

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7697461号
(P7697461)

(45)発行日 令和7年6月24日(2025.6.24)

(24)登録日 令和7年6月16日(2025.6.16)

(51)国際特許分類	F I	
G 0 2 B 17/08 (2006.01)	G 0 2 B 17/08	
G 0 2 B 13/16 (2006.01)	G 0 2 B 13/16	
G 0 3 B 21/00 (2006.01)	G 0 3 B 21/00	D
G 0 3 B 21/14 (2006.01)	G 0 3 B 21/14	Z
H 0 4 N 5/74 (2006.01)	H 0 4 N 5/74	A
請求項の数 15 (全41頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2022-526902(P2022-526902)	(73)特許権者	000002185 ソニーグループ株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号
(86)(22)出願日	令和3年5月17日(2021.5.17)	(74)代理人	110003339 弁理士法人南青山国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/018550	(72)発明者	西山 麻里子 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/241297	(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
(87)国際公開日	令和3年12月2日(2021.12.2)	審査官	森内 正明
審査請求日	令和6年4月4日(2024.4.4)		
(31)優先権主張番号	特願2020-91942(P2020-91942)		
(32)優先日	令和2年5月27日(2020.5.27)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像表示装置及び投射光学系

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源と、

前記光源から出射される光を変調して画像光を生成する画像生成部と、

前記生成された画像光が入射する位置に基準軸を基準として構成され、全体で正の屈折力を有するレンズ系と、

前記基準軸を基準として構成され、前記レンズ系から出射された前記画像光を被投射物に向けて反射する凹面反射面と

を有する投射光学系と

を具備し、

前記基準軸からの光線高さを h 、

前記光線高さ h に応じた前記凹面反射面の形状を表す関数 $Z(h)$ の接線の、光軸高さ方向に対する角度を $\theta(h)$ 、

前記光線高さ h における前記角度 $\theta(h)$ の変化量を $\theta'(h)$ 、

前記画像光を反射する前記凹面反射面の前記基準軸から最も離れた反射点の光線高さ h を h_{max} とすると、

$$0 < \left| \frac{Z'(h_{max}) - (0.9 \cdot h_{max})}{h_{max}} \right| < 0.056$$

の関係を満たすように構成されており、

前記画像光のうち、前記凹面反射面により反射される反射点が $0.85 \cdot h_{max}$ よりも大きい範囲に含まれる光線を、縁部側光線とすると、

前記凹面反射面は、前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の少なくとも一部を、前記基準軸に沿った方向と90度以上の角度で交差する方向へ反射し、

前記投射光学系は、前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の各々の進行方向が互いに平行となるように、かつ前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の光線間隔が等しくなるように構成され、

前記レンズ系は、

全体で正の屈折力を有し、前記生成された画像光を屈折させる第1の屈折光学系と、

前記第1の屈折光学系により屈折された前記画像光を折り返して反射する第1の反射面と、

前記第1の反射面により反射された前記画像光を折り返して反射する第2の反射面と、

全体で正の屈折力を有し、前記第2の反射面により反射された前記画像光を屈折させて前記凹面反射面に出射する第2の屈折光学系と

を有し、

前記第1の反射面のパワーを 1、

前記第2の反射面のパワーを 2 とすると、

$0.1 < |2 / 1| < 1.2$ 、かつ $|2| < |1|$

の関係を満たすように構成されている

画像表示装置。

【請求項2】

請求項1に記載の画像表示装置であって、

前記第1の屈折光学系、前記第1の反射面、及び前記第2の反射面を第1の光学系、

前記第2の屈折光学系の前記縁部側光線に作用する部分を第2の光学系とすると、

前記第1の光学系は、前記縁部側光線を所定の集光位置に集光させ、

前記所定の集光位置は、前記第2の光学系の前側焦点位置に一致する

画像表示装置。

【請求項3】

請求項2に記載の画像表示装置であって、

前記縁部側光線のうち、前記凹面反射面により反射される反射点の光線高さが中間の値となる光線を中間光線、

前記中間光線の前記第2の屈折光学系の最終レンズ面に対する入射位置を中間入射位置、

前記中間光線の前記画像生成部から前記所定の集光位置までの光路長をA、

前記中間入射位置から前記前側焦点位置までの光路長をB、

前記中間光線の前記画像生成部から前記中間入射位置までの光路長をCとすると、

$0.8 < |A + B| / C < 1.2$

の関係を満たすように構成されている

画像表示装置。

【請求項4】

請求項3に記載の画像表示装置であって、

前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の各々の進行方向と、前記基準軸に沿った方向とが交差する角度の平均値を平均角度、

前記第2の屈折光学系の前記最終レンズ面の、前記縁部側光線が入射する領域を縁部側入射領域とすると、

前記第2の光学系の前記前側焦点位置は、前記基準軸に沿った方向に対して前記平均角度で交差する方向に沿って、前記最終レンズ面の前記縁部側入射領域に反対側から平行光線を入射させた場合の集光位置である

画像表示装置。

【請求項5】

請求項4に記載の画像表示装置であって、

前記中間入射位置から前記前側焦点位置までの光路長は、前記最終レンズ面の前記縁部側入射領域に反対側から平行光線を入射させた場合の、前記中間入射位置から前記前側焦

10

20

30

40

50

点位置まで進む光線の光路長である
画像表示装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置であって、
前記 (h) は、 $(h) - (0.98 \cdot h)$ である
画像表示装置。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置であって、
前記投射光学系は、主面の一部の領域が前記第 1 の反射面として構成され、前記主面の
他の領域に透過面が構成される第 1 の光学部品を有し、
前記第 1 の光学部品の前記透過面は、前記第 2 の屈折光学系として機能する
画像表示装置。

10

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置であって、
前記投射光学系は、主面の一部の領域が前記第 2 の反射面として構成され、前記主面の
他の領域に透過面が構成される第 2 の光学部品を有し、
前記第 2 の光学部品の前記透過面は、前記第 1 の屈折光学系として機能する
画像表示装置。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置であって、
前記基準軸は、前記レンズ系に含まれる前記画像生成部に最も近いレンズの光軸を延長
した軸である
画像表示装置。

20

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置であって、
前記投射光学系は、前記投射光学系に含まれる全ての光学部品の各々の光軸が、所定の
基準軸に一致するように構成される
画像表示装置。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置であって、
前記凹面反射面は、回転対称軸が前記基準軸に一致するように構成され、
前記第 1 の反射面及び前記第 2 の反射面の各々は、凹面反射面であり、回転対称軸が前
記基準軸に一致するように構成される
画像表示装置。

30

【請求項 12】

請求項 1 から 10 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置であって、
前記凹面反射面、前記第 1 の反射面、及び前記第 2 の反射面の各々は、光軸が前記基準
軸に一致するように構成され、
前記凹面反射面、前記第 1 の反射面、又は前記第 2 の反射面の少なくとも 1 つは、回転
対称軸を有さない自由曲面である
画像表示装置。

40

【請求項 13】

請求項 1 から 12 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置であって、
前記被投射物は、平面スクリーン、又は曲面スクリーンである
画像表示装置。

【請求項 14】

請求項 1 から 12 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示システムであって、
前記被投射物は、ドーム形状を有するスクリーンである
画像表示装置。

【請求項 15】

50

光源から出射される光を変調して生成された画像光を投射する投射光学系であって、
前記生成された画像光が入射する位置に基準軸を基準として構成され、全体で正の屈折力を有するレンズ系と、

前記基準軸を基準として構成され、前記レンズ系から出射された前記画像光を被投射物に向けて反射する凹面反射面と

を具備し、

前記基準軸からの光線高さを h 、

前記光線高さ h に応じた前記凹面反射面の形状を表す関数 $Z(h)$ の接線の、光軸高さ方向に対する角度を $\theta(h)$ 、

前記光線高さ h における前記角度 $\theta(h)$ の変化量を $\theta'(h)$ 、

前記画像光を反射する前記凹面反射面の前記基準軸から最も離れた反射点の光線高さ h を h_{max} とすると、

$0 < | \theta'(h_{max}) - (0.9 \cdot h_{max}) | / (h_{max}) < 0.056$
の関係を満たすように構成されており、

前記画像光のうち、前記凹面反射面により反射される反射点が $0.85 \cdot h_{max}$ よりも大きい範囲に含まれる光線を、縁部側光線とすると、

前記凹面反射面は、前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の少なくとも一部を、前記基準軸に沿った方向と 90 度以上の角度で交差する方向へ反射し、

前記投射光学系は、前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の各々の進行方向が互いに平行となるように、かつ前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の光線間隔が等しくなるように構成され、

前記レンズ系は、

全体で正の屈折力を有し、前記生成された画像光を屈折させる第 1 の屈折光学系と、

前記第 1 の屈折光学系により屈折された前記画像光を折り返して反射する第 1 の反射面と、

前記第 1 の反射面により反射された前記画像光を折り返して反射する第 2 の反射面と、

全体で正の屈折力を有し、前記第 2 の反射面により反射された前記画像光を屈折させて前記凹面反射面に射出する第 2 の屈折光学系と

を有し、

前記第 1 の反射面のパワーを 1 、

前記第 2 の反射面のパワーを 2 とすると、

$0.1 < | 2 / 1 | < 1.2$ 、かつ $| 2 | < | 1 |$

の関係を満たすように構成されている

投射光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、例えばプロジェクタ等の画像表示装置及び投射光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、スクリーン上に投射画像を表示する投射型の画像表示装置として、プロジェクタが広く知られている。最近では、投射空間が小さくても大画面を表示できる超広角のフロント投射型プロジェクタの需要が高まってきている。このプロジェクタを用いれば、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となる。

【0003】

特許文献 1 に記載の超広角の投射型プロジェクタでは、投射光学系に含まれる一部の光学部品を移動させることで、スクリーン上に投射される投射画像を移動させる画面シフトが可能となっている。この画面シフトを用いることで、画像位置等の微調整が容易に実行可能となっている（特許文献 1 の明細書段落 [0023] [0024] 等）。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第5365155号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

今後とも超広角に対応したプロジェクタは普及していくものと考えられ、高品質な画像表示を実現することが可能な技術が求められている。

【0006】

以上のような事情に鑑み、本技術の目的は、超広角に対応可能であり、高品質な画像表示を実現可能な画像表示装置、及び投射光学系を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る画像表示装置は、光源と、画像生成部と、投射光学系とを具備する。

前記画像生成部は、前記光源から出射される光を変調して画像光を生成する。

前記投射光学系は、レンズ系と、凹面反射面とを有する。

前記レンズ系は、前記生成された画像光が入射する位置に基準軸を基準として構成され、全体で正の屈折力を有する。

前記凹面反射面は、前記基準軸を基準として構成され、前記レンズ系から出射された前記画像光を被投射物に向けて反射する。

また前記画像表示装置は、

前記基準軸からの光線高さを h 、

前記光線高さ h に応じた前記凹面反射面の形状を表す関数 $Z(h)$ の接線の、光軸高さ方向に対する角度を $\theta(h)$ 、

前記光線高さ h における前記角度 $\theta(h)$ の変化量を $\Delta\theta(h)$ 、

前記画像光を反射する前記凹面反射面の前記基準軸から最も離れた反射点の光線高さ h を h_{max} とすると、

$0 < \left| \frac{\Delta\theta(h_{max}) - (0.9 \cdot h_{max})}{h_{max}} \right| < 0.056$

の関係を満たすように構成されている。

【0008】

この画像表示装置では、被投射物に向けて画像光を反射する凹面反射面の形状が上記のように設計されている。これにより高品質な画像表示を実現することが可能となる。

【0009】

前記 $\Delta\theta(h)$ は、 $\Delta\theta(h) - (0.98 \cdot h)$ であってもよい。

【0010】

前記画像光のうち、前記凹面反射面により反射される反射点が $0.85 \cdot h_{max}$ よりも大きい範囲に含まれる光線を、縁部側光線とすると、前記投射光学系は、前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の各々の進行方向が互いに平行となるように構成されてもよい。

【0011】

前記投射光学系は、前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の光線間隔が等しくなるように構成されてもよい。

【0012】

前記レンズ系は、第1の屈折光学系と、第1の反射面と、第2の反射面と、第2の屈折光学系とを有してもよい。

前記第1の屈折光学系は、全体で正の屈折力を有し、前記生成された画像光を屈折させる。

前記前記第1の反射面は、前記第1の屈折光学系により屈折された前記画像光を折り返

10

20

30

40

50

して反射する。

前記第 2 の反射面は、前記第 1 の反射面により反射された前記画像光を折り返して反射する。

前記第 2 の屈折光学系は、全体で正の屈折力を有し、前記第 2 の反射面により反射された前記画像光を屈折させて前記凹面反射面に出射する。

また前記画像表示装置は、

前記第 1 の反射面のパワーを 1 、

前記第 2 の反射面のパワーを 2 とすると、

$$0.1 < |2 / 1| < 1.2$$

の関係を満たすように構成されてもよい。

10

【0013】

前記画像表示装置は、 $|2| < |1|$ の関係を満たすように構成されてもよい。

また前記画像表示装置は、

前記第 1 の屈折光学系、前記第 1 の反射面、及び前記第 2 の反射面を第 1 の光学系、

前記第 2 の屈折光学系の前記縁部側光線に作用する部分を第 2 の光学系とすると、

前記第 1 の光学系は、前記縁部側光線を所定の集光位置に集光させてもよい。また前記所定の集光位置は、前記第 2 の光学系の前側焦点位置に一致してもよい。

【0014】

前記画像表示装置は、

前記縁部側光線のうち、前記凹面反射面により反射される反射点の光線高さが中間の値となる光線を中間光線、

20

前記中間光線の前記第 2 の屈折光学系の最終レンズ面に対する入射位置を中間入射位置、

前記中間光線の前記画像生成部から前記所定の集光位置までの光路長を A 、

前記中間入射位置から前記前側焦点位置までの光路長を B 、

前記中間光線の前記画像生成部から前記中間入射位置までの光路長を C とすると、

$$0.8 < |A + B| / C < 1.2$$

の関係を満たすように構成されてもよい。

【0015】

前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の各々の進行方向と、前記基準軸に沿った方向とが交差する角度の平均値を平均角度、

30

前記第 2 の屈折光学系の前記最終レンズ面の、前記縁部側光線が入射する領域を縁部側入射領域とすると、

前記第 2 の光学系の前記前側焦点位置は、前記基準軸に沿った方向に対して前記平均角度で交差する方向に沿って、前記最終レンズ面の前記縁部側入射領域に反対側から平行光線を入射させた場合の集光位置であってもよい。

【0016】

前記光路長 B は、前記最終レンズ面の前記縁部側入射領域に反対側から平行光線を入射させた場合の、前記中間入射位置から前記後側焦点位置まで進む光線の光路長であってもよい。

【0017】

40

前記凹面反射面は、前記凹面反射面に入射する前記画像光に含まれる少なくとも一部の光線を、前記基準軸に沿った方向と 90 度以上の角度で交差する方向へ反射してもよい。

【0018】

前記投射光学系は、主面の一部の領域が前記第 1 の反射面として構成され、前記主面の他の領域に透過面が構成される第 1 の光学部品を有してもよい。この場合、前記第 1 の光学部品の前記透過面は、前記第 2 の屈折光学系として機能してもよい。

【0019】

前記投射光学系は、主面の一部の領域が前記第 2 の反射面として構成され、前記主面の他の領域に透過面が構成される第 2 の光学部品を有してもよい。この場合、前記第 2 の光学部品の前記透過面は、前記第 1 の屈折光学系として機能してもよい。

50

【 0 0 2 0 】

前記基準軸は、前記レンズ系に含まれる前記画像生成部に最も近いレンズの光軸を延長した軸であってもよい。

【 0 0 2 1 】

前記投射光学系は、前記投射光学系に含まれる全ての光学部品の各々の光軸が、所定の基準軸に一致するように構成されてもよい。

【 0 0 2 2 】

前記凹面反射面は、回転対称軸が前記基準軸に一致するように構成されてもよい。この場合、前記第 1 の反射面及び前記第 2 の反射面の各々は、凹面反射面であり、回転対称軸が前記基準軸に一致するように構成されてもよい。

10

【 0 0 2 3 】

前記凹面反射面、前記第 1 の反射面、及び前記第 2 の反射面の各々は、光軸が前記基準軸に一致するように構成されてもよい。この場合、前記凹面反射面、前記第 1 の反射面、又は前記第 2 の反射面の少なくとも 1 つは、回転対称軸を有さない自由曲面であってもよい。

【 0 0 2 4 】

前記被投射物は、平面スクリーン、又は曲面スクリーンであってもよい。

【 0 0 2 5 】

前記被投射物は、ドーム形状を有するスクリーンであってもよい。

【 0 0 2 6 】

本技術の一形態に係る投射光学系は、光源から出射される光を変調して生成された画像光を投射する投射光学系であって、前記レンズ系と、前記凹面反射面とを具備する。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 7 】

【 図 1 】 超広角対応の液晶プロジェクタの他の利点を説明するための概略図である。

【 図 2 】 投射型の画像表示装置の構成例を示す概略図である。

【 図 3 】 第 1 の実施形態に係る画像表示システムの構成例を示す模式図である。

【 図 4 】 第 1 の実施形態に係る画像表示システムの構成例を示す模式図である。

【 図 5 】 第 1 の実施形態に係る投射光学系の概略構成例を示す光路図である。

【 図 6 】 第 1 の実施形態に係る投射光学系の概略構成例を示す光路図である。

30

【 図 7 】 画像光に含まれる画素光（主光線）の光路を示す模式図である。

【 図 8 】 構成条件 1 を説明するための模式図である。

【 図 9 】 構成条件 2 を説明するための模式図である。

【 図 1 0 】 構成条件 5 を説明するための模式図である。

【 図 1 1 】 構成条件 6 を説明するための模式図である。

【 図 1 2 】 構成条件 6 を説明するための模式図である。

【 図 1 3 】 構成条件 6 を説明するための模式図である。

【 図 1 4 】 画像投影に関するパラメータの一例を示す表である。

【 図 1 5 】 図 7 に示すパラメータを説明するための模式図である。

【 図 1 6 】 高像高出射光線について説明するための模式図である。

40

【 図 1 7 】 画像表示装置のレンズデータである。

【 図 1 8 】 投射光学系に含まれる光学部品の非球面係数の一例を示す表である

【 図 1 9 】 光線高さ h と、 $(h) / (h_{max})$ との関係を示すグラフである。

【 図 2 0 】 条件式 (1) (2) (4) で用いられるパラメータの数値を示す表である。

【 図 2 1 】 第 2 の実施形態に係る投射光学系の概略構成例を示す光路図である。

【 図 2 2 】 第 2 の実施形態に係る投射光学系の概略構成例を示す光路図である。

【 図 2 3 】 画像表示装置のレンズデータである。

【 図 2 4 】 投射光学系に含まれる光学部品の非球面係数の一例を示す表である。

【 図 2 5 】 光線高さ h と、 $(h) / (h_{max})$ との関係を示すグラフである。

【 図 2 6 】 条件式 (1) (2) (4) で用いられるパラメータの数値を示す表である。

50

【図 2 7】第 3 の実施形態に係る投射光学系の概略構成例を示す光路図である。

【図 2 8】第 3 の実施形態に係る投射光学系の概略構成例を示す光路図である。

【図 2 9】画像投影に関するパラメータの一例を示す表である。

【図 3 0】画像表示装置のレンズデータである。

【図 3 1】投射光学系に含まれる光学部品の非球面係数の一例を示す表である。

【図 3 2】光線高さ h と、 $(h) / (h_{max})$ との関係を示すグラフである。

【図 3 3】条件式 (1) (2) (4) で用いられるパラメータの数値を示す表である。

【図 3 4】第 4 の実施形態に係る投射光学系の概略構成例を示す光路図である。

【図 3 5】第 4 の実施形態に係る投射光学系の概略構成例を示す光路図である。

【図 3 6】画像投影に関するパラメータの一例を示す表である。

10

【図 3 7】画像表示装置のレンズデータである。

【図 3 8】投射光学系に含まれる光学部品の非球面係数の一例を示す表である。

【図 3 9】光線高さ h と、 $(h) / (h_{max})$ との関係を示すグラフである。

【図 4 0】条件式 (1) (2) (4) で用いられるパラメータの数値を示す表である。

【図 4 1】他の実施形態に係る画像表示システムの構成例を示す模式図である。

【図 4 2】他の実施形態に係る画像表示システムの構成例を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 8 】

以下、本技術に係る実施形態を、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 2 9 】

20

[投射型の画像表示装置の概要]

投射型の画像表示装置の概要について、液晶プロジェクタを例に挙げて簡単に説明する。液晶プロジェクタは、光源から照射される光を空間的に変調することで、映像信号に応じた光学像（画像光）を形成する。

光の変調には、画像変調素子である液晶表示素子等が用いられる。例えば RGB のそれぞれに対応するパネル状の液晶表示素子（液晶パネル）を備えた、三板式の液晶プロジェクタが用いられる。

【 0 0 3 0 】

光学像は、投射光学系により拡大投影され、スクリーン上に表示される。ここでは投射光学系が、例えば半画角が 70° 以上となる超広角に対応しているものとして説明を行う。

30

【 0 0 3 1 】

超広角に対応する液晶プロジェクタでは、小さい投射空間であっても大画面を表示することが可能である。すなわち液晶プロジェクタとスクリーンとの距離が短い場合でも、拡大投影が可能である。

これにより以下のような利点が発揮される。

液晶プロジェクタをスクリーンに近接して配置することができるので、液晶プロジェクタからの光が人間の目に直接入る可能性を十分に抑制することが可能であり、高い安全性が発揮される。

画面（スクリーン）に人間等の影が映らないため、効率的なプレゼンテーションが可能である。

40

設置場所の選択の自由度が高く、狭い設置空間や障害物が多い天井等にも、簡単に設置可能である。

壁に設置して使用することで、天井に設置する場合と比べてケーブルの引き回し等のメンテナンスが容易である。

例えば打ち合わせスペース、教室、及び会議室等のセッティングの自由度を増やすことが可能である。

【 0 0 3 2 】

図 1 は、超広角対応の液晶プロジェクタの他の利点を説明するための概略図である。

図 1 に示すように、テーブル上に超広角対応の液晶プロジェクタ 1 を設置することで、

50

同じテーブル上に、拡大された画像 2 を投影することが可能となる。

このような使い方も可能であり、空間を効率的に利用することができる。

【 0 0 3 3 】

最近では、学校や職場等での電子黒板 (Interactive White Board) 等の普及に伴い、超広角対応の液晶プロジェクタの需要が高まっている。またデジタルサイネージ (電子広告) 等の分野でも同様の液晶プロジェクタが使われている。

例えば電子黒板として、LCD (Liquid Crystal Display) や PDP (Plasma Display Panel) といった技術を用いることも可能である。これらの技術と比較して、超広角対応の液晶プロジェクタを用いることで、コストを抑えて大画面を提供することが可能となる。

10

なお超広角対応の液晶プロジェクタは、短焦点プロジェクタや超短焦点プロジェクタ等とも呼ばれる。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、投射型の画像表示装置の構成例を示す概略図である。

画像表示装置 20 は、光源 5、照明光学系 10、及び投射光学系 15 を含む。

光源 5 は、照明光学系 10 に対して光束を発するように配置される。

光源 5 としては、例えば高圧水銀ランプ等が使用される。その他、LED (Light Emitting Diode) や LD (Laser Diode) 等の固体光源が用いられてもよい。

【 0 0 3 5 】

照明光学系 10 は、光源 5 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 P) の面上に均一照射するようになっている。

20

照明光学系 10 では、光源 5 からの光束が、2 つのフライアイレンズ FL と、偏光変換素子 PS と、集光レンズ L とを順に通り、偏光のそろった均一な光束に変換される。

集光レンズ L を通った光束は、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 の各色成分光にそれぞれ分離される。

RGB の各色成分光は、全反射ミラー M やレンズ L 等を介して、RGB の各色に対応して設けられた液晶パネル P (画像変調素子) に入射される。そして、各液晶パネル P により、映像信号に応じた光変調が行われる。

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、画像光が生成される。そして生成された画像光が投射光学系 15 に向けて出射される。

30

【 0 0 3 6 】

照明光学系 10 を構成する光学部品等は限定されず、上で述べた光学部品とは異なる光学部品が用いられてもよい。

例えば画像変調素子として、透過型の液晶パネル P に代えて、反射型の液晶パネルやデジタルマイクロミラーデバイス (DMD) 等が用いられてもよい。

また例えば、ダイクロイック・プリズム PP に代えて、偏光ビームスプリッタ (PBS)、RGB 各色の映像信号を合成する色合成プリズム、又は TIR (Total Internal Reflection) プリズム等が用いられてもよい。

本実施形態において、照明光学系 10 は、画像生成部に相当する。

【 0 0 3 7 】

40

投射光学系 15 は、照明光学系 10 から出射された画像光を調節し、2 次像面となるスクリーン上への拡大投影を行う。すなわち、投射光学系 15 により、1 次像面 (液晶パネル P) の画像情報が調節され、2 次像面 (スクリーン) に拡大投影される。

【 0 0 3 8 】

< 第 1 の実施形態 >

[画像表示システム]

図 3 及び図 4 は、本技術の第 1 の実施形態に係る画像表示システムの構成例を示す模式図である。

図 3 は、画像表示システム 100 を上方から見た図である。

図 4 は、画像表示システム 100 を、右前側の上方から斜めに見た図である。

50

【0039】

画像表示システム100は、曲面スクリーン30と、2台の画像表示装置20とを有する。

曲面スクリーン30は、全体形状が曲面形状となるスクリーン、及び少なくとも一部の形状が曲面形状となるスクリーンの両方を含む。

図3及び図4に示すように、本実施形態では、上方から見て、略円弧形状を有する曲面スクリーン30が用いられる。曲面スクリーン30は、上下方向に沿って立てられ、左右方向に延在するように設置される。

曲面スクリーン30の左右の端部31a及び31bは、前方側に折り曲げられ、前後方向において略等しい位置に配置される。曲面スクリーン30の左右方向における略中央部分10は、最も後方側に位置し、上方から見た略円弧形状の頂点に対応する部分となる。

【0040】

曲面スクリーン30の形状を、上下方向に沿って立てられた円柱の内面の一部に略等しい形状であると表現することも可能である。また微小な平面領域を互いに角度を変化させながら連結することで、曲面スクリーン30が構成されてもよい。

曲面スクリーン30の材質、サイズ、曲率半径等の具体的な構成は限定されず、任意に設計されてよい。また上方から見て円弧形状となる基体部の内面に、可撓性のスクリーン部材が接着されることで、曲面スクリーン30が実現されてもよい。

本実施形態において、曲面スクリーン30は、被投射物に相当する。

【0041】

2台の画像表示装置20は、第1の画像表示装置20aと、第2の画像表示装置20bとからなる。

第1の画像表示装置20aは、曲面スクリーン30の左端部31aの上下方向における略中央部分に、後方に向けて画像を投射可能に設置される。第1の画像表示装置20aは、略円弧状に曲げられた曲面スクリーン30の左側の領域に画像(以下、第1の画像と記載する)21aを投射する。

第2の画像表示装置20bは、曲面スクリーン30の右端部31bの上下方向における略中央部分に、後方に向けて画像を投射可能に設置される。第2の画像表示装置20bは、略円弧状に曲げられた曲面スクリーン30の右側の領域に画像(以下、第2の画像と記載する)21bを投射する。

図3及び図4に示すように、第1及び第2の画像表示装置20a及び20bは、第1及び第2の画像21a及び21bが互いに重複するように、第1及び第2の画像21a及び21bをそれぞれ投射する。

なお、第1及び第2の画像表示装置20a及び20bを保持する保持機構(図示を省略)は、任意に設計されてよい。

【0042】

本実施形態では、第1及び第2の画像表示装置20a及び20b内に備えられる画像変調素子(液晶パネルP)は、長辺方向及び短辺方向を有する矩形状からなる。そして液晶パネルPにより、矩形状の画像を構成する画像光が生成される。

第1及び第2の画像21a及び21bは、互いに等しい矩形状の画像としてそれぞれ投射される。そして第1及び第2の画像21a及び21bの長辺方向(左右方向)に沿って、互いに重複するよう、第1及び第2の画像21a及び21bがそれぞれ投射される。

従って、曲面スクリーン30の略中央部分に、第1及び第2の画像21a及び21bが互いに重複する重複領域22が生成される。

【0043】

本実施形態では、第1及び第2の画像21a及び21bが重複する重複領域22にて、ステッチング処理が実行される。

これにより、第1及び第2の画像21a及び21bが接続され、1枚の画像として合成される。この結果、曲面スクリーン30の左右方向に沿った略全体領域にて、サイズの大きい1枚の画像が表示される。

10

20

30

40

50

スティッチング処理の具体的なアルゴリズム等は限定されず、任意のスティッチング技術が用いられてよい。

【 0 0 4 4 】

図 3 では、第 1 の画像表示装置 2 0 a から投射される第 1 の画像 2 1 a 構成する第 1 の画像光 2 3 a と、第 1 の画像光 2 3 a に含まれる画素光 C a 1、C a 2、C a 3 とが模式的に図示されている。

また図 3 では、第 2 の画像表示装置 2 0 b から投射される第 2 の画像 2 1 b 構成する第 1 の画像光 2 3 b と、第 2 の画像光 2 3 b に含まれる画素光 C b 1、C b 2、C b 3 とが模式的に図示されている。

なお画素光とは、投射される画像に含まれる複数の画素の各々を構成するための光である。典型的には、画像光を生成して出射する画像変調素子(液晶パネル P)に含まれる複数の画素の各々から出射される光が、画素光となる。従って画像光は、複数の画素光を含む。

10

【 0 0 4 5 】

図 3 に示す画素光 C a 1 は、第 1 の画像 2 1 a の左端部の画素を構成するための画素光である。従って画素光 C a 1 は、第 1 の画像光 2 3 a の左端部の光線に相当する。

画素光 C a 2 は、第 1 の画像 2 1 a の右端部の画素を構成するための画素光である。従って画素光 C a 2 は、第 1 の画像光 2 3 a の右端部の光線に相当する。

画素光 C a 3 は、第 1 及び第 2 の画像 2 1 a 及び 2 1 b が重複する重複領域 2 2 の左端部の画素を構成するための画素光である。

従って第 1 の画像光 2 3 a に含まれる光線のうち、画素光 C a 3 から C a 2 までの光線は、重複領域 2 2 を構成する画像光となる。

20

一方、第 1 の画像光 2 3 a に含まれる光線のうち、画素光 C a 1 から C a 3 までの光線は、重複領域 2 2 以外の領域を構成する画像光となる。

【 0 0 4 6 】

図 3 に示す画素光 C b 1 は、第 2 の画像 2 1 b の右端部の画素を構成するための画素光である。従って画素光 C b 1 は、第 2 の画像光 2 3 b の右端部の光線に相当する。

画素光 C b 2 は、第 2 の画像 2 1 b の左端部の画素を構成するための画素光である。従って画素光 C b 2 は、第 1 の画像光 2 3 a の左端部の光線に相当する。

画素光 C a 3 は、重複領域 2 2 の右端部の画素を構成するための画素光である。

従って第 2 の画像光 2 3 b に含まれる光線のうち、画素光 C b 3 から C b 2 までの光線は、重複領域 2 2 を構成する画像光となる。

30

一方、第 2 の画像光 2 3 b に含まれる光線のうち、画素光 C b 1 から C b 3 までの光線は、重複領域 2 2 以外の領域を構成する画像光となる。

【 0 0 4 7 】

図 3 に示すように、本実施形態では、第 1 及び第 2 の画像表示装置 2 0 a 及び 2 0 b は、第 1 及び第 2 の画像 2 1 a 及び 2 1 b が互いに重複する重複領域 2 2 以外の領域を構成する画像光が、互いに交差しないように、第 1 及び第 2 の画像 2 1 a 及び 2 1 b をそれぞれ投射する。

これにより、曲面スクリーン 3 0 の略中央部分に生成される重複領域 2 2 に近い位置に立つユーザ 3 の影が発生することを十分に抑制することが可能となる。この結果、ユーザ 3 は、円弧形状に折り曲げられた曲面スクリーン 3 0 の内側の領域(例えば重複領域 2 2 に近い位置)から、1 枚に合成された第 1 及び第 2 の画像 2 1 a 及び 2 1 b を視聴することが可能となる。

40

これにより、非常に高いコンテンツへの没入感を実現することが可能となり、優れた視覚効果をユーザ 3 に提供することが可能となる。

【 0 0 4 8 】

第 1 及び第 2 の画像 2 1 a 及び 2 1 b が重複する方向は限定されない。

例えば第 1 及び第 2 の画像 2 1 a 及び 2 1 b の短辺方向に沿って、互いに重複するよう、第 1 及び第 2 の画像 2 1 a 及び 2 1 b がそれぞれ投射されてもよい。

例えば図 3 及び図 4 に示す構成例において、左右方向を短辺方向とする矩形状の第 1 及

50

び第2の画像21a及び21bが投射される。そして第1及び第2の画像21a及び21bの短辺方向に沿って、第1及び第2の画像21a及び21bが重複するように、第1及び第2の画像21a及び21bが投射されてもよい。

【0049】

曲面スクリーン30の形状によっては、矩形状の画像を構成する画像光を投射した場合に、矩形状とは異なる形状にて、画像が表示される場合もあり得る。

この場合、例えば液晶パネルPの長辺方向及び短辺方向に応じた方向を、画像の長辺方向及び短辺方向として、規定することが可能である。そして長辺方向又は短辺方向に沿って、複数の画像を重複させることが可能である。

本開示では、液晶パネルPの長辺方向及び短辺方向を、画像光の長辺方向及び短辺方向と表現する場合もあり得る。

10

【0050】

本実施形態では、第1及び第2の画像表示装置20a及び20bとして、互いに略等しい構成を有する画像表示装置が用いられる。

以下、第1及び第2の画像表示装置20a及び20bの投射光学系15について説明する。

【0051】

[投射光学系]

図5及び図6は、本実施形態に係る投射光学系15の概略構成例を示す光路図である。

なお図6では、1つの投射光学系15と、曲面スクリーンSの画像が投射される部分とが図示されている。

20

図6の構成を互いに対称となるように2つ組み合わせることで、図3及び図4に示す、曲面スクリーン30と、第1及び第2の画像表示装置20a及び20bとを有する画像表示システム100を実現することが可能である。

また図5及び図6では、照明光学系10の液晶パネルP及びダイクロイック・プリズムPPが模式的に図示されている。

【0052】

以下、ダイクロイック・プリズムPPから投射光学系15に出射される画像光の出射方向をZ方向とする。

また1次像面(液晶パネルP)の横方向をX方向とし、縦方向をY方向とする。当該X及びY方向は、画像光により構成される画像の横方向及び縦方向に対応する方向となる。

30

また便宜的に、投射光学系を側方から見ているとして、図中のZ方向(画像光の出射方向)を左右方向、Y方向を上下方向として説明を行う場合がある。

もちろん本技術の適用について、画像光の出射方向等が限定される訳ではなく、画像表示装置20の向きや姿勢等は任意に設定可能である。

また図5及び図6では、投射光学系15に含まれる各光学部品の光学面(レンズ面や反射面等)の断面形状が図示されている。一方で、図示を簡素化するために、各光学部品の断面を表すハッチング等は省略されている。

【0053】

投射光学系15は、レンズ系Lと、凹面反射面Mr3とを含む。

40

レンズ系Lは、照明光学系10により生成された画像光が入射する位置に構成され、全体で正の屈折力を有する。

レンズ系Lは、Z方向に延在する基準軸(以下、この基準軸を光軸Oと記載する)を基準として構成される。

本実施形態では、レンズ系Lは、レンズ系Lに含まれる1以上の光学部品の各々の光軸が、基準軸である光軸Oと略一致するように構成される。

なお光学部品の光軸は、典型的には、光学部品の光学面の中央を通る軸である。例えば光学部品の光学面が回転対称軸を有する場合には、その回転対称軸が光軸に相当する。

自身の光軸が光軸Oと一致するように配置された光学部品の、画像光が入射する領域である有効領域を含む一部分のみが使用される場合もあり得る。光学部品の一部分を用いる

50

ことで、投射光学系 15 の小型化を図ることが可能となる。

【0054】

本実施形態では、光軸 O は、光学系 L に含まれる、照明光学系 10 に最も近いレンズ L 11 の光軸（回転対称軸）を延長した軸である。すなわちレンズ L 11 の光軸を延長した軸上に、他の光学部品が配置される。

なお画像光は、光軸 O から上方側にオフセットされた位置から、光軸 O に沿って出射される。光軸 O に沿った Z 方向を、レンズ系 L の光路進行方向ということも可能である。

【0055】

図 5 に示すように、レンズ系 L は、第 1 の屈折光学系 L 1 と、第 1 の反射面 M r 1 と、第 2 の反射面 M r 2 と、第 2 の屈折光学系 L 2 とを有する。

第 1 の屈折光学系 L 1 は、全体で正の屈折力を有し、照明光学系 10 により生成された画像光を屈折させる。

本実施形態では、照明光学系 10 に最も近い位置に配置されるレンズ L 11 の画像光が入射する入射面 F 1 から、第 1 の反射面 M r 1 に最も近い位置に配置されるレンズ L 12 の画像光が出射される出射面 F 2 までが、第 1 の屈折光学系 L 1 として機能する。

【0056】

第 1 の反射面 M r 1 は、凹面反射面であり、回転対称軸が光軸 O に一致するように構成された回転対称非球面である。

第 1 の反射面 M r 1 は、光軸 O の下方側に配置され、第 1 の屈折光学系 L 1 により屈折された画像光を折り返して反射する。具体的には、左側から入射する画像光を、左上方に向けて折り返して反射する。

図 5 に示すように本実施形態では、回転対称軸が光軸 O に一致するように、第 1 の光学部品 R 11 が配置される。

第 1 の反射面 M r 1 は、第 1 の光学部品 R 11 の主面に相当する回転対称非球面 F 3 の下方側の一部の領域に構成される。逆に言えば、回転対称非球面 F 3 の下方側の一部の領域が、第 1 の反射面 M r 1 として構成される。

第 1 の光学部品 R 11 の回転対称非球面 F 3 の他の領域には、透過面 T r 2 が構成される。

【0057】

第 2 の反射面 M r 2 は、凹面反射面であり、回転対称軸が光軸 O に一致するように構成された回転対称球面である。

第 2 の反射面 M r 2 は、光軸 O の上方側に配置され、第 1 の反射面 M r 1 により反射された画像光を折り返して、第 2 の屈折光学系 L 2 に向けて反射する。具体的には、右下方から入射する画像光を、右側に向けて折り返して反射する。

図 5 に示すように本実施形態では、回転対称軸が光軸 O に一致するように、第 2 の光学部品 R 12 が配置される。

第 2 の反射面 M r 2 は、第 2 の光学部品 R 12 の主面に相当する回転対称面 F 4 の上方側の一部の領域に構成される。逆に言えば、回転対称面 F 4 の上方側の一部の領域が、第 2 の反射面 M r 2 として構成される。

第 2 の光学部品 R 12 の回転対称面 F 4 の他の領域には、透過面 T r 1 が構成される。

【0058】

本実施形態では、第 1 の光学部品 R 11 の回転対称非球面 F 3 に形成される透過面 T r 2 は、第 2 の屈折光学系 L 2 として機能する。また第 2 の光学部品 R 12 の回転対称面 F 4 に形成される透過面 T r 1 は、第 1 の屈折光学系 L 1 として機能する。

このように、1 つの光学部品により、第 1 の反射面 M r 1 と、第 2 の屈折光学系 L 2 として機能する光学面（透過面 T r 2）とが実現される。また第 2 の反射面 M r 2 と、第 1 の屈折光学系 L 1 として機能する光学面（透過面 T r 1）とが実現される。

これにより、投射光学系 15 の小型化を図ることが可能となる。また投射光学系 15 の組み立て精度を向上させることが可能となる。

【0059】

10

20

30

40

50

第2の屈折光学系L2は、全体で正の屈折率を有し、第2の反射面Mr2により反射された画像光を屈折させて凹面反射面Mr3に出射する。

本実施形態では、第1の光学部品R11に形成された透過面Tr2から凹面反射面Mr3に最も近い位置に配置されるレンズL21の画像光が出射される出射面F5までが、第2の屈折光学系L2として機能する。

レンズL21の出射面F5は、第2の屈折光学系L2の最終レンズ面となる。以下、出射面F5を、同じ符号を用いて、最終レンズ面F5と記載する場合がある。

【0060】

凹面反射面Mr3は、基準軸である光軸Oを基準として構成され、レンズ系Lから出射された画像光を曲面スクリーンSに向けて反射する。

凹面反射面Mr3は、回転対称軸（光軸）が光軸Oに一致するように構成された回転対称非球面であり、画像光が入射する領域である有効領域を反射可能な部分のみで構成されている。すなわち回転対称非球面の全体を配置するのではなく、回転対称非球面の必要な部分のみが配置されている。これにより装置の小型化を実現することが可能となる。

【0061】

本実施形態では、共通の光軸O上に、第1の屈折光学系L1、第1の反射面Mr1、第2の反射面Mr2、第2の屈折光学系L2、及び凹面反射面Mr3が構成される。

従って、照明光学系10に最も近い位置に配置されるレンズL11の光軸（回転対称軸）を延長した軸が、各々の光軸と一致するように、第1の屈折光学系L1、第1の反射面Mr1、第2の反射面Mr2、第2の屈折光学系L2、及び凹面反射面Mr3が構成される。

このように本実施形態では、投射光学系15に含まれる全ての光学部品の各々の光軸が、光軸Oに一致するように構成される。

これによりY方向におけるサイズを小さくすることが可能となり、装置の小型化を図ることが可能となる。これに限定されず、光軸が光軸Oからオフセットされた光学部品が、投射光学系15に含まれてもよい。

【0062】

図5及び図6を参照して、画像光の光路について説明する。

図5及び図6では、ダイクロイック・プリズムPPから投射光学系15に出射される画像光のうち、3つの画素光C1、C2、C3の光路が図示されている。

なお画素光は、液晶パネルPの画素から発散光とし出射される。出射された画素光は、投射光学系15により曲面スクリーンS上に結像され、投射画像の画素として表示される。

本開示では、各画素光の光軸Oに沿って（Z方向に沿って）出射される成分光を、主光線とする。各画素光は、曲面スクリーンSに対して主光線が入射する位置に結像される。

図5では、各画素光として、主光線と上下の最大発散光とが図示されている。

【0063】

画素光C1は、液晶パネルPの中央の画素から出射される画素光に相当する。

画素光C2は、液晶パネルPの中央の最も光軸Oに近い画素から出射される画素光に相当する。

画素光C3は、液晶パネルPの中央の最も光軸Oから遠い画素から出射される画素光に相当する。

すなわち本実施形態では、画素光C2は、液晶パネルPの光軸Oに最も近い画素から出射される画素光に相当する。また画素光C3は、光軸Oに最も近い画素から液晶パネルPの中央の画素を結ぶ直線上に位置し、光軸Oから最も遠い画素から出射される画素光に相当する。

【0064】

図5に示すように、光軸Oから上方にオフセットした位置から、光軸Oに沿って投射光学系15に出射された画像光は、第1の屈折光学系L1内で光軸Oと交差して下方側に進み、第1の反射面Mr1に入射する。

第1の反射面Mr1に入射した画像光は、第1の反射面Mr1により折り返され再び光

10

20

30

40

50

軸 O と交差して上方側へ進み、第 2 の反射面 M r 2 に入射する。

第 2 の反射面 M r 2 に入射した画像光は、第 2 の反射面 M r 2 により折り返されて、第 2 の屈折光学系 L 2 に入射する。

第 2 の屈折光学系 L 2 内で、画像光は再び光軸 O と交差して下方側に進み、凹面反射面 M r 3 に向けて出射される。

第 2 の屈折光学系 L 1 から出射された画像光は、凹面反射面 M r 3 により上方側に反射され、再び光軸 O と交差して、曲面スクリーン S に向けて投射される。

【 0 0 6 5 】

このように本実施形態では、光軸 O と交差するように、画像光の光路が構成される。これにより、凹面反射面 M r 3 までの画像光の光路を、光軸 O の近傍で構成することが可能となる。この結果、Y 方向における装置のサイズを小さくすることが可能となり、装置の小型化を図ることが可能となる。

10

また第 1 の反射面 M r 1 及び第 2 の反射面 M r 2 の各々により、画像光が折り返して反射される。これにより画像光の光路長を十分に確保することが可能となる。この結果、X 方向における装置のサイズを小さくすることが可能となり、装置の小型化を図ることが可能となる。

【 0 0 6 6 】

また本実施形態に係る投射光学系 1 5 では、照明光学系 1 0 に含まれるダイクロイック・プリズム P P から凹面反射面 M r 3 までの間に、複数の中間像（図示は省略）が結像される。中間像とは、画像光より構成される画像の中間像である。

20

これにより超広角で画像光を投射することが可能である。例えばプロジェクタとスクリーンとの距離が短い場合でも大画面を表示することが可能である。

凹面反射面 M r 3 により、スクリーンに高精度の画像を結像させるためには、照明光学系 1 0 により生成された画像を光学的に適正に補正して、凹面反射面 M r 3 に導くことが重要となる。

本実施形態では、第 1 の反射面 M r 1 及び第 2 の反射面 M r 2 により、画像光の光路長を十分に確保することが可能であるので、画像の光学的な補正を精度よく行うことが可能である。すなわち適正な中間像を生成することが可能となり、高精度の画像を容易にスクリーンに結像させることが可能である。

また光路長が十分に確保されるので、適正な中間像を生成するために必要な光学的な負荷を抑えることが可能となり、投射光学系 1 5 に含まれる各光学部品の光学的なパワーを抑えることが可能である。この結果、各光学部品の小型化を図ることが可能となり、装置全体の小型化を実現することが可能となる。

30

また投射光学系 1 5 内にて複数の中間像が結像されるので、最適な中間像を精度よく生成することが可能となる。この結果、凹面反射面 M r 3 により精度の高い画像をスクリーンに表示させることが可能となる。このように本実施形態に係る投射光学系 1 5 を用いることで、装置の高性能化を実現することが可能となる。

【 0 0 6 7 】

図 5 及び図 6 に示すように、本実施形態では、凹面反射面 M r 3 により、凹面反射面 M r 3 に入射する画像光に含まれる少なくとも一部の光線が、基準軸である光軸 O に沿った方向と 9 0 度以上の角度で交差する方向へ反射される。

40

なお、凹面反射面 M r 3 により反射された画像光に含まれる光線の進行方向と、光軸 O に沿った方向との交差角度は、以下のように規定する。

まず光軸 O に沿って延在する直線と、凹面反射面 M r 3 により反射された光線の進行方向に沿って延在する直線との交差点を算出する。

その交差点から液晶パネル P 側に延在する直線を、交差点を基準として、光線の進行方向側に回転させる。

その際に、液晶パネル P 側に延在する直線が光線の進行方向に沿って延在する直線に一致するまでの回転角度を、凹面反射面 M r 3 により反射された画像光に含まれる光線の進行方向と、光軸 O に沿った方向との交差角度として規定する。

50

本実施形態では、凹面反射面Mr3により反射された画像光に含まれる少なくとも一部の光線の、上記で規定した交差角度が90度以上となるように、凹面反射面Mr3が設計されている。

【0068】

図5に示す例では、画像光に含まれる画素光C3が、光軸Oに沿った方向と、90度以上の角度で交差する方向へ反射されている。この画像光C3の交差角度R1が、最大の交差角度となる。すなわち画素光C3は、最も交差角度が大きくなる光線である。他の光線は、光軸Oに沿った方向に対して、交差角度R1よりも小さい角度で交差する方向に反射されている。

ここでは、画像光に含まれる光線として画素光を例に挙げた。これに限定されず、画素光に含まれるさらに一部の光線等の、少なくとも一部の光線が、光軸Oに沿った方向と90度以上の角度で交差する方向へ反射されてもよい。

図5及び図6に例示するような投射光学系15を備える画像表示装置20は、曲面スクリーンSの形状に対応した位置に凹面反射面Mr3が配置されるように、設置される。

交差角度が大きくなるように、凹面反射面Mr3を設計することで、曲面スクリーンSに対応した高品質な画像表示を実現することが可能となる。

【0069】

本発明者は、凹面反射面Mr3を用いた画像表示に関して、画像光に含まれる各画素光の主光線に着目し、主光線の挙動について検討を重ねた。そして、投射光学系15の構成について、以下に示す構成条件を新たに見出した。

図7は、画像光に含まれる画素光(主光線)の光路を示す模式図である。なお図7では、図5に示す投射光学系15と図示が異なる部分があるが、画素光(主光線)の挙動については同様となる。

以下、考察結果を説明するうえで、「光線」は「画素光」を意味するものとする。また「光線」や「画素光」といった記載は、「画素光」の主光線を意味するものとする。

例えば、光線(画素光)の進行方向、光線(画素光)の入射位置、反射面により反射されるは光線(画素光)の反射点、反射面により反射されるは光線(画素光)の反射角度、光線(画素光)の光線高さ等の記載は、主光線の進行方向、主光線の入射位置、主光線の反射点、主光線の反射角度、主光線の光線高さ等を意味するものとする。

【0070】

(構成条件1)

図8は、構成条件1を説明するための模式図である。

図8に示すように、基準軸である光軸Oからの光線高さをhとする。

光線高さhに応じた凹面反射面Mr3の形状を表す関数Z(h)の接線の、光軸高さ方向に対する角度をθ(h)とする。

図8に示すように光軸高さ方向は、光軸Oに直交する方向(Y方向)である。また、関数Z(h)の接線の傾きは、関数Z(h)を光線高さhで微分した導関数Z'(h)にて算出することが可能である。当該導関数Z'(h)を用いて、角度θ(h)を算出することが可能である。

光線高さhにおける角度θ(h)の変化量をΔθ(h)とする。

画像光を反射する凹面反射面Mr3の、光軸Oから最も離れた反射点R P m a xの光線高さhをh m a xとする。光線高さh m a xは、凹面反射面Mr3に入射する各光線のうち、光軸Oから最も離れた位置に入射する光線の、反射点の光線高さhとなる。

この場合、以下の関係を満たすように、投射光学系15が構成される。

$$(1) \quad 0 < \left| \frac{\Delta \theta(h_{max})}{\theta(h_{max})} - \frac{\Delta \theta(0.9 \cdot h_{max})}{\theta(0.9 \cdot h_{max})} \right| / \theta(h_{max}) < 0.056$$

【0071】

この条件式(1)は、凹面反射面Mr3の光線高さhが大きい領域(以下、縁部側領域と記載する)における形状の変化量を規定するものである。具体的には、光軸高さh m a xから、光軸高さ0.9・h m a xまでの領域の、形状の変化量を規定するものである。

10

20

30

40

50

凹面反射面 M_{r3} の縁部側領域にて反射される光線は、曲面スクリーン S に投射される画像の縁部側領域を構成する。

$| (h_{max}) - (0.9 \cdot h_{max}) | / (h_{max})$ が条件式 (1) に規定する上限を超える場合、凹面反射面 M_{r3} の縁部側領域の形状の変化量が大きくなり、投射画像の縁部側領域の輝度 (明るさ) と倍率の均一性が低下する。

$| (h_{max}) - (0.9 \cdot h_{max}) | / (h_{max})$ が条件式 (1) に規定する下限を超える場合、すなわち凹面反射面 M_{r3} の縁部側領域の形状の変化量が 0 の場合も、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性が低下する。

条件式 (1) を満たすように凹面反射面 M_{r3} を構成する。すなわち凹面反射面 M_{r3} により反射される反射点が光軸高さ h_{max} から $0.9 \cdot h_{max}$ までの範囲に含まれる光線に対して、凹面反射面 M_{r3} の形状の変化が緩やかになるように設計する。これにより、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性を向上させることが可能となり、高品質な画像表示を実現することが可能となる。

10

【0072】

図 8 に示すように、本実施形態では、 (h) は、 $(h) - (0.98 \cdot h)$ である。もちろんこれに限定されず、光線高さ h における角度 (h) の変化量 (h) を表す他のパラメータが用いられてもよい。

【0073】

(構成条件 2)

図 9 は、構成条件 2 を説明するための模式図である。

20

図 9 に示すように、画像光のうち、凹面反射面 M_{r3} により反射される反射点が $0.85 \cdot h_{max}$ よりも大きい範囲に含まれる光線を、縁部側光線 CE とする。

投射光学系 15 は、凹面反射面 M_{r3} に入射する縁部側光線 CE の各々の進行方向が互いに平行となるように構成される。すなわち、凹面反射面 M_{r3} に入射する縁部側光線 CE が平行光線となるように、投射光学系 15 が構成される。

これにより、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性を向上させることが可能となる。

【0074】

(構成条件 3)

投射光学系 15 は、凹面反射面 M_{r3} に入射する縁部側光線 CE の光線間隔が等しくなるように構成される。このことは、凹面反射面 M_{r3} 上の、縁部側光線 CE の各々の反射点が等間隔に並ぶともいえる。

30

これにより、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性を向上させることが可能となる。

【0075】

(構成条件 4)

第 1 の反射面 M_{r1} のパワーを 1 とする。

第 2 の反射面 M_{r2} のパワーを 2 とする。

この場合、以下の関係を満たすように、投射光学系 15 が構成される。

$$(2) \quad 0.1 < | 2 / 1 | < 1.2$$

40

【0076】

この条件式 (2) は、第 1 の反射面 M_{r1} のパワー 1 と、第 2 の反射面 M_{r2} のパワー 2 との関係を規定するものである。

$| 2 / 1 |$ が条件式 (2) に規定する上限を超える場合、第 1 の反射面 M_{r1} で反射される光線と、第 2 の反射面 M_{r2} により反射される光線とが干渉してしまう。

$| 2 / 1 |$ が条件式 (2) に規定する下限を超える場合、第 2 の反射面 M_{r2} により反射される光線が、第 2 の屈折光学系 $L2$ に適正に入射しない。すなわち第 2 の反射面 M_{r2} により反射される光線が、第 1 の光学部品 $R11$ の透過面 $Tr2$ に適正に入射しない。

条件式 (2) を満たすように第 1 の反射面 M_{r1} 及び第 2 の反射面 M_{r2} を構成するこ

50

とで、画像光を適正に凹面反射面 $M r 3$ まで導くことが可能となる。これにより、高品質な画像表示を実現することが可能となる。

【 0 0 7 7 】

(構成条件 5)

図 1 0 は、構成条件 5 を説明するための模式図である。

以下の関係を満たすように、投射光学系 1 5 が構成される。

$$(3) \quad | \quad 2 \quad | < \quad | \quad 1 \quad |$$

図 1 0 に示すように、上記した (構成条件 2) が満たされるためには、第 2 の屈折光学系 $L 2$ にて、光線高さ h が大きくなる光線 (特に光線高さ h_{max} となる光線) に対して大きな屈折力を作用させる必要がある。

条件式 (3) を満たさない場合、すなわち $| \quad 2 \quad | \quad | \quad 1 \quad |$ となる場合に、光線高さ h_{max} の光線に対して大きな屈折力を作用させるためには、例えば、図 9 A に示すように、第 2 の反射面 $M r 2$ と第 2 の屈折光学系 $L 2$ との距離を大きく設計すること考えられる。しかしながら第 2 の反射面 $M r 2$ と第 2 の屈折光学系 $L 2$ との距離を大きくすると、投射光学系 1 5 が大型化してしまう。

あるいは、図 9 B に示すように、第 2 の屈折光学系 $L 2$ のパワーを強くすることも考えられる。しかしながら第 2 の屈折光学系 $L 2$ のパワーを強くすると投射画像に収差が発生しやすくなり、画像の品質が低下してしまう可能性が高くなる。

図 9 C に示すように、条件式 (2) を満たすように第 1 の反射面 $M r 1$ 及び第 2 の反射面 $M r 2$ を構成する。

これにより、光線高さ h_{max} の光線を上方側に大きく反射させることが可能となる。従って、第 2 の反射面 $M r 2$ から第 2 の屈折光学系 $L 2$ に向けて、上方側から角度をつけて光線高さ h_{max} を出射することが可能となる。この結果、光線高さ h_{max} の光線に対して大きな屈折力を作用させることが可能となる。

従って、(構成条件 2) を満たしつつ、装置の小型化及び収差の抑制を実現することが可能となる。逆にいえば、投射光学系 1 5 を大きくすることなく、また投射画像に収差を発生させることなく、(構成条件 2) を満たすことが可能となる。

【 0 0 7 8 】

(構成条件 6 - 1)

図 1 1 ~ 図 1 3 は、構成条件 6 を説明するための模式図である。

第 1 の屈折光学系 $L 1$ 、第 1 の反射面 $M r 1$ 、及び第 2 の反射面 $M r 2$ を、第 1 の光学系 $L L 1$ とする。すなわち、レンズ $L 1 1$ の入射面 $F 1$ から、第 2 の反射面 $M r 2$ までが、第 1 の光学系 $L L 1$ となる。

第 2 の屈折光学系 $L 2$ の縁部側光線に作用する部分を第 2 の光学系 $L L 2$ とする。すなわち第 2 の屈折光学系 $L 2$ のうち、縁部側光線 $C E$ が進行する部分を 1 つの光学系と見た場合、当該光学系が第 2 の光学系 $L L 2$ となる。

投射光学系 1 5 は、第 1 の光学系 $L 1$ が、縁部側光線 $C E$ を所定の集光位置 3 5 に集光するように構成される。また投射光学系 1 5 は、当該集光位置 3 5 が、第 2 の光学系 $L L 2$ の前側焦点位置 3 6 に一致するように構成される。

すなわち投射光学系 1 5 は、第 1 の光学系 $L L 2$ が、縁部側光線 $C E$ を、第 2 の光学系 $L L 2$ の前側焦点位置 3 6 に集光するように構成される。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 を参照して、第 2 の光学系 $L L 2$ の前側焦点位置 3 6 について説明する。

凹面反射面 $M r 3$ に入射する縁部側光線 $C E$ の各々の進行方向 (凹面反射面 $M r 3$ への入射方向) と、光軸 O に沿った方向とが交差する角度の平均値を平均角度 $\theta 1$ とする。

第 2 の屈折光学系 $L 2$ の最終レンズ面 $F 5$ の、縁部側光線 $C E$ が入射する領域を縁部側入射領域 3 7 とする。

図 1 2 に示すように、第 2 の光学系 $L L 2$ の前側焦点位置 3 6 は、光軸 O に沿った方向に対して平均角度 $\theta 1$ で交差する方向に沿って、最終レンズ面 $F 5$ の縁部側入射領域 3 7 に反対側から平行光線 3 8 を入射させた場合の集光位置である。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

(構成条件 6 - 2)

(構成条件 6 - 1) と同等の条件として、(構成条件 6 - 2) を説明する。

図 1 1 及び図 1 3 に示すように、縁部側光線 C E のうち、凹面反射面 M r 3 により反射される反射点の光線高さ h が中間の値となる光線を中間光線 4 0 とする。図 1 1 及び図 1 3 において、中間光線 4 0 は、太い矢印で図示されている。

中間光線 4 0 の第 2 の屈折光学系 L 2 の最終レンズ面 F 5 に対する入射位置を中間入射位置 4 1 とする。

中間光線 4 0 の照明光学系 1 0 から集光位置 3 5 までの光路長を A とする。具体的には、図 1 3 に示すように、画像変調素子 (液晶パネル P) から集光位置 3 5 までの光路長が、光路長 A となる。

10

中間入射位置 4 1 から前側焦点位置 3 6 までの光路長を B とする。図 1 2 に示すように、光路長 B は、最終レンズ面 F 5 の縁部側入射領域 3 7 に反対側から平行光線 3 8 を入射させた場合の、中間入射位置 4 1 から前側焦点位置 3 6 まで進む光線 (図 1 2 の太い矢印の光線) の光路長である。

中間光線 4 0 の照明光学系 1 0 から中間入射位置 4 1 までの光路長を C とする。具体的には、図 1 3 に示すように、画像変調素子 (液晶パネル P) から中間入射位置 4 1 までの光路長が、光路長 C となる。

この場合、以下の関係を満たすように、投射光学系 1 5 が構成される。

$$(4) 0 . 8 < | A + B | / C < 1 . 2$$

20

すなわち本開示では、条件式 (4) を満たす範囲であれば、集光位置 3 5 が前側焦点位置 3 6 と一致し、(構成条件 6 - 1) が満たされるものとする。

【 0 0 8 1 】

| A + B | / C が条件式 (4) に規定する上限を超える場合、第 2 の屈折光学系 L 2 から出射された縁部側光線 C E は発散し、平行光線とはならない。

| A + B | / C が条件式 (4) に規定する下限を超える場合、第 2 の屈折光学系 L 2 から出射された縁部側光線 C E は集光し、平行光線とはならない。

条件式 (4) を満たすように投射光学系 1 5 を構成する。すなわち集光位置 3 5 が前側焦点位置 3 6 と一致するように、投射光学系 1 5 を構成する。これにより、(構成条件 2) を満たすことが可能となり、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性を向上させることが可能となる。

30

【 0 0 8 2 】

なお本実施形態る投射光学系 1 5 では、照明光学系 1 0 に含まれるダイクロイック・プリズム P P と第 1 の反射面 M r 1 との間にて、第 1 の中間像が結像される。

また、第 1 の反射面 M r 1 と第 2 の反射面 M r 2 との間に、第 2 の中間像が結像される。

さらに、第 2 の屈折光学系 L 2 と凹面反射面 M r 3 との間、第 3 の中間像が結像される。

そして凹面反射面 M r 3 によりスクリーンに画像が結像される。

第 1 の光学系 L L 1 は、第 2 の中間像を境にして、前段側の光学系ともいえる。また第 2 の光学系 L L 2 は、第 2 の中間像を境にして、後段側の光学系ともいえる。

もちろん本技術の適用が、このような中間像を結像する場合に限定される訳ではない。

40

【 0 0 8 3 】

また本実施形態では、液晶パネル P から光軸 O に沿って、縁部側光線 C E が出射される。従って、第 1 の光学系 L L 1 により縁部側光線 C E が集光される集光位置 3 5 は、第 1 の光学系 L L 1 の後側焦点位置ともいえる。

従って本実施形態では、(構成条件 6 - 1) 及び (構成条件 6 - 2) について、集光位置 3 5 を、第 1 の光学系 L L 1 の後側焦点位置と言い換えることも可能である。

【 0 0 8 4 】

本技術に係る投射光学系 1 5 を構成するうえで、必ずしも上で列挙した全ての構成条件が満たされる必要はない。上記の構成条件の少なくとも 1 つが満たされていれば、本技術に係る投射光学系の一実施形態として機能することが可能である。そして、高品質な画像

50

表示を実現することが可能となる。

もちろん、全ての構成条件が満たされてもよい。あるいは任意の2以上の構成条件が満たされるように、投射光学系15が構成されてもよい。

【0085】

条件式(1)(2)(4)の各々の下限値及び上限値は、上記した値に限定される訳ではない。例えば照明光学系10や投射光学系15等の構成に応じて、各値を適宜変更することも可能である。例えば上記した範囲に含まれる任意の値を下限値及び上限値として選択し、改めて最適な範囲として設定されてもよい。

【0086】

例えば条件式(1)を、以下の範囲に設定すること等が可能である。

$$0.01 < | \quad (hmax) - \quad (0.9 \cdot hmax) | / (hmax) < 0.06$$

$$0.02 < | \quad (hmax) - \quad (0.9 \cdot hmax) | / (hmax) < 0.05$$

$$0.03 < | \quad (hmax) - \quad (0.9 \cdot hmax) | / (hmax) < 0.04$$

【0087】

例えば条件式(2)を、以下の範囲に設定すること等が可能である。

$$0.05 < | \quad 2 / \quad 1 | < 1.3$$

$$0.15 < | \quad 2 / \quad 1 | < 1.15$$

$$0.2 < | \quad 2 / \quad 1 | < 1.1$$

【0088】

例えば条件式(4)を、以下の範囲に設定すること等が可能である。

$$0.7 < | \quad 2 / \quad 1 | < 1.3$$

$$0.9 < | \quad 2 / \quad 1 | < 1.15$$

$$1.0 < | \quad 2 / \quad 1 | < 1.1$$

【0089】

以上のように構成された投射光学系15について、具体的な数値例を挙げて簡単な説明を行う。

【0090】

図14は、画像投影に関するパラメータの一例を示す表である。

図15は、図14に示すパラメータを説明するための模式図である。

投射光学系15の1次像面側の開口数NAは0.127である。

画像変調素子(液晶パネルP)の、横方向及び縦方向の長さ(HxVSp)は15.6mm及び8.7mmである。

画像変調素子の中心位置(Chp)は、光軸Oから上方5.6mmの位置である。

1次像面側のイメージサークル(imc)は、26.3mmである。

図15に示すように、液晶パネルPの中央の画素から、図5等に示す画素光C1が出射される(同じ符号を用いて画素C1とする。)

液晶パネルPの中央の最も光軸Oに近い画素から、画素光C2が出射される(同じ符号を用いて画素C2とする)。

液晶パネルPの中央の最も光軸Oから遠い画素から、画素光C3が出射される(同じ符号を用いて画素C3とする)。

【0091】

縁部側光線CEに関する構成条件について、イメージサークル(imc)を用いて規定された光線にて、同様の構成条件を挙げることが可能である。

例えば、図16に示すように、最大像高のイメージサークル(imc)に対して、74%の像高のイメージサークル(0.74・imc)を規定する。

74%の像高のイメージサークルから最大像高のイメージサークル(imc)までの領域(図中のグレー色で表示された領域)から出射される光線を、高像高出射光線とする。

10

20

30

40

50

高像高出射光線について、以下の構成条件が挙げられる。

投射光学系 15 は、高像高出射光線が平行光線となって凹面反射面 Mr 3 に入射するように構成される（構成条件 2 に対応する条件）。

投射光学系 15 は、高像高出射光線が等しい光線間隔で凹面反射面 Mr 3 に入射するように構成される（構成条件 3 に対応する条件）。

第 1 の光学系 LL 1、及び第 2 の屈折光学系 L 2 の高像高出射光線に作用する部分において、図 13 に例示するように、集光位置 35 が前側焦点位置 36 と一致する（構成条件 6 - 1 に対応する条件）。

第 1 の光学系 LL 1、及び第 2 の屈折光学系 L 2 の高像高出射光線に作用する部分において、条件式 (4) を満たす（構成条件 6 - 2 に対応する条件）。

これらの高像高出射光線に関する構成条件を満たすように投射光学系 15 を構成することで、上記と同様の効果は発揮される。すなわち、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性を向上させることが可能となり、高品質な画像表示を実現することが可能となる。

なお高像高出射光線群と縁部側光線群とが、同じ光線群となる場合もあれば、異なる光線群となる場合もある。

【0092】

図 17 は、画像表示装置のレンズデータである。

図 17 には、1 次像面 (P) 側から 2 次像面 (S) 側に向かって配置される 1 ~ 33 の光学部品 (レンズ面)、曲面スクリーン S についてのデータが示されている。

各光学部品 (レンズ面) のデータとして、曲率半径 (mm) と、芯厚 d (mm) と、d 線 (587.56 nm) での屈折率 nd と、d 線でのアッペ数 d とが記載されている。曲面スクリーン S については、曲率半径 (mm) が記載されている。

【0093】

なお、非球面を有する光学部品は、以下の式に従う。

【0094】

【数 1】

$$Z = \frac{ch^2}{1+\{1-(1+K)c^2h^2\}^{1/2}} + \sum_{i=1} Aih^i$$

30

【0095】

図 18 は、投射光学系に含まれる光学部品の非球面係数の一例を示す表である。

図 18 には、図 17 で * 印を付加された非球面の各光学部品 19、20、21、23、24、及び 33 についての非球面係数がそれぞれ示されている。図例の非球面係数は上記の (数 1) 式に対応したものである。

なお本実施形態において、(数 1) 式は、光線高さに応じた凹面反射面 Mr 3 の形状を表す関数 Z (h) に相当する。

(数 1) 式に、光線高さ h を入力した場合のサグ量 Z が、光線高さに応じた凹面反射面 Mr 3 の形状を表すパラメータとして用いられる。なお「サグ量」とは、面頂点を通り光軸に垂直な平面を立てたときの、その平面とレンズ面上の点の光軸方向の距離である。

【0096】

なお、関数 Z (h) を光線高さで微分した導関数 Z' (h) (= dZ/dh) は、以下の式となる。

【0097】

【数 2】

40

$$\frac{dZ}{dh} = \frac{2ch}{1+\{1-(1+K)c^2h^2\}^{1/2}} + \frac{(1+K)c^3h^3}{\{1-(1+K)c^2h^2\}^{1/2} * [1+\{1-(1+K)c^2h^2\}^{1/2}]^2}$$

$$+ A_1 + 2A_2h + 3A_3h^2 + \dots$$

【0098】

10

この式により、光線高さ h における凹面反射面 Mr 3 に接する直線の傾きが算出される。すなわち関数 Z (h) の接線の光軸高さ方向に対する角度 (h) を算出することが可能となる。

【0099】

図 19 は、光線高さ h と、 (h) / (hmax) との関係を示すグラフである。なお光軸 O の光線高さ h を 0、光線高さ hmax を 1 とし、光線高さ h に対して正規化を行った上で演算をしている。

光軸 O から離れた光線高さ 0.9 ~ 1.00 にかけて、 (h) / (hmax) は緩やかな変化となっている。

このことは、凹面反射面 Mr 3 の、光線高さが (0.9 · hmax) から (hmax) までの縁部側領域にかけて、形状の変化が緩やかであることを意味する。すなわち、反射点が (0.9 · hmax) から (hmax) までの光線に対して、反射面の形状の変化が緩やかであることを意味する。

20

これにより、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性を向上させることが可能となり、高品質な画像表示を実現することが可能となる。

なお、条件式 (1) の | (hmax) - (0.9 · hmax) | / (hmax) は、図 19 に示すグラフの光線高さ 1.00 の値と、光線高さ 0.9 の値との差となる。

【0100】

図 20 は、本実施形態において、上記した条件式 (1) (2) (4) で用いられるパラメータの数値を示す表である。

30

Z' (1.0 · hmax) - Z' (0.9 · hmax)	0.001
2 / 1	0.370
A + B / C	1.004

このような結果となり、条件式 (1) (2) (4) を満たしていることが分かる。なお、条件式 (3) も満たされている。

また本実施形態では、全ての構成条件 1 ~ 6 が満たされている。

なお本実施形態では、59%の像高のイメージサークルから最大像高のイメージサークル (imc) までの領域から出射される光線に対して、条件式 (4) が成り立った。従って、当該光線を高像高出射光線として規定することも可能である。

40

【0101】

以上、本実施形態に係る画像表示装置 20 では、被投射物に向けて画像光を反射する凹面反射面 Mr 3 の形状が上記のように設計されている。これにより高品質な画像表示を実現することが可能となる。

また本実施形態に係る画像表示装置 20 では、凹面反射面 Mr 3 により、画像光の少なくとも一部の光線が、投射光学系 15 を構成する上で基準となる光軸 O に沿った方向と 90 度以上の角度で交差する方向へ反射される。これにより、例えば曲面スクリーン S 等への画像の投射に対応することが可能となり、高品質な画像表示を実現することが可能となる。

例えば、同じ画像光を、平面スクリーンと曲面スクリーンとにそれぞれ投射した場合を

50

考える。そうすると、当然のことながら、平面スクリーンに表示される画像と、曲面スクリーンに表示される画像とは、互いに異なる形状となる。平面スクリーンに表示される画像を基準に考えると、曲面スクリーンに表示される画像は、歪んだ画像となる。

従って、曲面スクリーンに適正に画像を表示するためには、画像信号に対して電氣的な補正処理を実行しなければならない。その補正量は、曲面スクリーンの形状にもよるが、大きいものとなることが多く、画像の画質の低下等が発生してしまう可能性がある。

また曲面スクリーンの広い範囲に画像を表示するためには、画像表示装置を、曲面スクリーンから離れた位置に設置しなければならない。この結果、画像を視聴するユーザにとって、画像表示装置の存在が目立ってしまい、コンテンツへの没入感が損なわれてしまう。またユーザの影が出てしまう領域が大きくなってしまふので、ユーザが移動可能な領域が小さくなる。この結果、優れた視聴環境を提供することが難しくなる。

10

【0102】

本実施形態に係る画像表示システム100では、凹面反射面Mr3により反射可能な範囲が、基準となる光軸Oに対して90度以上と、広く設計される。この結果、光学的に曲面スクリーンSに表示される画像の歪みを抑制することが可能となる。この結果、画像信号に対する電氣的な補正量を十分に抑制することが可能となる。この結果、高い画質にて画像を表示することが可能となる。

また図3に例示するように、曲面スクリーンSに近い位置から、曲面スクリーンSの広い範囲に画像を投射することが可能となるので、第1及び第2の画像表示装置20a及び20bの存在により、ユーザ3のコンテンツへの没入感を阻害することを十分に抑制することが可能となる。またユーザ3の影が出てしまう領域を小さくすることが可能であるので、ユーザ3が移動可能な領域を大きくすることができる。この結果、非常に優れた視聴環境を提供することが可能となる。

20

【0103】

<第2の実施形態>

本技術に係る第2の実施形態の画像表示システムについて説明する。

これ以降の説明では、上記の実施形態で説明した画像表示システム100、及び画像表示装置20における構成及び作用と同様な部分については、その説明を省略又は簡略化する。

【0104】

図21及び図22は、第2の実施形態に係る投射光学系215の概略構成例を示す光路図である。

図23は、画像表示装置のレンズデータである。

図24は、投射光学系に含まれる光学部品の非球面係数の一例を示す表である。

図25は、光線高さhと、 $(h)/(h_{max})$ との関係を示すグラフである。

なお、画像投影に関するパラメータは、第1の実施形態と同様であり、図14に示す数値となる。

30

【0105】

本実施形態に係る投射光学系215においても、凹面反射面Mr3により、凹面反射面Mr3に入射する画像光に含まれる少なくとも一部の光線が、基準軸である光軸Oに沿った方向と90度以上の角度で交差する方向へ反射される。

これにより、曲面スクリーンSに対応した高品質な画像表示を実現することが可能となる。

40

【0106】

図26は、本実施形態において、上記した条件式(1)(2)(4)で用いられるパラメータの数値を示す表である。

$$|Z'(1.0 \cdot h_{max}) - Z'(0.9 \cdot h_{max})| = 0.003$$

$$|2/1| = 0.356$$

$$|A+B|/C = 1.003$$

このような結果となり、条件式(1)(2)(4)を満たしていることが分かる。なお

50

、条件式(3)も満たされている。

また本実施形態に係る投射光学系215では、全ての構成条件1~6が満たされている。

これにより、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性を向上させることが可能となり、高品質な画像表示を実現することが可能となる。

なお本実施形態では、59%の像高のイメージサークルから最大像高のイメージサークル(imc)までの領域から出射される光線に対して、条件式(4)が成り立った。従って、当該光線を高像高出射光線として規定することも可能である。

【0107】

<第3の実施形態>

図27及び図28は、第3の実施形態に係る投射光学系315の概略構成例を示す光路図である。

10

図29は、画像投影に関するパラメータの一例を示す表である。

図30は、画像表示装置のレンズデータである。

図31は、投射光学系に含まれる光学部品の非球面係数の一例を示す表である。

図32は、光線高さhと、 $(h) / (h_{max})$ との関係を示すグラフである。

【0108】

本実施形態では、平面スクリーンS'に向けて画像光が投射される。

投射光学系315の凹面反射面Mr3は、凹面反射面Mr3に入射する画像光に含まれる光線を、光軸Oに沿った方向と90度未満の角度で交差する方向へ反射する。

このような画像表示装置に対しても、本技術は適用可能である。

20

【0109】

図33は、本実施形態において、上記した条件式(1)(2)(4)で用いられるパラメータの数値を示す表である。

$$|Z'(1.0 \cdot h_{max}) - Z'(0.9 \cdot h_{max})| = 0.002$$

$$|2 / 1| = 0.455$$

$$|A + B| / C = 0.972$$

このような結果となり、条件式(1)(2)(4)を満たしていることが分かる。なお、条件式(3)も満たされている。

また本実施形態に係る投射光学系315では、全ての構成条件1~6が満たされている。

これにより、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性を向上させることが可能となり、高品質な画像表示を実現することが可能となる。

30

なお本実施形態では、凹面反射面Mr3により反射される反射点が $0.82 \cdot h_{max}$ よりも大きい範囲に含まれる光線に対して、条件式(4)が成り立った。従って、当該光線を縁部側光線として規定することも可能である。

また本実施形態では、71%の像高のイメージサークルから最大像高のイメージサークル(imc)までの領域から出射される光線に対して、条件式(4)が成り立った。従って、当該光線を高像高出射光線として規定することも可能である。

【0110】

<第4の実施形態>

図34及び図35は、第4の実施形態に係る投射光学系415の概略構成例を示す光路図である。

40

図36は、画像投影に関するパラメータの一例を示す表である。

図37は、画像表示装置のレンズデータである。

図38は、投射光学系に含まれる光学部品の非球面係数の一例を示す表である。

図39は、光線高さhと、 $(h) / (h_{max})$ との関係を示すグラフである。

【0111】

本実施形態においても、平面スクリーンS'に向けて画像光が投射される。

投射光学系415の凹面反射面Mr3は、凹面反射面Mr3に入射する画像光に含まれる光線を、光軸Oに沿った方向と90度未満の角度で交差する方向へ反射する。

【0112】

50

図40は、本実施形態において、上記した条件式(1)(2)(4)で用いられるパラメータの数値を示す表である。

$$\begin{aligned} &|Z'(1.0 \cdot h_{max}) - Z'(0.9 \cdot h_{max})| = 0.004 \\ &|2/1| = 0.701 \\ &|A+B|/C = 1.0388 \end{aligned}$$

このような結果となり、条件式(1)(2)(4)を満たしていることが分かる。なお、条件式(3)も満たされている。

また本実施形態に係る投射光学系315では、全ての構成条件1~6が満たされている。これにより、投射画像の縁部側領域の輝度と倍率の均一性を向上させることが可能となり、高品質な画像表示を実現することが可能となる。

なお本実施形態では、凹面反射面Mr3により反射される反射点が $0.78 \cdot h_{max}$ よりも大きい範囲に含まれる光線に対して、条件式(4)が成り立った。従って、当該光線を縁部側光線として規定することも可能である。

【0113】

<その他の実施形態>

本技術は、以上説明した実施形態に限定されず、他の種々の実施形態を実現することができる。

【0114】

図41及び図42は、他の実施形態に係る画像表示システムの構成例を示す模式図である。

図41に示す画像表示システム500では、ドーム形状を有する曲面スクリーンSが用いられる。なおドーム形状は、半球形状に限定されず、周囲360度にわたって上方を覆うことが可能な任意の形状が含まれる。

ドーム形状を有する曲面スクリーンSは、ドームスクリーンともいえる。

【0115】

図41A~Cに示すように、ドーム形状の曲面スクリーンSの下方に、左右方向に沿って互いに対向するように、第1及び第2の画像表示装置520a及び520bが設置される。

第1及び第2の画像表示装置520a及び520bは、上方に向けて第1及び第2の画像521a及び521bを投射可能に設置される。

第1及び第2の画像521a及び521bは、長辺方向(左右方向)に沿って互いに重複するように投射される。

従って、曲面スクリーンSの頂点部分に、第1及び第2の画像521a及び521bが互いに重複する重複領域522が生成される。重複領域522を基準としてステッチング処理が実行され、サイズの大きい1枚の画像が表示される。

第1及び第2の画像表示装置520a及び520bとして、上記で説明した本技術に係る画像表示装置を用いることで、ドーム形状に対応した高品質な画像表示が実現可能となり、優れた視聴環境を提供することが可能となる。

【0116】

図42に示す画像表示システム600では、ドーム形状の曲面スクリーンSの下方に、円周に沿って等間隔に第1~第3の画像表示装置620a~620bが配置される。

第1~第3の画像表示装置620a~620cは、上方に向けて第1~第3の画像621a~621cを投射可能に設置される。

図42Bに示すように、第1~第3の画像621a~621cとして、矩形状の画像を構成するための画像光が投射される。

図42Bには、第1~第3の画像621a~621cの各々が矩形状に模式的に図示されているが、曲面スクリーンSに表示される形状は矩形状とは異なる形状となる。

第1~第3の画像621a及び621bは、曲面スクリーンSの頂点に対して互いに対称となる位置に、互いに重複するように投射される。そして重複領域622a~622cにて、ステッチング処理が実行され、サイズの大きい1枚の画像が表示される。

10

20

30

40

50

第1～第3の画像表示装置620a～620cとして、上記で説明した本技術に係る画像表示装置を用いることで、ドーム形状に対応した高品質な画像表示が実現可能となり、優れた視聴環境を提供することが可能となる。

このように本技術は、3台以上の画像表示装置が用いられる場合でも、適用可能である。

【0117】

スクリーンに画像光を反射する凹面反射面として、回転対称軸を有さない自由曲面が用いられてもよい。

この場合、例えばレンズ系を構成する上で基準となる基準軸に、凹面反射面の光軸（例えば光学面を中央を通る軸）が合わせられる。これにより上記と同様の効果を発揮することが可能となる。

また第1の反射面及び第2の反射面についても、回転対称軸を有さない自由曲面が用いられてもよい。すなわち凹面反射面、第1の反射面、又は第2の反射面の少なくとも1つは、回転対称軸を有さない自由曲面であってもよい。

【0118】

被投射物は、曲面スクリーンに限定されない。テーブルや建物等の壁等、任意の被投射物への画像の表示に、本技術は適用可能である。特に曲面形状を有する被投射物に対応した高品質な画像表示が実現可能である。

【0119】

各図面を参照して説明した画像表示システム、画像表示装置、投射光学系、凹面反射面、スクリーン等の各構成はあくまで一実施形態であり、本技術の趣旨を逸脱しない範囲で、任意に変形可能である。すなわち本技術を実施するための他の任意の構成やアルゴリズム等が採用されてよい。

【0120】

本開示において、「略」という文言が使用される場合、これはあくまで説明の理解を容易とするための使用であり、「略」という文言の使用/不使用に特別な意味があるわけではない。

すなわち、本開示において、「中心」「中央」「均一」「一致」「等しい」「同じ」「直交」「平行」「対称」「延在」「軸方向」「円柱形状」「円筒形状」「リング形状」「円環形状」等の、形状、サイズ、対比関係、位置関係、状態等を規定する概念は、「実質的に中心」「実質的に中央」「実質的に均一」「実質的に一致」「実質的に等しい」「実質的に同じ」「実質的に直交」「実質的に平行」「実質的に対称」「実質的に延在」「実質的に軸方向」「実質的に円柱形状」「実質的に円筒形状」「実質的にリング形状」「実質的に円環形状」等を含む概念とする。

例えば「完全に中心」「完全に中央」「完全に均一」「完全に一致」「完全に等しい」「完全に同じ」「完全に直交」「完全に平行」「完全に対称」「完全に延在」「完全に軸方向」「完全に円柱形状」「完全に円筒形状」「完全にリング形状」「完全に円環形状」等を基準とした所定の範囲（例えば±10%の範囲）に含まれる状態も含まれる。

従って、「略」の文言が付加されていない場合でも、いわゆる「略」を付加して表現される概念が含まれ得る。反対に、「略」を付加して表現された状態について、完全な状態が排除される訳ではない。

【0121】

本開示において、「Aより大きい」「Aより小さい」といった「より」を使った表現は、Aと同等である場合を含む概念と、Aと同等である場合を含まない概念の両方を包括的に含む表現である。例えば「Aより大きい」は、Aと同等は含まない場合に限定されず、「A以上」も含む。また「Aより小さい」は、「A未満」に限定されず、「A以下」も含む。

本技術を実施する際には、上記で説明した効果が発揮されるように、「Aより大きい」及び「Aより小さい」に含まれる概念から、具体的な設定等を適宜採用すればよい。

【0122】

以上説明した本技術に係る特徴部分のうち、少なくとも2つの特徴部分を組み合わせる

10

20

30

40

50

ことも可能である。すなわち各実施形態で説明した種々の特徴部分は、各実施形態の区別なく、任意に組み合わせられてもよい。また上記で記載した種々の効果は、あくまで例示であって限定されるものではなく、また他の効果が発揮されてもよい。

【 0 1 2 3 】

なお、本技術は以下のような構成も採ることができる。

(1)

光源と、

前記光源から出射される光を変調して画像光を生成する画像生成部と、

前記生成された画像光が入射する位置に基準軸を基準として構成され、全体で正の屈折力を有するレンズ系と、

前記基準軸を基準として構成され、前記レンズ系から出射された前記画像光を被投射物に向けて反射する凹面反射面と

を有する投射光学系と

を具備し、

前記基準軸からの光線高さを h 、

前記光線高さ h に応じた前記凹面反射面の形状を表す関数 $Z(h)$ の接線の、光軸高さ方向に対する角度を $\theta(h)$ 、

前記光線高さ h における前記角度 $\theta(h)$ の変化量を $\theta'(h)$ 、

前記画像光を反射する前記凹面反射面の前記基準軸から最も離れた反射点の光線高さ h を h_{max} とすると、

$0 < | \theta'(h_{max}) - (0.9 \cdot h_{max}) | / (h_{max}) < 0.056$
 の関係を満たすように構成されている

画像表示装置。

(2) (1) に記載の画像表示装置であって、

前記 $\theta(h)$ は、 $\theta(h) - (0.98 \cdot h)$ である

画像表示装置。

(3) (1) 又は (2) に記載の画像表示装置であって、

前記画像光のうち、前記凹面反射面により反射される反射点が $0.85 \cdot h_{max}$ よりも大きい範囲に含まれる光線を、縁部側光線とすると、

前記投射光学系は、前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の各々の進行方向が互いに平行となるように構成される

画像表示装置。

(4) (3) に記載の画像表示装置であって、

前記投射光学系は、前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の光線間隔が等しくなるように構成される

画像表示装置。

(5) (1) から (4) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、

前記レンズ系は、

全体で正の屈折力を有し、前記生成された画像光を屈折させる第 1 の屈折光学系と、

前記第 1 の屈折光学系により屈折された前記画像光を折り返して反射する第 1 の反射面と、

前記第 1 の反射面により反射された前記画像光を折り返して反射する第 2 の反射面と、

全体で正の屈折力を有し、前記第 2 の反射面により反射された前記画像光を屈折させて前記凹面反射面に射出する第 2 の屈折光学系と

を有し、

前記第 1 の反射面のパワーを P_1 、

前記第 2 の反射面のパワーを P_2 とすると、

$0.1 < | P_2 / P_1 | < 1.2$

の関係を満たすように構成されている

画像表示装置。

10

20

30

40

50

(6) (5) に記載の画像表示装置であって、

$$| 2 | < | 1 |$$

の関係を満たすように構成されている
画像表示装置。

(7) (5) 又は (6) に記載の画像表示装置であって、

前記第 1 の屈折光学系、前記第 1 の反射面、及び前記第 2 の反射面を第 1 の光学系、
前記第 2 の屈折光学系の前記縁部側光線に作用する部分を第 2 の光学系とすると、
前記第 1 の光学系は、前記縁部側光線を所定の集光位置に集光させ、
前記所定の集光位置は、前記第 2 の光学系の前側焦点位置に一致する
画像表示装置。

10

(8) (7) に記載の画像表示装置であって、

前記縁部側光線のうち、前記凹面反射面により反射される反射点の光線高さが中間の値
となる光線を中間光線、

前記中間光線の前記第 2 の屈折光学系の最終レンズ面に対する入射位置を中間入射位置、
前記中間光線の前記画像生成部から前記所定の集光位置までの光路長を A、

前記中間入射位置から前記前側焦点位置までの光路長を B、

前記中間光線の前記画像生成部から前記中間入射位置までの光路長を C とすると、

$$0.8 < | A + B | / C < 1.2$$

の関係を満たすように構成されている

画像表示装置。

20

(9) (8) に記載の画像表示装置であって、

前記凹面反射面に入射する前記縁部側光線の各々の進行方向と、前記基準軸に沿った方
向とが交差する角度の平均値を平均角度、

前記第 2 の屈折光学系の前記最終レンズ面の、前記縁部側光線が入射する領域を縁部側
入射領域とすると、

前記第 2 の光学系の前記前側焦点位置は、前記基準軸に沿った方向に対して前記平均角
度で交差する方向に沿って、前記最終レンズ面の前記縁部側入射領域に反対側から平行光
線を入射させた場合の集光位置である

画像表示装置。

(10) (9) に記載の画像表示装置であって、

前記光路長 B は、前記最終レンズ面の前記縁部側入射領域に反対側から平行光線を入射
させた場合の、前記中間入射位置から前記後側焦点位置まで進む光線の光路長である

画像表示装置。

30

(11) (1) から (10) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、

前記凹面反射面は、前記凹面反射面に入射する前記画像光に含まれる少なくとも一部の
光線を、前記基準軸に沿った方向と 90 度以上の角度で交差する方向へ反射する

画像表示装置。

(12) (1) から (11) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、

前記投射光学系は、主面の一部の領域が前記第 1 の反射面として構成され、前記主面の
他の領域に透過面が構成される第 1 の光学部品を有し、

前記第 1 の光学部品の前記透過面は、前記第 2 の屈折光学系として機能する

画像表示装置。

40

(13) (1) から (12) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、

前記投射光学系は、主面の一部の領域が前記第 2 の反射面として構成され、前記主面の
他の領域に透過面が構成される第 2 の光学部品を有し、

前記第 2 の光学部品の前記透過面は、前記第 1 の屈折光学系として機能する

画像表示装置。

(14) (1) から (13) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、

前記基準軸は、前記レンズ系に含まれる前記画像生成部に最も近いレンズの光軸を延長
した軸である

50

画像表示装置。

(15)(1)から(14)のうちいずれか1つに記載の画像表示装置であって、
前記投射光学系は、前記投射光学系に含まれる全ての光学部品の各々の光軸が、所定の基準軸に一致するように構成される

画像表示装置。

(16)(1)から(15)のうちいずれか1つに記載の画像表示装置であって、
前記凹面反射面は、回転対称軸が前記基準軸に一致するように構成され、
前記第1の反射面及び前記第2の反射面の各々は、凹面反射面であり、回転対称軸が前記基準軸に一致するように構成される

画像表示装置。

(17)(1)から(15)のうちいずれか1つに記載の画像表示装置であって、
前記凹面反射面、前記第1の反射面、及び前記第2の反射面の各々は、光軸が前記基準軸に一致するように構成され、
前記凹面反射面、前記第1の反射面、又は前記第2の反射面の少なくとも1つは、回転対称軸を有さない自由曲面である

画像表示装置。

(18)(1)から(17)のうちいずれか1つに記載の画像表示装置であって、
前記被投射物は、平面スクリーン、又は曲面スクリーンである

画像表示装置。

(19)(1)から(17)のうちいずれか1つに記載の画像表示システムであって、
前記被投射物は、ドーム形状を有するスクリーンである

画像表示装置。

(20)

光源から出射される光を変調して生成された画像光を投射する投射光学系であって、
前記生成された画像光が入射する位置に基準軸を基準として構成され、全体で正の屈折力を有するレンズ系と、

前記基準軸を基準として構成され、前記レンズ系から出射された前記画像光を被投射物に向けて反射する凹面反射面と

を具備し、

前記基準軸からの光線高さを h 、

前記光線高さ h に応じた前記凹面反射面の形状を表す関数 $Z(h)$ の接線の、光軸高さ方向に対する角度を $\theta(h)$ 、

前記光線高さ h における前記角度 $\theta(h)$ の変化量を $\theta'(h)$ 、

前記画像光を反射する前記凹面反射面の前記基準軸から最も離れた反射点の光線高さ h を h_{max} とすると、

$0 < \left| \frac{\theta'(h_{max}) - \theta'(0.9 \cdot h_{max})}{\theta(h_{max})} \right| < 0.056$

の関係を満たすように構成されている

投射光学系。

【符号の説明】

【0124】

C E ... 縁部側光線

C 1 ~ C 3 ... 画素光

F 5 ... 最終レンズ面

L 1 ... 第1の屈折光学系

L 2 ... 第2の屈折光学系

L L 1 ... 第1の光学系

L L 2 ... 第2の光学系

M r 1 ... 第1の反射面

M r 2 ... 第2の反射面

M r 3 ... 凹面反射面

10

20

30

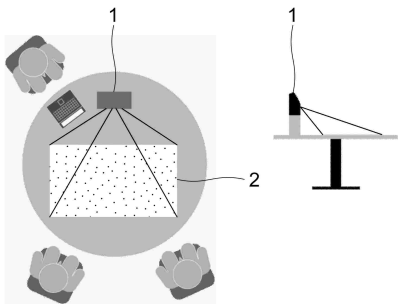
40

50

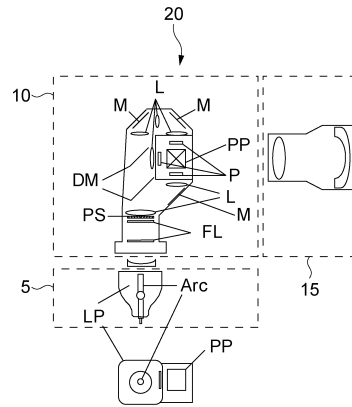
- O ... 光軸
- S' ... 平面スクリーン
- 1 ... 液晶プロジェクタ
- 5 ... 光源
- 10 ... 照明光学系
- 15、215、315、415 ... 投射光学系
- 20、520、620 ... 画像表示装置
- 30、S ... 曲面スクリーン
- 35 ... 集光位置
- 36 ... 前側焦点位置
- 37 ... 縁部側入射領域
- 38 ... 平行光線
- 40 ... 中間光線
- 41 ... 中間入射位置
- 100、500、600 ... 画像表示システム

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

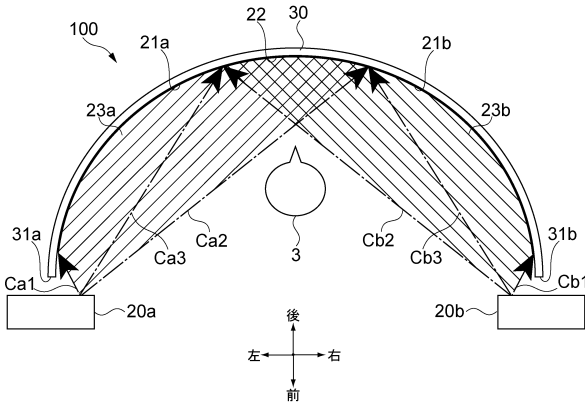
20

30

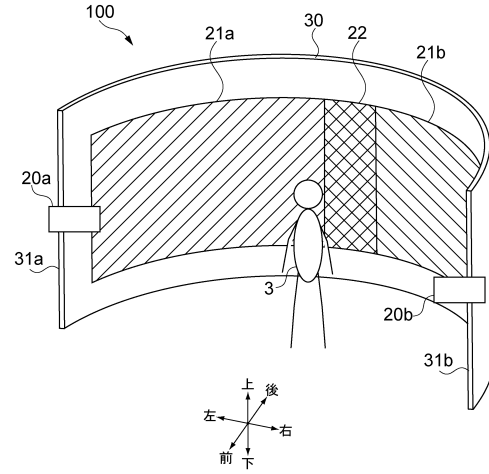
40

50

【図3】

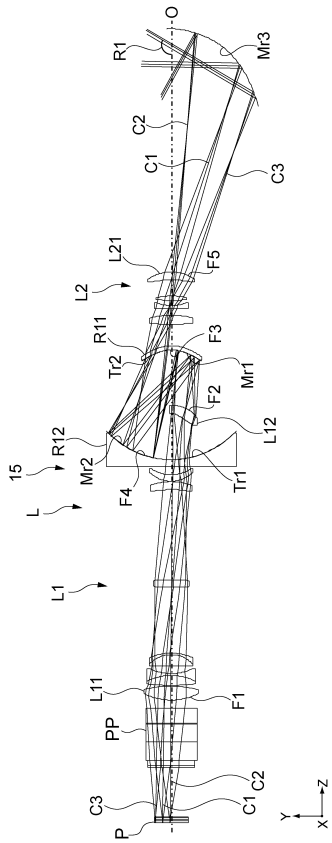


【図4】

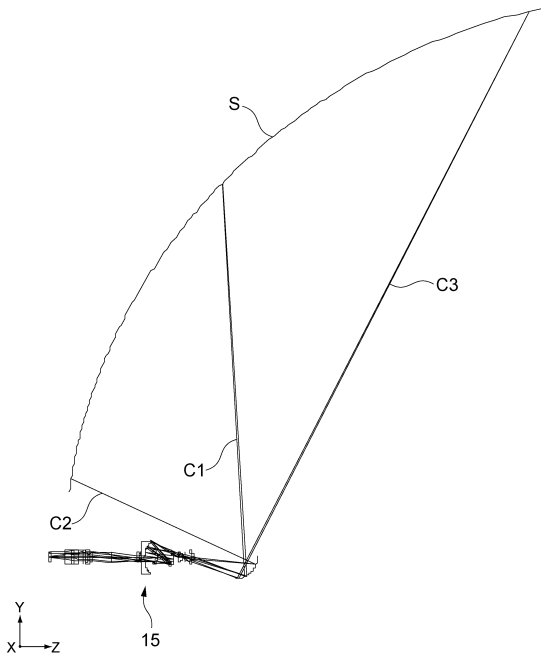


10

【図5】



【図6】



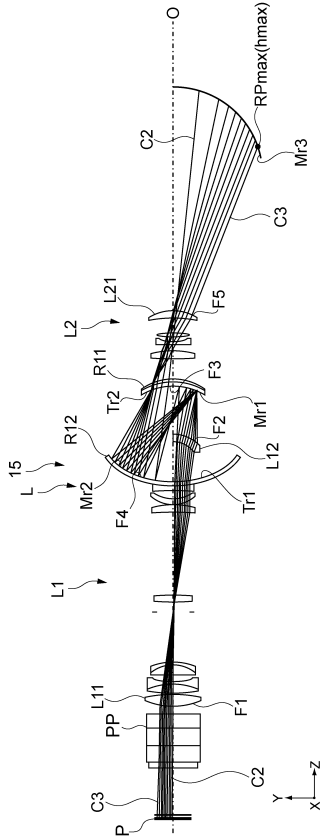
20

30

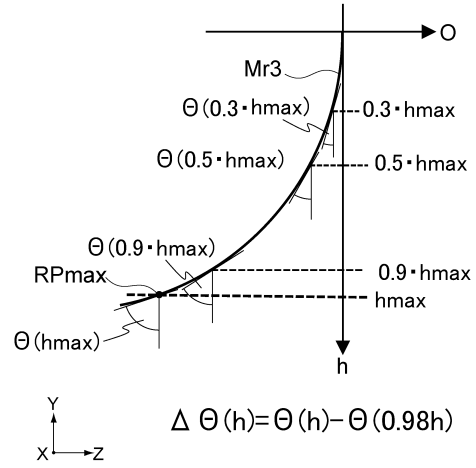
40

50

【図 7】



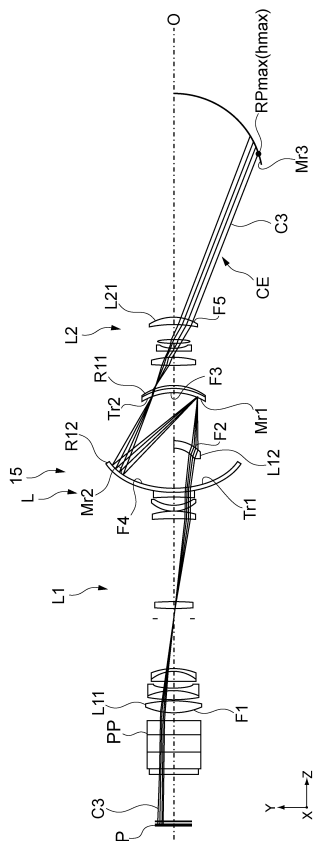
【図 8】



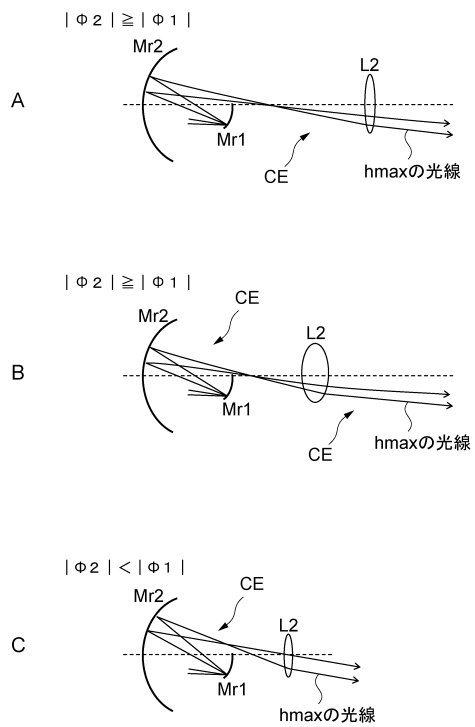
10

20

【図 9】



【図 10】

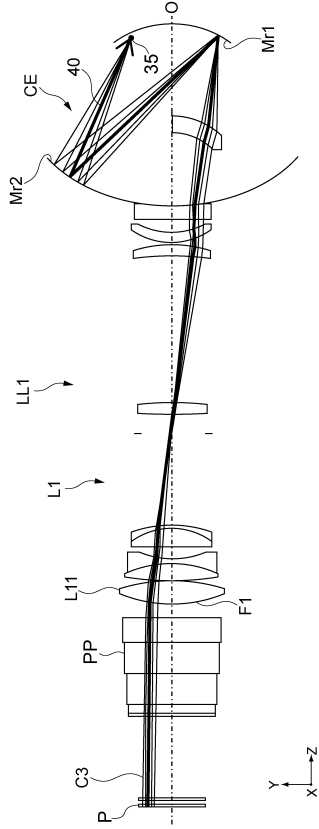


30

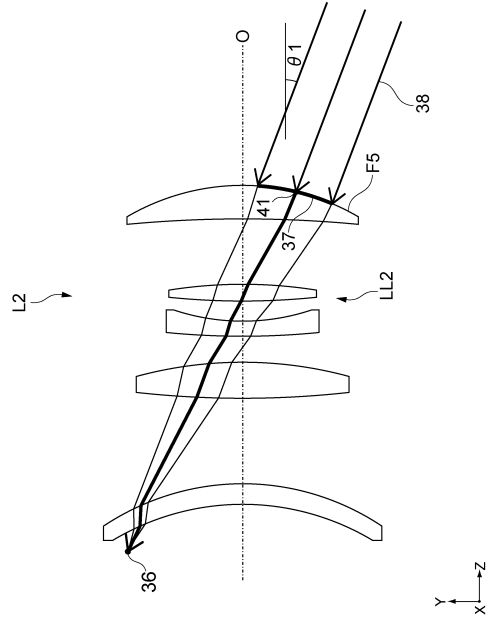
40

50

【図 1 1】



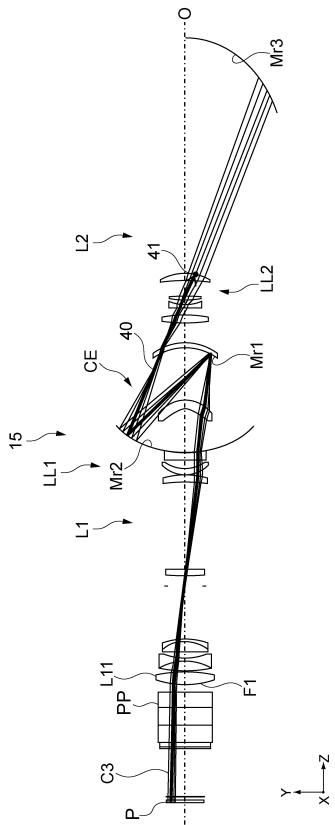
【図 1 2】



10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

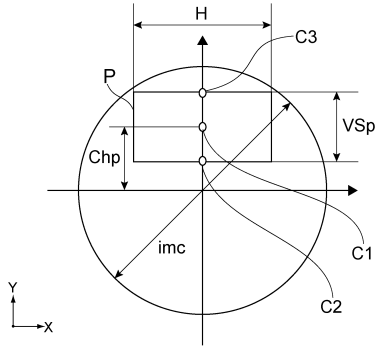
NA	0.172
画像変調素子(HxVSp)	15.6 x 8.7
画像変調素子中心位置(Chp)	5.6
1次像面側 イメージサークル(imc)	26.3

30

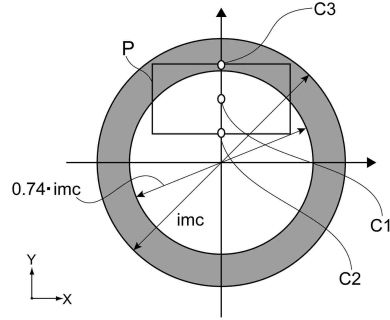
40

50

【 15 】



【 16 】



10

【 17 】

	Curvature radius	thickness	nd	vd
P	∞	38.6		64
1	∞	46.4	1.517	25
2	∞	5.84		
F1 3	59.8	10.0	1.808	23
4	-96.0	0.52		
5	147.9	7.7	1.593	67
6	-44.9	1.6	1.805	25
7	44.86	5.4		
8	-531.22	8.4	1.593	67
9	-26.2	1.4	1.805	25
10	-48	49.2		
11	172.82	4.9	1.808	23
12	-359.20	67.5		
13	-111.6	5.8	1.548	46
14	-54.5	0.3		
15	25.0	5.0	1.517	64
16	33.3	6.2		
17	-407.1	5.2	1.847	24
18	78.3	34.7		
19	* -7.4	5.5	1.583	59
F2 20	* -31.4	41.1		
Mr1 21	* -28.9	-81.3	refl	
Mr2 22	78.3	81.3	refl	
23	* -28.9	3.7	1.583	59
24	* -35.0	15.6		
25	178.4	6.7	1.648	34
26	-71.4	4.9		
27	274.9	2.5	1.847	24
28	32.1	3.6		
29	105.3	3.4	1.593	67
30	-70.9	11.9		
31	-118.8	5.9	1.593	67
F5 32	-36.2	181.5		
Mr3 33	* -30.6	-545.2	refl	
S	1800.0	0.0		

*... 非球面 (Aspherical surface)

【 18 】

S19					
K:	-1.93E+00	A2:	0	A3:	-8.71E-04
A4:	6.95E-04	A5:	-1.11E-04	A6:	8.30E-06
A7:	-1.93E-07	A8:	-1.36E-08	A9:	8.74E-10
A10:	4.34E-12	A11:	-1.44E-12	A12:	2.97E-14
S20					
K:	0	A2:	0	A3:	0
A4:	2.61E-06	A5:	0	A6:	-2.22E-08
S21					
K:	-1.65E+00	A2:	0	A3:	0.00E+00
A4:	1.25E-05	A5:	0	A6:	-2.85E-08
A7:	0	A8:	3.27E-11	A9:	0
A10:	-1.47E-14	A11:	0	A12:	0
S23					
K:	-1.65E+00	A2:	0	A3:	0
A4:	1.25E-05	A5:	0	A6:	-2.85E-08
A7:	0	A8:	3.27E-11	A9:	0
A10:	-1.47E-14	A11:	0	A12:	0
S24					
K:	4.13E-01	A2:	0	A3:	0
A4:	3.45E-07	A5:	0	A6:	2.59E-08
A7:	0	A8:	-4.31E-11	A9:	0
A10:	3.35E-14	A11:		A12:	0
S33					
K:	-8.53E-01	A2:	0	A3:	7.33E-04
A4:	-2.19E-05	A5:	1.83E-07	A6:	6.75E-09
A7:	-1.82E-10	A8:	8.12E-13	A9:	1.32E-14
A10:	5.97E-17	A11:	-3.98E-18	A12:	2.45E-20

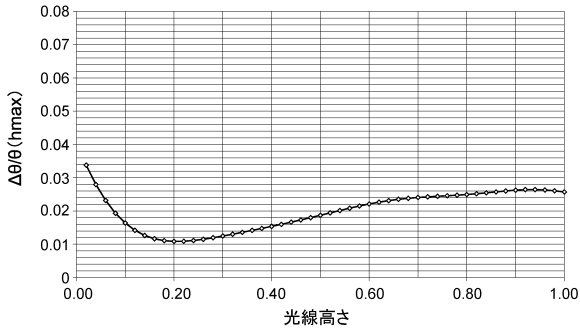
20

30

40

50

【図 19】

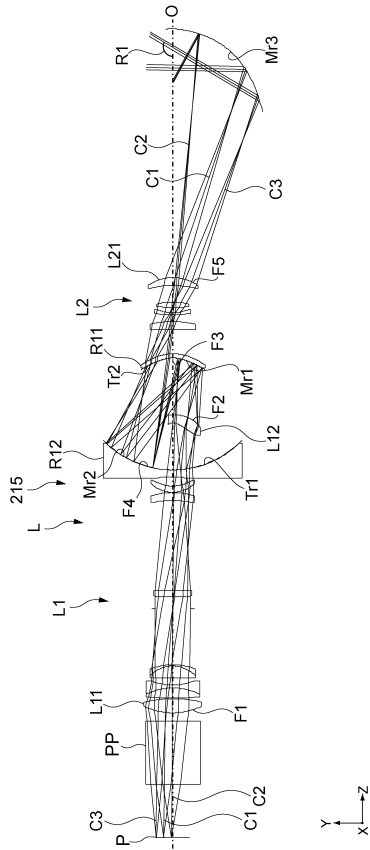


【図 20】

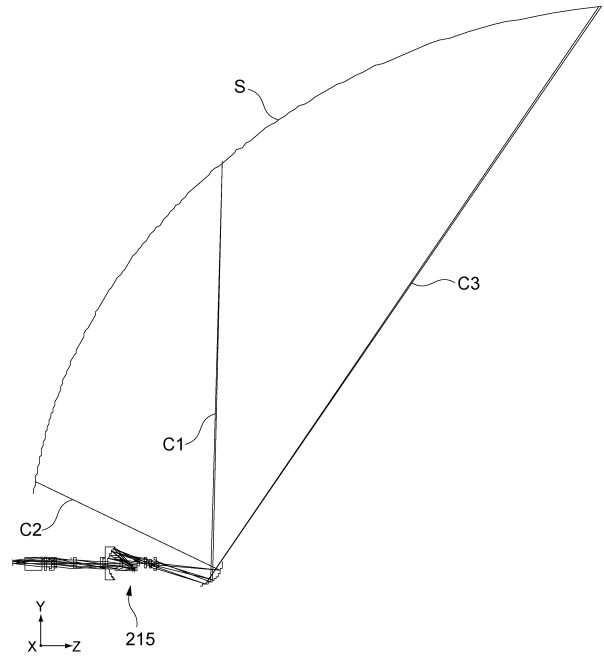
$ \Delta\theta(h_{max}) - \Delta\theta(0.9 \cdot h_{max}) / \theta(h_{max})$	0.001
$ \Phi1/\Phi2 $	0.370
$ A + B / C$	1.004

10

【図 21】



【図 22】



20

30

40

50

【 図 2 3 】

	Curvature radius	thickness	nd	vd	
P	∞	38.6		64	
1	∞	46.4	1.517	25	
2	∞	6.30			
F1 3	60.3	9.9	1.808	23	
4	-95.2	0.30			
5	145.1	7.8	1.593	67	
6	-44.9	1.6	1.805	25	
7	44.94	5.7			
8	-634.72	8.4	1.593	67	
9	-26.5	1.4	1.805	25	
10	-49	49.2			
L1 11	179.79	4.9	1.808	23	
12	-332.09	65.6			
13	-117.9	5.8	1.548	46	
14	-55.2	0.3			
15	24.9	4.8	1.517	64	
16	32.9	6.1			
17	-329.9	5.7	1.847	24	
18	78.3	33.9			
19	*	-8.1	6.2	1.583	59
F2 20	*	-31.0	41.3		
Mr1 21	*	-27.9	-81.3	refl	
Mr2 22		78.3	81.3	refl	
23	*	-27.9	3.7	1.583	59
24	*	-35.2	16.8		
25		146.7	6.8	1.648	34
26		-71.5	4.8		
L2 27		278.3	1.5	1.847	24
28		31.7	3.5		
29		85.4	3.8	1.593	67
30		-70.9	12.1		
31		-104.4	6.0	1.593	67
F5 32		-36.8	182.1		
Mr3 33	*	-29.2	-545.2	refl	
S		1800.0	0.0		

* ... 非球面 (Aspherical surface)

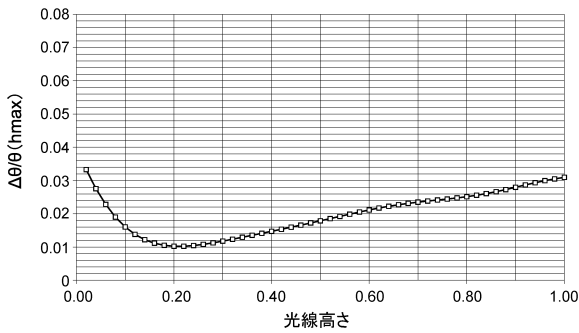
【 図 2 4 】

S19					
K:	-1.90E+00	A2:	0	A3:	-9.51E-04
A4:	7.03E-04	A5:	-1.11E-04	A6:	8.29E-06
A7:	-1.93E-07	A8:	-1.36E-08	A9:	8.73E-10
A10:	4.36E-12	A11:	-1.44E-12	A12:	2.96E-14
S20					
K:	0	A2:	0	A3:	0
A4:	4.10E-06	A5:	0	A6:	-2.36E-08
S21					
K:	-1.80E+00	A2:	0	A3:	0.00E+00
A4:	1.38E-05	A5:	0	A6:	-3.22E-08
A7:	0	A8:	3.75E-11	A9:	0
A10:	-1.69E-14	A11:	0	A12:	0
S23					
K:	-1.80E+00	A2:	0	A3:	0
A4:	1.38E-05	A5:	0	A6:	-3.22E-08
A7:	0	A8:	3.75E-11	A9:	0
A10:	-1.69E-14	A11:	0	A12:	0
S24					
K:	4.14E-01	A2:	0	A3:	0
A4:	-1.56E-07	A5:	0	A6:	2.85E-08
A7:	0	A8:	-4.84E-11	A9:	0
A10:	3.64E-14	A11:	0	A12:	0
S33					
K:	-8.49E-01	A2:	0	A3:	7.83E-04
A4:	-2.31E-05	A5:	1.87E-07	A6:	6.99E-09
A7:	-1.81E-10	A8:	7.60E-13	A9:	1.28E-14
A10:	6.74E-17	A11:	-3.84E-18	A12:	2.28E-20

10

20

【 図 2 5 】



【 図 2 6 】

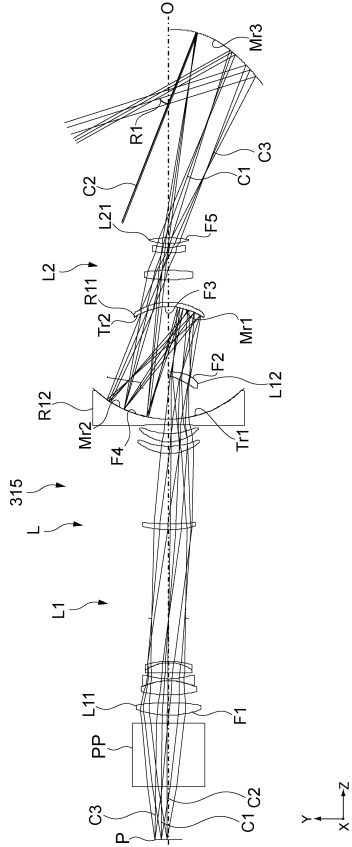
$ \Delta\theta(h_{max}) - \Delta\theta(0.9 \cdot h_{max}) / \theta(h_{max})$	0.003
$ \Phi1/\Phi2 $	0.356
$ A + B / C$	1.003

30

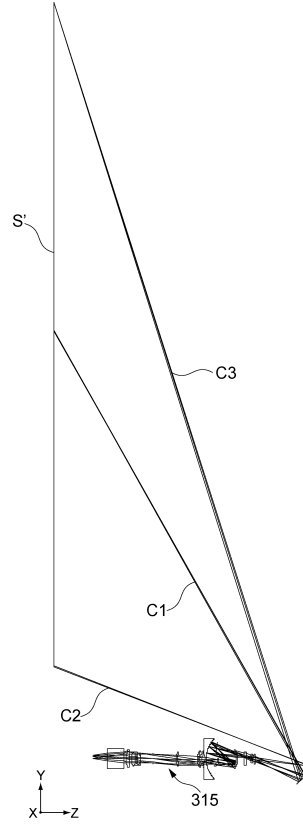
40

50

【図 27】



【図 28】



【図 29】

NA	0.172
画像変調素子(HxVSp)	16.6 x 8.3
画像変調素子中心位置(Chp)	5.6
1次像面側 イメージサークル(imc)	26.3

【図 30】

	Curvature radius	thickness	nd	vd	
P	∞	38.6		64	
1	∞	46.4	1.517	25	
2	∞	5.64			
F1 3	68.2	9.3	1.808	23	
4	-134.3	5.50			
5	90.9	10.1	1.593	67	
6	-49.5	1.5	1.805	25	
7	49.54	4.2			
8	510.53	7.5	1.593	67	
9	-30.9	1.2	1.805	25	
10	-58	95.8			
11	71.74	4.3	1.808	23	
12	161.86	51.4			
13	35.8	5.1	1.487	70	
14	47.0	3.4			
15	30.1	6.1	1.487	70	
16	47.3	6.5			
17	-454.7	4.0	1.847	24	
18	78.5	31.3			
19	*	-7.1	2.9	1.583	59
F2 20	*	-80.4	47.8		
Mr1 21	*	-35.7	-82.0	refl	
Mr2 22		78.5	82.0	refl	
23	*	-35.7	3.0	1.583	59
24	*	-49.8	16.5		
25		90.1	7.0		34
26		-117.7	13.2		
27		162.7	3.5	1.517	25
28		45.1	2.9		
29		53.1	4.0	1.847	24
F5 30		-90.1	152.0		
Mr3 31	*	-97.8	-694.7	refl	
S		∞	0.0		

* ... 非球面 (Aspherical surface)

10

20

30

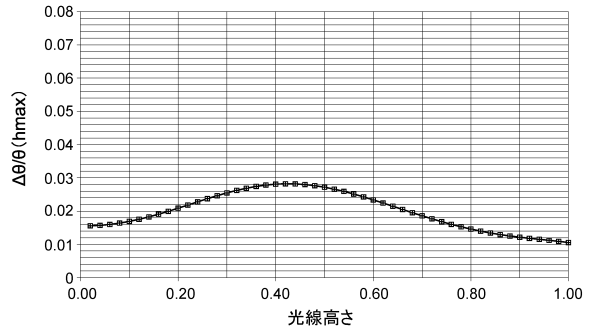
40

50

【 図 3 1 】

S19					
K:	-2.28E+00	A2:	0	A3:	9.94E-04
A4:	4.18E-04	A5:	-9.16E-05	A6:	7.38E-06
A7:	-1.69E-07	A8:	-1.30E-08	A9:	8.09E-10
A10:	2.66E-12	A11:	-1.15E-12	A12:	2.27E-14
S20					
K:	0	A2:	0	A3:	0
A4:	-3.23E-05	A5:	0	A6:	1.72E-08
S21					
K:	-7.32E+00	A2:	0	A3:	0
A4:	-7.42E-06	A5:	0	A6:	6.54E-09
A7:	0	A8:	-4.91E-12	A9:	0
A10:	1.93E-15	A11:	0	A12:	0
S23					
K:	-7.32E+00	A2:	0	A3:	0
A4:	-7.42E-06	A5:	0	A6:	6.54E-09
A7:	0	A8:	-4.91E-12	A9:	0
A10:	1.93E-15	A11:	0	A12:	0
S24					
K:	2.75E+00	A2:	0	A3:	0
A4:	-5.47E-06	A5:	0	A6:	2.93E-08
A7:	0	A8:	-4.60E-11	A9:	0
A10:	4.37E-14	A11:	0	A12:	0
S31					
K:	-8.36E-01	A2:	0	A3:	0
A4:	-1.98E-06	A5:	0	A6:	4.70E-10
A7:	0	A8:	-5.52E-14	A9:	0
A10:	2.60E-18	A11:	0	A12:	0

【 図 3 2 】

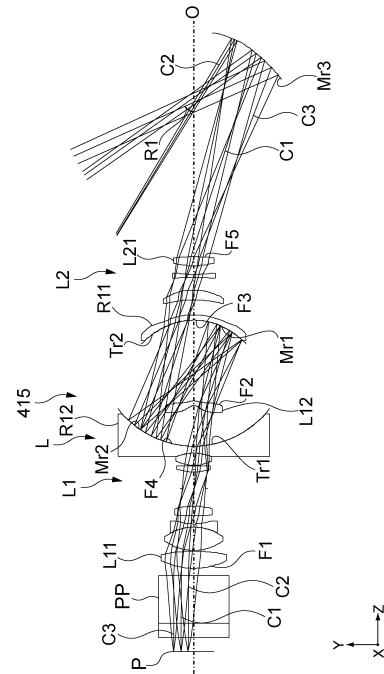


10

【 図 3 3 】

$ \Delta\theta(h_{max}) - \Delta\theta(0.9 \cdot h_{max}) / \theta(h_{max})$	0.002
$ \Phi_1/\Phi_2 $	0.455
$ A + B / C$	0.972

【 図 3 4 】

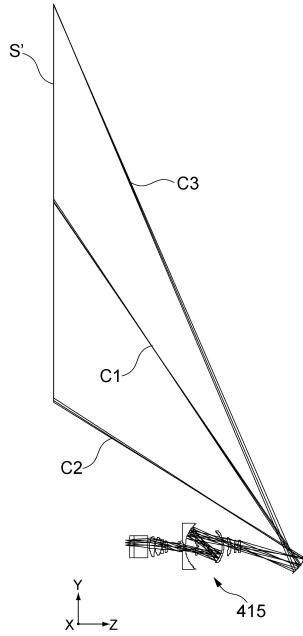


30

40

50

【 図 3 5 】



【 図 3 6 】

NA	0.207
画像変調素子(HxVSp)	8.2 x 4.6
画像変調素子中心位置(Chp)	4.0
1次像面側 イメージサークル(imc)	7.8

10

【 図 3 7 】

	Curvature radius	thickness	nd	vd	
P	∞	4.1			
1	∞	4.0	1.517	64	
2	∞	13.8	1.805	25	
3	∞	2.00			
F1 4	23.7	5.0	1.755	28	
5	-47.0	0.20			
6	16.4	6.7	1.593	67	
7	-16.4	0.9	1.847	24	
8	16.38	2.4			
9	75.54	2.8	1.593	67	
10	-22.1	10.0			
11	21	1.7	1.808	23	
12	130.66	0.2			
13	12.87	3.5	1.648	34	
14	-15.0	2.0	1.847	24	
15	30.9	11.8			
16	*	-3.2	1.3	1.522	56
F2 17	*	2.5	23.3		
Mr1 18	*	-21.6	-36.4	refl	
Mr2 19		30.9	36.4	refl	
20	*	-21.6	1.5	1.583	59
21	*	-27.9	4.2		
22		-37.4	2.9	1.67003	47
23		-17.6	3.7		
24		-73.7	0.8	1.847	24
25		41.6	2.7		
26		25.0	2.6	1.593	67
F5 27		-53.4	65.0		
Mr3 28	*	-22.5	-200.5	refl	
S		∞	0.0		

* ... 非球面 (Aspherical surface)

【 図 3 8 】

S16					
K:	-1.27E+00	A2:	-4.01E-01	A3:	2.53E-01
A4:	-5.71E-02	A5:	5.47E-03	A6:	2.05E-04
A7:	-7.78E-05	A8:	-3.21E-07	A9:	8.69E-07
A10:	6.16E-09	A11:	-1.04E-08	A12:	5.38E-10
S17					
K:	-4.35E+00	A2:	-5.68E-01	A3:	0
A4:	-6.33E-02	A5:	8.39E-03	A6:	-4.66E-04
A7:	-1.66E-06	A8:	-3.64E-06	A9:	1.14E-06
A10:	-9.91E-08	A11:	2.53E-09	A12:	2.69E-11
S18					
K:	-2.70E+00	A2:	0	A3:	-1.53E-03
A4:	4.15E-04	A5:	-6.45E-05	A6:	5.57E-06
A7:	-2.79E-07	A8:	7.13E-09	A9:	-4.70E-11
A10:	-9.57E-13	A11:	0	A12:	0
S20					
K:	-2.70E+00	A2:	0	A3:	-1.53E-03
A4:	4.15E-04	A5:	-6.45E-05	A6:	5.57E-06
A7:	-2.79E-07	A8:	7.13E-09	A9:	-4.70E-11
A10:	-9.57E-13	A11:	0	A12:	0
S21					
K:	0	A2:	0	A3:	-2.79E-03
A4:	5.45E-04	A5:	-5.27E-05	A6:	2.01E-06
A7:	1.79E-07	A8:	-1.75E-08	A9:	-2.05E-09
A10:	4.78E-10	A11:	-3.22E-11	A12:	7.29E-13
S27					
K:	-4.76E+00	A2:	0	A3:	2.12E-03
A4:	-2.39E-04	A5:	0	A6:	-4.72E-09
A7:	-3.37E-09	A8:	-2.52E-11	A9:	2.79E-12
A10:	7.57E-15	A11:	-1.86E-15	A12:	2.39E-17

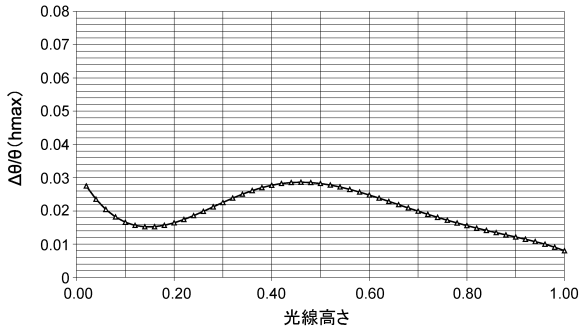
20

30

40

50

【 図 3 9 】

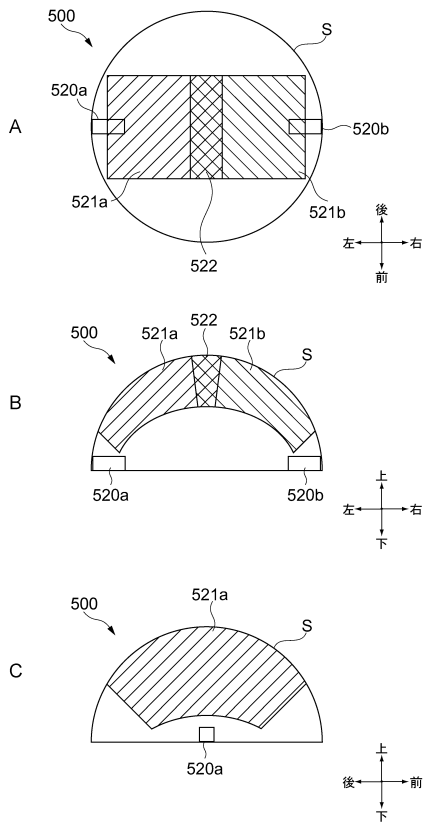


【 図 4 0 】

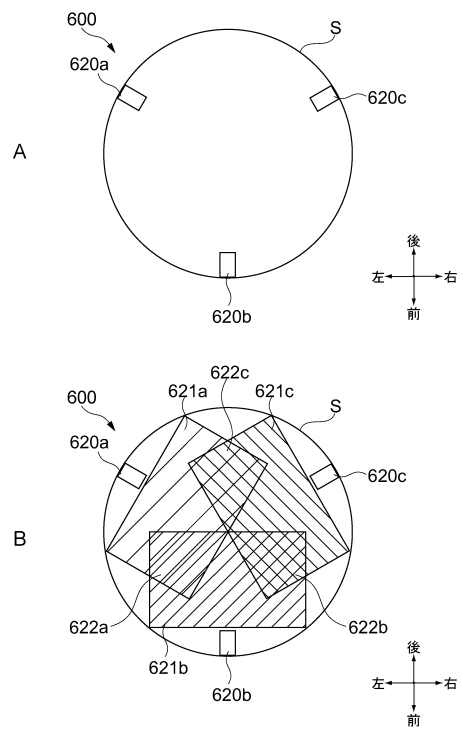
$ \Delta\theta(h_{max}) - \Delta\theta(0.9 \cdot h_{max}) / \theta(h_{max})$	0.004
$ \Phi 1 / \Phi 2 $	0.701
$ A + B / C$	1.0388

10

【 図 4 1 】



【 図 4 2 】



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

F I

H 0 4 N 5/74

C

G 0 2 B 13/18

(56)参考文献

国際公開第 2 0 1 9 / 0 1 2 7 9 5 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 2 0 / 0 0 4 0 9 9 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 8 / 1 1 7 2 1 0 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 8 / 0 4 2 8 6 5 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 7 / 1 8 8 4 4 9 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 6 / 0 6 8 2 6 9 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 6 / 0 1 7 4 3 4 (W O , A 1)
 特開 2 0 1 5 - 3 1 9 1 2 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 4 / 1 0 3 3 2 4 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 0 9 / 1 0 7 7 4 4 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 0 6 / 0 4 3 6 6 6 (W O , A 1)
 米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 0 0 2 8 0 2 (U S , A 1)
 米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 2 6 7 6 8 7 (U S , A 1)
 国際公開第 2 0 1 9 / 2 1 6 0 1 7 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 9 / 1 4 6 4 2 5 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8
 G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4
 G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4
 G 0 3 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 3 0
 G 0 3 B 3 3 / 0 0 - 3 3 / 1 6
 H 0 4 N 5 / 6 6 - 5 / 7 4