(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-503024
(P2024-503024A)
(43)公表日　令和6年1月24日(2024.1.24)

(51)国際特許分類			FI			テーマコード（参考）
G02B	*27/02*	*(2006.01)*	G02B	27/02	Z	2H149
G02B	*5/18*	*(2006.01)*	G02B	5/18		2H199
G02B	*5/32*	*(2006.01)*	G02B	5/32		2H249
G02B	*5/30*	*(2006.01)*	G02B	5/30		
H04N	*5/64*	*(2006.01)*	H04N	5/64	511A	

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全58頁）

(21)出願番号　特願2023-541747(P2023-541747)
(86)(22)出願日　令和3年12月30日(2021.12.30)
(85)翻訳文提出日　令和5年8月9日(2023.8.9)
(86)国際出願番号　PCT/US2021/065719
(87)国際公開番号　WO2022/150222
(87)国際公開日　令和4年7月14日(2022.7.14)
(31)優先権主張番号　63/136,000
(32)優先日　令和3年1月11日(2021.1.11)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　514108838
マジック リープ，インコーポレイテッド
Ｍａｇｉｃ Ｌｅａｐ，Ｉｎｃ．
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２，プランテーション，ウエスト サンライズ ブールバード ７５００
７５００ Ｗ ＳＵＮＲＩＳＥ ＢＬＶＤ，ＰＬＡＮＴＡＴＩＯＮ，ＦＬ ３３３２２ ＵＳＡ
(74)代理人　100078282
弁理士　山本 秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下 夏樹
(74)代理人　100181674
弁理士　飯田 貴敏
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ヘッドマウントディスプレイシステムのための作動される瞳ステアリング

(57)【要約】
本明細書におけるいくつかの実施形態は、作動される反射瞳ステアリングを備えるヘッドマウント仮想網膜ディスプレイ（ＶＲＤ）システムを対象とする。ディスプレイシステムは、画像コンテンツを生成するための投影システムと、投影システムからの光をユーザの眼内に反射する光学コンバイナの一部であり得る、作動される反射光学アーキテクチャと、を含む。ディスプレイシステムは、ユーザの眼の位置を追跡するように、かつ反射光学アーキテクチャを作動させて、反射光がユーザの眼内に導かれるように反射光の方向を変化させるように構成されている。本明細書に記載のＶＲＤは、高効率であり得、これらのＶＲＤが一日中、日常使用が可能であるように、改善されたサイズ、重量、及び輝度を有し得る。
【選択図】図６

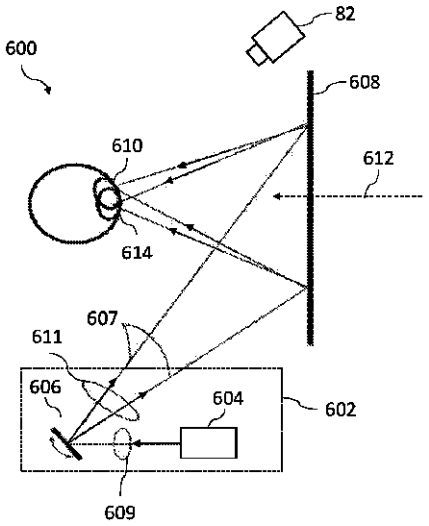


FIG. 6

【特許請求の範囲】
【請求項１】
ヘッドマウントディスプレイシステムであって、フレームと、
前記フレームによって支持された画像光プロジェクタと、
前記フレームによって支持され、かつ前記画像光プロジェクタの前方に配設された回折反射器であって、前記回折反射器が、前記画像光プロジェクタによって投影された画像光を受け取るように、かつユーザ上での前記ディスプレイシステムの保持時に、前記画像光を前記ユーザの眼内に反射するように構成されており、前記回折反射器が、
複数の回折層を備える、回折反射器と、
前記フレームによって支持され、かつ前記回折層の相対配向を変化させるように構成されたアクチュエータであって、前記回折層の異なる相対配向が、異なる関連付けられた眼の位置に光を反射するように構成されている、アクチュエータと、を備える、ヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項２】
前記アクチュエータが、前記回折層の相対物理位置を変化させるように構成された機械式アクチュエータである、請求項１に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項３】
前記アクチュエータが、前記回折層のうちの１つ以上を回転させるように構成されている、請求項２に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項４】
前記回折反射器が、回折層のリズレープリズム式のスタックを備える、請求項３に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項５】
前記アクチュエータが、前記回折層のうちの１つ以上を横方向にシフトさせるように構成されている、請求項１に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項６】
前記回折層が、体積位相ホログラムを含む、請求項５に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項７】
前記回折層が、反射幾何学的位相レンズを含む、請求項５に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項８】
前記ユーザの前記眼の瞳孔の位置を判定するための眼追跡システムを更に備え、前記アクチュエータが、前記瞳孔の前記判定された位置に基づいて、異なる瞳孔場所に対応する異なる配向を引き起こすように構成されている、請求項１に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項９】
前記画像光プロジェクタが、前記回折反射器に対する固定された配向を有する、請求項１に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項１０】
拡張現実ディスプレイデバイスであって、
画像光プロジェクタ、
前記画像光プロジェクタからの投影光を受け取るように構成された反射回折コンバイナ、を備え、前記回折コンバイナが、世界光を前記画像光プロジェクタからの前記投影光と組み合わせるように、かつ前記投影光を可変の選択可能なステアリングされた射出瞳場所で画像を形成するように方向付けるように構成されており、前記回折コンバイナが、
前記投影光を回折して、前記ステアリングされた射出瞳場所で前記画像を形成するように構成された切替可能なビームステアリングユニットを備え、前記ビームステアリングユニットが、
前記投影光を受け取るように構成された２つ以上の回折格子と、

作動機構と、を備え、
前記２つ以上の回折格子のうちの少なくとも１つが、前記作動機構に結合されており、
前記作動機構が、前記２つ以上の回折格子のうちの少なくとも１つの配向の変化を生じさせるように構成されており、異なる配向が、入射投影光に対して異なる関連付けられた回折角を有し、前記異なる関連付けられた回折角が、異なるステアリングされた射出瞳場所に対応する、拡張現実ディスプレイデバイス。
【請求項１１】
前記画像光プロジェクタが、
１つ以上の微小電気機械システム走査ミラーと、レーザ光源と、を備える、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項１２】
前記画像光プロジェクタが、可変焦点レンズを備える、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項１３】
前記ディスプレイシステムのユーザの眼の瞳孔の位置を追跡するための眼追跡アセンブリを更に備える、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項１４】
前記眼追跡アセンブリが、軸外カメラを含む、請求項１３に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項１５】
前記２つ以上の回折格子が、リズレープリズム式のステアリング機構を形成し、前記回折コンバイナが、
前記２つ以上の回折格子の後方のコリメーティングホログラフィック光学素子と、
前記２つ以上の回折格子の前方のホログラフィック光学素子集束レンズと、を更に備える、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項１６】
前記２つ以上の回折格子のうちの第１の回折格子と、前記２つ以上の回折格子のうちの第２の回折格子と、が、前記作動機構に結合されており、
前記第１の回折格子の作動が、第１の格子配向から第２の格子配向への前記第１の回折格子の回転を生じさせ、
前記第２の回折格子の作動が、第３の格子配向から第４の格子配向への前記第２の回折格子の回転を生じさせ、
前記第１の回折格子の回転が、前記第１の回折格子からの前記投影光の前記回折角を変化させ、前記第２の回折格子の前記回転が、前記第２の回折格子からの前記投影光の前記回折角を変化させる、請求項１５に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項１７】
前記２つ以上の回折格子が、透過格子を含み、前記投影光が、前記ビームステアリングユニットの前記２つ以上の回折格子を通ってシングルパスにのみ回折される、請求項１５に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項１８】
前記２つ以上の回折格子が、透過体積位相ホログラフィック格子及び反射体積位相ホログラフィック格子を含み、
前記透過体積位相ホログラフィック格子が、光コリメータであり、
前記反射体積位相ホログラフィック格子が、前記投影光を前記ステアリングされた射出瞳に集束させるように構成されている、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項１９】
前記反射体積位相ホログラフィック格子が、前記作動機構に機械的に結合されている、請求項１８に記載の拡張現実ディスプレイシステム。

【請求項２０】
前記作動機構が、前記透過体積位相ホログラフィック格子に対して前記反射体積位相ホログラフィック格子を横方向に並進させるように構成されており、前記少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子の横方向の並進が、前記少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子からの反射時に前記投影光の前記回折角を変化させる、請求項１９に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項２１】
前記ステアリングされた射出瞳の移動距離と、前記少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子の前記横方向の並進の距離と、の比が、１：１である、請求項２０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項２２】
前記２つ以上の回折格子が、少なくとも２つの二次位相回折格子を含む、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項２３】
前記少なくとも２つの二次位相回折格子が、
透過体積位相ホログラフィック格子と、反射体積位相ホログラフィック格子と、を含む、請求項２２に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項２４】
前記反射体積位相ホログラフィック格子が、前記作動機構に結合されている、請求項２３に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項２５】
前記作動機構が、前記透過体積位相ホログラフィック格子に対して前記反射体積位相ホログラフィック格子を横方向に並進させるように構成されており、前記横方向の並進が、前記二次位相回折格子に線形格子関数を生成させ、前記線形格子関数が、前記少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子からの反射時に、前記投影光の前記回折角を変化させる、請求項２４に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項２６】
前記ステアリングされた射出瞳の移動距離と、前記少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子の横方向の並進の距離と、の比が、１：１よりも大きい、請求項２５に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項２７】
前記透過体積位相ホログラフィック格子が、所定の焦点距離において、投影光を発散させる、請求項２３に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項２８】
前記作動機構が、前記反射体積位相ホログラフィック格子を、前記少なくとも１つの透過体積位相ホログラフィック格子に向けて、又は前記少なくとも１つの透過体積位相ホログラフィック格子から遠ざかるようにチルトさせるように構成されており、
異なるチルトが、前記反射体積位相ホログラフィック格子からの反射時の前記投影光の異なる回折角に対応する、請求項２４に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項２９】
前記ビームステアリングユニットが、
偏光スイッチと、
前記偏光スイッチの前方の四分の一波長板と、前記四分の一波長板の前方の反射器と、を更に備える、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３０】
前記ビームステアリングユニットが、
前記偏光スイッチの後方の第１の偏光レンズと、
前記第１の偏光レンズの後方の体積位相ホログラフィック格子と、を更に備える、請求項２９に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３１】

前記２つ以上の回折格子が、
前記偏光スイッチの前方の第２の偏光レンズと、前記第２の偏光レンズの前方の第３の偏光レンズと、を備える、請求項３０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３２】
前記ビームステアリングユニットによる前記世界光の転向を相殺するように構成された世界補償器を更に備える、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３３】
前記世界補償器が、前記ビームステアリングユニットと実質的に同一の光学部品を備え、前記世界補償器は、前記ビームステアリングユニットの光学効果が前記世界補償器によって打ち消されるように、前記ビームステアリングユニットに対して反対に駆動される、請求項３２に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３４】
前記回折格子が、液晶偏光格子を含み、前記回折コンバイナが、
右旋円偏光を集束させるように構成された第１のホログラフィック光学素子と、
左旋円偏光をコリメートするように構成された第２のホログラフィック光学素子と、を更に備え、
前記第２のホログラフィック光学素子が、前記ビームステアリングユニットの後方にあり、前記第１のホログラフィック光学素子が、前記第２のホログラフィック光学素子の後方にある、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３５】
前記ビームステアリングユニットが、前記回折格子の前方の四分の一波長板を更に備える、請求項３４に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３６】
前記作動機構が、前記１つ以上の液晶偏光格子のうちの少なくとも１つに電圧を選択的に印加するための電気スイッチを備える、請求項３４に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３７】
前記印加された電圧が、前記少なくとも１つの液晶偏光格子の格子構造を変化させ、前記格子構造の前記変化が、前記少なくとも１つの液晶偏光格子の透過時に、前記投影光の前記回折角を変化させる、請求項３６に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３８】
前記液晶偏光格子が、ブラッグ選択性の液晶偏光格子を含む、請求項３４に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項３９】
前記ステアリングされた射出瞳のアドレス指定可能なステアリング位置の数が、2^nに等しく、式中、ｎは、前記ビームステアリングユニット内の回折格子の数である、請求項１０に記載の拡張現実ディスプレイシステム。
【請求項４０】
ヘッドマウントディスプレイシステムであって、
フレームと、
前記フレームによって支持された画像光プロジェクタと、
前記フレームによって支持され、かつ前記画像光プロジェクタの前方に配設された回折反射器であって、前記回折反射器が、前記画像光プロジェクタによって投影された画像光を受け取るように、かつユーザ上での前記ディスプレイシステムの保持時に、前記画像光を前記ユーザの眼内に反射するように構成されており、前記回折反射器が、
液晶偏光格子を備える複数の回折層を備え、
偏光スイッチが、前記回折層を通って伝播する光の偏光を変化させるように構成されており、前記スイッチの異なる状態が、異なる関連付けられた眼の位置に光を反射するように構成されている、回折反射器と、
を備えるヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項４１】
ダイクロイックミラーを更に備え、前記回折層が、前記ダイクロイックミラーによって分離された液晶偏光格子の第１のスタック及び第２のスタックを備える、請求項４０に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項４２】
ダイクロイックミラーと、
偏光子と、を更に備え、
前記ダイクロイックミラー、偏光子、及び液晶偏光格子が、スタックを形成し、前記偏光子が、前記ダイクロイックミラーの前方にあり、前記ダイクロイックミラーが、前記液晶偏光格子の前方にある、請求項４０に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項４３】
前記ユーザの前記眼の瞳孔の位置を判定するための眼追跡システムを更に備え、前記アクチュエータが、前記瞳孔の前記判定された位置に基づいて、異なる瞳孔場所に対応する異なる配向を引き起こすように構成されている、請求項４０に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。
【請求項４４】
ヘッドマウントディスプレイからユーザに対して仮想コンテンツを表示するための方法であって、
前記ユーザの眼の瞳孔の位置を追跡することと、
画像光プロジェクタから複数の回折層を備える回折反射器に画像光を投影することと、
前記瞳孔の位置を追跡するために、前記回折反射器からの前記画像光の反射角を変化させることと、を含む、方法。
【請求項４５】
前記角度を変化させることが、前記回折層の相対配向を変化させることを含み、異なる相対配向が異なる瞳孔位置に対応し、前記相対配向を変化させることが、前記光を前記瞳孔の追跡された位置に方向付ける、請求項４４に記載の方法。
【請求項４６】
前記相対配向を変化させることが、前記回折層のうちの１つ以上を前記回折層のうちの１つ以上の他のものに対して回転させることを含む、請求項４５に記載の方法。
【請求項４７】
前記相対配向を変化させることが、前記回折層のうちの１つ以上を前記回折層のうちの１つ以上の他のものに対して横方向にシフトさせることを含む、請求項４５に記載の方法。
【請求項４８】
前記回折層が、液晶偏光格子及び偏光スイッチを備え、前記反射角を変化させることが、前記偏光スイッチを通って伝播する光の偏光を変化させることを含む、請求項４４に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、ディスプレイシステムに関し、より具体的には、拡張現実ディスプレイシステムに関する。
【背景技術】
【０００２】
現代の演算及び表示技術により、いわゆる「仮想現実」又は「拡張現実」経験のためのシステムの開発が促進されており、デジタル的に再生された画像又はその部分が現実であるかのように、又は現実と知覚され得るように、ユーザに提示される。仮想現実、すなわち、「ＶＲ」シナリオは、通常、他の実際の現実世界の視覚入力に対する透明性を伴わない、デジタル又は仮想の画像情報の提示を伴い、拡張現実、すなわち、「ＡＲ」シナリオは、通常、ユーザ周辺の実際の世界の可視化に対する拡張としての、デジタル又は仮想の

画像情報の提示を伴う。混合現実、すなわち、「ＭＲ」シナリオは、一種のＡＲシナリオであり、通常、自然世界に一体化され、これに応答する仮想オブジェクトを伴う。例えば、ＭＲシナリオにおいて、ＡＲ画像コンテンツは、現実世界におけるオブジェクトによって遮断され得るか、又はさもなければ、現実世界におけるオブジェクトと相互作用するものとして知覚され得る。

【０００３】

図１を参照すると、ＡＲ技術のユーザが、背景中の人々、木々、建物、及びコンクリートプラットフォーム３０を特徴とする現実世界の公園のような設定２０を見る拡張現実シーン１０が描かれている。これらの項目に加えて、ＡＲ技術のユーザはまた、彼が、現実世界のプラットフォーム３０に立つロボット像４０、マルハナバチの擬人化のように見える漫画様アバターキャラクタ５０など、これらの要素４０、５０は現実世界には存在していなくても、「仮想コンテンツ」を「見ている」と知覚する。人間の視覚認識システムは複雑であるため、その他の仮想又は現実世界の画像要素の中でも、仮想画像要素の快適で、自然に感じられる、豊富な提示を促進するＡＲ技術を生み出すことが課題である。

【０００４】

本明細書に開示のシステム、デバイス、及び方法は、ＡＲ及びＶＲ技術に関する様々な課題に対処するものである。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【０００５】

いくつかの態様は、ヘッドマウントディスプレイシステムであって、フレームと、フレームによって支持された画像光プロジェクタと、フレームによって支持され、かつ画像光プロジェクタの前方に配設された回折反射器であって、回折反射器が、画像光プロジェクタによって投影された画像光を受け取るように、かつユーザ上でのディスプレイシステムの保持時に、画像光をユーザの眼内に反射するように構成されており、回折反射器が、複数の回折層を備える、回折反射器と、フレームによって支持され、かつ回折層の相対配向を変化させるように構成されたアクチュエータと、を備え、回折層の異なる相対配向が、異なる関連付けられた眼の位置に光を反射するように構成されている、ヘッドマウントディスプレイシステムを含む。

【０００６】

いくつかの実施形態では、アクチュエータは、回折層の相対物理位置を変化させるように構成された機械式アクチュエータである。いくつかの実施形態では、アクチュエータは、回折層のうちの１つ以上を回転させるように構成されている。いくつかの実施形態では、回折反射器は、回折層のリズレープリズム式のスタックを備える。いくつかの実施形態では、アクチュエータは、回折層のうちの１つ以上を横方向にシフトさせるように構成されている。いくつかの実施形態では、回折層は、体積位相ホログラムを含む。いくつかの実施形態では、回折層は、反射幾何学的位相レンズを含む。いくつかの実施形態では、画像光プロジェクタは、回折反射器に対する固定された配向を有する。

【０００７】

いくつかの実施形態では、ヘッドマウントディスプレイシステムは、ユーザの眼の瞳孔の位置を判定するための眼追跡システムを更に備え、アクチュエータが、瞳孔の判定された位置に基づいて、異なる瞳孔場所に対応する異なる配向を引き起こすように構成されている。

【０００８】

いくつかの態様は、拡張現実ディスプレイデバイスであって、画像光プロジェクタ、画像光プロジェクタからの投影を受け取るように構成された反射回折コンバイナ、を備え、回折コンバイナが、世界光を画像光プロジェクタからの投影光と組み合わせるように、かつ投影光を可変の選択可能なステアリングされた射出瞳場所で画像を形成するように方向付けるように構成されており、回折コンバイナが、投影光を回折して、ステアリングされた射出瞳場所で画像を形成するように構成された切替可能なビームステアリングユニット

を備え、ビームステアリングユニットが、投影光を受け取るように構成された２つ以上の回折格子と、作動機構と、を備え、２つ以上の回折格子のうちの少なくとも１つが、作動機構に結合されており、作動機構が、２つ以上の回折格子のうちの少なくとも１つの配向の変化を生じさせるように構成されており、異なる配向が、入射投影光に対して異なる関連付けられた回折角を有し、異なる関連付けられた回折角が、異なるステアリングされた射出瞳場所に対応する。

【０００９】

いくつかの実施形態では、画像光プロジェクタは、１つ以上の微小電気機械システム走査ミラーと、レーザ光源と、を備える。いくつかの実施形態では、画像光プロジェクタは、可変焦点レンズを備える。いくつかの実施形態では、拡張現実ディスプレイシステムは、ディスプレイシステムのユーザの眼の瞳孔の位置を追跡するための眼追跡アセンブリを更に備える。いくつかの実施形態では、眼追跡アセンブリは、軸外カメラを含む。いくつかの実施形態では、２つ以上の回折格子は、リズレープリズム式のステアリング機構を形成し、回折コンバイナは、２つ以上の回折格子の後方のコリメーティングホログラフィック光学素子と、２つ以上の回折格子の前方のホログラフィック光学素子集束レンズと、を更に備える。

【００１０】

いくつかの実施形態では、２つ以上の回折格子のうちの第１の回折格子と、２つ以上の回折格子のうちの第２の回折格子と、が、作動機構に結合されており、第１の回折格子の作動が、第１の格子配向から第２の格子配向への第１の回折格子の回転を生じさせ、第２の回折格子の作動が、第３の格子配向から第４の格子配向への第２の回折格子の回転を生じさせ、第１の回折格子の回転が、第１の回折格子からの投影光の回折角を変化させ、第２の回折格子の回転が、第２の回折格子からの投影光の回折角を変化させる。いくつかの実施形態では、２つ以上の回折格子が、透過格子を含み、投影光が、ビームステアリングユニットの２つ以上の回折格子を通ってシングルパスにのみ回折される。

【００１１】

いくつかの実施形態では、２つ以上の回折格子が、透過体積位相ホログラフィック格子及び反射体積位相ホログラフィック格子を含み、透過体積位相ホログラフィック格子が、光コリメータであり、反射体積位相ホログラフィック格子が、投影光をステアリングされた射出瞳に集束させるように構成されている。いくつかの実施形態では、反射体積位相ホログラフィック格子が、作動機構に機械的に結合されている。いくつかの実施形態では、作動機構が、透過体積位相ホログラフィック格子に対して反射体積位相ホログラフィック格子を横方向に並進させるように構成されており、少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子の横方向の並進が、少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子からの反射時に投影光の回折角を変化させる。いくつかの実施形態では、ステアリングされた射出瞳の移動距離と、少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子の横方向の並進の距離と、の比は、１：１である。

【００１２】

いくつかの実施形態では、２つ以上の回折格子は、少なくとも２つの二次位相回折格子を含む。いくつかの実施形態では、少なくとも２つの二次位相回折格子は、透過体積位相ホログラフィック格子と、反射体積位相ホログラフィック格子と、を含む。いくつかの実施形態では、反射体積位相ホログラフィック格子は、作動機構に結合されている。いくつかの実施形態では、作動機構が、透過体積位相ホログラフィック格子に対して反射体積位相ホログラフィック格子を横方向に並進させるように構成されており、横方向の並進が、二次位相回折格子に線形格子関数を生成させ、線形格子関数が、少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子からの反射時に、投影光の回折角を変化させる。いくつかの実施形態では、ステアリングされた射出瞳の移動距離と、少なくとも１つの反射体積位相ホログラフィック格子の横方向の並進の距離と、の比は、１：１よりも大きい。いくつかの実施形態では、透過体積位相ホログラフィック格子は、所定の焦点距離において、投影光を発散させる。いくつかの実施形態では、作動機構は、反射体積位相ホログラフィック

格子を、少なくとも１つの透過体積位相ホログラフィック格子に向けて、又は少なくとも１つの透過体積位相ホログラフィック格子から遠ざかるようにチルトさせるように構成されており、異なるチルトは、反射体積位相ホログラフィック格子からの反射時の投影光の異なる回折角に対応する。

【００１３】

いくつかの実施形態では、ビームステアリングユニットは、偏光スイッチと、偏光スイッチの前方の四分の一波長板と、四分の一波長板の前方の反射器と、を更に備える。いくつかの実施形態では、ビームステアリングユニットは、偏光スイッチの後方の第１の偏光レンズと、第１の偏光レンズの後方の体積位相ホログラフィック格子と、を更に備える。いくつかの実施形態では、２つ以上の回折格子は、偏光スイッチの前方の第２の偏光レンズと、第２の偏光レンズの前方の第３の偏光レンズと、を備える。

【００１４】

いくつかの実施形態では、拡張現実ディスプレイシステムは、ビームステアリングユニットによる世界光の転向を相殺するように構成された世界補償器を更に備える。いくつかの実施形態では、世界補償器は、ビームステアリングユニットと実質的に同一の光学部品を備え、世界補償器は、ビームステアリングユニットの光学効果が世界補償器によって打ち消されるように、ビームステアリングユニットに対して反対に駆動される。いくつかの実施形態では、回折格子は、液晶偏光格子を含み、回折コンバイナは、右旋円偏光を集束させるように構成された第１のホログラフィック光学素子と、左旋円偏光をコリメートするように構成された第２のホログラフィック光学素子と、を更に備え、第２のホログラフィック光学素子は、ビームステアリングユニットの後方にあり、第１のホログラフィック光学素子は、第２のホログラフィック光学素子の後方にある。いくつかの実施形態では、ビームステアリングユニットは、回折格子の前方の四分の一波長板を更に備える。いくつかの実施形態では、作動機構は、１つ以上の液晶偏光格子のうちの少なくとも１つに電圧を選択的に印加するための電気スイッチを備える。いくつかの実施形態では、印加された電圧は、少なくとも１つの液晶偏光格子の格子構造を変化させ、格子構造の変化は、少なくとも１つの液晶偏光格子の透過時に、投影光の回折角を変化させる。いくつかの実施形態では、液晶偏光格子は、ブラッグ選択性の液晶偏光格子を含む。いくつかの実施形態では、ステアリングされた射出瞳のアドレス指定可能なステアリング位置の数は、２ｎに等しく、式中、ｎは、ビームステアリングユニット内の回折格子の数である。

【００１５】

いくつかの態様は、ヘッドマウントディスプレイシステムであって、フレームと、フレームによって支持された画像光プロジェクタと、フレームによって支持され、かつ画像光プロジェクタの前方に配設された回折反射器であって、回折反射器が、画像光プロジェクタによって投影された画像光を受け取るように、かつユーザ上でのディスプレイシステムの保持時に、画像光をユーザの眼内に反射するように構成されている、回折反射器と、を備え、回折反射器が、液晶偏光格子を備える複数の回折層を備え、偏光スイッチが、回折層を通って伝播する光の偏光を変化させるように構成されており、スイッチの異なる状態が、異なる関連付けられた眼の位置に光を反射するように構成されている、ヘッドマウントディスプレイシステムを含む。

【００１６】

いくつかの実施形態では、ヘッドマウントディスプレイシステムは、ダイクロイックミラーを更に備え、回折層は、ダイクロイックミラーによって分離された液晶偏光格子の第１のスタック及び第２のスタックを備える。

【００１７】

いくつかの実施形態では、ヘッドマウントディスプレイシステムは、ダイクロイックミラー及び偏光子を更に備え、ダイクロイックミラー、偏光子、及び液晶偏光格子が、スタックを形成し、偏光子が、ダイクロイックミラーの前方にあり、ダイクロイックミラーが、液晶偏光格子の前方にある。いくつかの実施形態では、ヘッドマウントディスプレイシステムは、ユーザの眼の瞳孔の位置を判定するための眼追跡システムを更に備え、アクチ

ュエータが、瞳孔の判定された位置に基づいて、異なる瞳孔場所に対応する異なる配向を引き起こすように構成されている。

【００１８】

いくつかの態様は、ヘッドマウントディスプレイからユーザに対して仮想コンテンツを表示するための方法を含み、この方法は、ユーザの眼の瞳孔の位置を追跡することと、画像光プロジェクタから複数の回折層を備える回折反射器に画像光を投影することと、瞳孔の位置を追跡するために、回折反射器からの画像光の反射角を変化させることと、を含む。いくつかの実施形態では、角度を変化させることは、回折層の相対配向を変化させることを含み、異なる相対配向が異なる瞳孔位置に対応し、相対配向を変化させることは、光を瞳孔の追跡された位置に方向付ける。いくつかの実施形態では、相対配向を変化させることは、回折層のうちの１つ以上を回折層のうちの１つ以上の他のものに対して回転させることを含む。いくつかの実施形態では、相対配向を変化させることは、回折層のうちの１つ以上を回折層のうちの１つ以上の他のものに対して横方向にシフトさせることを含む。いくつかの実施形態では、回折層は、液晶偏光格子及び偏光スイッチを備え、反射角を変化させることは、偏光スイッチを通って伝播する光の偏光を変化させることを含む。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

これらの図面は、例示的な実施形態を示すために提供されるものであり、本開示の範囲を限定することが意図されたものでない。

【００２０】

【図１】拡張現実（ＡＲ）デバイスを通じたＡＲのユーザビューを示す。

【図２】ウェアラブルディスプレイシステムの一例を示す。

【図３】ユーザのため三次元画像をシミュレーションする従来のディスプレイシステムを示す。

【図４】複数の深度平面を使用して三次元画像をシミュレーションするためのアプローチの態様を示す。

【図５Ａ】曲率半径と焦点半径との間の関係を示す。

【図５Ｂ】曲率半径と焦点半径との間の関係を示す。

【図５Ｃ】曲率半径と焦点半径との間の関係を示す。

【図６】画像光をユーザの眼内にステアリングすることによって仮想コンテンツを表示するための光学系アーキテクチャの一例を示す。

【図７】画像光をユーザの眼内にステアリングするための電子的に作動されるアセンブリのための光学アーキテクチャの一例を示す。

【図８Ａ】図７の光学アーキテクチャのためのホログラフィック光学素子の光学機能の例を示す。

【図８Ｂ】図７の光学アーキテクチャのためのホログラフィック光学素子の光学機能の例を示す。

【図９】図７の光学アーキテクチャのための電子的に作動されるビームステアリングユニット（ＢＳＵ）の一例を示す。

【図１０】オフ状態及びオン状態における液晶偏光格子（ＬＣＰＧ）の例を示す。

【図１１】ｎ＝３個のＬＣＰＧを有するＬＣＰＧ　ＢＳＵを使用して達成され得る回折角θの例を示す。

【図１２】画像光をユーザの眼内にステアリングするための電子的に作動されるアセンブリのための光学アーキテクチャの別の例を示す。

【図１３】電子的に作動されるＢＳＵの別の例を示す。

【図１４Ａ】図１２の光学アーキテクチャのホログラフィック光学素子の光学機能の例を示す。

【図１４Ｂ】図１２の光学アーキテクチャのホログラフィック光学素子の光学機能の例を示す。

【図１５】ｎ＝３個のＬＣＰＧを有するブラッグ選択性のＬＣＰＧ　ＢＳＵを使用して達

成され得る回折角θの例を示す。
【図１６】リズレープリズム式のＢＳＵを有する光学アーキテクチャの例を示す。
【図１７】図１６のリズレープリズム式のＢＳＵの構造の一例を示す。
【図１８】図１６のリズレープリズム式のＢＳＵの構造の別の例を示す。
【図１９】シングルパスリズレープリズム式のＢＳＵの光学機能性の一例を示す。
【図２０】ダブルパスリズレープリズム式のＢＳＵの光学機能性の一例を示す。
【図２１】シフトプレートＢＳＵを備える光学アーキテクチャの一例を示す。
【図２２】図２１のシフトプレートＢＳＵを使用して達成され得る様々な例示的な瞳ステアリング位置を示す。
【図２３】図２１のシフトプレートＢＳＵの体積位相ホログラフィック格子構造の例を示す。
【図２４】シフトプレートＢＳＵを備える光学アーキテクチャの別の例を示す。
【図２５】図２４のシフトプレートコンバイナを使用して達成され得る瞳ステアリング位置の例を示す。
【図２６】図２４のシフトプレートＢＳＵの体積位相ホログラフィック格子構造の例を示す。
【図２７Ａ】チルト及びシフトシフトプレートＢＳＵを使用して達成され得る瞳ステアリング位置の例を示す。
【図２７Ｂ】チルト及びシフトシフトプレートＢＳＵを使用して達成され得る瞳ステアリング位置の例を示す。
【図２８】光学構造を通る光の伝播の例を示す、ダブルパスパワー型シフトプレートＢＳＵの光学アーキテクチャの例を示す。
【図２９】図２９のダブルパスシフトプレートコンバイナのステアリングされた瞳位置の例を示す。
【図３０】ディスプレイデバイスのステアリングされた射出瞳の画像を生成するためのプロセスのフローチャートの一例を示す。
【図３１】ディスプレイデバイスにおいてステアリングされた射出瞳の画像を生成するためのプロセスの他の態様のフローチャートの一例を示す。
【図３２】ディスプレイデバイスにおいてステアリングされた射出瞳の画像を生成するための並列ワークフロープロセスの図の一例を示す。
【図３３】ステアリングされた射出瞳の画像を表示するためのプロセスのフローチャートの一例を示す。
【図３４】ステアリングされた射出瞳の画像を表示するための別のプロセスのフローチャートの一例を示す。
【図３５】機械的に作動されるＢＳＵの一例を示す。
【図３６】二次元でＢＳＵの層を移動させるための線形アクチュエータを有する機械的に作動されるＢＳＵの一例を示す。
【図３７】二次元でＢＳＵの層を移動させるための線形アクチュエータを有する機械的に作動されるＢＳＵの別の例を示す。
【図３８】異なる深度平面上に画像コンテンツを提供するための上流の可変焦点レンズ構造の統合の一例の図を示す。
【発明を実施するための形態】
【００２１】
本明細書のいくつかの実施形態は、ユーザ又は観覧する者の眼内に画像光を能動的にステアリングすることによって仮想コンテンツを表示するためのヘッドマウントディスプレイシステムを対象とする。ディスプレイシステムは、画像情報（画像光と称され得る）で符号化された光を、構造の相対配向又は反射器における光スイッチの状態を変化させるアクチュエータを有する、反射器に出力する光プロジェクタを含む。これらの変化は、入射画像光の反射角を変化させて、それによって画像光を観覧する者の眼内にステアリングする。

【００２２】
いくつかの実施形態では、反射器は、回折層のスタックを有する回折反射器であり得る。いくつかの実施形態では、これらの回折層は、ビームステアリングユニット（ＢＳＵ）を形成し得、回折層の、及び／又は回折層における回折特徴の異なる相対配向は、入射光の異なる反射角を提供し得る。いくつかの実施形態では、反射器の作動は、回折層の相対物理位置を変化させる機械式アクチュエータを使用して達成され得る。例えば、機械式アクチュエータは、回折層のうちの１つ以上に物理的に結合され得る。回折層は、回折層のリズレープリズム式のスタックであり得、これらの層のうちの１つ以上は、所望の方向に画像光反射を提供するために回転され得る。いくつかの他の実施形態では、回折層は、所望の方向に画像光反射を提供するために横方向にシフトされ得る。

【００２３】
回折層の作動はまた、反射器の液晶格子間の光スイッチを有する状態を変化させるための電流差及び／又は電圧差を提供する電気式アクチュエータ（例えば、１つ以上の電気スイッチ）を使用して達成されてもよい。例えば、光スイッチの変化は、液晶格子を介して光の伝播の方向を変化させ得る光の偏光を変化させ得る。

【００２４】
ディスプレイシステムは、画像光がステアリングされるべき方向を判定するために、観覧する者の眼の瞳孔の位置を追跡する眼追跡システムを含み得る。次いで、回折構造を作動させて、観覧する者の眼内に画像光をステアリングするための所望の反射角を提供し得る。瞳ステアリングを備える本明細書に開示のディスプレイシステムは、仮想網膜ディスプレイ（ＶＲＤ）システムと称され得る。本明細書に開示のディスプレイシステムは、周囲環境のビューを提供し、かつそのビュー上に仮想コンテンツをオーバーレイし得る拡張現実ディスプレイシステムであってもよく、又は周囲環境のビューを提供せずに仮想コンテンツを単に提供し得る仮想現実ディスプレイシステムであってもよいことは理解されよう。拡張現実ディスプレイシステムでは、回折反射器は、観覧する者に周囲環境と画像光によって提供される仮想コンテンツとの両方が見えるように、周囲環境からの光を画像光と組み合わせるための、光学コンバイナの一部であり得る。

【００２５】
有利なことに、本明細書に開示のＶＲＤシステムは、様々な利益を提供し得る。例えば、エネルギー効率が増加し得る。観覧する者の眼が動くにつれて観覧する者に画像光を提供するために、多くの従来のディスプレイは、観覧する者の眼のための様々な可能な位置を包含する広い領域にわたって出力画像光を表示することが理解されよう。このことは、観覧する者の眼が所与の位置にあると、画像光の一部のみがその眼に到達することから、望ましくないほど非効率的であり、他の可能な位置に向かう光は、それらが眼に受け入れられないという点で「無駄に」なる。特に観覧する者の眼内に画像光をステアリングすることによって、画像光は、広範囲にわたって提供される必要がなく、本明細書に記載のＶＲＤは、従来の技術よりも１０倍以上効率的であり得る。この改善された効率は、デバイスのサイズ及び重量の減少を提供するために活用され得、輝度を増加させ得、これにより、知覚された画像品質を改善し、ヘッドマウントディスプレイシステムを一日中、日常使用することを容易にし得る。

【００２６】
いくつかの実施形態では、ＶＲＤは、直接眼の網膜上に画像を描画し得る。例えば、ラスタ走査アプローチでは、網膜は、アレイ状に配置された多数の離散的な画素又はピクセルに分割され得る。ディスプレイの光ビームは、網膜を横切って掃引される（例えば、一度に一行ずつ、アレイの左右に、及び上から下に）。ビームが、画像を受信するためのプロジェクタ画面に類似化され得る網膜全体にわたって掃引される際に、ビーム強度を、各ピクセルの対応する強度値を保持する、例えば、フレームバッファ又はリフレッシュバッファに従ってパターンを作成するように変動させる。ビームが行又は走査線に沿って掃引される場合、ピクセルの各行の末端で、ビームは、水平帰線でアレイの反対側に戻って、次の走査線を表示し始める。同様に、ビームがフレーム全体を表示して、アレイの単一の

走査を完了した後、ビームは、垂直帰線でアレイの上部に戻って、次のフレームを走査し始め得る。好ましくは、走査は、ユーザが、画素の全てを同時に存在するものと知覚して、それによって、画像全体をまるごと知覚するように、十分に高速である。いくつかの実施形態では、ディスプレイシステムは、レーザを利用し得、走査されるビームは、レーザビームであり得、レーザビームは、有利なことに、眼において小さい射出瞳を作成し得る。いくつかの実施形態では、本明細書のディスプレイシステムのステアリングされる射出瞳は、作動される反射器によって導かれた画像光が眼に入射する場所であると理解され得、作動される反射器による異なる角度での画像光の反射が、画像光を異なる場所に方向付けることによって、異なるステアリングされる射出瞳を提供する。いくつかの実施形態では、射出瞳は、有利なことに、小さい（例えば、直径が２ｍｍ以下）場合がある。

【００２７】

回折反射器を形成する回折層は様々な形態をとり得ることが理解されよう。いくつかの実施形態では、回折層は、ユーザの眼に射出瞳をステアリングするために相対配向を変化させる体積位相ホログラムを含み得る。

【００２８】

いくつかの実施形態では、本明細書におけるＶＲＤは、これらのＶＲＤの構造の機械的作動のための１つ以上の微小電気機械システム（ＭＥＭＳ）デバイスを備え得る。例えば、画像光プロジェクタは、回折反射器上に光を方向付けるためのＭＥＭＳミラーを含み得る。そのようなＭＥＭＳは、光が回折反射器から反射する角度の範囲を増加させて、ディスプレイシステムに利用可能である可能な射出瞳の場所の数を増加させるのに有用であり得る。

【００２９】

ここで、図面を参照するが、全体を通して、同様の参照符号は、同様の特徴を指す。

【００３０】

例示的なディスプレイシステム

図２は、ウェアラブルディスプレイシステム８０の一例を示している。ディスプレイシステム８０は、ディスプレイ６２と、そのディスプレイ６２の機能をサポートする様々な機械及び電子モジュール及びシステムと、を含む。ディスプレイ６２は、フレーム６４に結合されてもよく、フレーム６４は、ディスプレイシステムのユーザ又は観覧する者６０によって着用可能であり、かつ、ユーザ６０の眼の前方にディスプレイ６２を位置決めするように構成されている。ディスプレイ６２は、いくつかの実施形態において、アイウェアと考えられ得る。いくつかの実施形態において、スピーカ６６は、フレーム６４に結合され、ユーザ６０の外耳道に隣接して位置決めされている（図示されていないが、別のスピーカが、任意選択で、ステレオ／成形可能音声制御を提供するために、ユーザの他方の外耳道に隣接して位置決めされ得る）。ディスプレイシステムはまた、音を検出するための１つ以上のマイクロフォン６７又は他のデバイスも含み得る。いくつかの実施形態において、マイクロフォンは、ユーザに、システム８０に対する入力又はコマンド（例えば、ボイスメニューコマンド、自然言語質問など）を提供させるように構成され、かつ／又は、他の人との（例えば、同様のディスプレイシステムの他のユーザとの）音声通信を可能にしてもよい。

【００３１】

引き続き図２を参照すると、ディスプレイ６２は、有線リード又は無線接続によるなど、通信リンク６８によって、フレーム６４に固定的に取り付けられる、ユーザが着用したヘルメット又は帽子に固定的に取り付けられる、ヘッドフォンに内蔵される、又はユーザ６０に別様に取り外し可能に（例えば、バックパックスタイル構成、ベルト連結スタイル構成で）取り付けられるなど、多様な構成で装着され得るローカルデータ処理モジュール７０に対して、動作可能に結合されている。ローカル処理及びデータモジュール７０は、ハードウェアプロセッサと、非揮発性メモリ（例えば、フラッシュメモリ又はハードディスクドライブ）などのデジタルメモリと、を備えてもよく、両方とも、データの処理、キャッシング、保存の支援を行うのに利用され得る。データには、ａ）画像撮影デバイス（

カメラなど）、マイクロフォン、慣性測定ユニット、加速度計、コンパス、ＧＰＳユニット、無線デバイス、ジャイロ、及び／又は、本明細書に開示の他のセンサなど、（例えば、フレーム６４に対して動作可能に結合されるか、又はユーザ６０に別様に取り付けられ得る）センサから捕捉されたデータ、及び／又は、ｂ）場合によっては、そのような処理又は検索後のディスプレイ６２への通過のための、（仮想コンテンツに関するデータを含む）遠隔処理モジュール７２及び／又は遠隔データリポジトリ７４を使用して取得及び／又は処理されたデータ、が含まれる。ローカル処理及びデータモジュール７０は、有線又は無線通信リンクを介するなど、通信リンク７６、７８により、遠隔処理モジュール７２及び遠隔データリポジトリ７４に対して動作可能に結合され得ることにより、これらの遠隔モジュール７２、７４が互いに対して動作可能に結合され、ローカル処理及びデータモジュール７０へのリソースとして利用可能となる。いくつかの実施形態において、ローカル処理及びデータモジュール７０は、画像撮影デバイス、マイクロフォン、慣性測定ユニット、加速度計、コンパス、ＧＰＳユニット、無線デバイス、及び／又はジャイロのうちの１つ以上を含んでもよい。いくつかの他の実施形態において、これらのセンサのうちの１つ以上は、フレーム６４に取り付けられてもよく、又は有線若しくは無線の通信経路により、ローカル処理及びデータモジュール７０と通信するスタンドアローン構造であってもよい。

【００３２】

図２を引き続き参照すると、いくつかの実施形態において、遠隔処理モジュール７２は、データ及び／又は画像情報を分析及び処理するように構成された１つ以上のプロセッサを備えてもよい。いくつかの実施形態において、遠隔データリポジトリ７４は、デジタルデータ保存設備を備え、デジタルデータ保存設備は、「クラウド」リソース構成におけるインターネット又は他のネットワーキング構成を通じて利用可能であり得る。いくつかの実施形態において、遠隔データリポジトリ７４は、１つ以上の遠隔サーバを含んでもよく、遠隔サーバは、例えば、拡張現実コンテンツを生成するための情報などの情報を、ローカル処理及びデータモジュール７０及び／又は遠隔処理モジュール７２に提供する。いくつかの実施形態において、全てのデータが保存され、全ての演算が、ローカル処理及びデータモジュールにおいて実施されることで、遠隔モジュールからの完全自律使用を可能にする。

【００３３】

ここで図３を参照すると、画像の「三次元」すなわち「３Ｄ」としての知覚は、観覧する者の各眼にわずかに異なる画像表現を提供することによって達成され得る。図３は、ユーザに対して三次元画像をシミュレーションするための従来のディスプレイシステムを示している。各眼４、６に対する２つのはっきりと異なる画像５、７は、ユーザに出力される。画像５、７は、観覧する者の視線に平行な光学軸又はＺ軸に沿った距離１０で、眼４、６から離間している。画像５、７は、平坦であり、眼４、６は、単一調節状態をとることによって画像上に焦点を合わせ得る。そのようなシステムは、画像５、７を組み合わせて、組み合わせた画像の深度及び／又はスケールの知覚を提供するための人間の視覚系に依拠するものである。

【００３４】

しかしながら、人間の視覚系は、より複雑であり、現実的な深度の知覚を提供することは、更に課題となることが理解されるであろう。例えば、従来の「３Ｄ」ディスプレイシステムを観覧する多くの者は、そのようなシステムが不快であると感じ、又は深度の感覚を全く知覚しないこともある。理論に限定されることなく、オブジェクトを観覧する者は、両眼共同及び調節の組み合わせのゆえに、そのオブジェクトを「三次元」であると知覚し得る。２つの眼の互いに対する両眼共同運動（すなわち、瞳孔が互いに近付くか、又は遠ざかるように移動することで、眼の視線を収束させて、オブジェクト上に固定するような眼の回転）は、眼の水晶体と瞳孔との焦点合わせ（すなわち「調節」）と密接に関連付けられている。通常の条件下において、眼の水晶体の焦点を変化させる、すなわち、眼の調節を行って、異なる距離にある１つのオブジェクトから別のオブジェクトへ焦点を変化

させることにより、瞳孔拡張又は瞳孔収縮とともに、「調節両眼共同反射」として既知の関係の下、自動的に同一距離に両眼共同を合わせるように変化を生じる。同様に、両眼共同の変化は、通常の条件下において、水晶体の形状及び瞳孔のサイズの調節を合わせるように変化させるトリガとなる。本明細書に記載のとおり、多くの立体又は「３Ｄ」ディスプレイシステムでは、各眼に対するわずかに異なる提示（つまり、わずかに異なる画像）を使用してシーンを表示することで、人間の視覚系に三次元視点を知覚させるようにする。しかしながら、そのようなシステムはとりわけ、異なるシーンの提示を単に提供するのみで、眼では単一調節状態で全ての画像情報を観覧しており、「調節両眼共同反射」に対抗するため、多くのユーザにとっては不快なものとなる。調節と両眼共同との間のより良いマッチを提供するディスプレイシステムは、より現実的で快適な三次元画像のシミュレーションを形成し得る。

【００３５】

図４は、複数の深度平面を使用した三次元画像をシミュレーションするためのアプローチの態様を示している。図４を参照すると、ｚ軸上の眼４、６から様々な距離にあるオブジェクトは、眼４、６によって調節されて、これらのオブジェクトに焦点が合わされている。眼（４及び６）は、ｚ軸に沿った異なる距離でオブジェクトに焦点を合わせる特定の調節状態をとる。結果として、特定の調節状態は、深度平面１４のうちの特定の１つと関連付けられ得、この特定の１つは、関連付けられた焦点距離を有し、眼がその深度平面に対して調節状態にあるとき、特定の深度平面内のオブジェクト又はオブジェクトの一部に焦点が合うようになる。いくつかの実施形態において、眼４、６の各々に対して異なる画像提示を行うことにより、また更に深度平面の各々に対応して異なる画像提示を提供することにより、三次元画像がシミュレーションされてもよい。例示の明確さのために別々に示されているが、眼４、６の視野は、例えば、ｚ軸に沿う距離が増加するほど重なり合い得る。加えて、図示の容易さのために平坦に示されているが、深度平面の輪郭は、物理的空間において湾曲していてもよく、深度平面中のあらゆる特徴が、特定の調節状態において眼の焦点のあった状態にあるようにすることが理解されるであろう。

【００３６】

オブジェクトと眼４又は６との間の距離はまた、その眼によって観覧される、そのオブジェクトからの光の発散量も変化させ得る。図５Ａ～５Ｃは、距離と光線の発散との間の関係を示している。オブジェクトと眼４との間の距離は、距離の降順、Ｒ１、Ｒ２、及びＲ３の順に表されている。図５Ａ～５Ｃに示されるとおり、オブジェクトへの距離が短くなるほど、光線はより発散する。距離が長くなるほど、光線はよりコリメートされる。別の表現をすると、ある点（オブジェクト又はオブジェクトの一部）で生成された明視野が球状の波面曲率を有し、これはその点がユーザの眼からどれだけ離れているかの関数であることであり得る。曲率は、オブジェクトと眼４との間の距離が短くなるほど大きくなる。結果として、異なる深度平面において、光線の発散程度も異なり、深度平面と観覧する者の眼４との間の距離が短くなるほど、発散程度が上昇する。図５Ａ～５Ｃにおいては、図示の明確さのために単一の眼４のみを図示したが、眼４に関する考察は、観覧する者の両方の眼４及び６に適用されてもよいことが理解されよう。

【００３７】

理論に限定されることなく、人間の眼は、通常、有限数の深度平面を解釈して深度知覚を与え得ると考えられている。結果として、知覚された深度を高度に信じられるほどシミュレーションすることは、眼に、これらの限られた数の深度平面の各々に対応して異なる画像提示を提供することによって達成され得る。異なる提示は、観覧する者の眼によって別々に焦点が合わせられてもよく、これにより、異なる深度平面上に位置するシーンに対して異なる画像特徴に焦点を合わせるのに必要な眼の調節に基づき、及び／又は、異なる深度平面上の異なる画像特徴の焦点が外れていることを観察することに基づき、ユーザに深度の手がかりを与える手助けとなる。以下で考察されるように、本明細書に記載のディスプレイシステム及び光学アーキテクチャは、上流の可変焦点レンズと互換性があり得、これにより、調節－両眼共同マッチングが容易になり得る。

【００３８】
調節－両眼共同ミスマッチに加えて、光学効率は、現在のウェアラブルディスプレイ技術の重大な問題である。回折導波路は、回折導波路の、アイボックスサイズ、全体的な体積、視野、及び画質の組み合わせに起因して使用されてきたが、通常、導波路に注入された光の数パーセントのみがユーザの眼に伝送されるという点で非効率的であり得る。この非効率性は、回折損失と、本明細書で考察されるように、ほとんどの導波路システムでは、導波路が投影光を大きなアイボックス領域上に分散させるという事実と、の両方から結果として生じ得る。この非効率性は、電力消費及び表示の明るさに悪影響を及ぼす場合があり、ひいては、このことが、ディスプレイデバイスが大きな電池を有することを必要とすると同時に、望まない放熱事態と低い全体的な表示の明るさを生じさせる場合がある。

【００３９】
コンパクトかつ軽量な「一日中、毎日の」ウェアラブルディスプレイは、現在の既存の技術から容易に利用可能である効率よりも高い効率を必要とし得る。様々な課題が、ウェアラブルディスプレイ技術で使用するための高効率の光学システム及びデバイスを達成することと関連付けられている。ウェアラブルディスプレイの効率を高めるための１つの戦略は、大きなアイボックスにわたって光を分配するのではなく、小さな射出瞳で光を出力することである。しかしながら、そのようなデバイスによって形成された画像は、小さな領域に投影されるだけであるため、ユーザの眼が動くと、画像が失われ、又は画像の品質が低下し得る。したがって、小さな射出瞳を利用するいくつかの光学システム及びデバイスは、可動ミラーを使用して、投影システムからの光を別のミラー上へと方向付け、次いで、別のミラーが光をユーザの眼内に方向付ける。

【００４０】
しかしながら、現在既存の瞳ステアリング方法及びシステムは、体積／バルク要件、効率、射出瞳ステアリング範囲、ステアリング範囲全体にわたる画像品質、色の忠実度、シースルービジョンの品質、電力消費、及び必要とされる眼鏡フォームファクタのうちの１つ以上が不足しているため、連続使用デバイスには十分ではない場合がある。更に、既存の瞳ステアリングデバイスの電力消費、速度、精度、効率、輝度、及びフォームファクタは、定型的な日常使用に対して満足のいくものではない場合がある。したがって、導波路式及び瞳ステアリング型の両方の既存のヘッドマウントディスプレイシステムは、様々な用途、特に、一日中、毎日のウェアラブルディスプレイデバイスでの使用には不十分であり得る。

【００４１】
本明細書におけるいくつかの実施形態は、既存のシステムの様々な欠陥を改善し得る、作動される瞳ステアリングを備えるヘッドマウント又はニアアイ仮想網膜ディスプレイ（ＶＲＤ）システムを対象とする。本明細書に記載のＶＲＤシステムは、改善されたサイズ、重量、及び輝度を提供する、高効率であり得る光学アーキテクチャを備え得る。したがって、本明細書に記載のＶＲＤは、一日中、日常使用が可能な光学システム及びデバイスで使用され得る。

【００４２】
本明細書に記載のいくつかの実施形態は、シースルーウェアラブルディスプレイのための極めて効率的な光学アーキテクチャを対象とする。いくつかの実施形態では、本明細書で考察されるように、導波路又は従来の瞳拡大光学系を使用して大きなアイボックスを作成する代わりに、光学アーキテクチャは、眼の位置にマッチするように能動的にステアリングされる比較的小さな射出瞳（例えば、２ｍｍ以下を含む、眼の瞳孔のサイズ未満）を眼において作成するシステムを備え得る。ディスプレイデバイスの射出瞳のサイズと観覧する者の眼の入射瞳のサイズとの間のミスマッチを記述するものと理解され得る低いエテンデュと、例えば体積位相ホログラム（ＶＰＨ）などからの、高い回折効率と、は、レーザ光源から射出瞳への非常に低い光学的損失につながり得る。更に、いくつかの実施形態では、本明細書におけるシステム及びデバイスの射出瞳は、眼の瞳孔よりも小さく、かつユーザの眼を追うようにステアリングされ得ることから、大きなアイボックスと関連付け

られた損失は、実質的に低減又は排除され得る。有利なことに、ディスプレイ光源によって生成された光の大部分は、より大きな領域にわたって分布するのではなく、ユーザの網膜に転送され得る。

【００４３】

図６は、画像光をユーザの眼内にステアリングすることによって仮想コンテンツを表示するための光学系アーキテクチャの一例を示している。光学系アーキテクチャ６００は、ＶＲＤアーキテクチャであり得、画像光（すなわち、例えば所望の色及び／又は輝度を画素に提供するために、画像コンテンツで符号化された光）を出力するための画像光プロジェクタ６０２を備え得る。画像光プロジェクタ６０２は、画像光を生成するための光源６０４を含み得る。いくつかの実施形態では、画像光プロジェクタ６０２は、画像光プロジェクタ６０２によって出力される光線の強度及び／又は色を変動させて、出力光を画像情報で符号化するための変調器を含み得る。いくつかの他の実施形態では、出力される光の強度及び／又は色は、光源６０４を直接制御することによって制御され得る。

【００４４】

いくつかの実施形態では、画像光プロジェクタ６０２は、走査ディスプレイの光出力端の場所及び／又は方向に基づいて光の出力を変化させる走査ディスプレイであり得る。このようにして、出力が領域全体にわたる走査を終了すると、異なる表示素子（例えば、ピクセル）が形成され得、光は、アプリケーションの所望のピクセルに対応する特定の場所に出力される。いくつかの実施形態では、走査は、走査ミラー６０６を使用して達成され得、走査ミラー６０６は、光源６０４から出力された光を光走査のための所望の方向に方向付けるように移動する（例えば、１つ以上の軸に沿って回転する）。

【００４５】

いくつかの実施形態では、画像光プロジェクタ６０２は、レーザ光を出力するレーザ走査プロジェクタの形態をとる走査ディスプレイであり得る。例えば、画像光プロジェクタ６０２は、光をＭＥＭＳミラー６０６に方向付けるレーザ光源６０４を備え得る。レーザ走査プロジェクタ６０２は、１つ以上の追加のレーザ、ＭＥＭＳ、ミラー、ガルバノメータスキャナ、コリメータ、上流の可変焦点部品又は他の光学部品６０９、６１１を備え得ることが理解されよう。光学系６０９、６１１は、異なる深度平面のオブジェクトを配置するための異なる調節刺激を提供するために、出力された光の波面発散を修正するように構成された投影光学系であり得、かつ／又は可変焦点レンズ素子であり得ることが理解されよう。レーザ走査プロジェクタ６０２は、単色投影用の１つのレーザ光源、又は異なる成分色についての異なる波長の光を出力してフルカラー画像を形成する複数の光源（例えば、ＲＧＢ（赤、緑、及び青）フルカラー投影用の３つの光源）を備え得る。加えて、レーザ走査プロジェクタ６０２は、デジタル制御信号をレーザ走査プロジェクタ６０２における走査部品を制御するアナログ信号に変換するためのコントローラ及びデジタルアナログ変換器（ＤＡＣ）を備えてもよい。いくつかの実施形態では、ディスプレイシステム６２の処理モジュール７０及び／又は７２などの１つ以上のプロセッサは、レーザ走査プロジェクタ６０２のためのコントローラを備え得る。

【００４６】

本明細書で考察されるように、いくつかの実施形態では、ＭＥＭＳ６０６は、光を１つ以上の軸に沿って回折反射器６０８に走査及び転向するための振動走査ミラーを備え得る。本明細書で考察されるように、走査を利用して、ユーザの網膜上に画像を描画し得る。

【００４７】

ＭＥＭＳは、機械部品及び電気部品を組み合わせた統合されたデバイス又はシステムを指し得ることが理解されよう。ＭＥＭＳは、集積回路（ＩＣ）バッチ処理技法を使用して製造され得、マイクロメートル又はミリメートルのスケールのサイズ範囲であり得る。ＭＥＭＳは、機械的マイクロ構造、マイクロセンサ、マイクロアクチュエータ、及びマイクロエレクトロニクスを備え得、各々が同じ基板上に集積される。マイクロ機械部品は、当該技術分野で知られているマイクロマシニングプロセスを使用して、シリコン基板及び他の基板の操作によって製造され得る。バルクマイクロマシニング及び表面マイクロマシニ

ング、並びに高アスペクト比マイクロマシニング（ＨＡＲＭ）などのプロセスは、シリコンの一部を選択的に除去するか、又は追加の構造層を追加して、機械部品及び電気機械部品を形成する。ＭＥＭＳは、マイクロスケールで感知、制御、及び作動する能力を有し、これは、マクロスケールでの効果を生成し得る。ＭＥＭＳの小サイズ、低コスト、低電力消費、機械的耐久性、高精度、及び低コストのバッチ処理は、ディスプレイデバイスでの使用に様々な利点を提供する。

【００４８】

いくつかの実施形態では、本明細書に記載のＭＥＭＳは、動的な光変調のための一種のマイクロミラーアクチュエータである走査ミラープロジェクタを含み得る。いくつかの実施形態では、走査ミラープロジェクタは、１つ以上のミラーを１つ以上の次元で移動させるためのマイクロサイズモータを備え得る。１つ以上のミラーに向けられたレーザビームは、モータによって並進及び／又は回転され得る走査ミラーによって正確に偏向及びステアリングされて、標的点に到達し得る。走査ミラープロジェクタは、走査ミラープロジェクタが超低電力環境で動作するため、有利であり得、卓越した再現性及び信頼性を提供し、１つ以上の軸での迅速な光学ビーム走査を提供し得る。

【００４９】

本明細書で使用されるＭＥＭＳ走査ミラーは、例えば、経時的に光を移動及び偏向させるように適合された円筒形、長方形、又は正方形のマイクロミラーを含み得る。マイクロミラーは、トーションアームによって固定部分に接続され得、１つ以上の軸に沿ってチルト及び振動し得る。例えば静電、熱、電磁、又は圧電を含む、異なる作動原理が使用され得る。ＭＥＭＳ走査ミラーは、水平軸及び垂直軸のいずれか又は両方に沿って光を走査するための１つ以上の振動軸に沿って振動するように構成された単一のマイクロミラーを含み得る。代替的に、ＭＥＭＳデバイスは、第１の振動軸に沿って振動するように構成された第１のＭＥＭＳ走査ミラーと、第２の振動軸に沿って振動するように構成された第２のＭＥＭＳ走査ミラーと、を含み得る。いくつかの実施形態では、２ミラー配置で、第１及び第２のＭＥＭＳ走査ミラーは、振動軸が直交するように正確に位置決めされ得る。

【００５０】

図６を引き続き参照すると、転向された光は、１つ以上の光線６０７を含み得る。アーキテクチャ６００が拡張現実ディスプレイシステムの一部である場合、回折反射器６０８は、光学コンバイナであってもよく、世界光６１２を透過させながら、光線６０７をステアリングされた射出瞳６１０に転向するように提供されてもよい。好ましくは、ステアリングされた射出瞳６１０の場所は、眼６１４の瞳孔の場所とマッチする。本明細書における様々な図面では、１つの眼及びアーキテクチャが示され得るが、観覧する者は、別の眼を有し得、ディスプレイシステムは、その他方の眼に画像光を提供するために、アーキテクチャ６００などの別のアーキテクチャを提供され得ることが理解されよう。

【００５１】

回折反射器６０８は、本明細書でより詳細に記載されているように、追加の光学素子とともに、１つ以上の瞳ステアリング機構を備え得る。例えば、回折反射器６０８は、射出瞳６１０をユーザ６０の眼６１４の視覚平面内でステアリングして眼の入射瞳の位置にマッチさせるための、１つ以上のＶＰＨ格子又は液晶格子及び機能的なビームステアリング光学系を備え得る。いくつかの実施形態では、アーキテクチャ６００は、眼６１４への透過光ではない仮想現実ディスプレイシステムの一部であり得る。そのような実施形態では、回折反射器６０８は、単にビームステアリングのための反射光学系であると理解され得る。

【００５２】

ＶＰＨは、共通の入力経路からの異なる波長の光を異なる角度の出力経路へと回折するための周期的位相構造を含む光学格子を含み得ることが理解されよう。ＶＰＨ格子は、透明なガラス又は溶融シリカの２つの層の間に封止された透過性材料、例えば重クロム酸ゼラチンの層に形成されている。入射光の位相は、周期的な微分硬度又は屈折率を有する光学的に厚いフィルムを入射光が通過する際に変調される。ＶＰＨ格子は、表面レリーフパ

ターンの深さが入射光の位相を変調する従来の格子とは異なる。しかしながら、従来の反射格子と同様に、周期構造の空間周波数は、回折光におけるスペクトル分散、又は波長成分の角度分離を決定する。平均屈折率、屈折率微分又は変調、及びフィルムの厚さは、ＶＰＨの効率、偏光、及び帯域幅性能特性を決定する。ＶＰＨ格子は、ＶＰＨの光学構造が、耐久性を有し、清掃可能であり、カスタマイズ可能であり、安定であり、かつ優れた光学特性を有するという点で有利であり得る。ＶＰＨ格子は、反射型又は透過型ＶＰＨ格子を含み得る。

【００５３】

従来の格子とは異なり、ＶＰＨ格子は、格子構造が外部ガラス及び／又は表面コーティングによって保護されるため、強化された強度、堅牢性、及び環境耐久性を提供する。ＶＰＨ格子を他の光学素子と組み合わせて、追加の又は強化された光学特性を可能にしてもよい。ＶＲ及びＡＲヘッドマウントディスプレイ（ＨＭＤ）におけるレンズなどの古典的な幾何学的光学素子は、矯正用眼鏡／サングラスのフォームファクタを求めるディスプレイの重量又はサイズ要件を満たすことができない。しかしながら、ＶＰＨ格子の幾何学形状は、従来の反射格子を使用して実現することができないコンパクトで高性能のシステム形状を可能にする。従来の格子は、通常、回折／分散光が入射光源に向かって反射するリトロー幾何学形状で機能する。対照的に、ＶＰＨ格子の透過幾何学形状に起因して、入射光及び回折光は、格子面の反対側に位置し得る。結果として、ＶＰＨ格子は、入射光及び回折光を、検出器、ファイバ、又はＭＥＭＳなどの独立した光学系及び部品によって動作させることを可能にする。更に、撮像光学系は、格子に直接隣接して配置されてもよく、これにより、いくつかの用途において、システムサイズが最小限に抑えられ、性能が向上し得る。いくつかの実施形態では、偏光不感受性ＶＰＨ格子構造の使用は、偏光分割システム構成の必要性を排除して、部品数及びデバイスサイズを更に低減し得る。ＶＰＨ格子は、３００ライン／ｍｍ未満～６０００ライン／ｍｍ超のライン周波数で作製され得る。ＶＰＨ格子は、本明細書において、ホログラフィック光学素子（ＨＯＥ）とも称され得る。

【００５４】

図６を引き続き参照すると、例示的なＶＲＤアーキテクチャ６００は、アーキテクチャが極度にコンパクトであ電力効率がよい場合があり、かつ実質的にコヒーレントアーチファクトがない画像を投影し得るという点で、既存のアーキテクチャに対して様々な利点を有し得る。ＶＲＤアーキテクチャ６００はまた、投影光の大部分がユーザの瞳孔に入るように、導波路式のディスプレイに対して非常に小さな射出瞳を生成してもよい。いくつかの実施形態では、例示的な光学アーキテクチャ６００からの実質的に全ての投影光が、ユーザの瞳孔に入る。対照的に、導波路式のディスプレイシステムなどの他のディスプレイシステムは、大きなアイボックスを生成し得、電力は、広く分散され、投影光のほんの一部のみがユーザの瞳孔に入る。

【００５５】

追加的に、例示的な光学アーキテクチャ６００を使用して、上流の可変焦点を介して、大視野（ＦＯＶ）、高輝度、高効率、及び制御された連続的な両眼共同－調節マッチングを有するデバイスにコンパクトなディスプレイシステムを生成してもよい。ＦＯＶは、回折反射器６０８が外観に関連して画像を表示する、ユーザの眼に対して張る、垂直方向及び水平方向の角度を示す。より狭いＦＯＶであれば、ユーザの視野の中心付近の制限された観覧をもたらすであろう一方で、広いＦＯＶは、より広いビューを可能にする。

【００５６】

有利なことに、本明細書で考察されるように、例示的なＶＲＤアーキテクチャ６００は、ＶＲＤアーキテクチャ６００が瞳拡大光学系を必要とせず、かつウェアラブルアイウェアデバイスに折り畳まれ得ることから、比較可能なデバイスよりも小さい場合がある。加えて、例示的なＶＲＤアーキテクチャ６００の効率は、光ステアリングとアーキテクチャによって作成された射出瞳６１４の小さいサイズとに起因して、少量の光しか無駄にならない場合がある（すなわち、光源６０４によって生成された光の少量のみが眼６１４の瞳

孔に到達しない）ため、比較的高い場合がある。最後に、画像光プロジェクタ６０２によって生成された光の大部分が、より大きなアイボックス全体にわたって分散されるのではなく、小さな射出瞳６１０を介して能動的アイボックスに能動的に方向付けられるため、高輝度が達成される。

【００５７】

いくつかの実施形態では、例示的なＶＲＤアーキテクチャ６００は、ＦＯＶの一部分又は全体にわたるユーザの眼の回転及び横方向の移動を考慮したステアリングされた射出瞳６１０を生成することができる。いくつかの実施形態では、ＶＲＤアーキテクチャ６００は、水平回転及び垂直回転の両方を考慮することができる。いくつかの実施形態では、ＶＲＤアーキテクチャ６００は、眼の物理的に可能な回転範囲全体にわたって、水平回転及び垂直回転の両方を考慮することができる。例えば、いくつかの実施形態では、ＶＲＤアーキテクチャ６００は、約５０度（例えば、水平視線から下向きに２５度及び上向きに２５度）の垂直の眼回転を考慮することが可能であり得る。いくつかの実施形態では、ＶＲＤアーキテクチャ６００は、約１度、約１．５度、約２度、約２．５度、約３度、約３．５度、約４度、約４．５度、約５度、約５．５度、約６度、約６．５度、約７度、約７．５度、約８度、約８．５度、約９度、約９．５度、約１０度、約１０．５度、約１１度、約１１．５度、約１２度、約１２．５度、約１３度、約１３．５度、約１４度、約１４．５度、約１５度、約１５．５度、約１６度、約１６．５度、約１７度、約１７．５度、約１８度、約１８．５度、約１９度、約１９．５度、約２０度、約２０．５度、約２１度、約２１．５度、約２２度、約２２．５度、約２３度、約２３．５度、約２４度、約２４．５度、約２５度、約２５．５度、約２６度、約２６．５度、約２７度、約２７．５度、約２８度、約２８．５度、約２９度、約２９．５度、約３０度、又は前述の値のいずれかの間の値の上向きの垂直の眼回転を考慮することが可能であり得る。

【００５８】

いくつかの実施形態では、ＶＲＤアーキテクチャ６００は、約１度、約１．５度、約２度、約２．５度、約３度、約３．５度、約４度、約４．５度、約５度、約５．５度、約６度、約６．５度、約７度、約７．５度、約８度、約８．５度、約９度、約９．５度、約１０度、約１０．５度、約１１度、約１１．５度、約１２度、約１２．５度、約１３度、約１３．５度、約１４度、約１４．５度、約１５度、約１５．５度、約１６度、約１６．５度、約１７度、約１７．５度、約１８度、約１８．５度、約１９度、約１９．５度、約２０度、約２０．５度、約２１度、約２１．５度、約２２度、約２２．５度、約２３度、約２３．５度、約２４度、約２４．５度、約２５度、約２５．５度、約２６度、約２６．５度、約２７度、約２７．５度、約２８度、約２８．５度、約２９度、約２９．５度、約３０度、又は前述の値のいずれかの間の値の下向きの垂直の眼回転を考慮することが可能であり得る。

【００５９】

いくつかの実施形態では、ＶＲＤアーキテクチャ６００は、約７０度（例えば、垂直の中央視線から左方向に３５度及び右方向に３５度）の水平の眼回転を考慮することが可能であり得る。いくつかの実施形態では、ＶＲＤアーキテクチャ６００は、約１度、約１．５度、約２度、約２．５度、約３度、約３．５度、約４度、約４．５度、約５度、約５．５度、約６度、約６．５度、約７度、約７．５度、約８度、約８．５度、約９度、約９．５度、約１０度、約１０．５度、約１１度、約１１．５度、約１２度、約１２．５度、約１３度、約１３．５度、約１４度、約１４．５度、約１５度、約１５．５度、約１６度、約１６．５度、約１７度、約１７．５度、約１８度、約１８．５度、約１９度、約１９．５度、約２０度、約２０．５度、約２１度、約２１．５度、約２２度、約２２．５度、約２３度、約２３．５度、約２４度、約２４．５度、約２５度、約２５．５度、約２６度、約２６．５度、約２７度、約２７．５度、約２８度、約２８．５度、約２９度、約２９．５度、約３０度、約３０．５度、約３１度、約３１．５度、約３２度、約３２．５度、約３３度、約３３．５度、約３４度、約３４．５度、約３５度、又は前述の値のいずれかの間の値の左の水平の眼回転を考慮することが可能であり得る。

【００６０】
いくつかの実施形態では、ＶＲＤアーキテクチャ６００は、約１度、約１．５度、約２度、約２．５度、約３度、約３．５度、約４度、約４．５度、約５度、約５．５度、約６度、約６．５度、約７度、約７．５度、約８度、約８．５度、約９度、約９．５度、約１０度、約１０．５度、約１１度、約１１．５度、約１２度、約１２．５度、約１３度、約１３．５度、約１４度、約１４．５度、約１５度、約１５．５度、約１６度、約１６．５度、約１７度、約１７．５度、約１８度、約１８．５度、約１９度、約１９．５度、約２０度、約２０．５度、約２１度、約２１．５度、約２２度、約２２．５度、約２３度、約２３．５度、約２４度、約２４．５度、約２５度、約２５．５度、約２６度、約２６．５度、約２７度、約２７．５度、約２８度、約２８．５度、約２９度、約２９．５度、約３０度、約３０．５度、約３１度、約３１．５度、約３２度、約３２．５度、約３３度、約３３．５度、約３４度、約３４．５度、約３５度、又は前述の値のいずれかの間の値の右の水平の眼回転を考慮することが可能であり得る。
【００６１】
図６を引き続き参照すると、いくつかの実施形態では、カメラアセンブリ８２（例えば、可視光カメラ及び赤外線カメラを含むデジタルカメラ）は、眼の画像をキャプチャして、例えば眼の瞳孔の位置を追跡するように、提供され得る。本明細書で使用される場合、カメラは、任意の画像撮影デバイスであり得る。いくつかの実施形態において、カメラアセンブリ８２は、画像撮影デバイスと、眼に光（例えば、近赤外光）を投影するための光源と、を含み得、光は、その後、眼によって反射され、画像撮影デバイスによって検出され得る。いくつかの実施形態では、カメラアセンブリ８２は、フレーム６４（図２）に取り付けられ得、カメラアセンブリ８２からの画像情報を処理し得る処理モジュール７０及び／又は７２（図２）と電気通信し得る。いくつかの実施形態において、各眼を別々にモニタリングするために、１つのカメラアセンブリ８２が各眼に対して利用され得る。
【００６２】
カメラアセンブリ８２は、ユーザの眼の動きを追跡し得る内側の対面する撮像システムに統合され得る。内側の対面する撮像システムは、片眼の動き又は両眼の動きのいずれかを追跡し得る。内側の対面する撮像システムは、フレーム６４に取り付けられ得、処理モジュール７０又は７２と電気通信し得、処理モジュール７０又は７２は、内側の対面する撮像システムによって取得された画像情報を処理して、例えばユーザ６０の眼の瞳孔の直径若しくは向き、眼の動き、又は眼の姿勢を、判定し得る。内側の対面する撮像システムは、１つ以上のカメラをカメラアセンブリ８２の一部として含み得る。例えば、少なくとも１つのカメラを使用して、各眼を画像化し得る。カメラによって取得された画像を使用して、各眼の瞳孔サイズ又は眼の姿勢を別々に判定し、それによって、各眼への画像情報の提示をその眼に動的に適合させることが可能になり得る。
【００６３】
カメラアセンブリ８２は、例えば、単一カメラ入力又はマルチカメラ入力を備える、例えば、ニアアイ追跡（軸上又は軸外）、遠隔追跡、モデルベースの追跡、又は回帰ベースの追跡を含む、ビデオベースの眼追跡システムを含み得る。ニアアイ追跡は、眼を観覧しているカメラ位置に応じて、軸上構成と軸外構成とに分割され得る。軸外配置は、場合によっては視線推定での不均一な精度を犠牲にして、より少ないスペースを占有し得る。
【００６４】
いくつかの実施形態では、例示的なＶＲＤアーキテクチャ６００を組み込むディスプレイシステムはまた、ユーザの変動する瞳孔間距離（ＩＰＤ）を考慮する必要があり得る。ＩＰＤは、両眼の瞳孔が望ましくは観覧システムの射出瞳内に位置決めされるヘッドマウントディスプレイを含む、双眼観覧システムの重要な設計考慮事項である。ＩＰＤ測定を、そのようなシステムの設計において使用して、射出光学系又は接眼レンズの横方向の調整の範囲を指定し得る。また、ＩＰＤを使用して、双眼光学システムの射出瞳間の距離を記述してもよい。いくつかの実施形態では、ユーザ間の変動するＩＰＤは、各ユーザに対するディスプレイデバイスのフィッティング中に考慮され得る。

【００６５】
ＶＲＤアーキテクチャ６００の利用における１つの潜在的な課題は、時間的視覚効果の作成にあり、関連して、眼の動きと無関係に、高品質の画像を網膜に連続的に投影することによる現実的かつ快適なユーザエクスペリエンスを維持することにある。小さな射出瞳を有するユーザの眼の高画像品質を維持するために、正確で高速のユーザ瞳孔感知、射出瞳ステアリング、及び画像レンダリングループが好ましくは実装される。したがって、適切な瞳ステアリングハードウェア及びソフトウェアが、満足のいくループを生成するために採用され得る。
【００６６】
射出瞳ステアリングのいくつかの従前のアプローチは、様々な瞳複製方法を使用してＶＲＤの射出瞳を受動的に拡大することを伴う。しかしながら、本明細書におけるいくつかの実施形態では、例示的なＶＲＤアーキテクチャ６００は、瞳を複製しない。代わりに、本明細書におけるＶＲＤの射出瞳６１４は、眼を追うように動的にステアリングされ得る。
【００６７】
ＶＲＤのための機械的及び非機械的瞳ステアリングを含む、射出瞳ステアリングのいくつかの変形例が本明細書に記載されている。本明細書で考察されるように、基礎となるＶＲＤアーキテクチャは、例えば、ユーザのこめかみの近くに装着され、かつ投影光を眼に反射する回折反射器上に光を投影する画像光プロジェクタを備え得る。いくつかの実施形態では、射出瞳ステアリング機構は、回折反射器に統合されており、回折層のスタック、例えば１つ以上のＶＰＨの組み合わせ、及び／又は液晶格子を伴い得る。本明細書に記載の瞳ステアリング機構はまた、両眼共同－調節矛盾（ＶＡＣ）を軽減するために有益であり得る、比喩的な調節刺激を提供するための上流の可変焦点レンズ構造と同等であり得る。本明細書で考察されるように、ＶＡＣは、ニアアイディスプレイでは問題となり、導波路式のディスプレイでは対処することが困難であり得る。対照的に、可変焦点ＶＲＤシステムは、小さい、低電力の可変焦点レンズを利用して、変動する調節刺激のための変動するレベルの波面発散を提供し得る。本明細書における瞳ステアリング機構を回折コンバイナの上流の可変焦点構造と組み合わせて使用することは、有利なことに、調整可能な可変焦点ディスプレイを提供し得る。
【００６８】
非機械的射出瞳ステアリング機構
本明細書に開示のいくつかの射出瞳ステアリング機構は、これらの射出瞳ステアリング機構の作動において非機械的であり得る。いくつかの実施形態では、非機械的ビームステアリングは、有利なことに、高効率、低摩耗、高速、及び／又は低故障率を提供し得る。非機械的ビーム制御を達成するために、マイクロレンズアレイ、電気光学プリズム、及び回折音響光学技法を含む、多種多様なアプローチが探索されてきた。望ましくないことに、これらのアプローチは、以下の制限のうちの１つ以上に悩まされ得る：低スループット、散乱、小さいステアリング角度／絞り、及び大きな物理的サイズ。
【００６９】
本明細書におけるいくつかの非機械的射出瞳ステアリング機構は、電子的に作動される瞳ステアリング機構を含み得る。これらの瞳ステアリング機構のうちのいくつかは、液晶偏光格子（ＬＣＰＧ）の偏光感受特性に基づき得る。例えば、いくつかの電子的に作動される瞳ステアリング機構は、１つ以上の射出瞳を能動的にステアリングするために、電子的にアドレス指定可能な偏光スイッチと組み合わせた１つ以上のＬＣＰＧを備えるコンバイナを備え得る。電子的瞳ステアリングを組み込んだデバイスは、少なくとも可視波長から赤外波長までの波長を含むほぼ任意の波長で動作するように適合され得る。
【００７０】
電子的に作動される瞳ステアリング機構を使用して、シースルーウェアラブルディスプレイのための効率的な光学アーキテクチャを構築し得る。本明細書で考察されるように、導波路又は従来の瞳拡大光学系を使用して大きなアイボックスを作成する代わりに、電子

的に作動される瞳ステアリング機構を有する光学システムが、眼において、眼の位置にマッチするように能動的にステアリングされる小さな射出瞳を作成し得る。ＬＣＰＧ、他の回折層（ＶＰＨなど）、及び／又は電子的にアドレス指定可能な分極スイッチをスタックすることは、控えめな量の切替可能な射出瞳の場所を有する透明コンバイナの構築を可能にし得る。

【００７１】

いくつかの実施形態では、電子的に作動される射出瞳ステアリングは、例えば軸外の回折ＶＲＤで、使用され得る。本明細書における電子的に作動される瞳ステアリング機構はまた、両眼共同－調節矛盾（ＶＡＣ）を軽減するための上流の可変焦点構造と同等であり得る。

【００７２】

いくつかの実施形態では、電子的に作動される射出瞳ステアリング機構は、回折コンバイナに統合されており、偏光選択性及び非選択性の回折素子（例えば、ＬＣＰＧ、ＨＯＥ、及び他の体積位相格子を含む）の層の組み合わせを備える。瞳ステアリングは、偏光スイッチがオン又はオフに切り替えられるかどうかに応じて、格子の異なる順序を考慮するために偏光選択性格子間に偏光スイッチを配置することによって達成され得る。いくつかの実施形態では、アドレス指定可能なステアリング位置の数は、2^nであり、式中、ｎは、スタックされたスイッチの数である。

【００７３】

偏光スイッチを備えるＬＣＰＧ

本明細書に記載のいくつかの光学コンバイナは、非ブラッグ選択性のＬＣＰＧを備える、電子的に作動させる瞳ステアリング機構を備え得る。いくつかの実施形態では、非ブラッグ選択性のＬＣＰＧは、世界光補償ユニットと対をなして、世界光がコンバイナを通過することを可能にし得る。非ブラッグ選択性のＬＣＰＧは、一般に、世界光に対して不透明である。したがって、非ブラッグ選択性のＬＣＰＧを備えるコンバイナは、世界光を補償するための追加のＬＣＰＧスタックを必要とし得る。ＬＣＰＧの追加のスタックは、軽量でコンパクトなディスプレイデバイスが所望される場合、瞳ステアリングに使用され得る層の数に制約を与え得る。結果として、層の数（すなわち、スタックされたスイッチ）は、層の数を増やすとコンバイナの透明性が低下するため、電子的に作動される瞳ステアリングに非ブラッグ選択性のＬＣＰＧを利用するコンバイナの制限要因であり得る。

【００７４】

図７は、画像光をユーザの眼内にステアリングするための電子的に作動されるアセンブリのための光学アーキテクチャ７００の一例を示す。いくつかの実施形態では、光学アーキテクチャ７００は、図６のディスプレイシステムのための回折反射器６０８などのＶＲＤディスプレイで使用するための回折反射器を形成するために使用され得る。光学アーキテクチャ７００は、第１のＨＯＥ７２０、第２のＨＯＥ７２２、ビームステアリングユニット（ＢＳＵ）７２４、ダイクロイックミラー７２６、及び世界補償器７２８を備える。示された実施形態では、画像光プロジェクタ６０２から投影された偏光ビーム６０７が、影響を受けずに第１の偏光選択性のＨＯＥ７２０を通過し、ＢＳＵ７２４に向けて第２の偏光選択性ＨＯＥ７２２によってコリメートされる。ＢＳＵ７２４は、シングルパスモード又はダブルパスモードで、光の偏光の偏光特性と、ＢＳＵ７２４におけるＬＣＰＧのオン／オフステータスと、に基づいて、光を選択的にステアリングする。図７の示されたダブルパスの実施形態では、第２のＨＯＥ７２２からの入射光ビーム６０７は、第１の時間にＢＳＵ７２４によってダイクロイックミラー７２６にステアリングされ、ダイクロイックミラー７２６は、光ビーム６０７をユーザの眼７１６に向けてＢＳＵ７２４に戻すように反射する。ダイクロイックミラー７２６からの反射の後、ＢＳＵ７２４は、第２の時間に光ビーム６０７を、光ビーム６０７が影響を受けずに通過する第２のＨＯＥ７２２と、ステアリングされた射出瞳６１０に光を集束させる第１のＨＯＥ７２０と、に戻すように動的にステアリングする。

【００７５】

図８Ａ及び８Ｂは、それぞれ、第１のＨＯＥ７２０及び第２のＨＯＥ７２２の光学機能を示している。第１のＨＯＥ７２０は、右旋円偏光８０２を集束させ、左旋円偏光８０４を影響を受けないままにすることを含む光学機能を有し得る。第２のＨＯＥ７０４は、左旋円偏光８０４をコリメートし、右旋円偏光８０２を影響を受けないままにすることを含む光学機能を有し得る。したがって、図７の示された実施形態では、光ビーム６０７は、画像光プロジェクタ６０２から投影されたときに左旋円偏光する。左旋円偏光ビーム６０７は、第１のＨＯＥによって影響を受けず、第２のＨＯＥ７２２によってコリメートされる。しかしながら、眼７１６から離れた第１のパス及び眼７１６に向かう第２のパスでＢＳＵ７２４（図７）を通過した後、光ビーム６０７は、第２のパスが眼７１６に向かって第１のＨＯＥ７２０及び第２のＨＯＥ７２２を通過する時点で右旋円偏光するようにそれらの偏光を切り替え得る。したがって、第２のパス時に、光ビーム６０７は、第２のＨＯＥ７２２によって影響を受けず、第１のＨＯＥ７２０によって射出瞳６１０に集束され得る。

【００７６】

いくつかの実施形態では、第１のＨＯＥ７２０及び第２のＨＯＥ７２２の光学機能は、第１のＨＯＥ７２０が第２のＨＯＥ７２２の上述の光学機能を実行するように交換可能であり得、その逆もまた同様である。図７の示された実施形態では、光ビーム６０７は、最初に、第１のＨＯＥ７２０によって影響を受けず、かつ第２のＨＯＥ７２２によってコリメートされるように、左旋円偏光する。しかしながら、ダイクロイックミラー７２６から反射し、ＢＳＵ７２４を眼７１６に向かうままとした後、光ビーム６０７は、影響を受けずに第２のＨＯＥ７２２を通過し、かつ第１のＨＯＥ７２０によって射出瞳６１０に集束されるように、右旋円偏光し得る。

【００７７】

図９は、図７の光学アーキテクチャのための電子的に作動されるビームステアリングユニット（ＢＳＵ）の一例を示している。ＢＳＵ７２４は、各々が回折層を形成する１つ以上のＬＣＰＧ９０２を備え得る。いくつかの実施形態では、ＬＣＰＧの各々は、連続的な面内ベンドスプレイパターンを有する切替可能なネマチックＬＣＰＧを含み得る。理論によって制限されないが、ＬＣＰＧの各々の理論的回折効率を、$\eta_0 = \cos^2(\Gamma/2)$、$\eta_{\pm 1} = (1/2)(1 \pm S'_3)\sin^2(\Gamma/2)$と表すことができ、式中、$\eta_m$はｍ次の回折効率であり、$\Gamma = 2\pi\Delta nd/\lambda$は、ＬＣＰＧ層のリタデーションであり、λは、入射光の波長であり、$S'_3 = S_3/S_0$は、入射光の楕円率に対応する正規化されたストークスパラメータである。いくつかの実施形態では、入射光は、入力が円偏光し（$S'_3 = \pm 1$）、かつＬＣ層のリタデーションが半波（$\Delta nd = \lambda/2$）であるときに、１次のうちの１つのみに回折され得る。

【００７８】

入力光ビーム６０７が円偏光すると、第１のＨＯＥ７２０及び／又は第２のＨＯＥ７２２は、ＢＳＵ７２４のＬＣＰＧへの入力光が２つの直交する（左旋／右旋）円偏光状態のいずれかであることを確実にする。偏光の偏光特性に応じて、各ＬＣＰＧは、ビームを一次（＋θ又は－θ）のうちの１つに回折し、その偏光特性を反転させる。ＬＣＰＧ（$V >> V_{threshold}$）に電圧を印加すると、格子プロファイルは実効的に消去され（すなわち、$\Delta n = 0$）、入射ビームは、ＬＣＰＧを通過し、入射ビームの偏光状態を維持する。回折角は、古典的な格子方程式$\theta_{out} = \sin^{-1}(m\lambda/\Lambda + \sin\theta_{in})$によって確立され得、式中、次数ｍは、入射偏光に依存し、Λは、格子周期である。

【００７９】

図１０は、オフ状態及びオン状態における液晶偏光格子（ＬＣＰＧ）の例を示している。理論によって制限されないが、ＬＣＰＧは、光をステアリングするための周期構造を利用する従前の回折格子と同様であると理解され得る。しかしながら、ＬＣＰＧは、純粋な位相変調又は振幅変調の代わりに偏光変調を使用し、場合によっては、９９．８％を超える高い一次効率を提供し得る。液晶は、液晶が電場によって配向が操作され得る高異方性分子で構成されるため、偏光格子媒体に十分に適している。高効率及びコンパクトなサイ

ズにより、ＬＣＰＧは、コヒーレントなビームのステアリング及びアクティブな画像走査システムに好適となり得る。アクティブなＬＣＰＧがオン状態に切り替わる（すなわち、特定の電圧閾値を超える電圧が、電極間に印加される）と、ＬＣＰＧの格子構造が消失し、第３の非偏向及び非偏光の経路がもたらされる。ＬＣＰＧのスタックにおける各素子は、正味の偏向から、オフに切り替えられ得るか、追加され得るか、又は減算され得るため、相対的に小さいスタックが、大きなセットの偏向角を提供して、二次元の広い範囲の角度を少ない数のスタック素子で達成することを可能にし得る。

【００８０】

図９を再び参照すると、ＢＳＵ７２４は、１つ以上のＬＣＰＧ９０２を備え得る。図９の例示的なＢＳＵ７２４は、３つのＬＣＰＧ９０２（ｎ＝３）を備える。しかしながら、いくつかの実施形態では、ＢＳＵ７２４は、１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２、２３、２４、又は２５個のＬＣＰＧ９０２を備え得る。しかしながら、いくつかの実施形態では、各ＬＣＰＧ層は、いくらかの光学的損失を生じさせ得るため、ＢＳＵ７２４内のＬＣＰＧ９０２の数は、透明性を高め、かつ光学アーキテクチャ７００を利用するディスプレイデバイスのサイズを縮小するために低くてもよい。

【００８１】

理論によって制限されないが、ＬＣＰＧ９０２の格子ｉ＋１の空間周波数がＬＣＰＧ９０２の格子ｉの空間周波数とは異なる場合、可能な回折角θの数は、2^nに等しい場合があり、式中、ｎは、ＢＳＵ７２４におけるＬＣＰＧ９０２の数である、と考えられる。図１１は、ｎ＝３のＢＳＵ７２４を使用して達成され得る例示的な回折角θを示しており、空間周波数$\sigma_{i+1} = 2\sigma_i$である。示されるように、ｎ＝３個のＬＣＰＧを有するビームステアリングユニットは、$2^3 = 8$個の等間隔の回折角を達成し得る。ダブルパス構成では、回折角は、２θに２倍される。

【００８２】

再び図９を参照すると、いくつかの実施形態では、ＢＳＵ７２４はまた、１つ以上の波長板９０４を備えてもよい。波長板９０４は、入射光の偏光に応じて屈折率が異なる、石英、雲母、又はプラスチックなどの複屈折材料で構成され得る。波長板の挙動は、結晶の厚さ、光の波長、及び屈折率の変動に依存し得る。これらのパラメータ間の関係を適切に選定することによって、光波の２つの偏光成分間に制御される位相シフトを導入し、それによって、光波の偏光を改変することが可能であり得る。いくつかの実施形態では、１つ以上の波長板９０４は、直線偏光を円偏光に変換し、その逆もまた同様である、少なくとも１つの四分の一波長板を含む。更に、いくつかの実施形態では、ＢＳＵ７２４は、１つ以上のＶＰＨ格子９０６を備えてもよい。

【００８３】

ＢＳＵ７２４の光学機能は、第１のＨＯＥ７２０、第２のＨＯＥ７２２、及びダイクロイックミラー７２６との組み合わせで、画像光プロジェクタ６０２から特定のステアリングされた射出瞳６１０に光ビーム６０７を方向付けて、眼７１６の網膜に画像を生成することであり得る。ＢＳＵ７２４におけるＬＣＰＧ９０２のうちの１つ以上は、オン又はオフ状態に連続的に切り替えられて、眼７１６の検出された動きに基づいて、光ビーム６０７を2^n個の異なる回折角にステアリングし得る。

【００８４】

再び図７を参照すると、光学アーキテクチャ７００はまた、ＢＳＵ７２４と同一であるが反対に駆動される光学構造を備え得る世界補償器７２８を備えてもよい。世界補償器は、世界光６１２に対する正味の光学効果が最小限であるか、又はないように、世界光６１２に対してＢＳＵ７２４の逆の光学機能を実行することによって機能し得る。上述したように、非ブラッグ選択性のＬＣＰＧは、一般に、世界光に対して不透明である格子を含むため、世界補償器７２８を利用して、世界光６１２が眼７１６に到達することを可能にし得る。

【００８５】

ブラッグ選択性のＬＣＰＧ
いくつかの電子的に作動される瞳ステアリング機構は、ブラッグ選択性のＬＣＰＧを備え得る。いくつかの実施形態では、ブラッグ選択性のＬＣＰＧは、比較可能な非ブラッグ選択性のＬＣＰＧよりも透明であり得る。したがって、いくつかの実施形態では、ブラッグ選択性のＬＣＰＧを備えるコンバイナ及び光学アーキテクチャは、同様の又は更に高いレベルの透明性を維持しながら、非ブラッグ選択性のＬＣＰＧを備えるコンバイナ及び光学アーキテクチャよりも多くの層を備え得る。光学アーキテクチャ内の層の数を増加させることは、コンバイナによって達成され得る射出瞳ステアリング位置の量の増加を可能にし得、これにより、瞳ステアリングの精度、正確さ、及び／又は速度が増加し得る。更に、ブラッグ選択性のＬＣＰＧは透明であり得ることから、世界光は、追加の世界補償光学系を必要とせずに、これらのＬＣＰＧを利用するコンバイナを通過し得る。したがって、いくつかの実施形態では、ブラッグ選択性のＬＣＰＧを有するコンバイナは、他の瞳ステアリング機構を採用したディスプレイシステムと比較して、強化されたユーザエクスペリエンス及び画像投影を提供し得る。

【００８６】
図１２は、画像光をユーザの眼内にステアリングするための電子的に作動されるアセンブリのための光学アーキテクチャ１２００の別の例を示している。いくつかの実施形態では、光学アーキテクチャ１２００は、図６の回折反射器６０８などのＶＲＤディスプレイで使用するための回折反射器を形成するために使用され得る。光学アーキテクチャ１２００は、第１のＨＯＥ７２０、第２のＨＯＥ７２２、ビームステアリングユニット（ＢＳＵ）７２４、ダイクロイックミラー７２６、及び偏光子７２８を備える。示された実施形態では、画像光プロジェクタ６０２から投影された偏光ビーム６０７が、影響を受けずに第１の偏光選択性のＨＯＥ７２０を通過し、ＢＳＵ７２４に向けて第２の偏光選択性ＨＯＥ７２２によってコリメートされる。ＢＳＵ７２４は、シングルパスモード又はダブルパスモードで、光の偏光の偏光特性と、ＢＳＵ７２４におけるブラッグ選択性のＬＣＰＧのオン／オフステータスと、に基づいて、光を選択的にステアリングする。図１２の示されたダブルパスの実施形態では、第２のＨＯＥ７２２からの入射光ビーム６０７は、第１の時間にＢＳＵ７２４によってダイクロイックミラー７２６にステアリングされ、ダイクロイックミラー７２６は、光ビーム６０７をユーザの眼７１６に向けてＢＳＵ７２４に戻すように反射する。ダイクロイックミラー７２６からの反射の後、ＢＳＵ７２４は、第２の時間に光ビーム６０７を、光ビーム６０７が影響を受けずに通過する第２のＨＯＥ７２２と、ステアリングされた射出瞳６１０に光を集束させる第１のＨＯＥ７２０と、に戻すように動的にステアリングする。

【００８７】
図１４Ａ及び１４Ｂは、図１２の光学アーキテクチャのホログラフィック光学素子の光学機能の例を示している。第１のＨＯＥ７２０は、右旋円偏光入射光８０２を集束させ、左旋円偏光入射光８０４を影響を受けないままにすることを含む光学機能を有し得る。第２のＨＯＥ７０４は、左旋円偏光８０４をコリメートし、右旋円偏光８０２を影響を受けないままにすることを含む光学機能を有し得る。したがって、図１２の示された実施形態では、光ビーム６０７は、画像光プロジェクタ６０２から投影されたときに左旋円偏光する。左旋円偏光ビーム６０７は、第１のＨＯＥによって影響を受けず、第２のＨＯＥ７２２によってコリメートされる。しかしながら、眼７１６から離れた第１のパス及び眼７１６に向かう第２のパスでＢＳＵ７２４を通過した後、光ビーム６０７は、第２のパスが眼７１６に向かって第１のＨＯＥ７２０及び第２のＨＯＥ７２２を通過する時点で右旋円偏光するように光ビーム６０７の偏光を切り替えられ得る。したがって、第２のパス時に、光ビーム６０７は、第２のＨＯＥ７２２によって影響を受けず、第１のＨＯＥ７２０によって射出瞳６１０に集束され得る。

【００８８】
いくつかの実施形態では、第１のＨＯＥ７２０及び第２のＨＯＥ７２２の光学機能は、第１のＨＯＥ７２０が第２のＨＯＥ７２２の上述の光学機能を実行するように交換可能で

あり得、その逆もまた同様である。図１２の示された実施形態では、光ビーム６０７は、最初に、第１のＨＯＥ７２０によって影響を受けず、かつ第２のＨＯＥ７２２によってコリメートされるように、左旋円偏光する。しかしながら、ダイクロイックミラー７２６から反射し、ＢＳＵ７２４を眼７１６に向かうままとした後、光ビーム６０７は、影響を受けずに第２のＨＯＥ７２２を通過し、かつ第１のＨＯＥ７２０によって射出瞳６１０に集束されるように、右旋円偏光し得る。

【００８９】

図１３は、本明細書におけるいくつかの実施形態による例示的なＢＳＵ７２４を示している。ＢＳＵ７２４は、１つ以上のブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２を備え得る。ＬＣＰＧの各々は、切替可能なネマチックブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２を含み得る。ブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２を使用する例示的なＢＳＵ７２４では、１つ以上のブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２の全てが、同じ偏光を有する光に対して作用するように構成されている。例えば、いくつかの実施形態では、１つ以上のブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２の各々は、右旋円偏光を有する光に対して作用し得る。いくつかの他の実施形態では、１つ以上のブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２の各々は、左旋円偏光を有する光に対して作用し得る。ブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２のこの構成の結果として、ブラッグ選択性のＬＣＰＧが作用する偏光と反対の偏光を有する世界光が、影響を受けずにＢＳＵ７２４を通過し得る。したがって、この構成では、世界補償器は必要でない場合がある。

【００９０】

理論によって制限されないが、ブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２の格子ｉ＋１の空間周波数がブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２の格子ｉの空間周波数とは異なる場合、可能な回折角θの数は、2^nに等しく、式中、ｎは、ＢＳＵ７２４におけるＬＣＰＧ１３０２の数である、と考えられる。図１５は、ｎ＝３のブラッグ選択性のＬＣＰＧ１３０２を有するＢＳＵ７２４を使用して達成され得る例示的な回折角θを示しており、空間周波数$\sigma_{i+1} = 2\sigma_i$である。示されるように、ｎ＝３個のＬＣＰＧ１３０２を有するビームステアリングユニットは、$2^3 = 8$個の離間した回折角を達成し得る。ダブルパス構成では、回折角は、２θに２倍され得る。

【００９１】

機械的に作動させる瞳ステアリング機構

いくつかの実施形態では、ヘッドマウントディスプレイシステムは、光学素子の横方向の並進、回転、及び／又はチルトを提供するように機械的に作動される射出瞳ステアリング機構を備える回折反射器を備え得る。いくつかの実施形態では、回折反射器及び関連する画像光プロジェクタは、単一の射出瞳を提供し得る。回折反射器は、複数の回折層を含み得、層のうちの少なくとも１つは、機械的に作動されて、ディスプレイシステムの射出瞳を眼の瞳孔の場所にステアリングし得る。いくつかの他の実施形態では、回折反射器は、２つ以上の射出瞳を備え得る。本明細書で考察されるように、回折反射器は、拡張現実ディスプレイシステムなどのための光学コンバイナの一部であり得る。

【００９２】

リズレープリズム式の回折反射器

図１６を参照すると、いくつかの実施形態では、機械的に作動される射出瞳ステアリング機構は、リズレープリズム式のアーキテクチャ１６００を備え得る。いくつかの実施形態では、リズレープリズム式のアーキテクチャ１６００は、複数の回折層、例えば４つの回折層を備え得、回折層のうちの２つが機械的に回転して、ディスプレイデバイスの射出瞳６１２をシフトさせる。いくつかの実施形態では、リズレープリズム式のアーキテクチャ１６００は、ビームステアリングに使用され得る一対のウェッジプリズムを含む、リズレープリズム対とも呼ばれるリズレープリズムの原理に基づいて構造化されている。例えば、一方のウェッジを他方のウェッジに対して回転させると、光ビームの方向が変化するようになっている。ウェッジの角度が同じ方向になると、屈折ビームの角度が大きくなる。ウェッジが反対方向の角度に回転すると、これらのウェッジは打ち消し合い、ビームは

、まっすぐに通過することが可能になる。回折層は同様の様式で機能することが理解されよう。いくつかの実施形態では、光学アーキテクチャ１６００は、図６のディスプレイシステムのための回折反射器６０８などのＶＲＤディスプレイで使用するための回折反射器を形成するために使用され得る

【００９３】

いくつかの実施形態では、リズレープリズム式のアーキテクチャ１６００は、４つの回折層を備え得、中間の２つの層の各々は、他方に対して回転し、２つの外側層は、静止したままである。リズレープリズム式のアーキテクチャ１６００は、反射性又は透過性の回折層を備え得る。いくつかの実施形態では、画像光プロジェクタ６０２からの入射光ビーム６０７に最も近い外側層１６２０は、第１のＨＯＥを備え得る。いくつかの実施形態では、リズレープリズム式のアーキテクチャ１６００のアクティブ層（例えば、２つの中間層）は、アクチュエータ（図示せず）による操作に基づいて、所望の光学機能性を提供し得る。いくつかの実施形態では、アクティブ層は、第１のＨＯＥ１６２０からのコリメートされた光に対して作用し得る。いくつかの実施形態では、入射光から最も遠い外側層１６２２は、第２のＨＯＥを備え得る。いくつかの実施形態では、層１６２２の第２のＨＯＥは、集束レンズ又は集束プレートを備え得る。いくつかの実施形態では、リズレープリズム式のアーキテクチャは、コンバイナの一部であり得る。いくつかの実施形態では、リズレープリズム式のアーキテクチャ１６００の層は、画像光プロジェクタ６０２からの投影画像におけるアーチファクト又は他の画像欠陥を低減するために、各々に対して角度が付けられ得る。

【００９４】

いくつかの実施形態では、リズレープリズム式のアーキテクチャ１６００は、４層以上の回折構造を備える。いくつかの実施形態では、層は、ＶＰＨ、液晶ベースの位相格子、又は両方の組み合わせを備え得る。とりわけ、アイボックスサイズ、分解能、及びＦＯＶなどの光学アーキテクチャ及びデバイス要件に応じて、異なるタイプの格子が利用され得る。選定された光学アーキテクチャ（例えば、シングルパス、ダブルパス、反射、透過）に応じて、シースルー透明性を補償するための追加の層が必要とされ得る。例えば、シングルパス及びダブルパスのアーキテクチャは、透過格子又は反射格子のいずれか、又は両方の組み合わせを使用して形成され得る。

【００９５】

図１６を再び参照すると、アーキテクチャ１６００は、アクティブなリズレープリズムＢＳＵ１６２４、第１の回折層１６２０、及び第２の回折１６２２を備える光学コンバイナを備え得る。リズレープリズム式のアーキテクチャ１６００はまた、光をＭＥＭＳ６０６に方向付けるレーザ光源６０４を備える画像光プロジェクタ６０２を備えてもよい。画像光プロジェクタ６０２は、１つ以上の追加のレーザ、ＭＥＭＳ、ミラー、ガルバノメータスキャナ、コリメータ、上流の可変焦点部品又は他の光学部品６０９、６１１を備え得る。

【００９６】

いくつかの実施形態では、第１のＨＯＥ１６２０は、画像光プロジェクタ６０２からの光ビーム６０７がＢＳＵ１６２４に方向付けられるように、光ビーム６０７のコリメータとして機能し得る。ＢＳＵ１６２４は、ユーザの瞳孔６１４の動きに応答して、光ビーム６０７が射出瞳６１０にステアリングされるように、光ビーム６０７を回折させるように機械的に作動され得る。ＢＳＵ１６２４は、シングルパス構成で形成され得、光ビーム６０７は、画像光プロジェクタ６０２、第１の回折層１６２０、及び眼の側からＢＳＵ１６２４に入るとき、又はダブルパス構成でのみ回折され、光ビーム６０７は、第２の回折層１６２２と相互作用した後、ＢＳＵ１６２４を通過する第１のパスとＢＳＵ１６２４を通過する第２のパスとの両方で回折される。いくつかの実施形態では、第２の回折層１６２２は、集束レンズとして機能して、光ビーム６０７を、ＢＳＵ１６２４に戻し、かつユーザの眼に向けて反射し得る。いくつかの実施形態では、光ビーム６０７は、ＢＳＵ１６２４及び第２の回折層１６２２から戻った後、第２のパス上で第１の回折層１６２０によっ

て影響を受けない。いくつかの実施形態では、光学アーキテクチャ１６００は、とりわけ、追加の回折層（例えば、追加のＨＯＥ）などの追加の層、及び／又はダイクロイックミラーを備え得る。

【００９７】

図１７は、図１６のリズレープリズム式のＢＳＵ１６２４の構造の一例を示している。図１７の例示的なＢＳＵ１６２４は、透過性のリズレープリズム式の瞳ステアリング機構を備える。示された実施形態では、ＢＳＵ１６２４は、本明細書で考察されるように、シングルパス構成又はダブルパス構成の少なくとも２つの透過回折格子を備える。第１の透過格子１７０２及び第２の透過格子１７０４に入射する光ビーム６０７は、格子の各々を通る透過時に回折され得る。いくつかの実施形態では、回折角は、第１の透過格子１７０２及び／又は第２の透過格子１７０４の回転によって変化し得る。例えば、示されるように、第１の配向１７０２Ａから第２の配向１７０２Ｂへの第１の格子１７０２の機械的回転は、第１の格子７０２を通る透過時に光ビーム６０７の回折角を変化させ得る。同様に、第１の配向１７０４Ａから第２の配向１７０４Ｂへの第２の格子１７０４の機械的回転は、第２の格子７０４を通る透過時に光ビーム６０７の回折角を変化させ得る。第１の透過格子１７０２及び／又は第２の透過格子１７０４の回転によって生じる回折角の変化の結果として、射出瞳６１０の場所は、少なくとも２つの次元でステアリングされ得る。いくつかの実施形態では、第１の透過格子１７０２及び／又は第２の透過格子１７０４の回転面は、第１の格子１７０２及び第２の格子１７０４を通る光伝播方向に垂直に配向されている。シングルパス構成では、光ビーム６０７は、ＢＳＵ１６２４によって１回のみ回折されることとなるが、ダブルパス構成では、光ビーム６０７は、ＢＳＵ１６２４を通過する第１のパス及び第２のパスの両方で回折され得る。

【００９８】

図１８は、図１６のリズレープリズム式のＢＳＵの構造の別の例を示している。図１８のＢＳＵ１６２４は、反射リズレープリズム式の瞳ステアリング機構を備える。示された実施形態では、ＢＳＵ１６２４は、本明細書で考察されるように、シングルパス構成又はダブルパス構成の少なくとも２つの反射格子を備える。第１の反射格子１８０２及び／又は第２の反射格子１８０４に入射する光ビーム６０７は、各格子の内部側面又は内部表面１８０６からの反射時に回折され得る。いくつかの実施形態では、格子の内部側面１８０６は、互いに対面する第１の反射格子１８０２及び第２の反射格子の側面を指す。いくつかの実施形態では、光ビーム６０７の回折角は、第１の反射格子１８０２及び／又は第２の透過格子１８０４の回転によって変化し得る。例えば、示されるように、第１の配向１８０２Ａから第２の配向１８０２Ｂへの第１の格子１８０２の機械的回転は、第１の格子１８０２の内部側面１８０６からの反射時に光ビーム６０７の回折角を変化させ得る。同様に、第１の配向１８０４Ａから第２の配向１８０４Ｂへの第２の格子１８０４の機械的回転は、第２の格子１８０４の内部側面１８０６からの反射時に光ビーム６０７の回折角を変化させ得る。第１の反射格子１８０２及び／又は第２の反射格子１８０４の回転によって生じる回折角の変化の結果として、射出瞳６１０の場所は、少なくとも２つの次元でステアリングされ得る。いくつかの実施形態では、回転面は、第１の格子１８０２及び第２の格子１８０４を通る光伝搬方向に垂直に配向されている。

【００９９】

透過格子で形成されたリズレープリズムＢＳＵと、反射格子によって形成されたリズレープリズムＢＳＵと、の正味の光学機能は、格子の配向に応じて同様であり得る。しかしながら、反射格子ＢＳＵでは、光は、図１８に示されるように、各格子を通る光の透過時にではなく、隣接する格子の対面する表面からの反射時に回折され得る。

【０１００】

図１９は、シングルパスリズレープリズム式のＢＳＵ１６２４の光学機能性の一例を示している。コンバイナ１９００は、図１６の光学アーキテクチャ１６００に関して考察されるように、第１のＨＯＥ１６０４及び第２のＨＯＥ１６０６を備え得る。更に、コンバイナ１９００は、シングルパス構成のリズレープリズムＢＳＵ１６２４を備え得る。示さ

れるように、光ビーム６０７は、第１のＨＯＥ１６２０からＢＳＵ１６２４を通る最初の透過時に１回回折され得る。しかしながら、光６０７は、第２のＨＯＥ１６２２から戻る、反対側からＢＳＵ１６２４を通る第２の透過時に、ＢＳＵ１６２４によって影響を受けない場合がある。光ビーム６０７の回折は正味の回折として図１９に示されていることが理解されよう。図１７及び１８に関連して考察されるように、光ビーム６０７は、ＢＳＵ１６２４内で複数回回折され得、ＢＳＵ１６２４内の回折格子の１つ以上の層を通る透過時、又はこれらの層からの反射時に回折され得る。

【０１０１】

図２０は、サブルパスリズレープリズム式のＢＳＵ１６２４の光学機能性の一例を示している。回折反射器２０００は、図１６の光学アーキテクチャ１６００に関連して考察されるように、第１の回折層１６２０及び第２の回折層１６２２を備え得る。本明細書で考察されるように、回折層１６２０、１６２２の各々は、ＨＯＥを備え得る。いくつかの実施形態では、回折反射器２０００は、ダブルパス構成のリズレープリズムＢＳＵ１６２４を備え得る。示されるように、光ビーム６０７は、第１の回折層１６２０からＢＳＵ１６２４を通る最初の透過時に１回回折され、かつ第２の回折層１６２４から戻る、反対側からＢＳＵ１６２４を通る第２の透過時に再び回折され得る。

【０１０２】

透過型及び反射型の両方のリズレープリズムＢＳＵは、特定のディスプレイデバイスの光学要件に応じて、シングルパス構成又はダブルパス構成で配向され得る。図１７及び１８に関連して考察されるように、光ビーム６０７は、ＢＳＵ１６２４内で複数回回折され得、ＢＳＵ１６２４内の１つ以上の回折格子を通る透過時、又はこれらの回折格子からの反射時に回折され得る。

【０１０３】

シフトプレート式の作動

いくつかの実施形態では、回折反射器は、シフトプレート式のＢＳＵを備える射出瞳ステアリング機構を備え得る。いくつかの実施形態では、シフトプレート式のＢＳＵは、２つ以上の回折層を備え得、回折層のうちの１つ以上の横方向シフトは、ディスプレイシステムの射出瞳６１０（図６）のシフトをもたらす。

【０１０４】

いくつかの実施形態では、シフトプレート式のＢＳＵは、ユーザの視線を横切る平面上のＸ方向及び／又はＹ方向で、回折反射器の１つ以上の光学素子（例えば、回折層）を横方向に変位させることによって機能し得る。Ｘ方向及びＹ方向はまた、ユーザのＦＯＶ内の水平軸及び垂直軸に平行な方向（ユーザの視野の水平軸及び垂直軸に沿った方向など）を指すと理解され得ることが理解されよう。いくつかの実施形態では、シフトプレート式のＢＳＵは、２つ以上の層を必要とし得、層のうちの１つ以上が、他の層に対して移動する。層は、ＶＰＨ又は反射幾何学的位相レンズ、又は両方の組み合わせを含み得る。いくつかの実施形態では、世界光補正のための追加の層は、必要とされない。

【０１０５】

図２１は、コリメート型シフトプレートコンバイナを備える例示的な光学アーキテクチャ２１００を示している。アーキテクチャ２１００は、第１の格子層２１２０及び第２の格子層２１２２を備えるＢＳＵ２１２４を備える光学コンバイナを備え得る。光学アーキテクチャ２１００はまた、デジタルで窓化された瞳ステアリング範囲全体にわたって光を走査するためのＭＥＭＳ６０６に光を方向付ける光源６０４（例えば、レーザ光源）を備える画像光プロジェクタ６０２を備えてもよい。画像光プロジェクタ６０２は、１つ以上の追加の光源（例えば、レーザ）、ＭＥＭＳ、ミラー、ガルバノメータスキャナ、コリメータ、上流の可変焦点部品又は他の光学部品６０９、６１１を備え得ることが理解されよう。いくつかの実施形態では、光学アーキテクチャ２１００は、図６のディスプレイシステムのための回折反射器６０８などのＶＲＤディスプレイで使用するための回折反射器を形成するために使用され得る。

【０１０６】

いくつかの実施形態では、第１の格子層２１２０は、第１の格子層２１２０と第２の格子層２１２２との間のクロストークを回避するために、光ビーム６０７の全ての主要光線を急峻な角度でコリメートすることによって機能する第１のＨＯＥを含む。本明細書で使用される場合、クロストークは、格子間の光信号の干渉又は交差を指す。全ての主要光線を集束させる前にコリメートすることは、第２の格子層２１２２への全ての入射光ビーム６０７がブラッグマッチし、したがって、高効率で集束された小さな射出瞳６１０を形成するようになる位置変動に対して、第２の格子層２１２２が非感受性であることを確実にする。いくつかの実施形態では、第２の格子層２１２２は、コリメートされた主要光線を射出瞳６１０に集束させるように機能する第２のＨＯＥを含む。いくつかの実施形態では、Ｘ方向及びＹ方向における第２の格子層２１２２の機械的な並進は、ユーザの眼の検出された場所に基づいて、光ビーム６０７を射出瞳６１０にステアリングするために使用される。いくつかの実施形態では、Ｘ方向及びＹ方向における第２の格子層２１２２の機械的な並進は、１：１の関係で射出瞳６１０を移動させる。換言すれば、射出瞳６１０は、第２の格子層２１２２のＸ方向及びＹ方向における対応する移動と等しい距離だけＸ方向及びＹ方向に移動する。いくつかの実施形態では、第１の格子層２１２０は、光ビーム６０７の回折が第１の格子層２１２０を通る光ビーム６０７の透過時に生じるような透過型ＨＯＥを含み得る。いくつかの実施形態では、第２の格子層２１２２は、光ビーム６０７の回折が第２の格子層２１２０からの光ビーム６０７の反射時に生じるような反射型ＨＯＥを含み得る。

【０１０７】

いくつかの実施形態では、コリメート型シフトプレート配置では、射出瞳６１０の変位は、第２の格子２１２２の変位に１：１の比で比例する。コリメート型シフトプレート配置の単純な構造の結果として、コリメート型シフトプレート配置を使用して、高効率で単純なディスプレイシステムを形成し得る。いくつかの実施形態では、３色投影（ＲＧＢ）を使用するとき、コリメート型シフトプレートの瞳ステアリングは、９０％を超える総電力効率をもたらし得る。更に、本明細書で考察されるように、コリメート型シフトプレート配置は、光学クロストークを回避し得、これにより、アーチファクトが低減され、光学システムの全体的な視覚的品質が向上する。最後に、いくつかの実施形態では、コリメート型シフトプレート配置は、ユーザエクスペリエンスを悪化させることになり得る瞳収差を最小限に抑えるか、又は排除し得る。

【０１０８】

図２２は、図２１に示されるもののようなコリメート型シフトプレート回折反射器を使用して達成され得る様々な瞳ステアリング位置を示している。いくつかの実施形態では、コリメート型シフトプレートビームステアリング機構を備えるコンバイナは、Ｘ方向及びＹ方向における約８ｍｍ×８ｍｍの面積にわたって射出瞳をステアリングすることが可能であり得る。しかしながら、ステアリング範囲は、シフトプレートの作動範囲に基づいて、拡張又は制限されてもよい。図２２は、第１の格子２１２０及び第２の可動格子２１２２を備えるＢＳＵ２１２４によって、３つの異なる例示的なＹ軸射出瞳位置６１０Ａ、６１０Ｂ、及び６１０Ｃにステアリングされている、画像光プロジェクタ６０２からの光ビーム６０７の主要光線を示している。

【０１０９】

図２３は、図２１のシフトプレートＢＳＵの体積位相ホログラフィック格子構造の例を示している。体積位相ホログラフィック格子構造は、コリメート型シフトプレート回折反射器を形成し得る。いくつかの実施形態では、第１の格子層２１２０は、透過ＶＰＨを含み得る。いくつかの実施形態では、図２３に示されるように、光ビーム６０７は、例えばビームスプリッタによって、オブジェクトビーム２３０２として既知の一方と、参照ビーム２３０４としての他方と、の２つのビームに分割され得る。透過ＶＰＨは、第１の格子層２１２０上に図２３に示されるように、オブジェクトビーム２３０２及び参照ビーム２３０４が同じ側からＶＰＨに入射するＶＰＨである。いくつかの実施形態では、第２の格子層２１２２は、反射ＶＰＨを含み得る。反射ＶＰＨでは、第２の格子２１２２上に図２

３に示されるように、オブジェクトビーム２３０２及び参照ビーム２３０４が反対側からＶＰＨに入射し得る。いくつかの実施形態では、第１の格子２１２０及び／又は第２の格子２１２２は、所望の光学機能を提供するための、集束レンズ２３０６などの追加の光学素子を具備する。

【０１１０】

パワー型シフトプレート式の作動

いくつかの実施形態では、回折反射器は、パワー型シフトプレート式のＢＳＵを備える射出瞳ステアリング機構を備え得る。いくつかの実施形態では、パワー型シフトプレート式のＢＳＵは、２つ以上の回折層を備え得、回折層のうちの１つ以上の横方向シフトは、ディスプレイデバイスの射出瞳６１０（図６）のシフトをもたらす。

【０１１１】

いくつかの実施形態では、パワー型シフトプレートＢＳＵは、修正されたアルバレスレンズ配置の少なくとも２つの透過型屈折プレート又は格子を備え得る。従前のアルバレスレンズでは、各格子は、二次元立方体プロファイルで成形された、平坦な表面及び反対側の表面を有する。隣接する格子の立方体表面は、両方の格子が光軸上にこれらの格子の頂点を具備する場合に、各格子の誘起された位相変動が隣接する格子によって打ち消されるように、互いに逆方向に成形されている。しかしながら、２つのプレートが相対的な横方向の並進を経る場合、立方体表面プロファイルの微分である位相変動が導入され、二次位相プロファイル（例えば、光学パワー）をもたらす。したがって、Ｘ方向又はＹ方向における相対的な並進は、直交する方向同士において独立して円筒形のパワーを誘起するのに対して、組み合わされた移動は、円形、楕円形、又は円筒形の位相プロファイルを生成し得る。

【０１１２】

いくつかの実施形態では、パワー型シフトプレート式のＢＳＵは、標準のアルバレスレンズのバリエーションを備え得る。例えば、ＢＳＵは、各々が二次位相を有する２つ以上の回折レンズを備え得る。隣接する格子が互いに対してＸ方向又はＹ方向に並進又はシフトされると、格子は、線形格子関数を生成する。この関数を使用して、二次元のビームステアリングをもたらし得る。いくつかの実施形態では、コリメート型シフトプレートアーキテクチャとは対照的に、パワー型シフトプレートＢＳＵは、隣接する格子間のビームをコリメートしない。しかしながら、パワー型シフトプレートＢＳＵは、光ビーム６０７（図６）の波面発散を変化させ得る。

【０１１３】

図２４は、パワー型シフトプレートコンバイナを備える例示的な光学アーキテクチャを示している。アーキテクチャ２４００は、第１の格子層２４２０及び第２の格子層２４２２を備えるＢＳＵ２４２４を備える、光学コンバイナの一部であり得る回折反射器を備え得る。光学アーキテクチャ２４００はまた、画像光を異なるＢＳＵ２４２４に反射するように配置されたＭＥＭＳ６０６に画像光を方向付けるように構成された光源６０４（例えば、レーザ光源）を備える画像光プロジェクタ６０２を備えてもよい。いくつかの実施形態では、ＭＥＭＳ６０６は、可動であり、例えば、回転して、デジタルで窓化された瞳ステアリング範囲全体にわたって光を走査するように、構成され得る。画像光プロジェクタ６０２は、１つ以上の追加のレーザ、ＭＥＭＳ、ミラー、ガルバノメータスキャナ、コリメータ、上流の可変焦点、ビームスプリッタ、又は他の光学部品６０９、６１１を備え得る。いくつかの実施形態では、画像光プロジェクタ６０２からの光ビーム６０７は、画像光プロジェクタ６０７の瞳の中心から発せられる光線とブラッグマッチする。いくつかの実施形態では、光学アーキテクチャ２４００は、図６のディスプレイシステムのための回折反射器６０８などのＶＲＤディスプレイで使用するための回折反射器を形成するために使用され得る

【０１１４】

いくつかの実施形態では、第１の二次位相格子２４２０は、静止していてもよく、特定の焦点距離Ｆを有する光ビーム６０７の全ての主要光線を発散させてもよく、選定される

焦点距離Ｆは、回折反射器の所望の光学特性に依存する。焦点距離Ｆの全ての主要光線を集束させる前に発散させることは、クロストークを軽減し得、第２の二次位相格子２４２２は、第２の二次位相格子２４２２への全ての入射光ビーム６０７がブラッグマッチし、したがって、高効率で集束された小さな射出瞳６１０を形成するようになる、位置変動に対して非感受性であり得る。いくつかの実施形態では、第２の二次位相格子２４２２は、発散した主要光線を射出瞳６１０に集束させる。いくつかの実施形態では、Ｘ方向及びＹ方向における第２の格子層２４２２の機械的な並進は、ユーザの眼の検出された場所に基づいて、光ビーム６０７を射出瞳６１０にステアリングするために使用される。いくつかの実施形態では、Ｘ方向及びＹ方向における第２の二次位相格子２４２２の機械的な並進は、１：１又は１：＞１の関係で射出瞳６１０を移動させる。例えば、射出瞳６１０は、第２の二次位相格子２４２２のＸ方向及びＹ方向における対応する移動として、Ｘ方向及びＹ方向に等しい又はより大きい距離だけ移動し得る。いくつかの実施形態では、第１の二次位相格子２４２０は、光ビーム６０７の回折が第１の二次位相格子２４２０を通る光ビーム６０７の透過時に生じるような透過型ＶＰＨを含み得る。いくつかの実施形態では、第２の格子２４２２は、光ビーム６０７の回折が第２の二次位相格子層２４２２からの光ビーム６０７の反射時に生じるような反射型ＶＰＨを含み得る。

【０１１５】

いくつかの実施形態では、パワー型シフトプレート配置では、射出瞳６１０の変位は、第２の二次位相格子２４２２の変位に１：１又は＞１：１の比で比例する。いくつかの実施形態では、射出瞳６１０の移動と第２の二次位相格子２４２２の移動との比は、約１．００：１、約１．０５：１、約１．１０：１、約、１．１５：１、約１．２０：１、約１．２５：１、約１．３０：１、約１．３５：１、約１．４０：１、約１．４５：１、約１．５０：１、約１．５５：１、約１．６０：１、約１．６５：１、約１．７０：１、約１．７５：１、約１．８０：１、約１．８５：１、約１．９０：１、約１．９５：１、約２．００：１、約２．０５：１、約２．１０：１、約２．１５：１、約２．２０：１、約２．２５：１、約２．３０：１、約２．３５：１、約２．４０：１、約２．４５：１、約２．５０：１、約２．５５：１、約２．６０：１、約２．６５：１、約２．７０：１、約２．７５：１、約２．８０：１、約２．８５：１、約２．９０：１、約２．９５：１、約３．００：１、又は前述の値のいずれかの間の値であり得る。

【０１１６】

コリメート型シフトプレートＢＳＵと比較して、パワー型シフトプレートＢＳＵは、射出瞳６１０の移動と第２の二次位相格子２４２２の移動との＞１：１の比に起因して有利であり得る。結果として、第２の二次位相格子２４２２の相対的に小さな移動は、射出瞳６１０のある一定の距離の移動を誘起し得、コリメート型シフトプレートＢＳＵで射出瞳６１０を同じ距離移動させれば、第２の格子２１４４のより大きな移動を必要とするであろう。更に、本明細書で考察されるように、パワー型シフトプレート配置は、有利なことに、光学クロストークを軽減し得、これにより、アーチファクトが低減され、光学システムの全体的な視覚的品質が向上する。瞳収差の発生は、パワー型シフトプレートＢＳＵで低減又は排除され得る。しかしながら、パワー型シフトプレートＢＳＵは、コリメート型シフトプレートＢＳＵよりも複雑な構造を有し、一般に、３色投影（ＲＧＢ）を使用する場合、約６０％のより低い効率を有する。

【０１１７】

図２５は、図２４に示されるもののような、パワー型シフトプレートコンバイナを使用して達成され得る瞳ステアリング位置の様々な例を示している。いくつかの実施形態では、パワー型シフトプレートビームステアリング機構を備えるコンバイナは、Ｘ方向及びＹ方向における約８ｍｍ×８ｍｍの面積にわたって射出瞳をステアリングすることが可能であり得る。しかしながら、ステアリング範囲は、シフトプレートの作動範囲に基づいて、拡張又は制約されてもよい。図２５は、第１の格子２４２０及び第２の可動格子２４２２を備えるＢＳＵ２４２４によって、３つの異なる例示的なＹ軸射出瞳位置６１０Ａ、６１０Ｂ、及び６１０Ｃにステアリングされている、画像光プロジェクタ６０２からの光ビー

ム６０７の主要光線を示している。
【０１１８】
図２６は、図２４のシフトプレートＢＳＵの例示的な体積位相ホログラフィック格子構造を示している。いくつかの実施形態では、図２３に示されるように、光ビーム６０７は、例えばビームスプリッタによって、オブジェクトビーム２３０２及び参照ビーム２３０４に分割され得る。いくつかの実施形態では、第１の格子層２４２０は、透過ＶＰＨを含み得る。いくつかの実施形態では、第２の格子層２４２２は、反射ＶＰＨを含み得る。いくつかの実施形態では、第１の格子層２４２０及び／又は第２の格子層２４２２は、所望の光学機能を提供するための、集束レンズ２３０６などの追加の光学素子を具備する。図２６に示されるように、２つのオブジェクトビームの焦点における小さな軸外オフセットは、第２の格子層２４２２からの反射回折後の第１の格子層２４２０との第２のパス相互作用に対するクロストークを回避するために必要である。
【０１１９】
第２の格子層２４２２が射出瞳６１０をステアリングするために横方向にのみシフトされ得るパワー型シフトプレートの代替として、図２７Ａ及び２７Ｂは、本明細書のいくつかの実施形態による、チルト及びシフトパワー型シフトプレートコンバイナを使用して達成され得る様々な例示的な瞳ステアリング位置を示す。チルト及びシフトパワー型シフトプレートアーキテクチャは、図２４の光学アーキテクチャ２４００と同一のアーキテクチャを有し得る。しかしながら、チルト及びシフトパワー型シフトプレートＢＳＵでは、第２の二次位相格子層２４２２は、ユーザ又は観覧する者の眼に向かって、又はこの眼から離れるように横方向にシフトし、又は傾斜するように作動されてもよい。いくつかの実施形態では、横方向のシフトは、ＦＯＶのＸ次元及びＹ次元における格子層の移動を指すが、チルトは、光学Ｚ軸における格子の移動を指し、格子の一部分は、ユーザ又は観覧する者に向かってチルトし、格子の別の部分は、観覧する者のユーザから離れてチルトする。
【０１２０】
図２７Ａは、チルト及びシフトパワー型シフトプレートＢＳＵ２４２４の瞳ステアリング位置を示している。いくつかの実施形態では、第２の二次位相格子層２４２２は、Ｘ方向に約１．０ｍｍ、又は左方向に約０．５ｍｍ、及び右方向に約０．５ｍｍの横方向シフト範囲と、観覧する者から約４度、又は約２度、及び観覧する者に向かって約２度のチルトシフト範囲と、を有する。図２７Ｂは、チルト及びシフトパワー型シフトプレートＢＳＵ２４２４の瞳ステアリング位置を示しており、第２の二次位相格子層２４２２は、観覧する者から６度、又は約３度、及び観覧する者に向かって約３度のチルトシフト範囲を有する。
【０１２１】
いくつかの実施形態では、チルト及びシフトパワー型シフトプレートビームステアリング機構を備える回折反射器は、Ｘ方向及びＹ方向における約８ｍｍ×８ｍｍの面積にわたって射出瞳をステアリングすることが可能であり得る。しかしながら、ステアリング範囲は、シフトプレートのシフト及びチルト作動範囲に基づいて、拡張又は低減されてもよい。図２７Ａ及び２７Ｂは、第１の格子層２４２０及び第２の可動格子層２４２２を備えるＢＳＵ２４２４によって、異なる例示的なＹ軸射出瞳位置６１０Ａ、６１０Ｂ、６１０Ｃ、６１０Ｄ、６１０Ｅ、及び６１０Ｆにステアリングされている、画像光プロジェクタ６０２からの光ビーム６０７の主要光線を示している。
【０１２２】
図２４の例示的なパワー型シフトプレートアーキテクチャ２４００と、図２７Ａ及び２７Ｂのチルト及びシフトパワー型シフトプレートアーキテクチャは、２つの回折格子層を利用して射出瞳６１０をステアリングするが、回折素子のより複雑な構成を利用して、所望の射出瞳変換のための機械的変換の頻度及び／又は距離を低減してもよい。例示的な構成が、ダブルパスパワー型シフトプレートコンバイナの光学構造を例証する図２８に示されている。ダブルパスパワー型シフトプレートコンバイナは、低ＲＧＢクロストーク、低瞳収差、及び有利な射出瞳ステアリング機械的変換比を有する光学アーキテクチャを提供

し得る。

【０１２３】

図２８を参照すると、光学構造を通る光の伝搬の例を示す、ダブルパスパワー型シフトプレートＢＳＵの光学アーキテクチャ２８００の例が示されている。アーキテクチャ２８００は、例えば、光をＭＥＭＳ６０６に方向付けるレーザ光源６０４を備え得る画像光プロジェクタ６０２（図６）からの投影光ビーム６０７に対して作用し得る。画像光プロジェクタ６０２は、１つ以上の追加の光源（例えば、レーザ）、ＭＥＭＳ、ミラー、ガルバノメータスキャナ、コリメータ、上流の可変焦点部品又は他の光学部品６０９、６１１を備え得る。いくつかの実施形態では、光ビーム６０７は、左旋円偏光８０２を含み得る。

【０１２４】

アーキテクチャ２８００は、第１のＶＰＨ層２８０２及び第１の偏光レンズ層２８０４を備え得、これらは、組み合わせで機能して、偏光スイッチ２８０６に向けて光ビーム６０７をコリメートする。偏光スイッチ２８０６は、光ビーム６０７を文字偏光を有する光に選択的に変換するか、又は偏光を変化させずに光を単に透過することによって機能する。例えば、偏光スイッチ２８０６は、左旋円偏光８０２を有する光を単に透過し得るか、又は光を、右旋円偏光８０４を有するその光に変換し得る。次いで、左旋円偏光８０２又は右旋円偏光８０４は、偏光スイッチ２８０６から第２の偏光レンズ２８０８及び第３の偏光レンズ２８１０に方向付けられる。いくつかの実施形態では、第２の偏光レンズ２８０８は、コリメートされた左旋円偏光８０２を集束させるか、又はコリメーションされた右旋円偏光８０４を発散させる光学機能を有する。

【０１２５】

第２の偏光レンズ２８０８からの光は、第３の偏光レンズ２８１０に方向付けられ、第３の偏光レンズ２８１０は、第２の偏光レンズ２８０８に対して機械的にシフト及び／又はチルトして、光を射出瞳６１０に動的にステアリングするように構成されている。第３の偏光レンズ２８１０は、本明細書に記載の機械的ステアリング機構のいずれかを使用してシフト及び／又はチルトされ得るが、好ましくは、パワー型シフトプレートアプローチを使用してシフト及び／又はチルトされる。第３の偏光レンズ２８１０からの光は、四分の一波長板を含み得る波長板２８１４と、光学アーキテクチャ２８００を通して光を戻すように反射し得る反射器２８１２と、に方向付けられる。

【０１２６】

偏光スイッチ２８０６を通過する第２のパス上で、光は、左旋円偏光８０２に切り替えられ、第１の偏光レンズ２８０４に方向付けられる。第１の偏光レンズ２８０４は、光ビーム６０７を眼のステアリングされた射出瞳６１０に集束させる。いくつかの実施形態では、第１の偏光レンズ２８０４、第２の偏光レンズ２８０８、及び第３の偏光レンズ２８１０の各々は、ＨＯＥを含み得る。

【０１２７】

図２９は、本明細書におけるいくつかの実施形態による、ダブルパスパワー型シフトプレートコンバイナの様々な瞳ステアリング位置を示している。図２９は、光学アーキテクチャ２８００によって３つの異なる例示的なＹ軸射出瞳位置６１０Ａ、６１０Ｂ、６１０Ｃにステアリングされている、画像光プロジェクタ６０２からの光ビーム６０７の主要光線を示している。

【０１２８】

図２９の示される実施形態は、わずか約０．５０ｍｍの機械的な並進の範囲を使用して、Ｘ方向に約８ｍｍ、又は左方向に約４ｍｍ、及び右方向に約４ｍｍの射出瞳シフト範囲を誘起することが可能であり得る。したがって、ダブルパスパワー型シフトプレートコンバイナは、機械的な格子移動と機械的な格子移動との約１６：１の比を有し得る。いくつかの実施形態では、ダブルパスパワー型シフトプレートコンバイナは、約１：１、約２：１、約３：１、約４：１、約５：１、約６：１、約７：１、約８：１、約９：１、約１０：１、約１１：１、約１２：１、約１３：１、約１４：１、約１５：１、約１６：１、約１７：１、約１８：１、約１９：１、約２０：１、約２１：１、約２２：１、約２３：１

、約２４：１、約２５：１、約２６：１、約２７：１、約２８：１、約２９：１、約３０：１、約３１：１、約３２：１、約３３：１、約３４：１、約３５：１、約３６：１、約３７：１、約３８：１、約３９：１、約４０：１、約４１：１、約４２：１、約４３：１、約４４：１、約４５：１、約４６：１、約４７：１、約４８：１、約４９：１、約５０：１、又は前述の値のいずれかの間の、射出動移動と機械的な格子移動との比を有し得る。

【０１２９】

ソフトウェア統合

図２を参照して本明細書で考察されるように、本明細書で考察される光学アーキテクチャは、ディスプレイシステム６２の一部として光学コンバイナ内に統合され得る。ディスプレイシステム６２は、ハードウェアプロセッサと、非揮発性メモリ（例えば、フラッシュメモリ又はハードディスクドライブ）などのデジタルメモリと、を備えてもよく、両方とも、データの処理、キャッシング、保存の支援を行うのに利用され得る。データには、ａ）画像撮影デバイス（カメラなど）、マイクロフォン、慣性測定ユニット、加速度計、コンパス、ＧＰＳユニット、無線デバイス、ジャイロ、及び／又は、本明細書に開示の他のセンサなど、（例えば、フレーム６４に対して動作可能に結合されるか、又はユーザ６０に別様に取り付けられ得る）センサから捕捉されたデータ、及び／又は、ｂ）場合によっては、そのような処理又は検索後のディスプレイ６２への通過のための、（仮想コンテンツに関するデータを含む）遠隔処理モジュール７２及び／又は遠隔データリポジトリ７４を使用して取得及び／又は処理されたデータ、が含まれる。ローカル処理及びデータモジュール７０は、有線又は無線通信リンクを介するなど、通信リンク７６、７８により、遠隔処理モジュール７２及び遠隔データリポジトリ７４に対して動作可能に結合され得ることにより、これらの遠隔モジュール７２、７４が互いに対して動作可能に結合され、ローカル処理及びデータモジュール７０へのリソースとして利用可能となる。

【０１３０】

図３０は、本明細書におけるいくつかの実施形態による、ディスプレイデバイスにおけるステアリングされた射出瞳上に画像を生成するための例示的な高レベルプロセスのフローチャートを示している。３００２において、ユーザの一方又は両方の眼は、例えば、カメラアセンブリ８２のビデオベースの眼追跡システムによって追跡され得る（眼追跡データを生成するための図６０）。眼追跡データは、処理モジュール７０又は７２に送信され得、処理モジュール７０又は７２は、内側の対面する撮像システムによって取得された画像情報を処理して、例えば、ユーザ６０の眼の瞳孔の直径若しくは向き、眼の動き、又は眼の姿勢を、判定し得る。いくつかの実施形態では、処理モジュール７０又は７２は、眼追跡データに従って射出瞳をステアリングするために、３００４において射出瞳ステアリングを実行するための、例えば本明細書で考察されるような、瞳ステアリング作動機構及び画像光プロジェクタの、コントローラを備え得る。最後に、コントローラは、ステアリングされた射出瞳の場所に従って、３００６においてレンダリング及び／又は画像補正を実行して、ユーザの眼に画像を提供し得る。例えば、射出瞳シフトは、投影画像の角度内容の変化を誘起し得る。したがって、いくつかの実施形態では、画像の幾何学的歪み及びシフトを、瞳ステアリングとともに調整されるように実行することが必要とされ得る。

【０１３１】

いくつかの実施形態では、ディスプレイシステム６２は、複数のプロセスを並列に監視、開始、及び完了して、画像をステアリングされた射出瞳に迅速かつ正確にデリバリするための１つ以上のコントローラ（例えば、処理モジュール７０又は７２中）を備え得る。図３１は、本明細書におけるいくつかの実施形態による、ディスプレイデバイスにおけるステアリングされた射出瞳上に画像を生成するための例示的なワークフロープロセスのフローチャートを示している。いくつかの実施形態では、１つ以上のコントローラは、様々な他のプロセス及びディスプレイデバイス６２の全体的な機能性を管理するマスタプロセス３１００を制御するように構成され得る。いくつかの実施形態では、マスタプロセス３１００は、例えば、データモジュール７０又は遠隔データデポジトリ７４から、３１０２

において画像又は複数の画像をロードすることを含み得る。マスタプロセス３１００はまた、例えば、瞳ステアリングのための機械的又は電子的作動を提供するためのモータプロセス３１１２、画像を投影し、かつ画像補正を提供するための投影プロセス３１２０、及び／又はユーザ又は観覧する者６０の眼を追跡するための眼追跡プロセス３１３０を含む、様々な他のプロセスを３１０４において生成してもよい。マスタプロセス３１００はまた、３１０６において画像を表示すること、及び／又は３１０８において他のプロセスを終了又は停止することを含んでもよい。マスタプロセスは、３１１０において終了又は停止し得る。

【０１３２】

モータプロセス３１１２は、適正な画像投影及び瞳ステアリング機能性を提供するための、例えばＭＥＭＳ、機械式アクチュエータ、及び／又は電気回路を含むディスプレイデバイス６２内の様々な機構を制御し得る。いくつかの実施形態では、モータプロセスは、機械式アクチュエータを起動して、ディスプレイデバイス６２内の１つ以上のステージを移動させて、回折反射器の回折層の移動を提供することを含み得る。例えば、モータプロセス３１１２は、受信された眼追跡データ及び／又はマスタプロセス３１００からの命令に基づいて、３１１４においてステージ制御機構を開始することを含み得る。３１１６において、モータプロセスは、１つ以上のステージを所望の位置に移動させて、適正な射出瞳ステアリングを可能にし得る。最後に、３１１８において、モータプロセス３１１２は、例えば、ステージが、ユーザ６０の眼の場所にマッチする射出瞳に画像を方向付けるようにシフトされている場合、ステージ制御を完了し得る。

【０１３３】

独立して、又はモータプロセス３１１２と並列に、投影プロセス３１２０は、眼追跡データ及び／又はマスタプロセス３１００から受信された命令に基づいて、画像を補正及び投影することを含み得る。例えば、投影プロセス３１２０は、３１２２において、画像に色補正を適用することを含み得る。光学シースルーディスプレイでは、背景オブジェクトから到来した光がディスプレイから発せられる光と混合し、色ブレンド問題として知られていることを生じさせる。色ブレンドは、デジタルコンテンツの読みやすさ及び色符号化に影響を与えるため、そのようなディスプレイのユーザビリティに悪影響を及ぼす。したがって、色ブレンドは、特に屋外で使用される場合、そのようなデバイスのユーザビリティに影響を与えるため、色補正は、ヘッドマウントディスプレイシステムに望ましい場合がある。色補正は、背景と混合されると、元々意図された色をもたらす代替の表示色を見つけることによって、色ブレンドの影響を軽減することを目的としている。拡張現実ディスプレイシステムにおける別の潜在的な問題は、画像歪みであり、画像歪みは、ディスプレイに組み込まれた特定のディスプレイアーキテクチャに応じて生じ得る。したがって、いくつかの実施形態では、３１２４において、投影プロセス３１２０は、ディスプレイデバイス６２の光学アーキテクチャによって生じる画像歪みを相殺又は無効化し得る画像歪みを適用することを含み得る。いくつかの実施形態では、色補正及び画像歪みを提供した後、３１２６において、適正な１つ以上の画像が提供され得るか、又は投影され得る。最後に、３１２８において、適正な１つ以上の画像が３１２８においてユーザに表示され得る。

【０１３４】

本明細書で考察されるように、小型の射出瞳ヘッドマウントディスプレイは、射出瞳がユーザの瞳孔の正確な位置にステアリングされ得るように、正確で高速の瞳孔追跡を必要とし得る。したがって、モータプロセス３１１２及び投影プロセス３１２０と独立して、又は並列に、眼追跡プロセス３１３０は、３１３２において、ユーザ又は観覧する者６０の瞳孔位置を定位することを含み得る。瞳孔位置は、例えば、カメラアセンブリ８２（図６）を備える内側の対面する撮像システムによって定位され得る。

【０１３５】

図３２は、本明細書におけるいくつかの実施形態による、ディスプレイシステムにおけるステアリングされた射出瞳に画像を生成するための、例示的な並列ワークフロープロセ

ス及びそれらの接続の図を示している。いくつかの実施形態では、適正な画像生成及び投影、眼追跡、及び瞳ステアリングを可能にするためのデータ及び／又は命令が、様々なプロセス間で転送され得る。例えば、マスタプロセス３１００は、モータプロセス３１１２、投影プロセス３１２０、及び／又は眼追跡プロセス３１３０を生成し得る。上述したように、眼追跡プロセス３１３０は、ユーザ又は観覧する者６０の眼の瞳孔を定位することを含み得る。図３２に示されるように、３１３４において、瞳孔の判定された場所を含むデータが、マスタプロセスに伝送され得る。瞳孔位置を受信することに応答して、３１３６において、マスタプロセスは、モータプロセス３１１２を生成し、かつ／又はモータプロセス３１１２に命令を発行し得、命令は、ディスプレイデバイス６２のビームステアリング機構の作動を開始及び完了するための速度、位置決め、及び／又は電気作動仕様を含む。いくつかの実施形態では、３１３６におけるモータプロセス３１１２への命令の発行と同時又は順次に、マスタプロセス３１００はまた、投影プロセス３１２０を生成し、かつ／又は３１３８における投影プロセス３１２０を容易にするためのデータ及び命令を伝送してもよく、命令は、ステアリングされた射出瞳の予測位置を含む。いくつかの実施形態では、命令を受信することに応答して、投影プロセス３１２０は、予測された射出瞳位置に基づいて、色補正及び画像歪みを適用して、ディスプレイデバイス６２内でユーザ又は観覧する者６０に表示するための適正な画像を提供し得る。

【０１３６】

いくつかの実施形態では、モータプロセス３１１２がディスプレイデバイス６２のビームステアリング機構の作動を完了すると、３１４０において、射出瞳の実際のステアリングされた位置を含むデータが、マスタプロセス３１００に伝送され得る。このデータは、射出瞳の実際の位置に基づいて、更なる色補正及び画像歪みが適用され得るように、投影プロセス３１２０に伝送され得る。上記のプロセス及び接続が例であること、及び本明細書に記載のプロセスは１つ以上の処理モジュール７０又は７２を介して制御され得ることが、当業者によって理解されよう。

【０１３７】

図３３は、ステアリングされた射出瞳の画像を表示するためのプロセスのフローチャートの一例を示している。特に、図３３は、画像を表示する前に画像が事前に較正される、ステアリングされた射出瞳画像表示プロセス３３００を示している。いくつかの実施形態では、３３０２において、静止画像が、例えば、ローカル処理及びデータモジュール７０又は遠隔データデポジトリ７４からロードされ得る。いくつかの実施形態では、３３０４において、例えば、カメラアセンブリ８２（図６）、ＭＥＭＳ、機械式アクチュエータ、画像光プロジェクタ、及び／又は電気回路などのハードウェアが起動され得る。いくつかの実施形態では、３３０６において、画像歪みが適用され得る。いくつかの実施形態では、画像歪みは、瞳孔位置の関数として適用され得る。追加的に、いくつかの実施形態では、画像歪みが適用された後、様々な瞳孔位置のための関心領域（ＲＯＩ）画像コピーが作成及び記憶され得る。いくつかの実施形態では、３３０８において、色補正が適用され得る。いくつかの実施形態では、色補正は、瞳孔位置の関数として適用され得る。追加的に、いくつかの実施形態では、色補正が適用された後に、様々な瞳孔位置のためのＲＯＩ画像コピーが作成及び記憶され得る。

【０１３８】

いくつかの実施形態では、３３１０において、ユーザ又は観覧する者６０の瞳孔位置が判定され得る。例として、カメラアセンブリ８２（図６）は、ユーザ又は観覧する者の眼の画像を取得し、かつ画像に基づいて瞳孔位置を判定し得る１つ以上の処理モジュール７０又は７２に画像を伝送するように構成され得る。いくつかの実施形態では、瞳孔半径までのビン位置が判定され得る。いくつかの実施形態では、３３１２において、瞳孔位置が判定されると、瞳ステアリング機構が作動されて、射出瞳をユーザ又は観覧する者６０の判定された瞳孔位置に移動させ得る。いくつかの実施形態では、詳細に上述したように、ビームステアリングユニットの１つ以上の格子が、二次元で機械的に並進されて、瞳位置を移動させ得る。いくつかの実施形態では、３３１４において、ユーザ又は観覧する者６

０の瞳孔位置に基づいて、記憶されたＲＯＩ画像コピーから適正な画像が選択され得る。最後に、３３１６において、画像を投影して、ステアリングされた射出瞳においてユーザ又は観覧する者６０に表示し得る。このプロセスは、３３１８において終了し得る。

【０１３９】

上述のプロセスは、瞳孔位置の関数として判定されるビームステアリング構成要素の画像歪み、色補正、及び機械的な並進を必要とし得る。いくつかの実施形態では、上記のプロセスは、より単純でより高速の表示ループを可能にし得、表示ループは、瞳孔追跡、射出瞳ステアリング、及び画像表示ループを指す。しかしながら、いくつかの実施形態では、上記のプロセスは、瞳孔位置に基づいて適正な画像が選択され得る較正されたＲＯＩ画像コピーの大規模な記憶を必要とし得る。示された実施形態は、単一の静止画像のロードについて記載しているが、記憶される画像の量は、表示のための画像の数とともに線形に増加するであろうが、静止画像又は動画像のシーケンスも較正及び表示され得ることが理解されよう。

【０１４０】

図３４は、本明細書におけるいくつかの実施形態による、ステアリングされた射出瞳上に画像を表示する別の例示的なプロセスのフローチャートを示している。特に、図３４に示されるプロセス３４００は、事前較正プロセス３３００とは対照的に、自動的で応答性の高い画像較正を対象とする。

【０１４１】

いくつかの実施形態では、３４０２において、画像、画像のシーケンス、又はビデオが、例えば、ローカル処理及びデータモジュール７０又は遠隔データデポジトリ７４からロードされ得る。いくつかの実施形態では、３４０４において、例えば、カメラアセンブリ８２、ＭＥＭＳ、リニアアクチュエータ、レーザプロジェクタ、及び／又は電気回路などのハードウェアが始動され得る。いくつかの実施形態では、３２０６において、ユーザ又は観覧する者６０の瞳孔位置が判定され得る。例として、カメラアセンブリ８２は、ユーザ又は観覧する者の眼の画像を取得し、かつ画像に基づいて瞳孔位置を判定し得る１つ以上の処理モジュール７０又は７２に画像を伝送するように構成され得る。いくつかの実施形態では、瞳孔半径までのビン位置が判定され得る。いくつかの実施形態では、３４０８において、瞳孔位置が判定されると、瞳ステアリング機構が作動されて、射出瞳をユーザ又は観覧する者６０の判定された瞳孔位置に移動させ得る。いくつかの実施形態では、詳細に上述したように、ビームステアリングユニットの１つ以上の格子が、二次元で機械的に並進されて、瞳位置を移動させ得る。いくつかの実施形態では、３４１０において、画像ＲＯＩが、瞳孔位置の関数として選択され得る。画像ＲＯＩが選択されると、画像歪み及び色補正が、それぞれ、３４１２及び３４１４において、瞳孔位置の関数として、画像ＲＯＩに適用され得る。最後に、３４１６において、画像は、射出瞳においてユーザ又は観覧する者６０に表示され得る。このプロセスは、３４１８において終了する。

【０１４２】

上述のプロセスは、瞳孔位置の関数として判定されるビームステアリング構成要素の画像歪み、色補正、及び機械的な並進を必要とし得る。プロセス３３００とは対照的に、プロセス３４００は、様々な種類の画像又はビデオの入力を受け入れるように容易に適合され得る。しかしながら、画像較正は、前処理ステップ中ではなく追跡された瞳孔の動きに応答して完了することから、表示プロセス３４００は、ユーザ又はビュー６０に適正な画像を提供するために、相対的に高速の動き追跡、瞳ステアリング、及び画像補正を必要とし得る。一方、複数の事前較正されたＲＯＩ画像は、一般に、プロセス３４００を使用して記憶される必要がないことから、大量の記憶装置を必要としない。

【０１４３】

機械及び光学システムの統合

上述したように、本明細書に記載のディスプレイシステムは、瞳ステアリング機構のうちの１つ以上を備えるビームステアリングユニットを備える回折反射器を備え得る。いくつかの実施形態では、瞳ステアリング機構は、１つ以上の機械的に作動される回折格子を

備え得る。いくつかの実施形態では、機械的に作動される回折格子は、ＶＰＨを含む。
【０１４４】
図３５は、本明細書におけるいくつかの実施形態による例示的な機械的に作動される回折反射器アセンブリを示している。回折反射器アセンブリ３５００は、回折反射器３５０４（例えば、光学コンバイナ）に結合されたアクチュエータアセンブリ３５０２を備え得る。回折反射器３５０４は、本明細書に記載の光学アーキテクチャ及び／又は回折反射器アーキテクチャのいずれかを備え得る。いくつかの実施形態では、アクチュエータアセンブリは、回折反射器３５０４内で瞳ステアリング機構を作動させるための１つ以上のリニアアクチュエータを含み得る。いくつかの実施形態では、１つ以上のリニアアクチュエータは、電気リニアアクチュエータを含み得る。電気リニアアクチュエータは、ＡＣ又はＤＣモータの回転運動を直線運動に変換し得ることが理解されよう。直線運動は、所望のビームステアリング位置を達成するために、回折反射器３５０４内で格子を持ち上げる、落下させる、スライドさせる、調整する、チルトさせる、押す、又は引くことができる。例えば、直線運動は、プロジェクタからの光が所望の位置で射出瞳にステアリングされるように、回折反射器３５０４内の回折格子の並進、回転、及び／又はチルトを生じさせ得る。リニアアクチュエータアセンブリ３５０２は、１つ以上のコントローラを介して制御され得る。例えば、リニアアクチュエータアセンブリは、ディスプレイデバイス６２の処理モジュール７０及び／又は７２で制御され得る。
【０１４５】
いくつかの実施形態では、回折反射器３６０４は、アクチュエータアセンブリ３５０２に結合する取り付け部分３５０６と、ディスプレイ部分３５０８と、を備え得、光学アーキテクチャの大部分が収容され、回折反射器３５０４の光学機能が一般に実行される。
【０１４６】
いくつかの実施形態では、ディスプレイ部分３５０８は、約５０ｍｍの長さ及び３３ｍｍの高さを含み得、図３５では、長さは、ディスプレイ部分３５０８の水平次元又はＸ方向を含み、高さは、ディスプレイ部分３５０８の垂直次元又はＹ方向を含む。
【０１４７】
いくつかの実施形態では、ディスプレイ部分３５０８の長さは、約１０ｍｍ、約１１ｍｍ、約１２ｍｍ、約１３ｍｍ、約１４ｍｍ、約１５ｍｍ、約１６ｍｍ、約１７ｍｍ、約１８ｍｍ、約１９ｍｍ、約２０ｍｍ、約２１ｍｍ、約２２ｍｍ、約２３ｍｍ、約２４ｍｍ、約２５ｍｍ、約２６ｍｍ、約２７ｍｍ、約２８ｍｍ、約２９ｍｍ、約３０ｍｍ、約３１ｍｍ、約３２ｍｍ、約３３ｍｍ、約３４ｍｍ、約３５ｍｍ、約３６ｍｍ、約３７ｍｍ、約３８ｍｍ、約３９ｍｍ、約４０ｍｍ、約４１ｍｍ、約４２ｍｍ、約４３ｍｍ、約４４ｍｍ、約４５ｍｍ、約４６ｍｍ、約４７ｍｍ、約４８ｍｍ、約４９ｍｍ、約５０ｍｍ、約５１ｍｍ、約５２ｍｍ、約５３ｍｍ、約５４ｍｍ、約５５ｍｍ、約５６ｍｍ、約５７ｍｍ、約５８ｍｍ、約５９ｍｍ、約６０ｍｍ、約６１ｍｍ、約６２ｍｍ、約６３ｍｍ、約６４ｍｍ、約６５ｍｍ、約６６ｍｍ、約６７ｍｍ、約６８ｍｍ、約６９ｍｍ、約７０ｍｍ、約７１ｍｍ、約７２ｍｍ、約７３ｍｍ、約７４ｍｍ、約７５ｍｍ、約７６ｍｍ、約７７ｍｍ、約７８ｍｍ、約７９ｍｍ、約８０ｍｍ、約８１ｍｍ、約８２ｍｍ、約８３ｍｍ、約８４ｍｍ、約８５ｍｍ、約８６ｍｍ、約８７ｍｍ、約８８ｍｍ、約８９ｍｍ、約９０ｍｍ、約９１ｍｍ、約９２ｍｍ、約９３ｍｍ、約９４ｍｍ、約９５ｍｍ、約９６ｍｍ、約９７ｍｍ、約９８ｍｍ、約９９ｍｍ、約１００ｍｍ、又は前述の値のいずれか間の値であり得る。
【０１４８】
いくつかの実施形態では、ディスプレイ部分３５０８の高さは、約１０ｍｍ、約１１ｍｍ、約１２ｍｍ、約１３ｍｍ、約１４ｍｍ、約１５ｍｍ、約１６ｍｍ、約１７ｍｍ、約１８ｍｍ、約１９ｍｍ、約２０ｍｍ、約２１ｍｍ、約２２ｍｍ、約２３ｍｍ、約２４ｍｍ、約２５ｍｍ、約２６ｍｍ、約２７ｍｍ、約２８ｍｍ、約２９ｍｍ、約３０ｍｍ、約３１ｍｍ、約３２ｍｍ、約３３ｍｍ、約３４ｍｍ、約３５ｍｍ、約３６ｍｍ、約３７ｍｍ、約３８ｍｍ、約３９ｍｍ、約４０ｍｍ、約４１ｍｍ、約４２ｍｍ、約４３ｍｍ、約４４ｍｍ、約４５ｍｍ、約４６ｍｍ、約４７ｍｍ、約４８ｍｍ、約４９ｍｍ、約５０ｍｍ、約５１ｍ

ｍ、約５２ｍｍ、約５３ｍｍ、約５４ｍｍ、約５５ｍｍ、約５６ｍｍ、約５７ｍｍ、約５８ｍｍ、約５９ｍｍ、約６０ｍｍ、約６１ｍｍ、約６２ｍｍ、約６３ｍｍ、約６４ｍｍ、約６５ｍｍ、約６６ｍｍ、約６７ｍｍ、約６８ｍｍ、約６９ｍｍ、約７０ｍｍ、約７１ｍｍ、約７２ｍｍ、約７３ｍｍ、約７４ｍｍ、約７５ｍｍ、約７６ｍｍ、約７７ｍｍ、約７８ｍｍ、約７９ｍｍ、約８０ｍｍ、約８１ｍｍ、約８２ｍｍ、約８３ｍｍ、約８４ｍｍ、約８５ｍｍ、約８６ｍｍ、約８７ｍｍ、約８８ｍｍ、約８９ｍｍ、約９０ｍｍ、約９１ｍｍ、約９２ｍｍ、約９３ｍｍ、約９４ｍｍ、約９５ｍｍ、約９６ｍｍ、約９７ｍｍ、約９８ｍｍ、約９９ｍｍ、約１００ｍｍ、又は前述の値のいずれか間の値であり得る。

【０１４９】

図３６は、本明細書におけるいくつかの実施形態による、別の例示的な作動される回折反射器アセンブリを示している。回折反射器アセンブリ３６００は、ディスプレイ部分３５０８及びコネクタ部分３５０６を備える回折反射器３５０４を備える。回折反射器３５０４は、本明細書に記載の光学アーキテクチャ及び／又は回折反射器アーキテクチャのいずれかを備え得る。回折反射器アセンブリ３６００はまた、回折反射器３５０４内のビームステアリング機構を作動させるためのリニアアクチュエータ３６０２Ａ及び３６０２Ｂを備えるアクチュエータアセンブリ３５０２を備えてもよい。いくつかの実施形態では、アクチュエータアセンブリ３５０２は、図３６の水平軸及び垂直軸におけるビームステアリング機構の３６０度の動き範囲を可能にし得る。いくつかの実施形態では、アクチュエータアセンブリ３５０２はまた、回折反射器３５０４のビームステアリング機構の回転及び／又はチルトを可能にしてもよい。

【０１５０】

図３７は、本明細書におけるいくつかの実施形態による別の例示的な作動される回折反射器を示している。回折反射器アセンブリ３７００は、ディスプレイ部分３５０８及びコネクタ部分３５０６を備える回折反射器３５０４を備える。回折反射器アセンブリ３７００はまた、回折反射器３５０４内のビームステアリング機構を作動させるためのリニアアクチュエータ３７０２Ａ及び３７０２Ｂを備えるアクチュエータアセンブリ３５０２を備えてもよい。いくつかの実施形態では、アクチュエータアセンブリ３５０２は、図３７の水平軸及び垂直軸におけるビームステアリング機構の３６０度の動き範囲を可能にし得る。いくつかの実施形態では、アクチュエータアセンブリ３５０２はまた、回折反射器３５０４のビームステアリング機構の回転及び／又はチルトを可能にしてもよい。

【０１５１】

図３５～３７の例示された実施形態は、本質的に例示的である。任意の作動機構が、光コンバイナの一部を形成し得る回折反射器を備えるディスプレイ内のビームステアリング機構の機械的作動を実行するために使用され得ることは、当業者によって理解されよう。

【０１５２】

上述したように、本明細書における光学アーキテクチャは、上流の可変焦点と組み合わせて、調節－両眼共同マッチングを提供し得る。可変焦点レンズを利用しなければ、表示される画像の仮想場所は、光学的無限遠にあってもよく、光学アーキテクチャは、単一の深度平面上に画像を表示するようにのみ構成されてもよい。しかしながら、統合された上流の可変焦点は、仮想画像源の移動により、複数の焦点面で画像を表示することを可能にし得る。図３８は、本明細書におけるいくつかの実施形態による上流の可変焦点の例示的な機能性の図を示している。いくつかの実施形態では、可変焦点レンズ３８０２は、画像光プロジェクタ６０２などの投影システム内に位置し得る。本明細書に記載のＶＲＤシステム及びアーキテクチャの全ては、投影システム内に配置された可変焦点素子と同等である。例えば、図３８に示されるように、レーザコリメータ３８０４に隣接する可変焦点素子３８０２を配置することは、ディスプレイが様々な距離で焦点を合わせられて、ユーザの眼７１６のための適切な調節刺激を提供し、かつ両眼共同－調節矛盾を回避することを可能にする。この構成は、本明細書に記載のように、ＭＥＭＳ６０６及び追加の光学素子６０９、６１１と更に同等である。光学アーキテクチャ内の可変焦点の配置は、多様であってもよく、示された実施形態に限定されないことが、当業者に理解されよう。例えば、

可変焦点は、ＭＥＭＳ６０６の上流に提供されてもよく、又は下流に提供されてもよい。

【０１５３】

他の実施形態

前述の明細書において、本発明を、その特定の実施形態を参照して記載してきた。しかしながら、本発明のより広い趣旨及び範囲から逸脱することなく、様々な修正及び変更をそれに加えることができることは明らかであろう。したがって、明細書及び図面を、限定的な意味ではなく例示的な意味で捉えるべきである。

【０１５４】

実際、本開示のシステム及び方法は、各々、いくつかの斬新な態様を有し、その中には、本明細書に開示の望ましい属性に対して単独で果たすべきもの、又は必要とされるものが全くないことが理解されよう。上述の様々な特徴及びプロセスは、互いに独立して使用されてもよく、又は様々な方途で組み合わせられてもよい。全ての可能なコンビネーション及びサブコンビネーションは、本開示の範囲内であることが意図されている。

【０１５５】

別個の実施形態の文脈で本明細書に記載された特定の特徴もまた、単一の実施形態において組み合わせて実施され得る。逆に、単一の実施形態の文脈で記載された様々な特徴もまた、複数の実施形態において別々に、又は任意の好適なサブコンビネーションで実施され得る。更に、特徴は、特定のコンビネーションで作用するものとして上述され、かつ更には当初そのように特許請求され得るが、特許請求されたコンビネーションからの１つ以上の特徴は、場合によっては、コンビネーションから削除されてもよく、特許請求されたコンビネーションは、サブコンビネーション又はサブコンビネーションの変形例に方向付けられてもよい。各実施形態及びあらゆる実施形態に必要又は不可欠な特徴又は特徴のグループは、全くない。

【０１５６】

とりわけ、「し得る（ｃａｎ）」、「し得る（ｃｏｕｌｄ）」、「し得る（ｍｉｇｈｔ）」、「し得る（ｍａｙ）」、「例えば（ｅ，ｇ．，）」などのような、本明細書で使用される条件付き用語は、別段明記されない限り、又は使用される文脈内で別様に理解されない限り、一般に、特定の実施形態が、特定の特徴、要素、及び／又はステップを含む一方で、他の実施形態は、それらを含まない旨を伝えることが意図されていることが理解されよう。したがって、そのような条件付き用語は、一般に、特徴、要素、及び／又はステップが、１つ以上の実施形態に何らかの方途で必要とされるか、又は１つ以上の実施形態は、これらの特徴、要素、及び／又はステップが、任意の特定の実施形態において含まれるか、又は実施されるべきかを、著者の提供又は催促の有無にかかわらず決定するための論理を必然的に含むことを意図するものではない。用語「備える／含む（ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ）」、「含む（ｉｎｃｌｕｄｉｎｇ）」、「有する（ｈａｖｉｎｇ）」などは同義語であり、包含的に、オープンエンド方式で使用され、追加の要素、特徴、行為、動作などを排除しない。また、「又は」という用語は、その包含的な意味で（その排他的な意味ではなく）使用されるため、例えば、要素の列挙を接続するために使用される場合、「又は」という用語は、列挙内の要素の１つ、いくつか、又は全てを意味する。加えて、本出願において使用される「ａ」、「ａｎ」、及び「ｔｈｅ」、並びに添付の特許請求の範囲は、別段の明示のない限り、「１つ以上」又は「少なくとも１つ」を意味すると解釈されるものである。同様に、図面には特定の順序で動作が描かれているが、これは、望ましい結果を達成するために、そのような動作を示された特定の順序で、若しくは順次に実行する必要はないこと、又は示された全ての動作を実行する必要はないことを理解されたい。更に、図面は、フローチャートの形態で１つ以上の例示的なプロセスを概略的に描かれ得る。しかしながら、描かれていない他の動作が、概略的に示されている例示的な方法及びプロセスに組み込まれてもよい。例えば、１つ以上の追加の動作は、示された動作の前に、動作の後に、動作と同時に、又は動作のいずれかの間で実行されてもよい。追加的に、動作は、他の実施形態では、再配置又は再順序化されてもよい。特定の状況においては、マルチタスク及び並列処理が有利である場合がある。更に、上述した実施形態における様

々なシステム構成要素の分離は、全ての実施形態においてそのような分離が必要であると理解されるべきではなく、更には、記載されたプログラムコンポーネント及びシステムは、一般に、単一のソフトウェア製品において一緒に統合され得るか、又は複数のソフトウェア製品にパッケージ化され得ると理解されるべきである。追加的に、他の実施形態は、以下の特許請求の範囲の範囲内である。例えば、特許請求の範囲に記載された行為は、異なる順序で実行されてもよく、かつそれでも望ましい結果を達成し得る。

【０１５７】

したがって、特許請求の範囲は、本明細書に示された実施形態に限定されることを意図するものではなく、本開示、本明細書に開示の原理及び新規な特徴と一致する最も広い範囲を付与されるべきである。

【図面】

【図１】

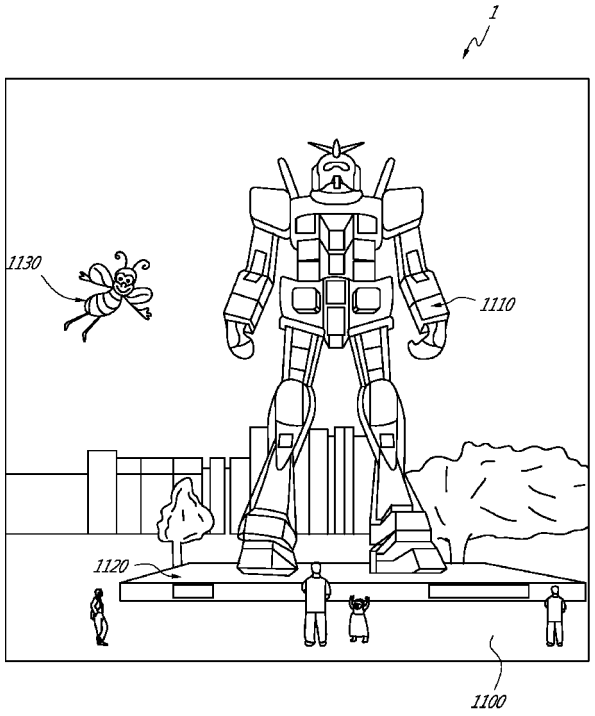
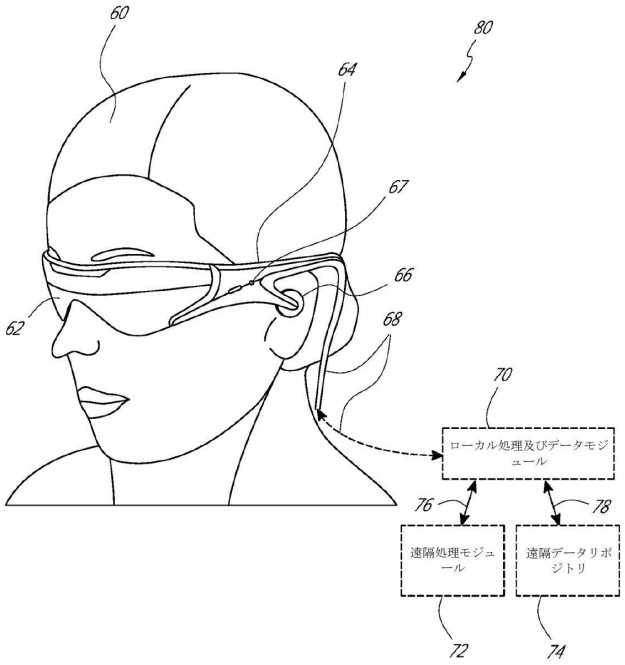


FIG. 1

【図２】



【図３】

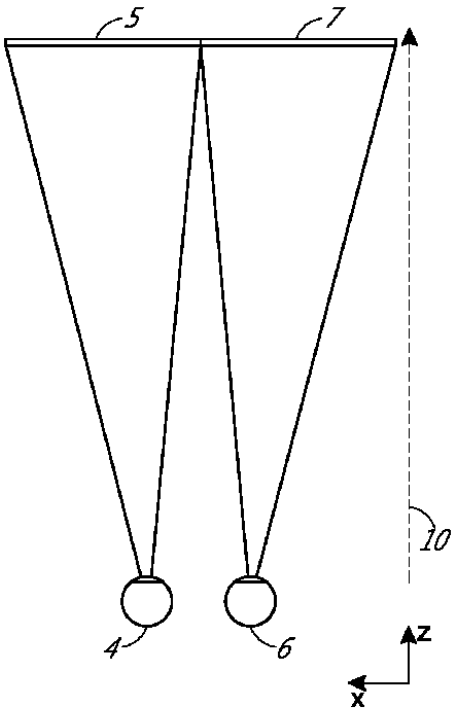


FIG. 3

【図４】

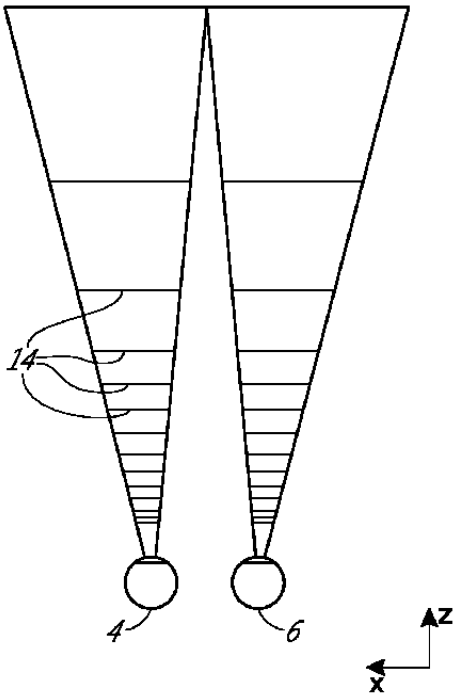


FIG. 4

【図５Ａ】

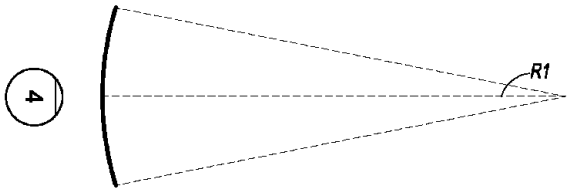


FIG. 5A

【図５Ｂ】

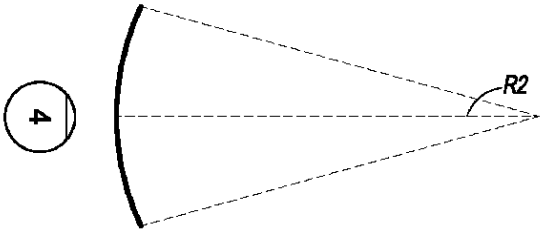


FIG. 5B

【図５Ｃ】

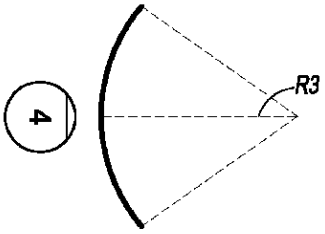


FIG. 5C

【図６】

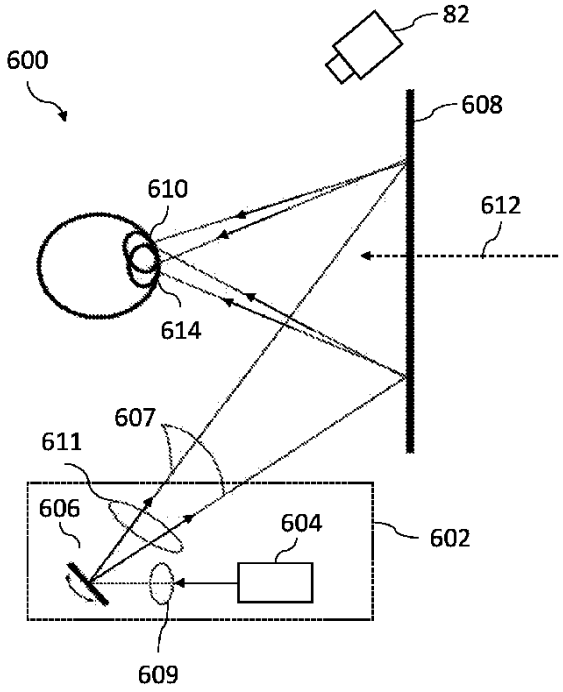


FIG. 6

【図７】

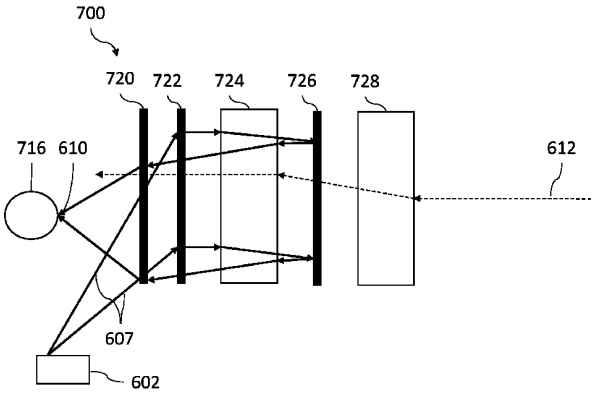


FIG. 7

【図８Ａ】

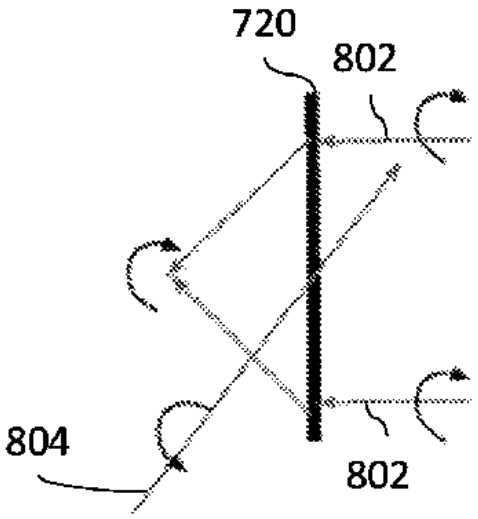


FIG. 8A

【図８Ｂ】

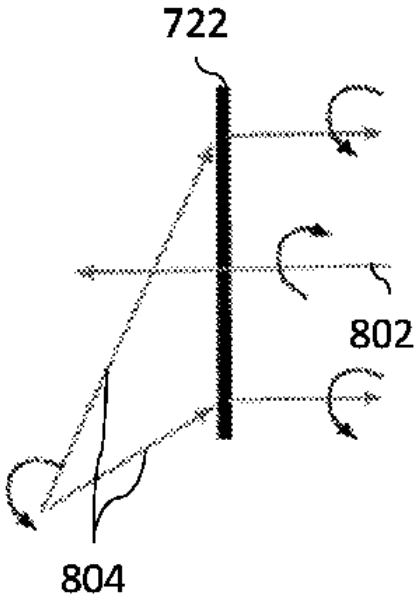


FIG. 8B

【図９】

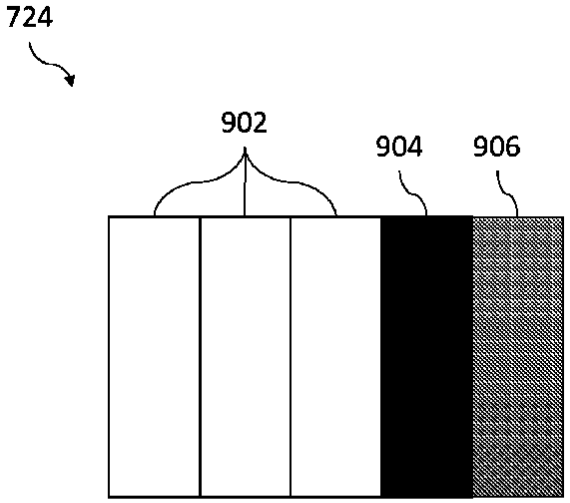
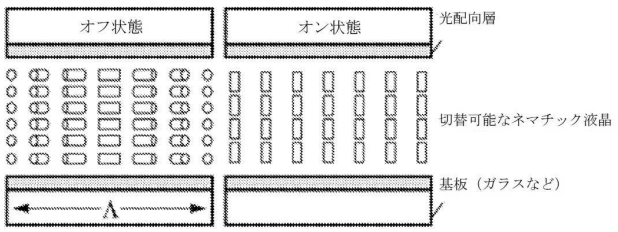


FIG. 9

【図１０】



【図１１】

σ_1	1				-1			
σ_2	2	-2			2	-2		
σ_3	4	-4	4	-4	4	-4	4	-4
θ	7	-1	3	-5	5	-3	1	-7
2θ	14	-2	6	-10	10	-6	2	-14

(反射)

【図１２】

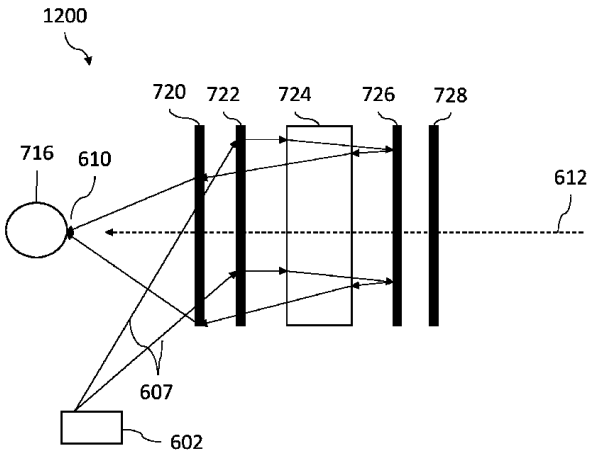


FIG. 12

【図１３】

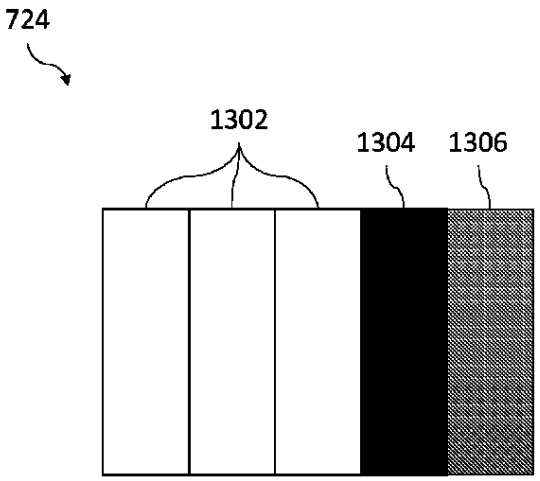


FIG. 13

【図１４Ａ】

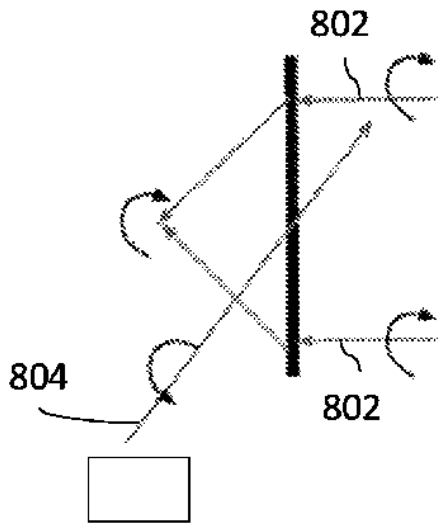


FIG. 14A

【図１４Ｂ】

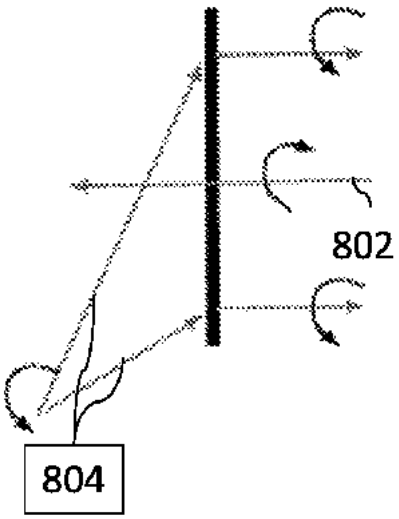
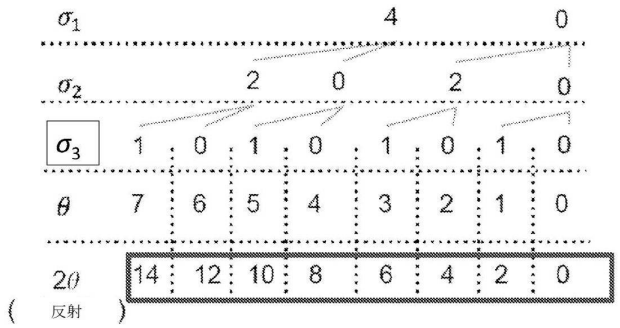


FIG. 14B

【図１５】



【図１６】

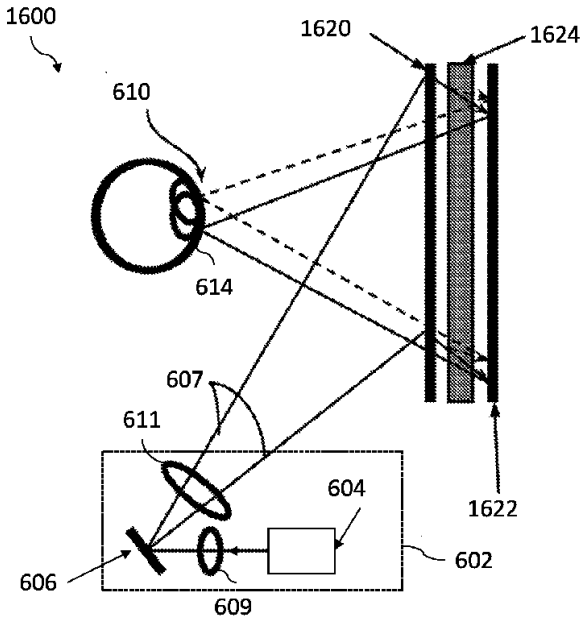


FIG. 16

【図１７】

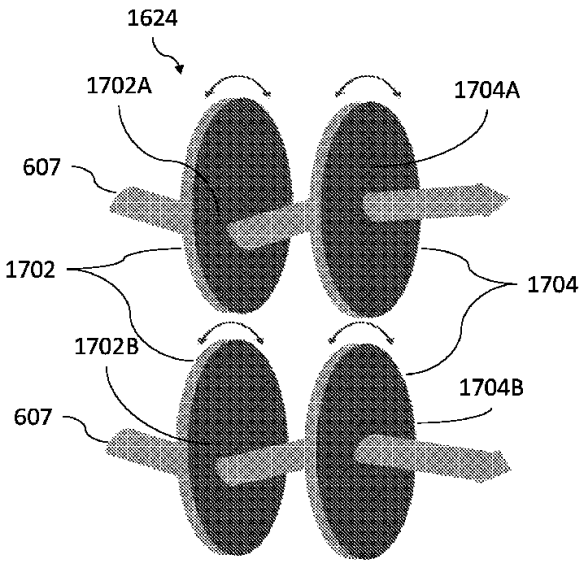


FIG. 17

【図１８】

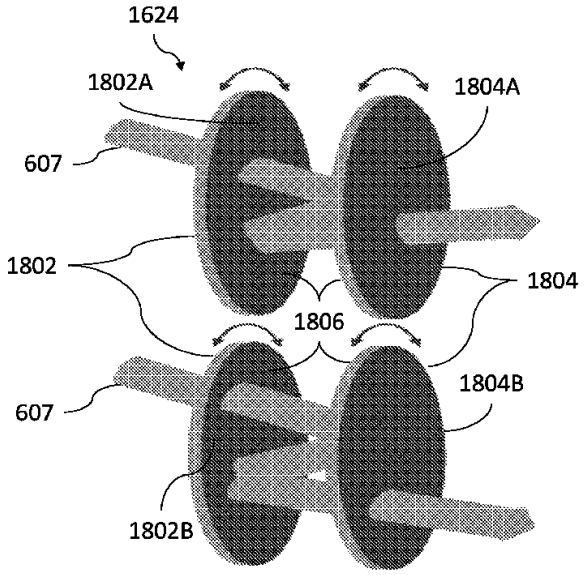


FIG. 18

【図１９】

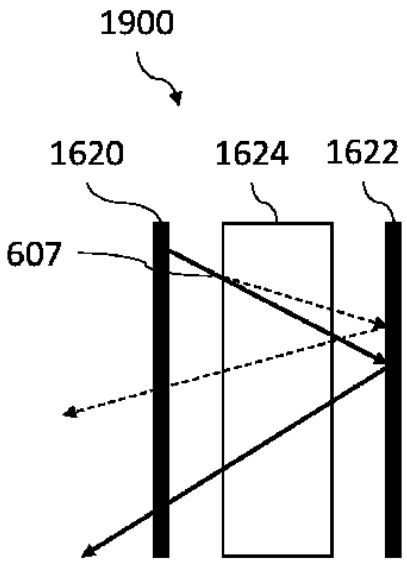


FIG. 19

【図２０】

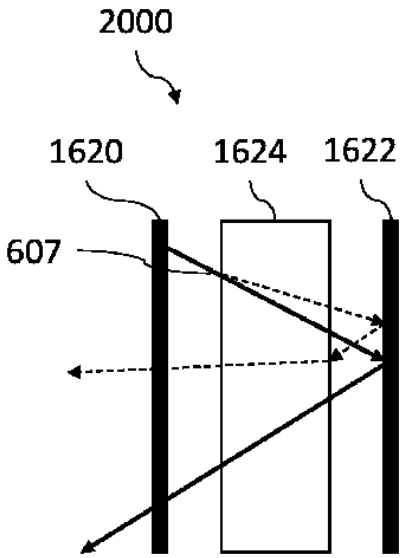


FIG. 20

【図２１】

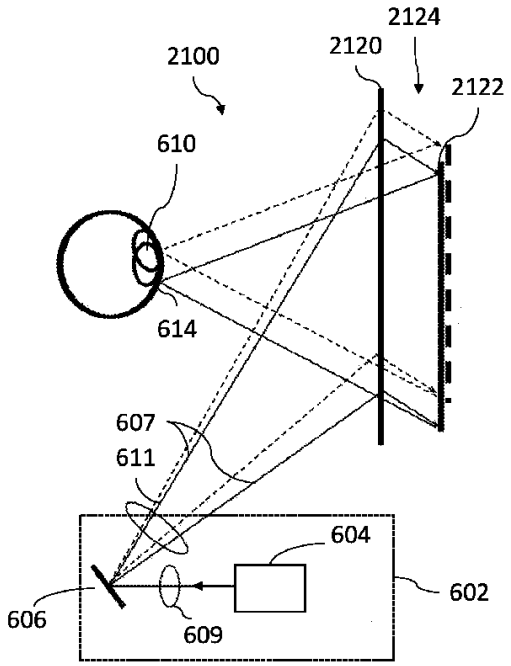


FIG. 21

【図２２】

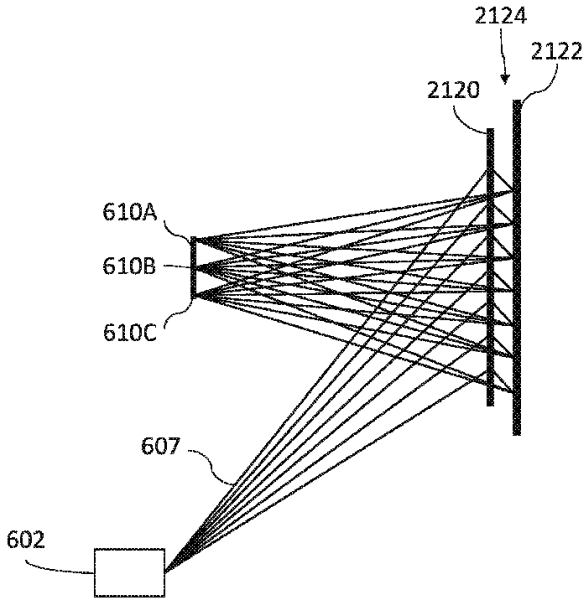


FIG. 22

【図２３】

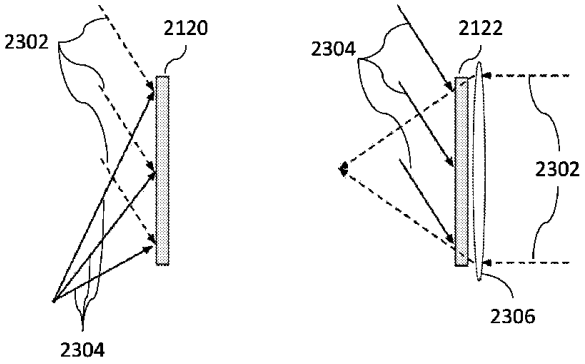


FIG. 23

【図２４】

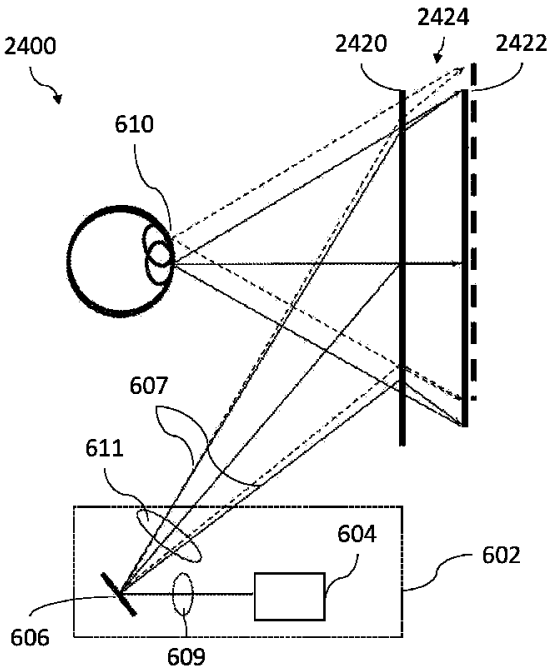


FIG. 24

【図２５】

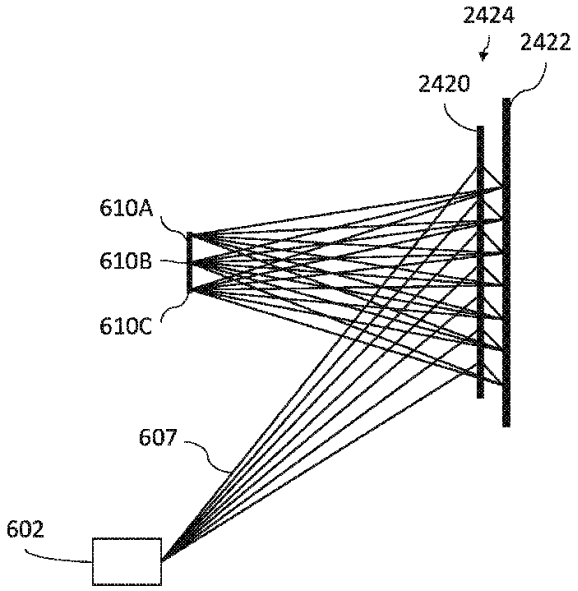


FIG. 25

【図２６】

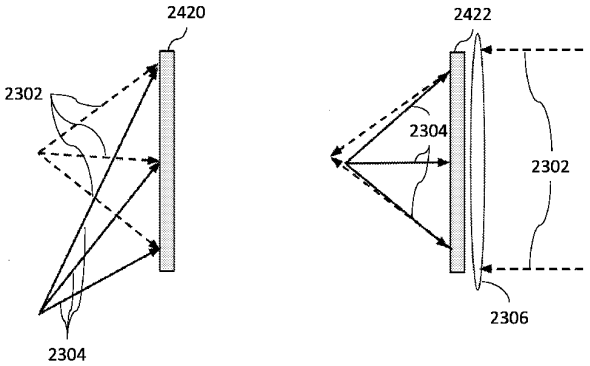


FIG. 26

【図２７Ａ】

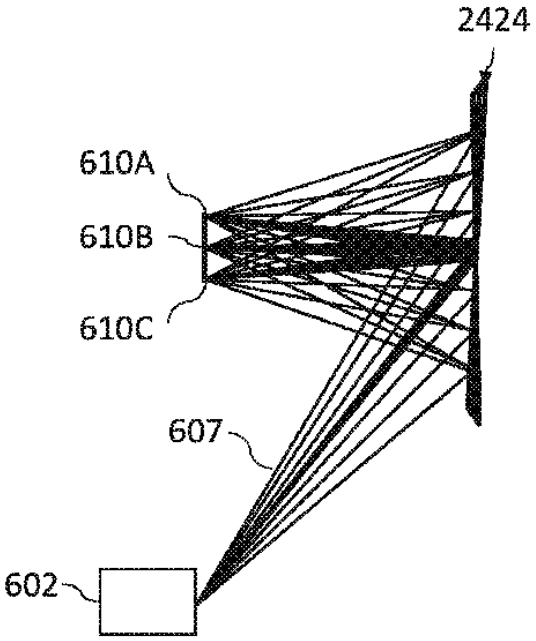


FIG. 27A

【図２７Ｂ】

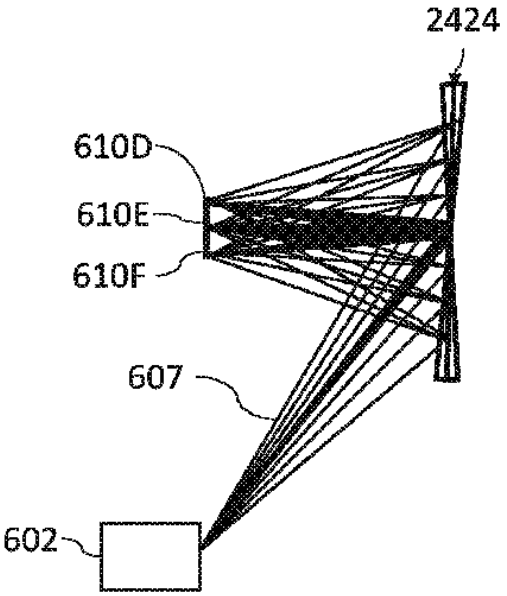
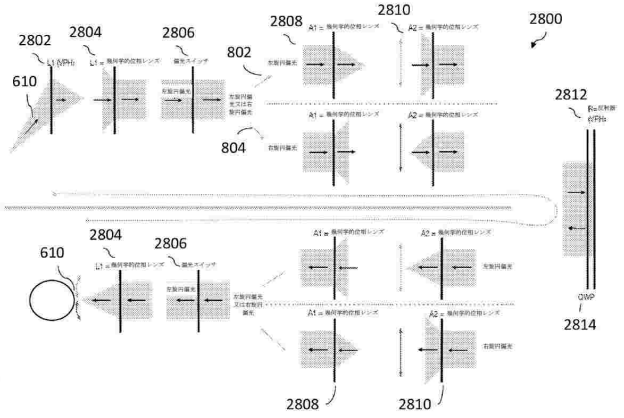


FIG. 27B

【図２８】



【図２９】

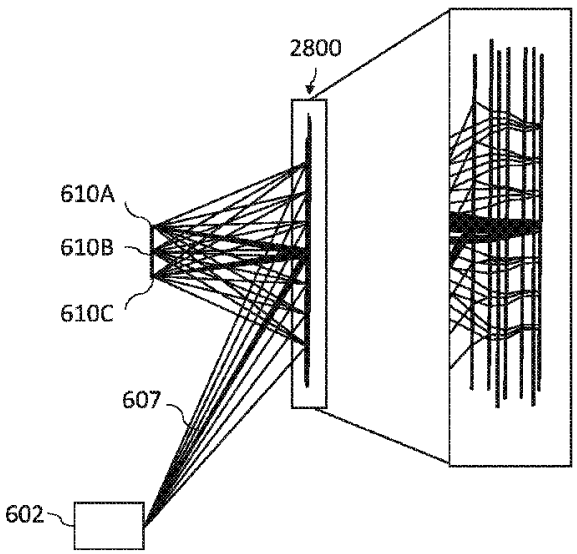
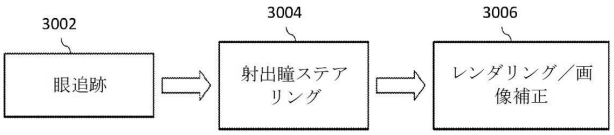
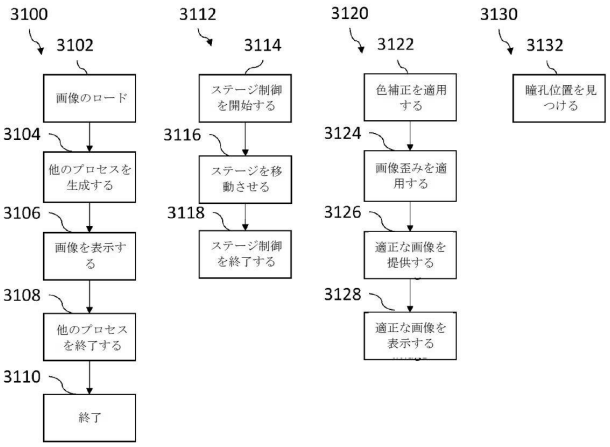


FIG. 29

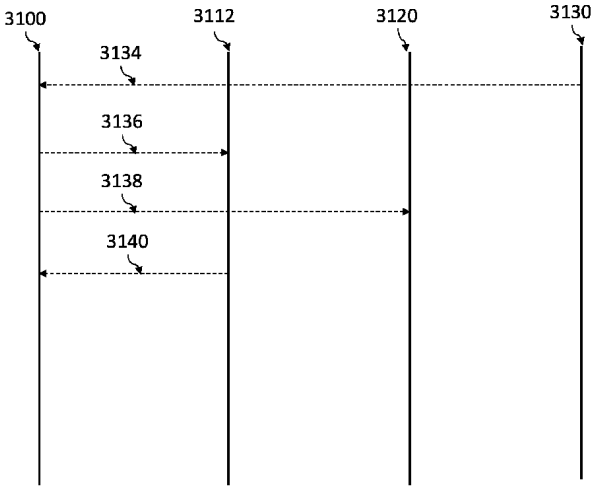
【図３０】



【図３１】



【図３２】



【図３３】

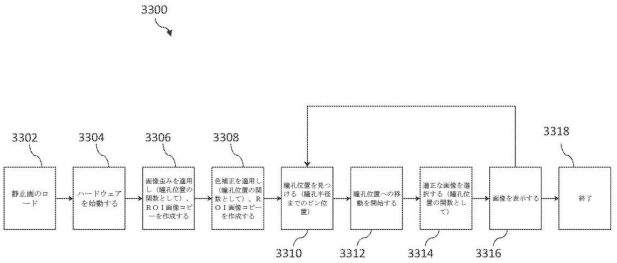
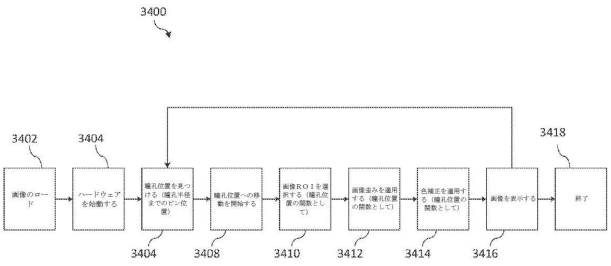


FIG. 32

【図３４】



【図３５】

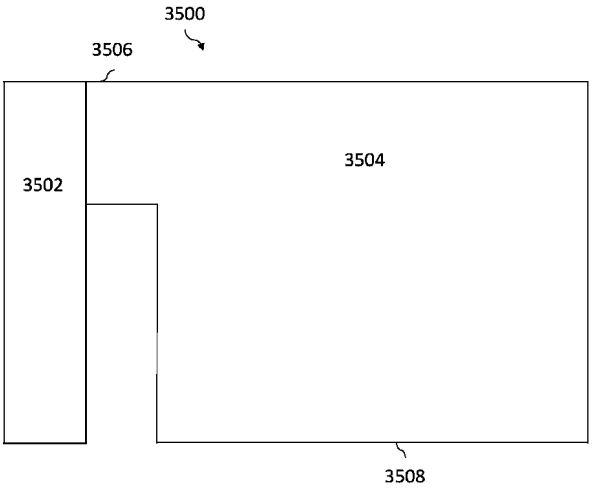


FIG. 35

【図３６】

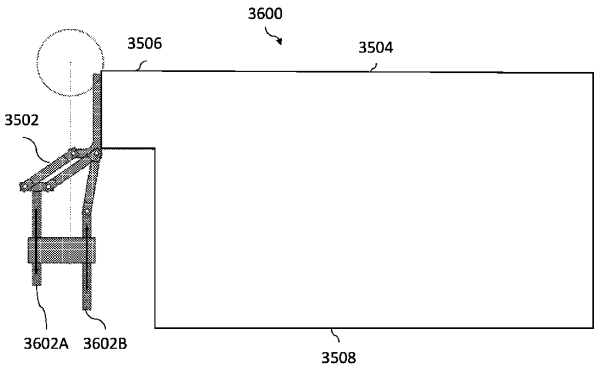


FIG. 36

【図３７】

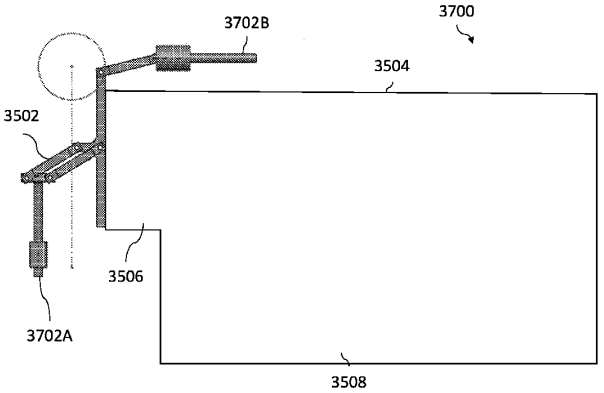
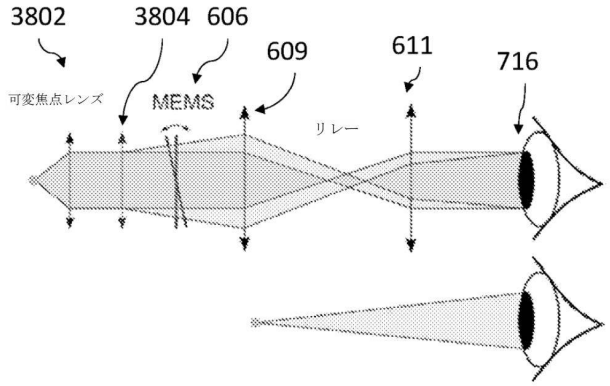


FIG. 37

【図３８】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 21/65719

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC - G02B 27/01; G02B 27/02; G02B 5/18; G02B 27/28 (2022.01)
CPC - G02B 27/01; G02B 27/02; G02B 5/18; G02B 27/0176; G02B 27/026; G02B 27/28; G02B 2027/0127

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
See Search History document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
See Search History document

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2019/0361250 A1 (FACEBOOK TECHNOLOGIES LLC) 28 November 2019 (28.11.2019): abstract, [0061], [0095], [0099]	1-39
A	US 2005/0157409 A1 (NISHIOKA) 21 July 2005 (21.07.2005): abstract, [0109], [0216], [0242]	1-39
A	US 2020/0150443 A1 (FACEBOOK TECHNOLOGEIS LLC) 14 May 2020 (14.05.2020): abstract, [0042], [0055], [0057]	1-39
A	US 2016/0110912 A1 (MAGIC LEAP INC) 21 April 2016 (21.04.2016): abstract, [0060], [0129], [0131], [0205], [0260]	1-39
A	US 2017/0299870 A1 (CY VISION INC) 19 October 2017 (19.10.2017): abstract, [0114], [0334], [0770]	1-39
A	US 2010/0046070 A1 (MUKAWA) 25 February 2010 (25.02.2010): abstract	1-39

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
02 May 2022	MAY 23 2022
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300	Authorized officer Kari Rodriquez Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 21/65719

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be searched, the appropriate additional search fees must be paid.

Group I: Claims 1-39 are directed to a head-mounted display system actuator.

Group II: Claims 40-48 are directed to a head-mounted display system and method of tracking an eye.

--see extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-39

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Form PCT/ISA/210 (continuation of first sheet (2)) (July 2019)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 21/65719

Continued from Box III -- Observations where unity of invention is lacking

The inventions listed as Groups I-II do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons:

Special Technical Features
Group I includes the special technical feature of, an actuator supported by the frame and configured to change relative orientations of diffractive layers, not included in the other group.

Group II includes the special technical feature of, a polarization switch and tracking position of a pupil of an eye, not included in the other group.

COMMON TECHNICAL FEATURES
The only technical feature shared by Groups I-II that would otherwise unify the groups is, a head-mounted display system comprising: a frame; an image light projector supported by the frame; and a diffractive reflector supported by the frame and disposed forward of the image light projector, the diffractive reflector configured to receive image light projected by the image light projector and to reflect the image light, a plurality of diffractive layers. However, this shared technical feature does not represent a contribution over the prior art, because the shared technical feature is disclosed by US 2010/0046070 A1 (Mukawa).

Mukawa discloses a head-mounted display system comprising: a frame (Abstract- A head-mounted display includes a frame shaped like glasses); an image light projector supported by the frame (para [0033]- the mounting center of the image generating device or the center of the image generating device refers to a bisection point, along the axis of the frame, of an overlapping portion between a projected image of the image generating device and a projected image of the frame obtained by projecting the image generating device); and a diffractive reflector supported by the frame and disposed forward of the image light projector (para [0021]- FIG. 5A is a conceptual view of an image display apparatus in a head-mounted display according to Embodiment 3, and FIG. 5B is an enlarged schematic sectional view of a part of a reflective volume hologram diffraction grating), the diffractive reflector configured to receive image light projected by the image light projector and to reflect the image light (para [0118]- The first deflecting member 130 reflects (or diffracts) parallel light incident on the light guide plate 121 so that the incident light is totally reflected in the light guide plate 121; para [0140]- in each of the first diffraction grating member 330 and the second diffraction grating member 340, a P-number of diffraction grating layers, each formed by a reflective volume hologram diffraction gratin), a plurality of diffractive layers (para [0140]- a P-number of diffraction grating layers, each formed by a reflective volume hologram diffraction grating).

As the common features were known in the art at the time of the invention, they cannot be considered special technical features that would otherwise unify the groups.

Therefore, Groups I-II lack unity under PCT Rule 13.

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(74)代理人　100181641
弁理士　石川 大輔
(74)代理人　230113332
弁護士　山本 健策
(72)発明者　ジグレ， ダヴィッド トマ
スイス国 １０２３ クリシエ， シュマン デュ ルヴァン ２０ア
(72)発明者　トレンブレー， エリック ジュリアン
スイス国 １０２４ ヴォー， エキュブラン， シュマン ドゥ ラ コカルド ４
(72)発明者　ザゴラ， ヴォルカー
スイス国 １０１８ ローザンヌ， リュ デ クレット ８
(72)発明者　パパドプロス， イオアニス
スイス国 １００５ ローザンヌ， シュマン デュ カルヴェール ９
(72)発明者　ユフェ， ニコラ リオネル
スイス国 １０９７ リエクス， リュ デ スーリエクス ６
(72)発明者　デ ゴル， フィリップ
スイス国 １８９３ ミュラーズ， リュ デ ペルスーネージュ １２
(72)発明者　ロメロ， カルロス アルベルト マシアス
スイス国 １００９ ピュリー， シュマン ドゥ マリュー １３

Ｆターム（参考）　2H149　AA17 BA02 DA04 DA12 FC07 FC09 FC10
2H199　CA04 CA12 CA29 CA32 CA42 CA48 CA62 CA63 CA65 CA67 CA68 CA69 CA92 CA96
2H249　AA07 AA08 AA13 AA14 AA50 AA60 AA64 CA01 CA08 CA09 CA15 CA17 CA22