(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7563130号
(P7563130)

(45)発行日　令和6年10月8日(2024.10.8)

(24)登録日　令和6年9月30日(2024.9.30)

(51)国際特許分類

		FI		
G02B 26/08 (2006.01)		G02B	26/08	D
G03B 21/00 (2006.01)		G03B	21/00	D
G03B 21/14 (2006.01)		G03B	21/14	Z

請求項の数　8　（全26頁）

(21)出願番号　特願2020-193281(P2020-193281)
(22)出願日　令和2年11月20日(2020.11.20)
(65)公開番号　特開2022-82000(P2022-82000A)
(43)公開日　令和4年6月1日(2022.6.1)
審査請求日　令和5年9月1日(2023.9.1)

(73)特許権者　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　110001081
弁理士法人クシブチ国際特許事務所
(72)発明者　若林 慎一
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
(72)発明者　伊藤 雅俊
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
審査官　植田 裕美子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　光学デバイス、および、表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

平面視で矩形の光学領域に光が入射する光学部材と、

平面視における前記光学領域の中心を通り、前記光学領域の第１辺とのなす角が９０°未満である第１軸周りに、前記光学部材を変位させる第１アクチュエーターと、

前記光学領域の中心を通り、前記第１軸と直交する第２軸周りに、前記光学部材を変位させる第２アクチュエーターと、

前記光学部材を支持する第１フレームと、

前記第１フレームを支持する第２フレームと、

前記第２フレームを支持するベース部材と、を備え、

前記第１フレームは、前記光学領域の４つの角に対応する方向に突出する４つの突出部を有し、

前記４つの突出部のうちの前記第１軸上に配置される１つの突出部は、前記第２フレームの内側に形成される空間に位置し、自由に移動可能であり、

前記第２フレームの前記第２軸方向の一方の端部は、前記ベース部材に形成された切欠部に納められ、自由に移動可能である、光学デバイス。

【請求項２】

前記第１軸と前記第１辺とのなす角は４５°である、請求項１記載の光学デバイス。

【請求項３】

前記第１アクチュエーターは、前記第２軸と重なる位置に配置される、請求項１または

２記載の光学デバイス。
【請求項４】
前記光学部材を支持する第１フレームと、
前記第１フレームを支持する第２フレームと、
前記第２フレームを支持するベース部材と、を備え、
前記第１アクチュエーターは前記ベース部材に取り付けられ、前記第２フレームを前記第１軸周りに変位させ、
前記第２アクチュエーターは前記第２フレームに取り付けられ、前記第１フレームを前記第２軸周りに変位させる、請求項１から３のいずれか１項に記載の光学デバイス。
【請求項５】
光源と、
前記光源から出射される光を変調する光変調装置と、
前記光変調装置によって変調された光が、平面視で矩形の光学領域に入射する光学部材と、
平面視における前記光学領域の中心を通り、前記光学領域の第１辺とのなす角が９０°未満である第１軸周りに、前記光学部材を変位させる第１アクチュエーターと、
前記光学領域の中心を通り、前記第１軸と直交する第２軸周りに、前記光学部材を変位させる第２アクチュエーターと、を含む光学デバイスと、
前記光学デバイスを透過した光を透過させる光学系と、
前記光変調装置を固定する金属製の固定部材と、を備え、
前記第１アクチュエーターおよび前記第２アクチュエーターは、前記光学部材の平面視において前記固定部材と重ならない位置に配置される、表示装置。
【請求項６】
前記第１アクチュエーターに第１駆動信号を出力することによって、前記光学領域に入射した光を第１位置または第２位置に導き、
前記第２アクチュエーターに第２駆動信号を出力することによって、前記光学領域に入射した光を第３位置または第４位置に導く駆動回路を備える、請求項５記載の表示装置。
【請求項７】
前記第２位置は、前記第２軸に沿って、前記第１軸に対して前記第１位置とは反対側であり、
前記第４位置は、前記第１軸に沿って、前記第２軸に対して前記第３位置とは反対側である、請求項６記載の表示装置。
【請求項８】
前記光変調装置は液晶パネルを備え、
前記光源から出射される光を複数の色光に分光する分光素子と、
複数の前記色光にそれぞれ対応する複数の前記光変調装置と、
複数の前記光変調装置により変調された複数の前記色光を合成するプリズムを備え、
前記固定部材は前記プリズムと前記複数の前記光変調装置とを固定する、請求項５記載の表示装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、光学デバイス、および、表示装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、光学部材を揺動させて、光学部材に入射される画像光の光路をずらすことにより、解像度を高める表示装置が知られている。例えば、特許文献１では、ガラス板を２つのアクチュエーターにより揺動させ、画像光の光路をずらす光路シフト動作を行う。この構成によれば、１つの画素を位置Ｐ１、Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４の４つの位置に移動させることで、見かけ上、１つの画素より小さいサイズの４つの画素を表示させる。

【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２０２０－０９１３４３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
特許文献１記載の構成では、第１アクチュエーターおよび第２アクチュエーターへ供給される駆動信号により、ガラス板を第１揺動軸周り、および、第２揺動軸周りの揺動を組み合わせた光路シフト動作が行われ、４つの画像表示位置に順に画像が表示される。この構成では、２つのアクチュエーターに電圧を印加するので、消費電力が大きいという課題があった。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本適用例の一態様は、平面視で矩形の光学領域に光が入射する光学部材と、平面視における前記光学領域の中心を通り、前記光学領域の第１辺とのなす角が９０°未満である第１軸周りに、前記光学部材を変位させる第１アクチュエーターと、前記光学領域の中心を通り、前記第１軸と直交する第２軸周りに、前記光学部材を変位させる第２アクチュエーターと、を備える、光学デバイスである。
【０００６】
本適用例の別の一態様は、光源と、前記光源から出射される光を変調する光変調装置と、前記光変調装置によって変調された光が、平面視で矩形の光学領域に入射する光学部材と、平面視における前記光学領域の中心を通り、前記光学領域の第１辺とのなす角が９０°未満である第１軸周りに、前記光学部材を変位させる第１アクチュエーターと、前記光学領域の中心を通り、前記第１軸と直交する第２軸周りに、前記光学部材を変位させる第２アクチュエーターと、を含む光学デバイスと、前記光学デバイスを透過した光を透過させる光学系と、を備える、表示装置である。
【図面の簡単な説明】
【０００７】
【図１】第１実施形態のプロジェクターの光学的な構成を示す説明図。
【図２】光路シフトデバイスによる光路シフトを示す説明図。
【図３】プロジェクターの機能ブロック図。
【図４】液晶表示素子の構成を示す平面図。
【図５】光路シフトデバイスの平面図。
【図６】光路シフトデバイスの部分断面図。
【図７】光路シフトデバイスの部分拡大断面図。
【図８】光変調装置と光路シフトデバイスの相対位置を示す説明図。
【図９】駆動信号の波形および画素の位置の変化を示すタイミングチャート。
【図１０】第２実施形態の光路シフトデバイスの平面図。
【図１１】第３実施形態における表示素子の構成を示す模式図。
【図１２】第３実施形態における光路シフトを示す説明図。
【図１３】第３実施形態の光路シフトデバイスの平面図。
【発明を実施するための形態】
【０００８】
［１．第１実施形態］
以下、本発明の例示的な実施形態について、図面を参照して説明する。
［１－１．プロジェクターの全体構成］
図１は、本実施形態に係る表示装置の一例であるプロジェクター１の光学的な構成を示す説明図である。
プロジェクター１は、光源１０２と、外部から入力される画像信号に基づき光源１０２

が出射する光を変調する光変調装置１０８とを備え、スクリーン１０１に投写画像１０１Ａを投写する。プロジェクター１の光変調装置は、ＬＣＤ（Ｌｉｑｕｉｄ　Ｃｒｙｓｔａｌ　Ｄｉｓｐｌａｙ）、デジタルマイクロミラーデバイス（ＤＭＤ）等を用いることができる。本実施形態では、光変調装置１０８として液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂを備えるプロジェクター１を例として説明する。

【０００９】

プロジェクター１は、ミラー１０４ａ、１０４ｂ、１０４ｃ、ダイクロイックミラー１０６ａ、１０６ｂ、ダイクロイックプリズム１１０、光路シフトデバイス２、および、投射光学系１１２を備える。

【００１０】

光源１０２は、例えば、ハロゲンランプ、水銀ランプ、発光ダイオード（ＬＥＤ）、レーザー光源等が挙げられる。また、光源１０２としては、白色光を出射するものが用いられる。光源１０２から出射された光は、例えば、ダイクロイックミラー１０６ａによって赤色光（Ｒ）とその他の光とに分離される。赤色光は、ミラー１０４ａで反射された後、液晶表示素子１０８Ｒに入射し、その他の光は、ダイクロイックミラー１０６ｂによってさらに緑色光（Ｇ）と青色光（Ｂ）とに分離される。緑色光は、液晶表示素子１０８Ｇに入射し、青色光は、ミラー１０４ｂ、１０４ｃで反射された後、液晶表示素子１０８Ｂに入射する。ダイクロイックミラー１０６ａ、１０６ｂは、光源１０２が出射する光を赤色光（Ｒ）、緑色光（Ｇ）、青色光（Ｂ）に分離する分光素子に相当する。

【００１１】

液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂは、それぞれＲ、Ｇ、Ｂの原色に対応する透過型の空間光変調器である。液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂのそれぞれは、例えば、縦１０８０行、横１９２０列のマトリクス状に配列した画素を備える液晶パネルを有する。各画素では、入射光に対する透過光の光量が調整され、各液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂにおいて全画素の光量分布が協調制御される。このような液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂによってそれぞれ空間的に変調された光は、ダイクロイックプリズム１１０で合成され、ダイクロイックプリズム１１０からフルカラーの画像光ＬＬが出射される。そして、出射された画像光ＬＬは、投射光学系１１２によって拡大されてスクリーン１０１に投射される。ダイクロイックプリズム１１０は、プリズムの一例に対応する。投射光学系１１２は、光学系の一例に対応する。

【００１２】

投射光学系１１２は、液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂによって変調された光をスクリーン１０１に投射し、スクリーン１０１に投写画像１０１Ａを形成する。プロジェクター１が投写画像１０１Ａを形成する動作は、表示することに相当する。

【００１３】

投射光学系１１２は、少なくとも１つのレンズを備える。投射光学系１１２は、少なくとも１つ以上のミラーを備えた光学系であってもよく、１つ以上のレンズ、および１つ以上のミラーを備えた光学系であってもよい。投射光学系１１２は、スクリーン１０１におけるフォーカスを調整する機構を備えてもよい。

【００１４】

光路シフトデバイス２は、ダイクロイックプリズム１１０と投射光学系１１２との間に配置される。プロジェクター１は、光路シフトデバイス２によって画像光ＬＬの光路をシフトさせる、いわゆる光路シフトを行うことにより、液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂの解像度よりも高い解像度の画像をスクリーン１０１に表示することが可能である。例えば、上記のように１９２０ピクセル×１０８０ピクセルの画像を表示するフルハイビジョンに対応した液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂを用いる場合、スクリーン１０１に４Ｋ解像度相当の画像を表示できる。光路シフトデバイス２は、光学デバイスの一例に対応する。

【００１５】

［１－２．光路シフト］

光路シフトによる高解像度化について図２を参照して説明する。
図２は、光路シフトデバイス２による光路シフトを示す説明図である。後述するように、光路シフトデバイス２は、画像光ＬＬを透過させる透光性の光学部材であるガラス板３０を有する。光路シフトデバイス２は、ガラス板３０の姿勢を変更することで、光の屈折を利用して画像光ＬＬの光路をシフトさせる。
【００１６】
図２には、互いに直交するＸ軸およびＹ軸を示す。Ｘ軸およびＹ軸は、液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂの表示領域における画素の配列方向に対応する。例えば、液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂは、それぞれ、Ｘ軸に沿って１９２０画素、Ｙ軸に沿って１０８０画素を有する。このＸ軸およびＹ軸は、それぞれ、スクリーン１０１に投影される投写画像１０１Ａの水平方向および垂直方向に対応する。ここで、Ｘ軸の一方向をＸ＋方向とし、逆方向をＸ－方向とする。また、Ｙ軸の一方向をＹ＋方向とし、逆方向をＹ－方向とする。
【００１７】
光路シフトデバイス２がガラス板３０を変位させない状態におけるガラス板３０の位置を、基準位置とする。基準位置において、ガラス板３０はＸＹ平面に平行である。本実施形態の光路シフトデバイス２は、ガラス板３０を揺動させることにより、画像光ＬＬを所定の位置に導く。
【００１８】
図２には、ガラス板３０を透過する画像光ＬＬに含まれる画素Ｐｘをシフトさせる様子を模式的に示す。ガラス板３０が基準位置にある場合の画素Ｐｘの位置を、位置Ｐ０とする。第１位置Ｐ１、第２位置Ｐ２、第３位置Ｐ３、及び、第４位置Ｐ４は、ガラス板３０の揺動により画素Ｐｘの画像光ＬＬが導かれる位置である。例えば、第１位置Ｐ１は、位置Ｐ０に対してＸ＋方向およびＹ＋方向に半画素分だけシフトした位置である。第２位置Ｐ２は、位置Ｐ０に対してＸ－方向およびＹ－方向に半画素分だけシフトした位置である。第３位置Ｐ３は、位置Ｐ０に対してＸ－方向およびＹ＋方向に半画素分だけシフトした位置であり、第４位置Ｐ４は、位置Ｐ０に対しＸ＋方向およびＹ－方向に半画素分だけシフトした位置である。図２は、ダイクロイックプリズム１１０からガラス板３０を見た図に相当する。
【００１９】
第１位置Ｐ１は第３位置に相当し、第２位置Ｐ２は第４位置に相当する。逆に、第１位置Ｐ１が第４位置に相当し、第２位置Ｐ２が第３位置に相当する構成であってもよい。第３位置Ｐ３は、第１位置に相当し、第４位置Ｐ４は第２位置に相当する。逆に、第３位置Ｐ３が第２位置に相当し、第４位置Ｐ４が第１位置に相当する構成であってもよい。
【００２０】
図２に示す第１軸Ｊ１および第２軸Ｊ２は、ガラス板３０の揺動の軸であり、光路シフトデバイス２がガラス板３０を揺動させる機構に設定される仮想の軸線である。
【００２１】
基準位置において、ガラス板３０は、第１軸Ｊ１周り、および、第２軸Ｊ２周りのいずれにも傾いていない。
ガラス板３０は、後述する第１アクチュエーター６の動作によって、第１軸Ｊ１周りに変位する。ガラス板３０の変位の方向は、正方向、および、逆方向である。第１軸Ｊ１周りの正方向は、ガラス板３０のＸ－、Ｙ＋側の部分がＸＹ平面に対して手前に変位する方向である。ガラス板３０が第１軸Ｊ１周りに正方向に変位すると、画素Ｐｘは、第３位置Ｐ３に向けて第３方向Ｆ３に移動する。第１軸Ｊ１周りの逆方向は、ガラス板３０のＸ＋、Ｙ－側の部分がＸＹ平面に対して手前に変位する方向である。ガラス板３０が第１軸Ｊ１周りに逆方向に変位すると、画素Ｐｘは、第４位置Ｐ４に向けて第４方向Ｆ４に移動する。第３方向Ｆ３と第４方向Ｆ４は、第１軸Ｊ１に直交し、互いに反対方向である。
【００２２】
ガラス板３０は、後述する第２アクチュエーター７の動作によって、第２軸Ｊ２周りに

変位する。ガラス板３０の変位の方向は、正方向、および、逆方向である。
　第２軸Ｊ２周りの正方向は、ガラス板３０のＸ－、Ｙ－側の部分がＸＹ平面に対して手前に変位する方向である。ガラス板３０が第２軸Ｊ２周りに正方向に変位すると、画素Ｐｘは、第２位置Ｐ２に向けて第２方向Ｆ２に移動する。第２軸Ｊ２周りの逆方向は、ガラス板３０のＸ＋、Ｙ＋側の部分がＸＹ平面に対して手前に変位する方向である。ガラス板３０が第２軸Ｊ２周りに逆方向に変位すると、画素Ｐｘは、第１位置Ｐ１に向けて第１方向Ｆ１に移動する。第１方向Ｆ１と第２方向Ｆ２は、第２軸Ｊ２に直交する方向であり、互いに反対方向である。
【００２３】
　プロジェクター１は、第１方向Ｆ１、第３方向Ｆ３、第２方向Ｆ２、および、第４方向Ｆ４の光路のシフトを順に実行することによって、見かけ上の画素数を増加させ、スクリーン１０１に投影される投写画像１０１Ａを高解像度化できる。例えば、プロジェクター１は、画素Ｐｘにより、第１位置Ｐ１で画像ＰＡを表示させ、第３位置Ｐ３で画像ＰＢを表示させ、第２位置Ｐ２で画像ＰＤを表示させ、第４位置Ｐ４で画像ＰＣを表示させる。この一連の表示によって、投写画像１０１Ａは、１つの画素Ｐｘによって半画素分だけずれた４つの位置に４つの画像ＰＡ、ＰＢ、ＰＤ、ＰＣを表示する。これにより、投写画像１０１Ａは、画素Ｐｘより小さい画素で構成される、より高解像度の画像として視認される。
【００２４】
　投写画像１０１Ａを全体として６０Ｈｚの周波数で表示する場合、プロジェクター１は、液晶表示素子に４倍の速度である２４０Ｈｚで表示を実行させ、この表示の更新に合わせて画素Ｐｘをシフトさせる。図２に示すように、画像ＰＡ、ＰＢ、ＰＤ、ＰＣの順に画素Ｐｘに表示をさせる場合、画素Ｐｘを第１方向Ｆ１に移動させる動作と、第３方向Ｆ３に移動させる動作と、第２方向Ｆ２に移動させる動作と、第４方向Ｆ４に移動させる動作とを順に実行する。
【００２５】
　上記の動作は一例であり、画素Ｐｘのずれ量は、半画素分に限定されず、例えば、画素Ｐｘの長さの１／４であってもよいし、３／４であってもよい。また、図には画素Ｐｘが正方形である例を示したが、画素Ｐｘは矩形であればよい。この場合、画素ＰｘのＸ軸におけるずれ量は、例えば、Ｘ軸に平行な画素Ｐｘの辺の長さの半分や１／４とすることができる。また、画素ＰｘのＹ軸におけるずれ量は、Ｙ軸に平行な画素Ｐｘの辺の長さの半分や１／４であってもよい。
【００２６】
　［１－３．プロジェクターの機能的構成］
　図３は、図１のプロジェクター１のブロック図である。プロジェクター１は、制御回路１２０と、駆動信号処理回路１２１と、画像信号処理回路１２２を備える。
　制御回路１２０は、液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂに対するデータ信号の書き込み動作、光路シフトデバイス２における光路シフト動作、画像信号処理回路１２２におけるデータ信号の発生動作等を制御する。駆動信号処理回路１２１は、画像信号処理回路１２２が出力する同期信号ＳＡに基づいて、光路シフトデバイス２に駆動信号ＤＳを供給する駆動回路である。
【００２７】
　画像信号処理回路１２２は、図示しない外部装置から供給される画像信号ＶｉｄをＲ、Ｇ、Ｂの３原色ごとに分離するとともに、それぞれの液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂの動作に適したデータ信号Ｒｖ、Ｇｖ、Ｂｖに変換する。そして、変換されたデータ信号Ｒｖ、Ｇｖ、Ｂｖは、それぞれ液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂに供給され、それに基づいて液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂが画像を描画する。光源１０２が出射した光は、上述のように赤色光（Ｒ）、緑色光（Ｇ）、青色光（Ｂ）に分光され、各色光は液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂに描画された画像により変調される。

【００２８】
光路シフトデバイス２は、ガラス板３０を駆動する駆動源として、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７を備える。駆動信号処理回路１２１は、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７に駆動信号ＤＳを出力する。駆動信号ＤＳは、第１アクチュエーター６を駆動する第１駆動信号ＤＳ１と、第２アクチュエーター７を駆動する第２駆動信号ＤＳ２とを含む。第１アクチュエーター６には第１駆動信号ＤＳ１が入力され、第２アクチュエーター７には第２駆動信号ＤＳ２が入力される。
【００２９】
［１－４．液晶表示素子の構成］
図４は、液晶表示素子１０８Ｒの構成を示す平面図である。液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂはいずれも共通の構成を有するので、液晶表示素子１０８Ｇおよび液晶表示素子１０８Ｂについては図示および説明を省略する。
【００３０】
液晶表示素子１０８Ｒは、透過型の液晶表示パネル１８１Ｒを有する。液晶表示パネル１８１Ｒは、赤色光（Ｒ）を変調する液晶パネルである。液晶表示パネル１８１Ｒはフレーム１８２に嵌め込まれ、不図示の駆動回路に接続されている。
【００３１】
フレーム１８２は、ブラケット１８３により支持される。ブラケット１８３は、フレーム１８２をベース部材１８４に固定する治具である。ブラケット１８３をベース部材１８４に固定する位置は調整可能であり、ブラケット１８３の取り付け位置を調整することにより、液晶表示パネル１８１Ｒの位置を調整可能である。
【００３２】
液晶表示パネル１８１Ｒは、画像を表示する表示領域１８０Ｒを有する。表示領域１８０Ｒは、液晶表示パネル１８１Ｒにおいて画像が形成される領域であり、光源１０２が発した光を分光した赤色光（Ｒ）は表示領域１８０Ｒを透過して変調される。本実施形態では、液晶表示パネル１８１Ｒに矩形の表示領域１８０Ｒが形成される。従って、液晶表示素子１０８Ｒが変調した画像光は、矩形の表示領域１８０Ｒを透過し、矩形の投写画像１０１Ａを形成する光となる。
【００３３】
図４には、表示領域１８０Ｒにおいて軸ＡＸおよび軸ＡＹを図示する。軸ＡＸ、ＡＹは、仮想の軸線である。軸ＡＸは表示領域１８０Ｒにおける Ｘ軸に沿っており、軸ＡＹは表示領域１８０におけるＹ軸に沿っている。
上述したように、液晶表示素子１０８Ｇ、１０８Ｂにおいても、液晶表示素子１０８Ｒと同様に、不図示の表示領域に画像が形成される。表示領域の形状、および、表示領域とＸ軸、Ｙ軸との対応は、表示領域１８０Ｒと共通である。
【００３４】
［１－５．光路シフトデバイスの構成］
図５は、光路シフトデバイス２の平面図である。図６は光路シフトデバイス２の部分断面図である。図７は、光路シフトデバイス２の部分拡大断面図である。
【００３５】
光路シフトデバイス２は、ガラス板３０を有し、ガラス板３０は第１フレーム３１により支持される。第１フレーム３１は金属製または合成樹脂製の枠形状の部材である。
【００３６】
ガラス板３０は、光透過性を有する透光性基板であり、画像光ＬＬが入射する光学部材である。図４に示したように、画像光ＬＬの赤色成分は表示領域１８０Ｒを透過することにより矩形の画像を形成する光に変調されている。画像光ＬＬの緑色成分および青色成分も同様である。従って、ガラス板３０に入射する画像光ＬＬは、ガラス板３０において矩形の光学領域３０Ａを透過する。光学領域３０Ａの中心ＣＥは、基準位置において画像光ＬＬが透過する領域の平面視における重心である。本実施形態では、光学領域３０Ａの中心ＣＥは、ガラス板３０の中心に一致する。中心ＣＥは、ガラス板３０から出射される画

像光ＬＬの中心軸とガラス板３０とが交差する位置であってもよい。
【００３７】
ガラス板３０は、少なくとも光学領域３０Ａを含む大きさおよび形状であればよく、例えば、ガラス板３０の平面形状が円形であってもよいし、矩形を含む各種の多角形であってもよい。
【００３８】
光路シフトデバイス２が備える光学部材は、実質的に無色透明であることが好ましい。本実施形態では光学部材の一例としてガラス板３０を用いる例を説明する。ガラス板３０は、例えば、白板ガラス、ホウケイ酸ガラス、石英ガラスのような各種ガラス材料を用いることができる。光学部材は、画像光ＬＬを透過する透光性を有していればよく、ガラスのほか、水晶やサファイアのような各種結晶材料、ポリカーボネート系樹脂やアクリル系樹脂等の樹脂材料で構成されたものであってもよい。光学部材の材料としてガラスを採用する場合、光学部材の剛性が高いため、画像光ＬＬの光路をずらす際の光路のシフト量のばらつきを抑制できるという利点がある。
また、ガラス板３０において、画像光ＬＬが入射する入射面および画像光ＬＬが出射する出射面に、反射防止膜が形成されていてもよい。
【００３９】
図５には、ガラス板３０の光学領域３０ＡにおけるＸ方向、およびＹ方向を示す軸ＢＸおよび軸ＢＹを図示する。軸ＢＸ、ＢＹは、液晶表示素子１０８Ｒの表示領域１８０Ｒ、および、液晶表示素子１０８Ｇ、１０８Ｂの不図示の表示領域の軸ＡＸ、ＡＹに対応する仮想の軸線である。
【００４０】
光路シフトデバイス２は、第１軸Ｊ１、および、第２軸Ｊ２を有する。第１軸Ｊ１および第２軸Ｊ２は、ガラス板３０の回動の中心となる仮想の軸線であり、第１軸Ｊ１は、光学領域３０Ａの中心ＣＥを通る。第２軸Ｊ２は、中心ＣＥを通り、第１軸Ｊ１と交差する。本実施形態では、第１軸Ｊ１と第２軸Ｊ２とは中心ＣＥにおいて互いに直交する。
【００４１】
光路シフトデバイス２は、第１フレーム３１を揺動可能に支持する第２フレーム４と、第２フレーム４を揺動可能に支持するベース部材５と、ガラス板３０を変位させる第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７と、を備える。
【００４２】
ベース部材５は、第１フレーム３１の外側を囲むように配置される環状の部材である。第２フレーム４は、環状の部材であり、第１フレーム３１の外側を囲むように配置されている。第２フレーム４は、ベース部材５に形成された不図示の溝に収容される。
【００４３】
第１フレーム３１は、矩形の光学領域３０Ａの４つの角に対応する方向に突出する突出部３２、３３、３４、３５を有する。突出部３２、３３は第２軸Ｊ２に重なり、突出部３４、３５は第１軸Ｊ１に重なる位置にある。突出部３２は、支持部材３６を介して第２フレーム４に連結される。突出部３３は、光学領域３０Ａの中心ＣＥに対して突出部３２の反対側に突出する。突出部３３は、支持部材３７を介して第２フレーム４に連結される。
【００４４】
支持部材３６、３７は、第２軸Ｊ２上に配置される。支持部材３６は、第２フレーム４と突出部３２との間をつなぐ軸部３６Ａを有する。支持部材３７は、第２フレーム４と突出部３３との間をつなぐ軸部３７Ａを有する。軸部３６Ａ、３７Ａは、ねじれ方向における弾性を有する。支持部材３６と支持部材３７は、それぞれ、第２軸Ｊ２方向における第１フレーム３１の両端部を支持する。第１フレーム３１は、弾性を有する軸部３６Ａ、３７Ａによって、第２軸Ｊ２を中心として所定範囲で回転可能に第２フレーム４に支持される。
【００４５】
突出部３４は、第２フレーム４の内側に形成される空間４２に位置し、自由に移動可能

である。ベース部材５には、第１軸Ｊ１上に、支持部材４５、４６が取り付けられる。支持部材４６は、中心ＣＥに対して支持部材４５の反対側に位置する。支持部材４５と支持部材４６を介して、第１軸Ｊ１上の第２フレーム４の両端部が、ベース部材５によって支持される。

【００４６】

支持部材４５は、第２フレーム４とベース部材５との間をつなぐ軸部４５Ａを有する。支持部材４６は、第２フレーム４とベース部材５との間をつなぐ軸部４６Ａを有する。軸部４５Ａ、４６Ａは、ねじれ方向における弾性を有する。第２フレーム４は、支持部材４５、４６によって、第１軸Ｊ１を中心として所定範囲で回転可能に、ベース部材５に支持される。

【００４７】

ガラス板３０は、第１フレーム３１とともに第１軸Ｊ１周りに揺動可能であり、さらに、第２フレーム４とともに第２軸Ｊ２周りに揺動可能に支持される。

【００４８】

第１軸Ｊ１と第２軸Ｊ２とは互いに直交し、第１軸Ｊ１と矩形の光学領域３０Ａの辺とがなす角度は９０°未満であり、例えば、図に示す角度θは４５°である。このため、本実施形態のガラス板３０は、中心ＣＥを中心として、光学領域３０Ａのいずれの辺とも平行でない２方向に、揺動可能に支持されている。ガラス板３０の揺動方向は、光学領域３０Ａの辺、軸ＢＸ、軸ＢＹのいずれとも平行でない方向が好ましく、より好ましくは、軸ＢＸ、軸ＢＹに対して９０°未満の傾きを有する方向である。最も好ましい例として、ガラス板３０の揺動方向は、図２に示した画素Ｐｘの位置Ｐ０に対する第１位置Ｐ１、第２位置Ｐ２、第３位置Ｐ３、第４位置Ｐ４の各位置の方向と一致する。具体的には、ガラス板３０の揺動方向は軸ＢＸと軸ＢＹのいずれに対しても４５°の方向である。

【００４９】

第１アクチュエーター６は、第２軸Ｊ２上において、第２フレーム４の一端部とベース部材５との間に配置される。第２軸Ｊ２における第２フレーム４の他端部は、ベース部材５に形成された切欠部５１に納められ、自由に移動可能である。なお、第１アクチュエーター６は、第２軸Ｊ２と重なっていなくてもよい。

【００５０】

第１アクチュエーター６は、磁石６１と、コイル６２と、磁石保持板６３と、コイル保持板６４と、を有する振動アクチュエーターである。

【００５１】

磁石保持板６３は、第２フレーム４に固定される。コイル保持板６４は、ベース部材５に固定される。磁石６１は磁石保持板６３に取り付けられ、コイル６２は、磁石６１に対向する位置で、コイル保持板６４によって保持される。磁石６１とコイル６２とは互いに連結されていない。磁石６１とコイル６２との間には、磁石６１とコイル６２とが相互に移動可能な程度に間隙が設けられている。

【００５２】

第２アクチュエーター７は、第１軸Ｊ１上において突出部３５と第２フレーム４との間に配置される。突出部３５とは反対側に位置する突出部３４は、上述のように空間４２に納められ、自由に移動可能である。なお、第２アクチュエーター７は、第１軸Ｊ１と重なっていなくてもよい。

第２アクチュエーター７は、磁石７１と、コイル７２と、磁石保持板７３と、コイル保持板７４と、を有する振動アクチュエーターである。

【００５３】

磁石保持板７３は、第１フレーム３１の突出部３５に固定される。コイル保持板７４は、第２フレーム４に固定される。磁石７１は磁石保持板７３に取り付けられ、コイル７２は、磁石７１に対向する位置で、コイル保持板７４によって保持される。磁石７１とコイル７２とは互いに連結されていない。磁石７１とコイル７２との間には、磁石７１とコイル７２とが相互に移動可能な程度に間隙が設けられている。

【００５４】
図６は、図５に示した光路シフトデバイス２を第１軸Ｊ１に沿って切断した要部断面図である。図６および後述する図７には、ガラス板３０が基準位置にあるときのガラス板３０の法線方向をＺ軸として示す。Ｚ軸は第１軸Ｊ１および第２軸Ｊ２のそれぞれに対して直交する。画像光ＬＬは、Ｚ軸に沿ってガラス板３０に入射する。
【００５５】
第２アクチュエーター７において、磁石７１とコイル７２は対向して配置される。コイル７２は長円形状の空芯コイルであり、第２軸Ｊ２と略平行に延びる２本の有効辺７２１、７２２を備える。コイル７２は、２本の有効辺７２１、７２２がＺ軸に沿って並ぶように位置決めされて、コイル保持板７４に保持される。
【００５６】
磁石７１のＳ極７１１とＮ極７１２は、コイル７２と対向する対向面において、Ｚ軸に沿って並んでいる。磁石７１は永久磁石であり、例えば、ネオジム磁石、サマリウムコバルト磁石、フェライト磁石、アルニコ磁石等を用いることができる。ガラス板３０が基準位置に位置するとき、第２アクチュエーター７は、磁石７１のＳ極７１１とＮ極７１２の一方が有効辺７２１と対向し、他方が有効辺７２２と対向する。
【００５７】
コイル７２に通電すると、磁石７１が、Ｚ軸に沿って、コイル７２に対して相対的に移動する。これにより、磁石７１に固定された第１フレーム３１に対し、第２軸Ｊ２周りの駆動力が加えられ、第１フレーム３１がガラス板３０とともに第２軸Ｊ２周りに回動する。
【００５８】
駆動信号処理回路１２１は、コイル７２に流れる電流の方向、すなわち第２駆動信号ＤＳ２の極性を切り替えることが可能である。コイル７２に流れる電流の方向により、第１フレーム３１の回動方向が変化する。例えば、コイル７２に順方向に電流が流れた場合に磁石７１がＺ軸に沿って一方側に変位する構成であれば、コイル７２に逆方向に電流が流れると、磁石７１はＺ軸に沿って他方側に変位する。このため、駆動信号処理回路１２１が第２アクチュエーター７に入力する第２駆動信号ＤＳ２の極性に応じて、第２アクチュエーター７は、第１フレーム３１をＺ軸に沿って一方側、および、その逆側に回動させる。
【００５９】
図７は、図５に示した光路シフトデバイス２を第２軸Ｊ２に沿って切断した要部断面図であり、特に、第１アクチュエーター６およびその近傍の構成を拡大して示す。
【００６０】
磁石６１とコイル６２は、第２軸Ｊ２に沿って、互いに対向して配置される。コイル６２は長円形状の空芯コイルであり、第１軸Ｊ１と略平行に延びる２本の有効辺６２１、６２２を備える。コイル６２は、２本の有効辺６２１、６２２がＺ軸に沿って並ぶように位置決めされて、コイル保持板６４に固定される。
【００６１】
磁石６１のＳ極６１１とＮ極６１２は、コイル６２と対向する面に、Ｚ軸に沿って並んでいる。磁石６１は永久磁石であり、磁石７１と同様に、ネオジム磁石、サマリウムコバルト磁石、フェライト磁石、アルニコ磁石等を用いることができる。ガラス板３０が基準位置に位置するとき、第１アクチュエーター６は、磁石６１のＳ極６１１とＮ極６１２の一方が有効辺６２１と対向し、他方が有効辺６２２と対向する。
【００６２】
コイル６２に通電すると、磁石６１が、Ｚ軸に沿って、コイル６２に対して相対的に移動する。これにより、磁石６１を保持する第２フレーム４に対し、第１軸Ｊ１周りの駆動力が加えられ、第２フレーム４がガラス板３０とともに第１軸Ｊ１周りに回動する。
【００６３】
駆動信号処理回路１２１は、コイル６２に流れる電流の方向、すなわち第１駆動信号ＤＳ１の極性を切り替えることが可能である。コイル６２に流れる電流の方向により、第２フレーム４の回動方向が変化する。例えば、コイル６２に順方向に電流が流れた場合に磁

石６１がＺ軸に沿って一方側に変位する構成であれば、コイル６２に逆方向に電流が流れると、磁石６１はＺ軸に沿って他方側に変位する。このため、駆動信号処理回路１２１が第１アクチュエーター６に入力する第１駆動信号ＤＳ１の極性に応じて、第１アクチュエーター６は、第２フレーム４をＺ軸に沿って一方側、および、その逆側に回動させる。

【００６４】

第１アクチュエーター６において、磁石保持板６３およびコイル保持板６４は、鉄などの金属からなり、バックヨークとして機能する。第２アクチュエーター７においても同様に、磁石保持板７３およびコイル保持板７４は、鉄などの金属からなり、バックヨークとして機能する。これらのバックヨークは、漏れ磁束を少なくし、磁気効率を上げる効果を奏する。

【００６５】

第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７の動作によって、ガラス板３０に対する画像光ＬＬの入射角度が基準位置から傾くことにより、ガラス板３０は、ガラス板３０に入射した画像光ＬＬを屈折させつつ透過させる。従って、目的とする入射角度になるように、ガラス板３０の姿勢を変化させることにより、画像光ＬＬの偏向方向や偏向量を制御できる。

【００６６】

図８は、光変調装置１０８と光路シフトデバイス２の相対位置を示す説明図である。図８には、図５に示した光路シフトデバイス２の各部に、光変調装置１０８の構成を重ねて示す。図８は、画像光ＬＬの光路において投射光学系１１２の位置から光路シフトデバイス２及び光変調装置１０８を見た状態を示している。

【００６７】

ダイクロイックプリズム１１０は、Ｚ軸に沿った平面視、すなわちガラス板３０の平面視において光路シフトデバイス２のガラス板３０に重なる位置にある。ダイクロイックプリズム１１０に対向して、液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂが配置される。液晶表示素子１０８Ｇは、ガラス板３０の平面視において、ダイクロイックプリズム１１０及びガラス板３０に重なる位置にあり、液晶表示素子１０８Ｒおよび液晶表示素子１０８ＢはダイクロイックプリズムＬ１１０に対してＢＸ軸に沿って反対側に位置する。

液晶表示素子１０８Ｒは、液晶フレーム１６１Ｒに取り付けられる。液晶表示素子１０８Ｇの位置は、ダイクロイックプリズム１１０に対してガラス板３０の反対側である。

【００６８】

液晶表示素子１０８Ｒとダイクロイックプリズム１１０との間には、偏光素子１７０Ｒが配置される。偏光素子１７０Ｒは、液晶表示素子１０８Ｒに対応する矩形の光学部材である。液晶表示素子１０８Ｒにより変調された赤色光は、偏光素子１７０Ｒにより偏光を整えられ、ダイクロイックプリズム１１０に入射する。

偏光素子１７０Ｒには、偏光素子１７０Ｒの周囲を囲む偏光素子フレーム１７１Ｒが取り付けられ、偏光素子フレーム１７１Ｒは液晶フレーム１６１Ｒに固定される。また、液晶表示素子１０８Ｒには、液晶表示素子１０８Ｒの周囲を囲む固定フレーム１７２Ｒが取り付けられ、固定フレーム１７２Ｒを介して液晶フレーム１６１Ｒに固定される。

【００６９】

液晶表示素子１０８Ｒ、および、偏光素子１７０Ｒは、偏光素子フレーム１７１Ｒおよび固定フレーム１７２Ｒによって、ダイクロイックプリズム１１０に対して適切な位置で保持される。

【００７０】

液晶表示素子１０８Ｂは、液晶フレーム１６１Ｂに取り付けられる。

液晶表示素子１０８Ｂとダイクロイックプリズム１１０との間には、偏光素子１７０Ｂが配置される。偏光素子１７０Ｂは、液晶表示素子１０８Ｂに対応する矩形の光学部材である。液晶表示素子１０８Ｂにより変調された青色光は、偏光素子１７０Ｂにより偏光を整えられ、ダイクロイックプリズム１１０に入射する。

偏光素子１７０Ｂには、偏光素子１７０Ｂの周囲を囲む偏光素子フレーム１７１Ｂが取

り付けられ、偏光素子フレーム１７１Ｂは液晶フレーム１６１Ｂに固定される。また、液晶表示素子１０８Ｂには、液晶表示素子１０８Ｂの周囲を囲む固定フレーム１７２Ｂが取り付けられ、固定フレーム１７２Ｂを介して液晶フレーム１６１Ｂに固定される。

【００７１】

液晶表示素子１０８Ｂ、および、偏光素子１７０Ｂは、偏光素子フレーム１７１Ｂおよび固定フレーム１７２Ｂによって、ダイクロイックプリズム１１０に対して適切な位置で保持される。

【００７２】

また、図示はしないが、液晶表示素子１０８Ｇは、液晶表示素子１０８Ｒおよび液晶表示素子１０８Ｂと同様に、偏光素子１７０Ｇと連結され、ダイクロイックプリズム１１０に対して適切な位置で固定される。

【００７３】

液晶フレーム１６１Ｒ、１６１Ｂ、偏光素子フレーム１７１Ｒ、１７１Ｂ、および、固定フレーム１７２Ｒ、１７２Ｂは、液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｂや偏光素子１７０Ｒ、１７０Ｂを確実に固定可能な剛性を有する。これら液晶フレーム１６１Ｒ、１６１Ｂ、偏光素子フレーム１７１Ｒ、１７１Ｂ、および、固定フレーム１７２Ｒ、１７２Ｂの少なくとも一部は、固定部材を構成する。これら固定部材は、高い剛性を有し、重量を抑えることが可能な構成であることが望まれるため、金属製とすることが好ましい。一方、固定部材を金属製とした場合、光路シフトデバイス２の第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７の磁力に対する影響が懸念される。なお、液晶表示素子１０８Ｇの固定部材は、光路シフトデバイス２との距離が液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｂの固定部材よりも遠いため、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７への影響はない。

【００７４】

本実施形態では、図８に示したように、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７が光路シフトデバイス２の角部に配置される。詳細には、第１アクチュエーター６は第２軸Ｊ２に沿った方向における第２フレーム４の端部に配置され、第２アクチュエーター７は、第１軸Ｊ１に沿った方向における第１フレーム３１の端部に配置される。このため、ガラス板３０を含む面内において、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７がそれぞれ第１フレーム３１および第２フレーム４の辺上にある場合と比較して、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７はガラス板３０から離れた位置にある。仮に、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７がこれらの辺上にある場合、固定部材と対向してしまう恐れがある。光路シフトデバイス２全体のＸ軸に沿った長さを長くすれば、第１アクチュエーター６または第２アクチュエーター７と固定部材とを対向しない位置に配置できるが、装置全体が大型化してしまう。

【００７５】

これに対し、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７が光路シフトデバイス２の角部に配置されていると、光路シフトデバイス２の大きさが、光路シフトデバイス２の辺と固定部材とが平面視で重なる大きさであっても、第１アクチュエーター６と第２アクチュエーター７との間の距離が固定部材の長さよりも大きければ、角部にある第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７は固定部材と重ならない。従って、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７の磁力と、ダイクロイックプリズム１１０の周囲に配置される各種金属製部材との相互の影響について、懸念は解消されている。

【００７６】

［１－６．光路シフトデバイスの駆動信号］

光路シフトデバイス２は、駆動信号処理回路１２１から供給される駆動信号ＤＳにより、ガラス板３０を第１軸Ｊ１周りの第１揺動方向、および、第２軸Ｊ２周りの第２揺動方向の２方向に揺動させる。第１アクチュエーター６では、駆動信号処理回路１２１から入力する第１駆動信号ＤＳ１に基づいてコイル６２に電流が流れ、磁石６１が変位する。第２アクチュエーター７では、第２駆動信号ＤＳ２に基づいてコイル７２に電流が流れ、磁

石７１が変位する。

【００７７】

図９は、駆動信号ＤＳの波形および画素Ｐｘの位置の変化を示すタイミングチャートである。図９のタイミングチャートにおいて、（ａ）は第１駆動信号ＤＳ１の波形を示し、（ｂ）は第２駆動信号ＤＳ２の波形を示し、（ｃ）は画素Ｐｘの位置を示す。図９における符号ｔ１－ｔ９はそれぞれ特定の時刻を示している。図９に示す符号ＰＡ、ＰＢ、ＰＣ、ＰＤは、画素Ｐｘにより表示される画像を指している。画像ＰＡ、ＰＢ、ＰＣ、ＰＤは、それぞれ、図２に示した第１位置Ｐ１、第３位置Ｐ３、第４位置Ｐ４、第２位置Ｐ２に表示される画像である。

【００７８】

図９には、第１駆動信号ＤＳ１の信号レベルＡ、および、第２駆動信号ＤＳ２の信号レベルＢを示す。

この例では、プロジェクター１が画像ＰＢ、ＰＤ、ＰＣ、ＰＡの順に画像を表示する。光路シフトデバイス２が光路を移動させる方向は、第３方向Ｆ３、第２方向Ｆ２、第４方向Ｆ４、第１方向Ｆ１の順で変化する。第１駆動信号ＤＳ１および第２駆動信号ＤＳ２は、正の信号レベル、負の信号レベル、および０のレベルの間を変化する。すなわち、第１駆動信号ＤＳ１および第２駆動信号ＤＳ２の電流値は、それぞれ、正の値、負の値、および０の間を変化する。第１駆動信号ＤＳ１の信号レベル、及び、第２駆動信号ＤＳ２の信号レベルは、値と言い換えることができる。

【００７９】

第１アクチュエーター６は、第１駆動信号ＤＳ１が正の値である場合に、ガラス板３０を第１軸Ｊ１周りに正方向に回動させ、第１駆動信号ＤＳ１が負の値である場合に、ガラス板３０を第１軸Ｊ１周りに逆方向に回動させる。第２アクチュエーター７は、第２駆動信号ＤＳ２が正の値である場合に、ガラス板３０を第２軸Ｊ２周りに正方向に回動させ、第２駆動信号ＤＳ２が負の値である場合に、ガラス板３０を第２軸Ｊ２周りに逆方向に回動させる。

【００８０】

第１駆動信号ＤＳ１の信号レベルＡ＝０の状態は、第１駆動信号ＤＳ１が第１アクチュエーター６を実質的に励磁していない状態である。この状態で、信号レベルＡは完全に０でなくてもよい。また、信号レベルＡ＝０の区間において、信号レベルＡは０であってもよい。また、信号レベルＡ＝０の区間において、第１アクチュエーター６の磁力がガラス板３０を変位させない程度の磁力であって、信号レベルＡが０でない状態であってもよい。言い換えれば、ガラス板３０の変位が実質的に無く、信号レベルＡが０でない状態であってもよい。

【００８１】

同様に、第２駆動信号ＤＳ２の信号レベルＢ＝０の状態は、第２駆動信号ＤＳ２が第２アクチュエーター７を実質的に励磁していない状態である。この状態で、信号レベルＢは完全に０でなくてもよい。信号レベルＢ＝０の区間において、信号レベルＢは０であってもよい。また、信号レベルＢ＝０の区間において、第２アクチュエーター７の磁力がガラス板３０を変位させない程度の磁力であって信号レベルＢが０でない状態であってもよい。言い換えれば、ガラス板３０の変位が実質的に無く信号レベルＢが０でない状態であってもよい。

【００８２】

信号レベルＡの値ａ１は正の所定値であり、値ａ２は負の所定値である。信号レベルＢの値ｂ１は正の所定値であり、値ｂ２は負の所定値である。

図９では、動作開始から時刻ｔ１にかけて第１駆動信号ＤＳ１が立ち上がり、信号レベルＡがａ１に達する。第１駆動信号ＤＳ１の信号レベルＡが正であり、第２駆動信号ＤＳ２の信号レベルＢが０であるとき、光路シフトデバイス２は、図２に示す第３方向Ｆ３に光路をシフトさせる。これにより、プロジェクター１は画像ＰＢを表示する。

【００８３】

時刻ｔ２から時刻ｔ３にかけて第１駆動信号ＤＳ１が立ち下がるとともに第２駆動信号ＤＳ２が立ち上がり、信号レベルＡが０、信号レベルＢがｂ１に達する。光路シフトデバイス２は、信号レベルＢが正であり、信号レベルＡが０であるとき、図２に示す第２方向Ｆ２に光路をシフトさせる。これにより、プロジェクター１は画像ＰＤを表示する。

【００８４】

時刻ｔ４から時刻ｔ５にかけて第１駆動信号ＤＳ１が立ち下がるとともに第２駆動信号ＤＳ２が立ち下がり、信号レベルＡがａ２、信号レベルＢが０に達する。光路シフトデバイス２は、信号レベルＡが負であり、信号レベルＢが０であるとき、図２に示す第４方向Ｆ４に光路をシフトさせる。これにより、プロジェクター１は画像ＰＣを表示する。

【００８５】

時刻ｔ６から時刻ｔ７にかけて第１駆動信号ＤＳ１が立ち上がるとともに第２駆動信号ＤＳ２が立ち下がり、信号レベルＡが０、信号レベルＢがｂ２に達する。光路シフトデバイス２は、信号レベルＢが負であり、信号レベルＡが０であるとき、図２に示す第１方向Ｆ１に光路をシフトさせる。これにより、プロジェクター１は画像ＰＡを表示する。

【００８６】

時刻ｔ８から時刻ｔ９にかけて第１駆動信号ＤＳ１が立ち上がるとともに第２駆動信号ＤＳ２が立ち上がり、信号レベルＡがａ１、信号レベルＢが０に達すると、プロジェクター１は画像ＰＢを表示する。

【００８７】

光路シフトデバイス２は、第１アクチュエーター６によって光路を第３方向Ｆ３および第４方向Ｆ４にシフトさせる。また、第２アクチュエーター７によって光路を第１方向Ｆ１および第２方向Ｆ２にシフトさせる。つまり、第１方向Ｆ１～第４方向Ｆ４の４つの方向に光路をシフトさせる過程で、第１アクチュエーター６と第２アクチュエーター７とが同時に励磁された状態を必要としない。

【００８８】

従って、図９に示すように、画像を表示している期間において、信号レベルＡと信号レベルＢが同時に正の値に維持される期間、および、同時に負の値に維持される期間がないことから、駆動信号処理回路１２１が出力する駆動信号ＤＳの電流値を抑えることができ、光路シフトデバイス２を駆動するための消費電力を抑制できる。

【００８９】

また、区間ｔ２－ｔ３、ｔ４－ｔ５等に示すように、光路をシフトさせる方向が切り替わるときは、第１アクチュエーター６と第２アクチュエーター７を個別に動作させることができる。具体的には、第１駆動信号ＤＳ１の立ち上がりまたは立ち下がりのタイミングと、第２駆動信号ＤＳ２の立ち上がりまたは立ち下がりのタイミングとが重なってもよい。このため、短時間で光路のシフト方向を切り替えることができる。

【００９０】

投写画像１０１Ａが不鮮明になることを防ぐため、光路のシフト方向を切り替える間は、画像を表示しないことが望ましい。図９に示したように、光路シフトデバイス２は、短時間で光路のシフト方向を切り替えることが可能であるため、画像を表示しない期間が短く、画像を表示できる時間の割合が大きい。これにより、解像感が高く、表示品位の高い投写画像１０１Ａを投写できる。

【００９１】

以上説明したように、光路シフトデバイス２は、平面視で矩形の光学領域３０Ａに光が入射するガラス板３０と、第１アクチュエーター６と、第２アクチュエーター７と、を有する。第１アクチュエーター６は、平面視における光学領域３０Ａの中心ＣＥを通り、光学領域３０Ａの第１辺とのなす角が９０°未満である第１軸Ｊ１周りに、ガラス板３０を変位させる。第２アクチュエーター７は、光学領域３０Ａの中心ＣＥを通り、第１軸Ｊ１と直交する第２軸Ｊ２周りに、ガラス板３０を変位させる。

【００９２】

表示装置としてのプロジェクター１は、光源１０２と、光源１０２から出射される光を

変調する光変調装置１０８と、光路シフトデバイス２と、光路シフトデバイス２を透過した光を透過させる投射光学系１１２と、を有する。光路シフトデバイス２は、平面視で矩形の光学領域３０Ａに光が入射するガラス板３０と、第１アクチュエーター６と、第２アクチュエーター７と、を有する。第１アクチュエーター６は、平面視における光学領域３０Ａの中心ＣＥを通り、光学領域３０Ａの第１辺とのなす角が９０°未満である第１軸Ｊ１周りに、ガラス板３０を変位させる。第２アクチュエーター７は、光学領域３０Ａの中心ＣＥを通り、第１軸Ｊ１と直交する第２軸Ｊ２周りに、ガラス板３０を変位させる。

【００９３】

この構成によれば、第１アクチュエーター６を動作させることにより、光学領域３０Ａの第１辺とのなす角が９０°未満である第１軸Ｊ１周りにガラス板３０を揺動させることができる。また、第２アクチュエーター７を動作させることにより、第１軸Ｊ１と直交する第２軸Ｊ２周りに、ガラス板３０を揺動させることができる。このため、第１アクチュエーター６と第２アクチュエーター７を１つずつ動作させることによって、複数の異なる方向であって、光学領域３０Ａの辺に平行でない方向に、画像光ＬＬをシフトさせることができる。第１軸Ｊ１と第１辺とのなす角が９０°である場合には、光学領域３０Ａの辺に平行でない方向に画像光ＬＬをシフトさせるためには、第１アクチュエーター６と第２アクチュエーター７の両方を動作させる必要がある。第１軸Ｊ１と第１辺とのなす角が９０°未満であるにより、第１軸Ｊ１と第１辺とのなす角が９０°である場合と比較して、画像光ＬＬをシフトさせて表示画像を高解像度化する動作を、低い消費電力によって実行できる。

【００９４】

光路シフトデバイス２において、第１軸Ｊ１と、光学領域３０Ａの第１辺とのなす角は４５°であってもよい。この場合、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７を動作させることにより、矩形の光学領域３０Ａの辺と平行な所定方向、および、所定方向に直交する方向に並ぶ複数の位置に、画像光ＬＬをシフトさせることができる。このため、図２に示したように、直交する軸に沿ってマトリクス状に並ぶ複数の位置に画像光ＬＬをシフトさせることができ、矩形の投写画像１０１Ａを投写する場合等に最適な高解像度化を実現できる。

【００９５】

光路シフトデバイス２において、第１アクチュエーター６は、第２軸Ｊ２と重なる位置に配置される構成であってもよい。この場合、第１アクチュエーター６と第２アクチュエーター７を動作させることにより、互いに直交する方向に並ぶ複数の位置に、画像光ＬＬをシフトさせることができる。これにより、矩形の投写画像１０１Ａを投写する場合等に最適な高解像度化を実現できる。

【００９６】

光路シフトデバイス２は、第１フレーム３１と、第２フレーム４と、ベース部材５と、を備える。第１フレーム３１は、ガラス板３０を支持する。第２フレーム４は、第１フレーム３１を支持する。ベース部材５は、第２フレーム４を支持する。光路シフトデバイス２において、第１アクチュエーター６はベース部材５に取り付けられ、第２フレーム４を第１軸Ｊ１周りに変位させる。第２アクチュエーター７は第２フレーム４に取り付けられ、第１フレーム３１を第２軸Ｊ２周りに変位させる。

この構成によれば、第２アクチュエーター７を動作させることにより、第１フレーム３１とともにガラス板３０を揺動させ、第１アクチュエーター６を動作させることにより、第２フレーム４および第１フレーム３１とともにガラス板３０を揺動させることができる。このため、第１アクチュエーター６の動作と第２アクチュエーター７の動作とが互いに干渉することがないので、第１アクチュエーター６と第２アクチュエーター７とを同時に動作させて、画像光ＬＬをシフトさせる動作を短時間で完了できる。従って、ガラス板３０を短時間で移動させることができ、ガラス板３０の移動中に表示を停止した場合であっても、投写画像１０１Ａの解像感を損なわないという利点がある。

【００９７】

プロジェクター１は、駆動信号処理回路１２１を備える。駆動信号処理回路１２１が第１アクチュエーター６に第１駆動信号ＤＳ１を出力することによって、プロジェクター１は、光変調装置１０８によって変調された光をガラス板３０から第３位置Ｐ３または第４位置Ｐ４に導光する。駆動信号処理回路１２１が第２アクチュエーター７に第２駆動信号ＤＳ２を出力することによって、プロジェクター１は、光変調装置１０８によって変調された光をガラス板３０から第１位置Ｐ１または第２位置Ｐ２に導光する。

この構成によれば、駆動信号処理回路１２１から第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７のそれぞれに駆動信号ＤＳを出力することにより、４つの異なる位置に画像光ＬＬを導くことができる。これにより、低い消費電力で、投写画像１０１Ａの高解像度化を実現できる。

【００９８】

第４位置Ｐ４は、第２軸Ｊ２に沿って、第１軸Ｊ１に対して第３位置Ｐ３とは反対側であり、第２位置Ｐ２は、第１軸Ｊ１に沿って、第２軸Ｊ２に対して第１位置Ｐ１とは反対側である。

この構成によれば、基準位置から第１位置Ｐ１、第２位置Ｐ２、第３位置Ｐ３、および第４位置Ｐ４の各位置への移動が、１つのアクチュエーターの動作により実現される。このため、短い時間で、かつ低い消費電力でガラス板３０を変位させて、マトリクス状に並ぶ４つの位置に、画像光ＬＬをシフトさせることができる。これにより、矩形の投写画像１０１Ａを投写する場合等に最適な高解像度化を実現できる。

【００９９】

プロジェクター１は、光変調装置１０８を固定する金属製の固定部材を備える。固定部材は、例えば、液晶フレーム１６１Ｒ、１６１Ｂ、偏光素子フレーム１７１Ｒ、１７１Ｂ、および、固定フレーム１７２Ｒ、１７２Ｂの少なくとも一部を含む。第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７は、ガラス板３０の平面視において固定部材と重ならない位置に配置される。この構成によれば、軽量で高い剛性を有する金属性部材を用いて、光変調装置１０８を固定することにより、画像光ＬＬの位置ずれを防止できる。また、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７が磁力によりガラス板３０を変位させる構成である場合に、金属製の固定部材との間に磁気的な影響を生じるおそれがなく、より確実に、かつ速やかにガラス板３０を揺動させることができる。

【０１００】

プロジェクター１は、光源１０２と、光源１０２から出射される光を変調する光変調装置１０８と、光変調装置１０８によって変調された光が、平面視で矩形の光学領域３０Ａに入射するガラス板３０と、を備える。プロジェクター１は、平面視におけるガラス板３０の中心を通り、光学領域３０Ａの第１辺とのなす角が９０°未満である第１軸Ｊ１周りに、ガラス板３０を変位させる第１アクチュエーター６と、光学領域３０Ａの中心を通り、第１軸Ｊ１と直交する第２軸Ｊ２周りに、ガラス板３０を変位させる第２アクチュエーター７と、を含む光学デバイス２を備える。プロジェクター１は、光学デバイス２を透過した光を透過させる光学系と、を備える。

この構成によれば、駆動信号処理回路１２１から第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７のそれぞれに駆動信号ＤＳを出力することにより、４つの異なる位置に画像光ＬＬを導くことができる。これにより、低い消費電力で、投写画像１０１Ａの高解像度化を実現できる。

【０１０１】

［２．第２実施形態］

図１０は、第２実施形態の光路シフトデバイス２Ａの構成を示す平面図である。

光路シフトデバイス２Ａは、光路シフトデバイス２に、第３アクチュエーター８、および、第４アクチュエーター９を設けた構成である。第３アクチュエーター８および第４アクチュエーター９に関する構成を除き、光路シフトデバイス２Ａの構成は光路シフトデバイス２と共通する。共通する構成部には同符号を付し、説明を省略する。

【０１０２】

第３アクチュエーター８は、光路シフトデバイス２が有する切欠部５１に配置される。第３アクチュエーター８は、磁石８１およびコイル８２を有する。磁石８１は、磁石保持板８３によって第２フレーム４に固定される。コイル８２は、コイル保持板８４によって、磁石８１に対向する位置でベース部材５に固定される。磁石８１とコイル８２とは互いに固定されず、第２軸Ｊ２に沿う方向に対向する。

【０１０３】

第３アクチュエーター８は、第１アクチュエーター６と同様に、コイル８２に通電されることにより、磁石８１とともに第２フレーム４を変位させる。

【０１０４】

コイル８２は、コイル６２と同様の長円形状の空芯コイルであり、第１軸Ｊ１と略平行に延びる２本の有効辺を備える。コイル８２は、２本の有効辺がＺ軸に沿って並ぶように位置決めされて、コイル保持板８４に固定される。

【０１０５】

磁石８１は、磁石６１と同様に、コイル８２と対向する対向面にＳ極とＮ極がＺ軸に沿って並んだ構成を有する。磁石８１および後述する磁石９１は永久磁石であり、磁石６１、７１と同様に、ネオジム磁石、サマリウムコバルト磁石、フェライト磁石、アルニコ磁石等を用いることができる。ガラス板３０が基準位置に位置するとき、第３アクチュエーター８は、磁石８１のＳ極とＮ極のうち一方が、コイル８２の一方の有効辺と対向し、磁石８１のＳ極とＮ極のうち他方が、コイル８２の他方の有効辺と対向する。

【０１０６】

コイル８２に通電すると、磁石８１が、Ｚ軸に沿って、コイル８２に対して相対的に移動する。これにより、磁石８１を保持する第２フレーム４に対し、第１軸Ｊ１周りの駆動力が加えられ、第２フレーム４がガラス板３０とともに第１軸Ｊ１周りに回動する。

【０１０７】

第３アクチュエーター８が第２フレーム４を揺動させる動作は、第１アクチュエーター６が第２フレーム４を揺動させる動作と同期させることが好ましい。この場合、第２フレーム４に対し、第１軸Ｊ１周りの駆動力が第１アクチュエーター６と第３アクチュエーター８の２カ所から加わる。このため、光路シフトデバイス２よりも高速に第２フレーム４を揺動させ、光路をシフトさせる動作をより短時間で完了できる。

【０１０８】

第１アクチュエーター６と第３アクチュエーター８とは、第２フレーム４を、Ｚ軸の方向に、互いに逆方向に変位させる。この構成の具体例を挙げる。例えば、第３アクチュエーター８において、コイル８２は、コイル８２が有する２本の有効辺が、コイル６２の２本の有効辺６２１、６２２と同様の位置関係となるよう構成される。さらに、Ｚ軸に沿った方向における磁石８１のＳ極とＮ極の配置を、磁石６１のＳ極とＮ極の配置と同様とする。そして、第３アクチュエーター８に対して、駆動信号処理回路１２１から、第１駆動信号ＤＳ１を反転した駆動信号を入力する。

【０１０９】

また、例えば、コイル８２が有する２本の有効辺の配置をコイル６２と同様とし、磁石８１のＳ極とＮ極の配置を、磁石６１のＳ極とＮ極の配置に逆とする構成が挙げられる。この構成では、第３アクチュエーター８に対して、駆動信号処理回路１２１から、第１駆動信号ＤＳ１と同じ駆動信号を入力すればよい。

【０１１０】

第４アクチュエーター９は、光路シフトデバイス２Ａにおいて突出部３４を収容する空間４２に配置される。第４アクチュエーター９は、磁石９１およびコイル９２を有する。磁石９１は、磁石保持板９３によって突出部３４に保持される。コイル９２は、コイル保持板９４によって、磁石９１に対向する位置で第２フレーム４に固定される。磁石９１とコイル９２とは互いに固定されず、第１軸Ｊ１に沿う方向に対向する。

【０１１１】

第４アクチュエーター９は、第２アクチュエーター７と同様に、コイル９２に通電され

ることにより、磁石９１とともに第１フレーム３１を変位させる。
【０１１２】
コイル９２は、コイル７２と同様の長円形状の空芯コイルであり、第２軸Ｊ２と略平行に延びる２本の有効辺を備える。コイル９２は、２本の有効辺がＺ軸に沿って並ぶように位置決めされて、コイル保持板９４に固定される。
【０１１３】
磁石９１は、磁石７１と同様に、コイル９２と対向する対向面にＳ極とＮ極がＺ軸に沿って並んだ構成を有する。ガラス板３０が基準位置に位置するとき、第４アクチュエーター９は、磁石９１のＳ極とＮ極のうち一方が、コイル９２の一方の有効辺と対向し、磁石９１のＳ極とＮ極のうち他方が、コイル９２の他方の有効辺と対向する。
【０１１４】
コイル９２に通電すると、磁石９１が、Ｚ軸に沿って、コイル９２に対して相対的に移動する。これにより、磁石９１を保持する第１フレーム３１に対し、第２軸Ｊ２周りの駆動力が加えられ、第１フレーム３１がガラス板３０とともに第２軸Ｊ２周りに回動する。
【０１１５】
第４アクチュエーター９が第１フレーム３１を揺動させる動作は、第２アクチュエーター７が第１フレーム３１を揺動させる動作と同期させることが望ましい。この場合、第１フレーム３１に対し、第２軸Ｊ２周りの駆動力が第２アクチュエーター７と第４アクチュエーター９の２カ所から加わる。このため、光路シフトデバイス２よりも高速に第１フレーム３１を揺動させ、光路をシフトさせる動作をより短時間で完了できる。
【０１１６】
第２アクチュエーター７と第４アクチュエーター９とは、第１フレーム３１を、Ｚ軸に沿う方向において、互いに逆側に変位させる。この構成の具体例としては、例えば、第４アクチュエーター９において、コイル９２が有する２本の有効辺の配置を、コイル７２が有する２本の有効辺７２１、７２２と同様とする。さらに、磁石９１のＳ極とＮ極の配置を、磁石７１のＳ極とＮ極の配置と同様とする。そして、第４アクチュエーター９に対して、駆動信号処理回路１２１から、第２駆動信号ＤＳ２を反転した駆動信号を入力する。
【０１１７】
また、例えば、コイル９２が有する２本の有効辺の配置をコイル７２と同様とし、磁石９１のＳ極とＮ極の配置を、磁石７１のＳ極とＮ極の配置に逆とする構成が挙げられる。この構成では、第４アクチュエーター９に対して、駆動信号処理回路１２１から、第２駆動信号ＤＳ２と同じ駆動信号を入力すればよい。
【０１１８】
このように、第２実施形態の光路シフトデバイス２Ａは、光路シフトデバイス２と同様に、ガラス板３０を揺動させることによって光路をシフトさせる機能を備え、第１実施形態で説明した構成と同様の効果を奏する。また、プロジェクター１を、光路シフトデバイス２に代えて光路シフトデバイス２Ａを備える構成とした場合、第１実施形態で説明したプロジェクター１と同様の作用効果が期待できる。
【０１１９】
さらに、光路シフトデバイス２Ａを用いる構成では、ガラス板３０を揺動させて光路をシフトさせる動作を、より短時間で完了できる。光路シフトデバイス２Ａは、２つのアクチュエーター６、８の駆動力により、ガラス板３０を第１軸Ｊ１周りに揺動させる。また、２つのアクチュエーター７、９の駆動力により、ガラス板３０を第２軸Ｊ２周りに揺動させる。このため、ガラス板３０を、より大きな駆動力で揺動させることができ、光路シフトをより高速に実行できる。
【０１２０】
［３．第３実施形態］
図１１は、第３実施形態における表示素子１３０の構成を示す平面図である。表示素子１３０は、光変調装置１０８の代替として用いられる。表示素子１３０は複数の表示画素１３１を有し、画像信号処理回路１２２が出力するデータ信号Ｒｖ、Ｇｖ、Ｂｖに従って

各表示画素１３１を駆動して画像を描画する。表示素子１３０は光変調装置の一例である。本実施形態では、プロジェクター１が、液晶表示素子１０８Ｒ、１０８Ｇ、１０８Ｂに代えて３つの表示素子１３０を備える。すなわち、プロジェクター１は、赤色光（Ｒ）を変調する表示素子１３０と、緑色光（Ｇ）を変調する表示素子１３０と、青色光（Ｂ）を変調する表示素子１３０とを設けた構成である。

【０１２１】

表示素子１３０は、例えば、ＭＥＭＳ（Ｍｉｃｒｏ Ｅｌｅｃｔｒｏ Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ Ｓｙｓｔｅｍｓ）技術により形成されたデジタルマイクロミラーデバイスで構成される。この場合、表示画素１３１はミラーで構成される。表示素子１３０は、例えば、透過型の液晶パネルや反射型の液晶パネルであってもよく、この場合、表示画素１３１は、液晶パネルの表示画素である。

【０１２２】

表示素子１３０においては、表示画素１３１が、Ｘ軸の方向およびＹ軸の方向に並べて配置される。ここで、Ｘ軸およびＹ軸は、図４に示した液晶表示素子１０８ＲのＸ軸およびＹ軸と同じ方向であり、表示素子１３０が形成する画像の水平方向および垂直方向に相当する。

表示画素１３１は、矩形形状を有し、全ての辺がＸ軸およびＹ軸に対して傾いている。このため、表示素子１３０が形成する画像の外縁は鋸歯形状となる。

【０１２３】

図１２は、第３実施形態における光路シフトを示す説明図である。図１２は、図２と同様に、ダイクロイックプリズム１１０からガラス板３０を見た図に相当する。

後述するように、第３実施形態において、プロジェクター１は、第１実施形態で説明した光路シフトデバイス２を備える。光路シフトデバイス２は、表示画素１３１の形状および方向に対応して、Ｘ軸およびＹ軸に対し斜めに配置されている。

【０１２４】

ガラス板３０には、表示素子１３０により変調された画像光ＬＬが通る光学領域３０Ｂが、中央に位置する。光学領域３０ＢはＸ軸およびＹ軸に対して斜めの辺で構成される矩形の領域である。光学領域３０Ｂの辺に対し、第１軸Ｊ１および第２軸Ｊ２は、９０°未満の角度で傾いている。例えば、後述する図１３に示す角度θ２は４５°である。

【０１２５】

表示画素１３１が形成する画像の画素Ｐｘは、図１２に示すように、Ｘ軸およびＹ軸に対して斜め方向の辺で構成される矩形の画素である。光路シフトデバイス２がガラス板３０を変位させない状態におけるガラス板３０の位置を、基準位置とする。光路シフトデバイス２の基準位置において、画素Ｐｘは、位置Ｐ１０に位置する。

【０１２６】

図１２に示す第１位置Ｐ１１は、図２に示した第１位置Ｐ１を、第１軸Ｊ１と第２軸Ｊ２との交点を中心として、反時計回りに４５°回転させた位置と見なすことができる。同様に、第３位置Ｐ１３、第２位置Ｐ１２、及び、第４位置Ｐ１４は、図２に示した第３位置Ｐ３、第２位置Ｐ２、及び、第４位置Ｐ４を、反時計回りに４５°回転させた位置に相当する。

【０１２７】

ガラス板３０は、第１アクチュエーター６の動作によって第１軸Ｊ１周りに正方向、および、逆方向に変位する。第１軸Ｊ１周りの正方向は、Ｙ軸に重なるガラス板３０の隅のうちＹ＋側の隅がＸＹ平面に対して手前に変位する方向であり、第１軸Ｊ１周りの逆方向は、ガラス板３０のＹ－側の隅がＸＹ平面に対して手前に変位する方向である。光路シフトデバイス２のガラス板３０が第１軸Ｊ１周りに正方向に変位すると、画素Ｐｘは第３方向Ｆ１３に移動して、第３位置Ｐ１３に位置する。第３位置Ｐ１３は、位置Ｐ１０に対してＹ＋方向に半画素分だけシフトした位置である。ガラス板３０が第１軸Ｊ１周りに逆方向に変位すると、画素Ｐｘは第４方向Ｆ１４に移動し、第４位置Ｐ１４に位置する。第４位置Ｐ１４は、位置Ｐ１０に対してＹ－方向に半画素分だけシフトした位置である。ここ

で、半画素分とは画素Ｐｘのサイズの半分に相当する距離をいう。

【０１２８】

第１位置Ｐ１１は第３位置に相当し、第２位置Ｐ１２は第４位置に相当する。逆に、第１位置Ｐ１１が第４位置に相当し、第２位置Ｐ１２が第３位置に相当する構成であってもよい。第３位置Ｐ１３は、第１位置に相当し、第４位置Ｐ１４は第２位置に相当する。逆に、第３位置Ｐ１３が第２位置に相当し、第４位置Ｐ１４が第１位置に相当する構成であってもよい。

【０１２９】

ガラス板３０は、第２アクチュエーター７の動作によって第２軸Ｊ２周りに正方向、および、逆方向に変位する。第２軸Ｊ２周りの正方向は、Ｘ軸に重なるガラス板３０の隅のうちＸ－側の隅がＸＹ平面に対して手前に変位する方向であり、第２軸Ｊ２周りの逆方向は、ガラス板３０のＸ＋側の隅がＸＹ平面に対して手前に変位する方向である。ガラス板３０が第２軸Ｊ２周りに正方向に変位すると、画素Ｐｘは第２方向Ｆ１２に移動し、画素Ｐｘは第２位置Ｐ１２に位置する。第２位置Ｐ１２は位置Ｐ１０に対し、Ｘ－方向に半画素分だけシフトした位置である。ガラス板３０が第２軸Ｊ２周りに逆方向に変位すると、画素Ｐｘは第１方向Ｆ１１に移動し、画素Ｐｘは第１位置Ｐ１１に位置する。第１位置Ｐ１１は、位置Ｐ１０に対しＸ＋方向に半画素分だけシフトした位置である。

【０１３０】

プロジェクター１は、第３方向Ｆ１３、第２方向Ｆ１２、第４方向Ｆ１４、および、第１方向Ｆ１１の光路のシフトを順に実行し、各シフト位置で画像ＰＢ、ＰＤ、ＰＣ、ＰＡを表示することにより、見かけ上の画素を増加させる。これにより、投写画像１０１Ａは、画素Ｐｘより小さいサイズの画素で構成される、より高解像度の画像として視認される。

図１２に示す動作は一例であり、画素Ｐｘのずれ量は、半画素分に限定されず、例えば、画素Ｐｘの１／４であってもよいし、３／４であってもよい。

【０１３１】

図１３は、第３実施形態の光路シフトデバイス２の平面図である。

光路シフトデバイス２は、第１軸Ｊ１がＹ軸と平行となり、第２軸Ｊ２がＸ軸と平行となるように配置される。換言すれば、第３実施形態の構成は、第１実施形態で説明した光路シフトデバイス２を、Ｘ軸およびＹ軸を含む面内において９０°未満の角度で回転させた構成である。

【０１３２】

光路シフトデバイス２では、第１アクチュエーター６のコイル６２に通電されると、第１フレーム３１とともにガラス板３０が第１軸Ｊ１周りに揺動し、光路をＹ＋方向、および、Ｙ－方向にシフトさせる。また、第２アクチュエーター７のコイル７２に通電されると、ガラス板３０が第２軸Ｊ２周りに揺動して、光路をＸ＋方向、および、Ｘ－方向にシフトさせる。

【０１３３】

第３実施形態では、光路シフトデバイス２において、第１アクチュエーター６および第２アクチュエーター７のいずれか一方を動作させることによって、望む方向に光路をシフトさせることができる。すなわち、第１アクチュエーター６の動作により、画素Ｐｘを位置Ｐ１０から第３位置Ｐ１３、第４位置Ｐ１４に移動させることができる。また、第２アクチュエーター７により、画素Ｐｘを位置Ｐ１０から第１位置Ｐ１１、第２位置Ｐ１２に移動させることができる。このため、第３実施形態では、光路シフトデバイス２を図９に示した第１駆動信号ＤＳ１、第２駆動信号ＤＳ２により駆動させることができ、第１実施形態で説明したように消費電力を抑制できるという効果が得られる。

【０１３４】

第３実施形態の構成では、光変調装置としての表示素子１３０が、Ｘ軸およびＹ軸に対して斜め方向の辺を有する表示画素１３１を有する構成に対応して、光路シフトデバイス２を斜めに配置することで、光路シフトによる高解像度化を実現する。

このように、本発明は、光変調装置が画像を形成する表示画素の形状や向きによらず、

適用可能である。

【０１３５】

［４．その他の実施形態］

上述した実施形態は本発明の好適な実施の形態である。但し、上述の実施形態は限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々の変形実施が可能である。

【０１３６】

例えば、第１アクチュエーター６は、磁石６１を第２フレーム４に固定し、コイル６２をベース部材５に固定し、コイル６２に通電することによって磁石６１とともに第２フレーム４を変位させる構成として説明したが、これは一例である。変形例として、第２フレーム４にコイル６２を固定し、ベース部材５に磁石６１を固定し、コイル６２に通電することによりコイル６２を変位させる構成としてもよい。同様に、第２アクチュエーター７は、磁石７１を第１フレーム３１に固定し、コイル７２をベース部材５に固定し、コイル７２に通電することによって磁石７１とともに第１フレーム３１を変位させる構成として説明したが、これは一例である。変形例として、第１フレーム３１にコイル７２を固定し、ベース部材５に磁石７１を固定し、コイル７２に通電することによりコイル７２を変位させる構成としてもよい。また、第２実施形態で説明した第３アクチュエーター８および第４アクチュエーター９について、磁石８１とコイル８２の位置、および、磁石９１とコイル９２の位置を逆に配置することも可能である。

【０１３７】

また、上記各実施形態では、第１アクチュエーター６、第２アクチュエーター７、第３アクチュエーター８、および第４アクチュエーター９として、磁石とコイルを対向させてローレンツ力により駆動力を発生させる振動アクチュエーターを用いる構成を説明した。本発明はこれに限定されず、他の原理で動作するアクチュエーターを用いることもできる。例えば、ピエゾアクチュエーターを採用することができる。

【０１３８】

上記各実施形態において、プロジェクター１は、ガラス板３０の変位の方向や変位量を検出するセンサーを備える構成であってもよい。この場合、制御回路１２０は、センサーの検出結果に基づいて駆動信号ＤＳを補正する機能を備えていてもよい。

【０１３９】

図９に例示した第１駆動信号ＤＳ１および第２駆動信号ＤＳ２の波形は典型的な例であって、現実の信号波形が図９と一致することを限定する意図はない。また、図１の光学系の説明図、および、図３の機能ブロック図は、プロジェクター１の構成例を模式化して示す図であって、本発明を適用する対象の装置を限定するものではない。

【符号の説明】

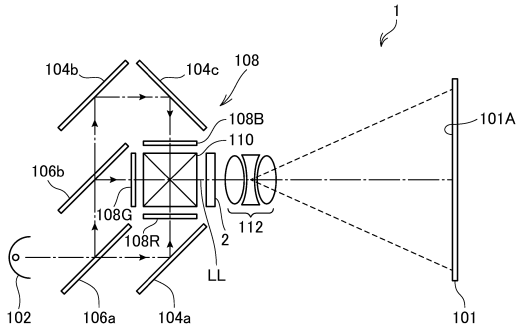
【０１４０】

１…プロジェクター（表示装置）、２、２Ａ…光路シフトデバイス（光学デバイス）、４…第２フレーム、５…ベース部材、６…第１アクチュエーター、７…第２アクチュエーター、８…第３アクチュエーター、９…第４アクチュエーター、３０…ガラス板（光学部材）、３０Ａ、３０Ｂ…光学領域、３１…第１フレーム、３２、３３、３４、３５…突出部、３６、３７…支持部材、３６Ａ、３７Ａ…軸部、４０…第２フレーム本体、４１…張出部、４５、４６…支持部材、４５Ａ、４６Ａ…軸部、６１、７１、８１、９１…磁石、６２、７２、８２、９２…コイル、６３、７３、８３、９３…磁石保持板、６４、７４、８４、９４…コイル保持板、１０１…スクリーン、１０１Ａ…投写画像、１０２…光源、１０４ａ、１０４ｂ、１０４ｃ…ミラー、１０６ａ、１０６ｂ…ダイクロイックミラー、１０８…光変調装置、１０８Ｂ、１０８Ｇ、１０８Ｒ…液晶表示素子（画像形成部）、１１０…ダイクロイックプリズム（プリズム）、１１２…投射光学系、１２０…制御回路、１２１…駆動信号処理回路（駆動回路）、１２２…画像信号処理回路、１６１Ｂ、１６１Ｒ…液晶フレーム（固定部材）、１６２Ｂ、１６２Ｒ…調整部材（固定部材）、１７０Ｂ、１７０Ｇ、１７０Ｒ…偏光素子、１７１Ｂ、１７１Ｒ…偏光素子フレーム（固定部材）

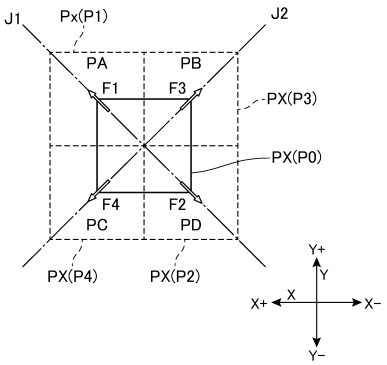
、１７２Ｂ、１７２Ｒ…固定フレーム（固定部材）、１８１Ｒ…液晶表示パネル、１８２…フレーム、１８３…ブラケット、１８４…ベース部材、６２１、６２２…有効辺、７２１、７２２…有効辺、ＣＥ…中心、ＤＳ１…第１駆動信号、ＤＳ２…第２駆動信号、Ｊ１…第１軸、Ｊ２…第２軸、ＬＬ…画像光、Ｐ０、Ｐ１０…位置、Ｐ１、Ｐ１１…第１位置、Ｐ２、Ｐ１２…第２位置、Ｐ３、Ｐ１３…第３位置、Ｐ４、Ｐ１４…第４位置、Ｐｘ…画素。

【図面】

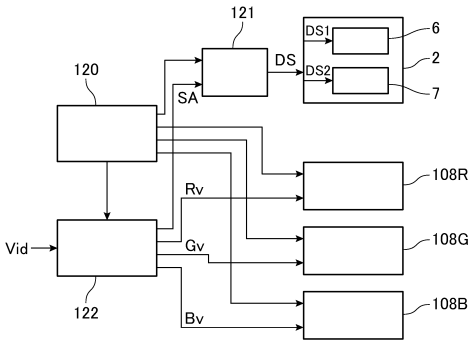
【図１】



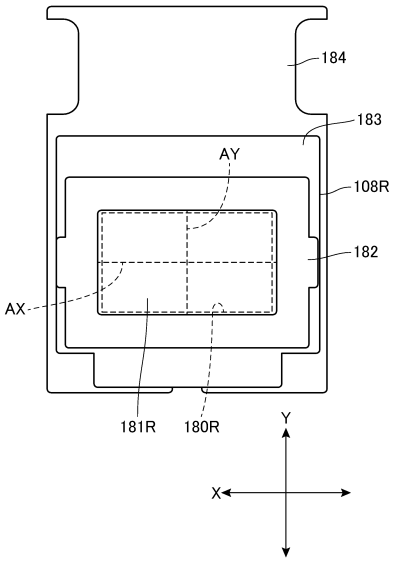
【図２】



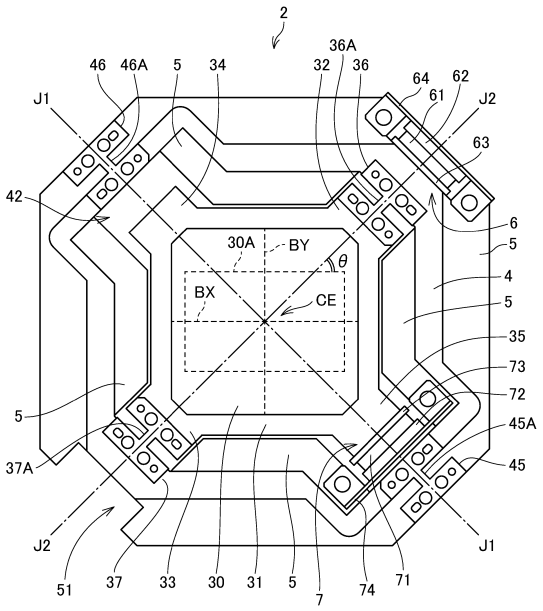
【図３】


121
DS1
DS
DS2
6
2
7
120
SA
108R
Rv
Vid
Gv
108G
122
Bv
108B

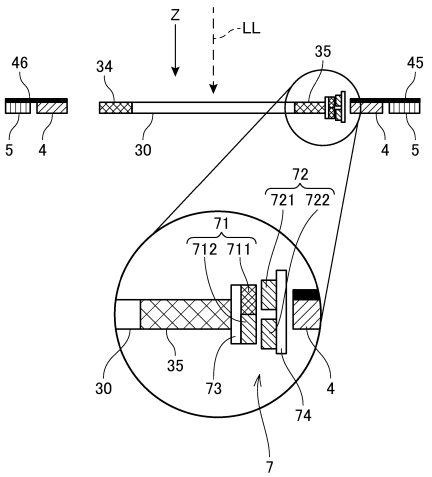
【図４】


184
183
AY
108R
182
AX
181R
180R
Y
X

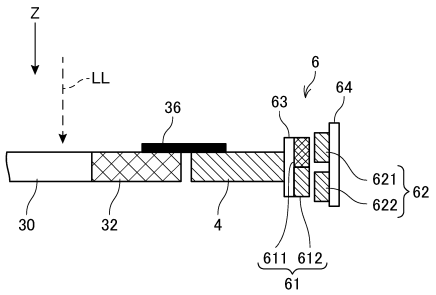
【図５】


2
36A
46
46A
5
34
32
36
64
62
61
J1
J2
63
42
6
30A
BY
θ
5
4
BX
CE
5
35
73
72
5
45A
37A
45
J2
J1
51
37
33
30
31
5
7
74
71

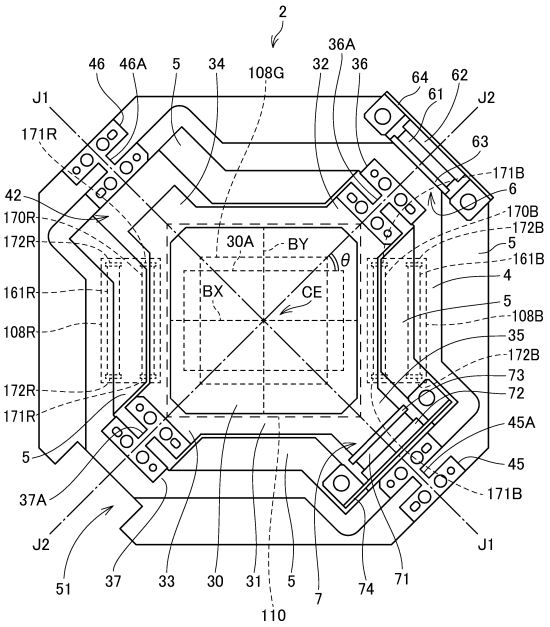
【図６】


Z
LL
46
34
35
45
5
4
30
4
5
72
721
722
71
712
711
30
35
73
4
74
7

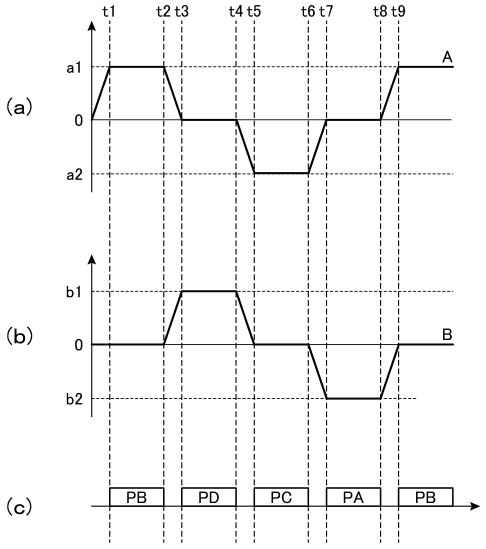
【図７】


Z
LL
36
6
63
64
621
622
62
30
32
4
611
612
61

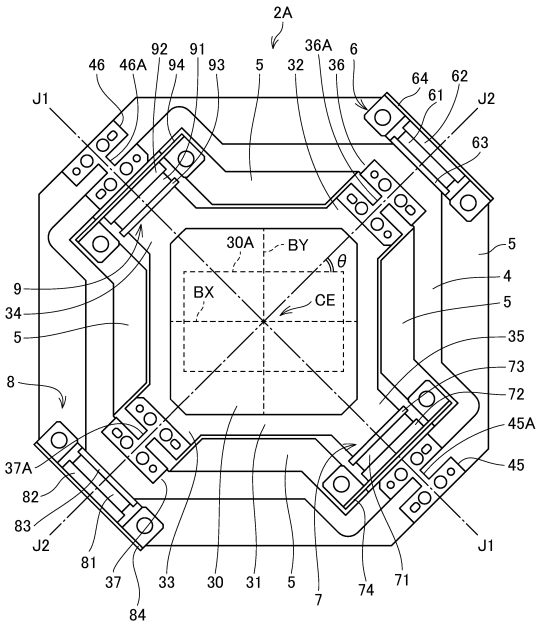
【図８】


2
36A
46
46A
5
34
108G
32
36
64
62
61
J1
J2
171R
63
171B
6
42
170R
170B
172R
172B
30A
BY
θ
5
161B
BX
CE
161R
4
5
108R
108B
35
172B
73
172R
72
171R
45A
5
45
37A
171B
J2
J1
51
37
33
30
31
5
7
74
71
110

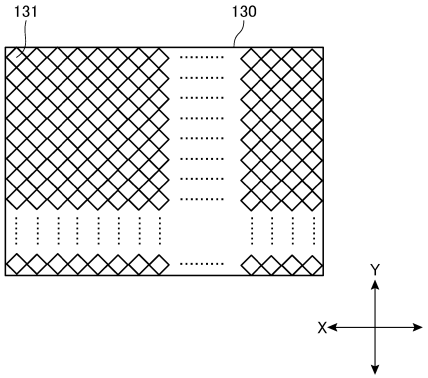
【図９】


t1
t2 t3
t4 t5
t6 t7
t8 t9
(a)
a1
A
0
a2
(b)
b1
B
0
b2
(c)
PB
PD
PC
PA
PB

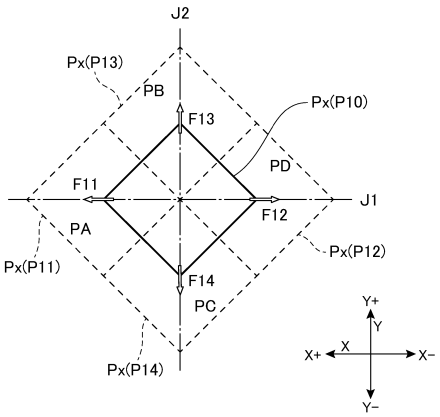
【図１０】


2A
46
46A
92
91
94
93
5
32
36A
36
6
64
62
61
J1
J2
63
30A
BY
θ
5
9
BX
CE
4
34
5
5
35
8
73
72
45A
37A
45
82
83
J2
J1
81
37
33
30
31
5
7
74
71
84

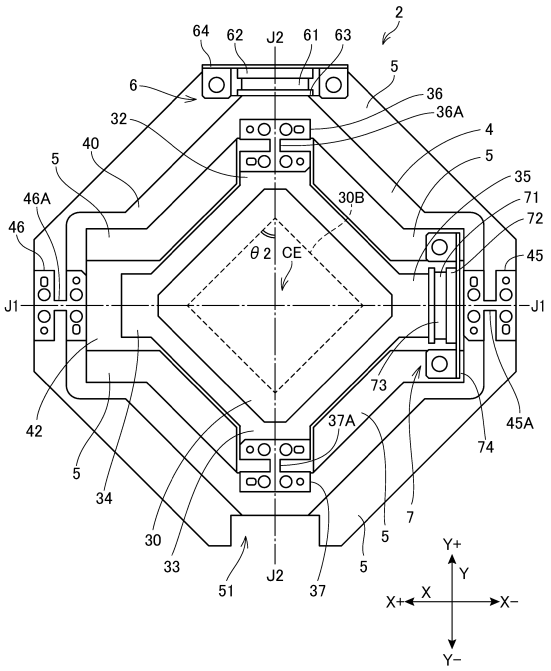
【図１１】


131
130
Y
X

【図１２】


J2
Px(P13)
PB
Px(P10)
F13
PD
F11
J1
F12
PA
Px(P11)
Px(P12)
F14
PC
Px(P14)
Y+
Y
X+
X
X−
Y−

【図１３】


2
64
62
J2
61
63
5
6
36
36A
32
4
40
5
5
35
71
46A
30B
72
46
θ2
CE
45
J1
J1
73
42
37A
45A
74
5
34
7
30
5
33
51
J2
37
5
Y+
Y
X+
X
X−
Y−

フロントページの続き

(56)参考文献　米国特許出願公開第２０１６／０３７０５７５（ＵＳ，Ａ１）
中国特許出願公開第１０７８８４８９６（ＣＮ，Ａ）
特開２０１６－１４３９８９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－７２７０５（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１９／０２７８１０２（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００３／０２１０３２３（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｇ０２Ｂ　２６／００－２６／０８
Ｇ０２Ｂ　６／３５
Ｇ０２Ｂ　２６／１０－２６／１２
Ｇ０３Ｂ　２１／００，２１／１０
Ｇ０３Ｂ　２１／１３４－２１／３０，３３／１２
Ｂ８１Ｂ　１／００－７／０４
Ｂ８１Ｃ　１／００－９９／００