

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5422897号
(P5422897)

(45) 発行日 平成26年2月19日(2014.2.19)

(24) 登録日 平成25年12月6日(2013.12.6)

(51) Int. Cl. F I
GO2B 17/08 (2006.01) GO2B 17/08 A
GO3B 21/14 (2006.01) GO3B 21/14 Z
GO2B 13/18 (2006.01) GO2B 13/18

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-46534 (P2008-46534)	(73) 特許権者	000006747
(22) 出願日	平成20年2月27日(2008.2.27)		株式会社リコー
(65) 公開番号	特開2009-204846 (P2009-204846A)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(43) 公開日	平成21年9月10日(2009.9.10)	(74) 代理人	100090103
審査請求日	平成22年7月9日(2010.7.9)		弁理士 本多 章悟
		(74) 代理人	100067873
			弁理士 樺山 亨
		(72) 発明者	安部 一成
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式
			会社リコー内
		(72) 発明者	藤田 和弘
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式
			会社リコー内
		審査官	小倉 宏之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射光学系及び画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一方の共役面から射出した複数の光束を、他方の共役面に入射させて該他方の共役面上に前記一方の共役面で形成された画像を投影可能な投射光学系において、

レンズのみからなる第1光学系と、

2面の屈折力を有する反射面のみからなる第2光学系と、からのみなり、

前記他方の共役面上に投影された画像の中心からの前記他方の共役面の法線が、第1光学系、第2光学系、及び第1光学系と第2光学系の間いずれの空間にも交差しない光学系であって、

前記他方の共役面上に投影された画像の上下方向と、前記法線の延びる方向とによって規定される平面をYZ平面としたときに、

第1光学系から光束が射出してから前記他方の共役面に入射するまでに、光束がYZ平面上で1回のみ交差し、

前記YZ平面上における第1光学系の最も第2光学系寄りのレンズの光軸の延長線から、第2光学系の第1光学系に対応する反射面の有効径の高さを H_1 、

前記YZ平面上における前記光軸の延長線から、第2光学系の前記他方の共役面に対応する反射面の有効径の高さを H_2 、

としたときに、

$$|H_1| > |H_2|$$

を満たすことを特徴とする投射光学系。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の投射光学系において、

第 2 光学系の第 1 光学系に対応する反射面は正のパワーを持った反射面であることを特徴とする投射光学系。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の投射光学系において、

第 1 光学系と第 2 光学系の間、前記複数の光束が略収束化された前記一方の共役面の中間像を有することを特徴とする投射光学系。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の投射光学系において、

第 2 光学系の前記他方の共役面に対応する反射面は、前記他方の共役面へ向かう光束の射出瞳位置の近傍に配置されていることを特徴とする投射光学系。

10

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の投射光学系において、

第 1 光学系は共軸光学系であることを特徴とする投射光学系。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の投射光学系において、

第 2 光学系の第 1 光学系に対応する反射面は、アナモフィックな自由曲面形状であることを特徴とする投射光学系。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の投射光学系において、

第 2 光学系の前記他方の共役面に対応する反射面は、アナモフィックな自由曲面形状であることを特徴とする投射光学系。

20

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の投射光学系において、

第 2 光学系の反射面のうち少なくとも 1 つは、移動可能に設けられていることを特徴とする投射光学系。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の投射光学系において、

前記移動可能な反射面は、第 1 光学系に対応した反射面であることを特徴とする投射光学系。

30

【請求項 10】

請求項 9 に記載の投射光学系において、

第 1 光学系に対応した反射面が前記画像の上下方向に回動可能に又はスライド可能に設けられ、第 1 光学系と第 2 光学系を収容する筐体が第 1 光学系の前記上下方向の高さに対応した直方体状に形成され、第 1 光学系に対応した反射面は、前記筐体から突出する使用位置と、前記筐体内に収容される退避位置とに選択的に設定されることを特徴とする投射光学系。

【請求項 11】

少なくとも 1 枚以上の画像形成素子と、前記画像形成素子により変調された光画像信号を拡大もしくは縮小する投射光学系を有する画像表示装置において、

40

前記投射光学系が請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の投射光学系であることを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像形成素子からの光を被投射面に投射する投射光学系、該投射光学系を有する画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

特許文献 1 には、レンズ系と 1 面の凹面ミラーからなる投射光学系を備えた投射型表示装置が開示されている。凹面ミラーはレンズ系の光軸の下方に大きく出っ張る状態に配置されている。

特許文献 2 には、レンズ系とミラー系との間の光路に最終ミラーからの投射光を交差させ、被投射画面（スクリーン）をレンズ系の光軸に略平行に配置して、スクリーンを含めた装置全体の薄型化を図った背面投射型（リアプロジェクション型；以下、単に「リアプロ」と略す）の画像投影装置が開示されている。

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 235516 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 225776 号公報

【特許文献 3】特開 2004 - 309765 号公報

【特許文献 4】特開 2007 - 079524 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に開示された投射光学系では、凹面ミラーがレンズ系の光軸よりも下方に大きく出っ張るため、フロントプロジェクション型（以下、単に「フロントプロ」と略す）に適用した場合、投射装置（スクリーンを除くプロジェクタ本体）を構成したときに、凹面ミラーの下端を基準に筐体の底面が規定されるために投射装置の底上げがなされ、装置高さが大きくなるとともに、光軸が装置筐体上方に位置することによって装置重心が高くなり、プロジェクタ本体の設置面（セット面）に対する不安定さを避けられない。

特許文献 3、4 に開示された投影装置においても同様なことが言える。

【0005】

特許文献 2 に開示された投影装置は、投射光学系ユニット P U とスクリーンとを含めた装置全体のスクリーン厚み方向の幅を小さくする目的の下、薄型化を実現している。

しかしながら、投射光学系ユニット P U はリアプロとして最適化されているために、投射光学系ユニット P U をそのままフロントプロに適用することはできない。

フロントプロに適用する場合、折り返しミラー等で観察する側から投射画像を観察できるように投射光学系内を折り返す構成が考えられるが、スクリーン以外の投射光学系を筐体内に収容したプロジェクタ本体ではコンパクト化が阻害されるとともに、コスト上昇を避けられない。

【0006】

本発明は、フロントプロに適用した場合のプロジェクタ本体のコンパクト化及び設置安定性を得ることができるとともに、プロジェクタ本体をその最適化仕様を変えずにフロントプロとリアプロの両方に利用でき、その共用モジュール化によるコストメリットを十分に享受できる投射光学系、該投射光学系を有する画像表示装置の提供を、その主な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上述のように、型式別に装置全体の小型化を図るよりも、スクリーンを除く部分（プロジェクタ本体）のコンパクト化を図るとともに、それを両型式に共用するようにした方がコストメリットは大きいという視点の下、創案されたものである。なお、本発明に係る「投射光学系」は、スクリーンを含んだものを指し、コンパクト化、設置安定性等の対象はスクリーンを除く部分（レンズ系と反射面）である。

【0008】

上記目的を達成するために、請求項 1 記載の発明では、一方の共役面から射出した複数の光束を、他方の共役面に入射させて該他方の共役面上に前記一方の共役面で形成された画像を投影可能な投射光学系において、レンズのみからなる第 1 光学系と、2 面の屈折力を有する反射面のみからなる第 2 光学系と、からのみなり、前記他方の共役面上に投影された画像の中心からの前記他方の共役面の法線が、第 1 光学系、第 2 光学系、及び第 1 光

10

20

30

40

50

学系と第2光学系との間のいずれの空間にも交差しない光学系であって、前記他方の共役面上に投影された画像の上下方向と、前記法線の延びる方向とによって規定される平面をYZ平面としたときに、第1光学系から光束が射出してから前記他方の共役面に入射するまでに、光束がYZ平面上で1回のみ交差し、前記YZ平面上における第1光学系の最も第2光学系寄りのレンズの光軸の延長線から、第2光学系の第1光学系に対応する反射面の有効径の高さを H_1 、前記YZ平面上における前記光軸の延長線から、第2光学系の前記他方の共役面に対応する反射面の有効径の高さを H_2 、としたときに、

$$|H_1| > |H_2|$$

を満たすことを特徴とする。

10

【0009】

請求項2記載の発明では、請求項1に記載の投射光学系において、第2光学系の第1光学系に対応する反射面は正のパワーを持った反射面であることを特徴とする。

請求項3記載の発明では、請求項1又は2に記載の投射光学系において、第1光学系と第2光学系の間に、前記複数の光束が略収束化された前記一方の共役面の中間像を有することを特徴とする。

【0010】

請求項4記載の発明では、請求項3に記載の投射光学系において、第2光学系の前記他方の共役面に対応する反射面は、前記他方の共役面へ向かう光束の射出瞳位置の近傍に配置されていることを特徴とする。

20

請求項5記載の発明では、請求項1～4のいずれか1つに記載の投射光学系において、第1光学系は共軸光学系であることを特徴とする。

請求項6記載の発明では、請求項1～5のいずれか1つに記載の投射光学系において、第2光学系の第1光学系に対応する反射面は、アナモフィックな自由曲面形状であることを特徴とする。

【0011】

請求項7記載の発明では、請求項1～6のいずれか1つに記載の投射光学系において、第2光学系の前記他方の共役面に対応する反射面は、アナモフィックな自由曲面形状であることを特徴とする。

請求項8記載の発明では、請求項1～7のいずれか1つに記載の投射光学系において、第2光学系の反射面のうち少なくとも1つは、移動可能に設けられていることを特徴とする。

30

請求項9記載の発明では、請求項8に記載の投射光学系において、前記移動可能な反射面は、第1光学系に対応した反射面であることを特徴とする。

【0012】

請求項10記載の発明では、請求項9に記載の投射光学系において、第1光学系に対応した反射面が前記画像の上下方向に回動可能に又はスライド可能に設けられ、第1光学系と第2光学系を収容する筐体が第1光学系の前記上下方向の高さに対応した直方体状に形成され、第1光学系に対応した反射面は、前記筐体から突出する使用位置と、前記筐体内に収容される退避位置とに選択的に設定されることを特徴とする。

40

請求項11記載の発明では、少なくとも1枚以上の画像形成素子と、前記画像形成素子により変調された光画像信号を拡大もしくは縮小する投射光学系を有する画像表示装置において、前記投射光学系が請求項1～10のいずれか1つに記載の投射光学系であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、フロントプロにおけるスクリーンを除くレンズ系と反射面を含むプロジェクタ本体のコンパクト化、設置安定性、可搬性、取扱い性を向上させることができるとともに、プロジェクタ本体の両型式への共用による製造コストのメリットを享受できる。

50

レンズ系と反射面の間隔を有効利用できるため、全体の占有体積が小さくなり、コンパクトにできる。

第1光学系と第2光学系の間で中間像を作ることによって、中間像では各画角の光束が分離しているため、その直後の第2光学系、特に第2光学系の第1光学系側の正のパワーを持った反射面で、広角な光学系で発生しやすいディストーションや像面湾曲を補正しやすくなる。

射出瞳近傍は全光線が狭い位置で集まっているため、そこに反射面を配置すると、その反射面面積を小さくでき、システムのコンパクト化、コストダウンを図ることができる。

【0015】

複数のレンズを含む第1光学系が偏心のない共軸光学系であることにより、レンズ組み付け時に組み付けやすいだけでなく、レンズ単体も共軸であるために製造しやすい。

第2光学系の反射面がアナモフィックな自由曲面であることにより、設計自由度が上がり解像性能を上げることができる。特に、X方向とY方向の曲面のパワーを変えることができるため、サジタル方向とメリジオナル方向で結像位置が変化してしまう非点収差の補正に効果的である。

第2光学系の反射面を移動可能としたことにより、例えば非投射時に出っ張った反射面を光軸方向や第1光学系の方向に畳んだり動かすことができるため、装置を移動する際や収納する際、装置がコンパクトになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態を図を参照して説明する。まず、図1乃至図3に基づいて第1の実施形態を説明する。

本実施形態に係るフロントプロの投射光学系1は、一方の共役面を含むプロジェクタ本体2と、他方の共役面をなすスクリーン105を有している。

プロジェクタ本体2は筐体110を有し、筐体110には、画像形成素子101、複数のレンズを有する第1光学系102、第2光学系112が収容されている。

第2光学系112は、正のパワーを持ち第1光学系102に対応する反射面103と、パワーを有してスクリーン105に対応する反射面104とからなる。反射面103と反射面104はいずれもアナモフィックな自由曲面形状を有している。

「第1光学系に対応する反射面」とは、第1光学系から射出した光線が先に入射する反射面のことであり、「スクリーン(共役面)に対応する反射面」とは、第1光学系に対応する反射面から反射した光線が入射し、共役面方向に反射させる反射面のことである。

【0017】

一方の共役面(以下「共役面A」ともいう)としての筐体110内に配置された画像形成素子101から射出した光束が、他方の共役面(以下「共役面B」ともいう)としてのスクリーン105で解像性能や歪などの所望の投射性能を満足するように光学系全体で最適化設計されている。つまり、第1光学系102と第2光学系112が一体となって最適化設計されている。

もちろん、第1光学系102はレンズだけでなくパワーを持つ反射面を含んだ光学系でも良く、パワーを持たない反射面で光路を折り返しても良い。また、図1では第1光学系102は3つのレンズで模式的に記載しているが、3つのレンズで構成される光学系に限定されるものではない。

第2光学系112の共役面Bに対応する反射面104は図1では正のパワーを持った凹面反射面で記載されているが、光学系全体で最適化設計を行い所望の投射性能を満たす時には凹面でも凸面でもありうるため、凹面反射面に限定されるものではない。

【0018】

共役面A上に配置された画像形成素子101から射出した光束は、第1光学系102を通過し、第1光学系102から射出し、第2光学系112の第1光学系に対応する凹面の反射面103に入射する。

反射面103から正のパワーを受けて射出した光束は、YZ平面上で第1光学系102

10

20

30

40

50

の光軸 106 に対し、第 2 光学系 112 の第 1 光学系に対応する反射面 103 と反対側の空間に配置された共役面 B に対応する反射面 104 に入射する。

反射面 103 が正のパワーを持っているため、入射光に対し射出光は収束化される。このため、共役面 B に対応する反射面 104 のサイズが大きくなりコンパクトなものにできる。

共役面 B に対応する反射面 104 を射出した光束は、スクリーン 105 に到達するまでに、YZ 平面上でそれまでに至った光路と 1 回のみ交差し、スクリーン 105 上で結像する。

【0019】

ここで、「YZ 平面」とは、共役面 B 上に投影された画像の上下方向と、共役面 B 上に投影された画像の中心からの法線 107 の伸びる方向とによって規定される平面であり、図 1 の紙面の平面である。

換言すれば、スクリーン 105 上の投影画像の中心と、第 1 光学系 102 の最も口径が大きいレンズの光軸 106 で定義される平面である。

「光束が YZ 平面上で交差する」とは、投射光学系全光束を YZ 平面に投影したときに交差する、という意味である。

上記のように共役面 B に対応する第 2 光学系の反射面 104 を射出した光束が、YZ 平面上でそれまでに至った光路と 1 回のみ交差することにより、投射光学系の内部の空間を結像に必須な所望の空間（投射性能を満足するために必要な空間）として有効利用することができるため、物体から結像面までの結像システムが占有する空間を有効利用できる。

このことにより、結像システム、投射システム、投射装置としてコンパクトにすることができる。

【0020】

因みに、複数回交差する場合、特許文献 3 のように 3 面以上の反射面が必要となる。この場合、コストが高く、製造上の位置精度が厳しいミラーが 3 枚以上必要となるため、交差する回数は 1 回のみがよい。

交差回数が多いとフレア光が共役面 B に到達する確率が高くなって画質劣化が懸念されるため、この観点からも 1 回のみ交差方式は有利である。

また、共役面 B 上のスクリーン 105 の中心を通る共役面 B の法線 107 がスクリーン以外の投射光学系と交差しないように、光学系全体が配置されている。このことにより、例えば図 1 の右側から人などがスクリーンに投射された投影画像を観察する際にスクリーン以外の投射光学系が邪魔になりにくい。そのことにより、例えばスクリーン以外の投射光学系をひとつの筐体に収容したプロジェクタ本体 2 にて、図 1 の右側から観察する場合、プロジェクタ本体 2 が邪魔することなく、観察することができる。すなわち、本光学系はフロントプロの投影装置に採用するのに適している。

特に、本実施形態、後に示す第 2 の実施形態、および第 3 の実施形態は、スクリーン 105 を通る共役面 B の下端からの法線も、スクリーン以外の投射光学系と交差しないように、光学系全体が配置されている。

このことにより、スクリーンに投射された投射画像を観察する際に投射光学系が邪魔になりにくいという効果がより顕著に発揮される。

【0021】

図 2、図 3 に基づいて、第 2 光学系 112 の反射面 103、104 の配置位置関係を詳細に説明する。

YZ 平面において、第 1 光学系 102 の最も口径の大きいレンズ 102 a の光軸 106 を基準に、第 1 光学系 102 に対応する反射面 103 の有効径の光軸 106 からの最大高さを H_1 、共役面 B に対応する反射面 104 の有効径の光軸 106 からの最大高さを H_2 とし、 H_1 の絶対値 $|H_1|$ よりも H_2 の絶対値 $|H_2|$ を小さくすることによって、第 2 光学系 112 の共役面 B に対応する反射面 104 がより光軸 106 に近い位置に配置され、光軸 106 に対しスクリーン 105 と反対の空間（図 2 における光軸 106 より下側）での光学系の空間占有箇所が小さくなる。

10

20

30

40

50

このことにより、図3(a)に示すように、スクリーン105を除く投射光学系(レンズ系と反射面)を装置(プロジェクタ本体2)としたときに、その厚みは、 $|H_1| < |H_2|$ としたとき(図3(b))の厚み、特許文献1の実施例で示されている光学系(図3(c))での厚みと比べて、上部に出っ張りはあるもののコンパクトになる。

【0022】

すなわち、図3(b)に示されているような $|H_1| < |H_2|$ のときの装置の厚み T_2 、図3(c)に示されているような特許文献1の実施例の装置の厚み T_3 に対し、本実施形態に係る投射光学系では、装置上部が T_1' として一部出っ張るものの、装置の厚みは T_1 と薄くコンパクトにできる。

また、図3(b)、(c)に示す構成では、光軸の位置が筐体底面から上方に位置するため、重心が高くなり、設置時に不安定となる懸念がある。

これに対して、本実施形態に係るプロジェクタ本体2は、光軸の位置が筐体の底面側に位置して低重心となり、設置安定性を確保することができる。

筐体110の底面は、第1光学系102の、スクリーン105上の画像の上下方向における略下端ラインを基準にして無駄なスペースが生じないように設定されており、第2光学系112の反射面104は、筐体110の底面近傍に配置されている。

【0023】

図4及び図5に基づいて第2の実施形態を説明する。なお、上記実施形態と同一部分は同一符号で示し、特に必要がない限り既にした構成上及び機能上の説明は省略して要部のみ説明する(以下の他の実施形態において同じ)。

図4は本実施形態に係る画像表示装置400の全体図、図5は図4においてスクリーン405を除いた部分の拡大図である。

透過型液晶パネルや反射型液晶パネル、DMDに代表される画像形成素子401を射出した光束はレンズのみで形成された共軸光学系の第1光学系402に入射する。

ここでは、第1光学系402はレンズのみで構成されているが、反射面や回折面などを用いて光路を折りたたむ等の手段があってもよく、所望の結像性能を満たすのであれば特に問題とならない。また、第1光学系402は共軸光学系としているが、上記実施形態と同様、所望の結像性能を満たすのであれば非共軸光学系でも特に問題とならない。

第1光学系402を射出した光束は第1光学系402のみによって共役面A上の画像形成素子401の中間像407を形成する。中間像407は画像形成素子401に対し若干拡大されている。

【0024】

この中間像407を第2光学系410の2枚の反射面、第1光学系に対応する正のパワーを持った反射面403と、共役面B、すなわちスクリーン405に対応する反射面404で拡大投射している。

中間像407は最終的にスクリーン405で所望の結像性能が得られていけばいいので、中間像自身の解像性能は特に問題とならない。中間像407にて略収束化された光束は再び発散し、第2光学系の正のパワーを持った反射面403に入射する。そこで正のパワーを受けた光束は、全体の有効光束幅が小さくなりながら、共軸光学系である第1光学系の光軸406を通過し、第2光学系の反射面404に入射する。反射面404でパワーを受けた光束は投射光学系の内部のこれまでに至った光束と1回交差(交差部409)し、共役面B上のスクリーン405に投射されている。

【0025】

中間像を一旦得る光学系の特異な効果として、第2光学系からスクリーンへ至る光路でいわゆる「射出瞳」に相当する光束が一旦集まる箇所408があり、この近傍に第2光学系の共役面Bに対応する反射面404を配置することで、そのサイズを小さくすることができる。

中間像を一旦得る光学系においては、中間像を形成しない従来の光学系と比較すると格段に光束を交差させやすい。

補足すると、本発明は、画像形成素子などの物体をシフトさせ(第1光学系の光軸から

10

20

30

40

50

ずらし)、斜め方向に投射する場合で、第2光学系の大きさが、第1光学系の有効径より大きい投射光学系の場合に特に有効である。

このような投射光学系であると、本発明の第2光学系の共役面Bに対応する反射面がない場合は、第2光学系がシフトしている側(側面Cとする:図示せず)に対して反対側(側面Dとする:図示せず)側に投射光束が進み投射画像を形成するが、本発明の第2光学系の共役面Bに対応する反射面により光路を折り曲げられ、さらに、その光束がそれまでに至った光路を1回のみ交差して上記側面C側に投射することにより、第2光学系がシフトしている側の空間を有効利用できることになる。

したがって、より小型の投射光学系、投射光学装置を実現できる。

【0026】

図6に基づいて第3の実施形態(中間像を形成しない例)を説明する。

本実施形態に係る画像表示装置のプロジェクタ本体2の第2光学系112における共役面Bに対応する反射面104'は、負のパワーを持った凸面反射面である。

勿論、光学系全体で最適化設計を行い所望の投射性能を満たす時には凹面でも凸面でもありうるため、凸面反射面に限定されるものではない。

図1に示した構成は中間像を第1光学系と第2光学系の間に形成する構成で、中間像をスクリーン上で再び結像させるには第2光学系で大きな正のパワーが必要なため、共役面Bに対応する反射面104も正のパワーを持つ反射面、つまり凹面になりやすいが、本実施形態では中間像を持たない構成で、スクリーン上で大きく拡大投影するために共役面Bに対応する反射面104'は光線を発散させる負のパワー、つまり凸面になりやすい。

【0027】

図7に第4の実施形態を示す。

本実施形態に係る投射光学系におけるプロジェクタ本体3は、図1等で示した筐体110に比べて外面に凹凸を有しない直方体状の筐体610を有しており、筐体610内に画像形成素子101、第1光学系102、第2光学系112が外部に出っ張ることなく収容されている。

筐体610は第1光学系102のスクリーン105上の画像の上下方向の高さに対応した直方体状に形成されている。すなわち、筐体610の上下方向の高さは、第1光学系102を無駄なスペースが存在しない状態で収容する必要最小限の高さに設定されており、コンパクト化を実現している。

第2光学系112の第1光学系102に対応する反射面103は、下端側を軸支されてスクリーン105に形成される画像の上下方向に回動可能に設けられている。

筐体610の反射面103に対応する上面は開口されており(その他の上面は透光性部材で閉塞)、使用する際には、実線で示す退避位置(収納位置)から二点鎖線で示す使用位置に引き上げて設定され、図示しないストッパにより位置決めされる。

不使用時(非投射時)には実線で示す位置に収納され、上記開口部を塞ぐ側板を兼ねる。

因みに、図3(c)に示す従来構成においてこのようなプロジェクタ本体のコンパクト化を試みようとした場合、反射面103は筐体610の底面側に突出することになるので適用できない。

【0028】

反射面103の駆動は、手動、自動のいずれでもよい。モータやソレノイド等のアクチュエータを駆動源として自動化すれば、特にプロジェクタ本体2を天井面等に設置する使用レイアウトにおいて、リモコン操作により反射面103を容易に駆動でき、使用性に優れる。

図示しないが、さらに、筐体610を分割構成とし、第2光学系112側をガイドレール構成等を介して第1光学系102側に対して摺動自在とし、不使用時には押し込んで光軸方向の装置幅を短くする構成としてもよい。このようにすればかさばらず、可搬性、取扱い性を一層向上させることができる。

反射面103とは別に上記開口部を開閉する蓋を光軸方向にスライド自在に設け、不使

10

20

30

40

50

用時に筐体 110 内にゴミ等が侵入しないようにしてもよい。

【0029】

図 8 に第 5 の実施形態を示す。

本実施形態に係る投射光学系におけるプロジェクタ本体 4 は、直方体状の筐体 710 を有しており、筐体 710 内に画像形成素子 101、第 1 光学系 102、第 2 光学系 112 が外部に出っ張ることなく収容されている。

第 2 光学系 112 の第 1 光学系 102 に対応する反射面 103 は、スクリーン 105 に形成される画像の上下方向にスライド自在に設けられている。

筐体 710 の反射面 103 に対応する上面は上記反射面 103 のスライドを許容する寸法に開口されており（その他の上面は透光性部材で閉塞）、使用する際には、実線で示す退避位置（収納位置）から二点鎖線で示す使用位置に引き上げて設定され、図示しないストッパにより位置決めされる。

筐体 710 のその他の付加構成については、第 4 の実施形態と同様に実施できる。

上記実施形態では、反射面 103 の回動とスライドを別々に説明したが、もちろん同時に行うような機構を設けてもよい。

【0030】

図 9 に第 6 の実施形態を示す。

上記各実施形態ではフロントプロへの適用例を示したが、本発明はプロジェクタ本体の最適化を変えずにリアプロ（背面投射型）にもそのまま利用することができる。

図 1 に示した構成をそのままリアプロとして実施できるが、ここでは、さらに装置全体のコンパクト化を図った構成を例示する。

画像形成素子 101 から射出した光束は、複数のレンズを有する第 1 光学系内で、装置全体の厚み（Z 方向）を薄くするために第 1 光学系内に配置された光路折り曲げミラー 120 によって光路を曲げられ、第 2 光学系に入射する。

ここで光路折り曲げミラー 120 の配置箇所は第 1 光学系内であるが、第 1 光学系と第 2 光学系の間でも良く、また画像形成素子 101 と第 1 光学系の間でも良く、限定されるものではない。また折り曲げ回数も 1 回でなくともよい。同図では光路を紙面垂直方向（X 方向）から Z 方向に約 90 度折り曲げているが、90 度でなくともよい。もちろん折り曲げなくとも良い。

【0031】

第 2 光学系に入射し、2 枚の曲面ミラー（反射面 103、104）で反射された光束は、第 2 光学系を射出し、YZ 平面上でそれまでに至った光路と 1 回のみ交差する。そして交差した投射光は筐体 810 の背面（図の左方向）に配置された平面鏡からなる投射光折り返しミラー 121 によって反射し、筐体前面（図の右方向）に配置されたスクリーン 105 上で像を結ぶ。

投射光を折り返すことにより、装置全体の厚み（Z 方向）を薄くすることができる。

【0032】

図 10 に第 7 の実施形態（画像表示装置）を示す。

上述した投射光学系を用いて画像表示装置を構成することができる。図 10 にその構成例を模式的に示す。

符号 10 は光源としてのランプ光源を示している。ランプ光源としては、キセノンランプ、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、超高压水銀ランプなどを用いることができる。あるいは、LED、LD、レーザーなどの固体光源を用いてもよい。

光源光は UV 成分、IR 成分を含んでいるが、これらはカットフィルタ 11 でカットすることによって、光学素子の劣化を抑制することができる。

偏光変換素子 12 は、前記光線の偏光特性を直線偏光に変換することで、光利用効率を高めることができる。

1 対のフライアイレンズアレイ 13、14 によって照明光量分布を均一化することができる。コンデンサレンズ 15 によって、ライトバルブを照明する角度、照明領域を調整することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

ファイアレンズ 1 4 を射出した光束はダイクロイックミラー 1 6 に至る。ダイクロイックミラー 1 6 は青色波長成分を選択反射して青の照明光路を他色の照明光路と分離する。

ダイクロイックミラー 1 7 は緑色波長成分を選択反射して緑と赤の照明光路を分離する。ダイクロイックミラー 1 6 の反射光は、偏光分離素子 1 8 を反射して、画像形成素子 2 1 を照明する。ダイクロイックミラー 1 7 の反射光は、偏光分離素子 1 9 を反射して、画像形成素子 2 2 を照明する。

ダイクロイックミラー 1 7 の透過光は、偏光分離素子 2 0 を反射して、画像形成素子 2 3 を照明する。ここで示す画像形成素子 2 1、2 2、2 3 は反射型画像形成素子である。

画像形成素子 2 1 への照明光は画像形成素子 2 1 によって変調され、青色波長成分の画像信号が与えられる。

【 0 0 3 4 】

画像形成素子 2 2 への照明光は画像形成素子 2 2 によって変調され、緑色波長成分の画像信号が与えられる。画像形成素子 2 3 への照明光は画像形成素子 2 3 によって変調され、赤色波長成分の画像信号が与えられる。

画像形成素子 2 1 によって変調された反射光は、偏光分離素子 1 8 を透過して、クロスプリズム 2 4 によって他色の反射光と合成される。画像形成素子 2 2 によって変調された反射光は、偏光分離素子 1 9 を透過して、クロスプリズム 2 4 によって他色の反射光と合成される。

画像形成素子 2 3 によって変調された反射光は、偏光分離素子 2 0 を透過して、クロスプリズム 2 4 によって他色の反射光と合成される。クロスプリズム 2 4 によって合成された反射光は、投射光学系本体部 2 5 に入射し、投射光学系本体部 2 5 によってスクリーン 2 6 に到達し、スクリーン 2 6 上に画像形成素子の像を結ぶ。

投射光学系本体部 2 5 とスクリーン 2 6 からなる投射光学系 2 7 として、上述した各実施形態における投射光学系を用いることができる。

【 0 0 3 5 】

上記の構成例によって、3板式の拡大画像表示装置を構成することができる。本発明による投射光学系を用いることによって、すでに説明した効果が得られる。

なお、透過型のライトバルブ素子を用いた画像表示装置においても、本発明に記載の投射光学系はなんらの問題なく適用することができる。

あるいは、1枚のライトバルブ素子でフィールドシーケンシャルに画像を表示させる画像表示装置においても、本発明に記載の投射光学系を適用することができる。

【 0 0 3 6 】

[数値実施例]

実際の投射光学系の設計例である数値実施例（図 5 の構成に対応）を以下に示す。

表 1 に投射光学系の面番号、曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数の数値実施例を示す。

表 1 において非球面を 1 に 印で示す。第 2 4、2 5、3 1、3 2 面は回転対称非球面であり、第 3 4、3 5 面はアナモフィックな多項式自由曲面である。

表 1 において反射面を 2 に 印で示す。すなわち第 3 4、3 5 面はミラーである。

物体から第 8 面までの間には、クロスプリズムや偏光ビームスプリッタが設けられる場合と等価な光路長が与えられている。

【 0 0 3 7 】

【表 1】

面番号	曲率半径(mm)	面間隔(mm)	屈折率	アッベ数	※1	※2
物体	0.000	3.55				
1	0.000	1.80	1.517	64.2		
2	0.000	0.85	1.458	67.7		
3	0.000	20.56	1.589	61.3		
4	0.000	3.25	1.589	61.3		
5	0.000	25.00	1.517	64.2		
6	0.000	0.10	1.458	67.7		
7	0.000	2.00	1.517	64.2		
8	0.000	3.81				
9	60.955	7.41	1.572	68.4		
10	-82.348	18.20				
11	82.150	1.60	1.835	43		
12	20.234	9.65	1.497	81.6		
13	-77.994	16.54				
14	193.762	3.70	1.501	79.6		
15	-128.903	3.56				
16	-38.633	3.17	1.53	64.5		
17	-26.472	0.10				
18	0.000	3.88				
19	-77.484	4.18	1.818	37		
20	52.543	2.98				
21	67.246	3.97	1.712	47.5		
22	-67.352	0.00				
23	0.000	41.98				
24	47.197	9.73	1.533	56.7	○	
25	45.615	1.50			○	
26	44.445	13.49	1.615	42.5		
27	-139.183	2.10	1.806	31.2		
28	120.890	16.39				
29	258.232	2.00	1.743	27.5		
30	29.653	5.83				
31	62.183	7.00	1.533	56.7	○	
32	70.997	61.16			○	
33	0.000	60.00				
34	0.000	-35.51			○	○
35	0.000	-700.00			○	○
像	0.000	0.00				

10

20

【0038】

30

回転対称非球面は周知のとおり、Zを光軸方向のデプス、cを近軸曲率半径、rを光軸からの光軸直交方向の距離、kを円錐係数、A、B、C、・・・等を高次の非球面係数とすると、

$$Z = c \cdot r^2 / [1 + \{ 1 - (1 + k) c^2 r^2 \}] + A r^4 + B r^6 + C r^8 \dots$$

という非球面式となり、k、A、B、C・・・の値を与えて形状を特定する。

アナモフィックな多項式自由曲面は、投射画像を基準として、短軸方向をY方向、長軸方向をX方向、曲面のデプスをZ方向、「X²、Y²、X²Y、Y³、X²Y²など」を係数として、

$$Z = X^2 \cdot x^2 + Y^2 \cdot y^2 + X^2 Y \cdot x^2 y + Y^3 \cdot y^3 + X^4 \cdot x^4 + X^2 Y^2 \cdot x^2 y^2 + Y^4 \cdot y^4 + X^4 Y \cdot x^4 y + X^2 Y^3 \cdot x^2 y^3 + Y^5 \cdot y^5 + X^6 \cdot x^6 + X^4 Y^2 \cdot x^4 y^2 + X^2 Y^4 \cdot x^2 y^4 + Y^6 \cdot y^6 + \dots$$

40

で表される形状である。

【0039】

表2～5に非球面係数を示す。表6には、回転対称非球面式における係数の次数と係数記号の関係をまとめた。

【0040】

【表 2】

面番号	24
K	0
A	-6.46E-06
B	-5.11E-10
C	1.06E-12
D	-3.18E-15
E	-2.52E-18
F	1.08E-21
G	1.64E-23

【0041】

10

【表 3】

面番号	25
K	0
A	-9.91E-06
B	1.11E-09
C	-7.39E-13
D	4.63E-16
E	-6.05E-18
F	-3.41E-21
G	2.43E-23

【0042】

20

【表 4】

面番号	31
K	0
A	-9.85E-06
B	1.49E-08
C	-1.28E-11
D	2.10E-14
E	-1.83E-17
F	8.94E-20
G	-1.84E-22

【0043】

30

【表 5】

面番号	32
K	0
A	-1.14E-05
B	1.45E-08
C	-2.07E-11
D	2.05E-14
E	1.00E-17
F	-4.02E-20
G	-2.55E-23

【0044】

40

【表 6】

4次の係数	A
6次の係数	B
8次の係数	C
10次の係数	D
12次の係数	E
14次の係数	F
16次の係数	G

【0045】

表 7、8 に、それぞれ第 3 4、3 5 面の自由曲面係数を示す。表 9、10 に、それぞれ第 3 4、3 5 面の偏心率を示す。

50

【 0 0 4 6 】

【表 7】

面番号	34
X2	-0.0053456
Y2	-0.002478
X2Y	2.86E-05
Y3	1.97E-05
X4	-1.55E-07
X2Y2	-4.30E-07
Y4	6.59E-07
X4Y	4.47E-10
X2Y3	-8.52E-09
Y5	2.33E-08
X6	3.24E-11
X4Y2	-6.79E-11
X2Y4	-4.13E-10
Y6	3.42E-10
X6Y	7.77E-13
X4Y3	1.04E-12
X2Y5	-5.52E-12
Y7	2.52E-12
X8	-3.56E-14
X6Y2	5.41E-14
X4Y4	1.54E-14
X2Y6	-1.02E-13
Y8	-1.58E-15
X8Y	-1.72E-16
X6Y3	4.94E-16
X4Y5	-1.09E-15
X2Y7	-2.09E-15
Y9	-1.61E-16
X10	4.89E-18
X8Y2	-3.18E-18
X6Y4	-9.67E-19
X4Y6	-2.00E-17
X2Y8	-1.80E-17
Y10	-1.15E-18

10

20

【 0 0 4 7 】

【表 8】

面番号	35
X2	0.0003032
Y2	3.69E-05
X2Y	-4.96E-06
Y3	1.40E-06
X4	2.10E-09
X2Y2	4.37E-08
Y4	-8.95E-08

30

【 0 0 4 8 】

【表 9】

面番号	34
Y方向シフト(mm)	70.73
YZ面内回転(°)	45.19

40

【 0 0 4 9 】

【表 10】

面番号	35
Y方向シフト(mm)	-5.00
YZ面内回転(°)	89.40

【 0 0 5 0 】

本実施例における光学系の物体側の開口数 (NA) は 0.21 である。

本実施例において、画像形成素子の位置は、その中心と第 1 光学系の光軸が Y 方向に - 6

50

、37mmずれて配置されている。

本実施例における画像形成素子のサイズは対角0.61インチであり、スクリーンサイズは対角100インチであるため、その投射倍率は約164倍である。

本実施例におけるスクリーン面上でのスポットダイアグラムを図11に示す。

図11と共役面Aから射出する光束の画像形成素子上の位置の対応図を、図12に示す。図12においては、XY面上にある画像形成素子上の物点のうち、X0のエリアについて、X方向に3等分割、Y方向に3等分割して得られる9個の格子点を示している。

これらの格子点を(1)~(9)(図面上では番号を丸で囲んでいる)で示し、投射光学系によりスクリーンへ到達した光束の収束具合をスポットダイアグラムとして図11に示している。

10

【0051】

図13に、TVディストーション特性を示す。図13の各画角の像点は、図11同様、図12の格子点の番号に対応している。

TVディストーションは1%以下であり、歪はよく補正されている。

また、スクリーン面と第2光学系の第1光学系側の反射面の最大長は769mmである。スクリーン面までの距離は短く、本実施例は、至近距離から高い倍率で拡大投射することができるという性能を実現するものである。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る投射光学系の概要構成図である。

20

【図2】レンズ系と反射面の配置関係を示す図である。

【図3】本発明の投射光学系のコンパクト化を説明するための比較図である。

【図4】第2の実施形態に係る投射光学系の概要構成図である。

【図5】中間像周辺の拡大図である。

【図6】中間像を形成しない第3の実施形態に係る投射光学系の概要構成図である。

【図7】第4の実施形態に係る投射光学系の要部構成図である。

【図8】第5の実施形態に係る投射光学系の要部構成図である。

【図9】第6の実施形態に係るリアプロ投射光学系の概要構成図である。

【図10】第7の実施形態に係る画像表示装置の概要構成図である。

【図11】実施例におけるスクリーン面上でのスポットダイアグラムを示す図である。

30

【図12】射出光束の画像形成素子上の位置関係を示す対応図である。

【図13】TVディストーション特性を示す図である。

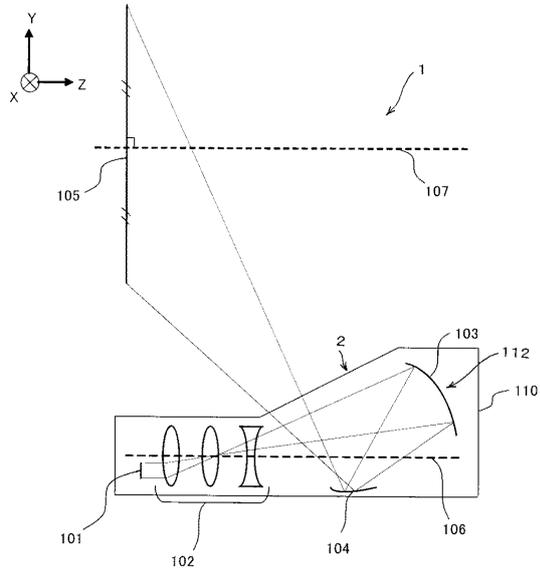
【符号の説明】

【0053】

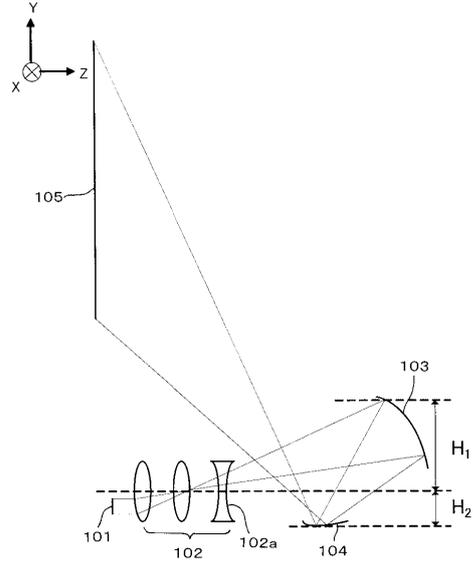
- 1 投射光学系
- 2 一方の共役面としてのプロジェクタ本体
- 102 第1光学系
- 103、104、104' 反射面
- 105 他方の共役面としてのスクリーン
- 106 光軸
- 107 法線
- 112 第2光学系
- 120 折り曲げミラー
- 121 折り返しミラー
- 407 中間像

40

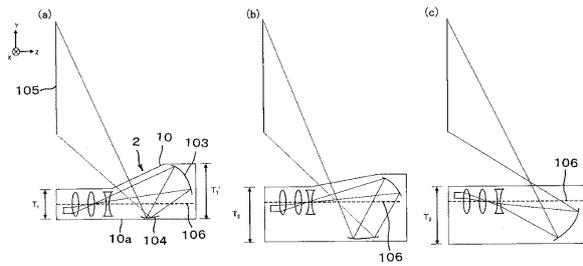
【図1】



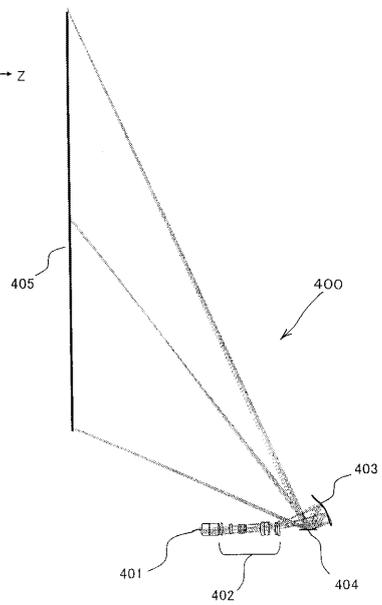
【図2】



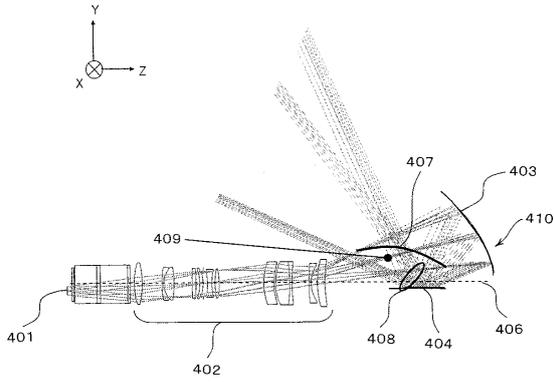
【図3】



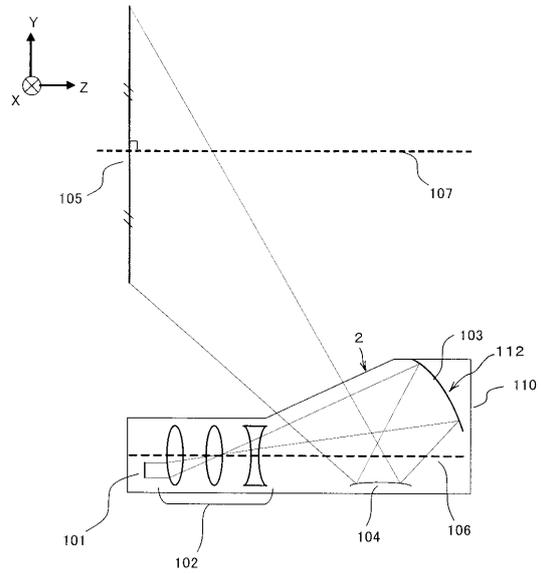
【図4】



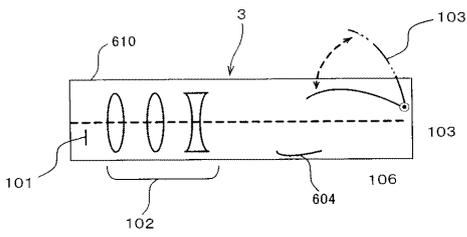
【図5】



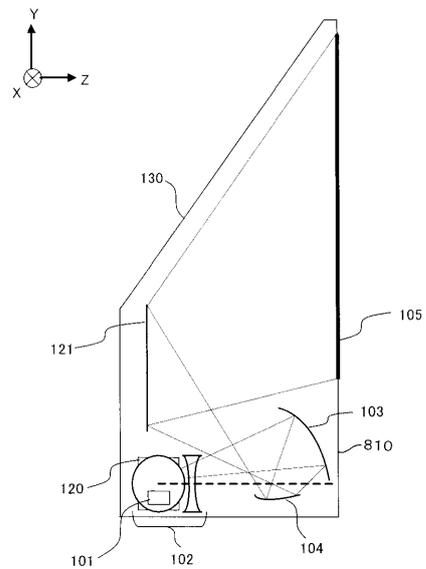
【図6】



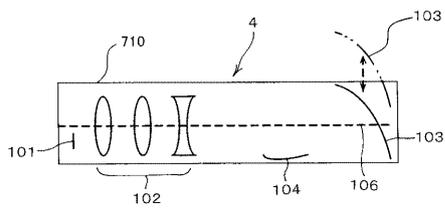
【図7】



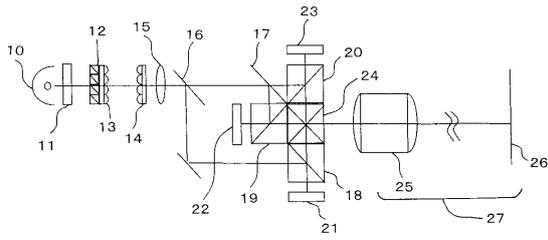
【図9】



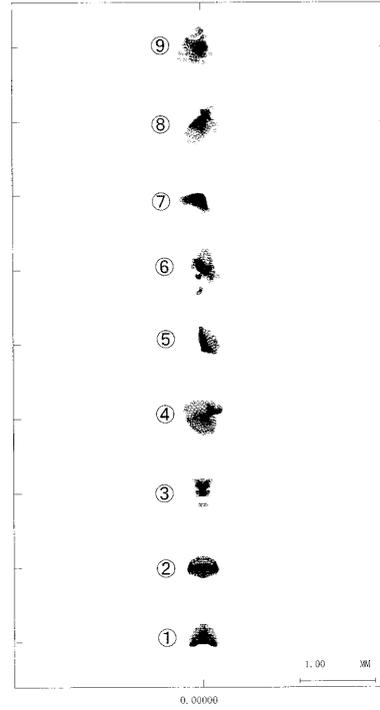
【図8】



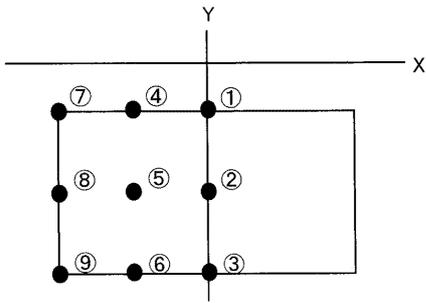
【図 10】



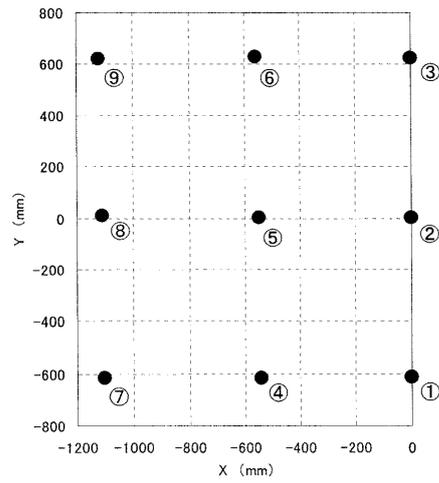
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-149593(JP,A)
国際公開第2007/119292(WO,A1)
特開2007-079524(JP,A)
特開2005-084576(JP,A)
特開2007-334052(JP,A)
特開2007-094405(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04