバー、ωは投影レンズ系のスクリーン側最大半画角、r_1 、r_2 …は各レンズ面の曲率半径、d_1 、d_2 …は各レンズ面間の間隔、n_{d1}、n_{d2}…は各レンズのｄ線の屈折率、ν_{d1}、ν_{d2}…は各レンズのアッベ数である。また、r_0 は物体面の曲率半径、d_0 は物体面と第１面間の間隔である。なお、回転対称な非球面形状は、ｘを光の進行方向を正とした光軸とし、ｙを光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【００７２】

$$x=(y^2/r)/[1+\{1-(K+1)(y/r)^2\}^{1/2}]+AC\,y^4+An\,y^6+A\cdot y^8$$

ただし、ｒは近軸曲率半径、Ｋは円錐係数、ＡＣ、Ａｎ、Ａ・はそれぞれ４次、６次、８次の非球面係数である。

【００７３】

また、偏心については、図１（ｂ）、図４（ｂ）の面をＹ－Ｚ断面とし、光の進行する光軸方向をＺ軸正方向とし、その光軸に直交し、図の上側をＹ軸正方向とし、偏心が表記されている面より前の面までに定まる光軸に対するその面以降の面の、Ｙ軸方向のシフト偏心と、図のＹ－Ｚ断面に直交して図の面の表から裏に進む方向をＸ軸正方向とし、そのＸ軸周りの回転偏心αとがあり、Ｘ軸正方向を向いて左周りがαの正で、右周りがαの負である。

【００７４】

実施例１（投影レンズ系）

f_t ＝23㎜

F_{NO}＝3.2

ω ＝29.7°

曲率変形	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
r_0 = ∞（スクリーン面）	d_0 = 850.00			
r_1 = 116.17	d_1 = 10.75		n_{d1} =1.5688	ν_{d1} =56.4
r_2 = ∞	d_2 = 0.10			
r_3 = 65.54	d_3 = 3.00		n_{d2} =1.7440	ν_{d2} =44.8
r_4 = 30.13	d_4 = 11.92			
r_5 = 143.91	d_5 = 3.00		n_{d3} =1.7440	ν_{d3} =44.8
r_6 = 43.23	d_6 = 8.02			
r_7 = -239.60	d_7 = 3.00		n_{d4} =1.7440	ν_{d4} =44.8
r_8 = 78.68	d_8 = 7.88			
r_9 = -66.50	d_9 = 3.00		n_{d5} =1.6204	ν_{d5} =60.3
r_{10}= 114.33	d_{10}= 0.10			
r_{11}= 109.82	d_{11}= 12.73		n_{d6} =1.6989	ν_{d6} =30.1
r_{12}= -68.25	d_{12}= 2.78			
r_{13}= 57.30	d_{13}= 22.81		n_{d7} =1.6259	ν_{d7} =35.7
r_{14}= -51.89	d_{14}= 3.00		n_{d8} =1.7552	ν_{d8} =27.5
r_{15}= -211.18	d_{15}= 66.67			
r_{16}= -28.05	d_{16}= 3.00		n_{d9} =1.7620	ν_{d9} =40.1
r_{17}= 154.26	d_{17}= 0.10			
r_{18}= 127.21	d_{18}= 6.03		n_{d1}e=1.4875	ν_{d1}e=70.2
r_{19}= -42.39	d_{19}= 0.10			

r_{20}= -336.75 d_{20}= 5.53 n_{d1}i=1.4875 ν_{d1}i=70.2
r_{21}= -36.69 d_{21}= 0.10
r_{22}= ∞（絞り面） d_{22}= 30.00
r_{23}= 112.48 d_{23}= 3.00 n_{d1}s=1.7495 ν_{d1}s=35.3
r_{24}= 56.58 d_{24}= 36.70 n_{d1}c=1.5163 ν_{d1}c=64.1
r_{25}= -232.16 d_{25}= 0.10
r_{26}= 110.33 d_{26}= 15.98 n_{d1}C=1.6204 ν_{d1}C=60.3
r_{27}= ∞ d_{27}= 0.10
r_{28}= 97.04 d_{28}= 15.69 n_{d1}N=1.6204 ν_{d1}N=60.3
r_{29}= ∞ d_{29}= 0.10
r_{30}= ∞ d_{30}= 70.00 n_{d1}n=1.5163 ν_{d1}n=64.1
r_{31}= ∞ d_{31}= 0.10
r_{32}= ∞ d_{32}= 3.00 n_{d1}・1.5163 ν_{d1}・64.1
r_{33}= ∞ d_{33}= 1.57
r_{34}= ∞（ＤＭＤ表示面）

。

【００７５】

実施例１（照明光学系）

曲率変形	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
r_0 = ∞（光源）	d_0 = 4.75			
r_1 = ∞（仮想面）	d_1 = 0.00	偏心(1)		
r_2 = 87.14（非球面）	d_2 = 8.97		n_{d1} =1.7440	ν_{d1} =44.8
r_3 = 91.45（非球面）	d_3 = 18.75			
r_4 = 23.14（非球面）	d_4 = 10.20		n_{d2} =1.4875	ν_{d2} =70.2
r_5 = -22.64（非球面）	d_5 = 0.10			
r_6 = -36.82（非球面）	d_6 = 3.75		n_{d3} =1.7552	ν_{d3} =27.5
r_7 = -70.34（非球面）	d_7 = 7.69			
r_8 = ∞（絞り面）	d_8 = 30.00			
r_9 = 112.48	d_9 = 3.00	偏心(2)	n_{d4} =1.7495	ν_{d4} =35.3
r_{10}= 56.58	d_{10}= 36.70		n_{d5} =1.5163	ν_{d5} =64.1
r_{11}= -232.16	d_{11}= 0.10			
r_{12}= 110.33	d_{12}= 15.98		n_{d6} =1.6204	ν_{d6} =60.3
r_{13}= ∞	d_{13}= 0.10			
r_{14}= 97.04	d_{14}= 15.69		n_{d7} =1.6204	ν_{d7} =60.3
r_{15}= ∞	d_{15}= 0.10			
r_{16}= ∞	d_{16}= 70.00		n_{d8} =1.5163	ν_{d8} =64.1
r_{17}= ∞	d_{17}= 0.10			
r_{18}= ∞	d_{18}= 3.00		n_{d9} =1.5163	ν_{d9} =64.1
r_{19}= ∞	d_{19}= 1.57			
r_{20}= ∞（ＤＭＤ表示面）				

非球面係数

第２面

K = 0.0000

A_4 = 4.6744 $\times 10^{-4}$

A_6 = -1.4679 $\times 10^{-5}$

A_8 = 9.7570 $\times 10^{-8}$

第３面

K = 0.0000

A_4 = -3.5439 $\times 10^{-4}$

A_6 = 1.5813 $\times 10^{-6}$

A_8 = -6.4728 ×10^{-9}
第４面
K = 0.0000
A_4 = -3.7197 ×10^{-5}
A_6 = -3.2299 ×10^{-8}
A_8 = 1.1528 ×10^{-10}
第５面
K = 0.0000
A_4 = -1.4770 ×10^{-5}
A_6 = -4.7072 ×10^{-9}
A_8 = 2.4594 ×10^{-10}
第６面
K = 0.0000
A_4 = -3.3115 ×10^{-5}
A_6 = -4.9458 ×10^{-8}
A_8 = 8.8438 ×10^{-11}
第７面
K = 0.0000
A_4 = -9.6509 ×10^{-6}
A_6 = -7.5022 ×10^{-8}
A_8 = 8.2471 ×10^{-11}

偏心(1)

X	0.00	Y	-1.03	Z	0.00
α	-26.62	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

X	0.00	Y	-28.62	Z	0.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

。

【００７６】

実施例２（投影レンズ系）

f_t ＝23mm
F_{NO}＝2.4
ω ＝29.8°

曲率変形	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
r_0 = ∞（スクリーン面）	d_0 = 895.00			
r_1 = 136.78	d_1 = 8.66		n_{d1} =1.5407	ν_{d1} =47.2
r_2 = ∞	d_2 = 0.10			
r_3 = 67.67	d_3 = 3.00		n_{d2} =1.7170	ν_{d2} =47.9
r_4 = 30.55	d_4 = 9.66			
r_5 = 117.04	d_5 = 3.00		n_{d3} =1.6204	ν_{d3} =60.3
r_6 = 38.66	d_6 = 8.54			
r_7 = -158.65	d_7 = 3.00		n_{d4} =1.6204	ν_{d4} =60.3
r_8 = 64.75	d_8 = 7.90			
r_9 = -63.66	d_9 = 3.00		n_{d5} =1.6204	ν_{d5} =60.3
r_{10}= 107.93	d_{10}= 0.10			
r_{11}= 100.75	d_{11}= 12.27		n_{d6} =1.6668	ν_{d6} =33.1
r_{12}= -62.21	d_{12}= 0.68			
r_{13}= 51.61	d_{13}= 20.27		n_{d7} =1.6259	ν_{d7} =35.7
r_{14}= -47.09	d_{14}= 3.00		n_{d8} =1.7552	ν_{d8} =27.5
r_{15}= -150.86	d_{15}= 53.02			

r_{16}= -24.93 d_{16}= 3.00 n_{d9}=1.7495 ν_{d9}=35.3
r_{17}= 174.03 d_{17}= 0.10
r_{18}= 136.09 d_{18}= 4.47 n_{d1}e=1.4875 ν_{d1}e=70.2
r_{19}= -37.86 d_{19}= 0.10
r_{20}= -169.23 d_{20}= 4.02 n_{d1}i=1.4875 ν_{d1}i=70.2
r_{21}= -32.47 d_{21}= 0.10
r_{22}= ∞（絞り面） d_{22}= 21.00
r_{23}= -244.56 d_{23}= 3.00 n_{d1}s=1.7552 ν_{d1}s=27.5
r_{24}= 58.79 d_{24}= 24.55 n_{d1}c=1.6204 ν_{d1}c=60.3
r_{25}= -127.94 d_{25}= 0.10
r_{26}= 134.83 d_{26}= 17.21 n_{d1}C=1.6204 ν_{d1}C=60.3
r_{27}= -174.91 d_{27}= 0.10
r_{28}= 81.87 d_{28}= 16.72 n_{d1}N=1.7552 ν_{d1}N=27.5
r_{29}= ∞ d_{29}= 0.10
r_{30}= ∞ d_{30}= 70.00 n_{d1}n=1.5163 ν_{d1}n=64.1
r_{31}= ∞ d_{31}= 0.10
r_{32}= ∞ d_{32}= 3.00 n_{d1}・1.5163 ν_{d1}・64.1
r_{33}= ∞ d_{33}= 1.62
r_{34}= ∞（ＤＭＤ表示面）

。

【００７７】

実施例１（照明光学系）

	曲率変形	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
r_0 =	∞（光源）	d_0 = 8.00			
r_1 =	∞（仮想面）	d_1 = 0.00	偏心(1)		
r_2 =	-8.29（非球面）	d_2 = 11.28		n_{d1} =1.6204	ν_{d1} =60.3
r_3 =	-13.04（非球面）	d_3 = 0.16			
r_4 =	38.77（非球面）	d_4 = 6.85		n_{d2} =1.4875	ν_{d2} =70.2
r_5 =	-32.11（非球面）	d_5 = 9.34			
r_6 =	-29.22（非球面）	d_6 = 13.49		n_{d3} =1.4875	ν_{d3} =70.2
r_7 =	-28.47（非球面）	d_7 = 12.88			
r_8 =	∞（絞り面）	d_8 = 21.00			
r_9 =	-244.56	d_9 = 3.00	偏心(2)	n_{d4} =1.7552	ν_{d4} =27.5
r_{10}=	58.79	d_{10}= 24.55		n_{d5} =1.6204	ν_{d5} =60.3
r_{11}=	-127.94	d_{11}= 0.10			
r_{12}=	134.83	d_{12}= 17.21		n_{d6} =1.6204	ν_{d6} =60.3
r_{13}=	-174.91	d_{13}= 0.10			
r_{14}=	81.87	d_{14}= 16.72		n_{d7} =1.7552	ν_{d7} =27.5
r_{15}=	∞	d_{15}= 0.10			
r_{16}=	∞	d_{16}= 70.00		n_{d8} =1.5163	ν_{d8} =64.1
r_{17}=	∞	d_{17}= 0.10			
r_{18}=	∞	d_{18}= 3.00		n_{d9} =1.5163	ν_{d9} =64.1
r_{19}=	∞	d_{19}= 1.62			
r_{20}=	∞（ＤＭＤ表示面）				

非球面係数

第２面

K = 0.0000

A_4 = 2.6301×10^{-4}

A_6 = -3.6360×10^{-6}

A_8 = 2.9277×10^{-8}

第３面
K = 0.0000
A_4 = -5.7577 ×10^{-5}
A_6 = 2.2779 ×10^{-7}
A_8 = -3.9002 ×10^{-10}
第４面
K = 0.0000
A_4 = -5.0680 ×10^{-5}
A_6 = 3.2433 ×10^{-7}
A_8 = -8.3380 ×10^{-10}
第５面
K = 0.0000
A_4 = 1.0299 ×10^{-4}
A_6 = -2.6025 ×10^{-7}
A_8 = -1.5747 ×10^{-11}
第６面
K = 0.0000
A_4 = 1.3372 ×10^{-4}
A_6 = -3.0787 ×10^{-7}
A_8 = 3.4529 ×10^{-10}
第７面
K = 0.0000
A_4 = 4.0323 ×10^{-5}
A_6 = -2.0263 ×10^{-8}
A_8 = 7.7914 ×10^{-11}

偏心(1)

X	0.00	Y	0.58	Z	0.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

X	0.00	Y	-20.34	Z	0.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

。

【００７８】

図５、図６にそれぞれ実施例１、２の投影レンズ系の横収差を示す。括弧内に表示された数字は画角である。

【００７９】

また、実施例１、２の条件式（１）～（３）の値を以下に示す。

条件式	実施例１	実施例２
（１）	2.17	2.15
（２）	0.27	0.27
（３）	2.85	2.36

。

【図面の簡単な説明】

【００８０】

【図１】本発明の投影光学系の実施例１の投影レンズ系の光路図（ａ）と照明光学系の展開した光路図（ｂ）である。

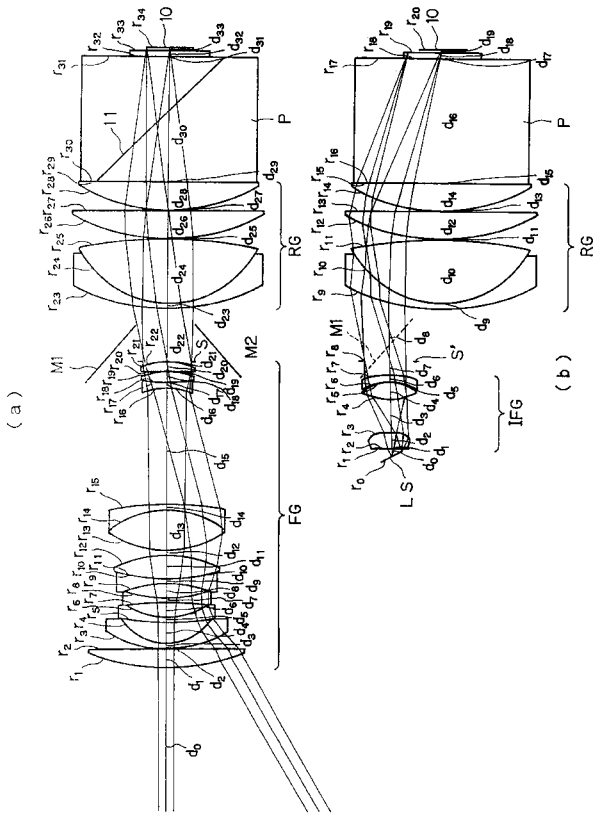
【図２】実施例１、２の投影レンズ系の逆光線追跡での像面に配置されるＤＭＤの表示面と投影レンズ系の光軸とイメージーサークルとの関係を示す図である。

【図３】実施例１、２の投影レンズ系の絞りの面での照明光、ＤＭＤがＯＮ状態にあるときの反射光のＯＮ光、ＤＭＤがニュートラルな位置の反射光の０°光の光束の位置関係を示す図である。

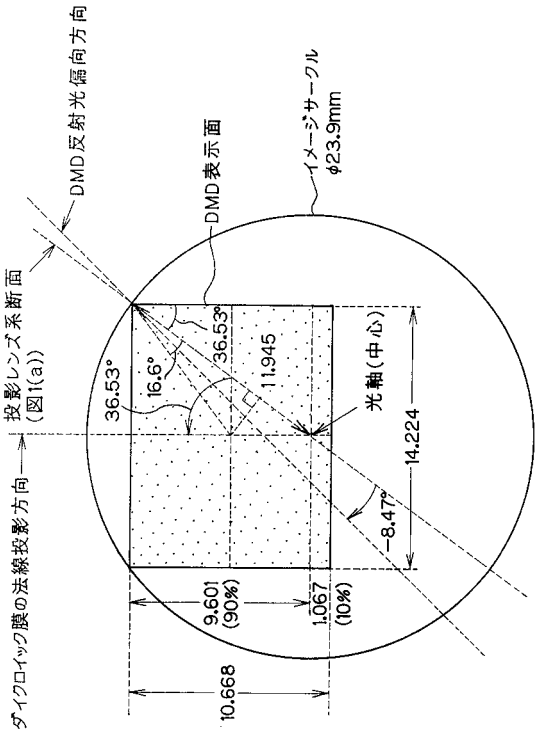
【図４】本発明の投影光学系の実施例２の投影レンズ系の光路図（ａ）と照明光学系の展

開した光路図（ｂ）である。
【図５】実施例１の投影レンズ系の横収差を示す図である。
【図６】実施例２の投影レンズ系の横収差を示す図である。
【符号の説明】
【００８１】
１０…ＤＭＤ
１１…ダイクロイック膜
Ｓ…投影レンズ系の絞り
ＦＧ…投影レンズ系の前群
ＲＧ…投影レンズ系と照明光学系の後群（共通部分）
Ｐ…合成プリズム
ＬＳ…光源
Ｓ’…照明光学系の絞り
ＩＦＧ…照明光学系の前群
Ｍ１、Ｍ２…平面鏡

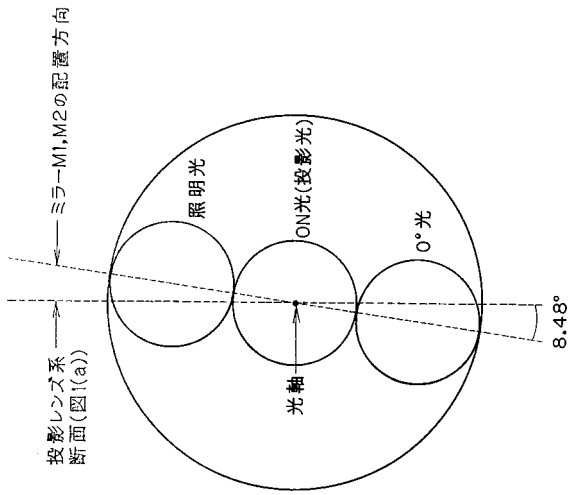
【図１】



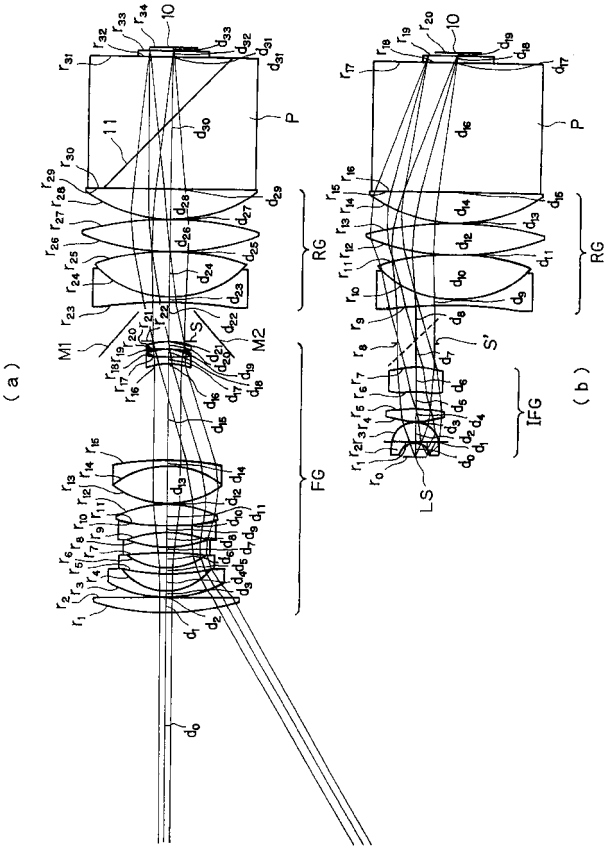
【図２】



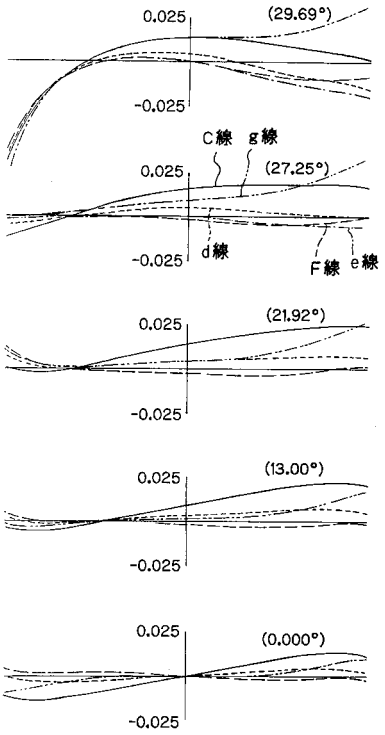
【図３】


ミラーM1,M2の配置方向
照明光
ON光(投影光)
0°光
8.48°
光軸
投影レンズ系
断面(図1(a))

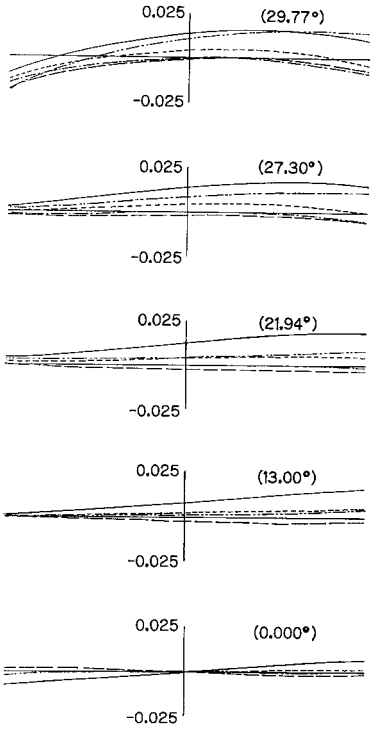
【図４】


(a)
(b)
M1
M2
S
S'
P
RG
FG
IFG
LS

【図５】


0.025
-0.025
(29.69°)
C線
g線
(27.25°)
d線
F線
e線
(21.92°)
(13.00°)
(0.000°)

【図６】


0.025
-0.025
(29.77°)
(27.30°)
(21.94°)
(13.00°)
(0.000°)

フロントページの続き

(74)代理人 100091971
弁理士 米澤 明
(72)発明者 久芳 圭一
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号 オリンパス株式会社内
(72)発明者 永田 哲生
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号 オリンパス株式会社内

Ｆターム(参考) 2H087 KA06 LA01 LA24 PA06 PA13 PA18 PA19 PB07 PB15 QA02
QA03 QA12 QA13 QA15 QA21 QA22 QA25 QA26 QA33 QA41
QA45 RA04 RA05 RA12 RA13 RA32 RA41 RA45 UA01