(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2022-532931
(P2022-532931A)
(43)公表日　令和4年7月20日(2022.7.20)

(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	2H006
G02B	*7/04*	*(2021.01)*	G02B	7/04	E	2H044
G02B	*3/12*	*(2006.01)*	G02B	7/04	Z	2H199
G02C	*11/00*	*(2006.01)*	G02B	3/12		
H04N	*5/64*	*(2006.01)*	G02C	11/00		

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全43頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2021-569394(P2021-569394)
(86)(22)出願日　令和2年5月22日(2020.5.22)
(85)翻訳文提出日　令和4年1月19日(2022.1.19)
(86)国際出願番号　PCT/US2020/034401
(87)国際公開番号　WO2020/243012
(87)国際公開日　令和2年12月3日(2020.12.3)
(31)優先権主張番号　62/852,940
(32)優先日　令和1年5月24日(2019.5.24)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/852,915
(32)優先日　令和1年5月24日(2019.5.24)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/864,229
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】　可変焦点アセンブリ

(57)【要約】
例示的頭部搭載型ディスプレイデバイスは、光プロジェクタと、光プロジェクタからの光をユーザに指向するように配列される、光学アセンブリと、アクチュエータモジュールとを含む。光学アセンブリは、リジッド屈折コンポーネントと、開口を画定する、シェーパリングと、シェーパリングとリジッド屈折コンポーネントとの間にあり、開口を被覆する、可撓性レンズ膜とを含む、可変焦点レンズアセンブリを含む。屈折コンポーネント、シェーパリング、およびレンズ膜は、軸に沿って配列される。屈折コンポーネントおよびレンズ膜は、ある体積の流体を含有する、チャンバを画定する。アクチュエータモジュールは、開口内のレンズ膜の曲率が、修正されるように、軸に沿って屈折コンポーネントに対してシェーパリングを移動させることによって、可変焦点レンズの屈折力を調節するように構成される。

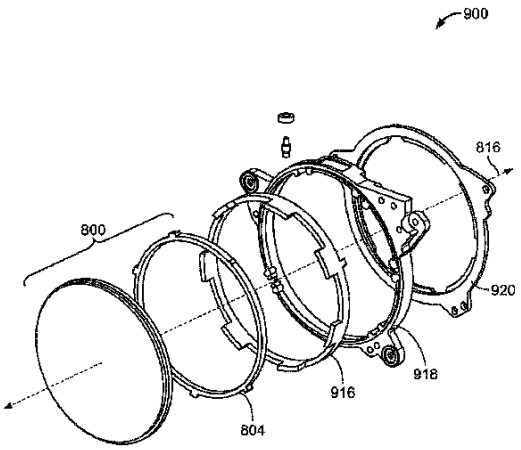


FIG. 9

【特許請求の範囲】
【請求項１】
頭部搭載型ディスプレイデバイスであって、
光プロジェクタと、
光学アセンブリであって、前記光学アセンブリは、前記頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間、前記光プロジェクタから光を受け取り、前記光をユーザに指向するように配列され、前記光学アセンブリは、可変焦点レンズアセンブリを備え、前記可変焦点レンズアセンブリは、
リジッド屈折コンポーネントと、
開口を画定するシェーパリングと、
前記シェーパリングと前記リジッド屈折コンポーネントとの間の可撓性レンズ膜であって、前記可撓性レンズ膜は、前記開口を被覆する、可撓性レンズ膜と
を備え、
前記リジッド屈折コンポーネント、前記シェーパリング、および前記可撓性レンズ膜は、軸に沿って配列され、
前記リジッド屈折コンポーネントおよび前記可撓性レンズ膜は、前記可撓性レンズ膜と前記屈折コンポーネントとの間にチャンバを画定し、
ある体積の流体が、前記チャンバ内に配置される、光学アセンブリと、
前記可変焦点レンズアセンブリに結合されるアクチュエータモジュールであって、前記アクチュエータモジュールは、前記開口内の前記可撓性レンズ膜の曲率が、修正されるように、前記軸に沿って前記リジッド屈折コンポーネントに対して前記シェーパリングを移動させることによって、前記可変焦点レンズの屈折力を調節するように構成される、アクチュエータモジュールと
を備える、頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項２】
前記アクチュエータモジュールは、ある範囲の運動を通して前記リジッド屈折コンポーネントに対して前記シェーパリングを移動させるように構成され、
前記可変焦点レンズアセンブリは、前記シェーパリングが、前記ある範囲の運動を通して前記リジッド屈折コンポーネントに対して移動されるとき、前記チャンバが、一定の体積を有するように構成される、
請求項１に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項３】
前記アクチュエータモジュールは、前記軸に沿って前記リジッド屈折コンポーネントに向かって前記シェーパリングを移動させることによって、前記可撓性レンズ膜の曲率を増加させるように構成される、請求項１に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項４】
前記アクチュエータモジュールは、前記軸に沿って前記リジッド屈折コンポーネントから離れるように前記シェーパリングを移動させることによって、前記可撓性レンズ膜の曲率を減少させるように構成される、請求項１に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項５】
前記可変焦点レンズアセンブリはさらに、前記開口内に配置される環状膜を備え、
前記ある体積の流体は、前記リジッド屈折コンポーネント、前記可撓性レンズ、および環状膜によってカプセル化される、
請求項１に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項６】
前記シェーパリングは、リジッドである、請求項１に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項７】
前記可変焦点レンズアセンブリはさらに、
キャリアフレームと、

前記キャリアフレーム内に入れ子にされるカムリングと
を備え、
前記シェーパリングは、前記カムリング内に入れ子にされ、
前記カムリングは、前記軸を中心とする前記キャリアフレームに対する前記カムリングの回転が、前記シェーパリングを、前記軸に沿って前記リジッド屈折コンポーネントに対して移動させるように構成される、
請求項１に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項８】
前記アクチュエータモジュールは、前記軸を中心として前記カムリングを回転させるように構成される、請求項７に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項９】
前記アクチュエータモジュールは、回転モータ、ステッパモータ、サーボモータ、超音波モータ、圧電アクチュエータ、および電気機械的アクチュエータから成る群から選択される前記カムリングに結合される１つ以上のアクチュエータコンポーネントを備える、請求項８に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項１０】
前記アクチュエータモジュールは、
前記カムリングに結合される形状記憶合金ワイヤと、
熱を前記形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される熱源と
を備え、
前記アクチュエータモジュールは、前記形状記憶合金ワイヤへの熱の印加が、前記形状記憶合金ワイヤの長さの変化および前記軸を中心とする前記キャリアフレームに対する前記カムリングの回転を引き起こすように構成される、
請求項８に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項１１】
前記アクチュエータモジュールは、
形状記憶合金ばねと、
前記形状記憶合金ばねに対向する付勢ばねと、
連結ワイヤであって、前記連結ワイヤは、（ｉ）前記形状記憶合金ばねまたは前記付勢ばねのうちの１つおよび（ｉｉ）前記カムリングに結合される、連結ワイヤと、
熱を形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される熱源と
を備え、
前記アクチュエータモジュールは、前記形状記憶合金ワイヤへの熱の印加が、前記形状記憶合金ばねの長さの変化および前記軸を中心とする前記キャリアフレームに対する前記カムリングの回転を引き起こすように構成される、請求項８に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項１２】
前記アクチュエータモジュールは、
前記キャリアフレームまたは前記カムリングのうちの一方の周辺に沿って配置される１つ以上の永久磁石と、
前記１つ以上の永久磁石に対向する前記キャリアフレームまたは前記カムリングのうちの他方の周辺に沿って配置される電気巻線と
を備える、請求項８に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項１３】
前記アクチュエータモジュールは、
圧電材料を含む板と、
前記板から延在し、機械的接地に結合される１つ以上のアームと、
前記板上に配置される１つ以上の搭載構造であって、各搭載構造は、前記光学アセンブリの個別の部分に搭載される、１つ以上の搭載構造と
を備える、請求項８に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。

【請求項１４】
前記アクチュエータモジュールは、少なくとも２つの振動モードに従って、前記板を振動させるように構成される、請求項１３に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項１５】
前記板は、第１の方向に延在する対向する第１の縁の対と、前記第１の方向に直交する第２の方向に延在する対向する第２の縁の対とを備え、前記第１の縁は、前記第２の縁よりも長く、
第１の振動モードに従って、前記第１の縁は、前記第１の方向および前記第２の方向に直交する第３の方向において前記板の中心に対して変位される、
請求項１４に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項１６】
第２の振動モードに従って、前記第２の縁は、前記第２の方向において相互に対して変位される、請求項１５に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項１７】
前記光学アセンブリは、前記可変焦点レンズアセンブリと同心の第２の可変焦点レンズアセンブリを備え、
前記アクチュエータモジュールは、前記頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間、前記可変焦点レンズアセンブリの屈折力が、前記第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力の逆数であるように、前記可変焦点レンズアセンブリの屈折力および前記第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力を調節するように構成される、
請求項１に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項１８】
前記光学アセンブリはさらに、前記可変焦点レンズアセンブリと前記第２の可変焦点レンズアセンブリとの間に配置される接眼レンズを備え、
前記接眼レンズは、前記頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間、前記光プロジェクタから前記光を受け取り、前記光を前記可変焦点レンズアセンブリまたは前記第２の可変焦点レンズアセンブリのうちの１つを通して前記ユーザに指向するように構成される、
請求項１７に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項１９】
前記可変焦点レンズアセンブリの屈折力が、前記第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力の逆数であるように、前記頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間に前記アクチュエータモジュールを制御するように構成される制御モジュールをさらに備える、請求項１７に記載の頭部搭載型ディスプレイデバイス。
【請求項２０】
前記光プロジェクタ、前記光学アセンブリ、および前記アクチュエータモジュールに取り付けられるフレームをさらに備え、前記フレームは、前記ユーザによって装着されるとき、光軸が前記ユーザの眼に向かって延在するように、前記光学アセンブリを配向するように構成される、請求項１に記載の頭部搭載型ディスプレイ。
【請求項２１】
頭部搭載型ディスプレイデバイスを使用して、画像コンテンツをユーザに提示する方法であって、前記方法は、
頭部搭載型ディスプレイデバイスの光プロジェクタを使用して、光を発生させることと、
前記頭部搭載型ディスプレイデバイスの光学アセンブリを使用して、前記光をユーザの眼に指向することであって、前記光学アセンブリは、可変焦点レンズアセンブリを備え、前記可変焦点レンズアセンブリは、
リジッド屈折コンポーネントと、
開口を画定するシェーパリングと、
前記シェーパリングと前記リジッド屈折コンポーネントとの間の可撓性レンズ膜であって、前記可撓性レンズ膜は、前記開口を被覆する、可撓性レンズ膜と
を備え、

前記リジッド屈折コンポーネント、前記シェーパリング、および前記可撓性レンズ膜は、軸に沿って配列され、
前記リジッド屈折コンポーネントおよび前記可撓性レンズ膜は、前記可撓性レンズ膜と前記屈折コンポーネントとの間にチャンバを画定し、
ある体積の流体が、前記チャンバ内に配置され、
前記頭部搭載型ディスプレイデバイスは、前記可変焦点レンズアセンブリに結合されるアクチュエータモジュールを備える、ことと、
前記光学アセンブリの屈折力を調節することであって、前記光学アセンブリの屈折力を調節することは、前記開口内の前記可撓性レンズ膜の曲率が、修正されるように、前記アクチュエータモジュールを使用して、前記軸に沿って前記リジッド屈折コンポーネントに対して前記シェーパリングを移動させることを含む、ことと
を含む、方法。
【請求項２２】
前記光学アセンブリの屈折力を調節することは、前記軸に沿って前記リジッド屈折コンポーネントに向かって前記シェーパリングを移動させることによって、前記可撓性レンズ膜の曲率を増加させることを含む、請求項２１に記載の方法。
【請求項２３】
前記光学アセンブリの屈折力を調節することは、前記軸に沿って前記リジッド屈折コンポーネントから離れるように前記シェーパリングを移動させることによって、前記可撓性レンズ膜の曲率を減少させることを含む、請求項２１に記載の方法。
【請求項２４】
前記可変焦点レンズアセンブリはさらに、
キャリアフレームと、
前記キャリアフレーム内に入れ子にされるカムリングと
を備え、
前記シェーパリングは、前記カムリング内に入れ子にされ、
前記光学アセンブリの屈折力を調節することは、前記アクチュエータモジュールを使用して、前記軸を中心として前記キャリアフレームに対して前記カムリングを回転させ、前記シェーパリングを前記軸に沿って前記リジッド屈折コンポーネントに対して移動させることを含む、
請求項２１に記載の方法。
【請求項２５】
前記アクチュエータモジュールは、
前記カムリングに結合される形状記憶合金ワイヤと、
熱を前記形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される熱源と
を備え、
前記光学アセンブリの屈折力を調節することは、熱を前記形状記憶合金ワイヤに印加し、前記形状記憶合金ワイヤの長さを変化させ、前記軸を中心として前記キャリアフレームに対して前記カムリングを回転させることを含む、
請求項２１に記載の方法。
【請求項２６】
前記アクチュエータモジュールは、
形状記憶合金ばねと、
前記形状記憶合金ばねに対向する付勢ばねと、
連結ワイヤであって、前記連結ワイヤは、（ｉ）前記形状記憶合金ばねまたは前記付勢ばねのうちの１つおよび（ｉｉ）前記カムリングに結合される、連結ワイヤと、
熱を形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される熱源と
を備え、
前記光学アセンブリの屈折力を調節することは、
熱を前記形状記憶合金ワイヤに印加し、前記形状記憶合金ばねの長さを変化させ、前記軸

を中心として前記キャリアフレームに対して前記カムリングを回転させることを含む、請求項２１に記載の方法。
【請求項２７】
前記アクチュエータモジュールは、
前記キャリアフレームまたは前記カムリングのうちの一方の周辺に沿って配置される１つ以上の永久磁石と、
前記１つ以上の永久磁石に対向する前記キャリアフレームまたは前記カムリングのうちの他方の周辺に沿って配置される電気巻線と
を備え、
前記光学アセンブリの屈折力を調節することは、電流を前記電気巻線に印加し、前記軸を中心として前記キャリアフレームに対して前記カムリングを回転させることを含む、請求項２１に記載の方法。
【請求項２８】
前記アクチュエータモジュールは、
圧電材料を含む板と、
前記板から延在し、機械的接地に結合される１つ以上のアームと、
前記板上に配置される１つ以上の搭載構造であって、各搭載構造は、前記光学アセンブリの個別の部分に搭載される、１つ以上の搭載構造と
を備え、
前記光学アセンブリの屈折力を調節することは、少なくとも２つの振動モードに従って、前記板を振動させることを含む、請求項２１に記載の方法。
【請求項２９】
前記板は、第１の方向に延在する対向する第１の縁の対と、前記第１の方向に直交する第２の方向に延在する対向する第２の縁の対とを備え、前記第１の縁は、前記第２の縁よりも長く、
前記少なくとも２つの振動モードの第１の振動モードに従って、前記板を振動させることは、前記第１の方向および前記第２の方向に直交する第３の方向において前記板の中心に対して前記第１の縁を変位させることを含む、請求項２８に記載の方法。
【請求項３０】
前記少なくとも２つの振動モードの第２の振動モードに従って、前記板を振動させることは、前記第２の方向において相互に対して前記第２の縁を変位させることを含む、請求項２９に記載の方法。
【請求項３１】
前記光学アセンブリは、前記可変焦点レンズアセンブリと同心の第２の可変焦点レンズアセンブリを備え、
前記方法は、前記可変焦点レンズアセンブリの屈折力が、前記第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力の逆数であるように、前記可変焦点レンズアセンブリの屈折力を並行して調節しながら、前記第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力を調節することを含む、請求項２１に記載の方法。
【請求項３２】
前記光を前記ユーザの眼に指向することは、前記光を前記可変焦点レンズアセンブリまたは前記第２の可変焦点レンズアセンブリのうちの１つを通して前記ユーザの眼に指向することを含む、請求項３１に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
（優先権の主張）
本願は、その全内容が、参照することによって本明細書に組み込まれる、２０１９年５月

２４日に出願された、米国特許出願第６２／８５２，９４０号、２０１９年６月２０日に出願された、米国出願第６２／８６４，２２９号、２０１９年５月２４日に出願された、米国特許出願第６２／８５２，９１５号、および２０１９年６月２０日に出願された、米国特許出願第６２／８６４，２５３号の３５　Ｕ．Ｓ．Ｃ．　§１１９（ｅ）（米国特許法第１１９条（ｅ））下の優先権を主張する。

【０００２】

本開示は、光学系アセンブリに関し、より具体的には、コンパクト可変焦点構成に関する。

【背景技術】

【０００３】

複合現実または拡張現実ディスプレイデバイスが、物理的世界からの像と併せて、仮想画像情報を提示するために使用されることができる。いくつかの実装では、そのようなディスプレイデバイスは、複数の焦平面における仮想画像情報の提示を促進するために、１つ以上の光学要素（例えば、レンズ）を含むことができる。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【０００４】

ある側面では、頭部搭載型ディスプレイデバイスは、光プロジェクタと、頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間、光プロジェクタから光を受け取り、光をユーザに指向するように配列される、光学アセンブリと、可変焦点レンズアセンブリに結合される、アクチュエータモジュールとを含む。光学アセンブリは、リジッド屈折コンポーネントと、開口を画定する、シェーパリングと、シェーパリングとリジッド屈折コンポーネントとの間の可撓性レンズ膜とを含む、可変焦点レンズアセンブリを含む。可撓性レンズ膜は、開口を被覆する。リジッド屈折コンポーネント、シェーパリング、および可撓性レンズ膜は、軸に沿って配列される。リジッド屈折コンポーネントおよび可撓性レンズ膜は、可撓性レンズ膜と屈折コンポーネントとの間にチャンバを画定する。ある体積の流体が、チャンバ内に配置される。アクチュエータモジュールは、開口内の可撓性レンズ膜の曲率が、修正されるように、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントに対してシェーパリングを移動させることによって、可変焦点レンズの屈折力を調節するように構成される。

【０００５】

本側面の実装は、以下の特徴のうちの１つ以上のものを含むことができる。

【０００６】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、ある範囲の運動を通してリジッド屈折コンポーネントに対してシェーパリングを移動させるように構成されることができる。可変焦点レンズアセンブリは、シェーパリングが、その範囲の運動を通してリジッド屈折コンポーネントに対して移動されるとき、チャンバが、一定の体積を有するように構成されることができる。

【０００７】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントに向かってシェーパリングを移動させることによって、可撓性レンズ膜の曲率を増加させるように構成されることができる。

【０００８】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントから離れるようにシェーパリングを移動させることによって、可撓性レンズ膜の曲率を減少させるように構成されることができる。

【０００９】

いくつかの実装では、可変焦点レンズアセンブリはさらに、開口内に配置される、環状膜を含むことができる。流体の体積は、リジッド屈折コンポーネント、可撓性レンズ、および環状膜によってカプセル化されることができる。

【００１０】

いくつかの実装では、シェーパリングは、リジッドであり得る。
【００１１】
いくつかの実装では、可変焦点レンズアセンブリはさらに、キャリアフレームと、キャリアフレーム内に入れ子にされる、カムリングとを含むことができる。シェーパリングは、カムリング内に入れ子にされることができる。カムリングは、軸を中心とするキャリアフレームに対するカムリングの回転が、シェーパリングを、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントに対して移動させるように構成されることができる。
【００１２】
いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、軸を中心としてカムリングを回転させるように構成されることができる。
【００１３】
いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、以下の群、すなわち、回転モータ、ステッパモータ、サーボモータ、超音波モータ、圧電アクチュエータ、および電気機械的アクチュエータから選択される、カムリングに結合される、１つ以上のアクチュエータコンポーネントを含むことができる。
【００１４】
いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、カムリングに結合される、形状記憶合金ワイヤと、熱を形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される、熱源とを含むことができる。アクチュエータモジュールは、形状記憶合金ワイヤへの熱の印加が、形状記憶合金ワイヤの長さの変化および軸を中心とするキャリアフレームに対するカムリングの回転を引き起こすように構成されることができる。
【００１５】
いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、形状記憶合金ばねと、形状記憶合金ばねに対向する、付勢ばねと、（ｉ）形状記憶合金ばねまたは付勢ばねのうちの１つおよび（ｉｉ）カムリングに結合される、連結ワイヤと、熱を形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される、熱源とを含むことができる。アクチュエータモジュールは、形状記憶合金ワイヤへの熱の印加が、形状記憶合金ばねの長さの変化および軸を中心とするキャリアフレームに対するカムリングの回転を引き起こすように構成されることができる。
【００１６】
いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、キャリアフレームまたはカムリングのうちの一方の周辺に沿って配置される、１つ以上の永久磁石と、１つ以上の永久磁石に対向するキャリアフレームまたはカムリングのうちの他方の周辺に沿って配置される、電気巻線とを含むことができる。
【００１７】
いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、キャリアフレームまたはカムリングのうちの一方の周辺に沿って配置される、１つ以上の永久磁石と、１つ以上の永久磁石に対向するキャリアフレームまたはカムリングのうちの他方の周辺に沿って配置される、電気巻線とを含むことができる。
【００１８】
いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、圧電材料を含む、板と、板から延在し、機械的接地に結合される、１つ以上のアームと、板上に配置される、１つ以上の搭載構造とを含むことができる。各搭載構造は、光学アセンブリの個別の部分に搭載されることができる。
【００１９】
いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、少なくとも２つの振動モードに従って、板を振動させるように構成されることができる。
【００２０】
いくつかの実装では、板は、第１の方向に延在する、対向する第１の縁の対と、第１の方向に直交する第２の方向に延在する、対向する第２の縁の対とを含むことができ、第１の縁は、第２の縁よりも長い。第１の振動モードに従って、第１の縁は、第１の方向および

第２の方向に直交する第３の方向において板の中心に対して変位されることができる。第２の振動モードに従って、第２の縁は、第２の方向において相互に対して変位されることができる。

【００２１】

いくつかの実装では、光学アセンブリは、可変焦点レンズアセンブリと同心の第２の可変焦点レンズアセンブリを含むことができる。アクチュエータモジュールは、頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間、可変焦点レンズアセンブリの屈折力が、第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力の逆数であるように、可変焦点レンズアセンブリの屈折力および第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力を調節するように構成されることができる。

【００２２】

いくつかの実装では、光学アセンブリはさらに、可変焦点レンズアセンブリと第２の可変焦点レンズアセンブリとの間に配置される、接眼レンズを含むことができる。接眼レンズは、頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間、光プロジェクタから光を受け取り、光を可変焦点レンズアセンブリまたは第２の可変焦点レンズアセンブリのうちの１つを通してユーザに指向するように構成されることができる。

【００２３】

いくつかの実装では、頭部搭載型ディスプレイデバイスはさらに、可変焦点レンズアセンブリの屈折力が、第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力の逆数であるように、頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間にアクチュエータモジュールを制御するように構成される、制御モジュールを含むことができる。

【００２４】

いくつかの実装では、請求項１に記載の頭部搭載型ディスプレイはさらに、光プロジェクタ、光学アセンブリ、およびアクチュエータモジュールに取り付けられる、フレームを含むことができる。フレームは、ユーザによって装着されるとき、光軸がユーザの眼に向かって延在するように、光学アセンブリを配向するように構成されることができる。

【００２５】

いくつかの実装では、光学アセンブリは、第２のリジッド屈折コンポーネントと、第２の開口を画定する、第２のシェーパリングと、第２のシェーパリングと第２のリジッド屈折コンポーネントとの間の第２の可撓性レンズ膜とを含む、第２の可変焦点レンズアセンブリを含むことができる。第２の可撓性レンズ膜は、第２の開口を被覆することができる。第２のリジッド屈折コンポーネント、第２のシェーパリング、および第２の可撓性レンズ膜は、軸に沿って配列されることができる。第２のリジッド屈折コンポーネントおよび第２の可撓性レンズ膜は、第２の可撓性レンズ膜と第２のリジッド屈折コンポーネントとの間に第２のチャンバを画定することができる。第２の体積の流体が、第２のチャンバ内に配置されることができる。アクチュエータモジュールは、開口内の第２の可撓性レンズ膜の曲率が、修正されるように、軸に沿って第２のリジッド屈折コンポーネントに対して第２のシェーパリングを移動させることによって、第２の可変焦点レンズの屈折力を調節するように構成されることができる。光学アセンブリはさらに、可変焦点レンズアセンブリを第２の可変レンズアセンブリに固着させる、支持構造を含むことができる。支持構造は、光学アセンブリの温度の範囲内で、温度の変動に起因するリジッド屈折コンポーネントとシェーパリングとの間の距離の変動が、ある閾値未満であり、温度の変動に起因する第２のリジッド屈折コンポーネントと第２のシェーパリングとの間の距離の変動が、ある閾値未満であるように、熱膨張性質を有する材料を含むことができる。

【００２６】

いくつかの実装では、支持構造は、シェーパリングに搭載される、第１のアームと、第２のリジッド屈折コンポーネントに搭載される、第２のアームと、第１のアームから第２のアームに延在する、バーとを含むことができる。

【００２７】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間、可変焦点レンズアセンブリの屈折力が、第２の可変焦点レンズアセンブリの屈

折力の逆数であるように、可変焦点レンズアセンブリの屈折力および第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力を調節するように構成されることができる。

【００２８】

いくつかの実装では、光学アセンブリはさらに、可変焦点レンズアセンブリと第２の可変焦点レンズアセンブリとの間に配置される、接眼レンズを含むことができる。接眼レンズは、頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間、光プロジェクタから光を受け取り、光を可変焦点レンズアセンブリまたは第２の可変焦点レンズアセンブリのうちの１つを通してユーザに指向するように構成されることができる。

【００２９】

いくつかの実装では、頭部搭載型ディスプレイデバイスはさらに、可変焦点レンズアセンブリの屈折力が、第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力の逆数であるように、頭部搭載型ディスプレイデバイスの使用の間にアクチュエータモジュールを制御するように構成される、制御モジュールを含むことができる。

【００３０】

別の側面では、頭部搭載型ディスプレイデバイスを使用して、画像コンテンツをユーザに提示する方法は、頭部搭載型ディスプレイデバイスの光プロジェクタを使用して、光を発生させるステップと、頭部搭載型ディスプレイデバイスの光学アセンブリを使用して、光をユーザの眼に指向するステップとを含む。光学アセンブリは、リジッド屈折コンポーネントと、開口を画定する、シェーパリングと、シェーパリングとリジッド屈折コンポーネントとの間の可撓性レンズ膜であって、可撓性レンズ膜は、開口を被覆する、可撓性レンズ膜とを含む、可変焦点レンズアセンブリを含む。リジッド屈折コンポーネント、シェーパリング、および可撓性レンズ膜は、軸に沿って配列される。リジッド屈折コンポーネントおよび可撓性レンズ膜は、可撓性レンズ膜と屈折コンポーネントとの間にチャンバを画定する。ある体積の流体が、チャンバ内に配置される。頭部搭載型ディスプレイデバイスはまた、可変焦点レンズアセンブリに結合される、アクチュエータモジュールを含む。本方法はまた、光学アセンブリの屈折力を調節するステップを含む。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、開口内の可撓性レンズ膜の曲率が、修正されるように、アクチュエータモジュールを使用して、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントに対してシェーパリングを移動させるステップを含む。

【００３１】

本側面の実装は、以下の特徴のうちの１つ以上のものを含むことができる。

【００３２】

いくつかの実装では、光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントに向かってシェーパリングを移動させることによって、可撓性レンズ膜の曲率を増加させるステップを含むことができる。

【００３３】

いくつかの実装では、光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントから離れるようにシェーパリングを移動させることによって、可撓性レンズ膜の曲率を減少させるステップを含むことができる。

【００３４】

いくつかの実装では、可変焦点レンズアセンブリはさらに、キャリアフレームと、キャリアフレーム内に入れ子にされる、カムリングとを含むことができ、シェーパリングは、カムリング内に入れ子にされる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、アクチュエータモジュールを使用して、軸を中心としてキャリアフレームに対してカムリングを回転させ、シェーパリングを軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントに対して移動させるステップを含むことができる。

【００３５】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、カムリングに結合される、形状記憶合金ワイヤと、熱を形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される、熱源とを含むことができる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、熱を形状記憶合金ワイヤに印

加し、形状記憶合金ワイヤの長さを変化させ、軸を中心としてキャリアフレームに対してカムリングを回転させるステップを含むことができる。

【００３６】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、形状記憶合金ばねと、形状記憶合金ばねに対向する、付勢ばねと、（ｉ）形状記憶合金ばねまたは付勢ばねのうちの１つおよび（ｉｉ）カムリングに結合される、連結ワイヤと、熱を形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される、熱源とを含むことができる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、熱を形状記憶合金ワイヤに印加し、形状記憶合金ばねの長さを変化させ、軸を中心としてキャリアフレームに対してカムリングを回転させるステップを含むことができる。

【００３７】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、キャリアフレームまたはカムリングのうちの一方の周辺に沿って配置される、１つ以上の永久磁石と、１つ以上の永久磁石に対向するキャリアフレームまたはカムリングのうちの他方の周辺に沿って配置される、電気巻線とを含むことができる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、電流を電気巻線に印加し、軸を中心としてキャリアフレームに対してカムリングを回転させるステップを含むことができる。

【００３８】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、圧電材料を含む、板と、板から延在し、機械的接地に結合される、１つ以上のアームと、板上に配置される、１つ以上の搭載構造とを含むことができる。各搭載構造は、光学アセンブリの個別の部分に搭載されることができる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、少なくとも２つの振動モードに従って、板を振動させるステップを含むことができる。

【００３９】

いくつかの実装では、板は、第１の方向に延在する、対向する第１の縁の対と、第１の方向に直交する第２の方向に延在する、対向する第２の縁の対とを含むことができ、第１の縁は、第２の縁よりも長い。少なくとも２つの振動モードの第１の振動モードに従って、板を振動させるステップは、第１の方向および第２の方向に直交する第３の方向において板の中心に対して第１の縁を変位させるステップを含むことができる。

【００４０】

いくつかの実装では、少なくとも２つの振動モードの第２の振動モードに従って、板を振動させるステップは、第２の方向において相互に対して第２の縁を変位させるステップを含むことができる。

【００４１】

いくつかの実装では、光学アセンブリは、可変焦点レンズアセンブリと同心の第２の可変焦点レンズアセンブリを含むことができる。本方法は、可変焦点レンズアセンブリの屈折力が、第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力の逆数であるように、可変焦点レンズアセンブリの屈折力を並行して調節しながら、第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力を調節するステップを含むことができる。

【００４２】

いくつかの実装では、光をユーザの眼に指向するステップは、光を可変焦点レンズアセンブリまたは第２の可変焦点レンズアセンブリのうちの１つを通してユーザの眼に指向するステップを含むことができる。

【００４３】

１つ以上の実施形態の詳細が、付随の図面および下記の説明に記載される。他の特徴および利点が、説明および図面から、および請求項から明白となるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００４４】

【図１】図１は、例示的拡張現実システムの略図である。

【００４５】

【図２】図２Ａ－２Ｃおよび３は、例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【図３】図２Ａ－２Ｃおよび３は、例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【００４６】
【図４Ａ】図４Ａおよび４Ｂは、別の例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【図４Ｂ】図４Ａおよび４Ｂは、別の例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【００４７】
【図５】図５、６、７Ａ、および７Ｂは、付加的例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【図６】図５、６、７Ａ、および７Ｂは、付加的例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【図７Ａ】図５、６、７Ａ、および７Ｂは、付加的例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【図７Ｂ】図５、６、７Ａ、および７Ｂは、付加的例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【００４８】
【図８】図８Ａおよび８Ｂは、例示的液体レンズアセンブリの略図である。
【００４９】
【図９】図９は、可変焦点アセンブリの分解図の略図である。
【００５０】
【図１０】図１０Ａおよび１０Ｂは、シェーパリングとカムリングとの間のインターフェースにおける例示的表面幾何学形状を示す、略図である。
【００５１】
【図１１】図１１は、別の例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【００５２】
【図１２】図１２Ａおよび１２Ｂは、例示的アクチュエータの略図である。
【００５３】
【図１３】図１３Ａ－１３Ｃは、例示的結合アセンブリの略図である。
【００５４】
【図１４】図１４は、別の可変焦点アセンブリの略図である。
【００５５】
【図１５】図１５Ａおよび１５Ｂは、例示的形状記憶合金アクチュエータの略図である。
【００５６】
【図１６】図１６Ａ－１６Ｃは、例示的コアレス環状磁束永久磁石軸方向モータの略図である。
【００５７】
【図１７】図１７および１８は、コアレス環状磁束永久磁石軸方向モータに関する例示的な印刷された巻線の略図である。
【図１８】図１７および１８は、コアレス環状磁束永久磁石軸方向モータに関する例示的な印刷された巻線の略図である。
【００５８】
【図１９】図１９は、別の例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【００５９】
【図２０Ａ】図２０Ａは、例示的環状撓曲リングの略図である。
【００６０】
【図２０Ｂ】図２０Ｂは、環状撓曲リングを含む、例示的可変焦点アセンブリの略図である。
【００６１】
【図２１】図２１は、ディスプレイシステムにおける使用のための可変焦点アセンブリの対の部分的断面図を示す、略図である。
【００６２】

【図２２】図２２、２３、２４Ａ、および２４Ｂは、複数の振動モードを有する、アクチュエータの例示的能動要素の略図である。
【図２３】図２２、２３、２４Ａ、および２４Ｂは、複数の振動モードを有する、アクチュエータの例示的能動要素の略図である。
【図２４Ａ】図２２、２３、２４Ａ、および２４Ｂは、複数の振動モードを有する、アクチュエータの例示的能動要素の略図である。
【図２４Ｂ】図２２、２３、２４Ａ、および２４Ｂは、複数の振動モードを有する、アクチュエータの例示的能動要素の略図である。
【００６３】
【図２５】図２５は、ディスプレイシステムにおける使用のための可変焦点アセンブリの対の部分的断面図を示す、略図である。
【００６４】
【図２６】図２６は、頭部搭載型ディスプレイデバイスを使用して、画像コンテンツをユーザに提示する例示的プロセスのフローチャート図である。
【発明を実施するための形態】
【００６５】
図１は、頭部装着型視認コンポーネント２と、ハンドヘルドコントローラコンポーネント４と、ユーザ上のベルトパックまたは同等物として装着されるように構成され得る、随意の相互接続される補助コンピューティングまたはコントローラコンポーネント６とを含む、例示的拡張現実システム１００を示す。これらのコンポーネントはそれぞれ、相互と、および他の接続されるリソース８（例えば、クラウドコンピューティングまたはクラウド記憶リソース）に通信するために、相互に（例えば、接続１０、１２、１４、１６、１７、および１８を介して）通信可能に接続されてもよい。いくつかの実装では、接続１０、１２、１４、１６、１７、および１８のうちの１つ以上のものは、米国電気電子学会（ＩＥＥＥ）８０２．１１、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）（ＲＴＭ）、および他の接続性標準および構成によって規定されるもの等の有線結合または無線接続であり得る。さらに、視認コンポーネント２は、視認コンポーネント２を装着するユーザが、（例えば、「拡張現実」体験を促進するために）システム１００によって発生および提示される視覚的画像情報と併せて自身の周囲の世界を見ることを可能にする、１つ以上の光学要素２０を含む。そのようなシステムおよび体験は、米国特許出願第１４／５５５，５８５号、第１４／６９０，４０１号、第１４／３３１，２１８号、第１５／４８１，２５５号、および第６２／５１８，５３９号（そのそれぞれは、参照することによってその全体として組み込まれる）にさらに説明されている。
【００６６】
光学要素２０は、任意の好適な数の焦平面に従って画像情報を提示するために、１つ以上の可変焦点アセンブリを含むことができる。いくつかの実装では、光学要素２０は、統合された制御システム（例えば、補助コンピューティングまたはコントローラコンポーネント６内に含まれる、または視認コンポーネント２内に含まれる制御システム）によって選択可能または調整可能である焦平面のスペクトルに従って画像情報を提示するように構成される。
【００６７】
例示的可変焦点アセンブリ２２が、図２Ａ－２Ｃおよび３に示される。光学要素２２は、少なくとも部分的に、膜によって封入される、ある体積の流体を有する、レンズ３６を含む。さらに、可変焦点アセンブリ２２は、モータ２４の回転に応じて、関連付けられる機械的駆動アセンブリ２６が、レバーアセンブリ３０に対してカム部材２８を回転して駆動し、これが、２つの対向する外周板３８および４０を主要筐体アセンブリ４１に対して（例えば、方向４８および４６において）回転させ、関連付けられる回転ピンジョイント３２および３４を中心として回転させるように構成される。これは、モータ２４およびカム２８の位置に応じて、レンズ３６を（例えば、方向４４および４２において）圧迫させる、または（例えば、それぞれ、４４および４２に対向する方向において）解放させる。相

互に対する対向する外周板３８および４０の本圧迫、解放、および再配向は、レンズ３６の焦点を変化させ、したがって、電気機械的に調節可能な可変焦点アセンブリを提供する。

【００６８】

いくつかの実装では、可変焦点アセンブリ２２は、比較的に嵩張り得、したがって、頭部装着型ディスプレイデバイス（例えば、視認コンポーネント２）における使用のためにあまり好適ではない場合がある。さらに、可変焦点アセンブリ２２の動作の間、対向する外周板３８および４０は、相互に対して（例えば、それらがそれぞれ、アセンブリを結合するフレームに対して底部において枢動する際）再配向される。したがって、焦点が、変動される際、画像位置の付随する変化が、存在し得る。これは、画像情報を提示する際に複雑な変数を導入し、これは、頭部装着型ディスプレイデバイスを較正するステップおよび／または構成するステップをより複雑にする、またはリソース集約的にし得る。それにもかかわらず、いくつかの実装では、可変焦点アセンブリ２２は、複数の焦平面に従ってユーザに画像情報を提示するために、頭部装着型ディスプレイデバイスにおいて使用されることができる。

【００６９】

可変焦点アセンブリの付加的実施例が、下記に説明される。いくつかの実装では、頭部装着型ディスプレイデバイスは、上記に説明される可変焦点アセンブリ２２と併せて、またはその代わりのいずれかで、これらの可変焦点アセンブリのうちの１つ以上のものを含むことができる。

回転カムリング構成

【００７０】

図８Ａおよび８Ｂは、回転カムリング構成を有する、例示的液体レンズアセンブリ８００を断面において示す。液体レンズアセンブリ８００は、例えば、頭部装着型ディスプレイデバイスにおける可変焦点アセンブリとして使用されることができる。

【００７１】

液体レンズアセンブリ８００は、液体レンズアセンブリ８００内にある流体体積を封入する膜の曲率を調節し、それによって、液体レンズアセンブリ８００の屈折力を変化させるように動作可能である。例えば、流体体積を通して進行する光は、光が、流体体積を封入する膜の湾曲面に遭遇するときに改変され得る、波面を有する。光の波面の変化は、光の焦点の変化に対応する。

【００７２】

いくつかの実装では、液体レンズアセンブリ８００は、リジッド屈折コンポーネント８０２と、リジッドシェーパリング８０４とを含む。屈折コンポーネントは、少なくとも部分的に、固体の光学的に透明な材料（例えば、プラスチックまたはガラス）から成り、平坦面、湾曲面、または１つの平面および１つの湾曲面（例えば、それぞれ、表面８０６および８０８）を有することができる。シェーパリングは、少なくとも部分的に、金属（例えば、アルミニウム、鋼、またはチタン）、プラスチック、または他の好適に軽量かつリジッドな材料等のリジッド材料から成る。

【００７３】

さらに、液体レンズアセンブリ８００は、環状膜８１４と、可撓性レンズ膜８１０とを含む。可撓性レンズ膜８１０は、可撓性レンズ膜８１０が、シールを作成するためにシェーパリング８０４の全円周に沿ってシェーパリング８０４に取り付けられる（例えば、シェーパリング８０４上に直接固着される）ように、シェーパリング８０４に跨架する。実質的に非圧縮性の流体８１２の一定の体積が、可撓性レンズ膜８１０と、シェーパリング８０４と、屈折コンポーネント８０２と、環状膜８１４との間にカプセル化される。環状膜８１４は、流体８１２が液体レンズアセンブリ８００内にシールされる状態を保ちながら、屈折コンポーネント８０２に対するシェーパリング８０４の軸方向運動を可能にするために、可撓性である。

【００７４】

実施例として、シェーパリング８０４は、液体レンズアセンブリ８００の光軸８１６に沿って屈折コンポーネント８０２に向かって（例えば、図８Ａに示される構成から図８Ｂに示される構成に）移動されることができる。これは、可撓性レンズ膜８１０を流体８１２に対して押圧させ、それによって、可撓性レンズ膜８１０および流体８１２の曲率を増加させる。対応して、液体レンズアセンブリ８００の屈折力は、増加される。

【００７５】

別の実施例として、シェーパリング８０４は、光軸８１６に沿って屈折コンポーネント８０２から離れるように（例えば、図８Ｂに示される構成から図８Ａに示される構成に）移動されることができる。これは、可撓性レンズ膜８１０を流体８１２から離れるように移動させ、それによって、可撓性レンズ膜８１０および流体８１２の曲率を減少させる。対応して、液体レンズアセンブリ８００の屈折力は、減少される。

【００７６】

図９は、液体レンズアセンブリ８００と、カムリング９１６と、キャリアフレーム９１８と、キャップ９２０とを含む、可変焦点アセンブリ９００の分解図を示す。液体レンズアセンブリ８００のコンポーネントの容易な図示のために、シェーパリング８０４のみが、個々に示される。

【００７７】

図９に示されるように、シェーパリング８０４を含む、液体レンズアセンブリ８００は、カムリング９１６内に入れ子になる。シェーパリング８０４およびカムリング９１６は、それぞれ、カムリング９１６の回転運動が、光軸８１６に沿ったシェーパリング８０４の軸方向運動をもたらすように、相互と係合される機械的特徴（例えば、ねじ山、溝、突起、スプライン、ランプ、ピン、歯、突出部、または他の構造）を含む。シェーパリング８０４の軸方向運動は、流体９１２に対して液体レンズアセンブリ８００の可撓性レンズ膜８１０を押圧し、または流体８１２から離れるように可撓性レンズ膜８１０を移動させ、それによって、流体９１２および可撓性膜８１０に形状を変化させる（例えば、上記に説明されるように、それらの曲率を増加または減少させる）。

【００７８】

いくつかの実装では、カムリング９１６および液体レンズアセンブリ８００は、キャリアフレーム９１８内に入れ子になることができる。カムリング９１６は、キャリアフレーム９１８およびシェーパリング８０４の両方に対して回転可能であり得る。シェーパリング８０４は、キャリアリング９１８に対して（例えば、１つ以上の歯、突出部、または他の構造によって）回転しないように拘束されることができる。しかしながら、シェーパリング８０４は、光軸９２２に沿ってカムリング９１６およびキャリアフレーム９１８の両方に対して軸方向に移動可能である。さらに、キャップ９２０は、キャリアフレーム内に格納される、またはそれに搭載されるコンポーネント（例えば、カムリング９１８）の位置を固着させるために、キャリアフレーム９１８に固定されることができる。

【００７９】

いくつかの実装では、１つ以上のアクチュエータモジュールが、液体レンズアセンブリ８００の屈折力を調節するために使用されることができる。例えば、１つ以上のアクチュエータモジュールが、カムリング９１６とキャリアフレーム９１８およびシェーパリング８０４の両方との間の相対的回転運動を付与し、それによって、シェーパリング８０４を屈折コンポーネント８０２に対して光軸８１６に沿って軸方向に移動させるために使用されることができる。

【００８０】

図１０Ａおよび１０Ｂは、シェーパリング８０４とカムリング９１６との間のインターフェース１０２２における例示的表面幾何学形状を示す。シェーパリング８０４は、カムリング９１６が、回転するとき、軸方向運動が、シェーパリング８０４に対して付与されるように、軸方向に延在し、カムリング９１６上の螺旋スプライン１０２６に係合する、いくつかの突起１０２４を含む。

【００８１】

いくつかの実装では、ランプ、段、ガイドピン、および他の機械的特徴等の他の幾何学形状も、カムリング９１６に対するシェーパリング８０４の軸方向運動を誘導するために使用されることができる。特に、好適な幾何学形状が、シェーパリング８０４に対するカムリング９１６の相対的回転をカムリング９１６に対するシェーパリング８０４の軸方向移動に変換するために使用されることができる。

作動

【００８２】

図１１は、例示的可変焦点アセンブリ１１００の斜視図を示す。可変焦点アセンブリ１１００は、図８、９、１０Ａ、および１０Ｂに説明される対応するコンポーネントに類似するキャリアフレーム１１１８と、カムリング１１１６と、液体レンズアセンブリ１１０２とを含む。

【００８３】

さらに、可変焦点アセンブリ１１００は、キャリアフレーム１１１８に固定される、アクチュエータ１１２６を含む。アクチュエータ１１２６は、結合アセンブリ１１２８を通して略接線力をカムリング１１１６に伝導するように動作可能である。例えば、アクチュエータ１１２６は、キャリアフレーム１１１８に固定され、カムリング１１１６上の半径方向に突出する特徴１１４２に動作可能に結合される、単一の回転モータを含むことができる。特徴１１４２は、カムリング１１１６に固定される、またはそれと統合されることができる。回転モータの作動は、結合アセンブリ１１２８を、カムリング１１１６に略接線の方向において延在または後退させる。結合アセンブリの一部は、特徴１１４２に係合し、キャリアフレームに対するカムリングの回転を引き起こす。本構成では、キャリアフレーム１１１８はさらに、結合アセンブリ１１２８およびカムリング１１１６の運動を限定するために、停止部１１４４を含む。停止部１１４４は、液体レンズアセンブリ１１０２の可撓性レンズ膜要素上の過剰な緊張を防止するために使用されることができる。

【００８４】

回転モータおよびねじタイプ連結部が、示されるが、他の構成もまた、可能性として考えられる。例えば、好適なアクチュエータは、ステッパモータ、サーボモータ、超音波モータ、回転ＤＣモータ、圧電アクチュエータ、形状記憶合金アクチュエータ、コアレス環状磁束軸方向モータ、線形超音波モータ、回転超音波モータ、他の電気機械的アクチュエータ、またはそれらの組み合わせを含むことができる。異なる作動機構の具体的実施例が、下記にさらに詳細に議論される。さらに、例示的モータが、付属書Ａに提供される。

【００８５】

図１１に示される例示的構成では、アクチュエータ１１２６は、キャリアフレーム１１１８の外側円周に取り付けられる。しかしながら、他の好適な構成も、種々の実装において採用されてもよい。実施例として、図１２Ａおよび１２Ｂは、アクチュエータ１２２６が、キャリアフレーム１２１８の半径方向延在部分内に埋設される構成を示す。図１２Ａおよび１２Ｂに示される実施例では、アクチュエータ１２２６は、定在波アクチュエータである。キャリアフレーム１２１８の陥凹部分１２３０内のアクチュエータ１２２６の位置は、較正のために調節可能であってもよい。例えば、１つ以上の止めねじ、スペーサ、またはシムが、少なくとも１つの方向における調節のために使用されることができる。アクチュエータ１２２６が、陥凹部分１２３０内に実質的に含有される構成は、アクチュエータによって生成される実質的に全ての運動が、駆動される要素に伝達されるように、アクチュエータ１２２６とキャリアフレーム１２１８との間の運動を最小限にする利点を提供し得る。いくつかの実装では、そのような構成は、拡張現実（ＡＲ）、仮想現実（ＶＲ）、複合現実（ＭＲ）、および／またはそのような可変焦点アセンブリが搭載され得るディスプレイシステムのタイプの他のコンポーネントから可変焦点アセンブリを隔離することに役立ちながら、可変焦点アセンブリ調節の効率および正確度を改良することができる。さらに、アクチュエータ１２２６を囲繞する筐体が、アクチュエータからの粉塵または破片が敏感な機械的および光学コンポーネントに進入することを防止するために提供されることができる。筐体（図示せず）は、アクチュエータが可変焦点アセンブリ内で好ましい

自然周波数において動作することを促進する材料から作製されることができる。いくつかの実装では、筐体の好ましい自然周波数は、アクチュエータ１２２６の動作周波数を少なくとも１桁下回り得る。例えば、モータの動作周波数が、約９０ＫＨｚである場合、筐体の好ましい自然周波数は、９ＫＨｚまたはそれを下回り得る。

【００８６】

可変焦点アセンブリのためのアクチュエータを選択するとき、アクチュエータの音出力もまた、考慮され得る。いくつかの実装では、拡張現実（ＡＲ）システム、仮想現実（ＶＲ）システム、複合現実（ＭＲ）システム、または他のディスプレイシステムにおいて組み立てられるとき、騒音が、ユーザ体験の邪魔をしないように、アクチュエータが、低騒音出力で動作することが、有利であり得る。例証的実施例として、アクチュエータの許容可能な音出力は、３５ｄＢＡ未満、例えば、約２５ｄＢＡ～約３２ｄＢＡであってもよい。加えて、いくつかの実装では、アクチュエータによって生成されるいかなる音も、音が、人間および／またはＡＲシステム、ＶＲシステム、ＭＲシステム、または他のディスプレイシステムにおいて使用され得るセンサデバイス（例えば、マイクロホン）によって検出可能ではないような周波数にあることが、有益である。いくつかの実装では、アクチュエータによって生成される音は、約３０ｋＨｚを上回る周波数にあってもよい。

【００８７】

いくつかの実装では、アクチュエータは、アクチュエータが、電力を受電していないとき、アセンブリが、その位置を維持するように、係止機構を含むことができる。実施例として、そのような係止機構は、液体レンズアセンブリからのアクチュエータに対する反力が、存在する場合であっても、運動が生じることを防止するために、アクチュエータ内のコンポーネントの間の十分に高い摩擦力を用いて達成されることができる。別の実施例として、アクチュエータ内のコンポーネントの機械的停止部、ラチェット、オーガ、または他の機械的特徴が、アクチュエータの係止機能を提供するために含まれることができる。いくつかの実装では、別個のロックが、アクチュエータユニット内の係止特徴に加えて、またはその代わりに実装されてもよいが、しかしながら、そのような係止要素は、可変焦点アセンブリの可動コンポーネント内の摩擦を増加させ得る。ポリテトラフルオロエチレン（ＰＦＴＥ）を用いて可動コンポーネントを潤滑すること、インターフェース表面を微細に機械加工または研磨すること、またはダイヤモンド様炭素（ＤＬＣ）コーティング等の材料を用いてインターフェース表面をコーティングすること等の摩耗軽減技法が、可動コンポーネントの間に摩擦を伴うシステムにおける摩耗特性を改良することができる。

【００８８】

可変焦点アセンブリあたり１つのアクチュエータの使用が、上記に議論されるが、下記により詳細に議論されるように、可変焦点アセンブリあたり複数のアクチュエータが、使用されることができる。

結合

【００８９】

結合アセンブリ構成のいくつかの変形例が、アクチュエータ運動をカムリングに伝達するために使用されることができる。図１３Ａ－１３Ｃは、いくつかの例示的結合アセンブリを示す。

【００９０】

図１３Ａでは、結合アセンブリは、複数のギヤ１３３２と、ピニオンドライブ１３３４とを含む。ギヤ１３３２は、アクチュエータ（図示せず）からの運動をカムリング１３１６に固定されるギヤラック１３３６を通してカムリング１３１６に伝達することができる。カムリング１３１６は、上記に説明されるカムリングに類似し得る。

【００９１】

図１３Ｂでは、結合アセンブリは、運動をギヤラック１３３６を通してカムリング１３１６に伝達する、ウォームドライブ１３３８を含む。

【００９２】

図１３Ｃでは、結合アセンブリは、運動をギヤラック１３３６を通してカムリング１３１

６に伝達する、送りねじおよびナットアセンブリ１３４０を含む。
【００９３】
結合アセンブリはそれぞれ、カムリング１３１６の回転が、特定の範囲内で制限されるように、内側および外側限界を有することができる。同様に、停止部（図示せず）が、カムリング１３１６の過剰な運動を防止するために本システム内に含まれることができる。
【００９４】
いくつかの実装では、結合アセンブリはまた、アクチュエータの不規則または軸外れ運動を低減させ、そのような運動が駆動される要素（例えば、カムリング）に伝達されることを防止する、要素または特徴を含むことができる。いくつかの実装では、ウォブル結合具またはドライブドッグが、駆動される要素からウォブル運動、寄生運動、ヨーモーメント、ロールモーメント、および／またはピッチモーメントを結合解除するために使用されることができる。いくつかの実装では、駆動される要素においてこれらのモーメントおよび運動を低減させることは、キャリアフレームに対するカムリングおよびシェーパリングの整合を改良することができる。さらに、精密な整合は、可変焦点アセンブリの正確度を改良し、本システムの可動コンポーネントに対する摩耗を低減させることができる。
位置フィードバック
【００９５】
いくつかの実装では、可変焦点アセンブリの焦点は、（例えば、特定の焦点または屈折力が、達成されるように）可撓性レンズ膜の曲率を精密に制御することによって調節されることができる。いくつかの実装では、閉ループフィードバックシステムが、（例えば、１つ以上の位置測定値に基づいて、１つ以上のアクチュエータの動作を制御することによって）別のものに対する可変焦点アセンブリの１つ以上のコンポーネントの位置を調節するために使用されることができる。
【００９６】
いくつかの実装では、位置センサ（例えば、ホールセンサ）が、可変焦点アセンブリ内の１つ以上の可動コンポーネントの実際の位置を正確に検出するために使用されることができる。位置センサに加えて、またはその代わりに、光学エンコーダが、可変焦点アセンブリ内の１つ以上の可動コンポーネントの実際の位置を検出するために使用されることができる。１つ以上のセンサからの実際の位置情報が、制御ループに送信されることができ、そこで、プロセッサ（例えば、マイクロプロセッサ）が、実際の位置データを可動コンポーネントの予期される位置と比較する。実際の位置と予期される位置との間の差異が、所望の閾値を上回る場合、プロセッサは、実際の位置が予期される位置の閾値許容誤差内になるまで、アクチュエータへの入力を調節することができる。
代替アクチュエータ
【００９７】
図１４は、別の例示的可変焦点アセンブリ１４００を示す。可変焦点アセンブリ１４００は、図８、９、１０Ａ、および１０Ｂに説明される対応するコンポーネントに類似するキャリアフレーム１４１８と、カムリング１４１６と、液体レンズアセンブリ１４０２とを含む。
【００９８】
図１４に示される構成では、可変焦点アセンブリ１４００は、キャリアフレーム１４１８および液体レンズアセンブリ１４０２に対してカムリング１４１６を回転させるための形状記憶合金（ＳＭＡ）材料アクチュエータ１４２８を含む。アクチュエータ１４２８は、ＳＭＡワイヤ１４３０と、戻しばね１４３２と、ＳＭＡワイヤ１４３０に熱的に結合される、熱源１４３４とを含む。
【００９９】
ＳＭＡワイヤ１４３０は、キャリアフレーム１４１８上の陥凹チャネル内で円周方向に延在する。ＳＭＡワイヤ１４３０の一方の端部は、キャリアフレーム１４１８に固定され、他方の端部は、カムリング１４１６に直接または間接的に結合される。ＳＭＡワイヤ１４３０が、（例えば、熱源１４３４を使用して）加熱されると、ＳＭＡワイヤ１４３０の長

さは、カムリング１４１６に接続される端部が、キャリアフレーム１４１８に接続される端部に向かって移動するように、減少する。ＳＭＡワイヤ１４３０の移動は、陥凹チャネルによって拘束されるため、ＳＭＡワイヤ１４３０の長さの変化は、カムリング１４１６に接続される端部をキャリアフレーム１４１８に接続される端部に向かって移動させ、それによって、キャリアフレーム１４１８に対してカムリング１４１６を回転させる。ＳＭＡワイヤ１４３０が、冷却されると、これは、その元の長さまで膨張し、カムリング１４１６をその元の位置に戻るように回転させる。ＳＭＡワイヤ１４３０の温度を制御することによって、カムリング１４１６とキャリアフレーム１４１８との間の運動の量は、液体レンズアセンブリ１４０２の可撓性膜および流体チャンバの曲率を微細に調節するために制御されることができる。いくつかの実装では、戻しばね１４３２は、ＳＭＡワイヤ１４３０が、延長されるとき（例えば、ＳＭＡワイヤが、冷却されるとき）、これが、キャリアフレーム１４１８に対するその元の位置に戻るように、カムリング１４１６を付勢することができる。

【０１００】

いくつかの実装では、ＳＭＡワイヤ１４３０は、少なくとも部分的に、銅－アルミニウム－ニッケルおよび／またはニッケル－チタン（ＮｉＴｉ）から成ることができる。いくつかの実装では、ＳＭＡワイヤ１４３０は、亜鉛、銅、金、および鉄の合金から成ることができる。

【０１０１】

図１５Ａおよび１５Ｂは、別の例示的ＳＭＡアクチュエータ１５００を示す。本実施例では、アクチュエータ１５００は、付勢ばね１５６２に対向する、ＳＭＡばね１５６０を含む。ＳＭＡばね１５６０および付勢ばね１５６２は、ＳＭＡばねおよび付勢ばねアセンブリの合計長を限定する、フレーム１５６４内に格納される。フレーム１５６４は、連結ワイヤ１５６６がフレーム１５６４に進入し、ＳＭＡばね１５６０および付勢ばね１５６２のうちの少なくとも１つに接続するための孔を含む。ＳＭＡばね１５６０のアクティブ化状態は、熱をＳＭＡばね１５６０に印加する（例えば、ＳＭＡばね１５６０に熱的に結合される熱源１５６８によって）またはＳＭＡばね１５６０を冷却することによって制御されることができる。ＳＭＡばね１５６０の作動は、ＳＭＡばね１５６０の伸長および付勢ばね１５６２の収縮を引き起こす。連結ワイヤ１５５６は、ＳＭＡばね１５６０が作動する際に偏移され、力を駆動されるコンポーネント（例えば、連結ワイヤ１５６６に結合されるカムリングまたは他の駆動コンポーネント）に伝達するように動作可能である。

【０１０２】

図１６Ａおよび１６Ｂは、可変焦点アセンブリ（例えば、本明細書に説明される可変焦点アセンブリのうちの１つ以上のもの）を調節するように構成される、別の例示的アクチュエータ１６００ａを示す。図１６Ａは、側面（軸方向）図による、アクチュエータ１６００ａを示し、図１６Ｂは、アクチュエータ１６００ａのコンポーネントが、例証目的のために、線形構成に「展開」されている、側面（軸方向）図による、アクチュエータ１６００ａを示す。

【０１０３】

アクチュエータ１６００ａは、可変焦点アセンブリのカムリング１６１６またはキャリアフレーム（図１６Ａおよび１６Ｂに図示せず）のいずれかの環状開口部の少なくとも一部の周囲に特定の配列において設置される永久磁石１６６６を含む、コアレス環状磁束永久磁石軸方向モータである。モータはさらに、永久磁石１６６６および電気巻線１６６８が、別個のコンポーネントに搭載されるように、キャリアフレームまたはカムリング１６１６の環状開口部の少なくとも一部の周囲に設置される、電気巻線１６６８を含む。

【０１０４】

電気巻線１６６８は、印刷回路基板（ＰＣＢ）上に印刷される伝導性材料を使用して作製されることができる。ＰＣＢは、次いで、サイズに合わせて切断され、キャリアフレームまたはカムリング１６１６に搭載されることができる。いくつかの実装では、巻線の密度が、増加されるように、ＰＣＢの複数の層が、相互の上にスタックされ、各層は、印刷さ

れた巻線を有することができる。巻線のより高い密度は、より高いトルク出力を提供することができる。

【０１０５】

電流が、ＰＣＢ巻線を通して通過する際、磁場が、作成され、これは、永久磁石アレイと相互作用し、カムリングとキャリアフレームとの間の相対的回転を引き起こす。

【０１０６】

図１６Ｂは、図１６Ａのコアレス環状磁束永久磁石軸方向モータの変形例を示す。図１６Ｂに示されるモータ１６００ｂは、ＰＣＢ巻線１６６８が、永久磁石の第１のセット１６６６ａと永久磁石の第２のセット１６６６ｂとの間にあるように、永久磁石の第２のセット１６６６ｂを含む。永久磁石の２つのセットの間にＰＣＢ巻線１６６８を挟装することによって、より強い、かつより均一な磁束密度が、達成される。いくつかの実装では、永久磁石１６６６ａおよび１６６６ｂは、ハルバッハアレイにおいて配列されることができる。

【０１０７】

印刷された巻線１６６８の例示的パターンが、図１７および１８に示される。

外周フレーム構成

【０１０８】

図４Ａおよび４Ｂは、外周フレーム構成を有する、例示的可変焦点アセンブリ５０を示す。可変焦点アセンブリ５０は、２つのリジッド外周フレーム部材７０と７２との間に間置される、流体／膜レンズ３６を含む。さらに、回転可能調節外周部材５２および５４が、流体／膜レンズ３６とリジッド外周フレーム部材７０および７２のそれぞれとの間に配置される。

【０１０９】

作動モータ６４の調節外周部材５２および５４は、コンパクト作動モータ６４（例えば、ステッパモータ、サーボモータ、超音波モータ、または他の電気機械的アクチュエータ）を使用して、リジッド外周フレーム部材７０および７２に対して回転可能に調節されることができる。図４Ｂに示されるように、作動モータ６４は、回転可能調節外周部材５２および５４とインターフェースをとるピン６１に結合される、円筒部材６０に結合される、シャフト６２を有する、結合アセンブリを使用して、リジッド外周フレーム部材５６および５８に、および回転可能調節外周部材５２および５４に結合されることができる。

【０１１０】

回転可能調節外周部材５２および５４とリジッド外周フレーム部材７０および７２との間の機械的インターフェースは、１つ以上の外周的に位置する特徴（例えば、ランプ、バンプ、または段差等）を含むことができ、これは、３つ以上のインターフェース特徴のグルーピング（例えば、回転可能調節外周部材５２および５４とリジッド外周フレーム部材７０および７２との間の３６０度の外周インターフェースの周囲で１２０度毎に１つ）によって等、相互結合される流体／膜レンズ３６を実質的に均一な外周荷重で圧迫または弛緩させる。言い換えると、流体／膜レンズ３６は、好ましくは、レンズの平面に対する画像位置の実質的な移動または再配向を伴わずに、比較的に均一に弛緩または緊締されることができる。

軸方向駆動構成

【０１１１】

図５、６、７Ａ、および７Ｂは、相互結合される流体／膜レンズ３６を有するコンパクト可変焦点アセンブリに対して実質的に均一な外周荷重（したがって、画像位置の実質的な移動または再配向を伴わない焦点調節）を提供するための他の例示的構成を示す。

【０１１２】

図５に示されるように、例示的コンパクト可変焦点アセンブリ６８は、２つのリジッド外周フレーム部材７０および７２と、相互結合される流体／膜レンズ３６とを含む。流体／膜レンズ３６の実質的に均一な外周荷重は、いくつかの電磁アクチュエータ７６、７７、および７８によって提供され、これは、制御可能な焦点調節を提供するために、相互に対

して２つのリジッド外周フレーム部材７０および７２を制御可能に押勢する、または反発させるように構成される。いくつかの実装では、電磁アクチュエータ７６、７７、および７８は、均一な荷重を３アクチュエータ構成に提供するために、外周的に相互から等距離（例えば、相互から約１２０度）に設置されることができる。他の実装は、９０度離れた４つのアクチュエータ等のより多くのアクチュエータを含むことができる。

【０１１３】

図６に示されるように、別の例示的コンパクト可変焦点アセンブリ７４は、２つのリジッド外周フレーム部材７０および７２と、相互結合される流体／膜レンズ３６とを含む。流体／膜レンズ３６の実質的に均一な外周荷重は、いくつかの形状記憶金属合金アクチュエータ８０、８２、および８４によって提供され、これは、制御可能な焦点調節を提供するために、相互に対して２つのリジッド外周フレーム部材７０および７２を制御可能に押勢する、または反発させるように構成される。いくつかの実装では、形状記憶金属合金アクチュエータ８０、８２、および８４は、均一な荷重を３アクチュエータ構成に提供するために、外周的に相互から等距離（例えば、相互から約１２０度）に設置されることができる。他の実装は、９０度離れた４つのアクチュエータ等のより多くのアクチュエータを含むことができる。

【０１１４】

図７Ａおよび７Ｂに示されるように、別の例示的コンパクト可変焦点アセンブリ７６は、２つのリジッド外周フレーム部材７０および７２と、相互結合される流体／膜レンズ３６とを含む。流体／膜レンズ３６の実質的に均一な外周荷重は、いくつかの圧電アクチュエータ８６、８８、および９０によって提供され、これは、制御可能な焦点調節を提供するために、相互に対して２つのリジッド外周フレーム部材７０および７２を制御可能に押勢する、または反発させるように構成される。いくつかの実装では、圧電アクチュエータ８０、８２、および８４は、均一な荷重を３アクチュエータ構成に提供するために、外周的に相互から等距離（例えば、相互から約１２０度）に設置されることができる。他の実装は、９０度離れた４つのアクチュエータ等のより多くのアクチュエータを含むことができる。図７Ｂを参照すると、所与の可変焦点レンズ構成に関する圧電アクチュエータのそれぞれにおいて必要とされる機械的スローの量に応じて、圧電アクチュエータはそれぞれ、それぞれのアクティブ化が、アセンブリにおけるその他に追加される所与の機械的スローを提供し、用途のために好適である全体的アセンブリスローを生成するように、相互結合される一連の個々の圧電デバイス（例えば、９２、９４等）のアセンブリを含むことができる。

単一アクチュエータ軸方向駆動構成

【０１１５】

図５－７に示される可変焦点アセンブリは、アセンブリの円周の周囲にいくつかのアクチュエータを含むことができる。いくつかの実装では、（例えば、可変焦点アセンブリのサイズ、重量、および電力要件を低減させるために）使用されるアクチュエータの数を低減させることが、有利であり得る。

【０１１６】

図１９は、単一のアクチュエータ１９２６を有する、別の例示的可変焦点アセンブリ１９００を示す。いくつかの実装では、アクチュエータ１９２６は、連結部１９２８によってシェーパリング１９０４に接続される、線形超音波モータであり得る。アクチュエータ１９２６は、連結部１９２８およびシェーパリング１９０４を固定された屈折コンポーネント１９０２に向かって、およびそれから離れるように軸方向に移動させ、これは、可撓性レンズ膜１９１０の曲率および流体コンパートメント１９１２の形状の変化を引き起こす。代替構成では、屈折コンポーネントは、固定されたシェーパリングに向かって、およびそれから離れるように移動されることができる。

【０１１７】

いくつかの実装では、可変焦点アセンブリ１９００は、屈折コンポーネント１９０２とシェーパリング１９０４との間の軸方向運動を可能にするために可撓性である、環状膜１９

１４を含むことができる。しかしながら、図１９に示されるように、本可撓性はまた、連結部１９２８が、ｚ方向に移動しているとき、シェーパリング１９０４に対するモーメントＭを引き起こし得る。モーメントＭは、シェーパリング１９０４およびシェーパリングに取り付けられる可撓性レンズ膜１９１０を傾斜させ得、したがって、可撓性レンズ膜１９１０の曲率は、中心軸Ｃを中心としてもはや対称ではない。結果として、非対称の曲率を通して通過する光は、歪んだ状態になり得る。

【０１１８】

本歪みは、環状撓曲リングを使用して、排除または別様に低減されることができる。例えば、図２０Ａは、例示的環状撓曲リング２０００の上面図を示す。環状撓曲リング２０００は、図２０Ｂの組立断面図に示されるように、環状膜１９１４を支持および補強するために、可変焦点アセンブリ内に含まれることができる。環状撓曲リング２０００の外側部分は、シェーパリング１９０４に固定されることができる一方、環状撓曲リング２０００の内側部分は、屈折コンポーネント１９０２に固定されることができる。環状撓曲リング２０００は、金属（アルミニウム、鋼、またはチタン）、プラスチック、または他の好適な材料等のリジッド材料から作製されることができる。さらに、環状撓曲リング２０００は、環状撓曲リング２０００に、連結部１９２８がシェーパリング１９０４を移動させる際にこれに印加される軸方向荷重に応答して、半径方向において形状を変化させることを可能にする、スロットを含むことができる。環状撓曲リング２０００のリジディティは、単一アクチュエータ構成が、様々な位置にわたって可撓性レンズ膜１９１０の対称な曲率を維持し得るように、モーメントＭを低減させる。

ディスプレイシステムにおける使用

【０１１９】

内側レンズアセンブリ（ＩＬＡ）および外側レンズアセンブリ（ＯＬＡ）等の可変焦点アセンブリの対が、ＩＬＡを使用して、仮想コンテンツに様々な焦点深度のうちの１つを付与する一方、ＯＬＡを使用して、歪んだ環境光を補正または補償するために、ディスプレイシステム（例えば、ＡＲシステム、ＭＲシステム等）において使用されることができる。図２１は、その間に拡張現実接眼レンズ２１５０を伴う可変焦点アセンブリ２１４６および２１４８の対の部分的断面図を示す。ＩＬＡ２１４６およびＯＬＡ２１４８は、接眼レンズ２１５０の両側上に配置される。接眼レンズ１２５０からの仮想画像は、ＩＬＡ２１４６に向かって投影され、ユーザに向かって放出される前に、ＩＬＡ２１４６によって成形される。周辺環境からの光は、１回目にＯＬＡ２１４８によって成形され、２回目にＩＬＡ２１４６によって成形され、したがって、環境光の焦点の正味の変化は、２回の成形事象の後でゼロである（例えば、ＯＬＡ２１４８の屈折力は、ＩＬＡ２１４６の屈折力の逆数である）。

【０１２０】

いくつかの実装では、ＯＬＡ２１４８およびＩＬＡ２１４６の屈折力は、ディスプレイシステムの動作の間、制御モジュール（例えば、１つ以上のコンピュータプロセッサを有するコンピューティングシステム）によって調節されることができる。例えば、制御モジュールは、（例えば、接眼レンズ１２５０からの仮想画像が、１つ以上の選択された焦平面に従ってユーザに提示されるように）ディスプレイシステムのアクチュエータモジュールのうちの１つ以上のものを制御し、ＩＬＡ２１４６の屈折力を選択的に調節することができる。さらに、制御モジュールは、（例えば、ＩＬＡ２１４６によって歪んだ環境光を補正または補償するために）ＯＬＡ２１４８の屈折力が、ＩＬＡ２１４６の屈折力の逆数であるように、アクチュエータモジュールを並行して制御し、ＯＬＡ２１４８の屈折力を調節することができる。いくつかの実装では、制御モジュールは、ディスプレイシステムのうちの１つ以上のもの（例えば、頭部装着型視認コンポーネント２、ハンドヘルドコントローラコンポーネント４、および／または相互接続される補助コンピューティングまたはコントローラコンポーネント６）内に含まれることができる。

【０１２１】

いくつかの実装では、ＯＬＡ２１４８の直径は、ＩＬＡ２１４６のものよりも大きくあり

得る。ＩＬＡ２１４６およびＯＬＡ２１４８の例示的仕様が、それぞれ、付属書Ｂおよび付属書Ｃに提供される。

【０１２２】

ＩＬＡ２１４６およびＯＬＡ２１４８はそれぞれ、本明細書に説明される可変焦点アセンブリのうちのいずれかとして実装されることができる。さらに、ＩＬＡ２１４６およびＯＬＡ２１４８はそれぞれ、本明細書に説明される作動構成のうちのいずれかを使用して作動されることができる。

結合された可変焦点レンズアセンブリ構成

【０１２３】

上記に議論されるように、いくつかの実装では、可変焦点アセンブリにおけるアクチュエータの数を低減させることが、有利であり得る。これはまた、１つを上回る可変焦点アセンブリを有するシステムに対して当てはまり得る。図２５は、図２１に示される構成に類似する可変焦点アセンブリの対を有する、例示的システム２５００の断面図である。システム２５００は、両方の可動コンポーネントが、１つ以上の共通アクチュエータ２５２６および共通連結部２５２８によって駆動され得るように、ＩＬＡ２５４６の可動コンポーネントをＯＬＡ２５４８の可動コンポーネントに結合する。いくつかの実装では、共通アクチュエータ２５２６は、線形超音波モータであり得る。

【０１２４】

示される実施例では、ＩＬＡ２２４６の可動コンポーネントは、ＩＬＡ屈折コンポーネント２５０２であり、ＯＬＡ２２４８の可動コンポーネントは、ＯＬＡシェーパリング２５０４である。しかしながら、ＯＬＡ屈折およびＩＬＡシェーパの両方を結合し、移動させることもまた、可能性として考えられる。図２０Ａに示されるものに類似する撓曲リングは、ＩＬＡ２２４６またはＯＬＡ２２４８において示されないが、そのような撓曲リングは、ＩＬＡおよびＯＬＡ可動コンポーネントに対するモーメントを低減させるために使用されることができる。

利得補償

【０１２５】

ＯＬＡ直径が、ＩＬＡ直径よりも大きい実装では、ＯＬＡアセンブリは、ＯＬＡおよびＩＬＡアセンブリの両方を通して進行する環境光の正味の視度変化が、ゼロに等しくなるために、ＩＬＡアセンブリと異なる軸方向距離を進行する。種々のばね力が、異なる率において両方の可動コンポーネントを駆動するために、（例えば、ＩＬＡおよびＯＬＡのうちの１つ以上のものの可撓性レンズ膜によって）本システムに追加されることができる。具体的には、ばね力は、より少ない進行を要求するレンズに関する駆動連結部に追加されることができる。

アサーマル化

【０１２６】

結合されたシステム２５００に関する付加的較正考慮事項は、熱ドリフトによって引き起こされる光学変化の補償である。熱ドリフトの１つの構成要素は、熱に暴露されるときの液体レンズアセンブリ内の光学流体の膨張である。流体の膨張は、可撓性レンズ膜の曲率を増加させ、流体レンズによって付与される屈折力を増加させる。光学システム２５００における熱ドリフトの別の構成要素は、連結部２５５２および接地要素２５５４等の支持要素の膨張である。例えば、接地要素２２５４が、膨張するにつれて、これは、ＯＬＡ屈折コンポーネントをＯＬＡシェーパリングに向かって圧縮し、ＩＬＡシェーパリングをＩＬＡ屈折コンポーネントに向かって圧縮する。したがって、接地要素２２５４の膨張もまた、ＯＬＡおよびＩＬＡの屈折力を増加させる。いくつかの実装では、ＩＬＡにおける屈折力変化は、仮想画像を意図されるものと異なる焦点深度において出現させ得る。さらに、ＯＬＡにおける屈折力変化は、典型的には、ＩＬＡにおける屈折力変化に厳密に対応しない。結果として、ＯＬＡおよびＩＬＡを通して通過する環境光は、焦点がぼけて見え得る。

【０１２７】

熱ドリフトによって引き起こされるＯＬＡおよびＩＬＡにおける付加的屈折力を補償するために、連結部２２５２の材料は、本システムを平衡させるために特定の熱膨張係数（ＣＴＥ）を有するように選択されることができる。具体的には、連結部２２５２のＣＴＥは、これが、ＩＬＡおよびＯＬＡの両方のシェーパと屈折コンポーネントとの間の予測される相対的位置を維持するために十分な材料膨張度を可能にするように（例えば、温度の変動に起因するＩＬＡのリジッド屈折コンポーネントおよびＯＬＡのシェーパリングが、特定の温度範囲内の閾値未満であるように）選択されることができる。例えば、連結部２２５２は、比較的に高い熱膨張係数を有するポリマーから形成されることができる。連結部２２５２が、光学流体および接地要素２２５４と同一の熱条件に暴露されると、連結部２２５２は、膨張し、ＯＬＡシェーパに対するＯＬＡ屈折の圧縮を低減させ、ＩＬＡシェーパに対するＩＬＡ屈折の圧縮を低減させる。

【０１２８】

いくつかの実装では、閾値は、０．０１ｍｍまたはそれを下回る、０．１ｍｍまたはそれを下回る、１ｍｍまたはそれを下回る、またはある他の閾値であり得る。いくつかの実装では、温度範囲は、本デバイスの予期される動作温度範囲であり得る。実施例として、温度範囲の下限は、－２０℃、－１０℃、０℃、１０℃、２０℃、３０℃、４０℃、５０℃、またはある他の温度であり得る。別の実施例として、温度範囲の上限は、２０℃、３０℃、４０℃、５０℃、６０℃、７０℃、８０℃、９０℃、１００℃、１１０℃、１２０℃、１３０℃、またはある他の温度であり得る。

複数の振動モードを伴う線形超音波アクチュエータ

【０１２９】

いくつかの実装では、可変焦点アセンブリにおいて採用されるアクチュエータは、それぞれ、複数の振動モードを有する、１つ以上のアクチュエータを含むことができる。アクチュエータの複数の振動モードの同時励起は、アクチュエータの複合振動につながり、可変焦点アセンブリのコンポーネントの制御を可能にすることができる。

【０１３０】

図２２は、いくつかの実施形態における可変焦点アセンブリにおいて採用され得る、複数の振動モードを有する、アクチュエータの能動要素の例示的概略図を示す。アクチュエータはまた、複数のモードを伴う進行波超音波モータとして説明されることができる。アクチュエータは、線形駆動タイプのアクチュエータであり得、線形アクチュエータまたは線形モータと称されることができる。能動要素２２００は、少なくとも部分的に、圧電材料（例えば、セラミック）から成る、板２２０２を含むことができる。結合コンポーネント２２０４は、取付アーム２２０６を使用して、板２２０２に取り付けられることができる（例えば、板２２０２上に直接固着される）。結合コンポーネント２２０４は、可変焦点アセンブリ内の固定点（例えば、機械的接地）（例えば、シェーパリング、カムリング、キャリアフレーム等の上の１つ以上の点）に取り付けられることができる。取付アーム２２０６は、示される実施例におけるように、少なくとも部分的に、アクチュエータの長さを低減させるために、複数の区画に関節結合されることができる。コンポーネント２２０８は、レンズ表面等の可変焦点アセンブリのコンポーネントに結合されることができる。アクチュエータの動作の間の相互に対するコンポーネント２２０８の全体的線形移動は、取り付けられる可変焦点アセンブリコンポーネントの相対的移動を引き起こすことができる。図２２は、能動要素２２００のコンポーネントの例示的寸法（ｍｍ単位）を示す。いくつかの実装は、図示される寸法に関して異なる好適な値を採用する。

【０１３１】

図２３は、アクチュエータの能動要素２２００の上下図の例示的概略図２３００を示す。図２４Ａおよび２４Ｂは、能動要素２２００の個別の例示的概略図２４００および２４０２を示す。図２４Ａは、能動要素の長い縁が、コンポーネント２２０８に対してｚ方向において上下に変位される、第１の振動モード（例えば、「シリンダ」または「パイプ」モード）を図示する。図２４Ｂは、能動要素の短い縁が、相互から対向する方向においてｙ方向に沿って変位される、第２の振動モード（例えば、「正弦波」モード）を図示する。

【０１３２】
いくつかの実装では、能動要素は、その全長（例えば、図２２に示される実施例において１１．６３ｍｍ）が、ＶＲシステム、ＡＲシステム、ＭＲシステム、または他のタイプのシステム等のディスプレイシステムの頭部装着型視認コンポーネントにおいて採用されるとき、その利用可能な最大深度または遊隙において限定され得る、可変焦点アセンブリにおけるアクチュエータの使用を可能にするために十分に短いように構成されることができる。能動要素２２００は、能動要素２２００の複数の（例えば、２つの）基本的振動モードの自然周波数が、相互に同一である、または十分に近いように構成されることができる。本考慮事項は、周波数の間の差異が、増加するにつれて、効率が、低下し得るため、アクチュエータの効率的な動作を提供する。例えば、能動要素は、周波数が、相互の１．５％以内であるように構成されることができる。いくつかの実装では、周波数は、約９０ｋＨｚである、および／または８８ｋＨｚ～９４ｋＨｚの範囲内であり得る。特定の実施例では、第１のモードの周波数は、８８．９ｋＨｚであり得、第２のモードの周波数は、９３．８ｋＨｚであり得る。

【０１３３】
また、能動要素の効果的な動作に関して、能動要素は、励起されるべきモード（例えば、シリンダおよび正弦波モード）の動作周波数の約５％以内である、能動要素のいかなる他の自然周波数も、存在しないように構成されることができる。例えば、これらのモードに最も近い自然周波数は、所望されない振動モードが、駆動周波数によって励起されないように、励起される周波数から少なくとも５ｋＨｚ離れることができる。他の所望されないモードが励起されないことを確実にすることは、アクチュエータの効率的な動作を提供することができる。

【０１３４】
いくつかの実装では、液体レンズ対に基づく深度平面の切替は、ＡＲ、ＶＲ、またはＭＲ眼鏡またはヘッドセットの形状因子および／または工業設計と一貫するアクチュエータの使用を必要とし得る。能動要素輪郭が、図２２の実施例に示される。本実施例に示されるように、境界条件（例えば、最大長さ）は、部分の長軸に沿って延在する。境界条件は、能動要素の自然周波数を決定する際に重要な考慮事項であり得る。いくつかの実装では、２つの振動モードの自然周波数は、相互に合致する、または十分に近くあり得る（例えば、±５％、±１０％、または±１５）。いくつかの実装では、構成は、それらが、相互に合致する、または相互に十分に近いように、振動周波数を改変するように修正されることができる。いくつかの実装では、アクチュエータは、約９０ｋＨｚである合致された自然周波数を維持しながら、能動要素の長さを最小限にするように構成されることができる。

【０１３５】
図２６は、頭部搭載型ディスプレイデバイスを使用して、画像コンテンツをユーザに提示する例示的プロセス２６００のフローチャート図である。いくつかの実装では、プロセス２６００は、少なくとも部分的に、本明細書に説明されるシステムまたは装置のうちの１つ以上のものを使用して実施されることができる。

【０１３６】
プロセス２６００によると、光が、頭部搭載型ディスプレイデバイスの光プロジェクタを使用して発生される（ステップ２６０２）。例示的頭部搭載型ディスプレイデバイスが、例えば、図１に関して説明される。

【０１３７】
光は、頭部搭載型ディスプレイデバイスの光学アセンブリを使用して、ユーザの眼に指向される（ステップ２６０４）。光学アセンブリは、リジッド屈折コンポーネントと、開口を画定する、シェーパリングと、シェーパリングとリジッド屈折コンポーネントとの間の可撓性レンズ膜とを含む、可変焦点レンズアセンブリを含み、アクチュエータモジュールが、可変焦点レンズアセンブリに結合される。可撓性レンズ膜は、開口を被覆する。リジッド屈折コンポーネント、シェーパリング、および可撓性レンズ膜は、軸に沿って配列される。リジッド屈折コンポーネントおよび可撓性レンズ膜は、可撓性レンズ膜と屈折コン

ポーネントとの間にチャンバを画定する。ある体積の流体が、チャンバ内に配置される。例示的可変焦点レンズアセンブリおよびそれらの個別のコンポーネントが、例えば、図２－２５に関して説明される。さらに、頭部搭載型ディスプレイデバイスは、可変焦点レンズアセンブリに結合される、アクチュエータモジュールを含む。

【０１３８】

光学アセンブリの屈折力が、調節される（ステップ２６０６）。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、開口内の可撓性レンズ膜の曲率が、修正されるように、アクチュエータモジュールを使用して、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントに対してシェーパリングを移動させるステップを含む。本調節技法の実施例が、例えば、図８Ａおよび８Ｂに関して説明される。

【０１３９】

いくつかの実装では、光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントに向かってシェーパリングを移動させることによって、可撓性レンズ膜の曲率を増加させるステップを含むことができる。いくつかの実装では、光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントから離れるようにシェーパリングを移動させることによって、可撓性レンズ膜の曲率を減少させるステップを含むことができる。

【０１４０】

いくつかの実装では、可変焦点レンズアセンブリはまた、キャリアフレームと、キャリアフレーム内に入れ子にされる、カムリングとを含むことができ、シェーパリングは、カムリング内に入れ子にされる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、アクチュエータモジュールを使用して、軸を中心としてキャリアフレームに対してカムリングを回転させ、シェーパリングを軸に沿ってリジッド屈折コンポーネントに対して移動させるステップを含むことができる。本調節技法の実施例が、例えば、図９、１０Ａ、１０Ｂ、１１、１２Ａ、１２Ｂ、および１３Ａ－１３Ｃに関して説明される。

【０１４１】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、カムリングに結合される、形状記憶合金ワイヤと、熱を形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される、熱源とを含むことができる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、熱を形状記憶合金ワイヤに印加し、形状記憶合金ワイヤの長さを変化させ、軸を中心としてキャリアフレームに対してカムリングを回転させるステップを含むことができる。本調節技法の実施例が、例えば、図１４に関して説明される。

【０１４２】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、形状記憶合金ばねと、形状記憶合金ばねに対向する、付勢ばねと、（ｉ）形状記憶合金ばねまたは付勢ばねのうちの１つおよび（ｉｉ）カムリングに結合される、連結ワイヤと、熱を形状記憶合金ワイヤに印加するように構成される、熱源とを含むことができる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、熱を形状記憶合金ワイヤに印加し、形状記憶合金ばねの長さを変化させ、軸を中心としてキャリアフレームに対してカムリングを回転させるステップを含むことができる。本調節技法の実施例が、例えば、図１５Ａおよび１５Ｂに関して説明される。

【０１４３】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、キャリアフレームまたはカムリングのうちの一方の周辺に沿って配置される、１つ以上の永久磁石と、１つ以上の永久磁石に対向するキャリアフレームまたはカムリングのうちの他方の周辺に沿って配置される、電気巻線とを含むことができる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、電流を電気巻線に印加し、軸を中心としてキャリアフレームに対してカムリングを回転させるステップを含むことができる。本調節技法の実施例が、例えば、図１６Ａ－１６Ｃ、１７、および１８に関して説明される。

【０１４４】

いくつかの実装では、アクチュエータモジュールは、圧電材料を有する、板と、板から延

在し、機械的接地に結合される、１つ以上のアームと、板上に配置される、１つ以上の搭載構造とを含むことができる。各搭載構造は、光学アセンブリの個別の部分に搭載されることができる。光学アセンブリの屈折力を調節するステップは、少なくとも２つの振動モードに従って、板を振動させるステップを含むことができる。本調節技法の実施例が、例えば、図２２、２３、２４Ａ、および２４Ｂに関して説明される。

【０１４５】

いくつかの実装では、板は、第１の方向に延在する、対向する第１の縁の対と、第１の方向に直交する第２の方向に延在する、対向する第２の縁の対とを含むことができ、第１の縁は、第２の縁よりも長い。少なくとも２つの振動モードの第１の振動モードに従って、板を振動させるステップは、（例えば、図２４Ａに示されるような）第１の方向および第２の方向に直交する第３の方向において板の中心に対して第１の縁を変位させるステップを含むことができる。少なくとも２つの振動モードの第２の振動モードに従って、板を振動させるステップは、（例えば、図２４Ｂに示されるような）第２の方向において相互に対して第２の縁を変位させるステップを含むことができる。

【０１４６】

いくつかの実装では、光学アセンブリは、可変焦点レンズアセンブリと同心の第２の可変焦点レンズアセンブリを含むことができる。プロセス２６００は、（例えば、図２５に関して説明されるような）可変焦点レンズアセンブリの屈折力が、第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力の逆数であるように、可変焦点レンズアセンブリの屈折力を並行して調節しながら、第２の可変焦点レンズアセンブリの屈折力を調節するステップを含むことができる。

【０１４７】

いくつかの実装では、光をユーザの眼に指向するステップは、光を可変焦点レンズアセンブリまたは第２の可変焦点レンズアセンブリのうちの１つを通してユーザの眼に指向するステップを含むことができる。

【０１４８】

付属書Ａは、いくつかの実施形態において採用され得る、アクチュエータに関する例示的仕様を列挙する。付属書Ｂは、いくつかの実施形態において採用され得る、内側レンズアセンブリに関する例示的仕様を列挙する。付属書Ｃは、いくつかの実施形態において採用され得る、外側レンズアセンブリに関する例示的仕様を列挙する。実施形態は、これらの実施例に限定されず、他の好適な値も、採用されてもよい。

【０１４９】

本発明の種々の例示的実施形態が、本明細書に説明される。これらの実施例が、非限定的意味で参照される。それらは、本発明のより広範に適用可能な側面を例証するために提供される。種々の変更が、説明される本発明に行われてもよく、均等物が、本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく代用されてもよい。加えて、多くの修正が、特定の状況、材料、物質の組成物、プロセス、プロセス行為、またはステップを本発明の目的、精神、または範囲に適合させるために行われてもよい。さらに、当業者によって理解されるであろうように、本明細書に説明および例証される個々の変形例はそれぞれ、本発明の範囲または精神から逸脱することなく、他のいくつかの実施形態のうちのいずれかの特徴から容易に分離される、またはそれと組み合わせられ得る、離散的コンポーネントおよび特徴を有する。全てのそのような修正は、本開示と関連付けられる請求項の範囲内であることを意図している。

【０１５０】

本発明は、本主題のデバイスを使用して実施され得る方法を含む。本方法は、そのような好適なデバイスを提供する行為を含んでもよい。そのような提供は、エンドユーザによって実施されてもよい。言い換えると、「提供する」行為は、エンドユーザが、本主題の方法において必須のデバイスを提供するために取得する、それにアクセスする、それに接近する、それを位置付ける、それを設定する、それをアクティブ化する、それを電源投入する、または別様に作用し得る１つ以上のステップを含んでもよい。本明細書に列挙される

方法は、論理的に可能である列挙される事象の任意の順序で、および事象の列挙される順序で実行されてもよい。

【０１５１】

本発明の例示的側面が、材料選択および製造に関する詳細とともに、上記に説明された。本発明の他の詳細に関して、これらは、上記に参照される特許および刊行物に関連して理解され、加えて、概して、当業者によって把握または理解され得る。同じことが、一般的または論理的に採用されるような付加的行為の観点から、本発明の方法ベースの側面に関して当てはまり得る。

【０１５２】

加えて、本発明は、随意に、種々の特徴を組み込む、いくつかの実施例を参照して説明されたが、本発明は、本発明の各変形例に関して想定されるものとして説明される、または示されるものに限定されるものではない。種々の変更が、説明される本発明に行われてもよく、均等物（本明細書に列挙されるか、またはある程度の簡潔性のために含まれないかにかかわらず）が、本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく代用されてもよい。加えて、値の範囲が、提供される場合、その範囲の上限と下限との間の全ての介在する値およびその記載される範囲内の任意の他の記載される、または介在する値が、本発明内に包含されることを理解されたい。

【０１５３】

また、説明される発明的変形例の任意の随意の特徴が、独立して、または本明細書に説明される特徴のうちのいずれか１つ以上のものと組み合わせて記載および請求され得ることが想定される。単数のアイテムの言及は、複数の同一のアイテムが存在する可能性を含む。より具体的には、本明細書および本明細書に関連付けられる請求項に使用されるように、単数形「ａ」、「ａｎ」、「該（ｓａｉｄ）」、「ｔｈｅ」は、別様に具体的に記載されない限り、複数指示物を含む。言い換えると、冠詞の使用は、上記の説明および本開示と関連付けられる請求項における本主題のアイテムの「少なくとも１つ」を可能にする。そのような請求項が、任意の随意の要素を除外するように起草され得ることにさらに留意されたい。したがって、本文言は、請求項要素の列挙に関連する「単に」、「のみ」、および同等物等の排他的専門用語の使用または「否定的」限定の使用のための先行詞としての役割を果たすことを意図している。

【０１５４】

そのような排他的専門用語の使用を伴わないと、本開示と関連付けられる請求項における用語「～を備える」は、所与の数の要素がそのような請求項に列挙されているかどうか、または特徴の追加がそのような請求項に記載される要素の性質を変換するものと見なされ得るかどうかにかかわらず、任意の付加的要素の包含を可能にするものとする。本明細書に具体的に定義される場合を除いて、本明細書に使用される全ての技術的および科学的用語は、請求項の有効性を維持しながら、可能な限り広範な一般的に理解される意味を与えられるものである。

【０１５５】

本開示の範疇は、提供される実施例および／または本主題の明細書に限定されるものではなく、むしろ、本開示と関連付けられる請求項言語の範囲によってのみ限定されるものである。

付属書Ａ－例示的アクチュエータ仕様

【０１５６】

質量：＜７．９グラム

【０１５７】

推力および開始推力：±１Ｎ～±４Ｎ

【０１５８】

速度：５０ｍｍ／秒

【０１５９】

ストローク：０．８～３．５ｍｍ

【０１６０】
可動システムの動力学（伝達関数：剛性（ｋ）、質量減衰（ｍ）、自然周波数（ｆｎ）、および減衰比（ζ））：ｍｅｆｆ＜５グラム、ｋ＞２．０Ｎ／ｍｍ～４Ｎ／ｍｍまたは４．０Ｎ／ｍｍ～８Ｎ／ｍｍ、ｆｎは３０～２００ヘルツであり、ζは０．５～３．０である。
【０１６１】
位置付け正確度（６自由度に関する許容可能なモータ誤差運動）：±０．２ｍｍ
【０１６２】
最小可能運動ステップ：＜１μｍ
【０１６３】
配向（先端／傾斜）不確実性：＜１２０分角
【０１６４】
分散荷重特性：Φ４０ｍｍ
【０１６５】
デューティサイクル：０．３＊Ｈｚの周波数において１，２００万回切替
【０１６６】
モータの形状因子：寸法＜３３×１６×９．２ｍｍ
【０１６７】
作動される要素に関する形状因子：分散荷重を伴ってΦ４０ｍｍ
【０１６８】
機械的コンポーネントおよび搭載場所の許容可能な変形：＜０．０２０～０．３００ｍｍ
【０１６９】
自己係止保持力：＞１．２×作動力
【０１７０】
電力消費：平均＜０．５ワット、最大＜１．０ワット
【０１７１】
駆動音（許容可能な騒音）：２５ｍｍにおいて＜２５～３２ｄｂＡ
【０１７２】
熱価：＜１ワット
【０１７３】
駆動の間の温度＜６０℃
【０１７４】
寿命：１０，０００時間
【０１７５】
使用環境（使用温度、使用湿度）：－１０℃～＋５５℃の周囲温度範囲、非結露湿度５～９５％
【０１７６】
耐衝撃性：３つの配向において１ｍからの落下に耐え、いかなる損傷も伴わない
付属書Ｂ－例示的内側レンズアセンブリ（「ＩＬＡ」）仕様
【０１７７】
進行範囲：７２１μｍ。いくつかの実施例では、進行範囲は、整合オフセットおよび本システムの実際の運動要件の組み合わせである。
【０１７８】
最大荷重ばね力：２．２４±０．３Ｎ
【０１７９】
最小荷重ばね力：０．７０±０．３Ｎ
【０１８０】
可動シェーパリング質量：０．６２グラム
【０１８１】
荷重剛性：ｋｍ＿ＩＬＡ＝２．７５Ｎ／ｍｍ

【０１８２】
レンズ減衰：ζ約１．０
【０１８３】
システム自然周波数：約１００Ｈｚ
【０１８４】
シェーパ要素に対する屈折の偏心（データ）：±０．０５ｍｍ
【０１８５】
焦点力誤差（組み合わせられたＩＬＡおよびＯＬＡ）：＜０．１視度
【０１８６】
焦点力誤差（システム「Ｉ」－仮想）：＜０．１視度
【０１８７】
膜に取り付けられる駆動リングの平坦度：＜１０μｍ
【０１８８】
膜に取り付けられる駆動リングの傾斜／先端：＜３分角
付属書Ｃ－例示的外側レンズアセンブリ（「ＯＬＡ」）仕様
【０１８９】
進行範囲：７６０μｍ。いくつかの実施例では、進行範囲は、整合オフセットおよび本システムの実際の運動要件の組み合わせである。
【０１９０】
最大荷重ばね力：３．２１±０．３Ｎ
【０１９１】
最小荷重ばね力：１．３５±０．３Ｎ
【０１９２】
可動シェーパリング質量：０．７２グラム
【０１９３】
荷重剛性：ｋｍ＿ＯＬＡ＝３．３１Ｎ／ｍｍ
【０１９４】
レンズ減衰：ζ約１．０
【０１９５】
システム自然周波数：約１００Ｈｚ
【０１９６】
シェーパ要素に対する屈折の偏心（データ）：±０．０５ｍｍ
【０１９７】
焦点力誤差（組み合わせられたＩＬＡおよびＯＬＡ）：＜０．１視度
【０１９８】
焦点力誤差（システム「Ｉ」－仮想）：＜０．１視度
【０１９９】
膜に取り付けられる駆動リングの平坦度：＜１０μｍ
【０２００】
膜に取り付けられる駆動リングの傾斜／先端：＜３分角

【図面】

【図１】

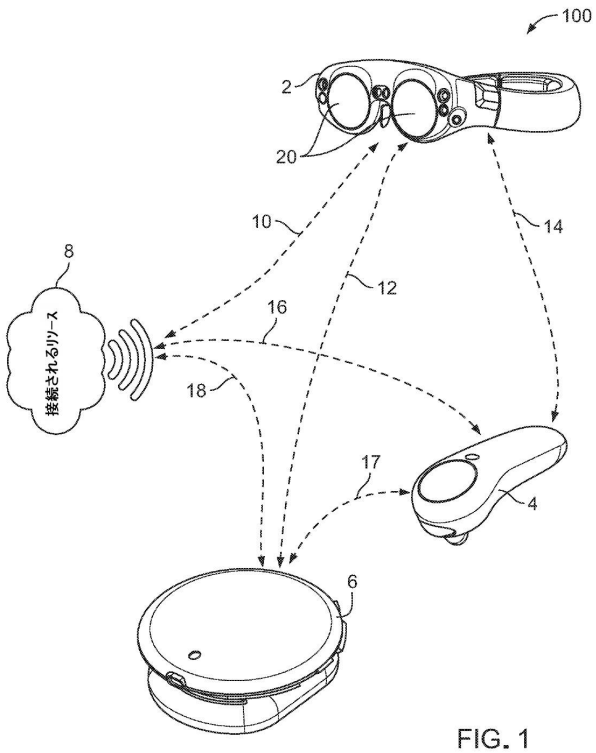


FIG. 1

【図２Ａ】

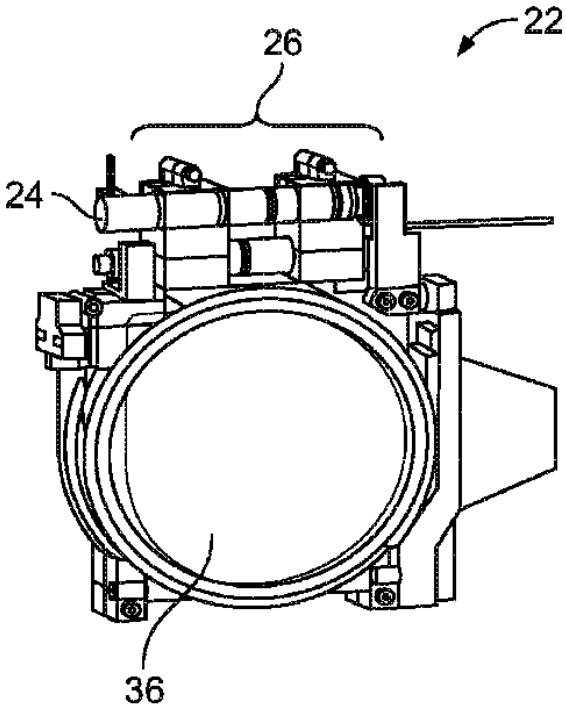


FIG. 2A

【図２Ｂ】

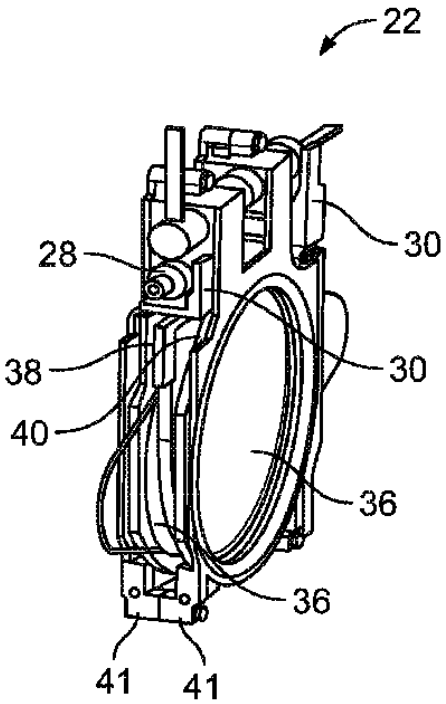


FIG. 2B

【図２Ｃ】

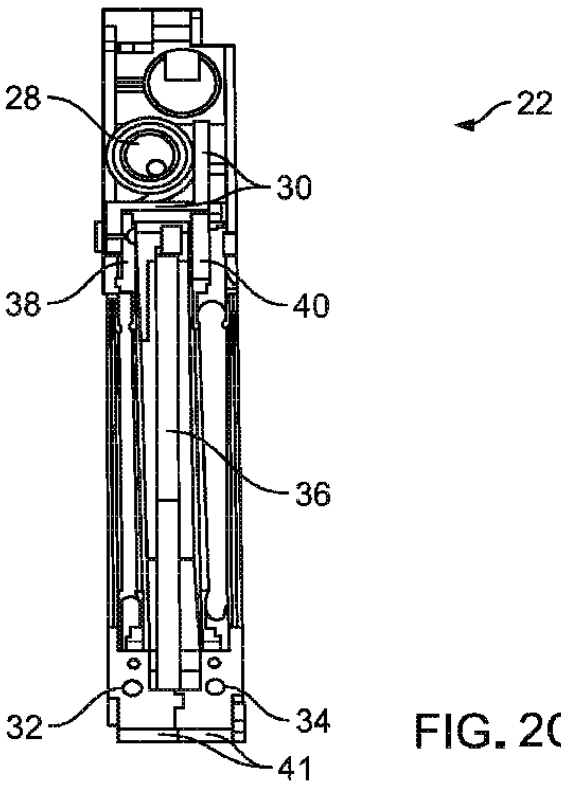


FIG. 2C

【図３】

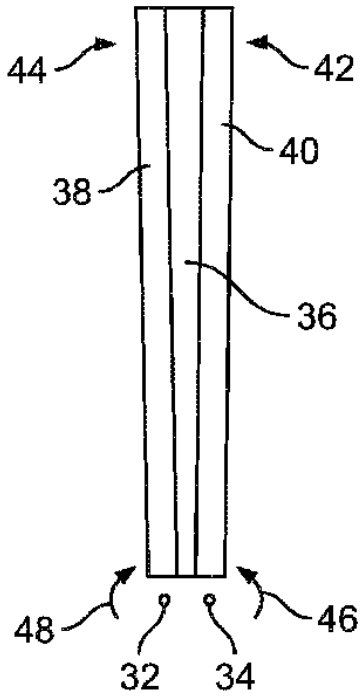


FIG. 3

【図４Ａ】

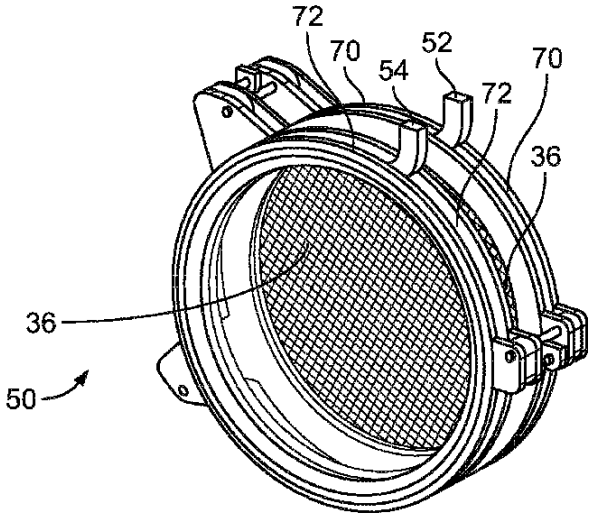


FIG. 4A

【図４Ｂ】

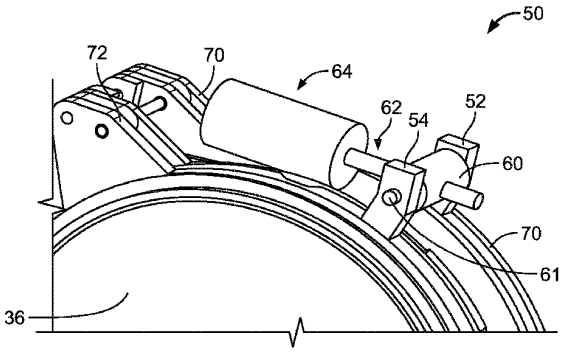


FIG. 4B

【図５】

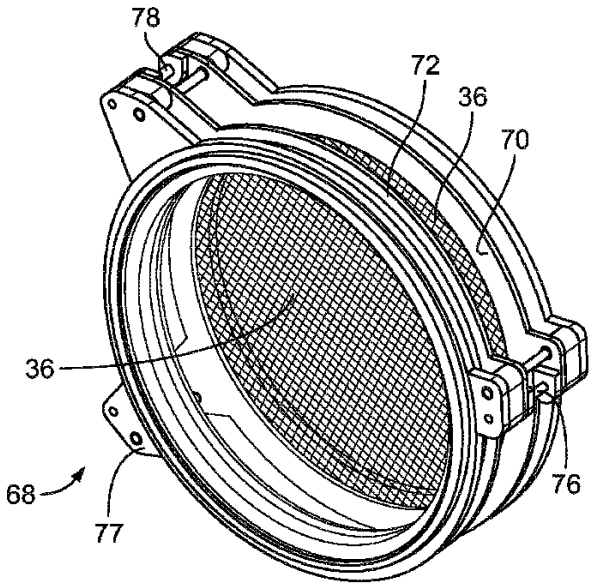


FIG. 5

【図６】

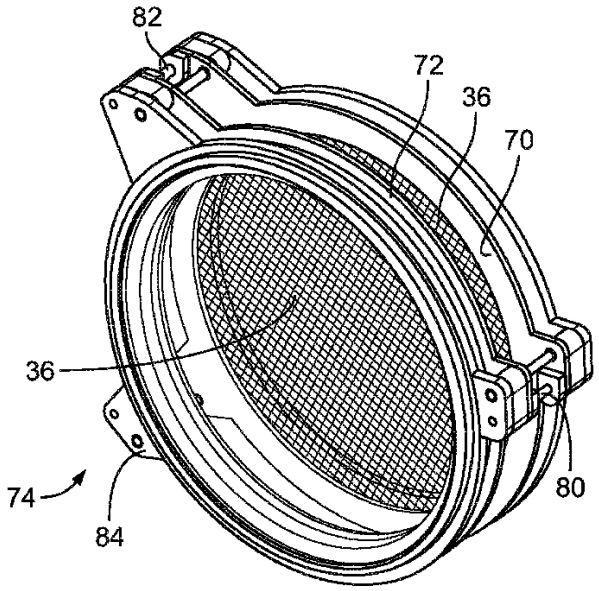


FIG. 6

【図７Ａ】

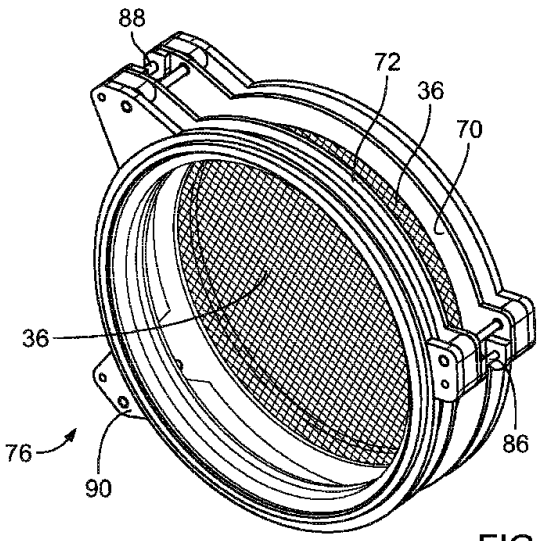


FIG. 7A

【図７Ｂ】

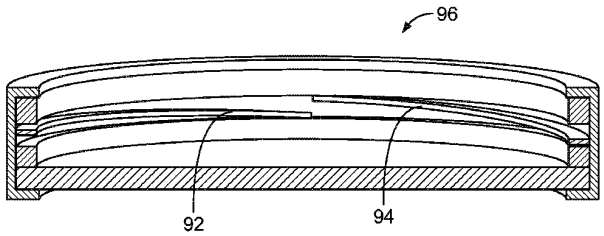


FIG. 7B

【図８Ａ】

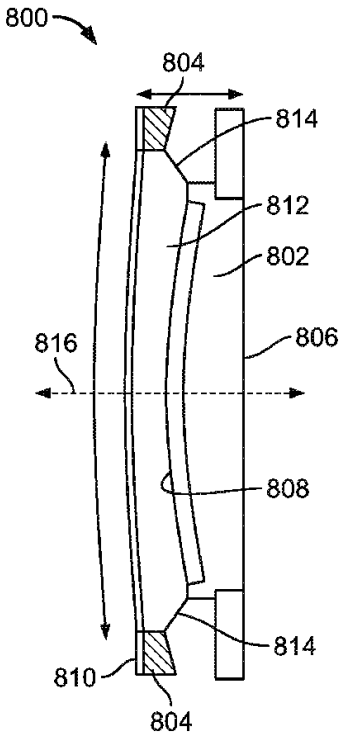


FIG. 8A

【図８Ｂ】

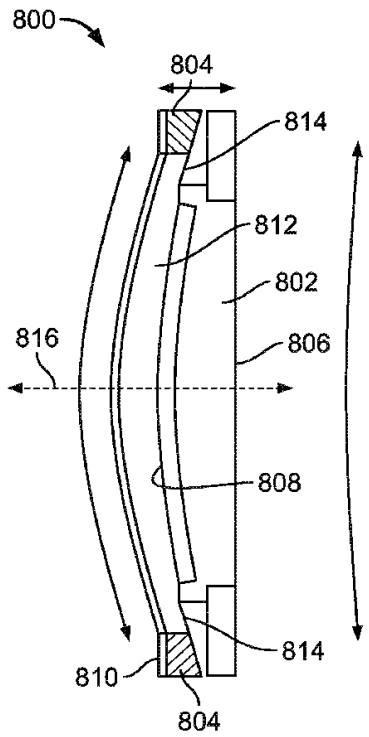


FIG. 8B

【図９】

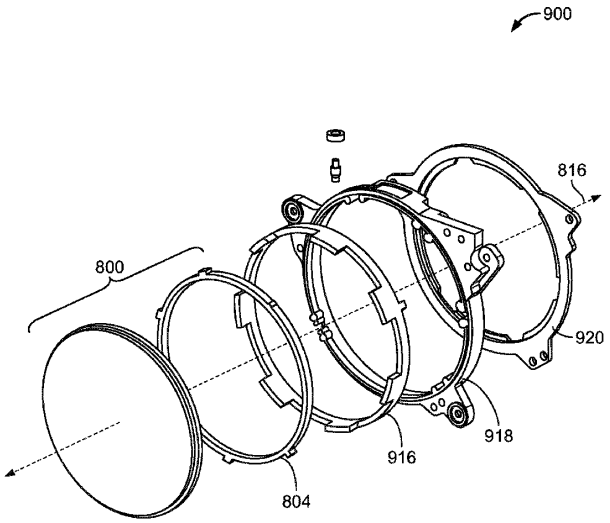


FIG. 9

【図１０Ａ】

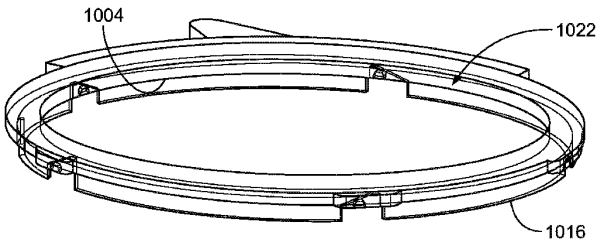


FIG. 10A

【図１０Ｂ】

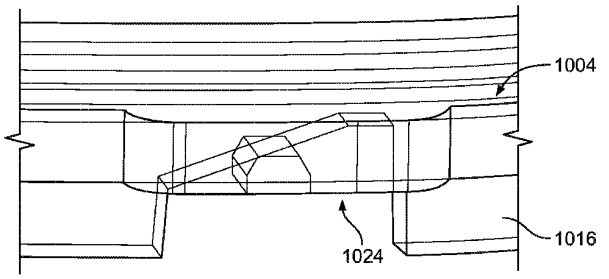


FIG. 10B

【図１１】

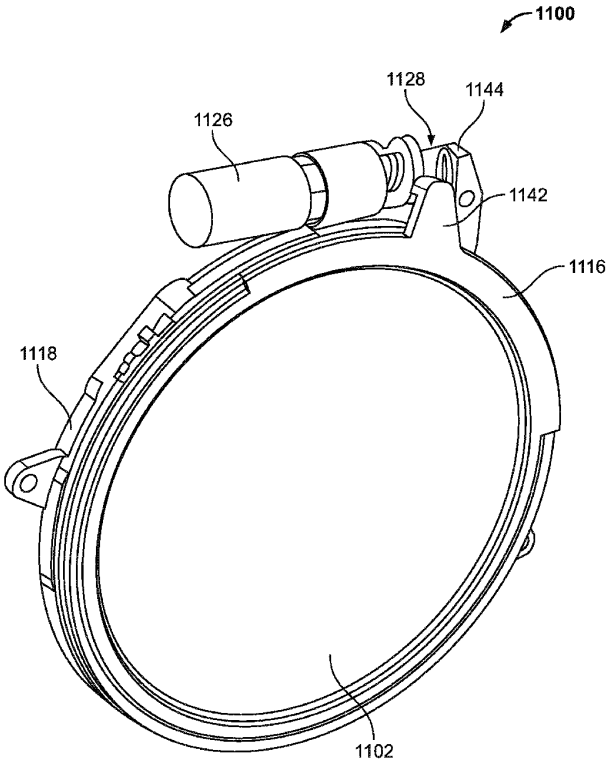


FIG. 11

【図１２Ａ】

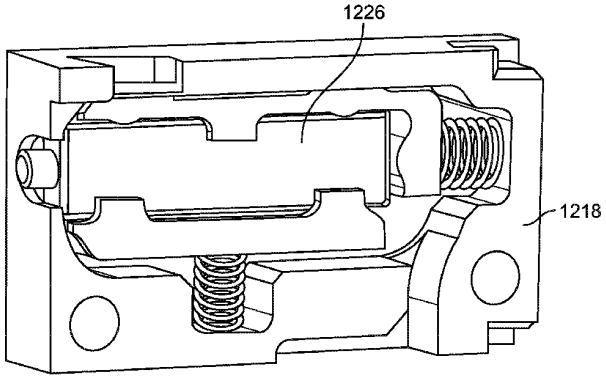


FIG. 12A

【図１２Ｂ】

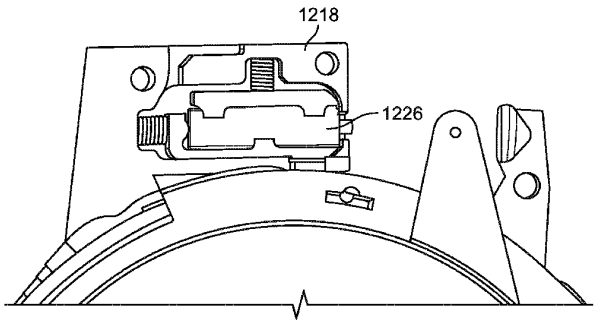


FIG. 12B

【図１３Ａ】

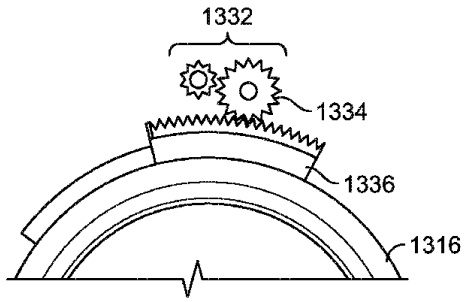


FIG. 13A

【図１３Ｂ】

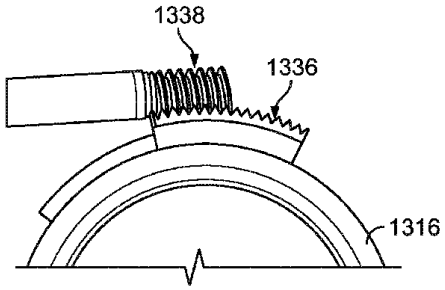


FIG. 13B

【図１３Ｃ】

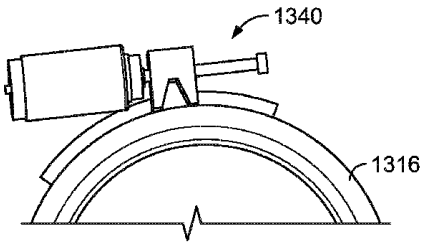


FIG. 13C

【図１４】

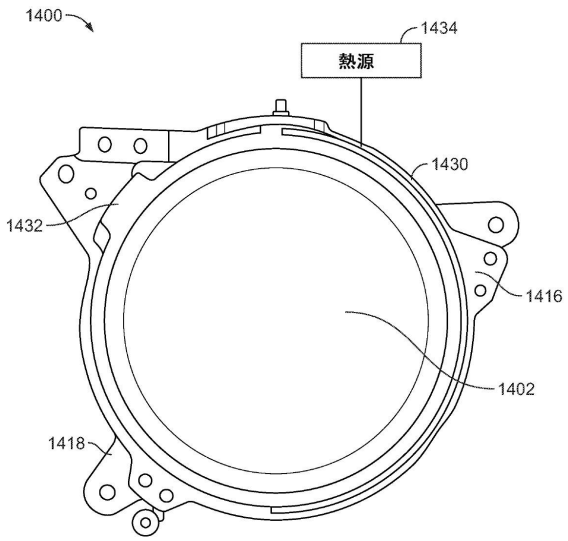


FIG. 14

【図１５】

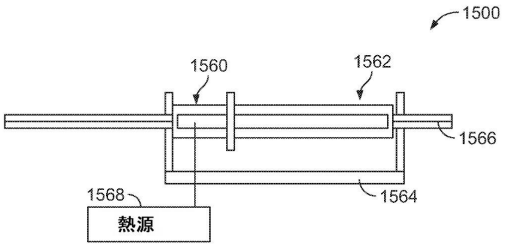


FIG. 15A

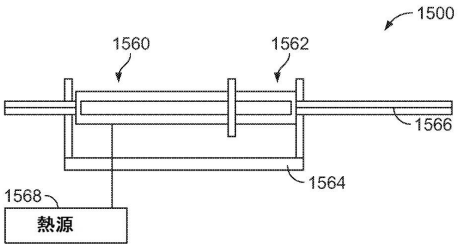


FIG. 15B

【図１６Ａ】

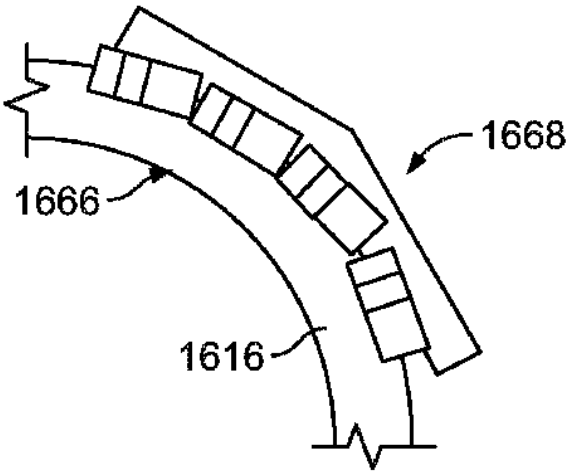


FIG. 16A

【図１６Ｂ】

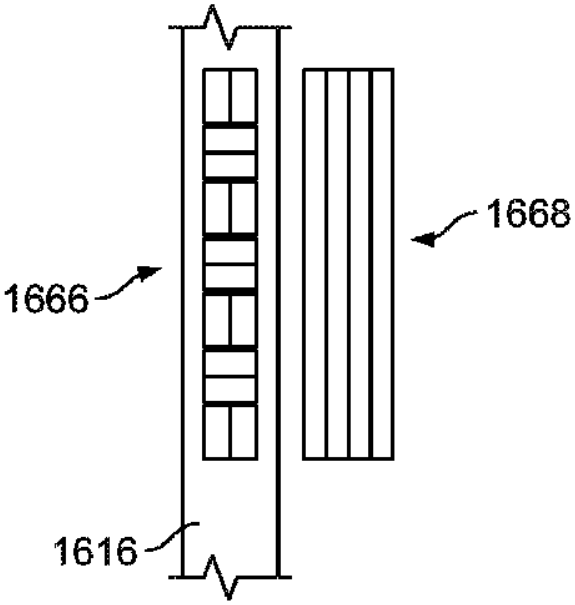


FIG. 16B

【図１６Ｃ】

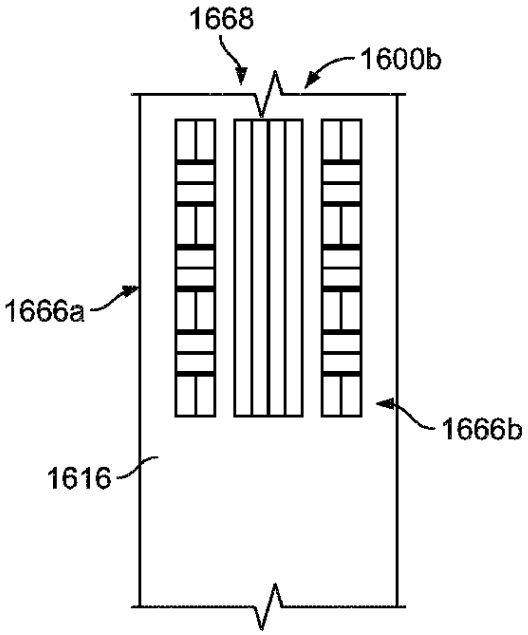


FIG. 16C

【図１７】

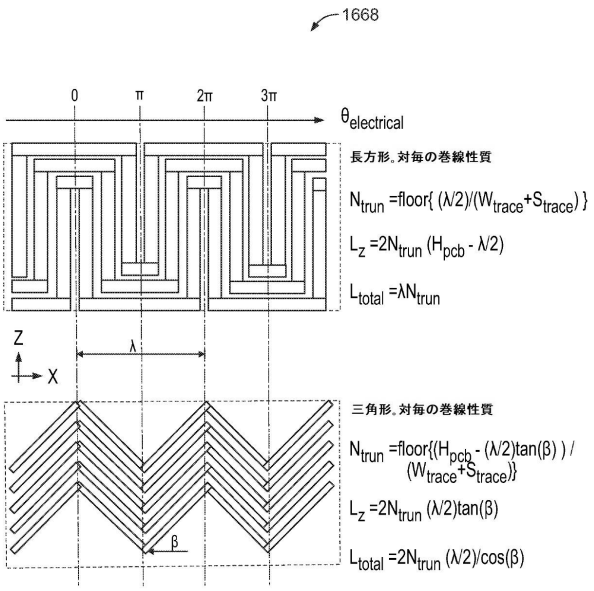


FIG. 17

【図１８】

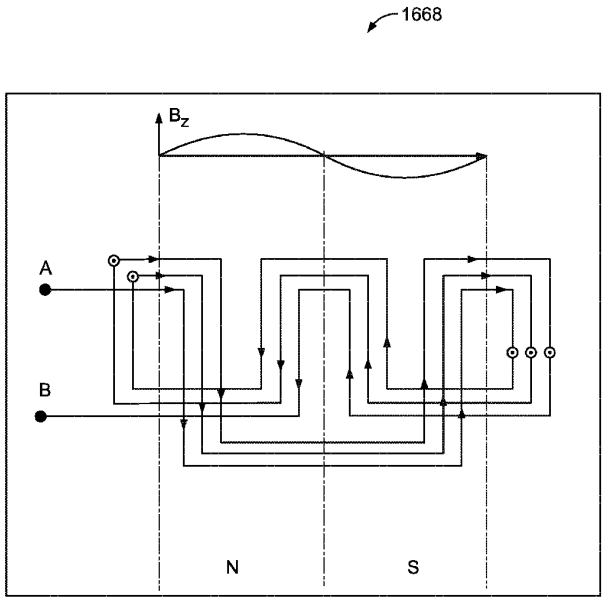


FIG. 18

【図１９】

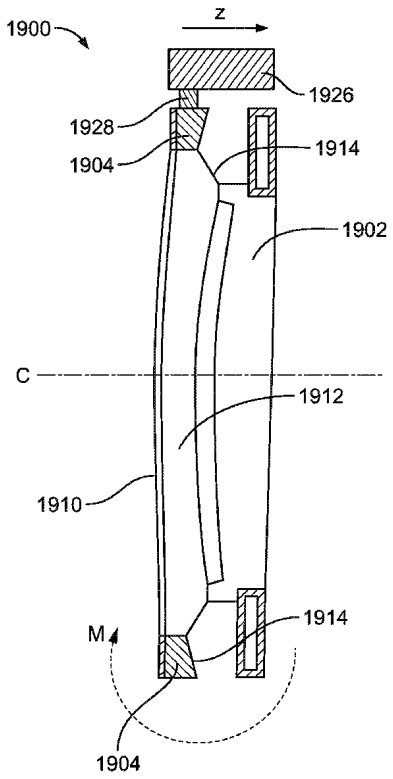


FIG. 19

【図２０Ａ】

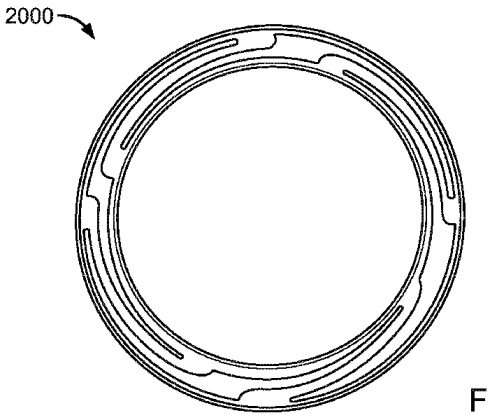


FIG. 20A

【図２０Ｂ】

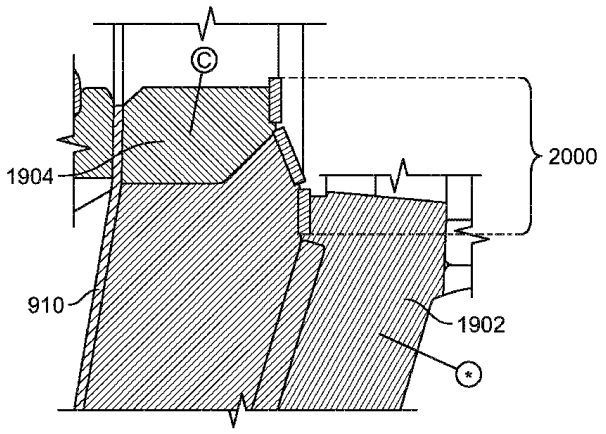


FIG. 20B

【図２１】

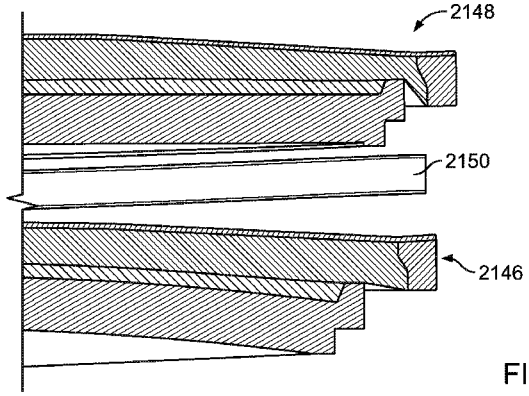


FIG. 21

【図２２】

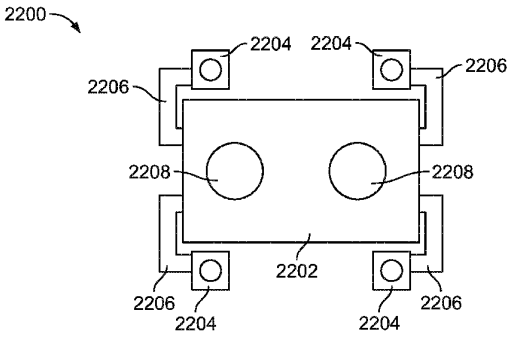


FIG. 22

【図２３】

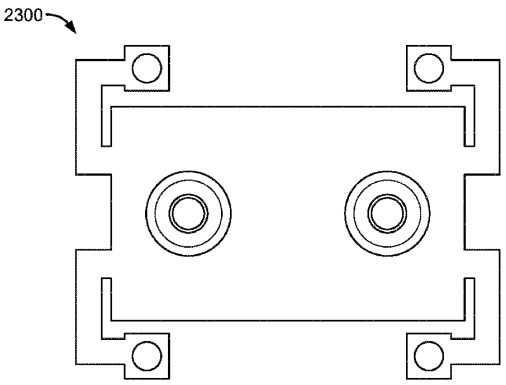


FIG. 23

【図２４Ａ】

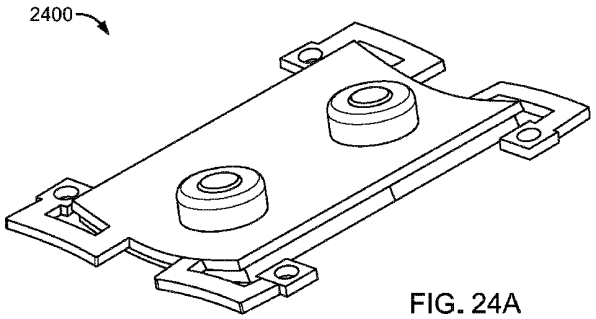


FIG. 24A

【図２４Ｂ】

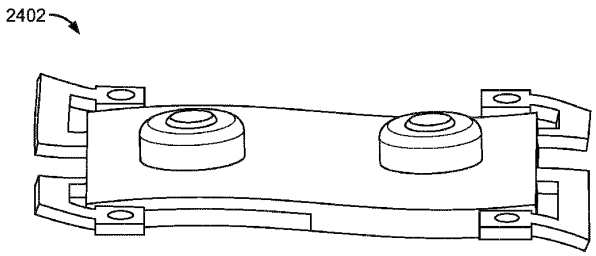


FIG. 24B

【図２５】

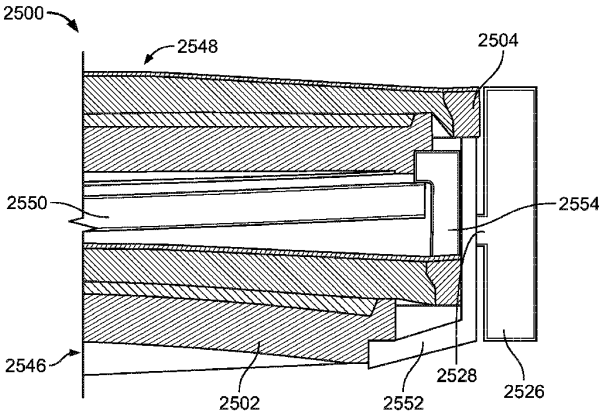


FIG. 25

【図２６】

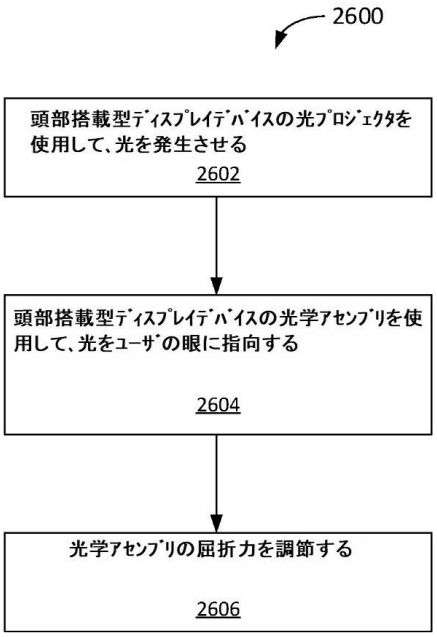


FIG. 26

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US20/34401

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC - G02B 3/14, 3/12; G02C 7/08; G02B 15/14, 7/04 (2020.01)

CPC - G02B 3/14, 3/12, 26/004; G02C 7/08; G02B 15/14, 7/04, 27/0172

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.
X -- Y -- A	US 2016/0004102 A1 (ADLENS LIMITED) 07 January 2016; figures 1, 2b, 3, 5a & 6a, paragraphs [0033], [0036], [0037], [0039], [0041], [0046], [0047], [0050]-[0052], [0055], [0060]-[0062] & [0081]	1, 3-6 & 20-23 -- 2, 7-10, 12, 24, 25 & 27 -- 11, 13-19, 26 & 28-32
Y	US 5,371,629 A (KURTIN, S et al.) 06 December 1994; figure 3, column 3, lines 10-39 & lines 56-68	2
Y	US 2004/0141735 A1 (NOMURA, H) 22 July 2004; paragraphs [0179] & [0206]	7-10, 12, 24, 25 & 27
Y -- A	US 6,832,477 B2 (GUMMIN, M et al.) 21 December 2004; figure 7, column 1, line 60 – column 2, line 6, column 6, line 40 – column 7, line 10	10 & 25 -- 11 & 26
Y	US 7,039,309 B2 (HSIAO, C) 02 May 2006; figure 1, column 1, lines 18-28, column 2, lines 48-65	12 & 27
A	US 2009/0251798 A1 (HUANG, Y et al.) 08 October 2009; figure 4, paragraphs [0014], [0020] & [0026]	1-32
A	US 8,087,778 B2 (GUPTA, A et al.) 03 January 2012; see entire document	1-32
A	US 2013/0050432 A1 (PEREZ, K et al.) 28 February 2013; see entire document	1-32

☐ 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
30 July 2020 (30.07.2020)	26 AUG 2020
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 Shane Thomas Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300

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

フロントページの続き

(51)国際特許分類	ＦＩ	テーマコード（参考）
	Ｈ０４Ｎ　5/64　５１１Ａ	

(32)優先日　令和1年6月20日(2019.6.20)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/864,253
(32)優先日　令和1年6月20日(2019.6.20)
(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,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,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　ダルリンプル， ティモシー マーク
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　ティンチ， デイビッド
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　クルグ， マイケル アンソニー
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　カーライル， クリントン
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　マレノ， ジェイソン ドナルド
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　コーニングス， アルノ レオン
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　コースト， クリストファー ピーター
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　シャバッカー， チャールズ ロバート
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　グエン， バック
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００

Ｆターム（参考）　2H006　CA00

Fターム（参考）

2H044 BE01 BE02 BE03 BE04 BE05 BF01 BF03
2H199 CA42 CA56 CA74 CA82