

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4419244号
(P4419244)

(45) 発行日 平成22年2月24日(2010.2.24)

(24) 登録日 平成21年12月11日(2009.12.11)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 17/08 (2006.01)

G O 2 B 17/08

A

G O 3 B 21/00 (2006.01)

G O 3 B 21/00

D

G O 2 B 27/18 (2006.01)

G O 2 B 27/18

Z

請求項の数 6 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2000-27307 (P2000-27307)
 (22) 出願日 平成12年1月31日(2000.1.31)
 (65) 公開番号 特開2001-215612 (P2001-215612A)
 (43) 公開日 平成13年8月10日(2001.8.10)
 審査請求日 平成17年12月16日(2005.12.16)

(73) 特許権者 303000408
 コニカミノルタオプト株式会社
 東京都八王子市石川町2970番地
 (74) 代理人 100085501
 弁理士 佐野 静夫
 (72) 発明者 大澤 聡
 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大
 阪国際ビル ミノルタ株式会社内
 (72) 発明者 金野 賢治
 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大
 阪国際ビル ミノルタ株式会社内
 (72) 発明者 石原 淳
 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大
 阪国際ビル ミノルタ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 斜め投影光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反射型表示素子の表示面を縮小側の1次像面として、その1次像面から拡大側の2次像面への斜め方向の拡大投影を行う斜め投影光学系であって、

縮小側から順に、屈折レンズ群と、正パワーを有する反射面と、負パワーを有する反射面と、を備え、

前記正パワーを有する反射面と負パワーを有する反射面が、絞りよりも2次像面側に配置されており、

前記1次像面から前記2次像面までに中間実像を結像することなく、前記1次像面の画面中心から絞りの中心を通り前記2次像面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とするとき、画面中心光線は前記2次像面に斜めに入射し、以下の条件式を満たすことを特徴とする斜め投影光学系；

$$0.40 < S1 / S < 0.9$$

$$0.51 < i / fy < 2.5$$

ただし、

S：1次像面から2次像面までの画面中心光線の光路長、

S1：2次像面から最初のパワーを有する光学面までの画面中心光線の光路長、

fy：1次像面の画面中心における斜め投影断面での光束のはり角度、

i：画面中心光線が1次像面の法線となす角度、

である。

【請求項 2】

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の斜め投影光学系；

$$0.5 < i_s / i < 1.5$$

ただし、

i_s ：1 次像面に最も近い屈折光学面の画面中心光線通過位置での法線が 1 次像面の法線となす角度、

である。

【請求項 3】

更にプリズム面を有し、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の斜め投影光学系；

$$p < 25^\circ$$

ただし、

p ：プリズム面に対する画面中心光線の入射角度、
である。

【請求項 4】

前記 1 次像面の画面最周辺から絞りの中心を通り前記 2 次像面の画面最周辺に到達する光線を画面周辺光線とすると、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 3 記載の斜め投影光学系；

$$t < 8^\circ$$

ただし、

t ：1 次像面近傍で画面中心光線と画面周辺光線とがなす角度、
である。

【請求項 5】

前記屈折レンズ群のうち最も 1 次像面側に配置されている屈折レンズが正のパワーを有し、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の斜め投影光学系；

$$-1.7 < f_{sx} \cdot y / S < -0.8$$

ただし、

f_{sx} ：最も 1 次像面側の正の屈折レンズの焦点距離、

y ：斜め投影方向の拡大倍率、

である。

【請求項 6】

前記屈折レンズ群が非球面又は自由曲面を有することを特徴とする請求項 1 記載の斜め投影光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は斜め投影光学系に関するものであり、例えば 1 次像面から 2 次像面への斜め方向の拡大投影を行う、画像投影装置に好適な斜め投影光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

液晶ディスプレイ(LCD: liquid crystal display)等に表示された画像をスクリーンに拡大投影する画像投影装置において、スクリーンの大型化を達成しつつも投影装置全体をコンパクトにする目的で、画像を斜め方向からスクリーンに拡大投影する装置が種々提案されている。その具体的な例としては、投影光学系のすべての光学要素を反射ミラーで構成した装置(特開平 10 - 111474 号公報)、反射ミラーと屈折レンズとが組み合わされた投影光学系を有する装置(特開平 9 - 179064 号公報)が挙げられる。また近年、反射型 LCD 等のように、透過型に比べてコンパクトで低コストな反射型表示素子が実用化されてきており、これを用いた画像投影装置も実用化されてきている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

特開平 10 - 111474 号公報で提案されているように、すべての光学要素を反射ミラーで構成すると、構成要素を少なくすることができる。しかし、反射ミラーには色収差補正の自由度がないため、反射型表示素子からの投影光の色合成にダイクロイックプリズムを用いようとする、偏光ビームスプリッター(PBS)が必要となり、その分のコストが高くなってしまふ。特開平 9 - 179064 号公報で提案されているように、反射ミラーと屈折レンズとを組み合わせれば、偏心したレンズ群は少なく済み、投影光学系の構成も簡単になる。また、ダイクロイックプリズムを用いても、そこで発生する色収差を屈折レンズで補正することができるため、反射型表示素子に対する斜め照明が可能である。したがって PBS は不要となるが、パワーを有するとともに面積の非常に大きい製造困難なミラーが必要となるため、やはりコストは高くなってしまふ。

10

【0004】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、反射型表示素子の表示映像を拡大投影するのに適し、かつ、斜め投影角度を十分にとりながらコンパクト化を達成した、製造容易で高性能な斜め投影光学系を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、第 1 の発明の斜め投影光学系は、反射型表示素子の表示面を縮小側の 1 次像面として、その 1 次像面から拡大側の 2 次像面への斜め方向の拡大投影を行う斜め投影光学系であって、縮小側から順に、屈折レンズ群と、正パワーを有する反射面と、負パワーを有する反射面と、を備え、前記正パワーを有する反射面と負パワーを有する反射面が、絞りよりも 2 次像面側に配置されており、前記 1 次像面から前記 2 次像面までに中間実像を結像することなく、前記 1 次像面の画面中心から絞りの中心を通り前記 2 次像面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とすると、画面中心光線は前記 2 次像面に斜めに入射し、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

20

$$0.40 < S1 / S < 0.9$$

$$0.51 < i / f_y < 2.5$$

ただし、

S : 1 次像面から 2 次像面までの画面中心光線の光路長、

S1 : 2 次像面から最初のパワーを有する光学面までの画面中心光線の光路長、

f_y : 1 次像面の画面中心における斜め投影断面での光束のはり角度、

30

i : 画面中心光線が 1 次像面の法線となす角度、

である。

【0006】

第 2 の発明の斜め投影光学系は、上記第 1 の発明の構成において、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0.5 < i_s / i < 1.5$$

ただし、

i_s : 1 次像面に最も近い屈折光学面の画面中心光線通過位置での法線が 1 次像面の法線となす角度、

である。

40

【0007】

第 3 の発明の斜め投影光学系は、上記第 1 の発明の構成において、更にプリズム面を有し、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$p < 25^\circ$$

ただし、

p : プリズム面に対する画面中心光線の入射角度、

である。

【0008】

第 4 の発明の斜め投影光学系は、上記第 3 の発明の構成において、前記 1 次像面の画面最周辺から絞りの中心を通り前記 2 次像面の画面最周辺に到達する光線を画面周辺光線とす

50

るとき、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$t < 8^\circ$$

ただし、

t : 1次像面近傍で画面中心光線と画面周辺光線とがなす角度、
である。

【0009】

第5の発明の斜め投影光学系は、上記第1の発明の構成において、前記屈折レンズ群のうち最も1次像面側に配置されている屈折レンズが正のパワーを有し、以下の条件式を満たすことを特徴とする。

$$-1.7 < fs \times y / S < -0.8$$

ただし、

fs : 最も1次像面側の正の屈折レンズの焦点距離、

y : 斜め投影方向の拡大倍率、

である。

第6の発明の斜め投影光学系は、上記第1の発明の構成において、前記屈折レンズ群が非球面又は自由曲面を有することを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を実施した斜め投影光学系を、図面を参照しつつ説明する。図1に第1の実施の形態の1次像面(I1)から2次像面(I2)までの投影光路全体を示し、図2に第1の実施の形態の光学構成及び投影光路要部を示し、図3にその一部を照明光路と共に拡大して示す。図6に第2の実施の形態の1次像面(I1)から2次像面(I2)までの投影光路全体を示し、図7に第2の実施の形態の光学構成及び投影光路要部を示し、図8にその一部を照明光路と共に拡大して示す。また、図11に第3の実施の形態の1次像面(I1)から2次像面(I2)までの投影光路全体を示し、図12に第3の実施の形態の光学構成及び投影光路要部を示し、図13にその一部を照明光路と共に拡大して示す。なお、これらの光路図は後述の直交座標系(X,Y,Z)におけるY-Z断面構成を示しており、図2、図7及び図12中、*印が付された面は非球面、\$印が付された面は自由曲面であることを示している。

【0011】

各実施の形態は、反射型表示素子の表示面を縮小側の1次像面(I1)として、その1次像面(I1)から拡大側の2次像面(I2)への斜め方向の拡大投影を行う、画像投影装置用の斜め投影光学系である。したがって、反射型表示素子(例えば反射型LCD)の表示面に表示された2次元画像は、2次像面(I2)に相当するスクリーン面上に投影されることになる。なお、2次像面(I2)から1次像面(I1)への斜め方向の縮小投影を行う斜め投影光学系として、各実施の形態を画像読み取り装置に用いることも可能である。その場合、1次像面(I1)は画像読み取りを行う受光素子[例えばCCD(Charge Coupled Device)]の受光面に相当し、2次像面(I2)は読み取り画像面(つまりフィルム等の原稿面)に相当する。

【0012】

第1の実施の形態(図1～図3)は、1次像面(I1)側(縮小側)から順に、プリズムブロック(Pr)と、偏心した1枚の屈折レンズから成る第1屈折レンズ群(G1)と、共軸系を成す4枚の屈折レンズから成る第2屈折レンズ群(G2)と、絞り(ST)と、正パワーを有する第1反射ミラー(M1)と、負パワーを有する第2反射ミラー(M2)と、で構成されている。第1屈折レンズ群(G1)を構成している屈折レンズの縮小側面は非球面から成っており、第1、第2反射ミラー(M1,M2)の反射面は自由曲面から成っている。

【0013】

第2の実施の形態(図6～図8)は、1次像面(I1)側(縮小側)から順に、プリズムブロック(Pr)と、偏心した1枚の屈折レンズから成る第1屈折レンズ群(G1)と、共軸系を成す4枚の屈折レンズから成る第2屈折レンズ群(G2)と、絞り(ST)と、偏心した1枚の屈折レンズから成る第3屈折レンズ群(G3)と、偏心した1枚の屈折レンズから成る第4屈折レンズ群(G4)と、負パワーを有する第1反射ミラー(M1)と、で構成されている。第1屈折レンズ

10

20

30

40

50

群(G1)を構成している屈折レンズの縮小側面は非球面から成っており、第4屈折レンズ群(G4)を構成している屈折レンズの拡大側面は自由曲面から成っており、第1反射ミラー(M1)の反射面は自由曲面から成っている。なお、第2の実施の形態には正パワーを有する反射面が無いため、この点で第2の実施の形態は本発明の参考のための一形態にすぎず、本発明には属さないものである。

【0014】

第3の実施の形態(図11～図13)は、1次像面(I1)側(縮小側)から順に、第1反射ミラー(M1)と、第2反射ミラー(M2)と、絞り(ST)と、第3反射ミラー(M3)と、第4反射ミラー(M4)と、第5反射ミラー(M5)と、第6反射ミラー(M6)と、で構成されている。第1～第4反射ミラー(M1～M4)の反射面は自由曲面から成っている。また、第5、第6反射ミラー(M5,M6)は光路折り返しのための平面ミラーである。なお、第3の実施の形態には屈折レンズ群が無いため、この点で第3の実施の形態は本発明の参考のための一形態にすぎず、本発明には属さないものである。

10

【0015】

各実施の形態のように、パワーを有する反射面(M1,...)を1面以上備え、1次像面(I1)から2次像面(I2)までに中間実像を結像することなく、1次像面(I1)の画面中心から絞り(ST)の中心を通り2次像面(I2)の画面中心に到達する光線を「画面中心光線」とするとき、以下の条件式(1)～(3)を満たすことが望ましい。

$$10^{\circ} < \theta < 70^{\circ} \quad \dots(1)$$

$$0.40 < S1/S < 0.9 \quad \dots(2)$$

$$0.51 < i/fy < 2.5 \quad \dots(3)$$

20

ただし、

θ : 画面中心光線が2次像面(I2)の法線となす角度、

S : 1次像面(I1)から2次像面(I2)までの画面中心光線の光路長、

S1 : 2次像面(I2)から最初のパワーを有する光学面までの画面中心光線の光路長、

fy : 1次像面(I1)の画面中心における斜め投影断面[つまり画面中心光線が2次像面(I2)に対して斜めに位置する断面]での光束のはり角度、

i : 画面中心光線が1次像面(I1)の法線となす角度、
である。

【0016】

30

条件式(1)の上限を超えると、斜め投影による台形歪みを補正することが困難になる。条件式(1)の下限を超えると、斜め投影による薄型化の効果が小さくなってしまう。条件式(2)の上限を超えると、投影距離が長くなりすぎて薄型化の効果が小さくなる。条件式(2)の下限を超えると、拡大側の2次像面(I2)に近い光学素子の径が過大となり、コストアップとともにその製造が困難になる。

【0017】

条件式(3)の上限を超えると、表示素子への斜め照明の角度が必要以上に大きくなり、収差補正が困難になったり投影光学系が大きくなったりする。条件式(3)の下限を超えると、照明光と投影光とが近づきすぎて光路分離が困難になる。各実施の形態のように、反射型表示素子の表示面に対して照明光の画面中心光線が斜め方向から入射して、その反射光の画面中心光線が斜め方向に射出する構成(図3等)にすれば、PBSが必要ないためコスト的に有利になる。したがって、条件式(3)を満たすことにより、反射型表示素子の表示映像を斜め拡大投影するのに適した投影光学系を実現することができる。

40

【0018】

さらに以下の条件式(4)を満たすことが望ましい。

$$40^{\circ} < \theta < 60^{\circ} \quad \dots(4)$$

【0019】

条件式(4)は、角度 θ の更に好ましい条件範囲を規定している。条件式(4)の上限を超えると、台形歪み及び像面湾曲を補正するために自由曲面が多く必要になり、その分コストが高くなる。さらに、投影スクリーンに対する入射角度が大きくなるため、スクリーンに

50

において観察者の方向に大きく光を曲げる必要が生じる。したがって、スクリーンの構造が複雑になりコストが高くなる。条件式(4)の下限を超えると、斜め投影による効果的な薄型化が難しくなる。

【0020】

さらに以下の条件式(5)を満たすことが望ましい。

$$0.5 < i_s / i < 1.5 \dots (5)$$

ただし、

i_s : 1次像面(I1)に最も近い屈折光学面の画面中心光線通過位置での法線が1次像面(I1)の法線となす角度、

である。

【0021】

条件式(5)の上限を超えると、縮小側の1次像面(I1)に近接した屈折光学面と表示素子面との干渉を防ぐために、2つの面の面間隔を十分とる必要が生じる。2つの面の面間隔を十分にとれば、投影光学系のレンズバックが伸びるため、投影光学系の全長が大きくなる。条件式(5)の下限を超えると、縮小側の1次像面(I1)に近接した屈折光学面と表示素子面とが平行に近くなり、1次像面(I1)に近接した屈折光学面で反射した照明光のゴーストの多くが投影光学系に直接入射するため、映像のコントラストが低下することになる。

【0022】

プロジェクターに用いられるカラー化のための多板構成では、光束分離プリズム(例えばPBS)や色合成プリズム(例えばダイクロイックプリズム)等のガラスブロックが一般に必要とされるが、ガラスブロックの入射面や射出面に対して斜めに投影光が通過すると色収差が発生してしまう。第1, 第2の実施の形態に用いられているプリズムブロック(Pr)は、照明光束と投影光束とを分離するTIR(Total Internal Reflection)プリズムであるが、この場合もプリズムブロック(Pr)の1次像面(I1)側プリズム面を投影光が斜めに通過することになる。

【0023】

上記のようにプリズム面を有する投影光学系においては、以下の条件式(6)を満たすことが望ましい。

$$p < 25^\circ \dots (6)$$

ただし、

p : プリズム面に対する画面中心光線の入射角度、
である。

【0024】

条件式(6)を満たすことにより、色収差の発生を抑えながら反射型表示素子を斜め方向から照明することが可能になる。したがって、PBS等を用いる必要がないため、その分の低コスト化が可能になる。条件式(6)の上限を超えると、プリズム面に対して斜めに光線が入射するために発生する色収差が過大となり、補正が困難になる。なお、第1, 第2の実施の形態における角度 p は、プリズムブロック(Pr)の1次像面(I1)側入射面の法線と画面中心光線とがなす角度である。

【0025】

さらに以下の条件式(7)を満たすことが望ましい。

$$p < 8^\circ \dots (7)$$

【0026】

条件式(7)は、角度 p の更に好ましい条件範囲を規定している。条件式(7)の上限を超えると、プリズム面で発生する色収差を補正するための屈折レンズの枚数が増加してコストが高くなる。

【0027】

さらに、1次像面(I1)の画面最周辺から絞り(ST)の中心を通り2次像面(I2)の画面最周辺に到達する光線を「画面周辺光線」とするとき、以下の条件式(8)を満たすことが望ましい。また、前記条件式(6)又は(7)とともに以下の条件式(8)を満たすことが更に望ましい

10

20

30

40

50

。

$$t < 8^\circ \quad \dots (8)$$

ただし、

t : 1 次像面 (I1) 近傍で画面中心光線と画面周辺光線とがなす角度、
である。

【 0 0 2 8 】

条件式 (8) は、投影光学系の縮小側のテレセントリック度合を規定している。画面中心光線について収差補正されていても画面周辺光線の傾きが大きいと、各像高での主光線の入射角が異なるために色収差の補正は困難になる。色合成プリズムを用いた場合、ダイクロイック面に対する主光線の入射角度が各像高で大きく異なると、ダイクロイック面を構成する誘電体多層膜の角度特性により色分離の波長が変化するため、画面に色ムラが生じることになる。条件式 (8) を満たせば、各像高の主光線が略平行 (テレセントリック) になるため、色ムラの発生を抑えることができる。条件式 (8) の上限を超えると、画面の中心と周辺とで色合成プリズムに対する主光線の入射角度が異なってしまうため、色合成を行うダイクロイック面の特性が変化して色ムラが許容できなくなる。

10

【 0 0 2 9 】

さらに以下の条件式 (9) を満たすことが望ましい。

$$t < 4^\circ \quad \dots (9)$$

【 0 0 3 0 】

条件式 (9) は、角度 t の更に好ましい条件範囲を規定している。条件式 (9) の上限を超えると、プリズム面への斜め入射角度が大きい像高が生じるため、プリズム面で発生する色収差を補正するための屈折レンズの枚数が増加してコストが高くなる。

20

【 0 0 3 1 】

第 1 , 第 2 の実施の形態のように、パワーを有する屈折レンズを 1 つ以上備え、そのうち最も 1 次像面 (I1) 側に配置されている屈折レンズ (G1) が正のパワーを有し、以下の条件式 (10) を満たすことが望ましい。

$$-1.7 < fs \times y / S < -0.8 \quad \dots (10)$$

ただし、

fs : 最も 1 次像面 (I1) 側の正の屈折レンズ (G1) の焦点距離、

y : 斜め投影方向の拡大倍率、

である。

30

【 0 0 3 2 】

条件式 (10) の下限を超えると、表示素子からの光がテレセントリックから大きく外れるため、色合成プリズムで発生する色ムラが許容できなくなるとともに、投影光学系の全長が大きくなりすぎてしまう。条件式 (10) の上限を超えると、このレンズのパワーが強くなりすぎるために発生する像面湾曲と歪曲が過大となり、補正が困難になる。

【 0 0 3 3 】

フォーカスに関しては、一部の光学要素を動かすことで行うのが望ましい。表示素子移動によるフォーカスは、多板方式においてフォーカスに伴う画素ズレを生じさせやすい。したがって、フォーカスと画素ズレ調整を同時に行う必要が生じるため、作業時間が長くなるという問題がある。また、光学系全体を動かすフォーカスは、移動部材が大きいためフォーカス機構自体も大きくなり、コストが高くなる。したがって、一部の光学要素 (屈折系の光学素子、反射系の光学素子) を動かすことでフォーカスを行う構成が望ましい。この構成によると、多板構成における画素ズレ調整のための表示素子移動とフォーカスとが独立するため、フォーカス及び画素ズレ調整作業が簡単になり、フォーカス機構自体もコンパクト化が達成される。一部の光学要素を平行に動かすこと (すなわち平行移動) でフォーカスを行うことが更に望ましい。これにより、フォーカスの移動機構がより簡単になり、コストを安くすることができる。

40

【 0 0 3 4 】

各実施の形態のように、反射面の 1 面以上が自由曲面形状を有することが望ましい。自由

50

曲面形状とは、大きく偏心した非球面を含むとともに回転対称軸を有効領域内に持たないような回転非対称な面形状である(各実施の形態に用いられている反射面は、Y-Z平面に対して対称な自由曲面形状を有する。)。斜め投影では非軸対称な収差補正が必要となるが、自由曲面形状を有する反射面を1面以上用いることにより、少ない光学要素で斜め投影による非軸対称な収差補正が可能となる。また、2面以上の自由曲面を用いることが更に望ましい。自由曲面形状を有する反射面を2面以上用いることにより、斜め投影の台形歪みを主に補正する自由曲面[2次像面(I2)に近接した自由曲面]と、斜め投影による非対称な像面湾曲及び非点隔差を補正する自由曲面[絞り(ST)に近接した自由曲面]と、に収差補正が分担可能になるため、より高性能な投影光学系を達成することができる。

【0035】

ところで、投影光学系を反射ミラーのみで構成する場合には、できるだけ多くのミラー面を自由曲面形状にする必要がある。自由曲面や非球面は、一般にプラスチックで形成することがコスト的に有利であるが、プラスチック面上に多層の誘電体多層膜を形成することは困難である。このため、プラスチックで構成された自由曲面ミラーでは、その反射率が可視域での平均で95%以下となる。残りの数%の光はプラスチック面に吸収されて熱になるため、反射ミラーの温度は上昇してしまう。プラスチック製の反射ミラーは耐熱性が低いため、温度上昇によって反射面形状が変形し、それが収差の悪化や耐久性の低下を招くことになる。

【0036】

特に1次像面(I1)近傍から絞り(ST)近傍にかけての領域では、光が集中することになるため、上記熱の問題は重大であり、その領域にプラスチック製の自由曲面ミラーを配置することは不可能である。この問題を解決するには、1次像面(I1)近傍から絞り(ST)近傍にかけての領域に、非球面又は自由曲面を有するプラスチックレンズ、ガラスレンズ等の屈折系の光学素子を配置することが望ましい。屈折系の光学素子であれば、その透過率が1面で99%程度に抑えられるため、自由曲面をプラスチックで構成しても上記熱の問題を回避することができる。また1次像面(I1)近傍から絞り(ST)近傍にかけての領域に、ガラス成型により得られる自由曲面ミラーを配置してもよい。ガラスはプラスチックよりも耐熱性が高いため、上記熱の問題を回避することが可能である。

【0037】

【実施例】

以下、本発明を実施した斜め投影光学系の構成を、コンストラクションデータ、スポットダイアグラム等を挙げて、更に具体的に説明する。ここで例として挙げる実施例1~3は、前述した第1~第3の実施の形態にそれぞれ対応しており、各実施の形態を表す図(図1~図3, 図6~図8, 図11~図13)は、対応する各実施例の光路等をそれぞれ示している。したがって、第2, 第3の実施の形態に対応する実施例2, 3は本発明の単なる参考例であり、本発明に属さないものである。

【0038】

各実施例のコンストラクションデータにおいて、 s_i ($i=1, 2, 3, \dots$) は、縮小側の1次像面(I1; 拡大投影における物面に相当する。)及び拡大側の2次像面(I2; 拡大投影における像面に相当する。)を含めた系において、縮小側から数えてi番目の面であり、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$) は面 s_i の曲率半径(mm)である。また、 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$) は、縮小側から数えてi番目の軸上面間隔(mm, 偏心面間隔は偏心データとして記載。)を示しており、 N_i ($i=1, 2, 3, \dots$), i ($i=1, 2, 3, \dots$) は縮小側から数えてi番目の光学素子のd線に対する屈折率(N_d), アッペ数(d)をそれぞれ示している。なお、各フィールドポジションに対応する1次像面(I1)側の物高(mm)を併せて示し、また、表1に各実施例の条件式対応値及び関連データを示す。

【0039】

*印が付された面 s_i は軸対称な非球面であり、その面形状は面頂点を原点とする直交座標系(x, y, z)を用いた以下の式(AS1)で定義される。また、\$印が付された面 s_i は自由曲面であり、その面形状は面頂点を原点とする直交座標系(x, y, z)を用いた以下の式(AS2)で定義

10

20

30

40

50

される。非球面データ及び自由曲面データを他のデータと併せて示す。

【 0 0 4 0 】

$$z = (c \cdot h^2) / [1 + \sqrt{1 - c^2 \cdot h^2}] + (A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10}) \dots (AS1)$$

【数 1】

$$z = (c \cdot h^2) / [1 + \sqrt{1 - (1+K) \cdot c^2 \cdot h^2}] + \sum_m \sum_n [C(m, n) \cdot x^m \cdot y^n] \dots (AS2)$$

【 0 0 4 1 】

ただし、

z : 高さhの位置での光軸方向の基準面からの変位量、

10

h : 光軸に対して垂直な方向の高さ($h^2 = x^2 + y^2$)、

c : 近軸曲率($= 1 / \text{曲率半径}$)、

A, B, C, D : 非球面係数、

K : コーニック定数、

C(m, n) : 自由曲面係数、

である。

【 0 0 4 2 】

縮小側直前に位置する面に対して偏心した面については、偏心データを直交座標系(X, Y, Z)に基づいて示す。直交座標系(X, Y, Z)においては、1次像面(s1)の中心位置を原点(0, 0, 0)とする面頂点座標(XDE, YDE, ZDE)=[X軸方向の平行偏心位置(mm), Y軸方向の平行偏心位置(mm), Z軸方向の平行偏心位置(mm)]で、平行偏心した面の位置を表すとともに、その面の面頂点を中心とするX軸回りの回転角ADE(°)で、回転偏心位置(光路図中、紙面に向かって反時計回りを正とする。)を表す。光路図中、X軸方向は紙面に対して垂直方向であり(紙面の裏面方向を正とする。)、Y軸方向は1次像面(s1)と紙面とが交わる直線方向であり(光路図の上方向を正とする。)、Z軸方向は1次像面(s1)の法線方向である[2次像面(I2)側を正とする。]。

20

【 0 0 4 3 】

各実施例の光学性能をスポットダイアグラム(図4, 図9, 図14)と歪曲図(図5, 図10, 図15)でそれぞれ示す。スポットダイアグラムは2次像面(I2)での結像特性(mm)をd線, g線及びc線の3波長(ただし実施例3については1波長)について示しており、歪曲図は1次像面(I1)での長形状網目に対応する2次像面(I2)での光線位置(mm)を示している。歪曲図中、D1(実線)が実施例の歪曲格子であり、D0(点線)がアナモ比を考慮した理想像点の格子(歪曲無し)である。なお、X軸と同方向にx軸をとり、x軸に対して垂直で、かつ、1次像面(I1)に対して平行な方向にy軸をとった場合、物高は1次像面(I1)の画面中心を原点とする座標(x, y)で表される。また、X軸と同方向にx'軸をとり、x'軸に対して垂直で、かつ、2次像面(I2)に対して平行な方向にy'軸をとった場合、像高は2次像面(I2)の画面中心を原点とする座標(x', y')で表される。したがって、各歪曲図はx'-y'平面に対して垂直方向から見た2次像面(I2)上での実際の像の歪曲状態(ただしx'の負側のみ)を示していることになる。

30

【 0 0 4 4 】

40

《実施例1》

[面] [曲率半径等][軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

[1次像面(I1)]

s1 r1= ∞

[プリズムブロック(Pr)]

s2 r2= ∞

XDE=0.000000, YDE=0.000000, ZDE=2.000000, ADE=8.231146

d2=25.000000 N1=1.516800 ν 1=64.17

10

s3 r3= ∞

[第1屈折レンズ群(G1)]

s4* r4= 46.70870

A=-0.143476 $\times 10^{-4}$, B=0.336127 $\times 10^{-7}$, C=-0.100793 $\times 10^{-9}$

D=0.169578 $\times 10^{-12}$

XDE=0.000000, YDE=-0.209423, ZDE=27.884859, ADE=2.863299

d4= 5.054112 N2=1.516800 ν 2=64.17

20

s5 r5= -23.80876

[第2屈折レンズ群(G2)]

s6 r6= 17.16844

XDE=0.000000, YDE=-3.800929, ZDE=37.839776, ADE=-5.724528

d6= 8.214673 N3=1.754500 ν 3=51.5700

s7 r7= -183.84669

d7= 0.437109

30

s8 r8= -36.61565

d8= 0.550000 N4=1.634801 ν 4=31.1517

s9 r9= 11.51501

d9= 2.998133

s10 r10= -14.20564

d10=3.078071 N5=1.646976 ν 5=30.1061

s11 r11= -36.35997

d11=7.611291

40

s12 r12= -97.19418

d12=1.254406 N6=1.754500 ν 6=51.5700

s13 r13= -19.09051

d13=0.100000

[絞り(ST)]

s14 r14= ∞ (絞り半径=5.528787)

[第1反射ミラー(M1)]

10

s15\$ r15=-515.18948

XDE=0.000000, YDE=-3.880643, ZDE=162.698182, ADE=40.395892

K=0.000000

$C(0,1) = 4.5091 \times 10^{-1}$, $C(2,0) = -3.9754 \times 10^{-4}$, $C(0,2) = -4.3444 \times 10^{-4}$

$C(2,1) = -9.2883 \times 10^{-6}$, $C(0,3) = -8.9339 \times 10^{-6}$, $C(4,0) = -3.3775 \times 10^{-8}$

$C(2,2) = -6.0399 \times 10^{-8}$, $C(0,4) = 3.4705 \times 10^{-8}$, $C(4,1) = 2.9641 \times 10^{-9}$

$C(2,3) = 3.7180 \times 10^{-9}$, $C(0,5) = 2.9922 \times 10^{-9}$, $C(6,0) = 3.7758 \times 10^{-11}$

20

$C(4,2) = 8.4198 \times 10^{-11}$, $C(2,4) = 1.0632 \times 10^{-10}$, $C(0,6) = 2.4061 \times 10^{-11}$

$C(6,1) = -9.7584 \times 10^{-13}$, $C(4,3) = 1.2522 \times 10^{-12}$, $C(2,5) = 1.7911 \times 10^{-12}$

$C(0,7) = -6.4844 \times 10^{-13}$, $C(8,0) = -1.6691 \times 10^{-14}$, $C(6,2) = -1.7447 \times 10^{-15}$

$C(4,4) = 1.8389 \times 10^{-14}$, $C(2,6) = 1.7057 \times 10^{-14}$, $C(0,8) = -1.2407 \times 10^{-14}$

[第2反射ミラー(M2)]

s16\$ r16=11790.68206

XDE=0.000000, YDE=-221.232416, ZDE=-1.216178, ADE=63.818350

30

K=0.000000

$C(0,1) = 1.9367$, $C(2,0) = -2.5631 \times 10^{-3}$, $C(0,2) = -7.1973 \times 10^{-3}$

$C(2,1) = 9.2605 \times 10^{-6}$, $C(0,3) = 2.1326 \times 10^{-4}$, $C(4,0) = 8.9157 \times 10^{-8}$

$C(2,2) = -2.1518 \times 10^{-6}$, $C(0,4) = -6.9456 \times 10^{-7}$, $C(4,1) = -4.4593 \times 10^{-9}$

$C(2,3) = 5.9549 \times 10^{-8}$, $C(0,5) = -1.5015 \times 10^{-7}$, $C(6,0) = -4.7449 \times 10^{-11}$

$C(4,2) = 2.8377 \times 10^{-10}$, $C(2,4) = -9.6994 \times 10^{-10}$, $C(0,6) = 4.0579 \times 10^{-9}$

$C(6,1) = -4.8820 \times 10^{-14}$, $C(4,3) = -6.0060 \times 10^{-12}$, $C(2,5) = 8.4012 \times 10^{-12}$

40

$C(0,7) = -4.5581 \times 10^{-11}$, $C(8,0) = 1.1592 \times 10^{-14}$, $C(6,2) = 3.5666 \times 10^{-15}$

$C(4,4) = 4.7297 \times 10^{-14}$, $C(2,6) = -3.0020 \times 10^{-14}$, $C(0,8) = 1.9608 \times 10^{-13}$

[2次像面(I2)]

s17 r17= ∞

XDE=0.000000, YDE=-791.632950, ZDE=1233.624811, ADE=17.190021

[0 0 4 5]

50

[各フィルタ*ポジションに対応する1次像面(I1)側の物高]

(x,y)=(0.00000, 0.00000), (0.00000, 3.73600), (0.00000, 1.86800),
(0.00000,-1.86800), (0.00000,-3.73600), (3.32075, 3.73600),
(3.32075, 0.00000), (3.32075,-3.73600), (6.64150, 3.73600),
(6.64150, 1.86800), (6.64150, 0.00000), (6.64150,-1.86800),
(6.64150,-3.73600)

【 0 0 4 6 】

《 実施例 2 》

[面] [曲率半径等][軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

[1次像面(I1)]

s1 r1= ∞

d1= 0.100000

[プリズムブロック(Pr)]

s2 r2= ∞

d2=40.000000 N1=1.516800 ν 1=64.17

10

s3 r3= ∞

[第1屈折レンズ群(G1)]

s4* r4= 37.22004

A=-0.687561 $\times 10^{-5}$, B=0.305656 $\times 10^{-8}$, C=-0.432821 $\times 10^{-11}$

D=0.178300 $\times 10^{-14}$

XDE=0.000000, YDE=1.230868, ZDE=41.092651, ADE=-11.272977

d4= 9.478934 N2=1.516800 ν 2=64.17

20

s5 r5= -75.16721

[第2屈折レンズ群(G2)]

s6 r6= 18.43381

XDE=0.000000, YDE=-4.657780, ZDE=63.581617, ADE=-2.914203

d6= 6.957547 N3=1.753490 ν 3=51.6038

s7 r7= -249.34663

d7= 0.100000

30

s8 r8= -223.20442

d8= 0.900000 N4=1.675123 ν 4=28.2701

s9 r9= 12.75359

d9=12.989344

s10 r10= -14.76633

d10=9.137331 N5=1.847429 ν 5=26.2798

s11 r11= -21.50143

d11=0.100000

40

s12 r12= 60.06702

d12=2.260898 N6=1.753409 ν 6=51.6065

s13 r13= -66.17530

d13=0.100000

[絞り(ST)]

s14 r14= ∞ (絞り半径=6.600000)

[第3屈折レンズ群(G3)]

10

s15 r15= 60.56155

XDE=0.000000, YDE=-5.308920, ZDE=107.168486, ADE=-12.460990

d15=5.040667 N7=1.801983 ν 7=22.6887

s16 r16= 38.17795

[第4屈折レンズ群(G4)]

s17 r17= -82.51476

XDE=0.000000, YDE=-24.514254, ZDE=134.213398, ADE=11.867790

20

N8=1.600000 ν 8=50.0000

s18\$ r18= -48.20057

XDE=0.000000, YDE=-21.429443, ZDE=148.892769, ADE=17.627981

K=0.000000

$C(0,1)=-1.2629 \times 10^{-2}$, $C(2,0)=7.6324 \times 10^{-3}$, $C(0,2)=8.8274 \times 10^{-3}$

$C(2,1)=-9.0235 \times 10^{-5}$, $C(0,3)=-8.8068 \times 10^{-5}$, $C(4,0)=3.0504 \times 10^{-6}$

$C(2,2)=5.1991 \times 10^{-6}$, $C(0,4)=1.3647 \times 10^{-6}$, $C(4,1)=-1.2274 \times 10^{-7}$

30

$C(2,3)=9.1338 \times 10^{-8}$, $C(0,5)=1.3392 \times 10^{-7}$, $C(6,0)=1.5795 \times 10^{-9}$

$C(4,2)=1.0046 \times 10^{-8}$, $C(2,4)=-8.3371 \times 10^{-9}$, $C(0,6)=-5.4608 \times 10^{-9}$

$C(6,1)=-1.8409 \times 10^{-10}$, $C(4,3)=-4.7482 \times 10^{-10}$, $C(2,5)=2.1921 \times 10^{-10}$

$C(0,7)=8.8471 \times 10^{-11}$, $C(8,0)=2.0063 \times 10^{-12}$, $C(6,2)=8.6883 \times 10^{-12}$

$C(4,4)=1.0236 \times 10^{-11}$, $C(2,6)=-9.5143 \times 10^{-13}$, $C(0,8)=-2.4945 \times 10^{-13}$

[第1反射ミラー(M1)]

s19\$ r19= 484.60696

40

XDE=0.000000, YDE=-32.721774, ZDE=338.544609, ADE=19.876412

K=0.000000

$C(0,1)=1.5307$, $C(2,0)=1.2746 \times 10^{-3}$, $C(0,2)=1.6045 \times 10^{-3}$
 $C(2,1)=-2.7069 \times 10^{-5}$, $C(0,3)=-4.1320 \times 10^{-5}$, $C(4,0)=-9.8465 \times 10^{-8}$
 $C(2,2)=-1.1160 \times 10^{-7}$, $C(0,4)=-1.8515 \times 10^{-7}$, $C(4,1)=2.5453 \times 10^{-9}$
 $C(2,3)=7.3428 \times 10^{-9}$, $C(0,5)=9.5282 \times 10^{-9}$, $C(6,0)=6.2489 \times 10^{-12}$
 $C(4,2)=-1.9710 \times 10^{-11}$, $C(2,4)=-7.0208 \times 10^{-11}$, $C(0,6)=3.8356 \times 10^{-12}$
 $C(6,1)=-1.0859 \times 10^{-13}$, $C(4,3)=-2.6945 \times 10^{-13}$, $C(2,5)=-3.4077 \times 10^{-14}$
 $C(0,7)=-2.0958 \times 10^{-12}$, $C(8,0)=-3.4342 \times 10^{-16}$, $C(6,2)=1.5410 \times 10^{-15}$
 $C(4,4)=2.8319 \times 10^{-15}$, $C(2,6)=2.2998 \times 10^{-15}$, $C(0,8)=1.5687 \times 10^{-14}$

10

[2次像面(I2)]

s20 r20= ∞

XDE=0.000000, YDE=847.663047, ZDE=94.096282, ADE=-31.350316

【 0 0 4 7 】

[各フィルタ*ポジションに対応する1次像面(I1)側の物高]

20

$(x,y)=(0.00000, 0.00000), (0.00000, 9.00000), (0.00000, 4.50000),$
 $(0.00000, -4.50000), (0.00000, -9.00000), (6.00000, 9.00000),$
 $(6.00000, 0.00000), (6.00000, -9.00000), (12.00000, 9.00000),$
 $(12.00000, 4.50000), (12.00000, 0.00000), (12.00000, -4.50000),$
 $(12.00000, -9.00000)$

【 0 0 4 8 】

《 実施例 3 》

30

[面] [曲率半径等][軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

[1次像面(I1)]

s1 r1= ∞

[第1反射ミラー(M1)]

s2\$ r2=55105.55750

XDE=0.000000, YDE=-29.097862, ZDE=43.194844, ADE=11.713800

K=-9.4159 $\times 10^4$

10

C(0,1)= 2.6654 $\times 10^{-1}$, C(2,0)=-1.4879 $\times 10^{-3}$, C(0,2)=-2.3137 $\times 10^{-3}$

C(2,1)= 7.7346 $\times 10^{-6}$, C(0,3)= 1.0457 $\times 10^{-5}$, C(4,0)= 8.7009 $\times 10^{-9}$

C(2,2)= 1.6569 $\times 10^{-7}$, C(0,4)= 8.6816 $\times 10^{-8}$

[第2反射ミラー(M2)]

s3\$ r3= 266.89289

XDE=0.000000, YDE=-83.909959, ZDE=-131.131717, ADE=10.751193

K=5.4824 $\times 10^{-1}$

20

C(0,1)= 3.7937 $\times 10^{-4}$, C(2,0)=-1.3554 $\times 10^{-4}$, C(0,2)=-1.8996 $\times 10^{-4}$

C(2,1)= 3.5532 $\times 10^{-7}$, C(0,3)= 6.3139 $\times 10^{-7}$, C(4,0)=-5.2251 $\times 10^{-9}$

C(2,2)=-1.1266 $\times 10^{-8}$, C(0,4)=-6.7374 $\times 10^{-9}$

[絞り(ST)]

s4 r4= ∞ (絞り半径=29.551598)

XDE=0.000000, YDE=-60.972253, ZDE=-130.820215, ADE=9.487584

[第3反射ミラー(M3)]

30

s5\$ r5= 669.72388

XDE=0.000000, YDE=-46.791918, ZDE=130.713888, ADE=11.036186

K=-3.5066 $\times 10^2$

C(0,1)= 9.5940 $\times 10^{-2}$, C(2,0)= 9.8966 $\times 10^{-4}$, C(0,2)= 1.8453 $\times 10^{-3}$

C(2,1)=-3.0582 $\times 10^{-6}$, C(0,3)=-6.4487 $\times 10^{-6}$, C(4,0)= 2.2367 $\times 10^{-7}$

C(2,2)= 4.9226 $\times 10^{-7}$, C(0,4)= 1.2484 $\times 10^{-7}$

[第4反射ミラー(M4)]

40

s6\$ r6=-1508.71837

XDE=0.000000, YDE=-350.891609, ZDE=28.463811, ADE=-32.934989

K=6.3319×10

C(0,1)=-1.2241, C(2,0)=-4.7394×10⁻⁴, C(0,2)=1.4389×10⁻³

C(2,1)=-3.9086×10⁻⁷, C(0,3)=4.9936×10⁻⁶, C(4,0)=-2.1705×10⁻⁸

C(2,2)=-1.1345×10⁻⁷, C(0,4)=-2.6265×10⁻⁸

[第5反射ミラー(M5)]

s7 r7= ∞

10

XDE=0.000000, YDE=-776.280781, ZDE=681.198627, ADE=-32.348672

[第6反射ミラー(M6)]

s8 r8= ∞

XDE=0.000000, YDE=-307.872651, ZDE=1102.277284, ADE=72.760529

[2次像面(I2)]

s9 r9= ∞

XDE=0.000000, YDE=-334.739511, ZDE=345.307554, ADE=72.760529

20

【0049】

[各フィルタ*ポジションに対応する1次像面(I1)側の物高]

(x,y)=(0.00000, 0.00000), (0.00000, 3.73600), (0.00000, 1.86800),
 (0.00000, -1.86800), (0.00000, -3.73600), (3.32075, 3.73600),
 (3.32075, 0.00000), (3.32075, -3.73600), (6.64150, 3.73600),
 (6.64150, 1.86800), (6.64150, 0.00000), (6.64150, -1.86800),
 (6.64150, -3.73600)

30

【0050】

【表1】

<条件式対応値等>

実施例	(1),(4)	(6),(7)	(8),(9)	(2)	(3)	(5)	(10)
	θ_o	θ_p	θ_t	$S1/S$	θ_i/θ_{fy}	θ_{is}/θ_i	$f_s \times \beta_y/S$
1	44.98	19.94	0.4989	0.77713	0.607792	0.703419	-1.394274
2	41.94	7.54	0.263	0.689161	0.522161	0	-1.481432
3	55.68	---	---	0.707634	0.767516	---	---
	$S1$	S	θ_i	θ_{fy}	θ_{is}	f_s	β_y
1	1400	1801.5	11.7	19.25	8.23	31.28	-80.3
2	899.7	1305.5	7.54	14.44	0	49.59	-39
3	1650	2331.7	14.46	18.84	---	---	-83.33

10

【0051】

【発明の効果】

20

以上説明したように本発明によれば、反射型表示素子の表示映像を拡大投影するのに適し、かつ、斜め投影角度を十分にとりながらコンパクト化を達成した、製造容易で高性能な斜め投影光学系を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)の光路図。

【図2】第1の実施の形態(実施例1)の光学構成及び投影光路要部を示す図。

【図3】第1の実施の形態(実施例1)の光学構成及び投影光路要部を照明光路と共に示す拡大図。

【図4】実施例1のスポットダイアグラム。

【図5】実施例1の歪曲図。

30

【図6】第2の実施の形態(実施例2)の光路図。

【図7】第2の実施の形態(実施例2)の光学構成及び投影光路要部を示す図。

【図8】第2の実施の形態(実施例2)の光学構成及び投影光路要部を照明光路と共に示す拡大図。

【図9】実施例2のスポットダイアグラム。

【図10】実施例2の歪曲図。

【図11】第3の実施の形態(実施例3)の光路図。

【図12】第3の実施の形態(実施例3)の光学構成及び投影光路要部を示す図。

【図13】第3の実施の形態(実施例3)の光学構成及び投影光路要部を照明光路と共に示す拡大図。

40

【図14】実施例3のスポットダイアグラム。

【図15】実施例3の歪曲図。

【符号の説明】

I1 ... 1次像面

I2 ... 2次像面

Pr ... プリズムブロック

G1 ... 第1屈折レンズ群

G2 ... 第2屈折レンズ群

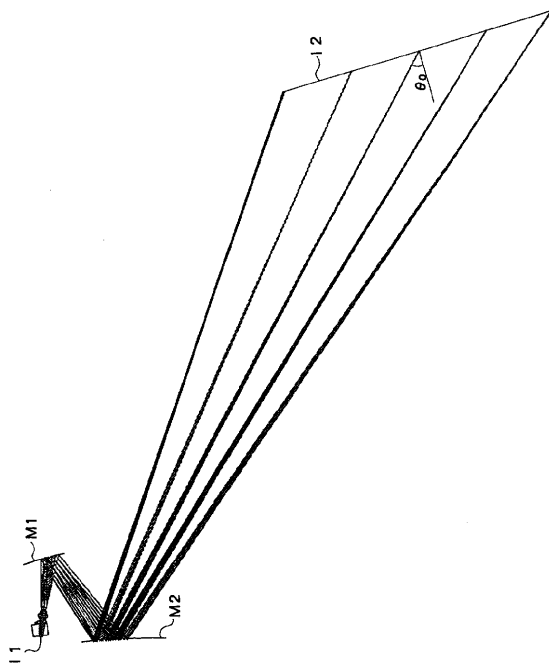
G3 ... 第3屈折レンズ群

G4 ... 第4屈折レンズ群

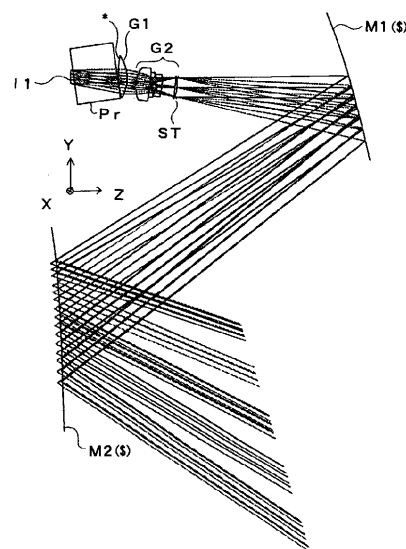
50

ST ... 絞り
M1 ... 第 1 反射ミラー
M2 ... 第 2 反射ミラー
M3 ... 第 3 反射ミラー
M4 ... 第 4 反射ミラー
M5 ... 第 5 反射ミラー
M6 ... 第 6 反射ミラー

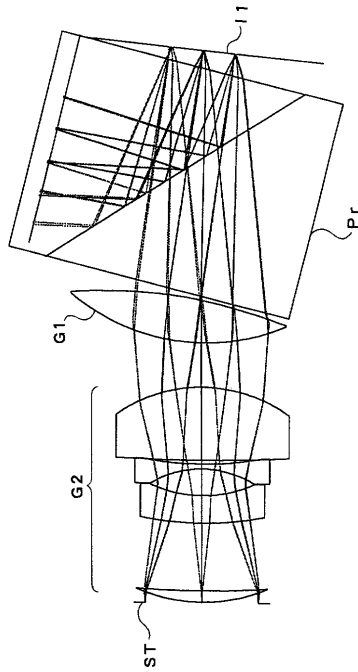
【図 1】



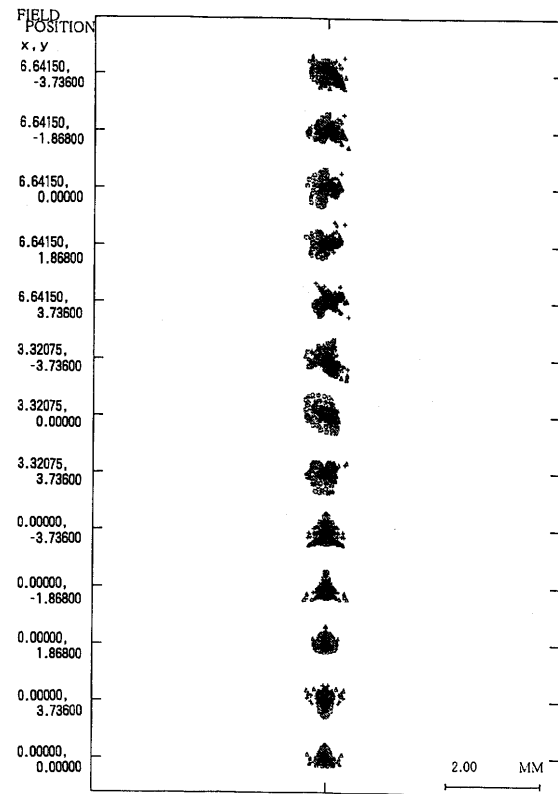
【図 2】



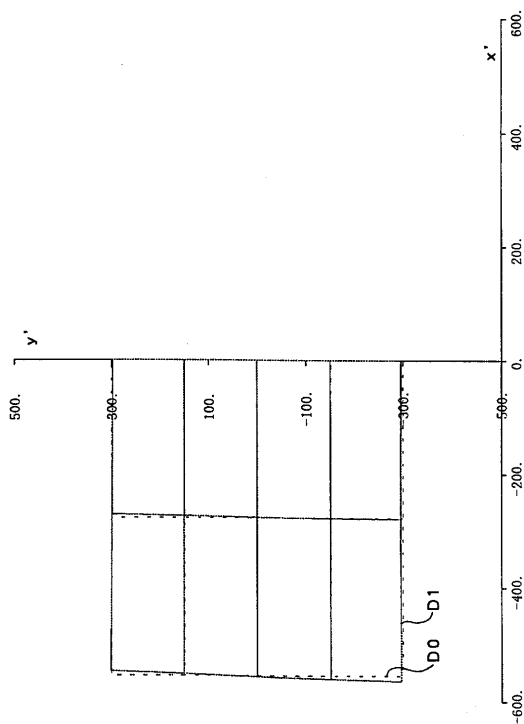
【図 3】



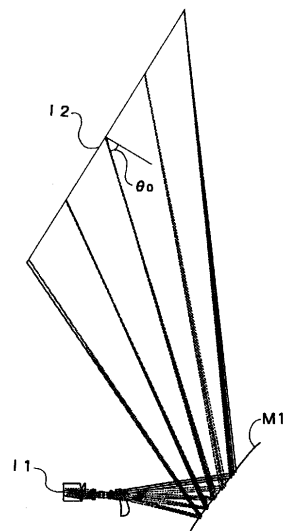
【図 4】



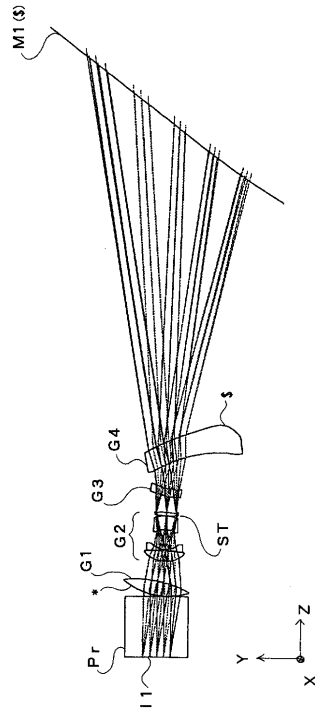
【図 5】



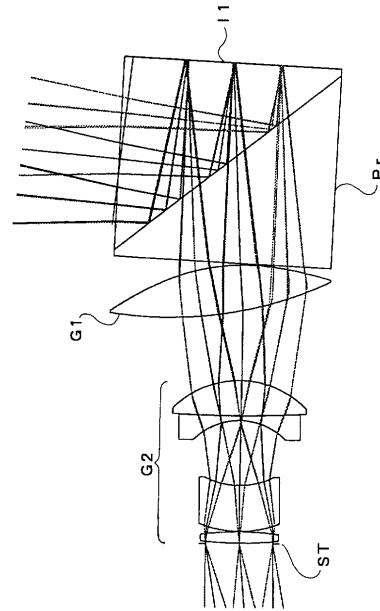
【図 6】



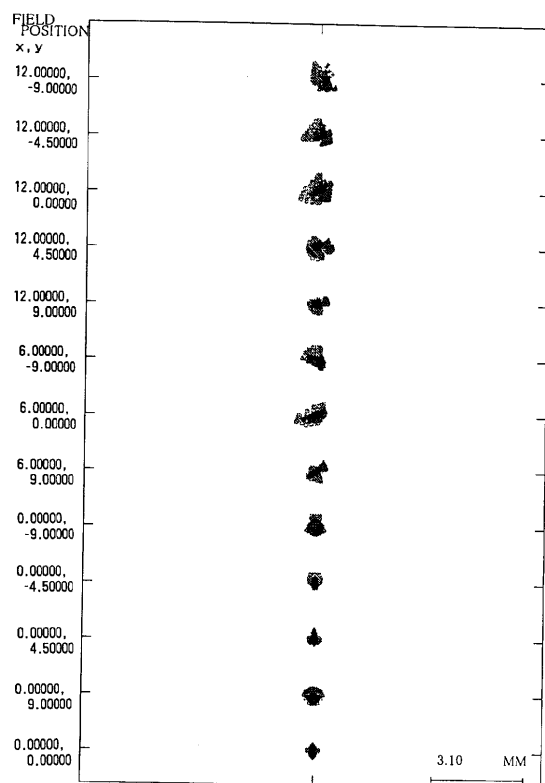
【図 7】



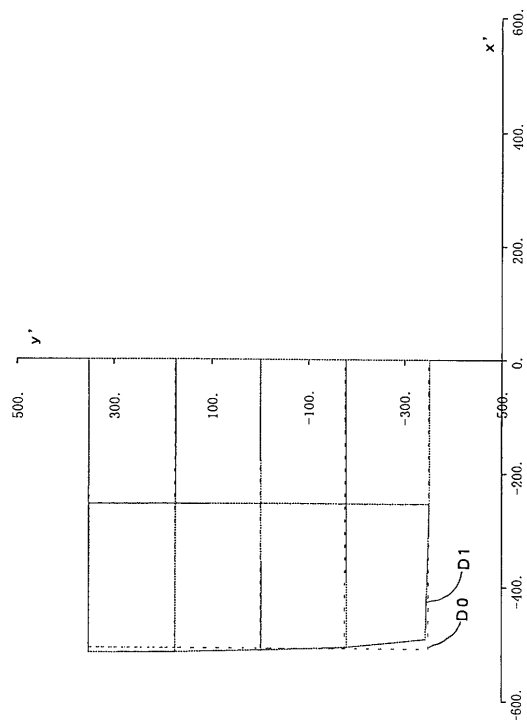
【図 8】



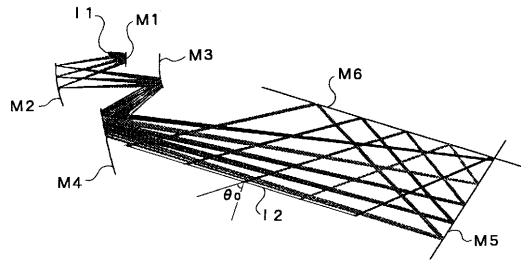
【図 9】



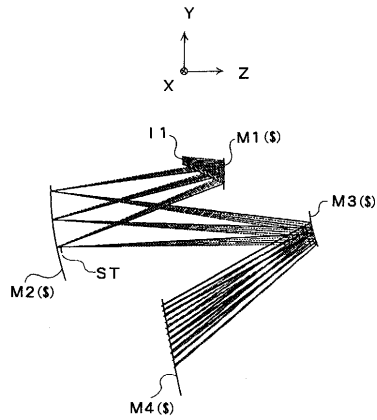
【図 10】



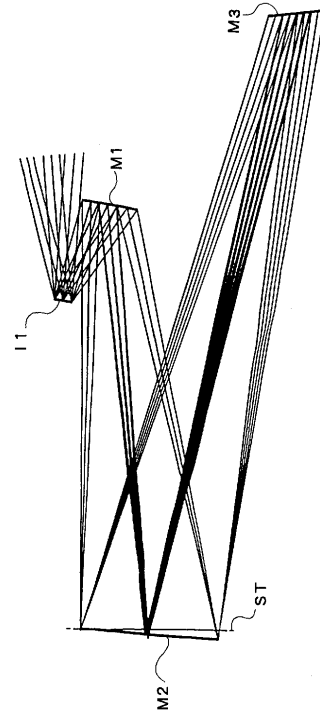
【図 1 1】



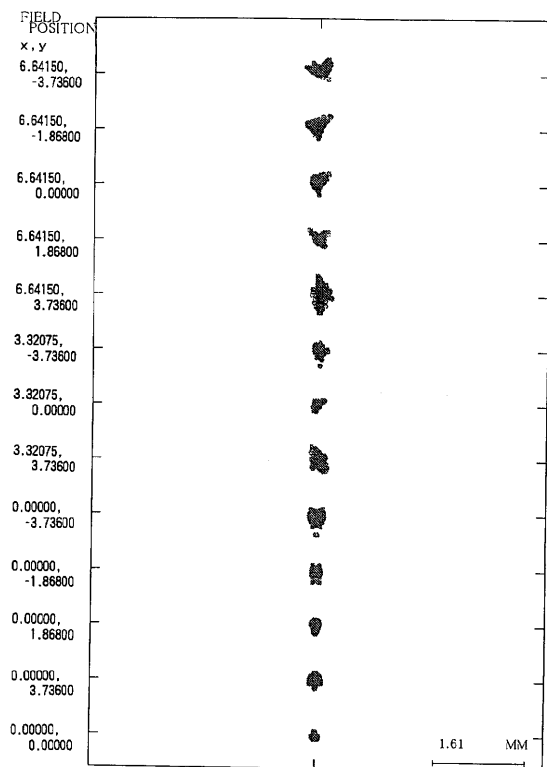
【図 1 2】



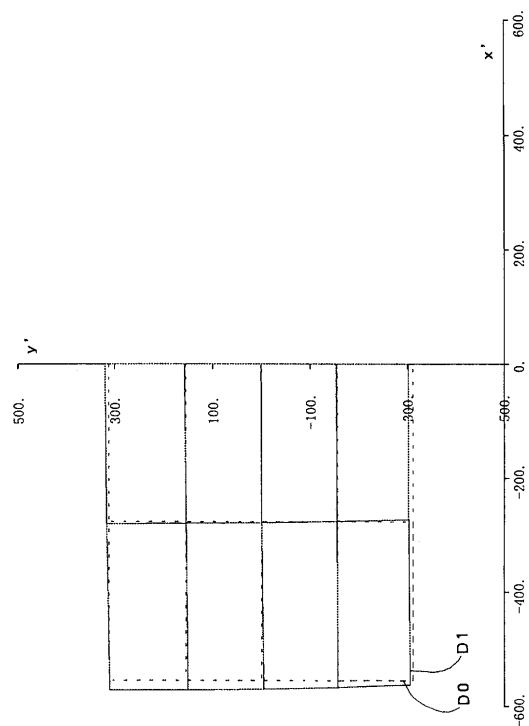
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

審査官 原田 英信

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 1 1 1 4 5 8 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 1 1 4 7 3 (J P , A)
特開平 0 9 - 1 7 9 0 6 4 (J P , A)
特開平 0 9 - 1 3 8 3 4 9 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 2 8 9 6 1 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04