

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-138490

(P2017-138490A)

(43) 公開日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 13/08 (2006.01)	GO2B 13/08	2H087
GO2B 13/18 (2006.01)	GO2B 13/18	2K203
GO2B 13/00 (2006.01)	GO2B 13/00	
GO2B 15/02 (2006.01)	GO2B 15/02	
GO2B 13/16 (2006.01)	GO2B 13/16	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-19525 (P2016-19525)
 (22) 出願日 平成28年2月4日 (2016.2.4)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (72) 発明者 坂田 秀文
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

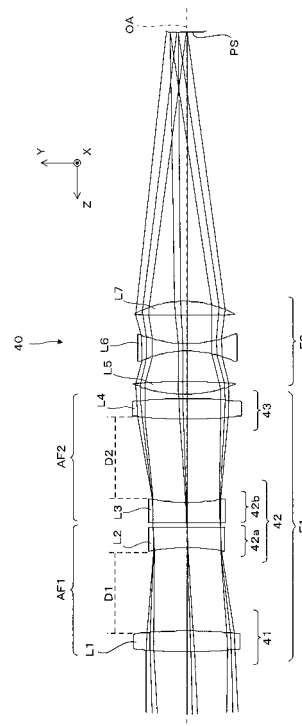
(54) 【発明の名称】 投射光学系、プロジェクター及びプロジェクター用コンバージョンレンズ

(57) 【要約】

【課題】 種々の形状の被照射面に対して画像投射を行う場合において、被照射面の面形状に応じた調整を可能とし、結像性能の高い良好な画像形成を可能にする投射光学系、投射光学系を用いたプロジェクター及びプロジェクター用コンバージョンレンズを提供すること。

【解決手段】 正負の異なるアナモフィック型のレンズを組み合わせて構成され、かつ、これらのレンズ間距離を変化させることが可能な第1～第3レンズ群41～43が協働することで、子午面に関する方向と球欠面に関する方向とについて、像面湾曲をそれぞれ変化させる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

子午面と球欠面で曲率の異なるアナモフィック型のレンズで構成されるレンズ群を含む
投射光学系であって、

正又は負のパワーを有する第 1 レンズ群と、

前記第 1 レンズ群と符号が異なるパワーを有する第 2 レンズ群と、

前記第 1 レンズ群と符号が一致したパワーを有する第 3 レンズ群と

を備え、

前記第 2 レンズ群は、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間に移動可能に配置され
ている、投射光学系。

10

【請求項 2】

前記第 2 レンズ群は、一体的に移動可能である、請求項 1 に記載の投射光学系。

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群に対する前記第 3 レンズ群の配置は、固定されている、請求項 1 及び
2 のいずれか一項に記載の投射光学系。

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群は、前記第 1 レンズ群と対になり第 1 アフォーカル光学系を構成する
第 2 - 1 レンズ群と、前記第 3 レンズ群と対になり第 2 アフォーカル光学系を構成する第
2 - 2 レンズ群とで構成される、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の投射光学系。

20

【請求項 5】

前記第 1 アフォーカル光学系と前記第 2 アフォーカル光学系とは、同一形状のレンズの
組み合わせで構成されている、請求項 4 に記載の投射光学系。

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群は、1つのレンズで構成される、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載
の投射光学系。

【請求項 7】

前記アナモフィック型のレンズとして、トーリックレンズを含む、請求項 1 ~ 6 のい
ずれか一項に記載の投射光学系。

【請求項 8】

前記アナモフィック型のレンズとして、非球面レンズを含む、請求項 1 ~ 7 のい
ずれか一項に記載の投射光学系。

30

【請求項 9】

前記アナモフィック型のレンズにおいて、子午面が光軸に対して回転可能である、請求
項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の投射光学系。

【請求項 10】

前記第 1 ~ 第 3 レンズ群の物体側に結像光学系を有する、請求項 1 ~ 9 のい
ずれか一項に記載の投射光学系。

【請求項 11】

光を射出する照明光学系と、

前記照明光学系から射出した光を変調する光変調装置と、

前記光変調装置で変調された光を投影する請求項 1 から 10 までのいずれか一項に記載
の投射光学系と

40

を備えるプロジェクター。

【請求項 12】

子午面と球欠面で曲率の異なるアナモフィック型のレンズで構成されるレンズ群を含む
プロジェクター用コンバージョンレンズであって、

正又は負のパワーを有する第 1 レンズ群と、

前記第 1 レンズ群と符号が異なるパワーを有する第 2 レンズ群と、

前記第 1 レンズ群と符号が一致したパワーを有する第 3 レンズ群と

を備え、

50

前記第2レンズ群は、前記第1レンズ群と前記第3レンズ群との間に移動可能に配置されている、プロジェクター用コンバージョンレンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像表示装置の画像を拡大投影するための投射光学系、投射光学系を用いたプロジェクター及びプロジェクター用コンバージョンレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

プロジェクターとして、平面以外の曲面に対して画像投射を行うために、レンズの位置を変えて像面の曲率を変化させる投射光学系が知られている（例えば、特許文献1参照）。また、プロジェクターの本体内部を構成する光学系として形状可変ミラーや回転対称でない形状を有するレンズを設けることで、スクリーンに投影される画像の幾何補正をするプロジェクターが知られている（例えば、特許文献2参照）。

10

【0003】

しかしながら、例えば円柱の表面のように、投射光学系の光軸に対して回転対称性を有しない形状のスクリーンに投射を行う場合には、例えば結像位置がスクリーンの垂直方向と水平方向とで異なっているため、画像の位置によって結像状態が異なり画像全体としては必ずしも高い結像性能を得られるとは限らなかった。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2013/80953号

【特許文献2】特開2006-178155号公報

【発明の概要】

【0005】

本発明は、上記背景に鑑みてなされたものであり、回転対称性を有しない形状といった種々の形状の被照射面（例えば、スクリーン等。以下、単にスクリーンとも記載する。）に対して画像投射を行う場合において、被照射面の面形状に応じた調整を可能とし、結像性能の高い良好な画像形成を可能にする投射光学系、投射光学系を用いたプロジェクター及びプロジェクター用コンバージョンレンズを提供することを目的とする。

30

【0006】

上記目的を達成するため、本発明に係る投射光学系は、子午面と球欠面（球欠断面）で曲率の異なるアナモフィック型のレンズで構成されるレンズ群を含む投射光学系であって、正又は負のパワーを有する第1レンズ群と、第1レンズ群と符号が異なるパワーを有する第2レンズ群と、第1レンズ群と符号が一致したパワーを有する第3レンズ群とを備え、第2レンズ群は、第1レンズ群と第3レンズ群との間に移動可能に配置されている。ここで、子午面とは、投射光学系の光軸と光軸外の物点とを通る面（あるいは含む面）を意味し、典型的には光軸を通り被照射面のスクリーンの縦方向（垂直方向）に沿った面を意味し、球欠面（球欠断面）とは、上記の子午面に垂直な面で、典型的には、さらに投射光学系の光軸を通る面（あるいは含む面）を意味するものとする。アナモフィック型のレンズには、子午面の方向と球欠面の方向との双方にパワーを有して双方のパワーの正負が同じで大きさが異なるトーリックレンズのほか、一方向についてのみパワーを有するシリンダリカルレンズも含み得るものとする。

40

【0007】

上記画像表示装置では、正負の異なるアナモフィック型のレンズを組み合わせて構成され、かつ、これらのレンズ間距離を変化させることが可能な第1～第3レンズ群が協働することで、子午面に関する方向と球欠面に関する方向とについて、像面湾曲をそれぞれ変化させることができる。これにより、例えば垂直方向と水平方向とで異なる曲率形状を有している被照射面（スクリーン）への投射において、表示画像全体において高い結像性能

50

を維持することが可能になる。

【0008】

本発明の具体的な側面によれば、第2レンズ群は、一体的に移動可能である。この場合、第1～第3レンズ群を通過するに際して、光線束の大きさや光の入射角度を変化させることなく所望の像面湾曲の変化を生じさせることができる。

【0009】

本発明の別の側面によれば、第1レンズ群に対する第3レンズ群の配置は、固定されている。この場合、中間に位置する第2レンズ群の移動量により各レンズ間の距離を調整できる。

【0010】

本発明のさらに別の側面によれば、第2レンズ群は、第1レンズ群と対になり第1アフォーカル光学系を構成する第2-1レンズ群と、第3レンズ群と対になり第2アフォーカル光学系を構成する第2-2レンズ群とで構成される。この場合、2つのアフォーカル光学系を組み合わせた構成となることで、例えば画像のアスペクト比が変化することを抑えられる。

【0011】

本発明のさらに別の側面によれば、第1アフォーカル光学系と第2アフォーカル光学系とは、同一のレンズ群で構成される。この場合、第2レンズ群は、1つのレンズで構成される。この場合、光学系の対称性により、光線束の大きさや光の入射角度、画像のアスペクト比等について意図しない変化が生じることを低減できる。

【0012】

本発明のさらに別の側面によれば、アナモフィック型のレンズとして、トーリックレンズを含む。この場合、湾曲量を子午面に関する方向と球欠面に関する方向とで異なるようにできる。

【0013】

本発明のさらに別の側面によれば、アナモフィック型のレンズとして、非球面レンズを含む。この場合、非球面レンズを利用することで、例えば像面湾曲の変化の影響を大きくさせつつ、他の収差の発生を抑えることができる。

【0014】

本発明のさらに別の側面によれば、アナモフィック型のレンズにおいて、子午面が光軸に対して回転可能である。この場合、像面の湾曲方向を回転させることができる。

【0015】

本発明のさらに別の側面によれば、第1～第3レンズ群の物体側に結像光学系を有する。この場合、結像光学系により物体側における結像性能を高めることができる。

【0016】

上記目的を達成するため、本発明に係るプロジェクターは、光を射出する照明光学系と、照明光学系から射出した光を変調する光変調装置と、光変調装置で変調された光を投影する上記いずれかに記載の投射光学系とを備える。この場合、上記投射光学系を適用することで、種々の形状の被照射面に対して画像投射を行う場合に、被照射面の面形状に応じた調整を可能であり、結像性能の高い良好な画像形成が可能になる。

【0017】

上記目的を達成するため、本発明に係るプロジェクター用コンバージョンレンズは、子午面と球欠面で曲率の異なるアナモフィック型のレンズで構成されるレンズ群を含むプロジェクター用コンバージョンレンズであって、正又は負のパワーを有する第1レンズ群と、第1レンズ群と符号が異なるパワーを有する第2レンズ群と、第1レンズ群と符号が一致したパワーを有する第3レンズ群とを備え、第2レンズ群は、第1レンズ群と第3レンズ群との間に移動可能に配置されている。

【0018】

上記プロジェクター用コンバージョンレンズ(コンバーター)では、正負の異なるアナモフィック型のレンズを組み合わせて構成され、かつ、これらのレンズ間距離を変化させ

10

20

30

40

50

ることが可能な第 1 ~ 第 3 レンズ群が協働することで、子午面に関する方向と球欠面に関する方向とについて、像面湾曲をそれぞれ変化させることができる。これにより、例えばプロジェクターの投射光学系に当該コンバージョンレンズを取り付けることで、垂直方向と水平方向とで異なる曲率形状を有している被照射面への投射において、被照射面の面形状に応じた調整を可能とし、高い結像性能を維持することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図 1】第 1 実施形態のプロジェクターの概略構成を示す図である。

【図 2】プロジェクターによるスクリーンへの投射を概念的に示す図である。

【図 3】第 1 実施形態の投射光学系の構成及び光線を示す図である。

10

【図 4】(A) は、像面湾曲させた場合の一例を説明するための図であり、(B) は、略平面となるようにさせた場合の一例を説明するための図であり、(C) は、(A) と反対側に像面湾曲させた場合の一例を説明するための図である。

【図 5】(A) ~ (F) は、被照射面であるスクリーンの形状について概念的に例示するための図である。

【図 6】(A) は、第 2 実施形態の投射光学系の構成及び光線を示す図であり、像面湾曲させた場合の一例を説明するための図であり、(B) は、略平面となるようにさせた場合の一例を説明するための図であり、(C) は、(A) と反対側に像面湾曲させた場合の一例を説明するための図である。

【図 7】第 3 実施形態の投射光学系の構成および光線図である。

20

【図 8】(A) は、投射光学系の一変形例を示す図であり、(B) は、プロジェクター用コンバージョンレンズを取り付けた状態を示す概念的な図であり、(C) は、プロジェクター用コンバージョンレンズを取り外した状態を示す概念的な図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

〔第 1 実施形態〕

以下に図面を参照して、本発明の第 1 実施形態に係る画像表示装置を組み込んだプロジェクターについて詳細に説明する。

【0021】

図 1 及び図 2 に示すように、本発明の第 1 実施形態に係るプロジェクター 2 は、プロジェクター 2 として画像光を投射する光学系部分 50 と、光学系部分 50 の動作を制御する回路装置 80 とを備える。図 2 に示すように、プロジェクター 2 からの映像光 GL は、被照射面であるスクリーン SC に照射される。ここでは、図示のように、平面の状態の仮のスクリーン SC1 に比べ被照射面であるスクリーン SC は、湾曲している。

30

【0022】

以下、図 1 を参照して、プロジェクター 2 の構成等について詳しく説明する。まず、光学系部分 50 は、照明光を射出する光源 10 を含み、各色光を射出する照明光学系 20 と、照明光を各色の色光に分離するとともに導光する色分離導光光学系 30 と、色分離導光光学系 30 から射出された各色光を空間的に変調する光変調装置 18 と、光変調装置 18 を経た色光（変調光）を合成する合成光学系であるクロスダイクロイックプリズム 19 と、合成された合成光を投影する投射光学系 40 とを備える。

40

【0023】

光学系部分 50 において、照明光学系 20 は、光源 10 のほか、第 1 インテグレーターレンズ 11 及び第 2 インテグレーターレンズ 12 と、偏光変換素子 13 と、重畳レンズ 14 とを有する。

【0024】

光源 10 は、例えば超高圧水銀ランプであって、R 光、G 光、及び B 光を含む光を射出する。ここで、光源 10 は、超高圧水銀ランプ以外の放電光源であってもよいし、LED やレーザーのような固体光源であってもよい。

【0025】

50

第1インテグレーターレンズ11及び第2インテグレーターレンズ12は、アレイ状に配列された複数のレンズ素子を有する。第1インテグレーターレンズ11は、光源10からの光束を複数に分割する。第1インテグレーターレンズ11の各レンズ素子は、光源10からの光束を第2インテグレーターレンズ12のレンズ素子近傍にて集光させる。第2インテグレーターレンズ12のレンズ素子は、重畳レンズ14と協働して、第1インテグレーターレンズ11のレンズ素子の像を液晶ライトバルブ18R、18G、18Bのパネル部分に形成する。このような構成により、光源10からの光が液晶ライトバルブ18R、18G、18Bの表示領域の全体を略均一な明るさで照明する。

【0026】

偏光変換素子13は、第2インテグレーターレンズ12からの光を所定の直線偏光に変換させる。重畳レンズ14は、第1インテグレーターレンズ11の各レンズ素子の像を、第2インテグレーターレンズ12を介して液晶ライトバルブ18R、18G、18Bの表示領域上で重畳させる。

10

【0027】

色分離導光光学系30は、ダイクロイックミラー15、21と、反射ミラー16、23、25と、リレーレンズ22、24と、フィールドレンズ17R、17G、17Bとを有する。

【0028】

第1ダイクロイックミラー15は、重畳レンズ14から入射したR光を反射させ、G光及びB光を透過させる。第1ダイクロイックミラー15で反射されたR光は、反射ミラー16及びフィールドレンズ17Rを経て、光変調装置である液晶ライトバルブ18Rへ入射する。液晶ライトバルブ18Rは、R光を画像信号に応じて変調することにより、R色の画像を形成する。

20

【0029】

第2ダイクロイックミラー21は、第1ダイクロイックミラー15からのG光を反射させ、B光を透過させる。第2ダイクロイックミラー21で反射されたG光は、フィールドレンズ17Gを経て、光変調装置である液晶ライトバルブ18Gへ入射する。液晶ライトバルブ18Gは、G光を画像信号に応じて変調することにより、G色の画像を形成する。第2ダイクロイックミラー21を透過したB光は、リレーレンズ22、24、反射ミラー23、25、及びフィールドレンズ17Bを経て、光変調装置である液晶ライトバルブ18Bへ入射する。液晶ライトバルブ18Bは、B光を画像信号に応じて変調することにより、B色の画像を形成する。

30

【0030】

光変調装置18である液晶ライトバルブ18R、18G、18Bは、3色(赤、緑、青)の色光にそれぞれ対応する3つの入射した照明光である各色光の強度の空間分布を変調する非発光型の液晶パネルを含む。言い換えると、各液晶ライトバルブ18G、18R、18Bは、光透過型の液晶画素マトリクス(液晶パネル)をそれぞれ備える。具体的には、液晶ライトバルブ18G、18R、18Bは、液晶画素マトリクスと、画素マトリクスの光入射側に設けられた入射側偏光板と、画素マトリクスの光射出側に設けられた射出側偏光板とをそれぞれ備える。以下、各液晶ライトバルブ18G、18R、18Bの制御動作について簡単に説明する。まず、プロジェクター制御部である回路装置80が、入力された画像信号から画像ライトバルブ制御信号に変換する。次に、変換された画像ライトバルブ制御信号により図示しないパネルドライバーが制御される。制御されたパネルドライバーにより駆動された3枚の液晶ライトバルブ18G、18R、18Bは、3色の色光をそれぞれ変調して、入力された画像情報(画像信号)に応じた画像を形成する。

40

【0031】

クロスダイクロイックプリズム19は、光合成用のプリズムであり、各液晶ライトバルブ18R、18G、18Bで変調された光を合成して画像光とし、投射光学系40へ進行させる。

【0032】

50

投射光学系40は、クロスダイクロイックプリズム19で合成された画像光(映像光)を被照射面である湾曲したスクリーンSC(図2参照)上に拡大投射する投射レンズ(投写レンズ)である。詳しくは図3等を参照して説明するが、特に、本実施形態では、投射光学系40が、子午面と球欠面(球欠断面)とで曲率の異なるアナモフィック型のレンズで構成される複数のレンズ群を含むものとなっている。ここで、アナモフィック型のレンズには、子午面の方向と球欠面の方向との双方において互いに異なるパワーを有するトーリックレンズのほか、一方向についてのみパワーを有するシリンダリカルレンズも含み得るものとする。投射光学系40が、正及び負のアナモフィック型のレンズを組み合わせで構成され、かつ、位置調整可能なレンズ群を含むことで、種々の形状のスクリーン(被照射面)に対して画像投射を行う場合に、被照射面の面形状に応じた調整を可能であり、結像性能の高い良好な画像形成が可能になっている。

10

【0033】

回路装置80は、ビデオ信号等の外部画像信号が入力される画像処理部81と、画像処理部81の出力に基づいて光学系部分50に設けた液晶ライトバルブ18G, 18R, 18Bを駆動する表示駆動部82と、投射光学系40に設けた駆動機構(不図示)を動作させて投射光学系40の状態を調整するレンズ駆動部83と、これらの回路部分81, 82, 83等の動作を統括的に制御する主制御部88とを備える。

【0034】

画像処理部81は、入力された外部画像信号を各色の階調等を含む画像信号に変換する。なお、画像処理部81は、外部画像信号に対して歪補正や色補正等の各種画像処理を行うこともできる。

20

【0035】

表示駆動部82は、画像処理部81から出力された画像信号に基づいて液晶ライトバルブ18G, 18R, 18Bを動作させることができ、当該画像信号に対応した画像又はこれに画像処理を施したのに対応する画像を液晶ライトバルブ18G, 18R, 18Bに形成させることができる。

【0036】

レンズ駆動部83は、主制御部88の制御下で動作し、投射光学系40を構成する一部の光学要素をアクチュエーターACを介して光軸OAに沿って適宜移動させることにより、投射光学系40によるスクリーン上への画像の投射において、例えば投射距離を変更した時のフォーカス等を行うことができる。なお、レンズ駆動部83は、投射光学系40全体を光軸OAに垂直な上下方向に移動させるアオリの調整により、スクリーン上に投射される画像の縦位置を変化させることもできる。

30

【0037】

以下、図3を参照して、本実施形態の投射光学系40の光学系部分の構成について具体的に説明する。図3は、投射光学系40の構成及び光線を示す図であり、構成する光学系の子午面に沿った方向(垂直方向)について切断した場合の様子を示している。図3に示すように、投射光学系40は、拡大側(像側)から順に、像面湾曲制御部F1と、結像部(結像光学系)F2とで構成される。

【0038】

投射光学系40のうち、像面湾曲制御部F1は、複数のアナモフィック型のレンズを組み合わせで構成されることで、単独で又は他の光学系と協働して、投射光学系40全体としての像面湾曲(歪曲収差)により生じる湾曲量を調整しつつ、他の収差の発生を抑制し結像位置を調整可能としている。像面湾曲制御部F1の構成について具体的に説明すると、像面湾曲制御部F1は、アナモフィック型のレンズであって正のレンズである第1のレンズL1で構成される第1レンズ群41(正のパワーを有するレンズ群)と、アナモフィック型のレンズであって2枚の負のレンズである第2及び第3のレンズL2, L3で構成される第2レンズ群42(第1レンズ群41と符号が異なるパワー(負のパワー)を有するレンズ群)と、アナモフィック型のレンズであって正のレンズである第4のレンズL4で構成される第3レンズ群43(第1レンズ群41と符号が一致したパワー(正のパワー

40

50

)を有するレンズ群)とで構成される。第1のレンズL1と第4のレンズL4とは、同一のレンズである、すなわち同一形状・同一材質のレンズである。また、第2のレンズL2と第3のレンズL3とは、同一のレンズである、すなわち同一形状・同一材質のレンズである。

【0039】

また、ここで、2枚のレンズL2, L3で構成される第2レンズ群42は、第1レンズ群41(第1のレンズL2)と対になる第2-1レンズ群42a(第2のレンズL2)と、第3レンズ群43(第4のレンズL4)と対になる第2-2レンズ群42b(第3のレンズL3)とで構成されていると捉えることもできる。本実施形態では、正のレンズ群(1つの両凸レンズ)である第1レンズ群41と負のレンズ群(1つの両凹レンズ)である第2-1レンズ群42aとが対になり第1アフォーカル光学系AF1を構成している。また、正のレンズ群(1つの両凸レンズ)である第3レンズ群43と負のレンズ群(1つの両凹レンズ)である第2-2レンズ群42bとが対になり第2アフォーカル光学系AF2を構成している。すなわち、第1レンズ群41と第2-1レンズ群42aとは、アフォーカルな光学系を構成し、光軸に平行に入射した光は、光軸に平行に射出される。第3レンズ群43と第2-2レンズ群42bについても同様である。さらに、この場合、像面湾曲制御部F1全体としてもアフォーカルな光学系となる。また、以上の構成の場合、第1レンズ群41と第3レンズ群43とは、ともに負のレンズ群であり正負が一致している一方、第1レンズ群41と第2レンズ群42とは、正負が異なっていることになる。

【0040】

投射光学系40のうち、結像光学系である結像部F2は、図示のように例えば3つのレンズL5~L7によって構成されるトリプレットレンズを配置したものである。結像部F2は、像面湾曲(歪曲収差)以外の種々の収差を補正して物体面(パネル面)PSでの結像性能を高めている。

【0041】

上記構成において、像面湾曲制御部F1のうち、第1レンズ群41及び第3レンズ群43は、光軸OAに沿った方向に関して固定された固定群である。言い換えると、第1レンズ群41に対する第3レンズ群43の配置は、固定されており、これらの距離は一定に保たれている。一方、第2レンズ群42は、例えばアクチュエーターAC(図1参照)等を用いる、あるいは手動によりカム機構を動かすことで、第1レンズ群41と第3レンズ群43との間において光軸OAに沿った方向(Z方向)に移動可能に配置されている移動群である。特に、第2レンズ群42を構成する第2-1レンズ群42aと第2-2レンズ群42bとは、一体的に移動可能となっている。この場合、第1レンズ群41に対する第2-1レンズ群42aの位置が決まると同時に第3レンズ群43に対する第2-2レンズ群42bの配置も定まるものとなり、また、この場合、第1レンズ群41から第2-1レンズ群42aまでの距離D1と第3レンズ群43から第2-2レンズ群42bまでの距離D2とはそれぞれ可変であっても、その合計距離(D1+D2)は、一定となっていることになる。像面湾曲制御部F1において、上記のように、構成する光学系の対称性と、レンズ間の移動に関する規定とがあることで、像面湾曲による湾曲量の変化を可能とさせつつ、例えば光線束の大きさや光の入射角度、画像のアスペクト比等については、意図しない変化が生じることを低減できるものとなっている。

【0042】

例えば、一組の正レンズと負レンズのアナモフィックレンズだけでアフォーカル光学系を構成した場合、像面湾曲制御部F1を構成した場合、これらの位置関係を変更することで、湾曲量だけでなく、アスペクト比も変化してしまう可能性がある。これに対して本実施形態では、上記第1~第3レンズ群41~43により、二組のアフォーカル光学系AF1, AF2を有する構成となっており、さらに、これらに対称性をもたせることで、かかる事態を回避している。

【0043】

以下、図4(A)~4(C)を参照して、第2レンズ群42の移動と像面湾曲による湾

10

20

30

40

50

曲量の変化の関係について一例を説明する。なお、ここでは、説明の簡易化のため、実際の被投射面（像面）における像面湾曲による湾曲量の変化の形状の変化に代えて、これに対応する物体側のパネル面（物体面）P S 付近での集光の様子をパネル面（物体面）P S の形状として表すことにより、変化の様子について説明するものとする。

【 0 0 4 4 】

図 4 (A) は、図 3 に対応する図であり、ここでは、一例として、第 1 レンズ群 4 1 から第 2 - 1 レンズ群 4 2 a までの距離 D_1 を 20 mm、第 3 レンズ群 4 3 から第 2 - 2 レンズ群 4 2 b までの距離 D_2 を 20 mm としている。この場合、図示のように、パネル面（物体面）P S において、像面湾曲制御部 F 1 での像面湾曲により、結像面の形状が負の曲率を有するように湾曲した状態となる。なお、これは、被投射面が同様に湾曲していることに相当する。これに対して、図 4 (B) に示すように、像面湾曲制御部 F 1 のうち第 2 レンズ群 4 2 (2 枚の負レンズ) を、光軸 O A に沿って - Z 側 (図示において右側) に 4 mm 移動させ、距離 D_1 を 24 mm、距離 D_2 を 16 mm とした場合、パネル面 P S において、曲率の状態が負から正に向かって変化し、結像の位置がほぼ平面上となる。なお、これは、被投射面が同様にほぼ平面となっていることに相当する。さらに、図 4 (C) に示すように、像面湾曲制御部 F 1 のうち第 2 レンズ群 4 2 (2 枚の負レンズ) を、図 4 (B) の状態から光軸 O A に沿って - Z 側 (図示において右側) にさらに 1 mm 移動させ、距離 D_1 を 25 mm、距離 D_2 を 15 mm とした場合、曲率の状態が正となる、すなわち結像面の形状が図 4 (A) の場合とは逆方向に湾曲した形状となる。なお、これは、被投射面が同様に図 4 (A) の場合と逆側に湾曲していることに相当する。以上のように、像面湾曲制御部 F 1 を構成するレンズ群の一部である第 2 レンズ群 4 2 の位置を移動させることで、像面の形状をその方向の正負を含め調整をすることが可能になる。

10

20

【 0 0 4 5 】

なお、図 4 (A) ~ 4 (C) を参照した以上の説明は、一例であり、適用する各レンズのレンズ面形状や設計等によって態様は種々変化し、例えば第 2 レンズ群 4 2 の移動方向と像面の湾曲方向との関係が逆になる場合や、第 2 レンズ群 4 2 の移動量の大きさと湾曲量との関係にも差が生じる。例えば、各レンズ面の形状を非球面とする（すなわち非球面レンズとする）ことで、第 2 レンズ群 4 2 の移動量に対して湾曲量を大きくしつつ、他の収差については抑制した状態を維持することが考えられる。また、非球面とする面については、移動群である第 2 レンズ群 4 2 を構成するレンズ（レンズ L 2 , L 3 ）のレンズ面以外にも、例えば固定群である第 1 及び第 3 レンズ群 4 1 , 4 3 を構成するレンズ（レンズ L 1 , L 4 ）のレンズ面を非球面としてもよい。

30

【 0 0 4 6 】

以上、図 3 及び図 4 (A) ~ 4 (C) では、構成する光学系の子午面に沿った方向（垂直方向）について切断した場合の様子を示しているが、これに垂直な球欠面に沿った方向（水平方向）についても、上記と同様のことが言える。ここで、像面湾曲制御部 F 1 を構成するアナモフィック型のレンズで構成される第 1 ~ 第 3 レンズ群 4 1 ~ 4 3 が、例えばトーリックレンズである場合、子午面の方向と球欠面の方向とでパワーが異なることで、曲率の変化の度合い、すなわち像面形状における垂直方向と水平方向との変化の度合いが異なるものとなる。ただし、第 2 レンズ群 4 2 の移動方向と像面の湾曲方向との関係については、図 4 (A) ~ 4 (C) の場合と同じである。これにより、垂直方向と水平方向とで投射距離が異なるような形状を有する被照射面に対しても、面全体に対して結像性能が高い良好な画像を形成させることができる。すなわち、像面湾曲制御部 F 1 として適用するトーリックレンズの構成によって例えばラグビーボールの表面形状のような種々の形状の被照射面に対して、湾曲量を調整しつつ適切な投射を行うことができる。また、例えば、像面湾曲制御部 F 1 としてシリンドリカルレンズあるいはこれに近いトーリックレンズを適用しても投射光学系 4 0 全体として必要に足る収差（特に非点収差）の補正が可能であれば、子午面に沿った方向についてのみ像面湾曲を発生させることで、円柱の表面のように、投射光学系の光軸に対して回転対称性を有しない形状のスクリーンに投射を行うことが可能である。

40

50

【0047】

図5(A)～5(F)は、対象となる種々の形状を有する被照射面の例として、スクリーンSCの形状を例示している。例えば図5(A)及び5(B)に示すように平面の状態の仮のスクリーンSC1と比較して水平方向(X方向)について湾曲する場合や、図5(C)及び5(D)に示すように垂直方向(Y方向)について湾曲する場合のほか、図5(E)及び5(F)に示すように水平方向(X方向)及び垂直方向(Y方向)について湾曲する場合についても対応させることができる。

【0048】

以上のように、本実施形態の投射光学系及びプロジェクターでは、正負の異なるアナモフィック型のレンズを組み合わせて構成され、かつ、これらのレンズ間距離を変化させることが可能な第1～第3レンズ群41～43が協働することで、子午面に関する方向と球欠面に関する方向とについて、像面湾曲をそれぞれ変化させることができる。これにより、例えば垂直方向と水平方向とで異なる曲率形状を有している被照射面(スクリーン)への投射において、表示画像全体において高い結像性能を維持することが可能になる。

10

【0049】

また、上記の説明は、一例であり、種々の変形が可能である。例えば、上記では、第1アフォーカル光学系AF1と第2アフォーカル光学系AF2とが同一形状のレンズ群で構成され、対称性の高いものとされているが、例えば第1アフォーカル光学系AF1と第2アフォーカル光学系AF2とで形状等が多少異なってもよい。

【0050】

また、各アフォーカル光学系AF1, AF2あるいは見方を変えれば第1～第3レンズ群41～43については、構成する光学系又はレンズ群が1つまたは2つのレンズで構成されるが、これに限らず、2つまたは3つ以上のレンズで各レンズ群が構成されるものとしてもよい。例えば第1レンズ群41や第3レンズ群43を2つ以上のレンズで構成し、構成レンズの一部を非球面レンズとする、といったことも可能である。また、高次の係数を有する非球面レンズを採用することで、周辺光における歪曲収差の影響を強めるものとしてもよい。

20

【0051】

〔第2実施形態〕

以下、図6(A)～6(C)を参照して、本発明の第2実施形態に係る投射光学系140について詳細に説明する。なお、本実施形態では、投射光学系140のうち第1～第3レンズ群141～143の構造すなわち像面湾曲制御部F1以外の構造については、第1実施形態に示した投射光学系及びプロジェクターと同様であるので、プロジェクター全体の詳しい構造の説明および図示を省略する。

30

【0052】

図6(A)～6(C)は、図4(A)～4(C)に対応する図であり、構成する光学系の子午面に沿った方向(垂直方向)について切断した場合の様子を示している。図3等に示した場合と同様に、図4(A)等に示す投射光学系140は、拡大側(像側)から順に、像面湾曲制御部F1と、結像部(結像光学系)F2とで構成され、像面湾曲制御部F1は、アナモフィック型のレンズによる第1～第3レンズ群141～143で構成されている。本実施形態では、第1～第3レンズ群141～143を構成するレンズの正負が、第1実施形態の場合と異なっている。

40

【0053】

具体的に説明すると、例えば図6(A)に示すように、まず、第1レンズ群141は、負のレンズである第1のレンズL1(1つの両凹レンズ)で構成されている。すなわち、第1レンズ群141は、負のパワーを有するレンズ群である。次に、第2レンズ群142は、2枚の正のレンズである第2及び第3のレンズL2, L3(2つの両凸レンズ)で構成されている。すなわち、第2レンズ群142は、第1レンズ群141と符号が異なるパワー(正のパワー)を有するレンズ群である。最後に、第3レンズ群143は、負のレンズである第4のレンズL4(1つの両凹レンズ)で構成されている。すなわち、第3レン

50

ズ群 1 4 3 は、第 1 レンズ群 1 4 1 と符号が一致したパワー（負のパワー）を有するレンズ群である。第 1 のレンズ L 1 と第 4 のレンズ L 4 とは、同一のレンズである、すなわち同一形状・同一材質のレンズである。また、第 2 のレンズ L 2 と第 3 のレンズ L 3 とは、同一のレンズである、すなわち同一形状・同一材質のレンズである。

【 0 0 5 4 】

また、第 2 レンズ群 1 4 2 の第 2 - 1 レンズ群 1 4 2 a（第 2 のレンズ L 2）は、第 1 レンズ群 1 4 1（第 1 のレンズ L 1）と対になり第 1 アフォーカル光学系 A F 1 を構成し、第 2 レンズ群 1 4 2 の第 2 - 2 レンズ群 1 4 2 b（第 3 のレンズ L 3）は、第 3 レンズ群 1 4 3（第 3 のレンズ L 4）と対になり第 2 アフォーカル光学系 A F 2 を構成する。この場合、像面湾曲制御部 F 1 全体としてもアフォーカルな光学系となる。また、以上の構成の場合、第 1 レンズ群 1 4 1 と第 3 レンズ群 1 4 3 とは、ともに正のレンズ群であり正負が一致している一方、第 1 レンズ群 1 4 1 と第 2 レンズ群 1 4 2 とは、正負が異なっていることになる。

10

【 0 0 5 5 】

以下、図 6（A）～ 6（C）を参照して、第 2 レンズ群 1 4 2 の移動と像面湾曲による湾曲量の変化の関係について一例を説明する。

【 0 0 5 6 】

図 6（A）に示す例では、第 1 レンズ群 1 4 1 から第 2 - 1 レンズ群 1 4 2 a までの距離 D 1 を 20 mm、第 3 レンズ群 1 4 3 から第 2 - 2 レンズ群 1 4 2 b までの距離 D 2 を 20 mm としている。この場合、図示のように、パネル面（物体面）P S において、像面湾曲制御部 F 1 での像面湾曲により、結像面の形状が正の曲率を有するように湾曲した状態となる。これに対して、図 6（B）に示すように、像面湾曲制御部 F 1 のうち第 2 レンズ群 4 2（2 枚の正レンズ）を、光軸 O A に沿って - Z 側（図示において右側）に 4 mm 移動させ、距離 D 1 を 24 mm、距離 D 2 を 16 mm とした場合、パネル面 P S において、曲率の状態が正から負に向かって変化し、結像の位置がほぼ平面上となる。さらに、図 6（C）に示すように、像面湾曲制御部 F 1 のうち第 2 レンズ群 1 4 2（2 枚の正レンズ）を、図 6（B）の状態から光軸 O A に沿って - Z 側（図示において右側）にさらに 1 mm 移動させ、距離 D 1 を 25 mm、距離 D 2 を 15 mm とした場合、曲率の状態が負となる、すなわち結像面の形状が図 6（A）の場合とは逆方向に湾曲した形状となる。以上のように、像面湾曲制御部 F 1 を構成するレンズ群の一部である第 2 レンズ群 1 4 2 の位置を移動させることで、像面の形状をその方向の正負を含め調整をすることが可能になる。また、図 6（A）～ 6（C）では、構成する光学系の子午面に沿った方向（垂直方向）について切断した場合の様子を示しているが、これに垂直な球欠面に沿った方向（水平方向）についても、上記と同様のことが言える。

20

30

【 0 0 5 7 】

本実施形態の投射光学系及びプロジェクターにおいても、正負の異なるアナモフィック型のレンズを組み合わせることで構成され、かつ、これらのレンズ間距離を変化させることが可能な第 1～第 3 レンズ群 1 4 1～1 4 3 が協働することで、子午面に関する方向と球欠面に関する方向とについて、像面湾曲をそれぞれ変化させることができる。これにより、例えば垂直方向と水平方向とで異なる曲率形状を有している被照射面（スクリーン）への投射において、表示画像全体において高い結像性能を維持することが可能になる。

40

【 0 0 5 8 】

〔第 3 実施形態〕

以下、図 7 を参照して、本発明の第 3 実施形態に係る投射光学系及びプロジェクターについて詳細に説明する。なお、本実施形態では、投射光学系 2 4 0 のうち第 1～第 3 レンズ群 2 4 1～2 4 3 の構造すなわち像面湾曲制御部 F 1 以外の構造については、第 1 実施形態等に示した投射光学系及びプロジェクターと同様であるので、プロジェクター全体の詳しい構造の説明および図示を省略する。

【 0 0 5 9 】

図 7 は、図 3 に対応する図であり、構成する光学系の子午面に沿った方向（垂直方向）

50

について切断した場合の様子を示している。図3等に示した場合と同様に、図7に示す投射光学系240は、拡大側（像側）から順に、像面湾曲制御部F1と、結像部（結像光学系）F2とで構成され、像面湾曲制御部F1は、アナモフィック型のレンズによる第1～第3レンズ群241～243で構成されている。本実施形態では、第2レンズ群242が、1枚のレンズ構成となっている点において、第1実施形態等の場合と異なっている。すなわち、固定群である第1及び第3レンズ群241、243がそれぞれ1枚の正レンズ（両凸レンズ）で構成され、移動群である第2レンズ群242が1枚の負レンズ（両凹レンズ）で構成されている。この場合においても、像面湾曲制御部F1全体としては、アフォーカル光学系を構成するものとし、固定群である第1レンズ群241と第3レンズ群243との間を1枚の負レンズで構成され第2レンズ群242が移動することで、他の実施形態と同様の動作が可能となる。なお、図示の例では、第1レンズ群241と第3レンズ群243とで形状が少し異なるものとなっているが、同一形状・同一材質のものとし、かつ、第2レンズ群242の両レンズ面にも対称性をもたせるものとしてもよい。

10

【0060】

〔その他〕

この発明は、上記の各実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することが可能である。

【0061】

上記では、投射光学系のうち像面湾曲制御部すなわち第1～第3レンズ群が像側（投射光の光路上最も後段）に位置するものとなっているが、これに限らず、像面湾曲制御部は、投射光学系の中間部分や物体側に配置されるものとしてもよい。例えば、像面湾曲制御部の機能は焦点距離を変えるという観点からいわばズーム機能の一態様と考え、ズームレンズの一部として構成するものとしてもよい。また、像面湾曲（歪曲収差）以外の収差（非点収差等）の補正については、像面湾曲制御部の中に補正用の光学系を併せて設けるものとしてもよく、投射光学系全体において収差補正の負担を担うものとしてもよい。すなわち、他の収差補正を像面湾曲制御部の単独で行っても、投射光学系全体で行ってもよい。

20

【0062】

ここで、例えば像面湾曲制御部を投射光の光路上最も後段に配置し、かつ、所望の像面湾曲（歪曲収差）に伴う他の収差補正を当該像面湾曲制御部の単独で行うといった場合においては、図8に例示するように、像面湾曲制御部F1（第1～第3レンズ群41～43）に相当する部分を着脱可能なプロジェクター用コンバージョンレンズ（コンバーター）CMとして構成することも考えられる。すなわち、図8（A）に示すように、投射光学系340は、通常の場合への投射が可能な本体部分340aと、本体部分340aの先端側に取り付けられるプロジェクター用コンバージョンレンズCMとを有するものとし、図8（B）及び8（C）に示すように、像面湾曲制御を可能にするプロジェクター用コンバージョンレンズCMは、プロジェクター2の本体部分2aに取り付けられている本体部分340aに対して着脱可能なものとするのが考えられる。この場合、図8（B）に示すように、プロジェクター用コンバージョンレンズCMを取り付けた場合には、種々の曲面形状を有する被照射面に対する画像投射が可能であり、通常の場合への投射においては、必ずしもプロジェクター用コンバージョンレンズCMを要さず、図8（C）に示すように、プロジェクター用コンバージョンレンズCMを取り外した状態で画像投射を行うことができる。

30

40

【0063】

さらに、投射光学系のうち、アナモフィック型のレンズで構成される像面湾曲制御部が、回転可能であってもよい。すなわち、像面湾曲制御部F1について、子午面が光軸OAに対して回転可能であるものとしてもよい。例えば、図8（A）において、プロジェクター用コンバージョンレンズCMの部分のみが光軸OAを回転軸として回転可能となるようにしてもよい。この場合、像面の湾曲方向を回転させることができる。

【0064】

50

また、上記では、透過型の液晶プロジェクターを一例として取り上げたが、これ以外の他のタイプのプロジェクターについて本願発明の投射光学系を適用することも可能である。具体的には、反射型液晶プロジェクターのほか、デジタルマイクロミラーデバイスを用いたプロジェクター等、種々のものに対して適用可能である。

【0065】

また、上記の他、例えば入射した照明光を、カラーフィルタを備えた液晶ライトバルブで変調して、変調された光を投射光学系により投写する単板のプロジェクターにおいても、本願発明を適用できる。

【0066】

また、上記では、照明光を色分離する構成を記載しているが、色分離するのではなくそれぞれの光源を備えた構成とするプロジェクターにおいても、本願発明を適用できる。

10

【0067】

また、この他、例えば主制御部88が、撮像カメラと、当該撮像カメラでの測距に基づくスクリーン等の被照射面の面形状の情報を取り込むための形状取込部とを備え、取り込んだ被照射面の面形状についての情報に基づいて、像面湾曲制御部F1の移動量を調整させてもよい。

【符号の説明】

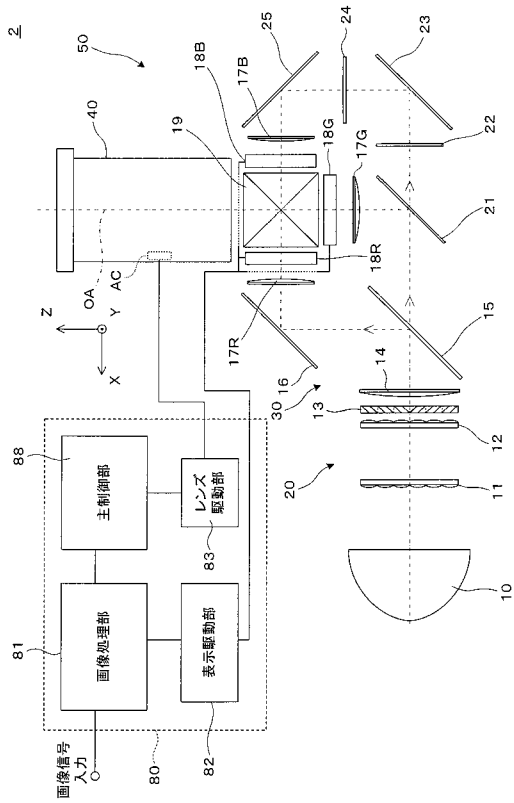
【0068】

2...プロジェクター、10...光源、11, 12...インテグレーターレンズ、13...偏光変換素子、14...重畳レンズ、15, 21...ダイクロイックミラー、16, 23, 25...反射ミラー、17R, 17G, 17B...フィールドレンズ、18...光変調装置、18G, 18R, 18B...液晶ライトバルブ、19...クロスダイクロイックプリズム、20...照明光学系、21...ダイクロイックミラー、22...リレーレンズ、23...反射ミラー、30...色分離導光光学系、40...投射光学系、41...第1レンズ群、42...第2レンズ群、42a...第2-1レンズ群、42b...第2-2レンズ群、43...第3レンズ群、50...光学系部分、80...回路装置、81...画像処理部、82...表示駆動部、83...レンズ駆動部、88...主制御部、140...投射光学系、141...第1レンズ群、142...第2レンズ群、142a...第2-1レンズ群、142b...第2-2レンズ群、143...第3レンズ群、240...投射光学系、241...第1レンズ群、242...第2レンズ群、243...第3レンズ群、340...投射光学系、340a...本体部分、AC...アクチュエーター、AF1, AF2...アフォーカル光学系、CM...プロジェクター用コンバージョンレンズ、D1, D2...距離、F1...像面湾曲制御部、F2...結像部(結像光学系)、GL...映像光、L1-L7...レンズ、OA...光軸、PS...パネル面、SC...スクリーン、SC1...スクリーン

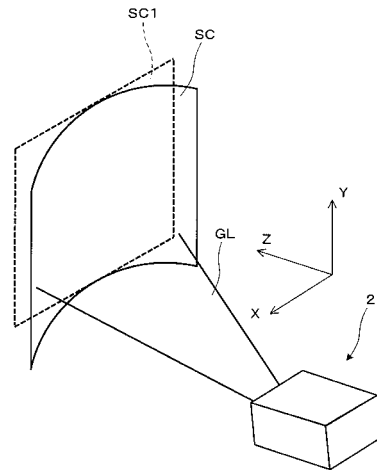
20

30

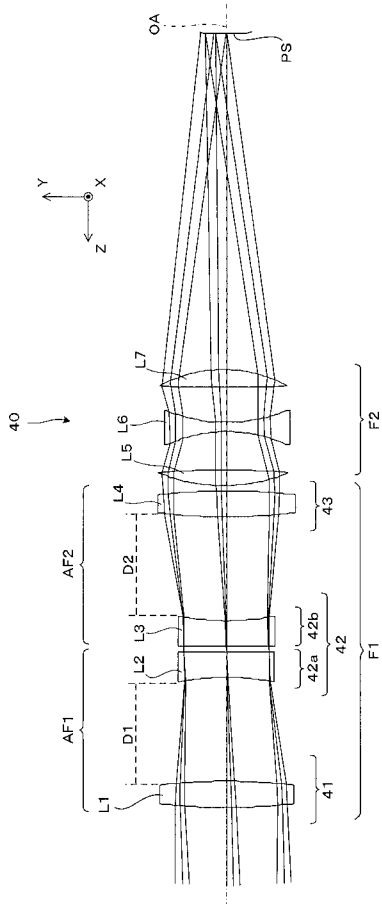
【図 1】



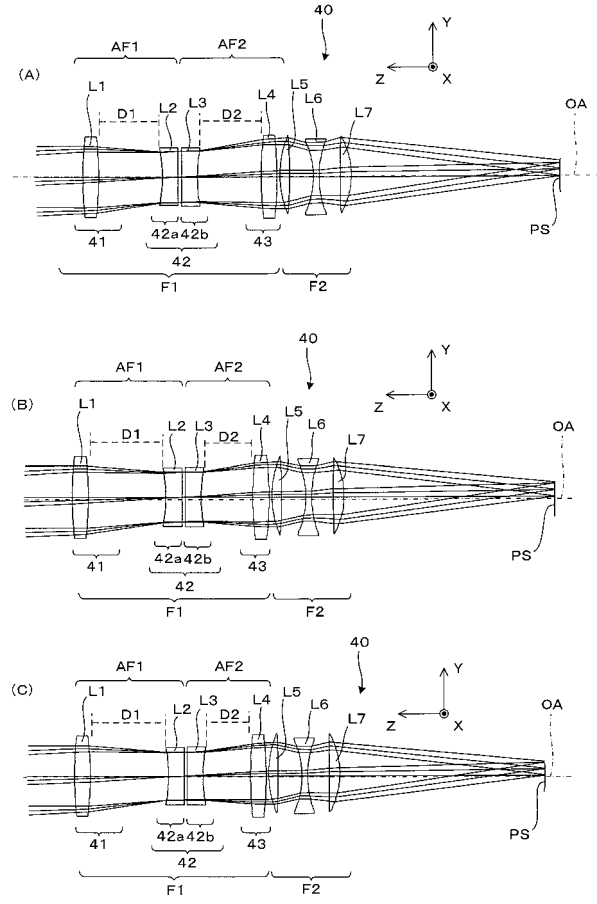
【図 2】



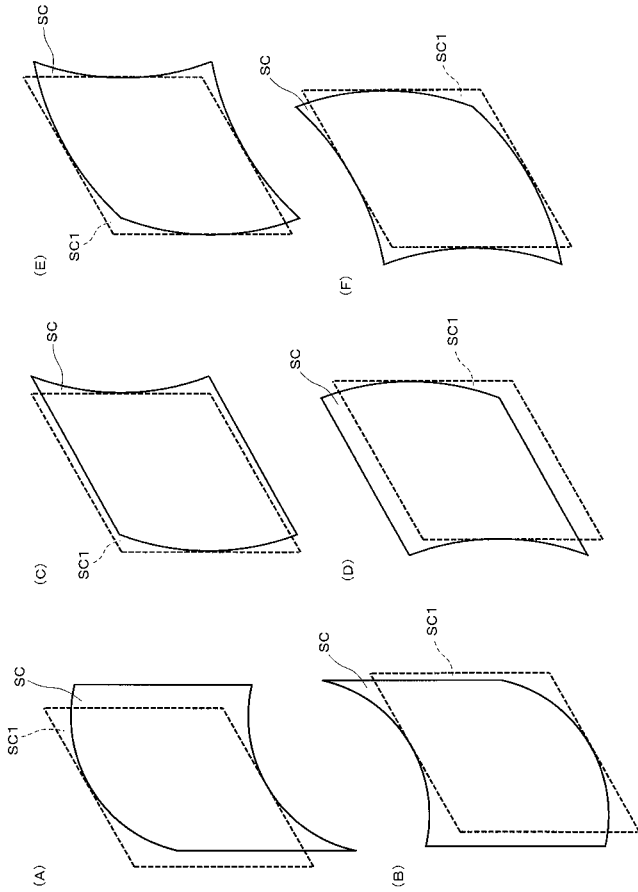
【図 3】



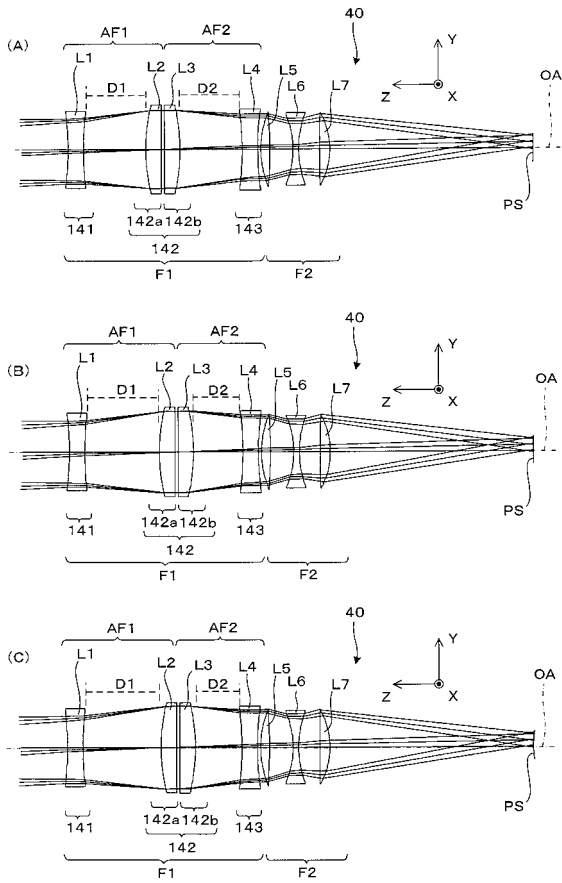
【図 4】



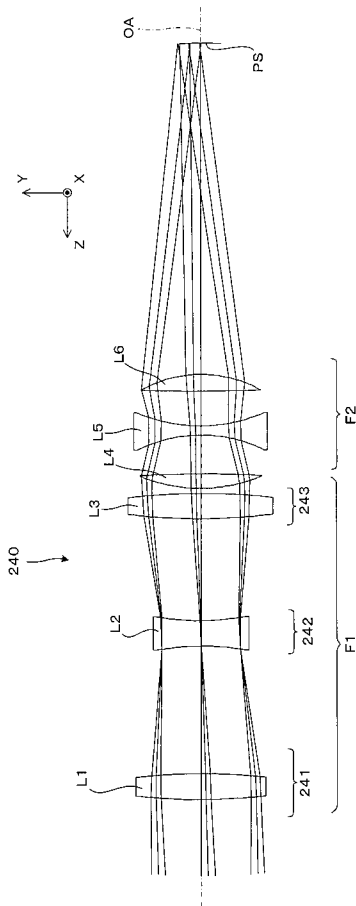
【 5 】



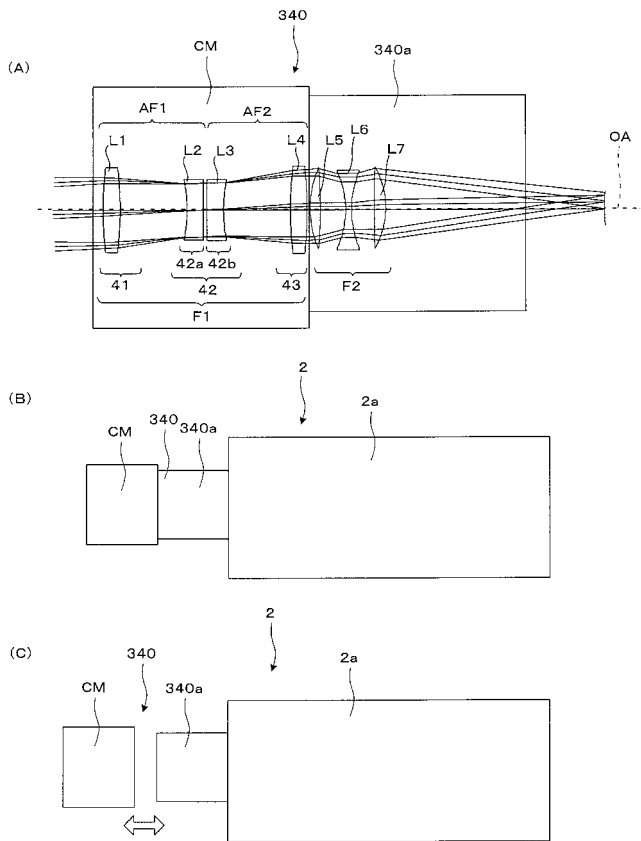
【 6 】



【 7 】



【 8 】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
G 0 3 B 21/00 (2006.01)	G 0 3 B	21/00		D
G 0 3 B 21/14 (2006.01)	G 0 3 B	21/14		D

Fターム(参考)	2H087	KA06	LA01	LA28	LA30	PA03	PA04	PA06	PA07	PA17	PB03
		PB04	PB06	PB07	QA02	QA03	QA05	QA11	QA14	QA19	QA21
		QA22	QA25	QA26	QA31	QA36	QA41	QA42	QA45	QA46	RA06
		RA12	RA13	RA45							
	2K203	FA03	FA23	FA34	FA62	FA82	FB04	GC03	GC13	GC20	HA67
		HA68	HA73	HB07	HB09	HB22	MA07	MA30			