

(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2010-122574

(P2010-122574A)

(43) 公開日 平成22年6月3日(2010.6.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G O 2 B 13/16 (2006.01)</b>	G O 2 B 13/16	2 H O 8 7
<b>G O 2 B 13/18 (2006.01)</b>	G O 2 B 13/18	2 K 1 O 3
<b>G O 2 B 15/15 (2006.01)</b>	G O 2 B 15/15	
<b>G O 2 B 17/08 (2006.01)</b>	G O 2 B 17/08 Z	
<b>G O 3 B 21/00 (2006.01)</b>	G O 3 B 21/00 D	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 37 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2008-297722 (P2008-297722)  
 (22) 出願日 平成20年11月21日(2008.11.21)

(71) 出願人 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100086298  
 弁理士 船橋 國則  
 (72) 発明者 西川 純  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
 式会社内

最終頁に続く

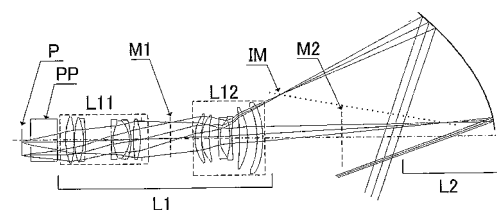
(54) 【発明の名称】 投射型画像表示装置および投射光学系

## (57) 【要約】

【課題】 投射光学系における平面反射面の適切な配置により、投射型画像表示装置全体における高さ方向について、その小型化を実現することを可能にする。

【解決手段】 画像変調素子で変調された1次像面の画像情報を2次像面となるスクリーン上へ拡大投射する投射光学系を、正の屈折力を持つ第1光学系L1と、凹面反射面を持つ第2光学系L2とを有して構成する。さらに、前記第1光学系L1を、前記1次像面の側で正の屈折力を持つ第11光学系L11と、前記第11光学系L11より前記2次像面の側で負の屈折力を持つ第12光学系L12と、これらの間に配置された第1平面反射面M1とを有して構成する。そして、前記第1平面反射面M1のy軸回転角度 $\theta_1$ を $30^\circ < \theta_1 < 65^\circ$ 、x軸回転角度 $\phi_1$ を $3^\circ < \phi_1 < 15^\circ$ とする。

【選択図】 図8



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光源と、  
 前記光源から発せられた光束を 1 次像面となる画像変調素子の面上に均一照射する照明光学系と、  
 前記画像変調素子で変調された前記 1 次像面の画像情報を 2 次像面となるスクリーン上へ拡大投射する投射光学系とを備え、  
 前記投射光学系は、  
 正の屈折力を持つ第 1 光学系と、  
 凹面反射面を持つ第 2 光学系とを有し、  
 前記第 1 光学系は、  
 前記 1 次像面の側で正の屈折力を持つ第 1 1 光学系と、  
 前記第 1 1 光学系より前記 2 次像面の側で負の屈折力を持つ第 1 2 光学系と、  
 前記第 1 1 光学系と前記第 1 2 光学系との間に配置された第 1 平面反射面とを有し、  
 前記第 1 平面反射面の y 軸回転角度  $\theta_1$  が  $30^\circ < \theta_1 < 65^\circ$  であり、前記第 1 平面反射面の x 軸回転角度  $\phi_1$  が  $3^\circ < \phi_1 < 15^\circ$  である  
 投射型画像表示装置。

10

## 【請求項 2】

前記第 1 平面反射面が全反射条件を満たす  
 請求項 1 記載の投射型画像表示装置。

20

## 【請求項 3】

前記第 1 光学系と前記第 2 光学系との間に配置された第 2 平面反射面とを有し、  
 前記第 2 平面反射面の y 軸回転角度  $\theta_2$  が  $20^\circ < \theta_2 < 45^\circ$  であり、前記第 2 平面反射面の x 軸回転角度  $\phi_2$  が  $-15^\circ < \phi_2 < -3^\circ$  である  
 請求項 1 または 2 記載の投射型画像表示装置。

## 【請求項 4】

前記第 1 平面反射面の x 軸回転角度  $\phi_1$  および前記第 2 平面反射面の x 軸回転角度  $\phi_2$  が、 $-20^\circ < \phi_1 + \phi_2 < 20^\circ$  の関係を満たす  
 請求項 3 記載の投射型画像表示装置。

## 【請求項 5】

前記第 1 平面反射面の y 軸回転角度  $\theta_1$  および前記第 2 平面反射面の y 軸回転角度  $\theta_2$  が、 $70^\circ < \theta_1 + \theta_2 < 110^\circ$  の関係を満たす  
 請求項 3 記載の投射型画像表示装置。

30

## 【請求項 6】

前記第 2 光学系が持つ前記凹面反射面の裏面側に前記光源が配置され、  
 前記第 1 平面反射面の x 軸回転角度  $\phi_1$  および前記第 2 平面反射面の x 軸回転角度  $\phi_2$  が、 $-20^\circ < \phi_1 + \phi_2 < 20^\circ$  の関係を満たし、  
 前記第 1 平面反射面の y 軸回転角度  $\theta_1$  および前記第 2 平面反射面の y 軸回転角度  $\theta_2$  が、 $70^\circ < \theta_1 + \theta_2 < 110^\circ$  の関係を満たす  
 請求項 3 記載の投射型画像表示装置。

40

## 【請求項 7】

前記第 2 光学系から前記 2 次像面に至る光路上に、1 つの反射面を持つ第 3 平面反射面が着脱可能に配置されるとともに、  
 当該第 3 平面反射面の x 軸回転角度  $\phi_3$  が  $-15^\circ < \phi_3 < 0^\circ$  である  
 請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の投射型画像表示装置。

## 【請求項 8】

前記第 3 平面反射面が平行平板で構成され、前記第 2 光学系から前記 2 次像面に至る光路間に 2 回の透過と 1 回の反射を繰り返す  
 請求項 7 記載の投射型画像表示装置。

## 【請求項 9】

50

前記第 2 光学系と前記 2 次像面との間に、屈折率  $n$  で構成される透過性を持つ平行平板が配置されるとともに、

当該平行平板の  $x$  軸回転角度  $t$  が  $60^\circ < t < 87^\circ$  である

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の投射型画像表示装置。

【請求項 10】

前記平行平板の前記 2 次像面側に、前記画像変調素子からの画像情報を遮光する開閉式の遮光板が配置されている

請求項 9 記載の投射型画像表示装置。

【請求項 11】

前記第 1 光学系は、

当該第 1 光学系を構成する全ての光学部品が回転対称面を持つ共通の光軸と、

当該第 1 光学系を構成する一部の光学部品の前記光軸と略垂直方向への移動によって前記 2 次像面を移動させる画面シフト機能と

を持つ請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の投射型画像表示装置。

【請求項 12】

正の屈折力を持つ第 1 光学系と、凹面反射面を持つ第 2 光学系とを有して、縮小側の 1 次像面から拡大側の 2 次像面へ拡大投射するように構成され、

前記第 1 光学系は、

前記 1 次像面の側で正の屈折力を持つ第 11 光学系と、

前記第 11 光学系より前記 2 次像面の側で負の屈折力を持つ第 12 光学系と、

前記第 11 光学系と前記第 12 光学系との間に配置された第 1 平面反射面とを有し、

前記第 1 平面反射面の  $y$  軸回転角度  $\theta_1$  が  $30^\circ < \theta_1 < 65^\circ$  であり、前記第 1 平面反射面の  $x$  軸回転角度  $\phi_1$  が  $3^\circ < \phi_1 < 15^\circ$  である

投射光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スクリーン上に投影画像を表示する投射型画像表示装置および当該投射型画像表示装置に用いられる投射光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、スクリーン上に投影画像を表示する投射型画像表示装置として、液晶プロジェクタ装置が広く知られている。特に、最近では、投射空間を小さくしつつも大画面を表示できる超広角のフロント投射型液晶プロジェクタ装置の需要が高まってきている。超広角のフロント投射型液晶プロジェクタ装置を用いれば、スクリーンに対して斜めかつ広角に打ち込むことで、限定された空間において大画面を投射することが可能になるからである。

【0003】

投射型液晶プロジェクタ装置としては、例えば、変倍機能を持つリレー光学系と前記リレー光学系の結像画面を拡大投射する非球面反射ミラーとを備えて構成されたものが知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。

ただし、このような大型の曲面反射面（非球面反射ミラー）を使用する構成では、画像変調素子を駆動させる基板および冷却機構を含めた装置全体を考えると、その高さ方向の寸法が大きくなりがちである。

その一方で、投射型液晶プロジェクタ装置については、投射光学系を構成する第 1 光学系と第 2 光学系との間に、2 枚の平面ミラーを配置して、その奥行き方向の大きさを小さく抑えることが提案されている（例えば、特許文献 2 参照。）。

また、その他にも、投射光学系を構成する第 1 光学系内部に 1 枚の平面ミラーを配置するとともに、当該投射光学系を構成する第 1 光学系と第 2 光学系との間にも 1 枚の平面ミラーを配置することで、当該投射光学系の小型化を達成することが提案されている（例えば、特許文献 3 参照。）。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 1 1 2 4 8 号公報

【特許文献 2】国際公開第 0 6 - 0 4 3 6 6 6 号パンフレット

【特許文献 3】特開 2 0 0 8 - 1 6 5 2 0 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 5 】

しかしながら、上述した従来技術には、以下に述べるような難点がある。

例えば、特許文献 2 に開示された構成では、薄型プロジェクションテレビのように、奥行き方向のみを小さくする光学系には向いているが、特に高さ方向を含めた光学系全体を小型化するためのミラーの配置にはなっていない。

10

また、特許文献 3 に開示された構成では、凹面反射面および画像変調素子の位置関係に問題がある。この構成の場合、照明光学系の配置方向は、光学系の奥行き方向に大きくなる。そのため、全体を小型化するミラーの配置にはなっていない。さらに、高さ方向に関しては、画像変調素子を駆動させる駆動基板、および、画像変調素子や光源等から発生する熱を冷却するシステムを考慮した場合に、高さ方向に大型化してしまうおそれがある。

つまり、上述した従来技術では、装置全体における高さ方向について、必ずしも小型化を実現し得るとは限らない。

## 【 0 0 0 6 】

そこで、本発明は、平面反射面の適切な配置により、装置全体における高さ方向について、その小型化を実現することを可能にする投射型画像表示装置および投射光学系を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、上記目的を達成するために案出された投射型画像表示装置で、光源と、前記光源から発せられた光束を 1 次像面となる画像変調素子の面上に均一照射する照明光学系と、前記画像変調素子で変調された前記 1 次像面の画像情報を 2 次像面となるスクリーン上へ拡大投射する投射光学系とを備え、前記投射光学系は、正の屈折力を持つ第 1 光学系と、凹面反射面を持つ第 2 光学系とを有し、前記第 1 光学系は、前記 1 次像面の側で正の屈折力を持つ第 1 1 光学系と、前記第 1 1 光学系より前記 2 次像面の側で負の屈折力を持つ第 1 2 光学系と、前記第 1 1 光学系と前記第 1 2 光学系との間に配置された第 1 平面反射面とを有し、前記第 1 平面反射面の y 軸回転角度  $\theta_1$  が  $30^\circ < \theta_1 < 65^\circ$  であり、前記第 1 平面反射面の x 軸回転角度  $\phi_1$  が  $3^\circ < \phi_1 < 15^\circ$  である。

30

## 【 0 0 0 8 】

上記構成の投射型画像表示装置では、第 1 1 光学系と第 1 2 光学系との間に配置された第 1 平面反射面について、その y 軸回転角度  $\theta_1$  が  $30^\circ < \theta_1 < 65^\circ$  であり、その x 軸回転角度  $\phi_1$  が  $3^\circ < \phi_1 < 15^\circ$  となっている。

ここで、y 軸回転角度とは、y 軸回りの回転角度のことをいう。また、x 軸回転角度とは、x 軸回りの回転角度のことをいう。y 軸および x 軸は、投射型画像表示装置の設置面を x y 平面とした場合の当該平面における各基準軸である。

40

このように、第 1 平面反射面は、y 軸および x 軸の両方について、それぞれに回転角度を有する。したがって、y 軸および x 軸のいずれか一方のみに回転角度を有する場合に比べて、x y 平面に垂直な z 軸方向における大きさ、すなわち投射型画像表示装置の高さ方向における大きさを、小さく抑えられるようになる。

【発明の効果】

## 【 0 0 0 9 】

本発明によれば、y 軸および x 軸の両方に回転角度を有する第 1 平面反射面を含んで投射光学系を構成し、当該第 1 平面反射面での反射を経るようにすることで、投射型画像表示装置の高さ方向における大きさを小型化することが実現可能となる。つまり、第 1 平面反射面の適切な配置により、装置全体における高さ方向について、その小型化を実現する

50

ことが可能になるのである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、図面に基づき本発明に係る投射型画像表示装置および投射光学系について説明する。

【0011】

[ 投射型画像表示装置の概要 ]

先ず、投射型画像表示装置の概要について、液晶プロジェクタ装置を例に挙げて、簡単に説明する。

液晶プロジェクタ装置は、高圧水銀ランプ等の光源から照射される光を、画像変調素子である液晶表示素子で変調して映像信号に応じた光学像を形成するとともに、その光学像を投射光学系で拡大投影してスクリーン上に表示するように構成されている。このような液晶プロジェクタ装置としては、R（赤）色、G（緑）色およびB（青）色のそれぞれに対応するパネル状の液晶表示素子を備えた、いわゆる三板式が広く知られている。なお、以下の説明では、パネル状の液晶表示素子を、単に「液晶パネル」ともいう。

ところで、ここで説明する液晶プロジェクタ装置では、投射光学系が、例えば半画角にして70°近辺という超広角に対応しているものとする。

【0012】

超広角に対応することの利点としては、例えば以下に述べる事項が挙げられる。

図1～5は、超広角対応の液晶プロジェクタ装置の利点についての説明図である。

超広角対応では、（1）液晶プロジェクタ装置からの光が、直接人間の目に入らないため安全である（例えば図1参照。）。（2）画面に影が映らないため効率的なプレゼンテーションができる（例えば図1参照。）。（3）設置空間が狭いため、天井の障害物を気にすることなく設置ができる（例えば図2参照。）。（4）壁につけて投射することが可能なため、メンテナンスが容易である。また、パーソナルコンピュータ（PC）と映像音響機器（AV機器）との距離が短くなるため、ケーブルの引き回しが容易となる（例えば図3参照。）。（5）打合せスペース、あるいは教室や会議室等の設置に対する自由度が増える（例えば、図4参照。）。（6）テーブル上での投射もできる（例えば、図5参照。）。）。。

また、電子黒板（Interactive White Board）の普及も、超広角対応の液晶プロジェクタ装置の需要を高めている一要因であるが、学校、職場等にとどまらず、デジタルサイネージ（電子広告）の分野でも、このような液晶プロジェクタ装置が使われている。電子黒板は、LCD（Liquid Crystal Display）、PDP（Plasma Display Panel）でも製品としてあるものの、それらと比較して、1インチ程度の液晶パネルを拡大投射するシステムであるため、低価格で大画面を提供することができる。

【0013】

[ 投射型画像表示装置の概略構成例 ]

続いて、超広角対応の液晶プロジェクタ装置の概略構成について説明する。

図6は、液晶プロジェクタ装置の概略構成例を示す説明図である。

図例のように、液晶プロジェクタ装置は、その筐体内に、光源1と、照明光学系2と、投射光学系3と、を備えている。

【0014】

図7は、光源1および照明光学系2の概略構成例を示す説明図である。

光源1は、例えば高圧水銀ランプからなり、照明光学系2に対して光束を発するようになっている。

照明光学系2は、光源1から発せられた光束を、1次像面となる画像変調素子（液晶パネル）の面上に均一照射するようになっている。さらに具体的には、照明光学系2では、光源1からの光束が、第1および第2のフライアイレンズFL、偏光変換素子PSおよび集光レンズLを経る。そして、これらを経た後に、特定の波長帯域の光だけを反射するダイクロイック・ミラーDMによって、RGBの各色成分光に分離される。RGBの各色成

10

20

30

40

50

分光は、全反射ミラーMやレンズL等を利用しつつ、RGBの各色に対応して設けられた液晶パネルPに入射される。そして、各液晶パネルPにて映像信号に応じた光変調が行われた後は、光変調された各色成分光がダイクロイック・プリズムPPによって合成されて、投射光学系3に向けて出射されるようになっている。

なお、ここでは、透過型液晶パネルを用いて構成された照明光学系2を例に挙げているが、反射型液晶パネルを用いても照明光学系2を構成することは可能である。また、画像変調素子としては、デジタルマイクロミラーデバイス(DMD)等を用いることもできる。さらには、ダイクロイック・プリズムPPに代わり、偏光ビームスプリッター(PBS)やRGB各色の映像信号を合成する色合成プリズム、TIR(Total Internal Reflection)プリズム等を用いることも考えられる。

10

#### 【0015】

投射光学系3は、照明光学系2からの出射光を受け取ることで、照明光学系2の液晶パネルPで変調された1次像面の画像情報を、2次像面となるスクリーン上へ拡大投射する。

#### 【0016】

[ 投射光学系の構成例 ]

ここで説明する液晶プロジェクタ装置は、投射光学系3に特徴がある。

以下、投射光学系3の構成について、第1～第6の実施の形態を例に挙げて順に説明する。

#### 【0017】

< 第1の実施の形態 >

図8は、第1の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す光路図である。図例では、基準投射距離時の光路を示している。

図例のように、投射光学系3は、正の屈折力を持つ第1光学系L1と、凹面反射面を持つ第2光学系L2と、を有している。ここで、屈折力とは、レンズ等の(軸回りに回転対象な)光学系の屈折の度合いのことをいう。

第1光学系L1は、当該第1光学系L1を構成する全ての光学部品が回転対称面を持つ共通の光軸を有している。

また、第2光学系L2は、回転対称非球面で構成され、第1光学系L1と共通の前記光軸を持つ。

30

そして、このような第1光学系L1および第2光学系L2を有することで、投射光学系3は、縮小側の1次像面から拡大側の2次像面へ拡大投射するように構成されている。すなわち、照明光学系2の液晶パネルPで変調されダイクロイック・プリズムPPによって合成された1次像面の画像情報を、2次像面となるスクリーン上へ拡大投射するようになっている。

#### 【0018】

このような構成の投射光学系3において、第1光学系L1は、1次像面の側から、正の屈折力を持つ第11光学系L11と、負の屈折力を持つ第12光学系L12と、が配されて構成されている。そして、当該第1光学系L1から出射された光束は、第2光学系L2との間に中間像IMを一旦結像させた後、当該第2光学系L2に入射するようになっている。

40

なお、図中に示すM1、M2、M3には、それぞれ第1平面反射面、第2平面反射面および第3平面反射面が配置されることとなるが、この図においては便宜上ダミー面としている。

#### 【0019】

図9は、第1の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。図例では、近距離投射時における第1光学系L1のレンズ断面を示している。

図例のように、第1光学系L1は、画面シフト機能SF、変倍機能MFおよびフローティング機能FFとしての機能を有している。なお、図中に示すSは、絞りを表している。

#### 【0020】

50

画面シフト機能 S F は、2 次像面となるスクリーン上における結像位置を移動させる機能である。この画面シフト機能 S F を実現するために、第 1 光学系 L 1 では、当該第 1 光学系 L 1 を構成する一部の光学部品が、当該第 1 光学系 L 1 の光軸と略垂直方向へ移動するように構成されている。さらに詳しくは、第 1 光学系 L 1 を構成する一部の光学部品に相当する第 1 1 光学系 L 1 1 が、光軸と略垂直方向へ移動する。

第 1 1 光学系 L 1 1 を移動させるための機構は、特に限定されるものではなく、公知技術を利用して実現したものであればよい。

#### 【0021】

このように、第 1 光学系 L 1 を構成する一部の光学部品（具体的には、第 1 1 光学系 L 1 1。）を光軸に対して略垂直に移動させることで、2 次像面の結像位置を移動させる画面シフト機能 S F を第 1 光学系 L 1 に持たせることができる。

略垂直への移動に際しては、画面シフトが可能で、かつ、偏芯収差の発生が小さければ、いずれの光学部品を移動させてもよい。すなわち、必ずしも第 1 1 光学系 L 1 1 を移動させる必要はなく、第 1 2 光学系 L 1 2 を移動させたり、あるいはこれらを構成する 1 つの光学部品を移動させてもよく、所望の移動量やコスト面から最適な移動群を選択すればよい。

つまり、第 1 光学系 L 1 を構成する光学部品の全てではなく、その一部のみの移動によって、画面シフト機能 S F を実現するのである。したがって、第 1 光学系 L 1 を構成する光学部品の全てを移動させる場合や画像変調素子 P を移動させる場合等に比べて、移動させる部品点数が少なく、また大きさも小さくて済むので、結果として簡素な構成で画面シフト機能 S F を実現することが可能になる。

#### 【0022】

画面シフト機能 S F を実現するために移動させる一部の光学部品（具体的には、第 1 1 光学系 L 1 1。）については、当該一部の光学部品の屈折力  $s$  と、基準投射時における第 1 光学系 L 1 の屈折力  $1$  とが、以下の条件式（1）を満たすことが望ましい。

#### 【0023】

$$0.2 < |s/1| < 1.2 \cdots (1)$$

#### 【0024】

上記の条件式（1）は、画面シフト機能 S F を実現する移動群の屈折力を適切に規定したものである。すなわち、条件式（1）に規定する下限に満たない場合には、偏芯収差の発生は小さくなる一方で、同時に画面シフト量も小さくなる。また、条件式（1）に規定する上限を超えた場合には、移動による偏芯収差の発生が大きくなり、光学性能の劣化を招く。

#### 【0025】

変倍機能 M F は、2 次像面となるスクリーン上における画像を変倍させる機能である。この変倍機能 M F を実現するために、第 1 光学系 L 1 では、第 1 1 光学系 L 1 1 が複数のレンズ群で構成されるとともに、正の屈折力を持つ少なくとも 1 つのレンズ群が、当該第 1 光学系 L 1 の光軸に沿った方向へ移動するように構成されている。なお、図中においては、最も拡大側を「拡」、最も縮小側を「縮」としている。

正の屈折力を持つ少なくとも 1 つのレンズ群を移動させるための機構は、特に限定されるものではなく、公知技術を利用して実現したものであればよい。

#### 【0026】

このように、第 1 1 光学系 L 1 1 における複数のレンズ群のうち、正の屈折力を持つ少なくとも 1 つのレンズ群を光軸に沿った方向へ移動させることで、2 次像面の画像を変倍する変倍機能 M F を第 1 光学系 L 1 に持たせることができる。

#### 【0027】

変倍機能 M F を実現するために移動させるレンズ群については、最も移動量の大きいレンズ群の屈折力  $m$  と、基準投射時における前記第 1 光学系の屈折力  $1$  とが、以下の条件式（1）を満たすことが望ましい。

#### 【0028】

10

20

30

40

50

$$0.2 < |m / 1| < 0.9 \cdots (2)$$

【0029】

上記の条件式(2)は、変倍機能MFを実現する移動群の屈折力を適切に規定したものである。すなわち、条件式(2)に規定する下限に満たない場合には、移動量が大きくなる。また、条件式(2)に規定する上限を超えた場合には、像面湾曲等の収差発生量が大きくなり、光学性能の劣化を招く。

【0030】

ところで、変倍機能MFをさらに大きい変倍比で構成したい場合は、以下に述べるようにすることが考えられる。すなわち、第11光学系L11を、1次像面の側から、正の屈折力を持つ第11a群、正の屈折力を持つ第11b群、負の屈折力を持つ第11c群、および、正の屈折力を持つ第11d群の4つのレンズ群で構成する。そして、少なくとも第11bおよび第11d群の2つの群を、1次像面側に移動させることで拡大倍率を大きくし、中間像側に移動させることで拡大倍率を小さくする。ここで、第11c群を移動群にすることも、変倍比を大きくする上で有効となる。ここでの変倍比は、最も縮小側の全系の焦点距離を最も拡大側の全系の焦点距離で割ったものとする。

【0031】

フローティング機能FFは、近距離投射時から遠距離投射時の合焦時において、結像性能および画歪等の光学性能を補正するための機能である。このフローティング機能FFを実現するために、第1光学系L1では、第12光学系L12が、第12a群L12aと、第12b群L12bとを含んでいる。第12a群L12aは、1次像面に最も近い面が凸面で形成され全体で負の屈折力を持つ。一方、第12b群L12bは、中間像側に凸面を持つ正メニスカスレンズで構成される。そして、第12a群L12aおよび第12b群L12bを含む第12光学系L12は、近距離投射時から遠距離投射時への合焦の際に、第12b群L12bが中間像側から1次像面側に光軸上を移動するように構成されている。なお、図中において、「近」とあるのは近距離投射時の移動方向、「遠」とあるのは遠距離投射時の移動方向である。

第12b群L12bを移動させるための機構は、特に限定されるものではなく、公知技術を利用して実現したものであればよい。

【0032】

第12光学系L12を透過する光束は、絞りS近辺と違い、1次像面上の任意の各光束を分離しやすい。したがって、その光束について、近距離投射時から遠距離投射時への合焦の際に、光線角度をわずかに変化させることで、像面湾曲と歪曲の光学性能の補正を行うフローティング機能FFが実現可能となるのである。

具体的には、上述したように、全体で負の屈折力を持つ第12光学系L12の内部に、第12a群L12aおよび第12b群L12bを含むようにする。そして、近距離投射時から遠距離投射時への合焦の際、正メニスカスレンズで構成される第12b群L12bを、1次像面側に配置される第12a群L12aに近づける。これにより、光学性能を劣化させることなく、第12光学系L12の中間像側の主点位置を第2光学系L2に近づけることができるため、遠距離投射時の合焦が可能となるのである。

【0033】

フローティング機能FFを実現するための第12a群L12aおよび第12b群L12bについては、以下の条件式(3)および(4)を満たすことが望ましい。すなわち、第12a群L12aの屈折力 $\phi_{12a}$ と、第12b群L12bの屈折力 $\phi_{12b}$ と、基準投射時における第12光学系L12の屈折力 $\phi_{12}$ とが、以下の条件式(3)および(4)を満たすようにする。

【0034】

$$0.2 < |\phi_{12b} / \phi_{12}| < 3.0 \cdots (3)$$

$$0.2 < |\phi_{12b} / \phi_{12a}| < 1.0 \cdots (4)$$

【0035】

上記の条件式(3)および(4)は、フローティング機能FFを実現する第12a群L

10

20

30

40

50



1 2 a および第 1 2 b 群 L 1 2 b の屈折力を適切に規定したものである。

すなわち、条件式 ( 3 ) に規定する下限に満たない場合には、フローティング時の移動量が大きくなり大型化を招く。一方、条件式 ( 3 ) に規定する上限を超えた場合には、移動量が小さくなる反面、正メニスカスレンズの屈折力が大きくなるため、光線角度の変化が大きくなり、光学性能の劣化が急激に発生する。

また、条件式 ( 4 ) に規定する下限に満たない場合には、長い投射距離範囲でフローティングができない。一方、条件式 ( 4 ) に規定する上限を超えた場合には、第 1 2 a 群 L 1 2 a による光線角度の変化が大きくなるため、光学性能が急激に劣化する。

【 0 0 3 6 】

さらに、フローティング機能 F F を実現するための第 1 2 a 群 L 1 2 a および第 1 2 b 群 L 1 2 b については、以下の条件式 ( 5 ) を満たすことが望ましい。すなわち、第 1 2 a 群 L 1 2 a のフローティング時の移動量 M 1 2 a と、第 1 2 b 群 L 1 2 b のフローティング時の移動量 M 1 2 b とが、以下の条件式 ( 5 ) を満たすようにする。

【 0 0 3 7 】

$$1.5 < M_{12b} / M_{12a} < 7.0 \cdots (5)$$

【 0 0 3 8 】

上記の条件式 ( 5 ) は、フローティング機能 F F を実現する第 1 2 a 群 L 1 2 a および第 1 2 b 群 L 1 2 b の移動量比を適切に規定したものである。すなわち、条件式 ( 5 ) に規定する下限に満たない場合には、長い投射距離範囲でフローティングができない。また、条件式 ( 5 ) に規定する上限を超えた場合には、第 1 2 a 群 L 1 2 a による光線角度の変化が大きくなるため、光学性能が急激に劣化する。換言すると、条件式 ( 5 ) を満たせば、長い投射距離範囲で光学性能の補正をすることが可能になる。

【 0 0 3 9 】

以上のように構成された第 1 光学系 L 1 に対して、当該第 1 光学系 L 1 よりも 2 次像側に配された第 2 光学系 L 2 は、既に説明したように、回転対称非球面で構成され、第 1 光学系 L 1 と共通の前記光軸を持つ。換言すると、第 2 光学系 L 2 を構成する凹面反射面は、第 1 光学系 L 1 と共通の光軸を持つ回転対称非球面の形状を持つ。したがって、このような第 2 光学系 L 2 を配することで、面湾曲および歪曲を適切に補正することができる。

【 0 0 4 0 】

また、以上のように構成された投射光学系 3 については、当該投射光学系 3 を構成する最も大きい曲面反射面の最大有効径 D M と、1 次像面の最大高さ D y とが、以下の条件式 ( 6 ) を満たしているものとする。

【 0 0 4 1 】

$$3 < D_M / D_y < 30 \cdots (6)$$

【 0 0 4 2 】

上記の条件式 ( 6 ) は、投射光学系 3 における最大曲面反射面と 1 次像面との高さ方向の大きさ比を適切に規定したものである。すなわち、条件式 ( 6 ) に規定する下限に満たない場合には、機構含めて光学系全体をシフトさせる画面シフト機能 ( 例えば、図 参照 ) で十分対応可能なため、上述した構成の画面シフト機能 S F の必要性が乏しい。また、条件式 ( 6 ) に規定する上限を超えた場合には、投射光学系全体が大型化し、コストアップを招くおそれがある。

なお、ここでは、投射光学系 3 を構成する各光学系が凹面反射面を持ち共通の光軸を持つ場合を例に挙げているが、条件式 ( 6 ) を満たす光学系であれば、どのような光学系にも応用が可能となる。すなわち、縮小側の 1 次像面から拡大側の 2 次像面へ拡大投射する投射光学系であれば、以下のような光学系に適用することも考えられる。具体的には、2 次像面に最も近くかつ曲面で構成される光学部品が反射面で構成される光学系において、投射光学系を構成する 1 部の光学部品が 1 次像面に対し略平行に偏芯することで、2 次像面を画面シフトさせる機能を持つようにする。さらには、投射光学系を構成する 1 部の光学部品が 1 次像面に対し略垂直に移動することで、2 次像面の画像を変倍する変倍機能を

10

20

30

40

50

持つようにする。このような構成の投射光学系であっても、条件式(6)を満たすものであれば、1部の光学部品のみ移動により、小型で安価な構成による画面シフト機能および変倍機能を実現し得るようになる。

#### 【0043】

ここで、以上のように構成された投射光学系3について、具体的な数値例を挙げて、以下にその簡単な説明を行う。

#### 【0044】

図10は、第1の実施の形態における投射光学系による横収差図である。図中において、一盛りりは1ドットサイズをスクリーン上に拡大投射した時の1ドットサイズとなる。実線は546.1nm、点線は620nm、1点鎖線は460nmとなる。なお、ここで示す横収差図は、y方向に移動させたときの横収差図であるが、もちろん移動方向はy方向に限らず、光軸に垂直であればどの方向でもよい。

10

#### 【0045】

図11は、第1の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。図中において、\*印は非球面を有する面であり、下記の(7)式に従う。また、印は、ダミー面であるが、それぞれ第1, 2平面反射面を配置する。rは曲率半径、dは間隔およびレンズの芯厚、ndは、d線(587.56nm)での屈折率、dは同様にd線でのアッペ数である。また{印で纏められたレンズ群はフローティング機能FF、変倍機能MFおよび画面シフト機能SFに関係するレンズ群である。また、diはフローティング機能FFおよび変倍機能MFを実現する際に変動するレンズ間隔である。

20

#### 【0046】

#### 【数1】

$$Z = \frac{ch^2}{1+[1-(1+K)c^2h^2]^{\frac{1}{2}}} + \sum_{i=1} A_i h^i \dots (7)$$

#### 【0047】

図12は、第1の実施の形態における投射光学系の1次像面側の開口数NA、基準投射距離時の最大半画角、最大の1次像面高さyの具体例を示す説明図である。

#### 【0048】

図13(a)は、第1の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能SFを有するレンズ群と移動量の具体例を示す説明図である。

30

図13(b)および(c)は、第1の実施の形態における投射光学系において、フローティング機能FFと変倍機能MFに関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。図中における数値は図11におけるdiに対応する。ここで、f1は、それぞれの焦点距離、は拡大倍率である。

#### 【0049】

図14は、第1の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例の説明図である。図例の非球面係数は、上記(7)式に対応したものである。

#### 【0050】

図15は、第1の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。上述した図10の横収差における1ドットサイズとは、ここに記すサイズを示したものである。

40

#### 【0051】

図16は、第1の実施の形態における投射光学系を用いて、図15に示した画像変調素子を2次像面上に拡大投射したときのTV歪曲の状態を示した説明図である。

図17は、第1の実施の形態における投射光学系を用いて、図15に示した画像変調素子を2次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。

図18は、図17に示した変化量等を求める際に基にした計算式の具体例を示す説明図

50

である。

【 0 0 5 2 】

図 1 9 は、第 1 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【 0 0 5 3 】

以上のような具体的な数値例によって特定される投射光学系 3 によれば、画面シフト機能 S F として、第 1 光学系 L 1 の一部である第 1 1 光学系 L 1 1 の全体を、光軸と  $\pm 0.4$  mm 垂直に移動させることで、約  $\pm 5\%$  程度の画面シフトを可能とする。また、変倍機能 M F として、第 1 1 光学系 L 1 1 を構成する 1 つの群を光軸上に移動させることで、 $\pm 0.35\%$  程度の拡大倍率を変化させる。また、第 1 2 光学系 L 1 2 を構成する第 1 2 a 群 L 1 2 a および第 1 2 b 群 L 1 2 b を、近距離投射時 48.5 から遠距離投射時 135 への合焦の際、中間像側から 1 次像面側に移動させるフローティング機能 F F を持つ。

10

【 0 0 5 4 】

< 第 2 の実施の形態 >

図 2 0 は、第 2 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。図例では、基準投射距離時の光路を示している。

また、図 2 1 は、第 2 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。図例では、近距離投射時における第 1 光学系 L 1 のレンズ断面を示している。

図例のように、第 2 の実施の形態における投射光学系 3 は、画面シフト機能 S F を実現するために移動させる光学部品が、上述した第 1 の実施の形態の場合とは異なる。すなわち、第 1 1 光学系 L 1 1 の全体ではなく、当該第 1 1 光学系 L 1 1 を構成する一部の光学部品を移動させることで、画面シフト機能 S F を実現するようになっている。

20

また、第 2 の実施の形態における投射光学系 3 は、変倍機能 M F を実現するために移動させる光学部品についても、上述した第 1 の実施の形態の場合とは異なる。

なお、それ以外の構成については、上述した第 1 の実施の形態の場合と同様であるため、ここではその説明を省略する。

【 0 0 5 5 】

ここで、第 2 の実施の形態における投射光学系 3 について、具体的な数値例を挙げて、以下にその簡単な説明を行う。

30

【 0 0 5 6 】

図 2 2 は、第 2 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。図中において、一目盛りは 1 ドットサイズをスクリーン上に拡大投射した時の 1 ドットサイズとなる。実線は 546.1 nm、点線は 620 nm、1 点鎖線は 460 nm となる。なお、ここで示す横収差図は、y 方向に移動させたときの横収差図であるが、もちろん移動方向は y 方向に限らず、光軸に垂直であればどの方向でもよい。

【 0 0 5 7 】

図 2 3 は、第 2 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。図中において、\* 印は非球面を有する面であり、上記の ( 7 ) 式に従う。また、印は、ダミー面であるが、それぞれ第 1 , 2 平面反射面を配置する。r は曲率半径、d は間隔およびレンズの芯厚、n d は、d 線 ( 587.56 nm ) での屈折率、d は同様に d 線でのアッペ数である。また { 印で纏められたレンズ群はフローティング機能 F F 、変倍機能 M F および画面シフト機能 S F に関係するレンズ群である。また、d i はフローティング機能 F F および変倍機能 M F を実現する際に変動するレンズ間隔である。

40

【 0 0 5 8 】

図 2 4 は、第 2 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数 N A 、基準投射距離時の最大半画角、最大の 1 次像面高さ y の具体例を示す説明図である。

【 0 0 5 9 】

図 2 5 ( a ) は、第 2 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能 S F を有するレンズ群と移動量の具体例を示す説明図である。

50

図 2 5 ( b ) および ( c ) は、第 2 の実施の形態における投射光学系において、フローティング機能 F F と変倍機能 M F に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。図中における数値は図 2 3 における  $d_i$  に対応する。ここで、 $f_1$  は、それぞれの焦点距離、 $\beta$  は拡大倍率である。

#### 【 0 0 6 0 】

図 2 6 は、第 2 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例を説明図である。図例の非球面係数は、上記 ( 7 ) 式に対応したものである。

#### 【 0 0 6 1 】

図 2 7 は、第 2 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。上述した図 2 2 の横収差における 1 ドットサイズとは、ここに記すサイズを示したものである。

10

#### 【 0 0 6 2 】

図 2 8 は、第 2 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 2 7 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの T V 歪曲の状態を示した説明図である。

図 2 9 は、第 2 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 2 7 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。なお、図例の変化量等を求める際には、図 1 8 に示した計算式を基にしている。

#### 【 0 0 6 3 】

図 3 0 は、第 2 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

20

#### 【 0 0 6 4 】

以上のような具体的な数値例によって特定される投射光学系 3 によれば、画面シフト機能 S F として、第 1 光学系 L 1 の一部である第 1 1 光学系 L 1 1 の 1 つのレンズを、光軸と  $\pm 0.1$  mm 垂直に移動させることで、約  $\pm 0.7$  % 程度の画面シフトを可能とする。また、変倍機能 M F として、画面シフト機能 S F の場合と同じレンズを光軸上に移動させることで、 $\pm 0.4$  % 程度の拡大倍率を変化させる。また、第 1 2 光学系 L 1 2 を構成する第 1 2 b 群 L 1 2 b を、近距離投射時 5 5 から遠距離投射時 1 0 0 への合焦の際、中間像側から 1 次像面側に移動させるフローティング機能 F F を持つ。

#### 【 0 0 6 5 】

##### < 第 3 の実施の形態 >

30

図 3 1 は、第 3 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。図例では、基準投射距離時の光路を示している。

また、図 3 2 は、第 3 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。図例では、近距離投射時における第 1 光学系 L 1 のレンズ断面を示している。

図例のように、第 3 の実施の形態における投射光学系 3 は、上述した第 1 の実施の形態の場合と同様に、第 1 1 光学系 L 1 1 の全体を移動させることで、画面シフト機能 S F を実現する。

ただし、変倍機能 M F については、上述した第 1 の実施の形態の場合とは異なり、第 1 1 光学系 L 1 1 を構成する 2 つの群を光軸上に移動させることで、実現するようになっている。

40

なお、それ以外の構成については、上述した第 1 の実施の形態の場合と同様であるため、ここではその説明を省略する。

#### 【 0 0 6 6 】

ここで、第 3 の実施の形態における投射光学系 3 について、具体的な数値例を挙げて、以下にその簡単な説明を行う。

#### 【 0 0 6 7 】

図 3 3 は、第 3 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。図中において、一目盛りは 1 ドットサイズをスクリーン上に拡大投射した時の 1 ドットサイズとなる。実線は 5 4 6.1 nm、点線は 6 2 0 nm、1 点鎖線は 4 6 0 nm となる。なお、ここで示す横収差図は、y 方向に移動させたときの横収差図であるが、もちろん移動方向は y 方

50

向に限らず、光軸に垂直であればどの方向でもよい。

【 0 0 6 8 】

図 3 4 は、第 3 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。図中において、\* 印は非球面を有する面であり、上記の ( 7 ) 式に従う。r は曲率半径、d は間隔およびレンズの芯厚、n d は、d 線 ( 5 8 7 . 5 6 n m ) での屈折率、d は同様に d 線でのアッペ数である。また { 印で纏められたレンズ群はフローティング機能 F F、変倍機能 M F および画面シフト機能 S F に関するレンズ群である。また、d i はフローティング機能 F F および変倍機能 M F を実現する際に変動するレンズ間隔である。

【 0 0 6 9 】

図 3 5 は、第 3 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数 N A、基準投射距離時の最大半画角、最大の 1 次像面高さ y の具体例を示す説明図である。

10

【 0 0 7 0 】

図 3 6 ( a ) は、第 3 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能 S F を有するレンズ群と移動量の具体例を示す説明図である。

図 3 6 ( b ) および ( c ) は、第 3 の実施の形態における投射光学系において、フローティング機能 F F と変倍機能 M F に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。図中における数値は図 3 4 における d i に対応する。ここで、f l は、それぞれの焦点距離、は拡大倍率である。

【 0 0 7 1 】

図 3 7 は、第 3 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例を説明図である。図例の非球面係数は、上記 ( 7 ) 式に対応したものである。

20

【 0 0 7 2 】

図 3 8 は、第 3 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。上述した図 3 3 の横収差における 1 ドットサイズとは、ここに記すサイズを示したものである。

【 0 0 7 3 】

図 3 9 は、第 3 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 3 8 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの T V 歪曲の状態を示した説明図である。

図 4 0 は、第 3 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 3 8 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。なお、図例の変化量等を求める際には、図 1 8 に示した計算式を基にしている。

30

【 0 0 7 4 】

図 4 1 は、第 3 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【 0 0 7 5 】

以上のような具体的な数値例によって特定される投射光学系 3 によれば、画面シフト機能 S F として、第 1 光学系 L 1 の一部である第 1 1 光学系 L 1 1 の全体を、光軸と ± 0 . 1 5 m m 垂直に移動させることで、約 ± 2 % 程度の画面シフトを可能とする。また、変倍機能 M F として、第 1 1 光学系 L 1 1 を構成する 2 つの群を光軸上に移動させることで、± 0 . 7 % 程度の拡大倍率を変化させる。また、第 1 2 光学系 L 1 2 を構成する第 1 2 a 群 L 1 2 a および第 1 2 b 群 L 1 2 b を、近距離投射時 5 0 から遠距離投射時 1 0 0 への合焦の際、中間像側から 1 次像面側に移動させるフローティング機能 F F を持つ。

40

【 0 0 7 6 】

< 第 4 の実施の形態 >

図 4 2 は、第 4 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。図例では、基準投射距離時の光路を示している。

また、図 4 3 は、第 4 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。図例では、近距離投射時における第 1 光学系 L 1 のレンズ断面を示している。

図例のように、第 4 の実施の形態における投射光学系 3 は、画面シフト機能 S F 1 と、画面シフト機能 S F 2 とを有している。画面シフト機能 S F 1 は、第 1 光学系 L 1 の全体

50

の移動によって実現される。一方、画面シフト機能 S F 2 は、第 1 光学系 L 1 の一部である第 1 2 光学系 L 1 2 の全体を移動させることによって実現される。

変倍機能 M F については、上述した第 3 の実施の形態の場合と同様に、第 1 1 光学系 L 1 1 を構成する 2 つの群を光軸上に移動させることで、実現するようになっている。

なお、それ以外の構成については、上述した第 1 の実施の形態の場合と同様であるため、ここではその説明を省略する。

#### 【 0 0 7 7 】

ここで、第 4 の実施の形態における投射光学系 3 について、具体的な数値例を挙げて、以下にその簡単な説明を行う。

#### 【 0 0 7 8 】

図 4 4 は、第 4 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。図中において、一目盛りは 1 ドットサイズをスクリーン上に拡大投射した時の 1 ドットサイズとなる。実線は 5 4 6 . 1 n m、点線は 6 2 0 n m、1 点鎖線は 4 6 0 n m となる。なお、ここで示す横収差図は、y 方向に移動させたときの横収差図であるが、もちろん移動方向は y 方向に限らず、光軸に垂直であればどの方向でもよい。

#### 【 0 0 7 9 】

図 4 5 は、第 4 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。図中において、\* 印は非球面を有する面であり、上記の ( 7 ) 式に従う。r は曲率半径、d は間隔およびレンズの芯厚、n d は、d 線 ( 5 8 7 . 5 6 n m ) での屈折率、d は同様に d 線でのアッペ数である。また { 印で纏められたレンズ群はフローティング機能 F F、変倍機能 M F および画面シフト機能 S F に関係するレンズ群である。また、d i はフローティング機能 F F および変倍機能 M F を実現する際に変動するレンズ間隔である。

#### 【 0 0 8 0 】

図 4 6 は、第 4 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数 N A、基準投射距離時の最大半画角、最大の 1 次像面高さ y の具体例を示す説明図である。

#### 【 0 0 8 1 】

図 4 7 ( a ) は、第 4 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能 S F 1 を有するレンズ群および画面シフト機能 S F 2 を有するレンズ群と移動量の具体例を示す説明図である。

図 4 7 ( b ) および ( c ) は、第 4 の実施の形態における投射光学系において、フローティング機能 F F と変倍機能 M F に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。図中における数値は図 4 5 における d i に対応する。ここで、f l は、それぞれの焦点距離、は拡大倍率である。

#### 【 0 0 8 2 】

図 4 8 は、第 4 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例を説明図である。図例の非球面係数は、上記 ( 7 ) 式に対応したものである。

#### 【 0 0 8 3 】

図 4 9 は、第 4 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。上述した図 4 4 の横収差における 1 ドットサイズとは、ここに記すサイズを示したものである。

#### 【 0 0 8 4 】

図 5 0 は、第 4 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 4 9 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの T V 歪曲の状態を示した説明図である。

図 5 1 は、第 4 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 4 9 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。なお、図例の変化量等を求める際には、図 1 8 に示した計算式を基にしている。

#### 【 0 0 8 5 】

図 5 2 は、第 4 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

#### 【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

50

以上のような具体的な数値例によって特定される投射光学系 3 によれば、画面シフト機能 S F 1 として、第 1 光学系 L 1 の全体を、光軸と  $\pm 0.1$  mm 垂直に移動させることで、約  $\pm 3\%$  程度の画面シフトを可能とする。また、画面シフト機能 S F 2 として、第 1 光学系 L 1 の一部である第 1 2 光学系 L 1 2 の全体を、光軸と  $\pm 0.1$  mm 垂直に移動させることで、約  $\pm 0.6\%$  程度の画面シフトを可能とする。また、変倍機能 M F として、第 1 1 光学系 L 1 1 を構成する 2 つの群を光軸上に移動させることで、 $\pm 0.3\%$  程度の拡大倍率を変化させる。また、第 1 2 光学系 L 1 2 を構成する第 1 2 a 群 L 1 2 a および第 1 2 b 群 L 1 2 b を、近距離投射時 20 から遠距離投射時 100 への合焦の際、中間像側から 1 次像面側に移動させるフローティング機能 F F を持つ。

【0087】

10

なお、第 4 の実施の形態における構成では、画像変調素子が  $5.6$  mm  $\times$   $5.6$  mm の正方形で構成されており、用途によって縦長の画面あるいは横長の画面を投射できる。したがって、例えば図 5 に示したテーブル上に投射する利用形態の場合に用いて最適なものとなる。

【0088】

< 第 5 の実施の形態 >

図 5 3 は、第 5 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。図例では、基準投射距離時の光路を示している。

また、図 5 4 は、第 5 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。図例では、近距離投射時における第 1 光学系 L 1 のレンズ断面を示している。なお、図中においては、最も拡大側を「拡 (Wide)」、最も縮小側を「縮 (Tele)」としている。

20

図例のように、第 5 の実施の形態における投射光学系 3 は、上述した第 1 の実施の形態の場合と同様に、第 1 1 光学系 L 1 1 の全体を移動させることで、画面シフト機能 S F を実現する。

第 1 1 光学系 L 1 1 は、1 次像面の側から、正の屈折力を持つ第 1 1 a 群 L 1 1 a、正の屈折力を持つ第 1 1 b 群 L 1 1 b、負の屈折力を持つ第 1 1 c 群 L 1 1 c、および、正の屈折力を持つ第 1 1 d 群 L 1 1 d の 4 つのレンズ群で構成されている。このうち、第 1 1 b 群 L 1 1 b および第 1 1 d 群 L 1 1 d が光軸上を移動することで、変倍機能 M F を実現するようになっている。

30

なお、それ以外の構成については、上述した第 1 の実施の形態の場合と同様であるため、ここではその説明を省略する。

【0089】

ここで、第 5 の実施の形態における投射光学系 3 について、具体的な数値例を挙げて、以下にその簡単な説明を行う。

【0090】

図 5 5 は、第 5 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。図中において、一目盛りは 1 ドットサイズをスクリーン上に拡大投射した時の 1 ドットサイズとなる。実線は  $546.1$  nm、点線は  $620$  nm、1 点鎖線は  $460$  nm となる。なお、ここで示す横収差図は、y 方向に移動させたときの横収差図であるが、もちろん移動方向は y 方向に限らず、光軸に垂直であればどの方向でもよい。

40

【0091】

図 5 6 は、第 5 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。図中において、\* 印は非球面を有する面であり、上記の (7) 式に従う。r は曲率半径、d は間隔およびレンズの芯厚、n d は、d 線 ( $587.56$  nm) での屈折率、d は同様に d 線でのアッペ数である。また { 印で纏められたレンズ群はフローティング機能 F F、変倍機能 M F および画面シフト機能 S F に関係するレンズ群である。また、d i はフローティング機能 F F および変倍機能 M F を実現する際に変動するレンズ間隔である。

【0092】

図 5 7 は、第 5 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数 N A、基準投射

50

距離時の最大半画角、最大の1次像面高さ $y$ の具体例を示す説明図である。

【0093】

図58は、第5の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能SF1を有するレンズ群と移動量の具体例を示す説明図である。

図59は、第5の実施の形態における投射光学系において、フローティング機能FFと変倍機能MFに関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。図中における数値は図56における $d_i$ に対応する。ここで、 $f_1$ は、それぞれの焦点距離、 $\beta$ は拡大倍率である。

【0094】

図60は、第5の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例を説明図である。図例の非球面係数は、上記(7)式に対応したものである。

【0095】

図61は、第5の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。上述した図55の横収差における1ドットサイズとは、ここに記すサイズを示したものである。

【0096】

図62は、第5の実施の形態における投射光学系を用いて、図61に示した画像変調素子を2次像面上に拡大投射したときのTV歪曲の状態を示した説明図である。

図63は、第5の実施の形態における投射光学系を用いて、図61に示した画像変調素子を2次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。なお、図例の変化量等を求める際には、図18に示した計算式を基にしている。

【0097】

図64は、第5の実施の形態における投射光学系での条件式(1)~(6)の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【0098】

以上のような具体的な数値例によって特定される投射光学系3によれば、画面シフト機能SFとして、第11光学系L11の全体を、光軸と $\pm 0.1$ mm垂直に移動させることで、約 $\pm 1.7\%$ 程度の画面シフトを可能とする。また、変倍機能MFとして、第11光学系L11における第11b群L11bおよび第11d群L11dを光軸上に移動させることで、 $\pm 10\%$ 程度の拡大倍率を変化させる。また、第12光学系L12を構成する第12a群L12aおよび第12b群L12bを、例えばWide時に、近距離投射時60から遠距離投射時100への合焦の際、中間像側から1次像面側に移動させるフローティング機能FFを持つ。この機能は、縮小側(Tele)でも同様であり、その場合54.55から90.91までの変化となる。

【0099】

<第6の実施の形態>

図65は、第6の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。図例では、基準投射距離時の光路を示している。

また、図66は、第6の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。図例では、近距離投射時における第1光学系L1のレンズ断面を示している。なお、図中においては、最も拡大側を「拡(Wide)」、最も縮小側を「縮(Tele)」としている。

図例のように、第5の実施の形態における投射光学系3は、上述した第1の実施の形態の場合と同様に、第11光学系L11の全体を移動させることで、画面シフト機能SFを実現する。

第11光学系L11は、1次像面の側から、正の屈折力を持つ第11a群L11a、正の屈折力を持つ第11b群L11b、負の屈折力を持つ第11c群L11c、および、正の屈折力を持つ第11d群L11dの4つのレンズ群で構成されている。このうち、第11b群L11b、第11c群L11cおよび第11d群L11dが光軸上を移動することで、変倍機能MFを実現するようになっている。

10

20

30

40

50



なお、それ以外の構成については、上述した第 1 の実施の形態の場合と同様であるため、ここではその説明を省略する。

#### 【0100】

ここで、第 6 の実施の形態における投射光学系 3 について、具体的な数値例を挙げて、以下にその簡単な説明を行う。

#### 【0101】

図 67 は、第 6 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。図中において、一目盛りは 1 ドットサイズをスクリーン上に拡大投射した時の 1 ドットサイズとなる。実線は 546.1 nm、点線は 620 nm、1 点鎖線は 460 nm となる。なお、ここで示す横収差図は、y 方向に移動させたときの横収差図であるが、もちろん移動方向は y 方向に限らず、光軸に垂直であればどの方向でもよい。

10

#### 【0102】

図 68 は、第 6 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。図中において、\*印は非球面を有する面であり、上記の(7)式に従う。r は曲率半径、d は間隔およびレンズの芯厚、nd は、d 線(587.56 nm)での屈折率、d は同様に d 線でのアッペ数である。また{印で纏められたレンズ群はフローティング機能 FF、変倍機能 MF および画面シフト機能 SF に関するレンズ群である。また、di はフローティング機能 FF および変倍機能 MF を実現する際に変動するレンズ間隔である。

#### 【0103】

図 69 は、第 6 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数 NA、基準投射距離時の最大半画角、最大の 1 次像面高さ y の具体例を示す説明図である。

20

#### 【0104】

図 70 は、第 6 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能 SF1 を有するレンズ群と移動量の具体例を示す説明図である。

図 71 は、第 6 の実施の形態における投射光学系において、フローティング機能 FF と変倍機能 MF に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。図中における数値は図 68 における di に対応する。ここで、f1 は、それぞれの焦点距離、は拡大倍率である。

#### 【0105】

図 72 は、第 6 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例を説明図である。図例の非球面係数は、上記(7)式に対応したものである。

30

#### 【0106】

図 73 は、第 6 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。上述した図 67 の横収差における 1 ドットサイズとは、ここに記すサイズを示したものである。

#### 【0107】

図 74 は、第 6 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 73 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの TV 歪曲の状態を示した説明図である。

図 75 は、第 6 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 73 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。なお、図例の変化量等を求める際には、図 18 に示した計算式を基にしている。

40

#### 【0108】

図 76 は、第 6 の実施の形態における投射光学系での条件式(1)~(6)の具体的な数値の一例を示す説明図である。

#### 【0109】

以上のような具体的な数値例によって特定される投射光学系 3 によれば、画面シフト機能 SF として、第 1 1 光学系 L11 の全体を、光軸と ±0.1 mm 垂直に移動させることで、約 ±1.7 % 程度の画面シフトを可能とする。また、変倍機能 MF として、第 1 1 光学系 L11 における第 1 1 b 群 L11b、第 1 1 c 群 L11c および第 1 1 d 群 L11d を光軸上に移動させることで、±20 % 程度の拡大倍率を変化させる。また、第 1 2 光学

50

系 L 1 2 を構成する第 1 2 a 群 L 1 2 a および第 1 2 b 群 L 1 2 b を、例えば Wide 時に、近距離投射時 60 から遠距離投射時 100 への合焦の際、中間像側から 1 次像面に移動させるフローティング機能 F F を持つ。この機能は、縮小側 ( T e l e ) でも同様であり、その場合 49 . 59 から 82 . 65 までの変化となる。

#### 【 0 1 1 0 】

以上に説明した第 1 ~ 第 6 の実施の形態のいずれかの構成を備えることで、半画角 70 度、開口数 0 . 3 近辺の超広角、大口径でありながら、画面シフト機能 S F 、変倍機能 M F およびフローティング機能 F F を投射光学系 3 に持たせること可能となる。しかも、これらの各機能を、小型で、かつ、安価に実現することが可能となる。

#### 【 0 1 1 1 】

なお、超広角、大口径に対応した投射光学系 3 を用いる場合、当該投射光学系 3 を備えて構成された液晶プロジェクタ装置は、設置環境に非常に敏感となる。すなわち、超広角等に非対応の従来型の液晶プロジェクタ装置では気にならなかった振動に反応し、投射された画面が揺れることが生じるおそれがある。

このことから、投射光学系 3 を備えて構成された液晶プロジェクタ装置については、以下に述べる構成を採用することも考えられる。すなわち、画面の振幅を赤外線センサで感知するか、または装置自体に振動を検知させる構造にする。そして、その振幅または振動の情報を、第 1 光学系 L 1 の一部の光学部品を光軸と略垂直に移動させる機構と同期させる。これにより、画面の振動を補正することを可能にする。その場合の赤外線センサ、検知構造、同期させる手段等については、公知技術を利用して実現すればよい。ここで

#### 【 0 1 1 2 】

##### [ 投射光学系の他の構成例 ]

次に、投射光学系 3 の他の構成例を説明する。

大型の曲面反射面を使用する投射光学系 3 の場合、画像変調素子を駆動させる基板や冷却機構等を含めた液晶プロジェクタ装置の全体構成で考えると、その高さ方向の寸法が大きくなりがちである。このことから、当該液晶プロジェクタ装置に用いられる投射光学系 3 については、以下に述べるように構成することが考えられる。

以下、投射光学系 3 の構成について、第 7 ~ 第 10 の実施の形態を例に挙げて順に説明する。

#### 【 0 1 1 3 】

##### < 第 7 の実施の形態 >

図 77 は、第 7 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

図例のように、第 7 の実施の形態における投射光学系 3 は、上述した第 1 の実施の形態の場合と同様に、第 1 光学系 L 1 と第 2 光学系 L 2 とを有している。そして、第 1 光学系 L 1 は、1 次像面の側から第 1 1 光学系 L 1 1 と第 1 2 光学系 L 1 2 とが配されて構成されている。

ただし、第 7 の実施の形態における投射光学系 3 では、上述した第 1 の実施の形態の場合とは異なり、第 1 1 光学系 L 1 1 と第 1 2 光学系 L 1 2 との間に、第 1 平面反射面 M 1 が配置されている。また、第 1 光学系 L 1 と第 2 光学系 L 2 との間に、第 2 平面反射面 M 2 が配置されている。さらには、第 2 光学系 L 2 と 2 次像面との間に、屈折率 n で構成される透過性を持つ平行平板 T が配置されている。

なお、それ以外の構成については、上述した第 1 の実施の形態の場合と同様であるため、ここではその説明を省略する。第 1 平面反射面 M 1、第 2 平面反射面 M 2 および平行平板 T の具体的な構成 ( 形成材料等 ) についても、公知技術を利用して実現すればよい。ここで

#### 【 0 1 1 4 】

第 1 平面反射面 M 1 については、当該第 1 平面反射面 M 1 の y 軸回転角度  $\theta_1$  と、当該第 1 平面反射面 M 1 の x 軸回転角度  $\phi_1$  とが、以下の条件式 ( 8 ) および条件式 ( 9 ) を満たすように配置される。ここで、y 軸回転角度とは、y 軸回りの回転角度のことをいう

。また、 $x$  軸回転角度とは、 $x$  軸回りの回転角度のことをいう。 $y$  軸および  $x$  軸は、液晶プロジェクタ装置の設置面を  $x y$  平面とした場合の当該平面における各基準軸である。

【0115】

$$30^\circ < \theta_1 < 65^\circ \cdots (8)$$

【0116】

$$3^\circ < \theta_1 < 15^\circ \cdots (9)$$

【0117】

上記の条件式(8)、(9)は、液晶プロジェクタ装置の高さ方向( $x y$  平面に直交する  $z$  軸方向。)の寸法を小型化するためのものである。すなわち、条件式(8)の下限に満たない場合には、第11光学系 L11 と第12光学系 L12 が干渉してしまうおそれがある。また、上限を超える場合には、第1平面反射面 M1 と、第11光学系 L11 または第12光学系 L12 とが干渉するおそれがある。一方、条件式(9)の下限に満たない場合には、凹面反射面の高さ方向に対して光源が大きくはみ出してしまい、装置の高さ方向寸法が大型化してしまう。また、上限を超える場合には、画像変調素子を駆動させる基板、あるいは画像変調素子を冷却する部品類が、凹面反射面の高さ方向に対してはみ出してしまうため、装置の高さ方向寸法が大型化する。

10

【0118】

つまり、条件式(8)、(9)で規定されるように、第1平面反射面 M1 は、 $y$  軸および  $x$  軸の両方について、それぞれに回転角度を有する。したがって、 $y$  軸および  $x$  軸のいずれか一方のみに回転角度を有する場合に比べて、 $x y$  平面に垂直な  $z$  軸方向における大きさ、すなわち液晶プロジェクタ装置の高さ方向における大きさを、小さく抑えられるのである。

20

【0119】

この第1平面反射面 M1 については、全反射条件を満たすように構成することもある。このように構成すれば、より明るい光学系を達成したい場合に有効となる。

【0120】

第2平面反射面 M2 については、当該第2平面反射面 M2 の  $y$  軸回転角度  $\theta_2$  と、当該第2平面反射面 M2 の  $x$  軸回転角度  $\phi_2$  とが、以下の条件式(10)および条件式(11)を満たすように配置される。

【0121】

$$20^\circ < \theta_2 < 45^\circ \cdots (10)$$

【0122】

$$3^\circ < \theta_2 < 15^\circ \cdots (11)$$

【0123】

上記の条件式(10)、(11)は、液晶プロジェクタ装置の高さ方向( $x y$  平面に直交する  $z$  軸方向。)の寸法を小型化するためのものである。すなわち、条件式(10)の下限に満たない場合には、第11光学系 L11 と第12光学系 L12 が干渉してしまうおそれがある。また、上限を超える場合には、第2光学系 L2 と画像変調素子との間が離れてしまうため、装置全体の大型化を招く。一方、条件式(11)の上限を超える場合には、凹面反射面の高さ方向に対して光源が大きくはみ出してしまい、装置の高さ方向寸法が大型化してしまう。また、下限に満たない場合には、画像変調素子を駆動させる基板、あるいは画像変調素子を冷却する部品類が、凹面反射面の高さ方向に対してはみ出してしまうため、装置の高さ方向寸法が大型化する。

30

40

【0124】

また、第1平面反射面 M1 および第2平面反射面 M2 については、以下の条件式(12)および条件式(13)を満たすように配置することが望ましい。

【0125】

$$\theta_1 + \theta_2 < 20^\circ \cdots (12)$$

【0126】

$$70^\circ < \theta_1 + \theta_2 < 110^\circ \cdots (13)$$

50

## 【 0 1 2 7 】

上記の条件式 ( 1 2 ) , ( 1 3 ) は、特に光源として水銀ランプを使用する場合に有効となる。すなわち、条件式 ( 1 2 ) , ( 1 3 ) は、光源のアーキ部分を略水平に置くための条件であり、その上下限を超える場合には光源の寿命が急激に悪化することが考えられる。

なお、条件式 ( 1 2 ) に規定される条件は、壁や電子黒板等といった地面と垂直な面が投射面となる場合 (例えば、図 1 参照。) に有効となる。また、条件式 ( 1 3 ) に規定される条件は、テーブル上への投射を行う場合 (例えば、図 5 参照。) に有効となる。

条件式 ( 1 2 ) および条件式 ( 1 3 ) のいずれについても満たす場合には、全ての投射形態に対応可能な構成となる。すなわち、その場合、凹面反射面の裏面側に光源が配置されることになる。

10

## 【 0 1 2 8 】

平行平板 T については、当該平行平板 T の x 軸回転角度  $t$  が、以下の条件式 ( 1 4 ) を満たすように配置される。

## 【 0 1 2 9 】

$$60^\circ < t < 87^\circ \cdots (14)$$

## 【 0 1 3 0 】

防塵効果もあるため、第 2 光学系 L 2 と 2 次像面との間に平行平板 T を挿入することは有効である。ところが、例えば平行平板 T を光軸と略平行に配置すると、2 次像面に入射する光束の 1 部が当該平行平板 T に非常に浅い角度で入射することとなる。そのため、透過率を高めるための反射防止膜上で光束の反射率が高くなり、結果的に明るさの劣化やゴースト発生等を招く原因となり得る。

20

したがって、平行平板 T については、上記の条件式 ( 1 4 ) に規定される範囲で、傾きを与えることが有効となる。すなわち、条件式 ( 1 4 ) の下限を超える角度で平行平板 T を配置すれば、反射率を小さくすることができる。一方、上限を超える場合には、平行平板 T および 2 次光学系 L 2 含めた装置全体の高さが大きくなってしまう。

## 【 0 1 3 1 】

また、平行平板 T の出射直後の位置、すなわち平行平板 T より 2 次像面側の位置には、画像変調素子からの画像情報を完全に遮光できる遮光板を配置するとともに、その遮光板を開閉自在の構造とすることも考えられる。このような構造にしておくことで、電源を切ることなく、使用状況によって、画像情報の ON / OFF を切り換えることが可能となる。

30

## 【 0 1 3 2 】

ここで、第 7 の実施の形態における投射光学系 3 について、具体的な数値例を挙げる。

図 7 8 は、第 7 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 8 ) ~ ( 1 4 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

## 【 0 1 3 3 】

以上のような具体的な数値例によって特定される投射光学系 3 によれば、1 および 2 に角度を持たせることで、液晶プロジェクタ装置を構成した場合の高さ方向寸法を、例えば 130 mm 程度に抑えられるようになる (例えば、図 7 7 ( b ) 参照。 ) 。

40

## 【 0 1 3 4 】

< 第 8 の実施の形態 >

図 7 9 は、第 8 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

図例のように、第 8 の実施の形態における投射光学系 3 は、上述した第 7 の実施の形態の場合と同様に、第 1 平面反射面 M 1、第 2 平面反射面 M 2 および平行平板 T を備えて構成されている。

## 【 0 1 3 5 】

ここで、第 8 の実施の形態における投射光学系 3 について、具体的な数値例を挙げる。

図 8 0 は、第 8 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 8 ) ~ ( 1 4 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

50

## 【 0 1 3 6 】

以上のような具体的な数値例によって特定される投射光学系 3 によれば、平行平板 T の傾きを  $85^\circ$  に設定することで、液晶プロジェクタ装置を構成した場合の高さ方向寸法を、例えば 120 mm 程度に抑えられるようになる（例えば、図 79 (b) 参照。）。

図 81 は、そのときの 2 次像面を含めた光路図の具体例を示す説明図である。なお、図例は、基準投射距離時での光路図であり、80 を投射したときのものである。

## 【 0 1 3 7 】

< 第 9 の実施の形態 >

図 82 は、第 9 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

図例のように、第 9 の実施の形態における投射光学系 3 は、上述した第 8 の実施の形態の場合の構成に加えて、第 2 光学系 L2 から 2 次像面に至る光路上に、1 つの反射面を持つ第 3 平面反射面 M3 が着脱可能に配置されている。

なお、第 3 平面反射面 M3 の具体的な構成（形成材料等）については、公知技術を利用して実現すればよい。ここではその説明を省略する。また、第 3 平面反射面 M3 を着脱可能にする機構についても、特に限定されるものではなく、公知技術を利用して実現すればよい。

## 【 0 1 3 8 】

第 3 平面反射面 M3 については、当該第 3 平面反射面 M3 の x 軸回転角度  $\theta_3$  が、以下の条件式 (15) を満たすように配置される。

## 【 0 1 3 9 】

$-15^\circ < \theta_3 < 0^\circ \cdots (15)$

## 【 0 1 4 0 】

上記の条件式 (15) は、液晶プロジェクタ装置による投射空間を小さくするためのものである。すなわち、条件式 (15) が規定する範囲に収まるように、第 3 平面反射面 M3 を配置することで、当該第 3 平面反射面 M3 を大きくすることなく、投射空間を小さくすることが可能となる。具体的には、条件式 (15) の下限に満たない場合、第 3 平面反射面 M3 から 2 次像面に向かう光束が、投射光学系 3 と干渉することになる。一方、上限を超える場合には、第 3 平面反射面 M3 の大型化を招く。

## 【 0 1 4 1 】

また、第 3 平面反射面 M3 については、取り外し可能な機構を持たせることで、用途に合わせて投射空間を変えることが可能となる。さらには、第 3 平面反射面 M3 の裏面で光束を反射させることによって、使用者が直接蒸着膜に触れることがなくなるため、取り扱いが容易になる。

## 【 0 1 4 2 】

ここで、第 9 の実施の形態における投射光学系 3 について、具体的な数値例を挙げる。

図 83 は、第 9 の実施の形態における投射光学系での条件式 (8) ~ (15) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

このように、第 9 の実施の形態における投射光学系 3 によれば、条件式 (8) ~ (15) の全てを満たすことで、小型で投射空間も狭い液晶プロジェクタ装置を提供することができる。

## 【 0 1 4 3 】

図 84 は、第 9 の実施の形態における投射光学系を用いて液晶プロジェクタ装置を構成した場合の 2 次像面を含めた光路図の具体例を示す説明図である。図例は、基準投射距離時での光路図であり、80 を投射したときのものである。

図例のように、第 3 平面反射面 M3 を設置することで、液晶プロジェクタ装置を構成した場合の投射空間を、上述した第 8 の実施の形態の場合（図 81 参照。）の 800 mm から 590 mm へと大幅に小さくすることが可能になる。

## 【 0 1 4 4 】

なお、第 3 平面反射面 M3 を設置する場合については、当該第 3 平面反射面 M3 を平行平板で構成するとともに、第 2 光学系 L2 から 2 次像面に至る光路間に 2 回の透過と 1 回

10

20

30

40

50

の反射を繰り返すように構成することが考えられる。

【 0 1 4 5 】

< 第 1 0 の実施の形態 >

図 8 5 は、第 1 0 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

図例のように、第 1 0 の実施の形態における投射光学系 3 は、上述した第 7 の実施の形態の場合と略同様に構成されているが、第 1 平面反射面 M 1 として全反射プリズム T I R を使用している点が異なる。それ以外の構成については、上述した第 7 の実施の形態の場合と同様であるため、ここではその説明を省略する。また、全反射プリズム T I R についても、公知技術を利用して実現すればよいため、ここではその説明を省略する。

【 0 1 4 6 】

ここで、第 1 0 の実施の形態における投射光学系 3 について、具体的な数値例を挙げる。

図 8 6 は、第 1 0 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 8 ) ~ ( 1 4 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【 0 1 4 7 】

以上のような具体的な数値例によって特定される投射光学系 3 によれば、 1 および 2 に角度を持たせることで、液晶プロジェクタ装置を構成した場合の高さ方向寸法を、例えば 1 3 0 m m 程度に抑えられるようになる ( 例えば、図 8 5 ( b ) 参照。 ) 。

【 0 1 4 8 】

なお、上述した各実施の形態では、本発明の好適な実施具体例を説明したが、本発明はその内容に限定されることはない。

特に、第 1 ~ 第 1 0 の実施の形態で例示した各部の具体的な形状および数値は、本発明を実施するに際して行う具体化のほんの一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

また、例えば、上述した各実施の形態では、投射型画像表示装置として液晶プロジェクタ装置を例に挙げて説明したが、他の投射型画像表示装置、すなわち画像変調素子として液晶パネル以外を用いたものであっても、全く同様に本発明を適用することが可能である。

さらに、例えば、上述した各実施の形態では、投射型画像表示装置の光学系として好適な投射光学系について説明したが、撮像装置 ( 例えば、デジタルカメラ、監視用カメラ、書画カメラ。 ) 用の光学系としても勿論使用可能である。

このように、本発明は、本実施形態で説明した内容に限定されることはなく、その要旨を逸脱しない範囲で、適宜変更することが可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 4 9 】

【 図 1 】 超広角対応の液晶プロジェクタ装置の利点についての説明図 ( その 1 ) である。

【 図 2 】 超広角対応の液晶プロジェクタ装置の利点についての説明図 ( その 2 ) である。

【 図 3 】 超広角対応の液晶プロジェクタ装置の利点についての説明図 ( その 3 ) である。

【 図 4 】 超広角対応の液晶プロジェクタ装置の利点についての説明図 ( その 4 ) である。

【 図 5 】 超広角対応の液晶プロジェクタ装置の利点についての説明図 ( その 5 ) である。

【 図 6 】 液晶プロジェクタ装置の概略構成例を示す説明図である。

【 図 7 】 液晶プロジェクタ装置における光源および照明光学系の概略構成例を示す説明図である。

【 図 8 】 第 1 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す光路図である。

【 図 9 】 第 1 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。

【 図 1 0 】 第 1 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。

【 図 1 1 】 第 1 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。

。

【 図 1 2 】 第 1 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数 N A 、基準投射距離時の最大半画角  $\theta$  、最大の 1 次像面高さ y の具体例を示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3】第 1 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能を有するレンズ群と移動量の具体例と、フローティング機能と変倍機能に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。

【図 1 4】第 1 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例を説明図である。

【図 1 5】第 1 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。

【図 1 6】第 1 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 1 5 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの TV 歪曲の状態を示した説明図である。

【図 1 7】第 1 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 1 5 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。

【図 1 8】2 次像面上における対角サイズ、画歪等の変化量等を求める際に基にした計算式の具体例を示す説明図である。

【図 1 9】第 1 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【図 2 0】第 2 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

【図 2 1】第 2 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。

【図 2 2】第 2 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。

【図 2 3】第 2 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。

【図 2 4】第 2 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数 NA、基準投射距離時の最大半画角、最大の 1 次像面高さ y の具体例を示す説明図である。

【図 2 5】第 2 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能を有するレンズ群と移動量の具体例と、フローティング機能と変倍機能に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。

【図 2 6】第 2 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例を説明図である。

【図 2 7】第 2 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。

【図 2 8】第 2 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 2 7 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの TV 歪曲の状態を示した説明図である。

【図 2 9】第 2 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 2 7 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。

【図 3 0】第 2 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【図 3 1】第 3 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

【図 3 2】第 3 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。

【図 3 3】第 3 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。

【図 3 4】第 3 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。

【図 3 5】第 3 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数 NA、基準投射距離時の最大半画角、最大の 1 次像面高さ y の具体例を示す説明図である。

【図 3 6】第 3 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能を有するレンズ群と移動量の具体例と、フローティング機能と変倍機能に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。

【図 3 7】第 3 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例を説明図である。

【図 3 8】第 3 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。

【図 3 9】第 3 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 3 8 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの TV 歪曲の状態を示した説明図である。

10

20

30

40

50

【図 4 0】第 3 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 3 8 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。

【図 4 1】第 3 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【図 4 2】第 4 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

【図 4 3】第 4 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。

【図 4 4】第 4 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。

【図 4 5】第 4 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。

10

【図 4 6】第 4 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数  $NA$ 、基準投射距離時の最大半画角、最大の 1 次像面高さ  $y$  の具体例を示す説明図である。

【図 4 7】第 4 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能を有するレンズ群と移動量の具体例と、フローティング機能と変倍機能に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。

【図 4 8】第 4 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例の説明図である。

【図 4 9】第 4 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。

【図 5 0】第 4 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 4 9 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの TV 歪曲の状態を示した説明図である。

20

【図 5 1】第 4 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 4 9 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。

【図 5 2】第 4 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【図 5 3】第 5 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

【図 5 4】第 5 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。

【図 5 5】第 5 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。

【図 5 6】第 5 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である。

30

【図 5 7】第 5 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数  $NA$ 、基準投射距離時の最大半画角、最大の 1 次像面高さ  $y$  の具体例を示す説明図である。

【図 5 8】第 5 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能を有するレンズ群と移動量の具体例を示す説明図である。

【図 5 9】第 5 の実施の形態における投射光学系において、フローティング機能と変倍機能に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。

【図 6 0】第 5 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例の説明図である。

【図 6 1】第 5 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。

【図 6 2】第 5 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 6 1 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの TV 歪曲の状態を示した説明図である。

40

【図 6 3】第 5 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 6 1 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。

【図 6 4】第 5 の実施の形態における投射光学系での条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【図 6 5】第 6 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

【図 6 6】第 6 の実施の形態における投射光学系の要部構成例を示す説明図である。

【図 6 7】第 6 の実施の形態における投射光学系による横収差図である。

【図 6 8】第 6 の実施の形態における投射光学系のレンズデータの具体例の説明図である

50



。

【図 6 9】第 6 の実施の形態における投射光学系の 1 次像面側の開口数  $NA$ 、基準投射距離時の最大半画角、最大の 1 次像面高さ  $y$  の具体例を示す説明図である。

【図 7 0】第 6 の実施の形態における投射光学系において、画面シフト機能を有するレンズ群と移動量の具体例を示す説明図である。

【図 7 1】第 6 の実施の形態における投射光学系において、フローティング機能と変倍機能に関するレンズ間隔の具体例を示す説明図である。

【図 7 2】第 6 の実施の形態における投射光学系に対応する非球面係数の具体例を説明図である。

【図 7 3】第 6 の実施の形態における画像変調素子の具体例を示す説明図である。

10

【図 7 4】第 6 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 7 3 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射したときの TV 歪曲の状態を示した説明図である。

【図 7 5】第 6 の実施の形態における投射光学系を用いて、図 7 3 に示した画像変調素子を 2 次像面上に拡大投射した時の、対角サイズ、画歪等の変化量の具体例を示す説明図である。

【図 7 6】第 6 の実施の形態における投射光学系での条件式 (1) ~ (6) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【図 7 7】第 7 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

【図 7 8】第 7 の実施の形態における投射光学系での条件式 (8) ~ (14) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

20

【図 7 9】第 8 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

【図 8 0】第 8 の実施の形態における投射光学系での条件式 (8) ~ (14) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【図 8 1】第 8 の実施の形態における投射光学系を用いて液晶プロジェクタ装置を構成した場合の 2 次像面を含めた光路図の具体例を示す説明図である。

【図 8 2】第 9 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

【図 8 3】第 9 の実施の形態における投射光学系での条件式 (8) ~ (15) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【図 8 4】第 9 の実施の形態における投射光学系を用いて液晶プロジェクタ装置を構成した場合の 2 次像面を含めた光路図の具体例を示す説明図である。

30

【図 8 5】第 10 の実施の形態における投射光学系の概略構成例を示す説明図である。

【図 8 6】第 10 の実施の形態における投射光学系での条件式 (8) ~ (14) の具体的な数値の一例を示す説明図である。

【図 8 7】スクリーンに対する入射角の説明図である。

【図 8 8】従来型の液晶プロジェクタ装置で使用される画面シフト機能の一具体例の説明図である。

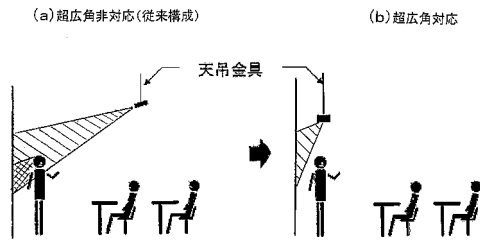
【符号の説明】

【0150】

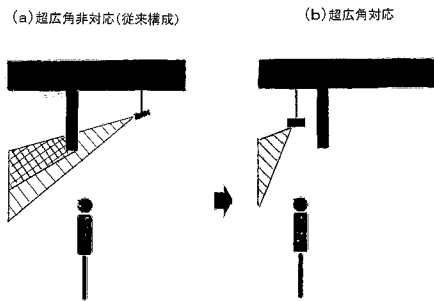
1 ... 光源、2 ... 照明光学系、3 ... 投射光学系、P ... 画像変調素子 (液晶パネル)、L1 ... 第 1 光学系、L2 ... 第 2 光学系、L11 ... 第 1 1 光学系、L12 ... 第 1 2 光学系、L11a ... 第 1 1 a 群、L11b ... 第 1 1 b 群、L11c ... 第 1 1 c 群、L11d ... 第 1 1 d 群、L12a ... 第 1 2 a 群、L12b ... 第 1 2 b 群、SF ... 画面シフト機能、MF ... 変倍機能、FF ... フローティング機能、M1 ... 第 1 平面反射面、M2 ... 第 2 平面反射面、M3 ... 第 3 平面反射面、T ... 平行平板

40

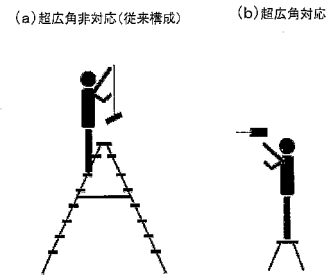
【図 1】



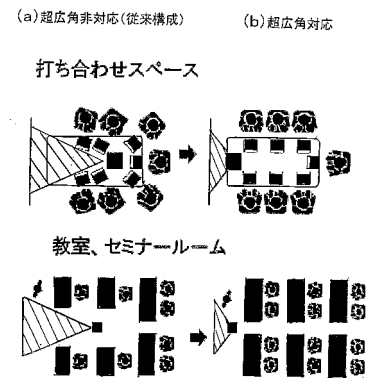
【図 2】



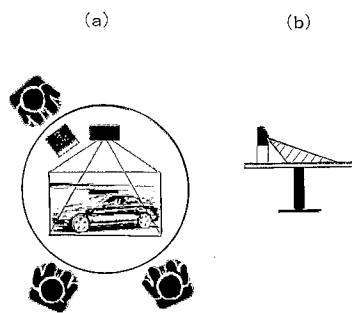
【図 3】



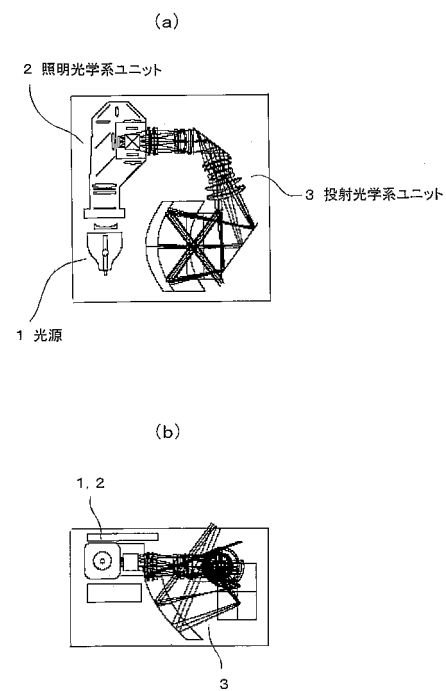
【図 4】



【図 5】



【図 6】





【図 13】

(a)  $\phi$  SF (画面シフト機能)  
倍率範囲 画3~14  
倍率量  $\pm 0.4\text{mm}$

(b) OFF (オートフocusing機能)

	近距離	基準	遠距離
H	4.883	4.888	4.548
$\phi$	75.964	127.020	214.313
$\phi 7$	23.179	23.179	23.179
$\phi 14$	25.000	25.000	25.000
$\phi 15$	25.374	23.048	21.500
$\phi 23$	10.930	8.989	3.702
$\phi 25$	2.200	8.567	13.301
$\phi 28$	-445.738	-877.122	-1077.184

(c) OMF (変倍機能)

	拡大側	縮小側
H	4.678	4.704
$\phi$	127.470	126.524
$\phi 7$	22.682	23.499
$\phi 14$	25.257	24.880
$\phi 15$	23.048	23.048
$\phi 23$	5.509	3.500
$\phi 25$	8.567	8.597
$\phi 28$	-877.122	-877.122

【図 14】

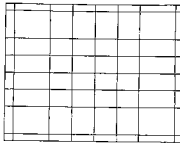
非球面係数

	K	A1	A2	A4	A6	A8	A10	A12	A14
26	3.500	0.000	0.000	4.53030E-08	-2.16510E-08	9.19828E-11	-1.31750E-13	2.03640E-16	-8.78013E-20
27	-23.700	0.000	0.000	-8.22168E-08	-4.29238E-08	3.77874E-11	-8.29723E-14	8.17900E-17	-3.28170E-20
29	-1.900	-8.51419E-04	4.18840E-04	-8.87253E-08	-5.29131E-12	1.30789E-15	-1.31569E-19	8.54527E-24	-1.31209E-28

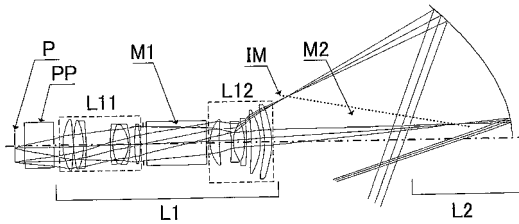
【図 15】

ドットサイズ( $\mu\text{m}$ )	12.8000
縦方向長さ	12.8000
横方向長さ	8.8000
光軸-実写中心距離	-8.5155

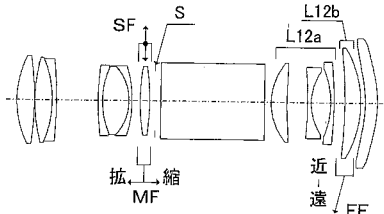
【図 16】



【図 20】



【図 21】



【図 17】

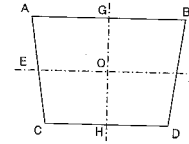
(a)  $\phi$  合形変倍/倍率サイズ/画面位置

	近距離	基準	遠距離
対角サイズ	48.5°	80°	135°
倍率V(%)	-0.237%	0.021%	0.185%

(b)  $\phi$  基準投射距離時からの変化量

	MF(変倍機能)	SF(画面シフト機能)
倍率V(%)	0.01%	-0.01%
縦サイズ(%)	0.34%	-0.38%
横サイズ(%)	0.35%	-0.7%
倍率(%)	-0.22%	0.24%

【図 18】



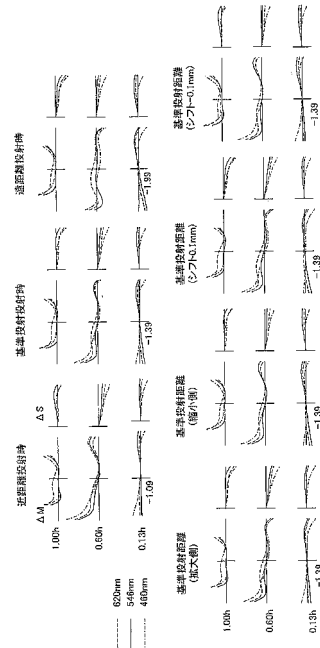
・対角サイズ ABもしくはBCの長さ  
・台形V(%) =  $(AB-CD)/(AB+CD) \times 100$

変倍機能および画面シフト機能時の変化量について  
・台形V(%) = (上記機能を持ちいた時の台形V) - (基準投射距離時の台形V)  
・縦サイズ(%) =  $[(\text{上記機能を持ちいた時の縦分EF}) - (\text{基準投射距離時の縦分EF})] \div (\text{基準投射距離時の縦分EF}) \times 100$   
・横サイズ(%) =  $[(\text{上記機能を持ちいた時の横分GH}) - (\text{基準投射距離時の横分GH})] \div (\text{基準投射距離時の横分GH}) \times 100$   
・縦位置(%) = (基準投射距離時から上記機能を持ちいた時の点Oの変位量)  $\div$  (基準投射距離時の縦分GH)  $\times 100$

【図 19】

(1)	$0.2 <  \phi s / \phi 1  < 1.2$	0.60
(2)	$0.2 <  \phi m / \phi 1  < 0.9$	0.36
(3)	$0.2 <  \phi 12b / \phi 12  < 3.0$	2.08
(4)	$0.2 <  \phi 12b / \phi 12a  < 1.0$	0.77
(5)	$1.5 < M12b / M12a < 7.0$	2.87
(6)	$3 < DM / Dy$	7.82

【図 22】



【図 2 3】

	FF	MF	SF	r	d	nd	γd	備考
1次像面								
1				inf	8.000			
2				inf	24.000	1.51680	64.2	色合成プリズム等
3				inf	7.354			
4				43.3728	8.300	1.48749	70.4	
5				-128.4949	0.300			
6				74.9578	8.100	1.48749	70.4	
7				-46.3365	2.200	1.89919	46.7	
8				-165.4219	18.800			
9				135.8500	2.000	1.80910	33.3	
10				35.2368	12.300	1.48749	70.4	
11				-87.3889	1.500	1.74330	49.2	
12				-48.2879	(d1)			
13				89.1242	4.500	1.53172	48.8	
14				-95.5953	(d18)			
15				inf	2.700			第1平面反射面を配置
16				inf	25.000	1.51680	64.2	
17				inf	24.000	1.51680	64.2	
18				inf	2.100			
19				27.1590	7.500	1.51680	64.2	
20				211.6871	8.650			
21				-156.0770	1.700	1.71900	59.3	
22				25.6785	5.200			
23				-35.9484	1.800	1.89890	55.5	
24				-151.5485	(d23)			
25				-191.3999	7.400	1.87930	47.2	
26				-47.3124	(d25)			
27				-53.0010	5.800	1.53113	55.7	
28				-49.8521	66.000			
29				inf	120.000			第2平面反射面を配置
30				-74.4543	(d29) (反射面)			
2次像面				inf				

\*\*\*非球面  
○...ダミー面

【図 2 5】

(a) ODF(前面シフト機能)  
瞳孔位置 縦12~13  
瞳孔位置 ±0.1mm

(b) ODF(フォーチャングレージ)  
瞳孔位置 基準 瞳孔位置  
B 5.526 5.438 5.339  
B 87.313 111.175 158.750  
d11 3.789 3.789 3.789  
d13 2.500 2.500 2.500  
d23 5.120 3.850 1.985  
d25 2.150 3.850 5.266  
d29 -52.1888 -648.194 -868.027

(c) ODF(変倍機能)  
瞳孔位置 拡大側 縮小側  
B 5.418 5.460  
B 111.601 110.649  
d11 3.456 4.123  
d13 2.333 2.167  
d23 3.650 3.870  
d25 3.600 3.629  
d29 -648.194 -648.194

【図 2 6】

光線追跡値	K	A4	A9	A8	A10	A12	A14
26	-2.750	8.37414E-09	-3.04633E+08	1.50520E+10	-3.64217E+13	4.28080E+16	-2.01825E+19
27	-6.890	-2.73534E-06	-8.33555E-09	7.48002E-11	-1.73348E-13	1.84222E-16	-7.87470E-20
28	-2.300	-1.57032E-07	7.47411E-12	-2.22322E-16	-1.84878E-20	1.84888E-24	-4.80455E-28

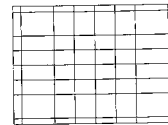
【図 2 4】

1次像面像距 NA	0.59100
最大平面角 φ	69.04deg
最大物体高 y	-13.0mm

【図 2 7】

ドットサイズ (mm)	12.5000
機方向長さ	12.8000
機方向長さ	9.6000
光軸-機方向距離	-5.5133

【図 2 8】

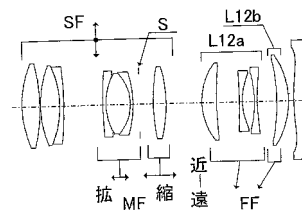


【図 2 9】

(a) 台形面V/面周サイズ/面周位置  
近距離 基準 遠距離  
対角サイズ 55° 70° 100°  
台形V(%) -0.023% 0.007% 0.103%

(b) 基準投影距離時からの変化量  
MF(変倍機能) SF(前面シフト機能)  
拡大側 縮小側 ±0.1mm ±0.1mm  
台形V(%) 0.01% -0.01% 0.00% 0.00%  
傾斜サイズ(%) 0.42% -0.42% 0.00% 0.00%  
傾斜サイズ(%) 0.43% -0.43% 0.02% -0.02%  
傾斜面(%) -0.28% 0.03% -0.65% 0.65%

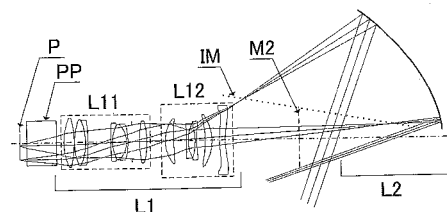
【図 3 2】



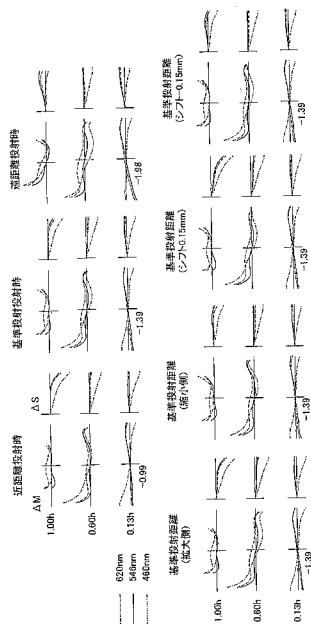
【図 3 0】

(1)	$0.2 <  \phi_s / \phi_1  < 1.2$	0.40
(2)	$0.2 <  \phi_m / \phi_1  < 0.9$	0.40
(3)	$0.2 <  \phi_{12b} / \phi_{12}  < 3.0$	1.71
(4)	$0.2 <  \phi_{12b} / \phi_{12a}  < 1.0$	0.59
(5)	$1.5 < M12b / M12a < 7.0$	(-)
(6)	$3 < DM / Dy$	7.92

【図 3 1】



【 図 3 3 】



【 図 3 4 】

次数項	FF	MF	SF	r	d	mf	陽極
1				inf	9.600		
2				inf	24.200	1.58160	64.2
3				inf	5.900		
4				48.89008	4.800	1.47489	70.4
5				-75.6483	0.300		
6				49.40556	8.900	1.48749	70.4
7				-43.8545	2.000	1.80010	40.7
8				(d?)			
9				187.8541	1.400	1.80510	33.3
10				27.7428	11.400	1.48749	70.4
11				-20.4141	1.200	1.74350	49.2
12				-46.1282	3.000		
13				inf	(d?)		
14				80.1390	8.000	1.52172	68.8
15				-99.0059	1.400		
16				29.2552	6.900	1.58913	41.3
17				197.6588	10.500		
18				-235.6092	1.400	1.71300	52.9
19				23.7856	5.950		
20				-47.6174	1.400	1.89890	55.5
21				117.7114	(d?)		
22				-80.4028	5.900	1.70154	41.2
23				-35.3818	(d?)		
24				76.7914	4.800	1.53113	58.7
25				49.3028	176.800		
26				-69.7195	(d?)	(反対側)	
27				inf			

☆ 2次項端

☆ \*\*\* 1次項端

【 図 3 5 】

1次像面側開口數NA	0.32100
最大半面角 $\omega$	70.0deg.
最大物體高 $y$	-13.0mm

【 図 3 6 】

(a)

OFI(寄託/引当増損)

	近前期	基準	過前期
$\mu$	5,236	5,100	6,652
$\sigma$	79,735	111,195	119,795

(b)

OFI(フロー・ストック増損)

	近前期	基準	過前期
d7	18,353	18,353	18,353
d12	8,434	8,434	8,434
d14	14,519	14,519	13,507
d20	9,078	8,804	4,384
d22	2,360	8,159	10,052
d25	-485,856	-817,634	-842,188

(c)

CMF(表債償還)

	拡大前	縮小前
$\mu$	5,125	5,195
$\sigma$	11,319	110,331

(d)

CMF(表債償還)

	近前期	基準	過前期
d7	18,811	18,811	18,811
d12	6,129	10,516	6,384
d14	15,397	14,431	14,431
d20	5,904	8,804	8,804
d22	6,199	6,199	6,199
d25	-817,634	-817,634	-817,634

【 図 3 7 】

	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
23	-0.730	-1.59453E-05	3.11069E-06	-1.07350E-10	1.98334E-13	-1.36815E-16	-4.80572E-20
24	-5.300	-1.21434E-05	3.13656E-08	-1.12055E-10	2.47557E-13	-2.85639E-16	1.23990E-19
25	-2.700	-3.57712E-07	4.22822E-11	-4.82512E-15	3.65136E-19	-1.68167E-23	3.37598E-28

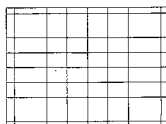
【 図 3 8 】

ドットサイズ( $\mu\text{m}$ )	12.5000
横方向長さ	12.8000
縦方向長さ	9.6000
光軸～素子中心距離	-6.5155

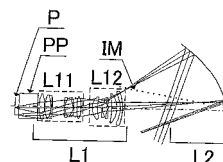
【 図 4 1 】

(1)	$0.2 <  \phi_s / \phi_1  < 1.2$	0.55
(2)	$0.2 <  \phi_m / \phi_1  < 0.9$	0.36
(3)	$0.2 <  \phi_{12b} / \phi_{12}  < 3.0$	1.21
(4)	$0.2 <  \phi_{12b} / \phi_{12a}  < 1.0$	0.67
(5)	$1.5 < M_{12b} / M_{12a} < 7.0$	2.55
(6)	$3 < DM/Dy$	7.62

【 図 3 9 】



【 図 4 2 】



【 図 4 0 】

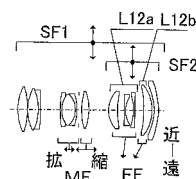
○合形歪/面歪サイズ/面歪位置

	波距離	基準	連距離
対角サイズ	50°	70°	100°
合形V%	-0.854%	-0.000%	0.281%

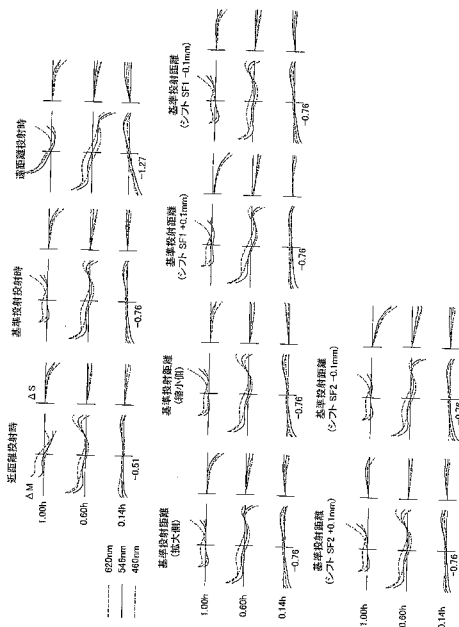
○基準射影制御時からの変化量

	MF(受信情報)	SP(受信ソフト機能)
	前々値	給小値
合形V%	0.03%	-0.02%
横サイズ%	0.70%	-0.70%
縦サイズ%	-0.71%	-0.72%
縦傾角%	-0.46%	0.28%

【 図 4 3 】



【図 4 4】



【図 4 5】

1次像面	FF	MF	SF1	SF2	r	d	nd	vd	備考
1					inf	3.000			
2					inf	15.000	1.51680	64.2	色合成プリズム等
3					241.925	4.600	1.48749	70.4	
4					-35.8953	0.150			
5					21.9535	5.000	1.48749	70.4	
6					-22.6092	0.900	1.80610	40.7	
7					-107.1710	(d07)			
8					57.4234	0.700	1.80610	33.3	
9					12.8362	6.400	1.48749	70.4	
10					-10.2055	0.700	1.74330	48.2	
11					-24.5966	1.000			
12					inf	(d12)			絞り
13					36.3408	3.400	1.58732	42.8	
14					-25.3919	(d14)			
15					12.6912	4.300	1.58913	61.2	
16					35.7855	3.150			
17					-614.8298	0.700	1.71900	58.9	
18					11.7080	3.750			
19					-22.9035	0.700	1.89680	55.5	
20					405.9433	(d20)			
21					-48.9423	3.300	1.67003	47.2	
22					-18.5300	(d22)			
23					-18.7122	1.800	1.53113	55.7	
24					-27.3105	83.500			
25					-32.2240	(d25)			(反射面)
26像面					inf				

\*...非球面

【図 4 6】

1次像面開口率NA	0.31000
最大半面角 $\alpha$	71.5deg.
最大物体高 y	-7.0mm

【図 4 7】

準直線位置	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14
23	-5.000	1.17376E-05	-7.97577E-07	8.23825E-09	-2.67789E-11	-1.34707E-13	4.90265E-16
24	-20.000	-3.05311E-05	1.11177E-07	-2.32623E-10	1.59444E-11	-1.55388E-13	3.61184E-16
25	-2.500	-2.80548E-06	1.83356E-09	-5.77510E-13	1.74229E-15	-3.17166E-17	2.55321E-19

【図 4 8】

ドットサイズ( $\mu$ m)	7.0000
機方向長さ	5.8000
機方向長さ	5.8000
光軸-光子中心距離	-4.31156 ①
光軸-電子中心距離	-3.8780 ②

【図 4 9】

(a)	OSF1(画面シフト増幅) 倍率範囲 画5~24 倍率差 $\Delta \sim 0.1$ mm	OSF2(画面シフト増幅) 倍率範囲 画15~24 倍率差 $\Delta \sim 0.1$ mm																																				
(b)	OFF(フローティング機能) <table border="1" data-bbox="293 1236 413 1312"> <thead> <tr> <th></th><th>近距離</th><th>基準</th><th>遠距離</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H</td><td>7.904</td><td>2.568</td><td>2.521</td></tr> <tr> <td><math>\beta</math></td><td>72.571</td><td>108.857</td><td>181.426</td></tr> <tr> <td>d7</td><td>9.549</td><td>9.549</td><td>6.549</td></tr> <tr> <td>d12</td><td>1.362</td><td>1.362</td><td>1.362</td></tr> <tr> <td>d14</td><td>8.363</td><td>8.112</td><td>9.234</td></tr> <tr> <td>d20</td><td>4.306</td><td>3.179</td><td>1.791</td></tr> <tr> <td>d22</td><td>1.150</td><td>2.828</td><td>4.803</td></tr> <tr> <td>d25</td><td>-211.428</td><td>-298.314</td><td>-473.726</td></tr> </tbody> </table>		近距離	基準	遠距離	H	7.904	2.568	2.521	$\beta$	72.571	108.857	181.426	d7	9.549	9.549	6.549	d12	1.362	1.362	1.362	d14	8.363	8.112	9.234	d20	4.306	3.179	1.791	d22	1.150	2.828	4.803	d25	-211.428	-298.314	-473.726	
	近距離	基準	遠距離																																			
H	7.904	2.568	2.521																																			
$\beta$	72.571	108.857	181.426																																			
d7	9.549	9.549	6.549																																			
d12	1.362	1.362	1.362																																			
d14	8.363	8.112	9.234																																			
d20	4.306	3.179	1.791																																			
d22	1.150	2.828	4.803																																			
d25	-211.428	-298.314	-473.726																																			
(c)	OWF(変倍機能) <table border="1" data-bbox="293 1299 413 1312"> <thead> <tr> <th></th><th>拡大</th><th>縮小</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H</td><td>2.591</td><td>1.571</td></tr> <tr> <td><math>\beta</math></td><td>108.220</td><td>108.494</td></tr> <tr> <td>d7</td><td>9.522</td><td>9.587</td></tr> <tr> <td>d12</td><td>1.262</td><td>1.458</td></tr> <tr> <td>d14</td><td>8.500</td><td>8.728</td></tr> <tr> <td>d20</td><td>3.179</td><td>3.179</td></tr> <tr> <td>d22</td><td>2.828</td><td>2.828</td></tr> <tr> <td>d25</td><td>-298.314</td><td>-298.314</td></tr> </tbody> </table>		拡大	縮小	H	2.591	1.571	$\beta$	108.220	108.494	d7	9.522	9.587	d12	1.262	1.458	d14	8.500	8.728	d20	3.179	3.179	d22	2.828	2.828	d25	-298.314	-298.314										
	拡大	縮小																																				
H	2.591	1.571																																				
$\beta$	108.220	108.494																																				
d7	9.522	9.587																																				
d12	1.262	1.458																																				
d14	8.500	8.728																																				
d20	3.179	3.179																																				
d22	2.828	2.828																																				
d25	-298.314	-298.314																																				

【図 5 0】



【図 5 1】

○合形変倍/画面サイズ/画面設置

	画面設置	変倍	画面サイズ
対角サイズ	20°	30°	50°
変倍率(V%)	-0.86%	-0.01%	0.239%

○基準投材距離時からの変化量

	MF(変倍機能)	SF1(画面シフト増幅)	SF2(画面シフト増幅)	
	拡大側	縮小側	+0.1mm -0.1mm	+0.1mm -0.1mm
合形変倍	0.01%	-0.01%	0.06%	-0.05%
画面サイズ	0.02%	-0.03%	0.09%	-0.08%
画面設置	0.3%	-0.2%	0.31%	-0.30%
投材距離	-0.2%	0.3%	-2.5%	2.51%

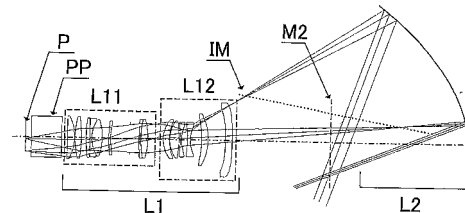
○基準投材距離時からの変化量

	MF(変倍機能)	SF1(画面シフト増幅)	SF2(画面シフト増幅)	SF3(画面シフト増幅)
	拡大側	縮小側	+0.1mm -0.1mm	+0.1mm -0.1mm
合形変倍	0.01%	-0.01%	0.06%	-0.05%
画面サイズ	0.02%	-0.03%	0.09%	-0.08%
画面設置	0.3%	-0.2%	0.31%	-0.30%
投材距離	-0.2%	0.3%	-2.5%	2.51%

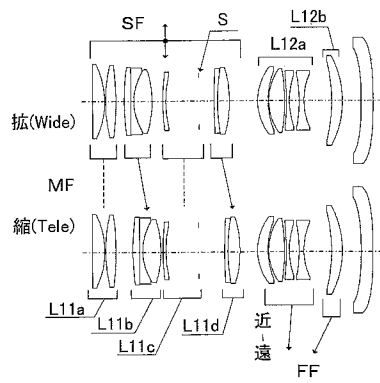
【図 5 2】

(1)	$0.2 <  \phi s / \phi 1  < 1.2$	1.00(SF1)
(2)	$0.2 <  \phi m / \phi 1  < 0.9$	0.35(SF2)
(3)	$0.2 <  \phi 12b / \phi 12  < 3.0$	0.97
(4)	$0.2 <  \phi 12b / \phi 12a  < 1.0$	0.57
(5)	$1.5 < M12b / M12a < 7.0$	3.21
(6)	$3 < DM / Dy$	7.03

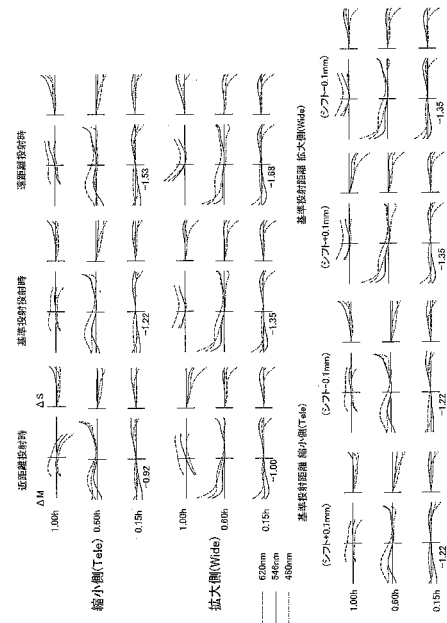
【図 5 3】



【図 5 4】



【図 5 5】



【図 5 6】

1次像面	FF	MF	SF	r	d	nd	v.d	備考
1				inf	4.809			色合成プリズム等
2				inf	24.000	1.51680	64.2	
3				inf	4.700			
4				inf	5.700	1.48749	70.4	
5				-57.3382	0.400			
6				71.8311	5.000	1.52041	60.3	
7				-113.0078	(d8)			
8				113.2983	3.100	1.58913	61.3	
9				-107.7752	1.500	1.55910	53.3	
10				25.5342	8.500	1.48749	70.4	
11				-45.8074	(d10)			
12				124.7872	1.900	1.80610	40.7	
13				54.9625	15.500			
14				inf	(d13)			反射
15				314.5893	1.500	1.75520	27.5	
16				83.8908	5.700	1.74330	43.2	
17				-57.3966	(d16)			
18				25.0291	5.000	1.48749	70.4	
19				35.5616	0.300			
20				25.7711	7.400	1.51742	52.2	
21				-68.9810	0.900			
22				-110.0613	1.300	1.74330	43.2	
23				35.9734	4.650			
24				-59.5703	2.200	1.74330	43.2	
25				30.9805	(d24)			
26				-74.9467	5.100	1.81293	37.0	
27				-43.4005	(d26)			
28				-163.7173	5.300	1.53113	55.7	
29				-411.2380	187.500			
30				-74.2067	(d29) (反射面)			
31				inf	0.000			

\* ...非球面

【図 5 9】

O/F(ワローテング性能)

O/MF(波長依存性)

近距離設計時

基準設計時

遠距離設計時

縮小側(Tele)

Mid

拡大側(Wide)

f

β

d8

d10

d13

d16

d24

d26

d29

d30

d31

d32

d33

d34

d35

d36

d37

d38

d39

d40

d41

d42

d43

d44

d45

d46

d47

d48

d49

d50

d51

d52

d53

d54

d55

d56

d57

d58

d59

d60

d61

d62

d63

d64

d65

d66

d67

d68

d69

d70

d71

d72

d73

d74

d75

d76

d77

d78

d79

d80

d81

d82

d83

d84

d85

d86

d87

d88

d89

d90

d91

d92

d93

d94

d95

d96

d97

d98

d99

d100

d101

d102

d103

d104

d105

d106

d107

d108

d109

d110

d111

d112

d113

d114

d115

d116

d117

d118

d119

d120

d121

d122

d123

d124

d125

d126

d127

d128

d129

d130

d131

d132

d133

d134

d135

d136

d137

d138

d139

d140

d141

d142

d143

d144

d145

d146

d147

d148

d149

d150

d151

d152

d153

d154

d155

d156

d157

d158

d159

d160

d161

d162

d163

d164

d165

d166

d167

d168

d169

d170

d171

d172

d173

d174

d175

d176

d177

d178

d179

d180

d181

d182

d183

d184

d185

d186

d187

d188

d189

d190

d191

d192

d193

d194

d195

d196

d197

d198

d199

d200

d201

d202

d203

d204

d205

d206

d207

d208

d209

d210

d211

d212

d213

d214

d215

d216

d217

d218

d219

d220

d221

d222

d223

d224

d225

d226

d227

d228

d229

d230

d231

d232

d233

d234

d235

d236

d237

d238

d239

d240

d241

d242

d243

d244

d245

d246

d247

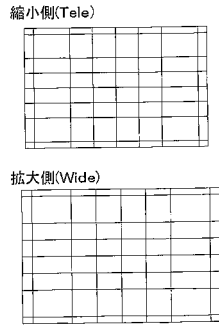
d248

d249

d250



【図 6 2】



【図 6 3】

○台形歪/画素サイズ/画素位置

	画素サイズ	画素位置	画素位置
縮小側	54.65"	72.73"	90.91"
拡大側	80"	80"	100"

(a)

○SP(画素シフト機能)

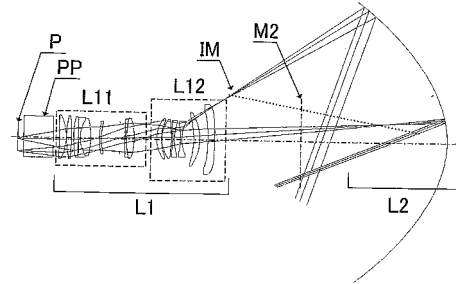
	縮小側	拡大側
画素サイズ	-0.01%	-0.01%
画素位置	-0.01%	-0.01%
画素位置	-0.01%	-0.01%
画素位置	-0.01%	-0.01%

(b)

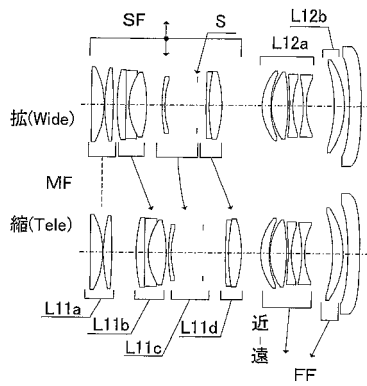
【図 6 4】

(1)	$0.2 <  \phi_s / \phi_1  < 1.2$	0.54
(2)	$0.2 <  \phi_m / \phi_1  < 0.9$	0.41
(3)	$0.2 <  \phi_{12b} / \phi_{12}  < 3.0$	0.53
(4)	$0.2 <  \phi_{12b} / \phi_{12a}  < 1.0$	0.38
(5)	$1.5 < M_{12b} / M_{12a} < 7.0$	5.20
(6)	$3 < DM/D_y$	9.08

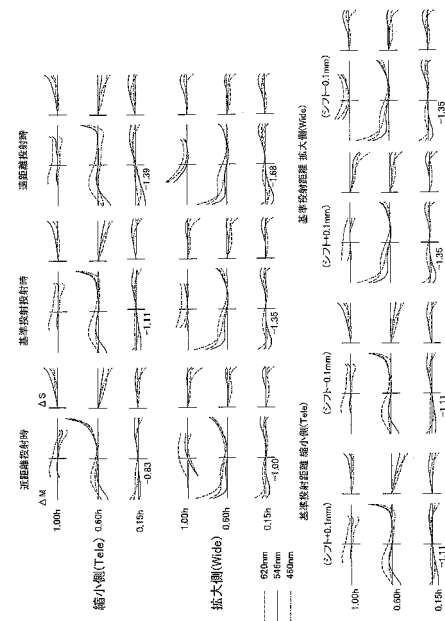
【図 6 5】



【図 6 6】



【図 6 7】



【図 6 8】

1次像面	FF MF SP	r	d	nd	vd	備考
1		inf	4.820			
2		inf	24.000	1.51680	64.2	色合成プリズム等
3		inf	4.700			
4		inf	5.700	1.49740	70.4	
5		-37.9502	0.900			
6		66.0669	4.900	1.62041	80.3	
7		-230.5989	(d6)			
8		69.9213	4.100	1.56919	81.3	
9		-2074.327	1.500	1.80910	93.3	
10		28.4945	8.200	1.46749	70.4	
11		-53.8532	(d10)			
12		71.1209	1.200	1.80610	40.7	
13		40.8537	1.4538			
14		inf	(d15)			接し
15		290.2543	1.500	1.75520	27.5	
16		84.6291	9.000	1.74330	49.2	
17		-43.5560	(d16)			
18		24.6917	4.000	1.48749	70.4	
19		36.8803	9.400			
20		26.6917	7.600	1.51742	52.2	
21		-88.9408	0.900			
22		-125.8706	1.400	1.74330	49.2	
23		37.4709	4.800			
24		-50.5740	1.300	1.74330	49.2	
25		30.5879	(d24)			
26		-80.3963	4.800	1.81293	27.0	
27	*	-37.7986	(d25)			
28	*	-151.8007	5.600	1.53113	55.7	
29	*	-392.2905	187.800			
30	*	-74.4021	(d29)	(反射面)		
31		inf	0.000			

\*\*\*非球面

【図 6 9】

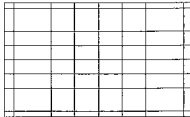
1次像面開口数NA	0.28330	縮小側
1次像面開口数NA	0.28300	拡大側
最大半径長w	66.34mm	縮小側
最大半径長w	70.54mm	拡大側
最大物径長y	-11.7mm	

【図 7 0】

OSF(面歪シフト量)	
縮小側	Δx=18
縮小側	Δy=0.1mm

【図 7 4】

縮小側(Tele)



拡大側(Wide)



【図 7 5】

O(面歪)V(面歪)面歪位置

縮小側			
対角サイズ	48.5°	66.12°	82.65°
面歪V(%)	-0.30%	0.01%	0.14%
拡大側			
対角サイズ	80°	80°	100°
面歪V(%)	-0.23%	0.04%	0.124%

(a)

OSF(面歪シフト量)

縮小側			
Δx(μm)	+0.1mm	-0.1mm	+0.1mm
面歪V(%)	0.05%	-0.01%	0.02%
面歪V(%)	0.01%	-0.01%	0.03%
面歪V(%)	-0.02%	0.02%	-0.02%
面歪V(%)	1.78%	-1.78%	1.78%

(b)

【図 7 1】

OFF(ローディング機能)

OMF(変換機能)

近距離投影材料

	縮小側	Mid	拡大側
ff	5.499	5.087	4.554
β	83.412	81.371	100.965
d6	11.305	5.678	1.723
d10	1.000	4.405	7.087
d13	10.494	7.298	4.228
d18	8.015	13.498	18.857
d24	13.127	13.127	13.127
d26	2.797	2.281	2.281
d29	-515.898	-515.898	-515.898

近距離投影材料

	縮小側	Mid	拡大側
ff	5.424	4.999	4.482
β	111.256	121.898	134.620
d6	11.305	5.678	1.723
d10	1.000	4.405	7.087
d13	10.494	7.298	4.228
d18	8.129	12.612	17.951
d24	5.379	9.579	5.579
d26	8.721	6.721	6.721
d29	-558.855	-558.855	-558.855

近距離投影材料

	縮小側	Mid	拡大側
ff	5.385	4.905	4.444
β	139.670	152.285	166.775
d6	11.585	5.873	1.723
d10	1.000	4.405	7.087
d13	10.494	7.298	4.228
d18	7.568	12.051	17.388
d24	6.989	9.989	6.989
d26	8.872	6.872	6.872
d29	-803.958	-803.958	-803.958

【図 7 2】

非球面係数

	K	A1	A2	A4	A6	A8	A10	A12	A14
27	40.000	0.000	0.000	-2.82391E-08	-4.79718E-09	2.67854E-11	-7.11194E-15	-7.50772E-17	3.97089E-20
28	-2000.000	0.000	0.000	-7.94770E-08	9.21039E-09	-1.48598E-11	3.49146E-14	-5.22081E-17	1.80193E-20
29	-2.000	-1.83191E-03	1.41585E-04	-1.43820E-07	8.02275E-12	-1.42940E-16	2.80398E-20	-1.44859E-24	3.79015E-29

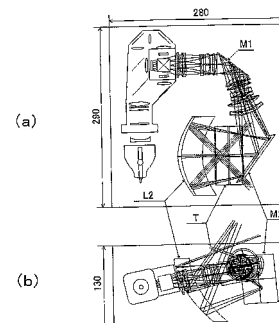
【図 7 3】

ドットサイズ(μm)	10.0000
縦方向長さ	12.8000
横方向長さ	8.0000
光軸-光学中心距離	-5.7944

【図 7 6】

(1)	$0.2 <  \phi s / \phi 1  < 1.2$	0.53
(2)	$0.2 <  \phi m / \phi 1  < 0.9$	0.41
(3)	$0.2 <  \phi 12b / \phi 12  < 3.0$	0.53
(4)	$0.2 <  \phi 12b / \phi 12a  < 1.0$	0.39
(5)	$1.5 < M12b / M12a < 7.0$	5.24
(6)	$3 < DM / Dy$	9.11

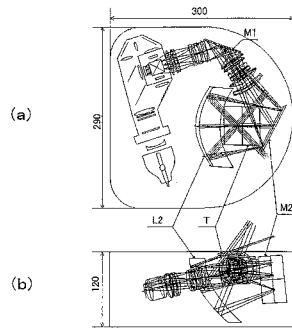
【図 7 7】



【図 7 8】

(8)	$30 <  \beta 1  < 65$	53
(9)	$3 < \alpha 1 < 15$	6
(10)	$20 <  \beta 2  < 45$	37
(11)	$-15 < \alpha 2 < -3$	-6
(12)	$-20 < \alpha 1 + \alpha 2 < 20$	0
(13)	$70 < \beta 1 + \beta 2 < 110$	90
(14)	$60 < \alpha t < 87$	70

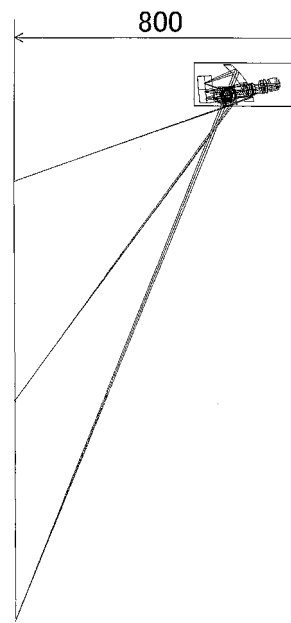
【図 79】



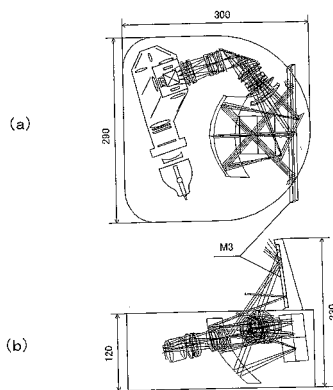
【図 80】

(8)	$30 <  \beta 1  < 65$	53
(9)	$3 < \alpha 1 < 15$	6
(10)	$20 <  \beta 2  < 45$	28
(11)	$-15 < \alpha 2 < -3$	-6
(12)	$-20 < \alpha 1 + \alpha 2 < 20$	0
(13)	$70 < \beta 1 + \beta 2 < 110$	81
(14)	$60 < \alpha t < 87$	85

【図 81】



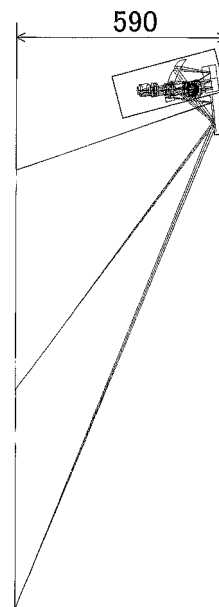
【図 82】



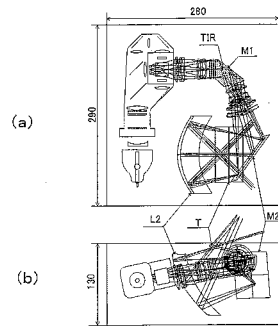
【図 83】

(8)	$30 <  \beta 1  < 65$	53
(9)	$3 < \alpha 1 < 15$	6
(10)	$20 <  \beta 2  < 45$	28
(11)	$-15 < \alpha 2 < -3$	-6
(12)	$-20 < \alpha 1 + \alpha 2 < 20$	0
(13)	$70 < \beta 1 + \beta 2 < 110$	81
(14)	$0 < \alpha 3 < 15$	7
(15)	$60 < \alpha t < 87$	85

【図 84】



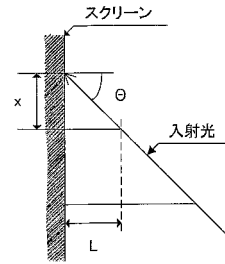
【図 85】



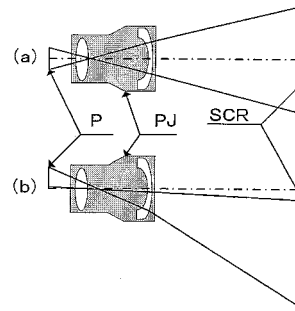
【図 86】

(8)	$30 <  \beta_1  < 65$	53
(9)	$3 < \alpha_1 < 15$	6.5
(10)	$20 <  \beta_2  < 45$	37
(11)	$-15 < \alpha_2 < -3$	-6.5
(12)	$-20 < \alpha_1 + \alpha_2 < 20$	0
(13)	$70 < \beta_1 + \beta_2 < 110$	90
(14)	$60 < \alpha < 87$	70

【図 87】



【図 88】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**G 0 3 B 21/14 (2006.01)** G 0 3 B 21/14 Z

F ターム(参考) 2H087 KA06 LA30 MA12 MA18 MA20 PA09 PA10 PA11 PA19 PB12  
 PB13 PB14 QA01 QA02 QA07 QA13 QA14 QA21 QA25 QA26  
 QA32 QA37 QA41 QA46 RA04 RA05 RA12 RA13 RA36 RA41  
 SA06 SA10 SA62 SA73 SB01 SB16 SB17 TA01 TA03 TA04  
 2K103 AA01 AA05 AA16 AB07 BA03 BC05 BC19 BC23 BC27 BC47  
 CA26 CA29 CA34 CA45 CA76