

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6960936号
(P6960936)

(45) 発行日 令和3年11月5日 (2021.11.5)

(24) 登録日 令和3年10月14日 (2021.10.14)

(51) Int. Cl.	F I
GO 2 B 27/02 (2006.01)	GO 2 B 27/02 Z
HO 4 N 5/64 (2006.01)	HO 4 N 5/64 5 1 1 A

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2018-545961 (P2018-545961)	(73) 特許権者	515046968
(86) (22) 出願日	平成29年3月1日 (2017.3.1)		フェイスブック・テクノロジーズ・リミテッド・ライアビリティ・カンパニー
(65) 公表番号	特表2019-510267 (P2019-510267A)		FACEBOOK TECHNOLOGIES, LLC
(43) 公表日	平成31年4月11日 (2019.4.11)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州94025, メンロ パーク, ウィロー ロード 1601
(86) 国際出願番号	PCT/US2017/020261		
(87) 国際公開番号	W02017/151809	(74) 代理人	110002974
(87) 国際公開日	平成29年9月8日 (2017.9.8)		特許業務法人World IP
審査請求日	令和1年12月18日 (2019.12.18)	(74) 代理人	100105957
(31) 優先権主張番号	62/302, 675		弁理士 恩田 誠
(32) 優先日	平成28年3月2日 (2016.3.2)	(74) 代理人	100068755
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 恩田 博宣
(31) 優先権主張番号	15/441, 738		
(32) 優先日	平成29年2月24日 (2017.2.24)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 像面湾曲補正ディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ヘッドマウントディスプレイ (HMD) であって、

前記ヘッドマウントディスプレイのユーザの眼に出力された画像内の像面湾曲に対する補正を行うように構成された像面湾曲補正 (FC) ディスプレイを含み、

前記像面湾曲補正ディスプレイは、表示ブロックと光学ブロックとを含み、前記表示ブロックは、

画像光を出力するように構成された電子表示パネルと、

前記電子表示パネルから前記画像光を受光するように構成された反射偏光子であって、修正された画像光を出力して像面湾曲に対する補正を行うための形状を有する反射偏光子と、を含み、

前記光学ブロックは、前記修正された画像光を前記表示ブロックの前記反射偏光子から受光し、像面湾曲に対する補正を行った画像光を、前記ヘッドマウントディスプレイのユーザの眼の位置に対応する前記ヘッドマウントディスプレイの射出瞳に光学的に向けるように構成され、

前記表示ブロックおよび前記光学ブロックのうちの少なくとも1つが、像面湾曲に対して前記画像光を光学的に補正する、ヘッドマウントディスプレイ。

【請求項 2】

前記表示ブロックは、

前記電子表示パネルの反射面と、

10

20

前記反射面に結合された 1 / 4 波長板とをさらに含み、

前記反射偏光子は、前記電子表示パネルから放射された 1 つの偏光の前記画像光を反射し、前記電子表示パネルの前記反射面から反射され、前記電子表示パネルの前記反射面上の前記 1 / 4 波長板を通過する別の偏光の前記画像光を透過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。

【請求項 3】

前記電子表示パネルの前記反射面は、前記電子表示パネルの、光を放射しない領域上の反射器である、請求項 2 に記載のヘッドマウントディスプレイ。

【請求項 4】

前記表示ブロックは、前記電子表示パネルの表面上の前記電子表示パネルの反射面をさらに含み、

前記像面湾曲補正ディスプレイは、第 1 の 1 / 4 波長板をさらに含み、

前記反射偏光子は、

前記電子表示パネルから放射され、前記第 1 の 1 / 4 波長板を通過する 1 つの偏光の前記画像光を反射し、

前記第 1 の 1 / 4 波長板を通過した後に、前記電子表示パネルの前記表面上の前記電子表示パネルの前記反射面から反射した別の偏光の前記画像光を透過させる

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。

【請求項 5】

前記像面湾曲補正ディスプレイは、第 2 の 1 / 4 波長板をさらに含み、

前記反射偏光子は、

前記電子表示パネルから放射され、前記第 1 の 1 / 4 波長板を 1 度通過し、前記第 2 の 1 / 4 波長板を 1 度通過する 1 つの偏光の前記画像光を反射し、

前記第 1 の 1 / 4 波長板を 1 度通過し、前記第 2 の 1 / 4 波長板を 1 度通過した後に、前記電子表示パネルの前記表面上の前記電子表示パネルの前記反射面から反射した別の偏光の前記画像光を透過させ、反射された当該画像光は、前記第 2 の 1 / 4 波長板によって透過させられる

ように構成されている、請求項 4 に記載のヘッドマウントディスプレイ。

【請求項 6】

前記電子表示パネルの前記反射面は、前記電子表示パネルの、光を放射しない領域上の反射器である、請求項 4 または 5 に記載のヘッドマウントディスプレイ。

【請求項 7】

前記電子表示パネルは、透明電子表示パネルであり、前記表示ブロックは、1 / 4 波長板と、反射器と、をさらに含み、

前記反射偏光子は、

前記透明電子表示パネルから放射された 1 つの偏光の前記画像光を反射し、

前記反射器から反射され、前記 1 / 4 波長板を通過した別の偏光の前記画像光を透過させる

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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、一般的には、光学収差に対する補正に関し、特に瞳の泳ぎ (pupil swim) に対する補正に関する。

【背景技術】

【0002】

ヘッドマウントディスプレイ (head-mounted display : HMD) 内で、ユーザの眼は、一般的にアイボックス (eyebbox) と称される空間領域を占有する (典型的には、ユーザの左右の眼に対してそれぞれのアイボックスが存在する)。HMD は、コンテンツを表示し、アイボックスに向ける。しかし、ユーザがアイボックス内で眼を動かすとともに HMD

10

20

30

40

50

Dの位置がユーザの頭の位置に対して変わるか、または、ユーザがアイボックス内で眼を動かすかもしくはHMDの位置がユーザの頭の位置に対して変わると、アイボックス内でのユーザの眼の位置が変わる。アイボックス内での眼の位置の変化は、ユーザに提示されているコンテンツ内に歪みを生じさせる。この影響は瞳の泳ぎとして知られており、例えば、より困難な校正や、垂直ずれを伴う問題に起因する動揺病などの様々な理由でHMDに対する問題となる可能性がある。瞳の泳ぎを抑制するための従来の方法は、HMDをより複雑にする。例えば、1つの解決策は、瞳の位置に対してHMDを連続的に再校正するアイトラッキングユニットを含む。

【発明の概要】

【0003】

本発明による実施形態は、システムを対象とする添付の請求項で特に開示され、ある請求項のカテゴリ、例えばシステムで述べられた任意の特徴は、別の請求項のカテゴリ、例えば方法、記憶媒体またはコンピュータプログラム製品でも同様に請求されることができる。添付の請求項の従属性または後方参照は、形式上の理由でのみ選択されている。しかし、任意の先行請求項への意図的な後方参照から生じる任意の主題（特に多項従属）は同様に請求されることができるので、添付の請求項で選ばれた従属性に関係なく、請求項およびその特徴の任意の組合せが開示され、請求されることができる。請求することのできる主題は、添付の請求項に記載される特徴の組合せだけでなく、請求項の特徴の任意の他の組合せも含み、請求項で述べられる各特徴は請求項の任意の他の特徴または他の特徴の組合せと組み合わせることができる。さらに、本明細書で記述または示される実施形態および特徴のいずれも、個別の請求項で、および/または、本明細書で記述もしくは示される任意の実施形態もしくは特徴または添付の請求項の特徴のいずれかとの任意の組合せで請求することができる。

【0004】

本発明による実施形態において、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）は、HMDのユーザの眼に出力された画像内の像面湾曲に対する補正を行うように構成された像面湾曲補正（FC：field curvature corrected）ディスプレイを含み、FCディスプレイは、画像光を出力するように構成された表示ブロックと、HMDのユーザの眼の位置に対応して、像面湾曲に対する補正を行った画像光を、HMDの射出瞳に光学的に向けるように構成された光学ブロックと、を含み、表示ブロックおよび光学ブロックのうちの少なくとも1つが像面湾曲に対して画像光を光学的に補正する。

【0005】

表示ブロックは電子表示パネルをさらに含み、FCディスプレイは、取付面および表示面を含むファイバテーパをさらに含み、取付面は、電子表示パネルからの画像光を受光するように、電子表示パネルの表面に形成され、かつ取り付けられ、表示面は、電子表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有している。

【0006】

ファイバテーパの表示面は球面凹状であり得る。
ファイバテーパの取付面は平坦であり得る。
ファイバテーパの取付面は円筒曲げ形状であり得る。

【0007】

電子表示パネルのカバーガラスは光ファイバフェースプレートであり得る。
電子表示パネルのカバーガラスは、光学ブロックによって生成された像面湾曲を補う形状を有する光ファイバフェースプレートであり得る。

【0008】

表示ブロックは、プロジェクタとディフューザとを含み、ディフューザは、プロジェク

10

20

30

40

50

タからの画像光を受光するように構成され、ディフューザは、像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有している。

【 0 0 0 9 】

表示ブロックは、

反射面と、反射面に結合された 1 / 4 波長板とを含む電子表示パネルをさらに含み得、
F C ディスプレイは、

電子表示パネルから放射された 1 つの偏光の画像光を反射し、電子表示パネルの反射面から反射され、1 / 4 波長板を通過する別の偏光の画像光を透過させるように構成された反射偏光子をさらに含み、反射偏光子は、電子表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有している。

10

【 0 0 1 0 】

電子表示パネルの反射面は、電子表示パネルの、光を放射しない領域上の反射器であり得る。

表示ブロックは、

電子表示パネルと、

電子表示パネルの表面上の電子表示パネルの反射面と、をさらに含み、

F C ディスプレイは、

第 1 の 1 / 4 波長板と、

第 2 の 1 / 4 波長板と、

反射偏光子と、をさらに含み、反射偏光子は、

20

電子表示パネルから放射され、第 1 の 1 / 4 波長板を 1 度通過し、第 2 の 1 / 4 波長板を 1 度通過する 1 つの偏光の画像光を反射し、

第 1 の 1 / 4 波長板を 1 度通過し、第 2 の 1 / 4 波長板を 1 度通過した後に、表示パネルの表面上の電子表示パネルの反射面から反射した別の偏光の画像光を透過させ、反射された光は、第 2 の 1 / 4 波長板によって透過させられ、

電子表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有するように構成されている。

【 0 0 1 1 】

電子表示パネルの反射面は、電子表示パネルの、光を放射しない領域上の反射器であり得る。

30

表示ブロックは、透明電子表示パネルと、1 / 4 波長板と、反射器と、をさらに含み、
F C ディスプレイは、反射偏光子をさらに含み、

反射偏光子は、

透明電子表示パネルから放射された 1 つの偏光の画像光を反射し、

反射器から反射され、かつ 1 / 4 波長板を 2 度通過した別の偏光の画像光を透過させ、

透明電子表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有するように構成され得る。

【 0 0 1 2 】

本発明による実施形態において、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) は、

HMD のユーザの眼に出力された画像内の像面湾曲に対する補正を行うように構成された像面湾曲補正 (F C) ディスプレイを含み得、F C ディスプレイは、

40

画像光を出力する電子表示パネルと、画像光を直線偏光するように構成された直線偏光子と、

パンケーキ状レンズアセンブリと、を含み、パンケーキ状レンズアセンブリは、

第 1 の波長板面と第 1 の鏡面とを含む第 1 の光学要素であって、第 1 の波長板面は、直線偏光子からの光を受光して画像光の偏光を偏移するように構成された 1 / 4 波長板であり、第 1 の鏡面は、画像光の一部を透過させるように構成された部分反射鏡である、第 1 の光学要素と、

第 2 の波長板面と第 2 の鏡面とを含む第 2 の光学要素であって、第 2 の波長板面は、第 1 の光学要素からの画像光を受光して第 2 の波長板面によって透過された画像光の偏光を

50

偏移するように構成された 1 / 4 波長板であり、第 2 の鏡面は偏光反射器であり、第 2 の鏡面は第 1 の偏光の画像光を第 2 の波長板面に向かって反射して、HMD のユーザの眼の位置に対応して、像面湾曲に対する補正を行った第 2 の偏光の画像光を、HMD の射出瞳に透過させるように構成された、第 2 の光学要素と、を含む。

【 0 0 1 3 】

第 1 の光学要素および第 2 の光学要素のうちの 1 つ以上の表面は、電子表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対する補正を行った画像光を出力するように構成された形状を有し得る。

【 0 0 1 4 】

形状は球面凹状であり得る。

第 1 の鏡面は第 1 の曲率半径を有し得、第 2 の鏡面は、第 1 の曲率半径の閾値範囲内である第 2 の曲率半径を有している。

【 0 0 1 5 】

本発明による実施形態において、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) は、HMD のユーザの眼に出力された画像内の像面湾曲に対する補正を行うように構成された像面湾曲補正 (FC) ディスプレイを含み得、FC ディスプレイは、

画像光を出力するように構成された表示ブロックと、

HMD のユーザの眼の位置に対応して、像面湾曲に対する補正を行った画像光を、HMD の射出瞳に光学的に向けるように構成された光学ブロックと、を含み、光学ブロックは第 1 および第 2 のレンズを含み、第 1 のレンズは表示ブロックからの画像光を受光するように構成され、第 2 のレンズは、第 1 のレンズから出力された画像光を、HMD のユーザの眼の位置に対応して、HMD の射出瞳に光学的に向けるように構成されている。

【 0 0 1 6 】

表示ブロックはさらに電子表示パネルを含むように構成され得、第 1 のレンズは、2 つの部分を含むダブルレットであり、2 つの部分のうちの 1 つは負要素である。

表示ブロックはさらに電子表示パネルを含むように構成され得、光学ブロックは、2 つの異なるタイプのプラスチックで作成されている。

【 0 0 1 7 】

本発明のさらなる実施形態において、コンピュータ実装方法は、本発明または上述の実施形態のいずれかによるシステムを使用する。

本発明による実施形態において、1 つ以上のコンピュータ可読非一時的記憶媒体は、本発明または上述の実施形態のいずれかによる方法を実施するように実行されたときに動作可能なソフトウェアを具現化し得る。

【 0 0 1 8 】

本発明による実施形態において、システムは、1 つ以上のプロセッサと、プロセッサに結合されてプロセッサによって実行可能な命令を含む少なくとも 1 つのメモリと、を含み得、プロセッサは、本発明または上述の実施形態のいずれかによる方法を実施するための命令を実行するときに動作可能である。

【 0 0 1 9 】

本発明による実施形態において、好ましくはコンピュータ可読非一時的記憶媒体を含むコンピュータプログラム製品は、本発明または上述の実施形態のいずれかによる方法を実施するためのデータ処理システム上で実行されるときに動作可能であり得る。

【 0 0 2 0 】

HMD は、ユーザの眼に出力された画像内の像面湾曲を軽減する像面湾曲補正 (FC) ディスプレイを含む。FC ディスプレイは、画像光を生成する要素および画像光から像面湾曲を軽減する要素を含む。

【 0 0 2 1 】

一実施形態において、FC ディスプレイは、表示ブロックと、像面湾曲に対する補正を行った画像光を HMD の射出瞳に光学的に向けるように構成された光学ブロックとを含み

10

20

30

40

50

、表示ブロックおよび光学ブロックのうちの少なくとも1つは像面湾曲に対して画像光を光学的に補正する。

【0022】

いくつかの実施形態において、表示ブロックは電子表示パネルを含み、FCディスプレイは、取付面および表示面を含むファイバレーバをさらに含む。取付面は、電子表示パネルからの画像光を受光するように、電子表示パネルの表面に形成され、かつ取り付けられている。表示面は、電子表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有している。

【0023】

いくつかの実施形態において、表示ブロックは、プロジェクタと、プロジェクタからの画像光を受光するように構成されたディフューザとを含み、ディフューザは、像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有している。

10

【0024】

いくつかの実施形態において、表示ブロックは、電子表示パネルと、電子表示パネルの反射面と、電子表示パネルの表面上の1/4波長板とを含み、FCディスプレイは反射偏光子をさらに含み、反射偏光子は、電子表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有している。反射偏光子は、電子表示パネルから放射された1つの偏光の画像光を反射し、電子表示パネルの反射面から反射され、電子表示パネルの表面上の1/4波長板を通過する別の偏光の画像光を透過させるように構成され得る。

20

【0025】

いくつかの実施形態において、表示ブロックは、電子表示パネルおよび電子表示パネルの反射面を含み、FCディスプレイは、1/4波長板および反射偏光子をさらに含み、反射偏光子は、電子表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有している。反射偏光子は、電子表示パネルから放射され、1/4波長板を通過する1つの偏光の画像光を反射し、電子表示パネルの表面上の電子表示パネルの反射面から反射され、1/4波長板を通過する別の偏光の画像光を透過させるように構成されている。

【0026】

いくつかの実施形態において、表示ブロックは、透明電子表示パネル、1/4波長板、および反射器を含み、FCディスプレイは反射偏光子をさらに含み、反射偏光子は、透明電子表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対して補正された画像光を出力するように構成された形状を有している。反射偏光子は、透明電子表示パネルから放射された1つの偏光の画像光を反射し、反射器から反射され、1/4波長板を通過する別の偏光の画像光を透過させるように構成されている。

30

【0027】

いくつかの実施形態において、HMDは、画像光を出力する電子表示パネル、画像光を直線偏光するように構成された直線偏光子、およびパンケーキ状レンズアセンブリを含むFCディスプレイを含む。パンケーキ状レンズアセンブリは、第1の光学要素と第2の光学要素とを含む。第1の光学要素は、第1の波長板面と第1の鏡面とを含む。第1の波長板面は、直線偏光子からの光を受光して画像光の偏光を偏移するように構成された1/4波長板である。第1の鏡面は、画像光の一部を透過させるように構成された部分反射鏡である。第2の光学要素は、第2の波長板面と第2の鏡面とを含む。第2の波長板面は、第1の光学要素からの画像光を受光して第2の波長板面によって透過された画像光の偏光を偏移するように構成された1/4波長板である。第2の鏡面は偏光反射器であり、第1の偏光の画像光を第2の波長板面に向かって反射して、HMDのユーザの眼の位置に対応して、像面湾曲に対する補正を行った第2の偏光の画像光を、HMDの射出瞳に透過させるように構成されている。第1の光学要素および第2の光学要素のうちの1つ以上の表面は、表示パネルから受光した画像光内の像面湾曲に対する補正を行った画像光を出力するように構成された形状を有し得る。この形状は球面凹状であり得る。第1の鏡面は第1の曲

40

50

率半径を有し得、第2の鏡面は、第1の曲率半径の閾値範囲内である第2の曲率半径を有している。

【0028】

いくつかの実施形態において、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)は、画像光を出力するように構成された表示ブロックと、HMDのユーザの眼の位置に対応して、像面湾曲に対する補正を行った画像光を、HMDの射出瞳に光学的に向けるように構成された光学ブロックとを含む像面湾曲補正(FC)ディスプレイを含む。表示ブロックは電子表示パネルを含み、FCディスプレイは第1のレンズおよび第2のレンズをさらに含む。第1のレンズは、2つの部分を含むダブルレットであり得、2つの部分のうちの1つは負要素である。光学ブロックは、2つの異なるタイプのプラスチックで作成され得る。

10

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】一実施形態による、バーチャルリアリティシステムを含むシステム環境のブロック図である。

【図2A】一実施形態による、バーチャルリアリティヘッドセットの図である。

【図2B】一実施形態による、図2AのVRヘッドセットの前方剛体の断面図である。

【図3A】一実施形態による、ファイバレーバを含む像面湾曲補正(FC)ディスプレイの断面図である。

【図3B】一実施形態による、ファイバレーバを含む2つのFCディスプレイのディスプレイアセンブリである。

20

【図4】一実施形態による、プロジェクタとディフューザとを含むFCディスプレイの断面図である。

【図5A】一実施形態による、湾曲した反射偏光子を含むFCディスプレイの断面図である。

【図5B】一実施形態による、図5Aの表示ブロックの断面図である。

【図5C】一実施形態による、第2の1/4波長板を含む図5Aの表示ブロックの断面図である。

【図5D】一実施形態による、透明電子表示パネルを含む図5Aの表示ブロックの断面図である。

【図6】一実施形態による、パンケーキ状レンズアセンブリを含む、FCディスプレイの断面図である。

30

【図7A】一実施形態による、3つのレンズを含むFCディスプレイの断面図である。

【図7B】一実施形態による、2つのレンズを含むFCディスプレイの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

図面は、例示のみの目的のために、本開示の実施形態を示す。当業者は、本明細書に例示の構造および方法の代替実施形態が、本明細書に記載の開示の原理または利点から逸脱することなく採用され得ることを、以下の説明から容易に認識するであろう。

【0031】

像面湾曲は、平坦な物を、フレーム全体にわたり均一に鮮明である代わりに、フレームの特定の部分においてのみ鮮明に見えるようにする光学収差である。より一般的には、像面湾曲は、光学系の焦点距離が焦点面上のすべての点に完全には整列しないことの結果である。このことは、平坦な電子表示パネルから放射された光を透過させる光学素子が像面湾曲誤差を透過光に引き起こすため、平坦なパネルディスプレイにとって特に問題である。

40

【0032】

瞳の泳ぎは、アイボックス内でのユーザの眼の位置の変化がユーザに提示されているコンテンツ内に歪みをもたらす場合の影響である。像面湾曲の補正は、瞳の泳ぎを軽減する。像面湾曲補正ディスプレイは、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)の一部である。HMDは、例えば、バーチャルリアリティ(「VR」)および拡張現実(「AR: augment

50

ed reality」) システム環境の一部、またはVRもしくはARシステム環境の一部であり得る。像面湾曲補正(FC: field curvature corrected)ディスプレイは、ユーザの眼に出力された画像内の像面湾曲を軽減して瞳の泳ぎを低減する。FCディスプレイは一般的に、画像光を生成する要素および画像光からの像面湾曲を軽減する要素を含む。例えば、FCディスプレイは、レンズを有する電子表示パネル、ファイバレーザを有する電子ディスプレイ、湾曲したディフューザ(diffuser)を有するプロジェクタ、反射偏光子および反射面を有する電子表示パネル、または像面湾曲を軽減するように構成された他の光学要素を含み得る。いくつかの実施形態において、FCディスプレイは、1/4波長板、反射鏡、および偏光反射鏡を有する偏光ディスプレイを含むパンケーキ状レンズ構成を有し得る。

10

【0033】

システムの概観

図1は、バーチャルリアリティ(VR: virtual reality)コンソール110が動作するVRシステム環境100のブロック図である。図1に示すシステム環境100は、それぞれVRコンソール110に結合される、VRヘッドセット105、撮像デバイス135、およびVR入力インタフェース140を含む。図1は、1つのVRヘッドセット105、1つの撮像デバイス135、および1つのVR入力インタフェース140を含む例示的なシステム100を示すが、他の実施形態では、システム100に任意の数のこれらの構成要素が含まれ得る。例えば、それぞれが関連するVR入力インタフェース140を有し、1つ以上の撮像デバイス135によって監視される複数のVRヘッドセット105が存在し、各VRヘッドセット105、VR入力インタフェース140、および撮像デバイス135は、VRコンソール110と通信する。代替的な構成では、異なる構成要素およびさらなる構成要素の両方または一方がシステム環境100に含まれ得る。さらに、いくつかの実施形態では、VRシステム100は、ARシステム環境などの他のシステム環境を含むように修正され得る。

20

【0034】

VRヘッドセット105は、ユーザにメディアを提示するヘッドマウントディスプレイである。VRヘッドセットによって提示されるメディアの例としては、1つ以上の画像、映像、音声またはそれらの何らかの組合せが含まれる。いくつかの実施形態では、音声は、VRヘッドセット105、VRコンソール110、またはその両方からの音声情報を受信して、音声情報に基づいて音声データを提示する外部デバイス(例えば、スピーカおよびヘッドフォンの両方または一方)を介して提供される。VRヘッドセット105の実施形態は、図2Aおよび図2Bと併せて以下にさらに説明する。VRヘッドセット105は、互いに対して堅固にまたは非堅固に結合される1つ以上の剛体を含み得る。剛体を堅固に結合することにより、結合された剛体は単一の剛性体として機能する。これに対して、剛体を非堅固に結合することにより、剛体は互いに対して可動となる。いくつかの実施形態では、VRヘッドセット105は、ARヘッドセットとしても機能し得る。これらの実施形態では、VRヘッドセット105は、コンピュータ生成の要素(例えば、画像、映像、音声など)で、物理的実世界環境の視界を増強させる。

30

【0035】

VRヘッドセット105は、像面湾曲補正(FC)ディスプレイ115、1つ以上のロケータ(locator)120、1つ以上の位置センサ125、および慣性計測ユニット(IMU: inertial measurement unit)130を含む。

40

【0036】

FCディスプレイ115は、VRコンソール110から受信したデータに従ってユーザに画像を表示する。いくつかの実施形態では、FCディスプレイ115は、表示ブロックと光学ブロックとを含む。表示ブロックは電子ディスプレイ(例えば、OLED)を含み、光学ブロックは、表示ブロックからユーザの眼に画像を送る1つ以上の光学要素を含む。いくつかの実施形態では、表示ブロックのいくつかまたはすべての機能は光学ブロックの一部であり、またはその逆も同様である。図2B~図7に関して以下に詳しく説明する

50

ように、F Cディスプレイ 115 のブロックは像面湾曲を軽減するように構成されている。例えば、F Cディスプレイ 115 は、電子ディスプレイに結合されたファイバテーパ (fiber taper) を含み、その形状は、ファイバテーパから出力された画像光が像面湾曲に対して補正されるようになっている。別の実施形態では、F Cディスプレイ 115 は、ディフューザを有するプロジェクタであり、ディフューザは、出力された光が像面湾曲に対して補正されるような形状 (例えば、湾曲形状) を有している。F Cディスプレイ 115 は、異なる構成によって瞳の泳ぎのための補正を行い得る。可能な F Cディスプレイの詳細な構成については、図 3 ~ 図 7 に関して以下に説明する。

【0037】

ロケータ 120 は、互いに対して、および V R ヘッドセット 105 上の特定の基準点に対して、V R ヘッドセット 105 上の特定の位置に配置された物体である。ロケータ 120 は、発光ダイオード (LED)、コーナーキューブリフレクタ (corner cube reflector)、反射マーカ、V R ヘッドセット 105 が動作する環境に対してコントラストをもたらすタイプの光源、またはそれらの何らかの組合せであり得る。ロケータ 120 が能動的 (すなわち、LED または他のタイプの発光デバイス) である実施形態では、ロケータ 120 は、可視光域内 (約 380 nm から 750 nm)、赤外 (IR) 域内 (約 750 nm から 1 mm)、紫外域内 (10 nm から 380 nm)、電磁スペクトルの他の部分、またはそれらの何らかの組合せの光を放射し得る。

【0038】

いくつかの実施形態では、ロケータ 120 は、V R ヘッドセット 105 の外面の下方に配置され、外面は、ロケータ 120 が放射もしくは反射した光の波長に対して透過性を有するか (transparent)、またはロケータ 120 が放射もしくは反射した光の波長を実質的に減衰しないのに十分な薄さである。さらに、いくつかの実施形態では、V R ヘッドセット 105 の外面または他の部分は、光の波長の可視光域内で不透過性を有する (opaque)。したがって、ロケータ 120 は、IR 域内では透過性を有するが可視光域内では不透過性を有する外面下方に IR 光域内の光を放射し得る。

【0039】

I M U 130 は、1 つ以上の位置センサ 125 から受信した測定信号に基づいて高速校正データを生成する電子デバイスである。位置センサ 125 は、V R ヘッドセット 105 の動きに応答して 1 つ以上の測定信号を生成する。位置センサ 125 の例としては、1 つ以上の加速度計、1 つ以上のジャイロ스코プ、1 つ以上の磁力計、動きを検出する他の適切なタイプのセンサ、I M U 130 の誤差補正に使用されるタイプのセンサ、またはそれらの何らかの組合せが含まれる。位置センサ 125 は、I M U 130 の外側、I M U 130 の内側、またはそれらの何らかの組合せに配置され得る。

【0040】

1 つ以上の位置センサ 125 からの 1 つ以上の測定信号に基づいて、I M U 130 は、V R ヘッドセット 105 の初期位置に対する V R ヘッドセット 105 の推定位置を示す高速校正データを生成する。例えば、位置センサ 125 は、並進運動 (前方 / 後方、上方 / 下方、左方 / 右方) を測定するための複数の加速度計および回転運動 (例えば、ピッチ、ヨー、ロール) を測定するための複数のジャイロ스코プを含む。いくつかの実施形態では、I M U 130 は、測定信号を迅速にサンプリングし、サンプリングしたデータから V R ヘッドセット 105 の推定位置を計算する。例えば、I M U 130 は、速度ベクトルを推定するために一定期間、加速度計から受信した測定信号を積分し、V R ヘッドセット 105 上の基準点の推定位置を判定するために一定期間、速度ベクトルを積分する。あるいは、I M U 130 は、サンプリングした測定信号を V R コンソール 110 に提供し、それにより高速校正データを判定する。基準点は、V R ヘッドセット 105 の位置を示すために使用される点である。基準点は、一般的に空間内の点として画定されるが、実際には、基準点は V R ヘッドセット 105 内の点 (例えば、I M U 130 の中心) として画定される。

【0041】

IMU130は、VRコンソール110から1つ以上の校正パラメータを受信する。以下にさらに説明するように、1つ以上の校正パラメータは、VRヘッドセット105のトラッキングを維持するために使用される。受信した校正パラメータに基づいて、IMU130は、1つ以上のIMUパラメータ（例えば、サンプルレート）を調整し得る。いくつかの実施形態において、特定の校正パラメータは、IMU130に、基準点の次の校正点に対応するように、基準点の初期位置を更新させる。基準点の次の校正点として基準点の初期位置を更新することは、判定された推定位置に関連する蓄積された誤差の削減に役立つ。ドリフト誤差とも称される蓄積された誤差は、基準点の推定位置を、基準点の実際の位置から経時的に「ドリフト」させる。

【0042】

撮像デバイス135は、VRコンソール110から受信した校正パラメータに従って低速校正データを生成する。低速校正データは、撮像デバイス135によって検出可能なロケータ120の観測位置を示す1つ以上の画像を含む。撮像デバイス135は、1つ以上のカメラ、1つ以上のビデオカメラ、1つ以上のロケータ120を含む画像を取り込み可能な任意の他のデバイス、またはそれらの何らかの組合せを含み得る。さらに、撮像デバイス135は、（例えば、信号対雑音比を増加させるために使用される）1つ以上のフィルタを含み得る。撮像デバイス135は、撮像デバイス135の視野内のロケータ120から放射または反射された光を検出するように構成されている。ロケータ120が受動要素（例えば、再帰反射器）を含む実施形態では、撮像デバイス135は、いくつかのまたはすべてのロケータ120を照らす光源を含み、それにより光を撮像デバイス135内の光源に向けて再帰反射する。低速校正データは、撮像デバイス135からVRコンソール110へ通信され、撮像デバイス135は、VRコンソール110から1つ以上の校正パラメータを受信して、1つ以上の撮像パラメータ（例えば、焦点距離、焦点、フレームレート、ISO、センサ温度、シャッター速度、アパーチャなど）を調整する。

【0043】

VR入力インタフェース140は、ユーザがアクション要求をVRコンソール110に送信することを可能にするデバイスである。アクション要求は、特定のアクションを実施するための要求である。例えば、アクション要求は、アプリケーションの開始または終了を行うこと、またはアプリケーション内の特定のアクションを実施することであり得る。VR入力インタフェース140は、1つ以上の入力デバイスを含み得る。入力デバイスの例としては、キーボード、マウス、ゲームコントローラ、またはアクション要求を受信して受信したアクション要求をVRコンソール110に通信するのに適した任意の他のデバイスが含まれ得る。VR入力インタフェース140によって受信されたアクション要求は、VRコンソール110に通信され、それによりアクション要求に対応するアクションを実施する。いくつかの実施形態において、VR入力インタフェース140は、VRコンソール110から受信された命令に従ってユーザに触覚フィードバックを提供し得る。例えば、触覚フィードバックは、アクション要求を受信したときに提供されるか、あるいはVRコンソール110は、VRコンソール110がアクションを実施するときに、VR入力インタフェース140に触覚フィードバックを生成させる命令をVR入力インタフェース140に通信する。

【0044】

VRコンソール110は、VRヘッドセット105に、撮像デバイス135、VRヘッドセット105、およびVR入力インタフェース140のうちの1つ以上から受信した情報に従ってユーザに提示するためのメディアを提供する。図1に示す例では、VRコンソール110は、アプリケーションストア145、トラッキングモジュール150、およびバーチャルリアリティ（VR）エンジン155を含む。VRコンソール110のいくつかの実施形態は、図1に関連して説明するものとは異なるモジュールを有している。同様に、以下にさらに説明する機能は、VRコンソール110の複数の構成要素の間で、本明細書で説明するものとは異なる方法で分散され得る。

【0045】

アプリケーションストア 145 は、VR コンソール 110 によって実行される 1 つ以上のアプリケーションを記憶している。アプリケーションは、プロセッサによって実行されたときにユーザに提示するためのコンテンツを生成する命令群である。アプリケーションによって生成されたコンテンツは、HR ヘッドセット 105 または VR 入力インタフェース 140 の動きを介してユーザから受信した入力に応答する。アプリケーションの例としては、ゲームアプリケーション、会議アプリケーション、ビデオ再生アプリケーション、または他の適切なアプリケーションが含まれる。

【0046】

トラッキングモジュール 150 は、1 つ以上の較正パラメータを使用して VR システム 100 を較正し、VR ヘッドセット 105 の位置の判定の誤差を削減するために 1 つ以上の較正パラメータを調整し得る。例えば、トラッキングモジュール 150 は、撮像デバイス 135 の焦点を調節して、VR ヘッドセット 105 上の観測されたロケータのより正確な位置を取得する。さらに、トラッキングモジュール 150 によって実施される較正は、IMU 130 から受信した情報も考慮に入れる。また、VR ヘッドセット 105 のトラッキングが失われた場合は（例えば、撮像デバイス 135 がロケータ 120 の少なくとも閾値数の視線を失う場合）、トラッキングモジュール 140 は、システム環境 100 の一部または全部を再較正する。

【0047】

トラッキングモジュール 150 は、撮像デバイス 135 からの低速較正情報を使用して VR ヘッドセット 105 の動きをトラッキングする。トラッキングモジュール 150 は、低速較正情報からの観測されたロケータおよび VR ヘッドセット 105 のモデルを使用して、VR ヘッドセット 105 の基準点の位置を判定する。トラッキングモジュール 150 はまた、高速較正情報からの位置情報を使用して VR ヘッドセット 105 の基準点の位置を判定する。さらに、いくつかの実施形態では、トラッキングモジュール 150 は、ヘッドセット 105 の将来の位置を予測するために、高速較正情報、低速較正情報、またはそれらの何らかの組合せの一部を使用し得る。トラッキングモジュール 150 は、VR ヘッドセット 105 の推定または予測された将来の位置を VR エンジン 155 に提供する。

【0048】

VR エンジン 155 は、システム環境 100 内でアプリケーションを実行し、トラッキングモジュール 150 から、VR ヘッドセット 105 の位置情報、加速度情報、速度情報、予測された将来の位置、またはそれらの何らかの組合せを受信する。受信した情報に基づいて、VR エンジン 155 は、ユーザへの提示用に VR ヘッドセット 105 に提供するコンテンツを判定する。例えば、受信した情報が、ユーザが左を見たことを示す場合、VR エンジン 155 は、仮想環境でユーザの動きをミラーリングする、VR ヘッドセット 105 のためのコンテンツを生成する。また、VR エンジン 155 は、VR 入力インタフェース 140 から受信したアクション要求に応答して VR コンソール 110 上で実行するアプリケーション内でアクションを実施し、アクションが実施されたというフィードバックをユーザに提供する。提供されるフィードバックは、VR ヘッドセット 105 を介した視覚的もしくは聴覚的フィードバック、または VR 入力インタフェース 140 を介した触覚フィードバックであり得る。

【0049】

図 2A は、一実施形態による、バーチャルリアリティ (VR) ヘッドセット 200 の図である。VR ヘッドセット 200 は、VR ヘッドセット 105 の一実施形態であり、前方剛体 205 およびバンド 210 を含む。前方剛体 205 は、像面湾曲補正ディスプレイ 115 の 1 つ以上の電子表示要素（図 2A には図示せず）、IMU 130、1 つ以上の位置センサ 125、およびロケータ 120 を含む。図 2A に示す実施形態では、位置センサ 125 は、IMU 130 内に配置され、IMU 130 も位置センサ 125 もユーザには見えない。

【0050】

1 つ以上のロケータ 120 は、互いに対しておよび基準点 215 に対して前方剛体 20

10

20

30

40

50

5 上の固定位置に配置されている。図 2 A の例では、基準点 2 1 5 は、IMU 1 3 0 の中心に配置されている。1 つ以上のロケータ 1 2 0 はそれぞれ、撮像デバイス 1 3 5 によって検出可能な光を放射する。1 つ以上のロケータ 1 2 0、または 1 つ以上のロケータ 1 2 0 の一部は、図 2 A の例の前方剛体 2 0 5 の前方側 2 2 0 A、上面側 2 2 0 B、底面側 2 2 0 C、右側 2 2 0 D、および左側 2 2 0 E に配置されている。VR ヘッドセット 2 0 0 は、AR ヘッドセットとして機能するように修正され得ることに留意されたい。

【0051】

図 2 B は、図 2 A に示す VR ヘッドセット 2 0 0 の実施形態の前方剛体 2 0 5 の断面図 2 2 5 である。図 2 B に示すように、前方剛体 2 0 5 は、変更された画像光を射出瞳 2 5 0 に提供する FC ディスプレイ 1 1 5 を含む。FC ディスプレイ 1 1 5 は、表示ブロック 2 2 8 および光学ブロック 2 1 8 を含む。射出瞳 2 5 0 は、ユーザの眼 2 4 5 が配置された前方剛体 2 0 5 の位置である。説明の目的のために、図 2 B は、片方の眼 2 4 5 に関する断面図 2 2 5 を示しているが、FC ディスプレイ 1 1 5 とは別個のもう 1 つの FC ディスプレイが、ユーザのもう片方の眼に、変更された画像光を提供する。

【0052】

表示ブロック 2 2 8 は、画像光を生成する。いくつかの実施形態では、光が、像面湾曲および他の収差の両方または一方に対して補正される。FC ディスプレイ 1 1 5 は、VR コンソール 1 1 0 から受信したデータに従ってユーザに画像を表示する。様々な実施形態において、FC ディスプレイ 1 1 5 は、単一の電子ディスプレイまたは複数の電子ディスプレイ（例えば、ユーザのそれぞれの眼に対して 1 つのディスプレイ）を含み得る。電子ディスプレイの例としては、液晶ディスプレイ（LCD）、有機発光ダイオード（OLED）ディスプレイ、アクティブマトリクス有機発光ダイオードディスプレイ（AMOLED）、透明有機発光ダイオードディスプレイ（TOLED）、他の何らかのディスプレイ、プロジェクタ、またはそれらの何らかの組合せが含まれる。FC ディスプレイ 1 1 5 はまた、瞳の泳ぎを最小化するために表示ブロックの光学要素も含み得る。表示ブロックの光学要素は、アパーチャ、フレネルレンズ、凸レンズ、凹レンズ、フィルタ、偏光子、ディフューザ、ファイバレーパ、または電子ディスプレイから放射された画像光に影響を与える他の任意の適切な光学要素であり得る。いくつかの実施形態では、1 つ以上の表示ブロックの光学要素は、反射防止コーティングなどの 1 つ以上のコーティングを有し得る。

【0053】

光学ブロック 2 1 8 は、表示ブロック 2 2 8 から受光した光を拡大し、画像光に関連する光学収差を補正し、補正された画像光が、VR ヘッドセット 1 0 5 のユーザに提示される。光学要素は、アパーチャ、フレネルレンズ、凸レンズ、凹レンズ、フィルタ、または表示ブロック 2 2 8 から放射された画像光に影響を与える他の任意の適切な光学要素であり得る。さらに、光学ブロック 2 1 8 は、異なる光学要素の組合せを含み得る。いくつかの実施形態において、光学ブロック 2 1 8 内の 1 つ以上の光学要素は、反射防止コーティングなどの 1 つ以上のコーティングを有し得る。光学ブロック 2 1 8 による画像光の拡大により、表示ブロック 2 2 8 の要素を物理的に小型化し、軽量化し、より大きなディスプレイよりも消費電力を削減することが可能となる。また、拡大により、表示メディアの視野が広がり得る。例えば、表示メディアの視野は、ユーザの視野のほぼすべて（例えば、斜め方向 1 1 0 度）、また、いくつかの場合にはすべてを使用して、表示メディアが提示されるというものである。いくつかの実施形態では、光学ブロック 2 1 8 は、その有効焦点距離が、表示ブロック 2 2 8 に対する間隔よりも大きくなるように構成されており、それにより表示ブロック 2 2 8 によって投影された画像光を拡大する。また、いくつかの実施形態では、拡大量は、光学要素を追加または削除することによって調整され得る。

【0054】

表示ブロック 2 2 8 および光学ブロック 2 1 8 は、FC ディスプレイ 1 1 5 内で異なる構成を有し得る。異なる構成については、図 3 A ~ 図 7 B に関して以下に説明する。

図 3 A は、一実施形態による、FC ディスプレイ 3 1 5 の断面図 3 0 0 である。いくつかの実施形態では、FC ディスプレイ 3 1 5 は、VR ヘッドセット 1 0 5 の FC ディスプレ

10

20

30

40

50

レイ 1 1 5 の一部である。他の実施形態では、F C ディスプレイ 3 1 5 は、例えば、A R ディスプレイ、H M D、V R ディスプレイ、デジタル顕微鏡などの他の電子ディスプレイの一部である。F C ディスプレイ 3 1 5 は、表示ブロック 3 2 8 および光学ブロック 3 1 8 を含む。F C ディスプレイ 3 1 5 は、例えば、光学系（例えば、光学ブロック 3 1 8）の焦点面と一致する形状に画像光を放射することにより、像面湾曲に対する補正を行う（およびそれにより瞳の泳ぎを軽減する）。射出瞳 3 5 0 は、ユーザの眼 3 4 5 が配置される位置である。説明の目的のために、図 3 A は、片方の眼 3 4 5 に関する F C ディスプレイ 3 1 5 の断面図を示しているが、F C ディスプレイ 3 1 5 とは別個のもう 1 つの F C ディスプレイが、ユーザのもう片方の眼に、変更された画像光を提供する。F C ディスプレイ 3 1 5 のいくつかの実施形態は、本明細書に記載するものとは異なる構成要素を有している。同様に、いくつかの場合、機能は、その構成要素間で、本明細書で説明するものとは異なる方法で分散されることができる。表示ブロック 3 2 8 は、電子表示パネル 3 3 0 およびファイバテーパ（fiber taper）3 4 0 を含む。電子表示パネル 3 3 0 は、電子信号からの視覚的情報を提示する。電子ディスプレイパネル 3 3 0 の例としては、液晶ディスプレイ（L C D）、有機発光ダイオード（O L E D）ディスプレイ、アクティブマトリクス有機発光ダイオードディスプレイ（A M O L E D）、何らかのタイプのフレキシブルディスプレイ、またはそれらの何らかの組合せが含まれる。

【 0 0 5 5 】

ファイバテーパ 3 4 0 は、テーパ形状の光ファイバプレートである。光ファイバプレートは光ファイバの束でできており、その入力面からその出力面へ光を直接的に示す。テーパ形状の光ファイバプレートは典型的に、光ファイバフェースプレート（fiber optic faceplate）上に熱処理を用いて作成され、出力面に対する入力面の大きさの比率を変更する。ファイバテーパは、電子表示パネル 3 3 0 の拡大を可能にするために使用され、ファイバテーパ 3 4 0 の表示面 3 4 2 は、光ファイバフェースプレートと同様の湾曲した表示面になるように研磨されることができる。

【 0 0 5 6 】

ファイバテーパ 3 4 0 の取付面 3 4 4 は、電子表示パネル 3 3 0 の表面に形成され、かつ取り付けられている。ファイバテーパ 3 4 0 は、取付面 3 4 4 を介して表示パネル 3 3 0 から光を受光し、受光した光を、出力された画像光が像面湾曲に対して補正されるような形状の表示面 3 4 2 を介して出力する複数の光ファイバを含む。本実施形態では、表示面 3 4 2 は、球面凹状（例えば、球形の一部）に形成される。しかし、他の実施形態では、表示面 3 4 2 は、球面凸状、回転対称球面、非球面、自由形状、または像面湾曲および他の光学収差を軽減する何らかの他の形状であり得る。いくつかの実施形態では、表示面 3 4 2 の形状は、例えば場依存収差などの他の形態の光学収差に対する補正をさらに行うように構成され得る。

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、電子表示パネル 3 3 0 は平坦な表面を有しており、したがって、ファイバテーパ 3 4 0 の取付面 3 4 4 も平坦である。あるいは、図示しないが、電子表示パネル 3 3 0 は円筒状に湾曲しているか、または何らかの他の形状を有し得る。取付面 3 4 4 は、ファイバテーパ 3 4 0 の取付面 3 4 4 が電子表示パネル 3 3 0 の表面に固定されるように、電子表示パネル 3 3 0 の表面と一致するように形成されている。例えば、電子表示パネルの表面が平坦である場合、取付面 3 4 4 は平坦であり、電子表示パネルの表面が円筒状に凸状である場合は、取付面 3 4 4 は円筒状に凹状である。電子表示パネル 3 3 0 および取付面 3 4 4 は、ディスプレイからの光がファイバテーパ 3 4 0 に入る前に拡散して近傍画素と混合する（クロストーク（optical cross talk））ことを防止するために、取付面 3 4 4 と電子表示パネルのカバーガラスとの間にエアギャップまたは分離がないように結合され得る。一実施形態では、電子表示パネル 3 3 0 のカバーガラスは光ファイバフェースプレートであり、これは、表示パネル 3 3 0 から出た光の、ファイバテーパ 3 4 0 に入る前の光学的なクロストークを防止することを支援するためにファイバテーパ 3 4 0 と組み合わせて使用され得る。別の実施形態では、電子表示パネル 3 3 0 のカバーガラス

は、表示パネル 330 から出た光の、ファイバテーパ 340 に入る前の光学的なクロストークを削減するための、画素ピッチよりも小さい厚みの一片の封止フィルムである。また、ファイバテーパ 340 のファイバの直径は、近傍画素からの光との混合を防止するために、電子表示パネル 330 の画素ピッチと同じか、またはそれよりも小さいサイズである。像面湾曲に対する補正を行うためにファイバテーパを使用する本実施形態の 1 つの利点は、この技術によって、平坦なパネルのディスプレイを使用できることである。平坦なパネルのディスプレイは、一般的に、湾曲したディスプレイよりも安価であり作成が容易である。

【0058】

別の実施形態では、図 3 A には図示しないが、ファイバテーパ 340 は光ファイバフェースプレートであることができ、電子表示パネル 330 は湾曲したディスプレイであることができる。別の実施形態では、電子表示パネル 330 のカバーガラスは、ファイバテーパ 340 に代わる光ファイバフェースプレートであり得る。この光ファイバフェースプレートは、拡大または画像サイズの変更を提供する必要はないが、結像面の形状を変更し得る。この形状は、光学ブロック 318 から生成されたネットフィールド湾曲によって判定され得る。例えば、光学ブロック 318 が正屈折レンズ要素で構成されている場合、これらの要素からの像面湾曲は凹状結像面を生成し、光ファイバフェースプレートの表面は、光学ブロック 318 によって生成された像面湾曲を補うように凹状の結像面を作成する形状とすることができる。異なる例では、光学ブロック 318 が反射正レンズ要素で構成されている場合、これらの要素からの像面湾曲は凸状結像面を生成し、光ファイバフェースプレートの表面はそれに応じて補うような形状とすることができる。光ファイバフェースプレートの開口数は、光が空気と光ファイバフェースプレートとの間の境界面で屈折して光学ブロック 318 を通過した後にアイボックスが満たされるような大きさである。

【0059】

光学ブロック 318 は、表示ブロックから受光した光を拡大し、画像光に関する光学収差を補正する。光学ブロック 318 は、光学ブロック 218 と同様の機能を有している。光学ブロック 318 は、レンズホルダ 320 によって結合されたレンズ 321 およびレンズ 322 で構成されている。光学ブロック 318 内のレンズは、反射防止コーティングなどの 1 つ以上のコーティングを有し得る。

【0060】

図 3 B は、一実施形態による、図 3 A に示す F C ディスプレイ 315 を含むディスプレイアセンブリ 340 の斜視図である。本実施形態では、F C ディスプレイアセンブリ 340 は、各ディスプレイがユーザのそれぞれの眼に対応する、2 つの F C ディスプレイ要素 315 で構成されている。F C ディスプレイアセンブリ 340 は、2 つの表示ブロック 328 a および 328 b と、2 つの対応する光学ブロック 318 a および 318 b とを含み、それらは、図 3 A に示す表示ブロック 328 および光学ブロック 318 と同じである。

【0061】

図 4 は、一実施形態による、投影型表示ブロック 428 を含む F C ディスプレイ 415 の実施形態の断面図 400 である。いくつかの実施形態では、F C ディスプレイ 415 は、V R ヘッドセット 105 の F C ディスプレイ 115 の一部である。他の実施形態では、これは、例えば、A R ディスプレイ、H M D、V R ディスプレイ、デジタル顕微鏡など、何らかの他の電子ディスプレイの一部である。F C ディスプレイ 415 は、表示ブロック 428 および光学ブロック 418 を含む。F C ディスプレイ 415 は、表示ブロック 428 に、光学系（例えば、光学ブロック 418）の湾曲した焦点面と一致する湾曲面に画像光を放射させることによって、像面湾曲に対する補正を行う。射出瞳 450 は、ユーザの眼 445 が配置される位置である。説明の目的のために、図 4 は、片方の眼 445 に関する F C ディスプレイ 415 の断面図を示しているが、F C ディスプレイ 415 とは別個のもう 1 つの F C ディスプレイが、ユーザのもう片方の眼に、変更された画像光を提供する。F C ディスプレイ 415 のいくつかの実施形態は、本明細書に記載するものとは異なる構成要素を有している。同様に、いくつかの場合、機能は、その構成要素間で、本明細書

で説明するものとは異なる方法で分散されることができる。

【0062】

表示ブロック428は、プロジェクタ430およびディフューザ440を含む。プロジェクタ430は、レーザプロジェクタ、ピコプロジェクタ、またはデジタルミラーデバイス(DMD)を用いたものなど他のタイプのプロジェクタであり得る。ディフューザ440は、プロジェクタ430から投影された光を放散する。ディフューザ440の形状は、出力された画像光が、光学ブロック418の焦点面に対応する湾曲した画像面に沿っており、それに応じて像面湾曲に対する補正が行われるようになっている。本実施形態では、ディフューザ440は、球面凹状(例えば、球形の一部)に形成されている。しかし、他の実施形態では、ディフューザ440は、球面凸状、回転対称球面、自由形状、または像面湾曲を軽減する何らかの他の形状であり得る。いくつかの実施形態では、ディフューザ440の形状は、他の形態の光学収差に対する補正をさらに行うように構成され得る。ディフューザ440の粒径(grain size)は、例えばVRヘッドセット105内で使用された場合など、視聴者が見たときに好ましくない画面の乱れ(スクリーンアーティファクト)を有することを避けるために、画素ピッチよりも桁違いに小さい粒径を有し得る。本実施形態では、プロジェクタ430は、ユーザの眼445に対してディフューザ440の背面側に配置される。代替的な実施形態では、図示しないが、プロジェクタ430は、ユーザの眼445に対してディフューザ440の正面側に配置される可能性があり、ディフューザ440は反射面である可能性がある。

10

【0063】

光学ブロック418は、図3Aの光学ブロック318と同様である。光学ブロック418は、レンズ421およびレンズ422の2つのレンズを収容している。これらのレンズは、図示しないが、レンズホルダで結合される可能性がある。光学ブロックは、表示ブロックから受光した光を拡大し、画像光に関する光学収差を補正する。

20

【0064】

図5Aは、一実施形態による、湾曲した反射偏光子を含むFCディスプレイ505の実施形態の断面図500である。いくつかの実施形態では、FCディスプレイ505は、VRヘッドセット105のFCディスプレイ115の一部である。他の実施形態では、これは、例えば、ARディスプレイ、HMD、VRディスプレイ、デジタル顕微鏡など、何らかの他の電子ディスプレイの一部である。FCディスプレイ505は、表示ブロック510および光学ブロック515を含む。射出瞳518は、ユーザの眼520が配置される位置である。説明の目的のために、図5Aは、片方の眼520に関するFCディスプレイ505の断面図を示しているが、FCディスプレイ505とは別個のもう1つのFCディスプレイが、ユーザのもう片方の眼に、変更された画像光を提供する。FCディスプレイ505のいくつかの実施形態は、本明細書に記載するものとは異なる構成要素を有している。同様に、いくつかの場合、機能は、その構成要素間で、本明細書で説明するものとは異なる方法で分散されることができる。

30

【0065】

表示ブロック510は、像面湾曲に対する補正を行った光を放射する。表示ブロック510は、電子表示パネル、反射偏光子、1つ以上の1/4波長板、1つ以上の鏡面反射器、1つ以上の直線偏光子、またはそれらの何らかの組合せを含み得る。いくつかの実施形態では、電子表示パネルは部分的に反射し、例えばブラックマトリクスなどの画素領域の外側の領域内、または、ディスプレイの光を放射しない領域内で反射する。他の実施形態では、電子表示パネルは、透明電子表示パネルであることができる。透明電子表示パネルは、例えば、透明有機発光ダイオードディスプレイ(TOLED)、他の何らかの透明の電子ディスプレイ、またはそれらの何らかの組合せであり得る。

40

【0066】

反射偏光子は、像面湾曲に対する補正を行い、かつ光を偏光するような形状の湾曲した光学要素である。反射偏光子は、x方向に直線偏光された光を反射し、y方向に直線偏光された光を透過させるよう構成され得る(またはその逆もあり得る)。反射偏光子は、負

50

のペッツバル湾曲を提供するために球面凹状（例えば、球形の一部）に形成され得る。しかし、他の実施形態では、反射偏光子は、球面凸状、回転対称非球面、自由形状、または像面湾曲を軽減する何らかの他の形状であり得る。いくつかの実施形態では、反射偏光子の形状は、他の形態の光学収差に対する補正をさらに行うように構成され得る。反射偏光子要素の機能については、図 5 B ~ 図 5 D に関して以下に詳細に説明する。

【 0 0 6 7 】

表示ブロック 5 1 0 には、1 つ以上の 1 / 4 波長板要素が含まれる。1 / 4 波長板は偏光軸を含む。偏光軸は、y 方向（垂直方向の直線偏光された光の方向）に対して 4 5 度（または 9 0 度）偏移されている。同様に、1 / 4 波長板は、円偏光された光を直線偏光された光に変換する。直線偏光された入射光に対する 1 / 4 波長板軸の向きは、放射された、円偏光された光の巻き方（handedness）（時計回りまたは反時計回り）を制御する。1 / 4 波長板要素の機能については、図 5 B ~ 図 5 D に関して以下に詳細に説明する。

10

【 0 0 6 8 】

光学ブロック 5 1 5 は、図 3 A の光学ブロック 3 1 8 と同様である。光学ブロック 5 1 5 は、レンズ 5 2 1 およびレンズ 5 2 2 の 2 つのレンズを収容している。これらのレンズは、図示しないが、レンズホルダで結合される可能性がある。光学ブロックは、表示ブロック 5 1 0 から受光した光を拡大し、画像光に関する光学収差を補正する。光学ブロック内のレンズ要素の数およびレンズの設計（形状、屈折 / 反射、材料、屈折 / 回折）は、様々とすることができる。

【 0 0 6 9 】

20

図 5 B は、一実施形態による、図 5 A の表示ブロック 5 1 0 の断面図 5 2 5 である。電子表示パネル 5 2 6 は、円偏光子を含まない O L E D ディスプレイ（例えば、直線偏光子および 1 / 4 波長板はディスプレイの画素を覆って配置される）であり得る。いくつかの場合、O L E D ディスプレイは、ディスプレイ表面からの環境照明の削減およびディスプレイのコントラストの増大を支援するために円偏光子を収容している。しかし、いくつかの場合、O L E D ディスプレイが H M D 内で使用される場合は、円偏光子は含まれなくともよく、これは、H M D の場合は環境照明がすでにユーザから遮蔽されているためである。電子表示パネル 5 2 6 は、複数の画素群 5 2 8 を含んでいる。各画素群 5 2 8 は、画素 5 3 0、ブラックマトリクス 5 3 2、直線偏光子 5 3 4、鏡面反射器 5 3 6、および 1 / 4 波長板 5 3 8 を含む。画素 5 3 0 は、基板 5 3 9 上に形成されている。ブラックマトリクス 5 3 2 は、画素 5 3 0 を、他の画素群 5 2 8 内の隣接する画素 5 3 0 から分離する。代替的な実施形態では、画素群は、異なるまたはさらなる要素（例えば、複数画素 5 3 0）を含み得る。

30

【 0 0 7 0 】

直線偏光子 5 3 4 は、画素 5 3 0 を覆って配置されている。直線偏光子 5 3 4 は、画素 5 3 0 から放射された光を直線偏光する。偏光子は、直線偏光された光が第 1 の方向を指向する方向に向けられている。直線偏光子 5 3 4 は、例えば、吸収型偏光子、薄膜偏光子、または光を直線偏光する何らかの他のタイプの偏光子であり得る。

【 0 0 7 1 】

鏡面反射器 5 3 6 は、入射光を反射する。鏡面反射器 5 3 6 は、画素 5 3 0 によって放射された波長で光を反射する材料（例えば、アルミニウム、銀）である。鏡面反射器 5 3 6 は、電子表示パネル 5 2 6 のブラックマトリクス 5 3 2 を覆って配置されている。

40

【 0 0 7 2 】

湾曲した反射偏光子 5 4 0 は、図 5 A のものと同様であり、電子表示パネル 5 2 6 から放射された光を受光するように配置されている。同様に、1 / 4 波長板 5 3 8 は、図 5 A に示すものと同様である。

【 0 0 7 3 】

所定の画素群 5 2 8 に対して、画素 5 3 0 から放射された光 5 4 1 は、直線偏光子 5 3 4 によって第 1 の方向に直線偏光される。この直線偏光された光 5 4 2 は、湾曲した反射偏光子 5 4 0 上に入射し、電子表示パネル 5 2 6 に向かって反射し戻される。これは、第

50

1 の方向が反射偏光子 5 4 0 の伝達軸に直交しているためである。反射された光 5 4 3 の一部は、1 / 4 波長板 5 3 8 上に入射する。光 5 4 4 は、1 / 4 波長板 5 3 8 を通過し、特定の巻き方（例えば、時計回り）の円偏光された光として出射する。円偏光された光は、鏡面反射器 5 3 6 で反射して、反対の巻き方（例えば、反時計回り）の円偏光された光 5 4 5 になる。反射された光は、1 / 4 波長板 5 3 8 を通過し、直線偏光された光 5 4 6 として 1 / 4 波長板 5 3 8 から出射する。光 5 4 6 は、反射偏光子 5 4 0 の伝達軸と整合するように、第 1 の方向に直交する偏光を有する。光 5 4 6 は、反射偏光子 5 4 0 によって伝達される。図 5 C は、一実施形態による、二次 1 / 4 波長板 5 5 1 を含む表示ブロック 5 1 0 の断面図 5 5 0 である。表示ブロック 5 1 0 は、電子表示パネル 5 5 2 と湾曲した反射偏光子 5 4 0 との間の二次 1 / 4 波長板 5 5 1 を含む。湾曲した反射偏光子 5 4 0 は、図 5 A のものと同様である。平坦であるように図示されているが、二次 1 / 4 波長板 5 5 1 は、湾曲していることができる。電子表示パネル 5 5 2 は、複数の画素群 5 5 4 を含む。画素群 5 5 4 は、画素 5 5 6、ブラックマトリクス 5 5 8、直線偏光子 5 6 0、1 / 4 波長板 5 6 2、および鏡面反射器 5 6 3 を含む。画素 5 5 6 は、基板 5 6 4 上に形成されている。ブラックマトリクス 5 5 8 は、画素 5 5 6 を、他の画素群 5 5 4 内の隣接する画素 5 5 6 から分離する。代替的な実施形態では、画素群は、異なるまたはさらなる要素（例えば、複数画素 5 5 6）を含み得る。

【0074】

直線偏光子 5 6 0 および 1 / 4 波長板 5 6 2 は、画素 5 5 6 を覆って配置される円偏光子とともに形成し、鏡面反射器 5 6 3 は、ブラックマトリクス 5 5 8 を覆って配置される。電子表示パネル 5 5 2 の一部として図示されているが、円偏光子および鏡面反射器 5 6 3 は、電子表示パネル 5 5 2 から分離され得る。鏡面反射器 5 6 3 は、図 5 C では分離した層として図示されているが、ブラックマトリクス 5 5 8 は、鏡面反射器であり、同じ層であり得る。

【0075】

所定の画素群 5 5 4 に対して、画素 5 5 6 から放射された光 5 6 5 は、直線偏光子 5 6 0 によって第 1 の方向に直線偏光され、1 / 4 波長板 5 6 2 は、直線偏光された光 5 6 6 を円偏光された光 5 6 7 に変換する。円偏光された光 5 6 7 は、二次 1 / 4 波長板 5 5 1 を通過し、第 1 の方向に直線偏光された光 5 6 8 になる。光 5 6 8 は、第 1 の方向が反射偏光子の伝達軸に直交しているため、反射偏光子 5 4 0 によって反射される。二次 1 / 4 波長板 5 5 1 は、直線偏光された光 5 6 9 を、円偏光された光 5 7 0 に変換する。円偏光された光 5 7 0 は、特定の巻き方（例えば、時計回りまたは反時計回り）を有する。円偏光された光 5 7 0 の一部 5 7 1 は、鏡面反射器 5 5 6 によって反射される。反射された光 5 7 1 は円偏光されるが、巻き方は、5 7 0 のそれと反対である。反射された光は、二次 1 / 4 波長板 5 5 1 を通過し、直線偏光された光 5 7 2 として二次 1 / 4 波長板 5 5 1 から出射する。光 5 7 2 は、反射偏光子 5 4 0 の伝達軸と整合するように、第 1 の方向に直交する偏光を有する。光 5 7 2 は、反射偏光子 5 4 0 によって伝達される。

【0076】

図 5 D は、一実施形態による、透明電子表示パネル 5 7 6 を含む図 5 A の表示ブロック 5 1 0 の断面図 5 7 5 である。本実施形態では、電子表示パネル 5 7 6 は、湾曲した反射偏光子 5 4 0 と 1 / 4 波長板 5 7 7 との間に配置された透明のディスプレイである。1 / 4 波長板 5 7 7 は、鏡面反射器 5 7 8 を覆って配置されている。湾曲した反射偏光子 5 4 0 は、図 5 A のものと同様である。

【0077】

電子表示パネル 5 7 6 は、複数の画素群 5 8 0 を含む。画素群は、画素 5 8 1 および直線偏光子 5 8 2 を含む。直線偏光子 5 8 2 は、画素 5 8 1 を覆って配置されているが、画素 5 8 1 の間の領域は覆っていない。画素 5 8 1 は、基板 5 8 5 上に形成されている。基板 5 8 5、画素 5 8 0、および直線偏光子 5 8 2 は、実質的に透明である。

【0078】

所定の画素群 5 8 0 に対して、画素 5 8 1 から放射された光 5 9 1 は、直線偏光子 5 8

10

20

30

40

50

2によって第1の方向に直線偏光される。この直線偏光された光592は、反射偏光子540上に入射し、光593として反射される。これは、第1の方向が反射偏光子540の伝達軸に直交しているためである。光593は、透明の基板585を通して伝播し、1/4波長板577上に入射する。光594は、1/4波長板577を通過し、特定の巻き方（例えば、時計回り）の円偏光された光として出射する。円偏光された光は、鏡面反射器578で反射して、反対の巻き方（例えば、反時計回り）の円偏光された光595になる。反射された光は、1/4波長板577を通過し、直線偏光された光596として1/4波長板577から出射する。光596は、反射偏光子540の伝達軸と整合するように、第1の方向に直交する偏光を有する。光596は、基板585を通して伝播し、反射偏光子540によって伝達される。

10

【0079】

図5A～図5Dの実施形態の像面湾曲に対する補正のいくつかの利点は、以下に図6に示す実施形態と比較して、特に画素のフィルファクタが低い場合に、より多い光のスループットを有していることを含む。これは、光が表示パネルの複数の画素の間の領域で反射して、部分反射鏡などの構成要素を多数回通過する必要が無いためである。

【0080】

図6は、一実施形態による、パンケーキ状レンズアセンブリ620を含むFCディスプレイ615の実施形態の断面図600である。いくつかの実施形態では、FCディスプレイ615は、VRヘッドセット105のFCディスプレイ115の一部である。他の実施形態では、これは、例えば、ARディスプレイ、HMD、VRディスプレイ、デジタル顕微鏡など、何らかの他の電子ディスプレイの一部である。FCディスプレイ615は、電子表示パネル630、偏光子632、およびパンケーキ状レンズアセンブリ620で構成されている。射出瞳650は、ユーザの眼645が配置される位置である。説明の目的のために、図6は、片方の眼645に関するFCディスプレイ615の断面図600を示しているが、FCディスプレイ615とは別個のもう1つのFCディスプレイが、ユーザのもう片方の眼に、変更された画像光を提供する。FCディスプレイ615のいくつかの実施形態は、本明細書に記載するものとは異なる構成要素を有している。同様に、いくつかの場合、機能は、その構成要素間で、本明細書で説明するものとは異なる方法で分散されることができる。

20

【0081】

電子表示パネル630は、図3Aの電子表示パネル330と同様である。図6では、電子表示パネル630とは別個として図示されているが、直線偏光子632は、電子表示パネル630の一部であり得る。電子表示パネル630から放射された光は、直線偏光子632を通過してディスプレイから出射し、それにより、1つの偏光の光をもたらす。

30

【0082】

パンケーキ状レンズアセンブリ620は、部分反射鏡634および偏光反射鏡638を含む。図6において、部分反射鏡634は、電子表示パネル630の近傍に配置され、偏光反射鏡638は、ユーザの眼645の近傍に配置される。しかし、いくつかの実施形態では、部分反射鏡634は、ユーザの眼645の近傍に配置され、偏光反射鏡638は、電子表示パネル630の近傍に配置され得る。

40

【0083】

部分反射鏡634および偏光反射鏡638の1つ以上の表面は、像面湾曲に対する補正を行うような形状にされている。部分反射鏡634の1つ以上の表面は、球面凹状（例えば、球形の一部）、球面凸状、回転対称非球面、自由形状、または像面湾曲を軽減する何らかの他の形状に形成され得る。いくつかの実施形態では、部分反射鏡634および偏光反射鏡638の1つ以上の表面の形状は、他の形態の光学収差に対する補正をさらに行うように構成され得る。いくつかの実施形態では、パンケーキ状レンズアセンブリ620内の1つ以上の光学要素は、ゴースト像を削減してコントラストを増強するために、反射防止コーティングなどの1つ以上のコーティングを有し得る。

【0084】

50

部分反射鏡 6 3 4 は、波長板面 (wave plate surface) 6 3 3 および鏡面 6 3 5 を含む。波長板面 6 3 3 は、受光した光の偏光を偏移する 1 / 4 波長板である。1 / 4 波長板は、偏光軸を含む。偏光軸は、1 / 4 波長板が、直線偏光された光を円偏光された光に変換するように、直線偏光された入射光に対して 4 5 度偏移されている。同様に、1 / 4 波長板は、円偏光された光を直線偏光された光に変換する。鏡面 6 3 5 は、受光した光の一部を反射するように構成された部分反射鏡である。いくつかの実施形態では、鏡面 6 3 5 は、入射光の 5 0 % を透過させ、入射光の 5 0 % を反射するように構成されている。

【 0 0 8 5 】

偏光反射鏡 6 3 8 は、波長板面 6 3 7 および反射偏光子面 6 3 9 を含む。波長板面 6 3 7 は、1 / 4 波長板である。反射偏光子面 6 3 9 は、1 つの偏光の光を反射し (偏光遮断) 、受光した光の第 2 の偏光 (直交する偏光) の光を透過させるように構成された部分反射鏡である。例えば、反射偏光子面 6 3 9 は、x 方向に直線偏光された光を反射し、y 方向に直線偏光された光を透過させるように構成され得る。

【 0 0 8 6 】

パンケーキ状レンズアセンブリ 6 2 0 は、像面湾曲を軽減して、それに従って瞳の泳ぎを低減するように機能する。また、パンケーキ状レンズアセンブリ 6 2 0 は、像面湾曲を取り除くように設計された他の光学システムと比べて、フォームファクタが小さく、比較的低重量である。

【 0 0 8 7 】

電子表示パネル 6 3 0 から出射する光は、固有的に偏光されているか、直線偏光子 6 3 2 を通過した後に第 1 の方向に直線偏光された光になるかのいずれかである。直線偏光された光は、波長板面 6 3 3 上に入射し、円偏光された光になる。円偏光された光の一部は、部分反射鏡 6 3 4 の鏡面 6 3 5 を通過する。この円偏光された光は、波長板面 6 3 7 を通過し、第 1 の方向に直線偏光される。反射偏光子面 6 3 9 は、第 1 の方向が反射偏光子面 6 3 9 の偏光軸に直交するため、この直線偏光された光を反射する。反射された光は、波長板面 6 3 7 を通して伝播して戻り、光は円偏光される。円偏光された光は、鏡面 6 3 5 上に入射する。円偏光された光の一部は、鏡面 6 3 5 によって反射され、反対の巻き方の円偏光された光になる。反射された円偏光された光は、波長板面 6 3 7 を通過して、第 1 の方向に直交する第 2 の方向に偏光された、直線偏光された光になる。第 2 の方向は、反射偏光子面 6 3 9 の偏光軸と整合する。反射偏光子面 6 3 9 は、直線偏光された光をユーザの眼 6 4 5 に透過させる。

【 0 0 8 8 】

像面湾曲に対する補正を行うためにパンケーキ状レンズアセンブリを使用するこの実施形態のいくつかの利点には、小さいフォームファクタ、低重量、および、この技術で平面ディスプレイを使用する能力、を有することが含まれる。

【 0 0 8 9 】

図 7 A は、一実施形態による、3 つのレンズを含む F C ディスプレイ 7 1 5 の別の実施形態の断面図 7 0 0 である。いくつかの実施形態では、F C ディスプレイ 7 1 5 は、V R ヘッドセット 1 0 5 の F C ディスプレイ 1 1 5 の一部である。他の実施形態では、これは、例えば、A R ディスプレイ、H M D、V R ディスプレイ、デジタル顕微鏡など、何らかの他の電子ディスプレイの一部である。F C ディスプレイ 7 1 5 は、表示ブロック 7 2 8 および光学ブロック 7 1 8 を含む。射出瞳 7 5 0 は、ユーザの眼 7 4 5 が配置される位置である。説明の目的のために、図 7 A は、片方の眼 7 4 5 に関する F C ディスプレイ 7 1 5 の断面図を示しているが、F C ディスプレイ 7 1 5 とは別個のもう 1 つの F C ディスプレイが、ユーザのもう片方の眼に、変更された画像光を提供する。F C ディスプレイ 7 1 5 のいくつかの実施形態は、本明細書に記載するものとは異なる構成要素を有している。同様に、いくつかの場合、機能は、その構成要素間で、本明細書で説明するものとは異なる方法で分散されることができる。

【 0 0 9 0 】

表示ブロック 7 2 8 は、電子表示パネル 7 3 0 で構成されている。電子表示パネル 7 3

10

20

30

40

50

0 は、図 3 A の電子表示パネル 3 3 0 と同様である。

光学ブロック 7 1 8 は、図 3 A の光学ブロック 3 1 8 と同様である。光学ブロック 7 1 8 は、レンズ 7 2 1、レンズ 7 2 2、およびレンズ 7 2 3 の 3 つのレンズを収容している。本実施形態では、レンズ 7 2 3 は、球面凹状（例えば、球形の一部）に形成された複合レンズである。しかし、他の実施形態では、レンズ 7 2 3 は、球面凸状、回転対称球面、自由形状、または像面湾曲を軽減する何らかの他の形状であり得る。いくつかの実施形態では、レンズ 7 2 3 の形状は、他の形態の光学収差に対する補正をさらに行うように構成され得る。これらのレンズは、図示しないが、レンズホルダで結合される可能性がある。光学ブロックは、表示ブロック 7 2 8 から受光した光を拡大し、画像光に関する光学収差を補正する。

10

【 0 0 9 1 】

図 7 B は、一実施形態による、2 つのレンズを有する F C ディスプレイ 7 5 5 の別の実施形態の断面図 7 5 1 である。いくつかの実施形態では、F C ディスプレイ 7 5 5 は、V R ヘッドセット 1 0 5 の F C ディスプレイ 1 1 5 の一部である。他の実施形態では、これは、例えば、A R ディスプレイ、H M D、V R ディスプレイ、デジタル顕微鏡など、何らかの他の電子ディスプレイの一部である。F C ディスプレイ 7 5 5 は、表示ブロック 7 2 8 および光学ブロック 7 5 8 を含む。射出瞳 7 5 0 は、ユーザの眼 7 4 5 が配置される位置である。説明の目的のために、図 7 B は、片方の眼 7 4 5 に関する F C ディスプレイ 7 5 5 の断面図を示しているが、F C ディスプレイ 7 5 5 とは別個のもう 1 つの F C ディスプレイが、ユーザのもう片方の眼に、変更された画像光を提供する。F C ディスプレイ 7 5 5 のいくつかの実施形態は、本明細書に記載するものとは異なる構成要素を有している。同様に、いくつかの場合、機能は、その構成要素間で、本明細書で説明するものとは異なる方法で分散されることができる。本実施形態では、光学ブロック 7 5 8 は、2 つの異なる種類のプラスチックを用いた全プラスチック設計であり、「逆ケルナー（reversed Kellner）」アイピース設計（eyepiece design）の変形例である。光学ブロック 7 5 8 は、レンズ 7 6 1 およびレンズ 7 6 2 の 2 つのレンズを含み、レンズ 7 6 2 はダブレットである。この設計は、大きな視野（80 度以上の全視野）および適正なアイレリーフ（eye relief）を提供することができる。

20

【 0 0 9 2 】

図 7 A および図 7 B に示す実施形態では、像面湾曲に対する補正を行うために少なくとも 1 つの負要素が使用されている。例えば、図 7 A では、レンズ 7 2 1 とレンズ 7 2 3 の一部とが負要素である。図 7 B では、レンズ 7 6 2 の一部 7 6 2 b が負要素である。レンズは、ガラス、プラスチック、またはガラスとプラスチックとの組合せで設計され作成されることができる。プラスチックは、その軽量さ、および低コストの作成方法の可用性により、材料として好ましいものであり得る。異なる分散パラメータを有する異なる材料を使用することにより、軸上および横方向の色収差に対する補正が支援される。個々のレンズ面は、球面、非球面、または自由形状の表面とすることができる。

30

【 0 0 9 3 】

追加構成情報

本開示の実施形態の前述の説明は、例示の目的のために提示されており、網羅的であること、または、開示された正確な形態に本開示を限定することを意図するものではない。関連技術の当業者は、上記の開示に照らして多くの修正および変形が可能であることを理解することができる。

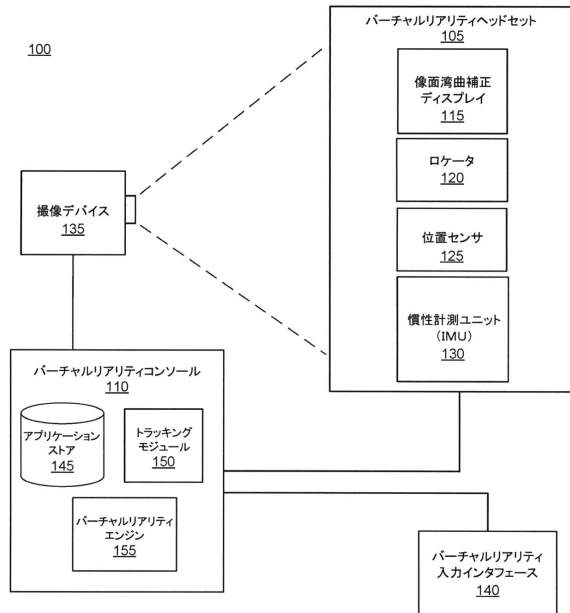
40

【 0 0 9 4 】

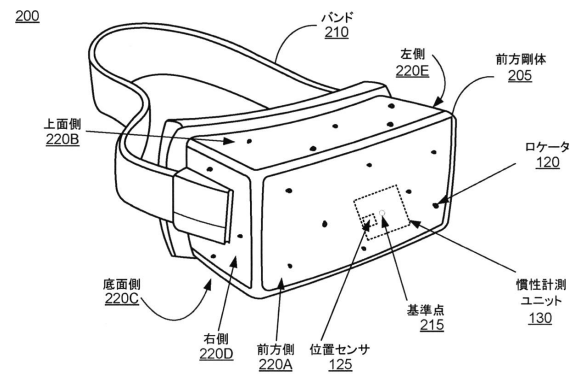
本明細書で使用される言語は、主として読みやすさおよび説明を目的として選択されており、本発明の主題を線引きまたは画定するように選択されていない可能性がある。したがって、本開示の範囲は、この詳細な説明によってではなく、むしろ、これに基づいて本願について発行される任意の特許請求の範囲によって限定されるものである。したがって、開示された実施形態は、特許権の範囲を例示することを意図しているが、以下の特許請求の範囲に規定される開示の範囲を限定するものではない。

50

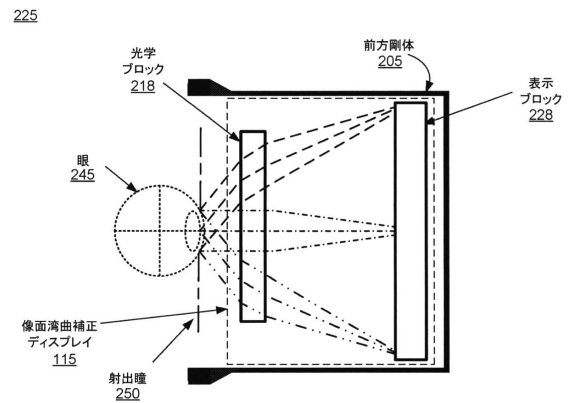
【図 1】



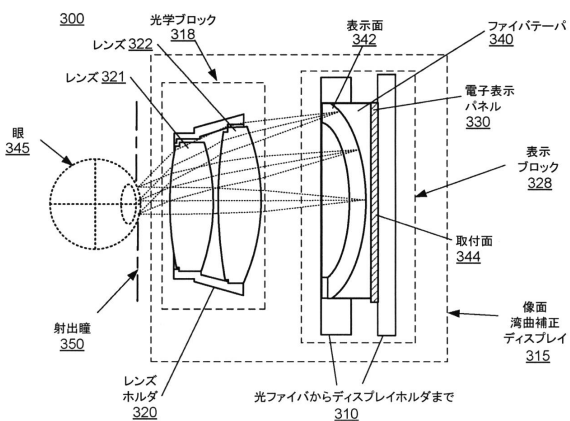
【図 2 A】



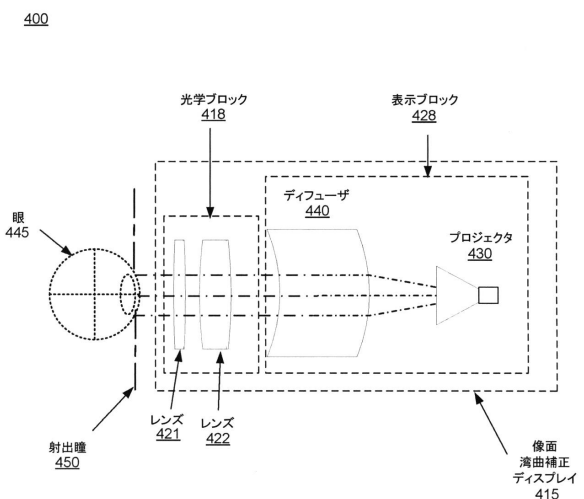
【図 2 B】



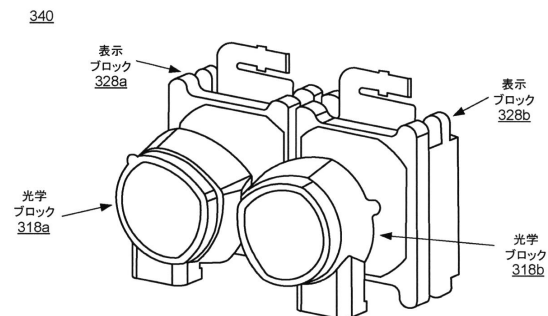
【図 3 A】



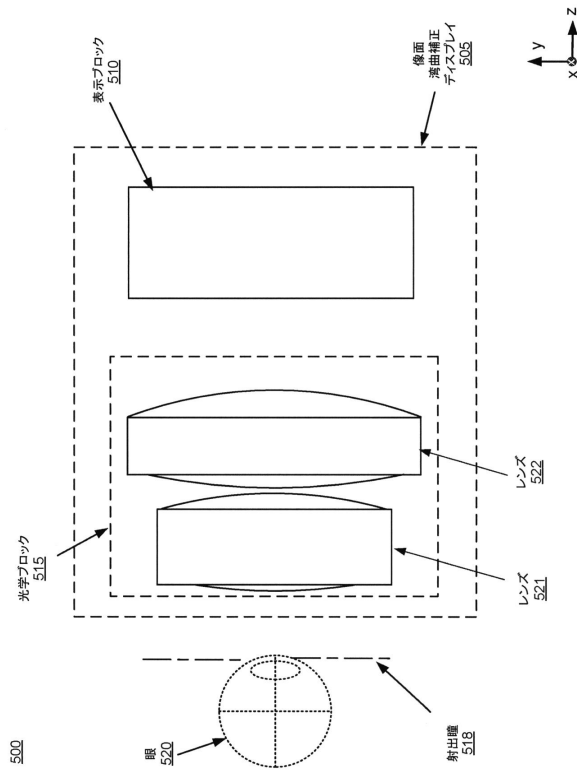
【図 4】



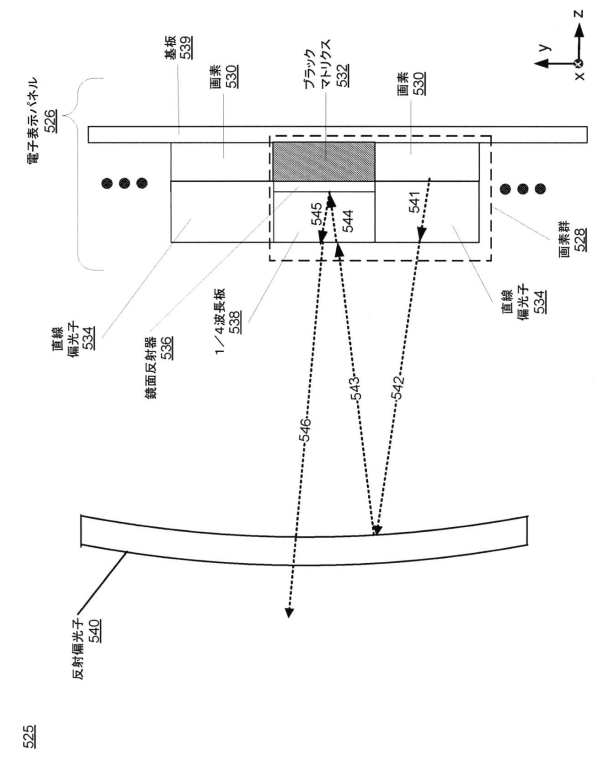
【図 3 B】



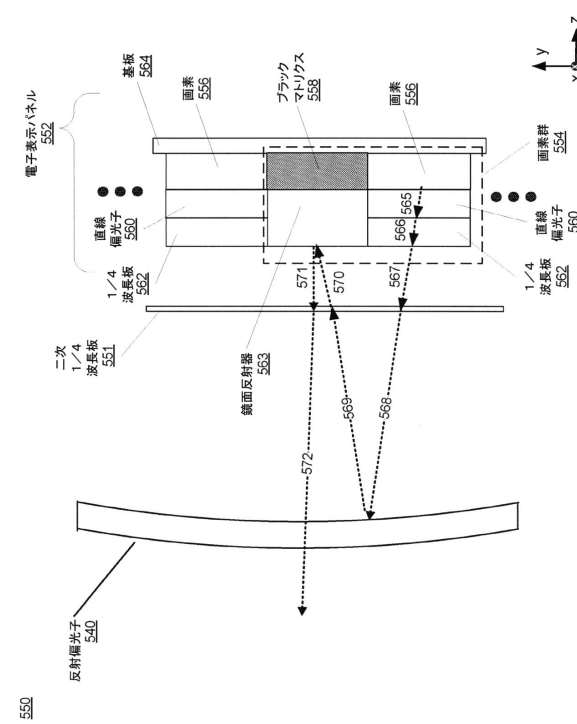
【図 5 A】



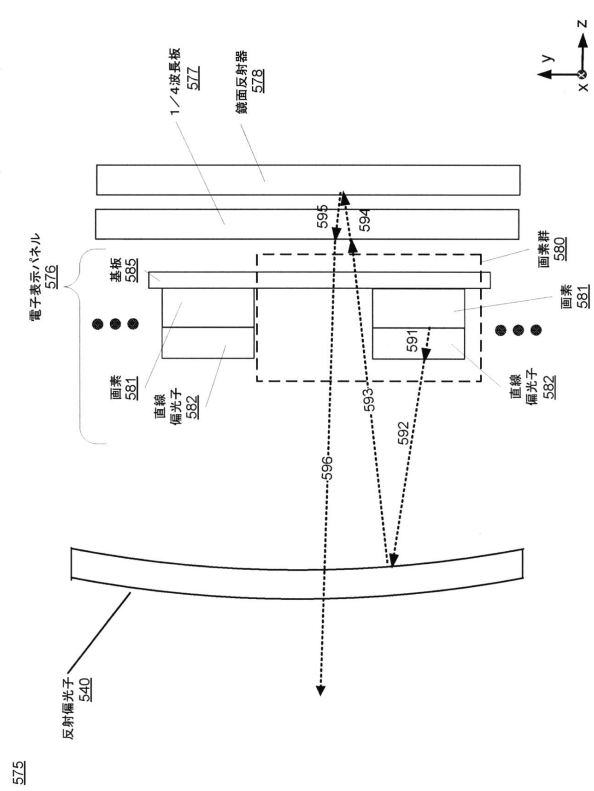
【図 5 B】



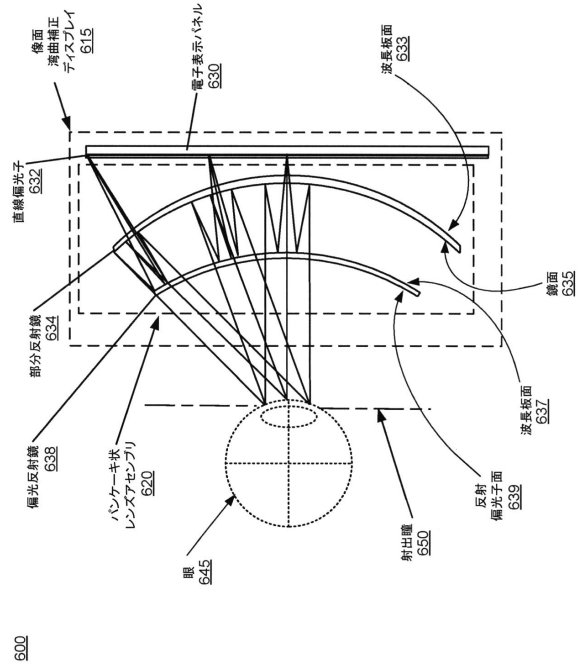
【図 5 C】



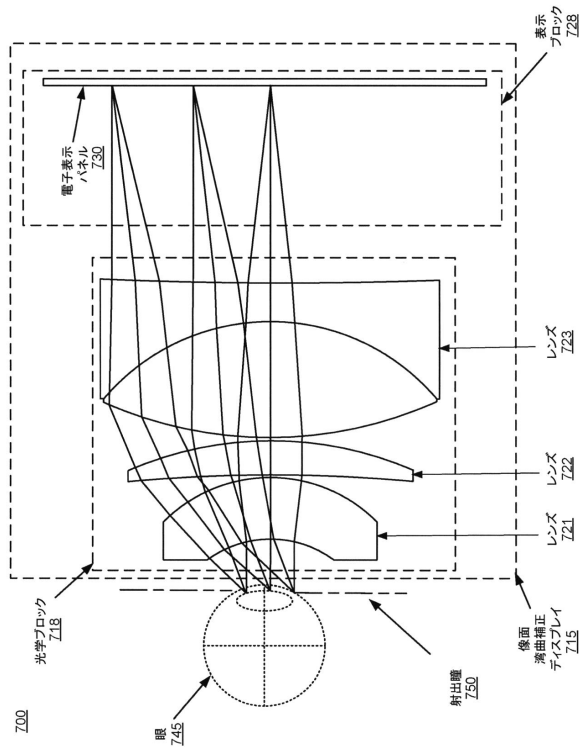
【図 5 D】



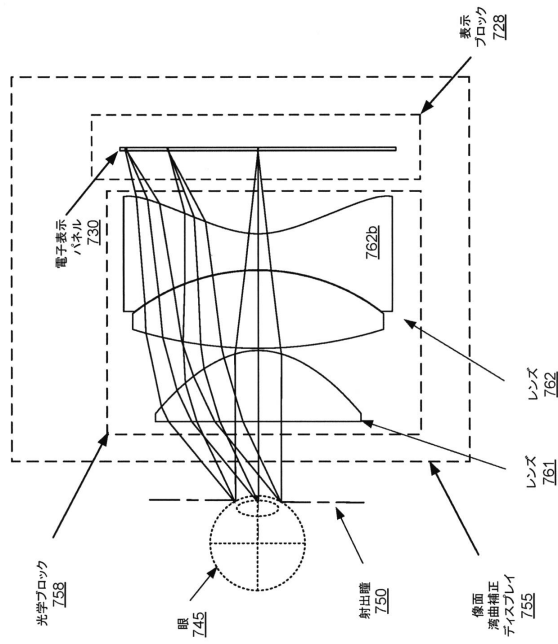
【図 6】



【図 7 A】



【図 7 B】



フロントページの続き

- (72)発明者 ゲン、イン
アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
オキュラス バイアール, エルエルシー
- (72)発明者 ゴリアー、ジャック
アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
オキュラス バイアール, エルエルシー
- (72)発明者 マクナリー、スティーブン ジェームズ
アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
オキュラス バイアール, エルエルシー
- (72)発明者 ブライアーズ、ブレット ジョセフ
アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
オキュラス バイアール, エルエルシー
- (72)発明者 マケルダウニー、スコット チャールズ
アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
オキュラス バイアール, エルエルシー

審査官 山本 貴一

- (56)参考文献 特開平06-319092(JP, A)
特開平07-175009(JP, A)
特開2013-045020(JP, A)
国際公開第2015/196965(WO, A1)
米国特許第05293271(US, A)
米国特許第08009949(US, B1)
特開平07-193827(JP, A)
米国特許第05181013(US, A)
米国特許第05581271(US, A)
特開平09-182112(JP, A)
特開2008-176092(JP, A)
特開平11-153772(JP, A)
特開2009-014962(JP, A)
国際公開第2016/027539(WO, A1)
特開2009-157399(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/01, 27/02

H04N 5/64

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)