

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7585351号
(P7585351)

(45)発行日 令和6年11月18日(2024.11.18)

(24)登録日 令和6年11月8日(2024.11.8)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 27/02 (2006.01)

G 0 2 B 27/02

Z

請求項の数 19 (全96頁)

(21)出願番号	特願2022-570304(P2022-570304)	(73)特許権者	514108838
(86)(22)出願日	令和3年5月21日(2021.5.21)		マジック リープ, インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2023-528262(P2023-528262 A)		M a g i c L e a p , I n c .
(43)公表日	令和5年7月4日(2023.7.4)		アメリカ合衆国 フロリダ 3 3 3 2 2 ,
(86)国際出願番号	PCT/US2021/033700		プランテーション, ウェスト サンライズ
(87)国際公開番号	WO2021/237115		ブルバード 7 5 0 0
(87)国際公開日	令和3年11月25日(2021.11.25)		7 5 0 0 W S U N R I S E B L V D
審査請求日	令和6年5月10日(2024.5.10)		, P L A N T A T I O N , F L 3 3 3
(31)優先権主張番号	63/029,312	(74)代理人	2 2 U S A
(32)優先日	令和2年5月22日(2020.5.22)		100078282
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	弁理士 山本 秀策
(31)優先権主張番号	63/050,635		100113413
(32)優先日	令和2年7月10日(2020.7.10)	(74)代理人	弁理士 森下 夏樹
	最終頁に続く		100181674
		(74)代理人	弁理士 飯田 貴敏
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 相関内部結合および外部結合光学領域を伴う拡張および仮想現実ディスプレイシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を投影し、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイシステムであって、前記ディスプレイシステムは、

光投影システムと、

仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイであって、前記頭部搭載可能ディスプレイは、少なくとも1つの導波管を含み、前記少なくとも1つの導波管は、

複数の内部結合領域であって、前記複数の内部結合領域は、それぞれが、前記光投影システムから、前記仮想画像コンテンツを形成するための画像情報を有する光を受光し、前記光を前記導波管の中に内部結合するように構成される、複数の内部結合領域と、

複数の外部結合領域であって、前記複数の外部結合領域は、前記光を前記導波管から外に外部結合し、前記仮想コンテンツを表示するように構成され、前記複数の外部結合領域のそれぞれは、前記内部結合領域の異なるものからの光を受光するように構成される、複数の外部結合領域と

を備える、頭部搭載可能ディスプレイと

を備え、

前記複数の内部結合領域は、前記複数の外部結合領域のうちの少なくとも1つの外部結合領域を囲繞する内部結合光学要素を、少なくとも3つの側上に備える、ディスプレイシステム。

10

20

【請求項 2】

前記複数の内部結合領域の各内部結合領域は、前記複数の外部結合領域の一意的な外部結合領域に対応し、選択的に光を指向するように構成される、請求項 1 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 3】

各内部結合領域は、前記内部結合領域によって内部結合された光を前記内部結合領域に対応する前記外部結合領域によって優先的に外部結合させるように選択される傾斜、格子配向、格子構造サイズ、または格子ピッチのうちの少なくとも 1 つを有する回折格子である、請求項 2 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 4】

前記複数の内部結合領域は、回折格子を備える、請求項 1 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 5】

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、前記導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる格子ピッチを有する、請求項 4 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 6】

前記異なる格子ピッチは、前記導波管の中に内部結合された光が前記導波管に向かって全内部反射を受ける全内部反射角度を、前記複数の外部結合領域の関連付けられる外部結合領域に向かって変化させる、請求項 5 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 7】

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、前記導波管の平面内に、前記導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる格子配向を有する、請求項 4 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 8】

前記異なる格子配向は、前記導波管の中に内部結合された光が前記導波管内で全内部反射を受ける全内部反射角度を、前記複数の外部結合領域の関連付けられる外部結合領域に向かって変化させる、請求項 7 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 9】

前記外部結合領域は、前記導波管を横断して、グリッドパターンを画定する、請求項 1 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 10】

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、光を内部結合し、その光を指向し、全内部反射によって、前記導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる方向に沿って、前記導波管内で伝搬させるように配列される、請求項 1 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 11】

前記少なくとも 1 つの外部結合領域の側方縁に近接する少なくとも 1 つの内部結合領域は、内向きにバイアスされた軸を中心として対称的に配置されるある角度の範囲に沿って、光を内部結合するように構成される、請求項 10 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 12】

前記複数の内部結合領域のうちの少なくとも 2 つは、前記複数の外部結合領域のうちの前記少なくとも 1 つの外部結合領域の異なる側に沿って配置される、請求項 1 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 13】

前記光投影システムは、光源と、画像光を前記内部結合領域の個々のものに指向するように構成される可動光投入器とを備える、請求項 1 に記載のディスプレイシステム。

【請求項 14】

前記頭部搭載可能ディスプレイは、導波管スタックを形成する複数の導波管を備え、前記導波管のそれぞれは、複数の前記内部結合領域および前記外部結合領域を備え、

前記導波管のそれぞれの内部結合領域は、前記内部結合領域上に入射する内部結合光の方向から視認される際、真正面平面図に見られるように、側方に変位される、請求項 1 に

10

20

30

40

50

記載のディスプレイシステム。

【請求項 15】

同一導波管の外部結合領域は、同一波面発散を伴う光を出力するように構成され、
異なる導波管の外部結合領域は、少なくとも1つの他の導波管の外部結合領域と異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、

前記異なる波面発散量は、異なる深度面に対応する、請求項14に記載のディスプレイシステム。

【請求項 16】

前記光投影システムは、
光エミッタのアレイを備える光源と、
前記光源からの光を変調させるように構成される空間光変調器と、
フレーム上に搭載され、前記空間光変調器からの光を前記内部結合領域に指向するように構成される投影光学系と

を備え、

前記ディスプレイシステムは、異なる複数の前記光エミッタをアクティブ化し、前記仮想画像コンテンツを異なる深度面上に提供するように構成され、前記ディスプレイシステムは、

前記仮想画像コンテンツを比較的に近い深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に大距離を提供することと、

前記仮想画像コンテンツを比較的に遠深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に小距離を提供することと

を行うように構成される、請求項1に記載のディスプレイシステム。

【請求項 17】

前記複数の光エミッタの光エミッタのそれぞれを順次異なる時間にアクティブ化するように構成され、前記ディスプレイシステムは、各光エミッタのアクティブ化を、異なる視差的に不同性の瞳孔内画像の表示と同期させるように構成される、請求項16に記載のディスプレイシステム。

【請求項 18】

可変焦点レンズ要素を前記導波管の対向側上にさらに備える、請求項1に記載のディスプレイシステム。

【請求項 19】

前記光投影システムは、複数のプロジェクタを備え、前記複数のプロジェクタのプロジェクタは、前記頭部搭載型ディスプレイのFOVの細分割された部分以下のための画像コンテンツを提供するように構成される、請求項1に記載のディスプレイシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

あらゆる出願であって、それに関して外国または国内の優先権の主張が、本願とともに出願された出願データシート内で識別されるものは、37 CFR 1.57下、参照することによって本明細書に組み込まれる。

【0002】

本願は、その内容は、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる、2020年5月22日に出願され、「METHOD AND SYSTEM FOR DUAL PROJECTOR WAVEGUIDE DISPLAYS WITH WIDE FIELD OF VIEW」と題された、米国仮特許出願第63/029312号、および2020年7月10日に出願され、「AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY DISPLAY SYSTEMS WITH CORRELATED IN-COUPPLING AND OUT-COUPPLING OPTICAL REGIONS FOR EFFICIENT LIGHT UTILIZATION」と題された、米

国仮特許出願第63/050635号の優先権を主張する。

【0003】

本願は、そのそれぞれの内容全体が、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる、2018年9月27日に公開され、「DEPTH BASED FOVEATED RENDERING FOR DISPLAY SYSTEMS」と題された、米国特許出願公開第2018/0275410号、「PERIOCLAR TEST FOR MIXED REALITY CALIBRATION」と題され、2020年2月25日に発行された、米国特許第10573042号、および「DISPLAY SYSTEMS AND METHODS FOR DETERMINING REGISTRATION BETWEEN A DISPLAY AND A USER'S EYES」と題された、2019年7月18日に公開された、米国特許出願公開第2019/0222830号、2019年5月21日に出版され、発行され、「IRIS BOUNDARY ESTIMATION USING CORNEA CURVATURE」と題された、米国特許第10,296,792号、2017年2月23日に公開され、「EYELID SHAPE ESTIMATION USING EYE POSE MEASUREMENT」と題された、米国特許公開第2017/0053165号、2017年2月23日に公開され、「EYELID SHAPE ESTIMATION」と題された、米国特許公開第2017/0053166号、2019年8月8日に公開され、「EYE CENTER OF ROTATION DETERMINATION, DEPTH PLANE SELECTION, AND RENDER CAMERA POSITIONING IN DISPLAY SYSTEMS」と題された、米国特許出願公開第2019/0243558号、2021年1月21日に公開され、「EYE CENTER OF ROTATION DETERMINATION WITH ONE OR MORE EYE TRACKING CAMERAS」と題された、国際公開第WO2021/01166号、2018年4月26日に公開され、「SYSTEM AND METHOD FOR PRESENTING IMAGE CONTENT ON MULTIPLE DEPTH PLANES BY PROVIDING MULTIPLE INTRA-PUPIL PARALLAX VIEWS」と題された、米国特許出願公開第2018/0113311号、2019年9月12日に公開され、「DISPLAY SYSTEM WITH LOW-LATENCY PUPIL TRACKER」と題された、国際公開第WO2019/173158号、2017年10月12日に公開され、「AUGMENTED REALITY SYSTEMS AND METHODS WITH VARIABLE FOCUS LENS ELEMENTS」と題された、米国特許出願公開第2017/0293145号、および2018年4月26日に公開され、「SYSTEM AND METHOD FOR PRESENTING IMAGE CONTENT ON MULTIPLE DEPTH PLANES BY PROVIDING MULTIPLE INTRA-PUPIL PARALLAX VIEWS」と題された、米国特許出願公開第2018/0113311号に関連する。

【0004】

本開示は、ディスプレイシステムに関し、より具体的には、拡張および仮想現実ディスプレイシステムに関する。

【背景技術】

【0005】

現代のコンピューティングおよびディスプレイ技術は、いわゆる「仮想現実」または「拡張現実」体験のためのシステムの開発を促進しており、デジタル的に再現された画像またはその一部が、現実であるように見える、すなわち、そのように知覚され得る様式でユーザに提示される。仮想現実、すなわち、「VR」シナリオは、典型的には、他の実際の実世界の視覚的入力に対する透過性を伴わずに、デジタルまたは仮想画像情報の提示を伴い、拡張現実、すなわち、「AR」シナリオは、典型的には、ユーザの周囲の実際の世界の可視化に対する拡張としてのデジタルまたは仮想画像情報の提示を伴う。複合現実、す

10

20

30

40

50

なわち、「MR」シナリオは、一種のARシナリオであって、典型的には、自然世界の中に統合され、それに応答する、仮想オブジェクトを伴う。例えば、MRシナリオでは、実世界内のオブジェクトによって遮断されて見える、または別様にそれと相互作用するように知覚される、AR画像コンテンツを含んでもよい。

【0006】

図1を参照すると、拡張現実場面10が、描写されている。AR技術のユーザには、人々、木々、背景における建物を特徴とする、実世界公園状設定20と、コンクリートプラットフォーム30とが見える。ユーザはまた、実世界プラットフォーム30上に立っているロボット像40と、マルハナバチの擬人化のように見える、飛んでいる漫画のようなアバターキャラクタ50等の「仮想コンテンツ」を「見ている」と知覚する。これらの要素50、40は、実世界には存在しないという点で、「仮想」である。ヒトの視知覚系は、複雑であって、他の仮想または実世界画像要素の中で仮想画像要素の快適で、自然のような感覚で、かつ豊かな提示を促進する、AR技術を生産することは、困難である。

10

【0007】

本明細書に開示されるシステムおよび方法は、ARまたはVR技術を含む、ディスプレイ技術に関連する種々の課題に対処する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示の側面が、ここで、図および種々の実施例に関して詳細に記載されるであろう。しかしながら、当業者は、本明細書に開示されるデバイスおよび方法の他の構成が、同程度に詳細に説明されない場合であっても、依然として、本開示の範囲内に該当するであろうことを理解するであろう。議論される種々の構成の側面は、本明細書の本開示の範囲を限定するものではなく、これは、代わりに、本説明に続く請求項によって定義される。

20

【0009】

下記に列挙される実施例等、光をユーザの1つまたはそれを上回る眼に投影し、仮想画像コンテンツを該ユーザの視野内に表示する、ディスプレイシステムの種々の実施例が、本明細書に説明される。

【0010】

実施例1：光を投影し、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイシステムであって、ディスプレイシステムは、光投影システムと、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイであって、頭部搭載可能ディスプレイは、少なくとも1つの導波管を含み、少なくとも1つの導波管は、複数の内部結合領域であって、複数の内部結合領域は、それぞれが、光投影システムから、仮想画像コンテンツを形成するための画像情報を有する光を受光し、光を導波管の中に内部結合するように構成される、複数の内部結合領域と、複数の外部結合領域であって、複数の外部結合領域は、光を導波管から外に外部結合し、仮想コンテンツを表示するように構成され、複数の外部結合領域のそれぞれは、内部結合領域の異なるものからの光を受光するように構成される、複数の外部結合領域とを備える、頭部搭載可能ディスプレイとを備える、ディスプレイシステム。

30

40

【0011】

実施例2：複数の内部結合領域の各内部結合領域は、複数の外部結合領域の一意の外部結合領域に対応し、選択的に光を指向するように構成される、実施例1に記載のディスプレイシステム。

【0012】

実施例3：各内部結合領域は、内部結合領域によって内部結合された光を内部結合領域に対応する外部結合領域によって優先的に外部結合させるように選択される傾斜、格子配向、格子構造サイズ、または格子ピッチのうちの少なくとも1つを有する回折格子である、実施例1または2に記載のディスプレイシステム。

【0013】

50

実施例 4：光結合領域は、光投影システムからの入射光を、全内部反射のための角度において、導波管を通して、伝搬方向に沿って再指向するように構成され、光の一部を伝搬方向に交差する軸に沿って伝搬するように再指向するように構成される光分散構造をさらに備える、実施例 1 - 3 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0014】

実施例 5：光分散構造および複数の外部結合領域は、少なくとも 1 つの導波管の対向主要表面上に配置される、実施例 1 - 4 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0015】

実施例 6：複数の内部結合領域は、回折格子を備える、実施例 1 - 5 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0016】

実施例 7：複数の内部結合領域のそれぞれは、導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる格子ピッチを有する、実施例 1 - 6 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0017】

実施例 8：異なる格子ピッチは、導波管の中に内部結合された光が導波管に向かって全内部反射を受ける全内部反射角度を、複数の外部結合領域の関連付けられる外部結合領域に向かって変化させる、実施例 1 - 7 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0018】

実施例 9：複数の内部結合領域のそれぞれは、導波管の平面内に、導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる格子配向を有する、実施例 1 - 6 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0019】

実施例 10：異なる格子配向は、光が複数の外部結合領域の意図される外部結合領域に向かって伝搬するように、光が導波管の中に結合される角度を変化させる、実施例 1 - 9 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0020】

実施例 11：複数の内部結合領域のそれぞれは、導波管の平面に対して、導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる傾斜を有する、実施例 1 - 10 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0021】

実施例 12：内部結合領域は、相互から離間される、実施例 1 - 11 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0022】

実施例 13：光内部結合領域は、複数の外部結合領域の少なくとも 1 つの側の周囲に列に配置される、実施例 1 - 12 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0023】

実施例 14：外部結合領域のそれぞれは、導波管を横断して、ストライプを画定し、ストライプは、内部結合領域の列に交差する軸に沿って伸長される、実施例 1 - 13 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0024】

実施例 15：外部結合領域は、導波管を横断して、グリッドパターンを画定する、実施例 1 - 14 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0025】

実施例 16：複数の内部結合領域のそれぞれは、光を内部結合し、その光を指向し、全内部反射によって、導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる方向に沿って、導波管内で伝搬させるように配列される、実施例 1 - 15 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0026】

実施例 17：少なくとも 1 つの外部結合領域の側方縁に近接する少なくとも 1 つの内部

10

20

30

40

50

結合領域は、内向きにバイアスされた軸を中心として対称的に配置されるある角度の範囲に沿って、光を内部結合するように構成される、実施例 1 - 16 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0027】

実施例 18：複数の内部結合領域のうちの少なくとも 2 つは、複数の外部結合領域のうちの少なくとも 1 つの異なる側に沿って配置される、実施例 1 - 17 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0028】

実施例 19：複数の内部結合領域は、複数の外部結合領域のうちの少なくとも 1 つを圍繞する内部結合光学要素を、少なくとも 3 つの側上に備える、実施例 1 - 18 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

10

【0029】

実施例 20：光投影システムは、光源と、画像光を内部結合領域の個々のものに指向するように構成される可動光投入器とを備える、実施例 1 - 19 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0030】

実施例 21：頭部搭載可能ディスプレイは、導波管スタックを形成する複数の導波管を備え、導波管のそれぞれは、複数の内部結合領域および外部結合領域を備え、導波管のそれぞれの内部結合領域は、内部結合領域上に入射する内部結合光の方向から視認される際、真正面平面図に見られるように、側方に変位される、実施例 1 - 20 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

20

【0031】

実施例 22：同一導波管の外部結合領域は、同一波面発散を伴う光を出力するように構成され、異なる導波管の外部結合領域は、少なくとも 1 つの他の導波管の外部結合領域と異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、異なる波面発散量は、異なる深度面に対応する、実施例 1 - 21 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0032】

実施例 23：各導波管の内部結合領域は、同一原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成され、いくつかの導波管の内部結合領域は、他の導波管の内部結合領域と異なる原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成される、実施例 1 - 21 2 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

30

【0033】

実施例 24：光投影システムは、光エミッタのアレイを備える光源と、光源からの光を変調させるように構成される空間光変調器と、フレーム上に搭載され、空間光変調器からの光を内部結合領域に指向するように構成される投影光学系とを備え、ディスプレイシステムは、異なる複数の光エミッタをアクティブ化し、仮想画像コンテンツを異なる深度面上に提供するように構成され、ディスプレイシステムは、仮想画像コンテンツを比較的に近深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に大距離を提供することと、仮想画像コンテンツを比較的に遠深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に小距離を提供することとを行うように構成される、実施例 1 - 23 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

40

【0034】

実施例 25：複数の光エミッタの光エミッタのそれぞれを順次異なる時間にアクティブ化するように構成され、ディスプレイシステムは、各光エミッタのアクティブ化と異なる視差的に不同性の瞳孔内画像の表示を同期させるように構成される、実施例 1 - 24 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0035】

実施例 26：光源は、マイクロディスプレイであり、光エミッタは、発光ダイオードである、実施例 1 - 24 5 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0036】

50

実施例 27：可変焦点レンズ要素を導波管の対向側上にさらに備える、実施例 1 - 26 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0037】

実施例 28：光投影システムは、複数のプロジェクタを備え、複数のプロジェクタのプロジェクタは、頭部搭載型ディスプレイの FOV の細分割された部分以下のための画像コンテンツを提供するように構成される、実施例 1 - 27 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0038】

実施例 29：ディスプレイシステムであって、光投影システムと、光をユーザの眼の中に投影し、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイであって、頭部搭載可能ディスプレイは、少なくとも 1 つの導波管であって、光投影システムからの光を受光するように構成される複数の光内部結合領域と、光をユーザの眼に出力するように構成される複数の光外部結合領域とを備える、少なくとも 1 つの導波管を備える、頭部搭載型ディスプレイと、ディスプレイおよび内向きに向けた結像システムと通信する処理電子機器であって、処理電子機器は、1 つまたはそれを上回るプロセッサと、1 つまたはそれを上回るコンピュータ記憶媒体とを備え、1 つまたはそれを上回るコンピュータ記憶媒体は、命令を記憶しており、前記命令は、1 つまたはそれを上回るプロセッサによって実行されると、1 つまたはそれを上回るプロセッサに、眼の眼姿勢と関連付けられる光外部結合領域を決定することと、光投影システムからの光を、決定された光外部結合領域と関連付けられる光内部結合領域に指向するための命令を提供することを含む動作を実施させる、処理電子機器とを備える、ディスプレイシステム。

【0039】

実施例 30：光外部結合領域を決定することは、眼の通視線と複数の光外部結合領域のうちの 1 つの交点を決定することを含む、実施例 29 に記載のディスプレイシステム。

【0040】

実施例 31：光内部結合領域は、複数の外部結合領域の少なくとも 1 つの側の周囲に一系列に配置される、実施例 29 または 30 に記載のディスプレイシステム。

【0041】

実施例 32：光投影システムは、少なくとも 1 つの光源と、画像光を出力するように構成される、少なくとも 1 つの可動光投入器とを備える、実施例 29 に記載のディスプレイシステム。

【0042】

実施例 33：少なくとも 1 つの可動光投入器は、走査式ミラーを備える、実施例 29 - 32 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0043】

実施例 34：少なくとも 1 つの可動光投入器は、走査式ファイバ投入器を備える、実施例 29 - 33 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0044】

実施例 35：光投影システムは、少なくとも 1 つの光源と、光源からの光を変調させるように構成される少なくとも 1 つの空間光変調器とを備える、実施例 29 - 34 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0045】

実施例 36：頭部搭載型ディスプレイは、仮想オブジェクトを複数の深度面上に表示するように構成される、実施例 29 - 35 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0046】

実施例 37：動作は、仮想オブジェクトの視差的に不同性の瞳孔内画像のセットを眼の中に投入し、仮想オブジェクトを深度面のうちの 1 つ上に表示することを含む、実施例 29 - 36 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0047】

実施例 38：動作は、視差的に不同性の瞳孔内画像のセットのそれぞれをフリッカ融合

10

20

30

40

50

閾値内で投入することを含む、実施例 29 - 37 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0048】

実施例 39：動作は、光を、決定された光外部結合領域と関連付けられる複数の内部結合領域の光内部結合領域内の複数の内部結合要素に指向するための命令を提供することを含む、実施例 29 - 39 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0049】

実施例 40：少なくとも 1 つの可変焦点レンズ要素を少なくとも 1 つの導波管のユーザ側上にさらに備え、第 1 の可変焦点レンズ要素は、投影された光を修正し、ユーザの眼の屈折異常を補正するように構成される、実施例 29 - 39 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

10

【0050】

実施例 41：動作はさらに、眼の固視点を決定し、固視点に対応する補正を適用することを含む、実施例 29 - 40 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0051】

実施例 42：ユーザの眼の 1 つまたはそれを上回る画像を捕捉するように構成される内向きに向いた結像システムをさらに備え、動作は、内向きに向いた結像システムによって捕捉されたユーザの眼の画像を受信することと、受信された画像に基づいて、眼姿勢を識別することを含む、実施例 29 - 41 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0052】

20

実施例 43：少なくとも 1 つの導波管は、導波管スタックを形成する、複数の導波管のうちの 1 つであり、導波管のそれぞれは、複数の内部結合領域および外部結合領域を備え、導波管のそれぞれの内部結合領域は、内部結合領域上に入射する内部結合光の方向から視認される際、真正面平面図に見られるように、側方に変位される、実施例 29 - 42 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0053】

実施例 44：同一導波管の外部結合領域は、同一波面発散を伴う光を出力するように構成され、異なる導波管の外部結合領域は、少なくとも 1 つの他の導波管の外部結合領域と異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、異なる波面発散量は、異なる深度面に対応する、実施例 29 - 43 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

30

【0054】

実施例 45：各導波管の内部結合領域は、同一原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成され、いくつかの導波管の内部結合領域は、他の導波管の内部結合領域と異なる原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成される、実施例 29 - 44 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0055】

実施例 46：光投影システムは、複数のプロジェクタを備え、複数のプロジェクタのプロジェクタは、頭部搭載型ディスプレイの FOV の細分割された部分以下のための画像コンテンツを提供するように構成される、実施例 29 - 45 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

40

【0056】

実施例 47：ディスプレイシステムであって、光投影システムと、光をユーザの眼の中に投影し、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載型ディスプレイであって、頭部搭載型ディスプレイは、少なくとも 1 つの導波管であって、光投影システムからの光を受光するように構成される複数の光内部結合領域と、光をユーザの眼に出力するように構成される複数の光外部結合領域とを備える、少なくとも 1 つの導波管を備える、頭部搭載型ディスプレイと、ディスプレイと通信する処理電子機器であって、処理電子機器は、1 つまたはそれを上回るプロセッサと、1 つまたはそれを上回るコンピュータ記憶媒体とを備え、1 つまたはそれを上回るコンピュータ記憶媒体は、命令を記憶しており、命令は、1 つまたはそれを上回るプロセッサによって実行されると、1 つまたはそれを上

50

回るプロセッサに、ユーザの視野内の仮想オブジェクトのための場所を決定することと、場所に対応する、外部結合領域を識別することと、光投影システムからの光を、決定された光外部結合領域と関連付けられる、光内部結合領域に指向するための命令を提供することを含む動作を実施させる、処理電子機器とを備える、ディスプレイシステム。

【0057】

実施例48：外部結合領域を識別することは、眼の眼姿勢を決定することと、視野内の仮想オブジェクトによって占有されるべき場所に重複する、外部結合領域を決定することを含む、実施例47に記載のディスプレイシステム。

【0058】

実施例49：動作は、仮想オブジェクトのための移動を提供することを含む、実施例47または48に記載のディスプレイシステム。

10

【0059】

実施例50：動作は、仮想オブジェクトの視覚的性質の時間的変化を経時的に提供することを含み、視覚的性質は、色、サイズ、および明度のうちの1つまたはそれを上回るものを備える、実施例47 - 49のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0060】

実施例51：光内部結合領域は、複数の外部結合領域の少なくとも1つの側の周囲に一列に配置される、実施例47 - 50のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0061】

実施例52：光投影システムは、少なくとも1つの光源と、画像光を出力するように構成される、少なくとも1つの可動光投入器とを備える、実施例47 - 52のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

20

【0062】

実施例53：少なくとも1つの可動光投入器は、走査式ミラーを備える、実施例47 - 52のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0063】

実施例54：少なくとも1つの可動光投入器は、走査式ファイバ投入器を備える、実施例47 - 52のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0064】

実施例55：光投影システムは、少なくとも1つの光源と、光源からの光を変調させるように構成される少なくとも1つの空間光変調器とを備える、実施例47 - 51のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

30

【0065】

実施例56：頭部搭載型ディスプレイは、仮想オブジェクトを複数の深度面上に表示するように構成される、実施例47 - 55のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0066】

実施例57：動作は、仮想オブジェクトの視差的に不同性の瞳孔内画像のセットを眼の中に投入し、仮想オブジェクトを深度面のうちの1つ上に表示することを含む、実施例47 - 56のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0067】

40

実施例58：動作は、光を、決定された光外部結合領域と関連付けられる複数の内部結合領域の光内部結合領域内の複数の内部結合要素に指向するための命令を提供することを含む、実施例47 - 56のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0068】

実施例59：少なくとも1つの可変焦点レンズ要素を少なくとも1つの導波管のユーザ側上にさらに備え、第1の可変焦点レンズ要素は、投影された光を修正し、ユーザの眼の屈折異常を補正するように構成される、実施例47 - 56のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0069】

実施例60：ユーザの眼の1つまたはそれを上回る画像を捕捉するように構成される内

50

向きに向いた結像システムをさらに備え、動作は、内向きに向いた結像システムによって捕捉されたユーザの眼の画像を受信することと、受信された画像に基づいて、眼姿勢を識別することとを含む、実施例 47 - 59 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0070】

実施例 61：少なくとも 1 つの導波管は、導波管スタックを形成する、複数の導波管のうちの 1 つであり、導波管のそれぞれは、複数の内部結合領域および外部結合領域を備え、導波管のそれぞれの内部結合領域は、内部結合領域上に入射する内部結合光の方向から視認される際、真正面平面図に見られるように、側方に変位される、実施例 47 - 60 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0071】

実施例 62：同一導波管の外部結合領域は、同一波面発散を伴う光を出力するように構成され、異なる導波管の外部結合領域は、少なくとも 1 つの他の導波管の外部結合領域と異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、異なる波面発散量は、異なる深度面に対応する、実施例 47 - 61 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0072】

実施例 63：各導波管の内部結合領域は、同一原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成され、いくつかの導波管の内部結合領域は、他の導波管の内部結合領域と異なる原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成される、実施例 47 - 62 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0073】

実施例 64：内部結合領域は、回折格子を備える、実施例 47 - 63 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0074】

実施例 65：外部結合領域は、回折格子を備える、実施例 47 - 64 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0075】

実施例 66：光投影システムは、複数のプロジェクタを備え、複数のプロジェクタのプロジェクタは、頭部搭載型ディスプレイの FOV の細分割された部分以下のための画像コンテンツを提供するように構成される、実施例 47 - 65 のいずれか 1 項に記載のディスプレイシステム。

【0076】

実施例 67：光を投影し、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイシステムであって、ディスプレイシステムは、光投影システムと、仮想画像コンテンツを表示するように構成される、頭部搭載可能ディスプレイであって、頭部搭載可能ディスプレイは、少なくとも 1 つの導波管を含み、少なくとも 1 つの導波管は、少なくとも 1 つの導波管の少なくとも 1 つの側方縁に近接する複数の内部結合領域であって、各導波管は、光投影システムから、仮想画像コンテンツを形成するための画像情報を有する光を受光し、光を導波管の中に内部結合するように構成される、複数の内部結合領域を備える、頭部搭載可能ディスプレイとを備える、ディスプレイシステム。

【0077】

実施例 68：光を導波管から外に外部結合し、仮想コンテンツを表示するように構成される複数の外部結合領域であって、複数の外部結合領域のそれぞれは、内部結合領域の異なるものからの光を受光するように構成される、複数の外部結合領域をさらに備える、実施例 67 に記載のディスプレイシステム。

【0078】

実施例 69：複数の内部結合領域のうちの少なくとも 2 つは、複数の外部結合領域の少なくとも 1 つの外部結合領域の異なる側方縁に沿って配置される、実施例 67 または 68 に記載のディスプレイシステム。

【0079】

実施例 70：複数の内部結合領域は、複数の外部結合領域を包囲する、実施例 67 - 6

10

20

30

40

50

9のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0080】

実施例71：複数の内部結合領域の各内部結合領域は、複数の外部結合領域の一意の外部結合領域に対応し、選択的に光を指向するように構成される、実施例67-70のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0081】

実施例72：光結合領域は、光投影システムからの入射光を、全内部反射のための角度において、導波管を通して、伝搬方向に沿って再指向するように構成され、光の一部を伝搬方向に交差する軸に沿って伝搬するように再指向するように構成される光分散構造をさらに備える、実施例67-71のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

10

【0082】

実施例73：光分散構造および複数の外部結合領域は、少なくとも1つの導波管の対向主要表面上に配置される、実施例67-72のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0083】

実施例74：外部結合領域は、導波管を横断して、グリッドパターンを画定する、実施例67-73のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0084】

実施例75：頭部搭載可能ディスプレイは、導波管スタックを形成する複数の導波管を備え、導波管のそれぞれは、複数の内部結合領域および外部結合領域を備え、導波管のそれぞれの内部結合領域は、内部結合領域上に入射する内部結合光の方向から視認される際、真正面平面図に見られるように、側方に変位される、実施例67-74のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

20

【0085】

実施例76：同一導波管の外部結合領域は、同一波面発散を伴う光を出力するように構成され、異なる導波管の外部結合領域は、少なくとも1つの他の導波管の外部結合領域と異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、異なる波面発散量は、異なる深度面に対応する、実施例67-75のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0086】

実施例77：各導波管の内部結合領域は、同一原色に対応する、波長の範囲の光を内部結合するように構成され、いくつかの導波管の内部結合領域は、他の導波管の内部結合領域と異なる原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成される、実施例67-76のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

30

【0087】

実施例78：複数の内部結合領域は、回折格子を備える、実施例67-77のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0088】

実施例79：複数の内部結合領域のそれぞれは、導波管の少なくとも1つの他の内部結合領域と異なる格子ピッチを有する、実施例67-78のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

40

【0089】

実施例80：複数の内部結合領域のそれぞれは、導波管の平面内に、導波管の少なくとも1つの他の内部結合領域と異なる格子配向を有する、実施例67-79のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0090】

実施例81：複数の内部結合領域のそれぞれは、導波管の平面に対して、導波管の少なくとも1つの他の内部結合領域と異なる傾斜を有する、実施例67-80のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0091】

実施例82：内部結合領域は、相互から離間される、実施例67-81のいずれか1項

50

に記載のディスプレイシステム。

【0092】

実施例83：複数の内部結合領域のそれぞれは、光を内部結合し、その光を指向し、全内部反射によって、導波管内において、導波管の少なくとも1つの他の内部結合領域と異なる方向に沿って伝搬するように配列される、実施例67-82のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0093】

実施例84：光投影システムは、少なくとも1つの光源と、画像光を内部結合領域の個々のものに指向するように構成される、少なくとも1つの可動光投入器とを備える、実施例67-83のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0094】

実施例85：光投影システムは、光エミッタのアレイを備える少なくとも1つの光源と、光源からの光を変調させるように構成される少なくとも1つの空間光変調器と、フレーム上に搭載され、空間光変調器からの光を内部結合領域に指向するように構成される投影光学系とを備え、ディスプレイシステムは、異なる複数の光エミッタをアクティブ化し、仮想画像コンテンツを異なる深度面上に提供するように構成され、ディスプレイシステムは、仮想画像コンテンツを比較的に近深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に大距離を提供することと、仮想画像コンテンツを比較的に遠深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に小距離を提供することとを行うように構成される、実施例67-84のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0095】

実施例86：複数の光エミッタの光エミッタのそれぞれを順次異なる時間にアクティブ化するように構成され、ディスプレイシステムは、各光エミッタのアクティブ化と異なる視差的に不同性の瞳孔内画像の表示を同期させるように構成される、実施例67-86のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0096】

実施例87：可変焦点レンズ要素を導波管の対向側方縁上にさらに備える、実施例67-86のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0097】

実施例88：光投影システムは、複数のプロジェクタを備え、複数のプロジェクタのプロジェクタは、頭部搭載型ディスプレイのFOVの細分割された部分以下のための画像コンテンツを提供するように構成される、実施例67-87のいずれか1項に記載のディスプレイシステム。

【0098】

本明細書に説明される主題の1つまたはそれを上回る実装の詳細が、付随の図面および下記の説明に記載される。他の特徴、側面、および利点は、説明、図面、および請求項から明白となるであろう。本説明または以下の詳細な説明のいずれも、本発明の主題の範囲を限定するものではない。

本発明は、例えば、以下を提供する。

(項目1)

光を投影し、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイシステムであって、前記ディスプレイシステムは、

光投影システムと、

仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイであって、前記頭部搭載可能ディスプレイは、少なくとも1つの導波管を含み、前記少なくとも1つの導波管は、

複数の内部結合領域であって、前記複数の内部結合領域は、それぞれが、前記光投影システムから、前記仮想画像コンテンツを形成するための画像情報を有する光を受光し、前記光を前記導波管の中に内部結合するように構成される、複数の内部結合領域と、

10

20

30

40

50

複数の外部結合領域であって、前記複数の外部結合領域は、前記光を前記導波管から外に外部結合し、前記仮想コンテンツを表示するように構成され、前記複数の外部結合領域のそれぞれは、前記内部結合領域の異なるものからの光を受光するように構成される、複数の外部結合領域と

を備える、頭部搭載可能ディスプレイと

を備える、ディスプレイシステム。

(項目2)

前記複数の内部結合領域の各内部結合領域は、前記複数の外部結合領域の一意的な外部結合領域に対応し、選択的に光を指向するように構成される、項目1に記載のディスプレイシステム。

(項目3)

各内部結合領域は、前記内部結合領域によって内部結合された光を前記内部結合領域に対応する前記外部結合領域によって優先的に外部結合させるように選択される傾斜、格子配向、格子構造サイズ、または格子ピッチのうちの少なくとも1つを有する回折格子である、項目2に記載のディスプレイシステム。

(項目4)

前記光結合領域は、前記光投影システムからの入射光を、全内部反射のための角度において、前記導波管を通して、伝搬方向に沿って再指向するように構成され、前記光の一部を前記伝搬方向に交差する軸に沿って伝搬するように再指向するように構成される光分散構造をさらに備える、項目1に記載のディスプレイシステム。

(項目5)

前記光分散構造および前記複数の外部結合領域は、前記少なくとも1つの導波管の対向主要表面上に配置される、項目4に記載のディスプレイシステム。

(項目6)

前記複数の内部結合領域は、回折格子を備える、項目1に記載のディスプレイシステム。

(項目7)

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、前記導波管の少なくとも1つの他の内部結合領域と異なる格子ピッチを有する、項目6に記載のディスプレイシステム。

(項目8)

前記異なる格子ピッチは、前記導波管の中に内部結合された光が前記導波管に向かって全内部反射を受ける全内部反射角度を、前記複数の外部結合領域の関連付けられる外部結合領域に向かって変化させる、項目7に記載のディスプレイシステム。

(項目9)

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、前記導波管の平面内に、前記導波管の少なくとも1つの他の内部結合領域と異なる格子配向を有する、項目6に記載のディスプレイシステム。

(項目10)

前記異なる格子配向は、前記光が前記複数の外部結合領域の意図される外部結合領域に向かって伝搬するように、光が前記導波管の中に結合される前記角度を変化させる、項目9に記載のディスプレイシステム。

(項目11)

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、前記導波管の平面に対して、前記導波管の少なくとも1つの他の内部結合領域と異なる傾斜を有する、項目1に記載のディスプレイシステム。

(項目12)

前記内部結合領域は、相互から離間される、項目1に記載のディスプレイシステム。

(項目13)

前記光内部結合領域は、前記複数の外部結合領域の少なくとも1つの側の周囲に一行に配置される、項目1に記載のディスプレイシステム。

(項目14)

10

20

30

40

50

前記外部結合領域のそれぞれは、前記導波管を横断して、ストライプを画定し、前記ストライプは、内部結合領域の列に交差する軸に沿って伸長される、項目 13 に記載のディスプレイシステム。

(項目 15)

前記外部結合領域は、前記導波管を横断して、グリッドパターンを画定する、項目 1 に記載のディスプレイシステム。

(項目 16)

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、光を内部結合し、その光を指向し、全内部反射によって、前記導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる方向に沿って、前記導波管内で伝搬させるように配列される、項目 1 に記載のディスプレイシステム。

10

(項目 17)

前記少なくとも 1 つの外部結合領域の側方縁に近接する少なくとも 1 つの内部結合領域は、内向きにバイアスされた軸を中心として対称的に配置されるある角度の範囲に沿って、光を内部結合するように構成される、項目 16 に記載のディスプレイシステム。

(項目 18)

前記複数の内部結合領域のうちの少なくとも 2 つは、前記複数の外部結合領域のうちの少なくとも 1 つの異なる側に沿って配置される、項目 1 に記載のディスプレイシステム。

(項目 19)

前記複数の内部結合領域は、前記複数の外部結合領域のうちの少なくとも 1 つを囲繞する内部結合光学要素を、少なくとも 3 つの側上に備える、項目 18 に記載のディスプレイシステム。

20

(項目 20)

前記光投影システムは、光源と、画像光を前記内部結合領域の個々のものに指向するように構成される可動光投入器とを備える、項目 1 に記載のディスプレイシステム。

(項目 21)

前記頭部搭載可能ディスプレイは、導波管スタックを形成する複数の導波管を備え、前記導波管のそれぞれは、複数の前記内部結合領域および前記外部結合領域を備え、

前記導波管のそれぞれの内部結合領域は、前記内部結合領域上に入射する内部結合光の方向から視認される際、真正面平面図に見られるように、側方に変位される、

項目 1 に記載のディスプレイシステム。

30

(項目 22)

同一導波管の外部結合領域は、同一波面発散を伴う光を出力するように構成され、

異なる導波管の外部結合領域は、少なくとも 1 つの他の導波管の外部結合領域と異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、

前記異なる波面発散量は、異なる深度面に対応する、

項目 21 に記載のディスプレイシステム。

(項目 23)

各導波管の内部結合領域は、同一原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成され、

いくつかの導波管の内部結合領域は、他の導波管の内部結合領域と異なる原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成される、

40

項目 21 に記載のディスプレイシステム。

(項目 24)

前記光投影システムは、

光エミッタのアレイを備える光源と、

前記光源からの光を変調させるように構成される空間光変調器と、

フレーム上に搭載され、前記空間光変調器からの光を前記内部結合領域に指向するように構成される投影光学系と

を備え、

前記ディスプレイシステムは、異なる複数の前記光エミッタをアクティブ化し、前記仮

50

想画像コンテンツを異なる深度面上に提供するように構成され、前記ディスプレイシステムは、

前記仮想画像コンテンツを比較的に近い深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に大距離を提供することと、

前記仮想画像コンテンツを比較的に遠深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に小距離を提供することと

を行うように構成される、項目 1 に記載のディスプレイシステム。

(項目 25)

前記複数の光エミッタの光エミッタのそれぞれを順次異なる時間にアクティブ化するように構成され、前記ディスプレイシステムは、各光エミッタのアクティブ化と異なる視差的に不同性の瞳孔内画像の表示を同期させるように構成される、項目 24 に記載のディスプレイシステム。

10

(項目 26)

前記光源は、マイクロディスプレイであり、前記光エミッタは、発光ダイオードである、項目 24 に記載のディスプレイシステム。

(項目 27)

可変焦点レンズ要素を前記導波管の対向側上にさらに備える、項目 1 に記載のディスプレイシステム。

(項目 28)

前記光投影システムは、複数のプロジェクタを備え、前記複数のプロジェクタのプロジェクタは、前記頭部搭載型ディスプレイの FOV の細分割された部分以下のための画像コンテンツを提供するように構成される、項目 1 に記載のディスプレイシステム。

20

(項目 29)

ディスプレイシステムであって、

光投影システムと、

光をユーザの眼の中に投影し、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイであって、前記頭部搭載可能ディスプレイは、

少なくとも 1 つの導波管であって、

前記光投影システムからの光を受光するように構成される複数の光内部結合領域と、

光を前記ユーザの眼に出力するように構成される複数の光外部結合領域と

30

を備える、少なくとも 1 つの導波管

を備える、頭部搭載型ディスプレイと、

前記ディスプレイおよび内向きに向いた結像システムと通信する処理電子機器であって、

前記処理電子機器は、1 つまたはそれを上回るプロセッサと、1 つまたはそれを上回る

コンピュータ記憶媒体とを備え、前記 1 つまたはそれを上回るコンピュータ記憶媒体は、

命令を記憶しており、前記命令は、前記 1 つまたはそれを上回るプロセッサによって実行

されると、前記 1 つまたはそれを上回るプロセッサに、

前記眼の眼姿勢と関連付けられる光外部結合領域を決定することと、

前記光投影システムからの光を、前記決定された光外部結合領域と関連付けられる光内部結合領域に指向するための命令を提供することと

40

を含む動作を実施させる、処理電子機器と

を備える、ディスプレイシステム。

(項目 30)

前記光外部結合領域を決定することは、前記眼の通視線と前記複数の光外部結合領域のうちの 1 つの交点を決定することを含む、項目 29 に記載のディスプレイシステム。

(項目 31)

前記光内部結合領域は、前記複数の外部結合領域の少なくとも 1 つの側の周囲に一例に配置される、項目 29 に記載のディスプレイシステム。

(項目 32)

前記光投影システムは、少なくとも 1 つの光源と、画像光を出力するように構成される

50

少なくとも1つの可動光投入器とを備える、項目29に記載のディスプレイシステム。

(項目33)

前記少なくとも1つの可動光投入器は、走査式ミラーを備える、項目32に記載のディスプレイシステム。

(項目34)

前記少なくとも1つの可動光投入器は、走査式ファイバ投入器を備える、項目32に記載のディスプレイシステム。

(項目35)

前記光投影システムは、少なくとも1つの光源と、前記光源からの光を変調させるように構成される少なくとも1つの空間光変調器とを備える、項目29に記載のディスプレイシステム。

10

(項目36)

前記頭部搭載型ディスプレイは、仮想オブジェクトを複数の深度面上に表示するように構成される、項目29に記載のディスプレイシステム。

(項目37)

前記動作は、前記仮想オブジェクトの視差的に不同性の瞳孔内画像のセットを前記眼の中に投入し、前記仮想オブジェクトを前記深度面のうちの1つ上に表示することを含む、項目36に記載のディスプレイシステム。

(項目38)

前記動作は、前記視差的に不同性の瞳孔内画像のセットのそれぞれをフリッカ融合閾値内で投入することを含む、項目37に記載のディスプレイシステム。

20

(項目39)

前記動作は、光を、前記決定された光外部結合領域と関連付けられる前記複数の内部結合領域の光内部結合領域内の複数の内部結合要素に指向するための命令を提供することを含む、項目36に記載のディスプレイシステム。

(項目40)

少なくとも1つの可変焦点レンズ要素を前記少なくとも1つの導波管のユーザ側上にさらに備え、第1の可変焦点レンズ要素は、前記投影された光を修正し、前記ユーザの眼の屈折異常を補正するように構成される、項目36に記載のディスプレイシステム。

(項目41)

30

前記動作はさらに、前記眼の固視点を決定し、前記固視点に対応する補正を適用することを含む、項目40に記載のディスプレイシステム。

(項目42)

前記ユーザの眼の1つまたはそれを上回る画像を捕捉するように構成される内向きに向いた結像システムをさらに備え、前記動作は、

前記内向きに向いた結像システムによって捕捉された前記ユーザの眼の画像を受信することと、

前記受信された画像に基づいて、前記眼姿勢を識別することと

を含む、項目29に記載のディスプレイシステム。

(項目43)

40

前記少なくとも1つの導波管は、導波管スタックを形成する複数の導波管のうちの1つであり、前記導波管のそれぞれは、複数の前記内部結合領域および前記外部結合領域を備え、

前記導波管のそれぞれの内部結合領域は、前記内部結合領域上に入射する内部結合光の方向から視認される際、真正面平面図に見られるように、側方に変位される、

項目29に記載のディスプレイシステム。

(項目44)

同一導波管の外部結合領域は、同一波面発散を伴う光を出力するように構成され、

異なる導波管の外部結合領域は、少なくとも1つの他の導波管の外部結合領域と異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、

50

前記異なる波面発散量は、異なる深度面に対応する、
項目 4 3 に記載のディスプレイシステム。

(項目 4 5)

各導波管の内部結合領域は、同一原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように
構成され、

いくつかの導波管の内部結合領域は、他の導波管の内部結合領域と異なる原色に対応す
る波長の範囲の光を内部結合するように構成される、

項目 4 3 に記載のディスプレイシステム。

(項目 4 6)

前記光投影システムは、複数のプロジェクタを備え、前記複数のプロジェクタのプロジ
ェクタは、前記頭部搭載型ディスプレイの F O V の細分割された部分以下のための画像コ
ンテンツを提供するように構成される、項目 2 9 に記載のディスプレイシステム。

(項目 4 7)

ディスプレイシステムであって、

光投影システムと、

光をユーザの眼の中に投影し、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭
載型ディスプレイであって、前記頭部搭載型ディスプレイは、

少なくとも 1 つの導波管であって、

前記光投影システムからの光を受光するように構成される複数の光内部結合領域と、
光を前記ユーザの眼に出力するように構成される複数の光外部結合領域と

を備える、少なくとも 1 つの導波管

を備える、頭部搭載型ディスプレイと、

前記ディスプレイと通信する処理電子機器であって、前記処理電子機器は、1 つまたは
それを上回るプロセッサと、1 つまたはそれを上回るコンピュータ記憶媒体とを備え、前
記 1 つまたはそれを上回るコンピュータ記憶媒体は、命令を記憶しており、前記命令は、
前記 1 つまたはそれを上回るプロセッサによって実行されると、前記 1 つまたはそれを上
回るプロセッサに、

前記ユーザの視野内の仮想オブジェクトのための場所を決定することと、

前記場所に対応する外部結合領域を識別することと、

前記光投影システムからの光を、前記決定された光外部結合領域と関連付けられる光内
部結合領域に指向するための命令を提供することと

を含む動作を実施させる、処理電子機器と

を備える、ディスプレイシステム。

(項目 4 8)

前記外部結合領域を識別することは、

前記眼の眼姿勢を決定することと、

前記視野内の前記仮想オブジェクトによって占有されるべき前記場所に重複する外部結
合領域を決定することと

を含む、項目 4 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 4 9)

前記動作は、前記仮想オブジェクトのための移動を提供することを含む、項目 4 7 に記
載のディスプレイシステム。

(項目 5 0)

前記動作は、前記仮想オブジェクトの視覚的性質の時間的変化を経時的に提供すること
を含み、前記視覚的性質は、色、サイズ、および明度のうちの 1 つまたはそれを上回るも
のを備える、項目 4 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 5 1)

前記光内部結合領域は、前記複数の外部結合領域の少なくとも 1 つの側の周囲に一列に
配置される、項目 4 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 5 2)

10

20

30

40

50

前記光投影システムは、少なくとも1つの光源と、画像光を出力するように構成される少なくとも1つの可動光投入器とを備える、項目47に記載のディスプレイシステム。

(項目53)

前記少なくとも1つの可動光投入器は、走査式ミラーを備える、項目52に記載のディスプレイシステム。

(項目54)

前記少なくとも1つの可動光投入器は、走査式ファイバ投入器を備える、項目52に記載のディスプレイシステム。

(項目55)

前記光投影システムは、少なくとも1つの光源と、前記光源からの光を変調させるように構成される少なくとも1つの空間光変調器とを備える、項目47に記載のディスプレイシステム。

10

(項目56)

前記頭部搭載型ディスプレイは、仮想オブジェクトを複数の深度面上に表示するように構成される、項目47に記載のディスプレイシステム。

(項目57)

前記動作は、前記仮想オブジェクトの視差的に不同性の瞳孔内画像のセットを前記眼の中に投入し、前記仮想オブジェクトを前記深度面のうちの1つ上に表示することを含む、項目56に記載のディスプレイシステム。

(項目58)

20

前記動作は、光を、前記決定された光外部結合領域と関連付けられる前記複数の内部結合領域の光内部結合領域内の複数の内部結合要素に指向するための命令を提供することを含む、項目56に記載のディスプレイシステム。

(項目59)

少なくとも1つの可変焦点レンズ要素を前記少なくとも1つの導波管のユーザ側上にさらに備え、第1の可変焦点レンズ要素は、前記投影された光を修正し、前記ユーザの眼の屈折異常を補正するように構成される、項目56に記載のディスプレイシステム。

(項目60)

前記ユーザの眼の1つまたはそれを上回る画像を捕捉するように構成される内向きに向いた結像システムをさらに備え、前記動作は、

30

前記内向きに向いた結像システムによって捕捉された前記ユーザの眼の画像を受信することと、

前記受信された画像に基づいて、前記眼姿勢を識別することとを含む、項目47に記載のディスプレイシステム。

(項目61)

前記少なくとも1つの導波管は、導波管スタックを形成する複数の導波管のうちの1つであり、前記導波管のそれぞれは、複数の前記内部結合領域および前記外部結合領域を備え、

前記導波管のそれぞれの内部結合領域は、前記内部結合領域上に入射する内部結合光の方向から視認される際、真正面平面図に見られるように、側方に変位される、

40

項目47に記載のディスプレイシステム。

(項目62)

同一導波管の外部結合領域は、同一波面発散を伴う光を出力するように構成され、

異なる導波管の外部結合領域は、少なくとも1つの他の導波管の外部結合領域と異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、

前記異なる波面発散量は、異なる深度面に対応する、

項目47に記載のディスプレイシステム。

(項目63)

各導波管の内部結合領域は、同一原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成され、

50

いくつかの導波管の内部結合領域は、他の導波管の内部結合領域と異なる原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成される、

項目 4 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 6 4)

前記内部結合領域は、回折格子を備える、項目 4 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 6 5)

前記外部結合領域は、回折格子を備える、項目 4 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 6 6)

前記光投影システムは、複数のプロジェクタを備え、前記複数のプロジェクタのプロジェクタは、前記頭部搭載型ディスプレイの F O V の細分割された部分以下のための画像コンテンツを提供するように構成される、項目 4 6 に記載のディスプレイシステム。

(項目 6 7)

光を投影し、仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイシステムであって、前記ディスプレイシステムは、

光投影システムと、

仮想画像コンテンツを表示するように構成される頭部搭載可能ディスプレイであって、前記頭部搭載可能ディスプレイは、少なくとも 1 つの導波管を含み、前記少なくとも 1 つの導波管は、

前記少なくとも 1 つの導波管の少なくとも 1 つの側方縁に近接する複数の内部結合領域であって、各導波管は、前記光投影システムから、前記仮想画像コンテンツを形成するための画像情報を有する光を受光し、前記光を前記導波管の中に内部結合するように構成される、複数の内部結合領域

を備える、頭部搭載可能ディスプレイと

を備える、ディスプレイシステム。

(項目 6 8)

前記光を前記導波管から外に外部結合し、前記仮想コンテンツを表示するように構成される複数の外部結合領域であって、前記複数の外部結合領域のそれぞれは、前記内部結合領域の異なるものからの光を受光するように構成される、複数の外部結合領域をさらに備える、項目 6 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 6 9)

前記複数の内部結合領域のうちの少なくとも 2 つは、前記複数の外部結合領域の少なくとも 1 つの外部結合領域の異なる側方縁に沿って配置される、項目 6 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 0)

前記複数の内部結合領域は、前記複数の外部結合領域を包囲する、項目 6 8 に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 1)

前記複数の内部結合領域の各内部結合領域は、前記複数の外部結合領域の一意的な外部結合領域に対応し、選択的に光を指向するように構成される、項目 6 8 に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 2)

前記光結合領域は、前記光投影システムからの入射光を、全内部反射のための角度において、前記導波管を通して、伝搬方向に沿って再指向するように構成され、前記光の一部を前記伝搬方向に交差する軸に沿って伝搬するように再指向するように構成される光分散構造をさらに備える、項目 6 8 に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 3)

前記光分散構造および前記複数の外部結合領域は、前記少なくとも 1 つの導波管の対向主要表面上に配置される、項目 7 2 に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 4)

前記外部結合領域は、前記導波管を横断して、グリッドパターンを画定する、項目 6 8

10

20

30

40

50

に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 5)

前記頭部搭載可能ディスプレイは、導波管スタックを形成する複数の導波管を備え、前記導波管のそれぞれは、複数の前記内部結合領域および前記外部結合領域を備え、

前記導波管のそれぞれの内部結合領域は、前記内部結合領域上に入射する内部結合光の方向から視認される際、真正面平面図に見られるように、側方に変位される、

項目 6 8 に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 6)

同一導波管の外部結合領域は、同一波面発散を伴う光を出力するように構成され、

異なる導波管の外部結合領域は、少なくとも 1 つの他の導波管の外部結合領域と異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、

前記異なる波面発散量は、異なる深度面に対応する、

項目 7 5 に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 7)

各導波管の内部結合領域は、同一原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成され、

いくつかの導波管の内部結合領域は、他の導波管の内部結合領域と異なる原色に対応する波長の範囲の光を内部結合するように構成される、

項目 7 5 に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 8)

前記複数の内部結合領域は、回折格子を備える、項目 6 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 7 9)

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、前記導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる格子ピッチを有する、項目 7 8 に記載のディスプレイシステム。

(項目 8 0)

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、前記導波管の平面内に、前記導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる格子配向を有する、項目 7 8 に記載のディスプレイシステム。

(項目 8 1)

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、前記導波管の平面に対して、前記導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる傾斜を有する、項目 6 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 8 2)

前記内部結合領域は、相互から離間される、項目 6 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 8 3)

前記複数の内部結合領域のそれぞれは、光を内部結合し、その光を指向し、全内部反射によって、前記導波管内において、前記導波管の少なくとも 1 つの他の内部結合領域と異なる方向に沿って伝搬するように配列される、項目 6 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 8 4)

前記光投影システムは、少なくとも 1 つの光源と、画像光を前記内部結合領域の個々のものに指向するように構成される少なくとも 1 つの可動光投入器とを備える、項目 6 7 に記載のディスプレイシステム。

(項目 8 5)

前記光投影システムは、

光エミッタのアレイを備える少なくとも 1 つの光源と、

前記光源からの光を変調させるように構成される少なくとも 1 つの空間光変調器と、

フレーム上に搭載され、前記空間光変調器からの光を前記内部結合領域に指向するように構成される投影光学系と

を備え、

10

20

30

40

50

前記ディスプレイシステムは、異なる複数の前記光エミッタをアクティブ化し、前記仮想画像コンテンツを異なる深度面上に提供するように構成され、前記ディスプレイシステムは、

前記仮想画像コンテンツを比較的に近深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に大距離を提供することと、

前記仮想画像コンテンツを比較的に遠深度面上に提供するために、複数の光エミッタの個々の光エミッタ間に比較的に小距離を提供することと

を行うように構成される、項目 67 に記載のディスプレイシステム。

(項目 86)

前記複数の光エミッタの光エミッタのそれぞれを順次異なる時間にアクティブ化するように構成され、前記ディスプレイシステムは、各光エミッタのアクティブ化と異なる視差的に不同性の瞳孔内画像の表示を同期させるように構成される、項目 85 に記載のディスプレイシステム。

(項目 87)

可変焦点レンズ要素を前記導波管の対向側方縁上にさらに備える、項目 67 に記載のディスプレイシステム。

(項目 88)

前記光投影システムは、複数のプロジェクタを備え、前記複数のプロジェクタのプロジェクタは、前記頭部搭載型ディスプレイの F O V の細分割された部分以下のための画像コンテンツを提供するように構成される、項目 67 に記載のディスプレイシステム。

【図面の簡単な説明】

【0099】

【図1】図1は、ARデバイスを通した拡張現実(AR)場面のユーザのビューを図示する。

【0100】

【図2】図2は、ユーザのための3次元画像をシミュレートするための従来のディスプレイシステムを図示する。

【0101】

【図3】図3A - 3Cは、曲率半径と焦点半径との間の関係を図示する。

【0102】

【図4A】図4Aは、ヒト視覚系の遠近調節・輻輳・開散運動応答の表現を図示する。

【0103】

【図4B】図4Bは、一对のユーザの眼の異なる遠近調節状態および輻輳・開散運動状態の実施例を図示する。

【0104】

【図4C】図4Cは、ディスプレイシステムを介してコンテンツを視認するユーザの上下図の表現の実施例を図示する。

【0105】

【図4D】図4Dは、ディスプレイシステムを介してコンテンツを視認するユーザの上下図の表現の別の実施例を図示する。

【0106】

【図5】図5は、波面発散を修正することによって3次元画像をシミュレートするためのアプローチの側面を図示する。

【0107】

【図6】図6は、画像情報をユーザに出力するための導波管スタックの実施例を図示する。

【0108】

【図7】図7は、導波管によって出力された出射ビームの実施例を図示する。

【0109】

【図8】図8は、スタックされた導波管アセンブリの実施例を図示し、各深度面は、複数の異なる原色を使用して形成される画像を含む。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 0 】

【図 9 A】図 9 A は、それぞれ、内部結合光学要素を含む、スタックされた導波管のセットの実施例の断面側面図を図示する。

【 0 1 1 1 】

【図 9 B】図 9 B は、図 9 A の複数のスタックされた導波管の実施例の斜視図を図示する。

【 0 1 1 2 】

【図 9 C】図 9 C は、図 9 A および 9 B の複数のスタックされた導波管の実施例の上下平面図を図示する。

【 0 1 1 3 】

【図 9 D】図 9 D は、ウェアラブルディスプレイシステムの実施例を図示する。

10

【 0 1 1 4 】

【図 1 0 A】図 1 0 A は、導波管からの光をユーザの眼に向かって外部結合する、例示的外部結合要素を図示する。

【 0 1 1 5 】

【図 1 0 B】図 1 0 B は、図 1 0 A の例示的外部結合要素の異なる外部結合領域へのセグメント化の例示的構成を図示する。

【 0 1 1 6 】

【図 1 0 C】図 1 0 C は、例示的ウェアラブルディスプレイシステムの導波管から外部結合され得る、光ビームの例示的経路を図示する。

【 0 1 1 7 】

20

【図 1 0 D】図 1 0 D は、例示的ウェアラブルディスプレイシステムの導波管から外部結合され得る、光の例示的一次光線を図示する。

【 0 1 1 8 】

【図 1 1 A】図 1 1 A は、光分散構造のアレイを有する、例示的外部結合要素を図示する。

【 0 1 1 9 】

【図 1 1 B】図 1 1 B は、例示的外部結合要素の例示的セグメント化構成を図示する。

【 0 1 2 0 】

【図 1 1 C】図 1 1 C は、図 1 1 B の導波管の例示的断面側面図を図示する。

【 0 1 2 1 】

【図 1 2 A】図 1 2 A は、複数のセグメントを有する、外部結合要素を含む、例示的ディスプレイシステムを図示する。

30

【 0 1 2 2 】

【図 1 2 B】図 1 2 B は、例示的非矩形外部結合要素と併せて、内部結合要素の例示的配列を図示する。

【 0 1 2 3 】

【図 1 3】図 1 3 は、例示的外部結合要素を囲繞する、例示的内部結合要素構成を図示する。

【 0 1 2 4 】

【図 1 4 A】図 1 4 A は、例示的外部結合要素と併せて、別の例示的内部結合要素構成を図示する。

40

【 0 1 2 5 】

【図 1 4 B】図 1 4 B は、図 1 4 A の導波管の断面側面図の実施例である。

【 0 1 2 6 】

【図 1 4 C】図 1 4 C は、それぞれ、内部結合光学要素構成を含む、スタックされた導波管のセットの実施例の断面側面図を図示する。

【 0 1 2 7 】

【図 1 5】図 1 5 は、ユーザの眼に対する光の方向に基づく、外部結合領域の選択のためのプロセスの実施例のフローチャートを図示する。

【 0 1 2 8 】

【図 1 6】図 1 6 は、眼姿勢に基づく、外部結合領域の選択のためのプロセスの実施例の

50

フローチャートを図示する。

【0129】

【図17A】図17Aは、眼の実施例を図式的に図示する。

【0130】

【図17A-1】図17A-1は、眼の眼姿勢を決定するための例示的座標系を図式的に図示する。

【0131】

【図17B】図17Bは、眼追跡システムを含む、ウェアラブルシステムの概略図である。

【0132】

【図17C】図17Cは、眼追跡システムを含み得る、ウェアラブルシステムのブロック図である。

10

【0133】

【図18】図18は、複数の内部結合領域を有する、ディスプレイシステムを動作させるための例示的プロセスのフローチャートを図示する。

【0134】

【図19】図19は、内部結合領域のアレイと、光を選択された領域に指向するための光投入システムとを伴う、例示的ディスプレイを図示する。

【0135】

【図20A】図20A-20Dは、走査式ファイバ投入器を含む、例示的可動光投入システムを図示する。

20

【図20B】図20A-20Dは、走査式ファイバ投入器を含む、例示的可動光投入システムを図示する。

【図20C】図20A-20Dは、走査式ファイバ投入器を含む、例示的可動光投入システムを図示する。

【図20D】図20A-20Dは、走査式ファイバ投入器を含む、例示的可動光投入システムを図示する。

【0136】

【図21A】図21A-21Bは、走査式ミラーを含む、例示的可動光投入システムを図示する。

【図21B】図21A-21Bは、走査式ミラーを含む、例示的可動光投入システムを図示する。

30

【0137】

【図22】図22は、空間光変調器を含む、例示的定常光投入システムを図示する。

【0138】

【図23】図23は、複数の光エミッタを有する、光モジュールの上下平面図を図示する。

【0139】

【図24】図24は、可変焦点レンズシステムを図示する。

【0140】

【図25A】図25Aは、ある持続的入射波面に関する眼の遠近調節前および遠近調節後状態を図示する。

40

【0141】

【図25B】図25Bは、ある持続的入射波面の区分毎近似に関する眼の遠近調節前および遠近調節後状態を図示する。

【0142】

【図25C】図25Cは、図25Bの発散波面近似を形成するための投影システムを備える、ディスプレイシステムの実施例を図示する。

【0143】

【図25D】図25Dは、眼追跡システムと、非無限遠深度面を生産するように構成される、瞳エクスパンダを伴う、瞳中継コンバイナ接眼レンズとを備える、ディスプレイシステムの実施例を図示する。

50

【発明を実施するための形態】

【0144】

詳細な説明

A Rおよび/またはV Rシステムは、仮想コンテンツをユーザまたは視認者に表示し得る。例えば、本コンテンツは、例えば、アイウェアの一部として、画像情報をユーザの眼に投影する、頭部搭載型ディスプレイ上に表示されてもよい。加えて、本システムが、A Rシステムである場合、ディスプレイはまた、周囲環境からの光をユーザの眼に透過させ、その周囲環境のビューを可能にし得る。本明細書で使用されるように、「頭部搭載型」または「頭部搭載可能」ディスプレイは、視認者またはユーザの頭部上に搭載され得る、ディスプレイであることを理解されたい。そのようなディスプレイは、ディスプレイシステムの一部を形成すると理解され得る。

10

【0145】

種々の拡張現実および仮想現実ディスプレイシステムでは、導波管が、ユーザの関連付けられる眼を横断して延在し得る。導波管は、画像を眼内に形成するための画像情報を伴う、画像光を出力するように構成され得る。例えば、光は、光を導波管から外に眼に向かって再指向する、外部結合要素（格子であってもよい）を使用して、出力され得る。

【0146】

眼は、導波管に対して移動し得ることを理解されたい。眼が、移動する場合であっても、画像光を受光し続けることを確実にするために、導波管は、類似画像情報を伴う画像光を導波管の視認面積の拡張全体を横断して出力し得る。これは、眼が、移動する場合であっても、画像光を受光することを可能にし、導波管の異なる面積と整合された状態にする。外部結合要素によって外部結合された光の一部は、それが眼に進入し、画像を形成するであろう、眼の瞳孔の中に有用に指向され得るが、外部結合要素によって外部結合される他の光は、眼の瞳孔上に入射し得ず、したがって、眼によって見られる画像に寄与しない。したがって、エネルギーが、出力された光の全てを生成するために使用されるが、その光のわずかな部分のみが、眼に到達し、画像を形成する。望ましくないことに、眼の瞳孔に進入しない光およびその光を生成するために使用されるエネルギーは、視認者によって知覚されないため、ある意味、「無駄」と見なされ得る。

20

【0147】

有利なこととして、いくつかの実装では、本明細書に開示されるディスプレイシステムは、光が高度に効率的に利用されることを可能にする。光を導波管の視認面積の全体を横断して出力するのではなく、光は、眼と整合される導波管の領域から選択的に出力され、それによって、眼の瞳孔に進入する、出力された光の割合を増加させる。好ましくは、これらの領域は、導波管の視認面積の全体未満であって、いくつかの実装では、平均眼瞳孔の面積を上回る、面積を占有し、これは、視認面積を、2つまたはそれを上回る、3つまたはそれを上回る、4つまたはそれを上回る、または9つまたはそれを上回る明確に異なる光外部結合領域に分割することをもたらし得る。したがって、光は、視認面積の全体を横断して、出力されて無駄にされることがない一方、出力面積は、所望の視野を提供し、眼の移動のためのある程度の許容度を提供するために十分に大きい。

30

【0148】

いくつかの実装では、外部結合領域は、一意の関連付けられる、または相関される、内部結合領域を有してもよい。内部結合領域は、画像光（空間光変調器によって変調された光等）を受光し、光がユーザの眼に向かって伝搬するように外部結合される、外部結合領域に向かって伝搬し、その上に入射するように、本画像光を導波管内で内部結合することを理解されたい。いくつかの実装では、光分散特徴もまた、内部結合領域からの光を、軸に沿って、所望の外部結合領域を横断して分散させるために利用されてもよい。内部結合領域は、光を、関連付けられる、または相関される、外部結合領域に向かって選択的に指向するため、光を出力するための外部結合領域は、光を関連付けられる内部結合領域または複数の領域の中に指向することによって選択され得る。有利なこととして、エネルギー効率に加え、特定の内部結合領域と特定の外部結合領域を関連付けることによって、内部

40

50

結合領域の設置における柔軟性が、提供され得る。例えば、内部結合領域は、導波管を横断して、および／または導波管の周の周囲に、一列に分散されてもよく、これは、導波管の同一部分内に局在化されなければならない、内部結合領域より細い形状因子またはより広い範囲の導波管形状を提供するための利点を有し得る。

【 0 1 4 9 】

ディスプレイシステムは、光を１つまたはそれを上回る所望の内部結合領域の中に選択的に指向するように構成される、光投影システムを含んでもよいことを理解されたい。いくつかの実施例では、光投影システムは、プロジェクタまたは複数のプロジェクタを含んでもよく、および／またはプロジェクタは、いくつかの実装では、光源として機能してもよい。光投影システムは、光を内部結合領域の中に入力するため、光投入システムとも称され得る。光投影システムは、単一投影デバイスまたは複数の投影デバイス（光プロジェクタ等）を含んでもよい。いくつかの実装では、ディスプレイシステムの視野（F O V）は、複数の部分に細分割されてもよく、光投影デバイスはそれぞれ、完全F O Vの関連付けられる部分のための画像コンテンツを投影するように構成されてもよい。したがって、いくつかの実装では、各プロジェクタは、ディスプレイシステムの視野の細分割された部分以下のための画像コンテンツを提供する。容認可能画質を提供するために、完全F O Vを形成するための光学系および関連システムは、特に、投影システムが導波管の中への入力のための光をコリメートする場合、複雑かつサイズが大きくあり得ることを理解されたい。他方では、F O Vの一部のみを形成するためのプロジェクタのための光学系および関連システムは、より単純であり得、いくつかの実装では、複数の光プロジェクタ（それぞれ、完全視野の一部のための画像コンテンツを提供する）を有する光投影システムの総サイズは、完全F O Vのための画像コンテンツを提供する、単一光投影システムのサイズより小さくあり得る。したがって、有利なこととして、複数の光プロジェクタの使用は、完全視野のための単一光プロジェクタを伴うシステムより小さい形状因子を促進し得る。

【 0 1 5 0 】

いくつかの実装では、光投影システムは、機械的に作動される構造を含み、所望の内部結合領域に向かって出力される画像光の方向を物理的に調節してもよい。例えば、光投影システムは、１つまたはそれを上回る切替可能なミラーを含んでもよく、これは、例えば、１つまたはそれを上回る光源からの光を所望の内部結合領域の中に指向するように回転し得る。いくつかの他の実装では、光投影システムは、１つまたはそれを上回る走査ファイバを含んでもよく、これは、内部結合領域にわたって走査し、走査式ファイバの出力端が所望の内部結合領域に対応する場所と整合されると、光を出力するように構成される。

【 0 1 5 1 】

いくつかの他の実装では、光投影システムは、機械的作動を伴わずに、異なる内部結合領域上への光出力を電氣的に切り替えてもよい。例えば、光投影システムは、一意の光経路を内部結合領域の個々の対応するものに提供するように配列される、複数の個々にアクティブ化される光源を含んでもよい。結果として、適切な光源のアクティブ化が、光を所望の内部結合領域の中に指向するために利用されてもよい。いくつかの実装では、空間光変調器が、光源と内部結合領域との間の光経路内に提供され、画像情報を伴う光源からの光をエンコーディングし、画像を形成してもよい。

【 0 1 5 2 】

いくつかの実装では、光を出力するための適切な外部結合領域が、眼の配向、例えば、眼の瞳孔の配向の決定に基づいて、選択されてもよい。例えば、ディスプレイシステムは、眼を結像し、その配向を決定する、内向きに向けたカメラを含んでもよい。いくつかの実装では、眼の通視線が、外挿され、通視線と外部結合領域の交点を決定してもよい。交差する光外部結合領域は、眼に出力されるための画像光を受光するための所望の領域と理解され得る。

【 0 1 5 3 】

いくつかの実装では、眼姿勢と併せて、表示されるべき仮想オブジェクトの場所が、出力のための画像光を受光するための外部結合領域を選択するために利用されてもよい。例

10

20

30

40

50

例えば、仮想オブジェクトは、特定の外部結合領域と重複する、ユーザの視野の特定の部分内に位置すると理解され得る。結果として、その外部結合領域は、画像光を受光するように指定され得る。いくつかの実装では、本外部結合領域はまた、特に、仮想オブジェクトが、ユーザの注意を引くことが予期されるオブジェクトである場合、眼の通視線と交差し得る（例えば、仮想オブジェクトが、移動、および/または色、サイズ、明度等の変化等の視覚的性質の時間的変化を呈する場合）。

【0154】

有利なこととして、いくつかの実装による、ディスプレイシステムは、高度な視認快適性を伴って、仮想オブジェクトの3次元提示を提供し得る。ユーザの左および右眼は、輻輳・開散運動キューを提供し、立体視を通して、深度の印象を提供するために、仮想オブジェクトの異なるビューを提示され得ることを理解されたい。加えて、ディスプレイシステムは、異なるレベルの波面発散を伴う、光を出力し、所望の深度のための適切な遠近調節応答を誘発するように構成され得る。結果として、遠近調節 - 輻輳・開散運動整合が、達成され得、これは、快適かつ現実的視認体験を提供し得る。

【0155】

いくつかの実装では、異なるレベルの波面発散は、導波管のスタックを形成する、複数の導波管を使用して、達成されてもよい。各導波管の外部結合領域は、特定の量の波面発散を伴う、光を外部結合するように構成される、外部結合特徴（例えば、回折格子）を含んでもよい。したがって、所望の量の波面発散は、画像光を、所望の量の波面発散を伴う光を出力するように構成される、外部結合特徴を伴う、外部結合領域を有する、導波管の内部結合領域の中に指向することによって選択されてもよい。いくつかの実装では、異なる導波管のための内部結合領域は、上下平面図に見られるように、側方に変位されてもよい。したがって、異なる導波管は、光を異なる内部結合領域の中に指向することによって選択されてもよい。例えば、特定の内部結合領域は、特定の導波管、およびまた、その導波管内の特定の外部結合領域と関連付けられ得る。

【0156】

いくつかの実装では、異なる波面発散量を伴う光を出力する、複数の導波管に加え、または代替として、1つまたはそれを上回る可変焦点レンズ要素が、導波管から眼に伝搬する光の波面発散を修正するために提供されてもよい。いくつかの実装では、可変焦点レンズ要素が、代替として、または加えて、光が眼に向かって伝搬するための屈折異常補正を提供するために使用されてもよい。

【0157】

いくつかの他の実装では、光投影システムは、異なる角度からの光を投影光学系を通して指向し、異なる波面発散量を近似させるために、視差的に不同性の瞳孔内画像を提供する、離散光源のアレイを含んでもよい。いくつかの実装では、離散光源間の選択可能分離が、波面発散を変調させるために利用されてもよい。例えば、個々の光源間の比較的に大距離は、比較的に近深度面に対応する、波面発散を提供し得る一方、個々の光源間の比較的に小距離は、比較的に遠深度面に対応する、波面発散を提供し得る。視差的に不同性の瞳孔内画像のための画像光は、本明細書に記載されるように、適切な内部結合領域に指向されてもよい。例えば、走査式ミラーまたは走査式ファイバ等の機械的に作動される構造が、視差的に不同性の瞳孔内画像のための画像光を適切な内部結合領域に指向するために利用されてもよい。

【0158】

本技術の実装は、種々の利点を提供し得る。例えば、本明細書に開示される実装は、有利なこととして、ユーザによって知覚される画像を形成するために使用される、光投影システムによって生産された光の割合を増加させる一方、ユーザの眼の他の部分または顔上に当たる、または別様にユーザによって知覚される画像に寄与しない、光の割合を低減させることによって、ディスプレイシステム効率を改良し得る。光を瞳孔に向かって選択的に外部結合することによって、そのようなシステムは、所与の明度の画像をユーザの眼に生産するために、光投影システムまたは他のディスプレイ光源によって生成される、光工

10

20

30

40

50

エネルギーの量を低減させ得る。さらに、生成された光のより大きい割合が、眼の中に指向されるため、画像明度は、改良され得る。加えて、より少ないエネルギーが、所望の明度のための光生成に指向され、それによって、エネルギー使用量が、算出プロセスのため等、他の使用のために再分散されることを可能にし得、これは、画像レンダリング、待ち時間の低減等の利点を有し得る。

【 0 1 5 9 】

内部結合要素は、本明細書では、入力結合要素、内部結合格子（または ICG）、回折内部結合要素、または同等物と称され得ることに留意されたい。同様に、外部結合要素は、本明細書では、出力結合要素、回折外部結合要素、または同等物と称され得る。

【 0 1 6 0 】

ここで、同様の参照番号が全体を通して同様の部分を指す、図面を参照する。別様に示されない限り、図面は、概略であって、必ずしも、正確な縮尺で描かれていない。

例示的ディスプレイシステム

【 0 1 6 1 】

図 2 は、ユーザのための 3 次元画像をシミュレートするための従来のディスプレイシステムを図示する。ユーザの眼は、離間されており、空間内の実オブジェクトを見ているとき、各眼は、オブジェクトの若干異なるビューを有し、オブジェクトの画像を各眼の網膜上の異なる場所に形成し得ることを理解されたい。これは、両眼視差と称され得、ヒト視覚系によって、深度の知覚を提供するために利用され得る。従来のディスプレイシステムは、仮想オブジェクトが所望の深度における実オブジェクトであるように各眼によって見えるであろう仮想オブジェクトのビューに対応する、眼 210、220 毎に 1 つの同一仮想オブジェクトの若干異なるビューを伴う 2 つの明確に異なる画像 190、200 を提示することによって、両眼視差をシミュレートする。これらの画像は、ユーザの視覚系が深度の知覚を導出するために解釈し得る、両眼キューを提供する。

【 0 1 6 2 】

図 2 を継続して参照すると、画像 190、200 は、z - 軸上で距離 230 だけ眼 210、220 から離間される。z - 軸は、その眼が視認者の直前の光学無限遠におけるオブジェクトを固視している状態の視認者の光学軸と平行である。画像 190、200 は、平坦であって、眼 210、220 から固定距離にある。それぞれ、眼 210、220 に提示される画像内の仮想オブジェクトの若干異なるビューに基づいて、眼は、必然的に、オブジェクトの画像が眼のそれぞれの網膜上の対応する点に来て、単一両眼視を維持するように回転し得る。本回転は、眼 210、220 のそれぞれの視線を仮想オブジェクトが存在するように知覚される空間内の点上に収束させ得る。その結果、3 次元画像の提供は、従来、ユーザの眼 210、220 の輻輳・開散運動を操作し得、ヒト視覚系が深度の知覚を提供するように解釈する、両眼キューを提供することを伴う。

【 0 1 6 3 】

しかしながら、深度の現実的かつ快適な知覚の生成は、困難である。眼からの異なる距離におけるオブジェクトからの光は、異なる発散量を伴う波面を有することを理解されたい。図 3 A - 3 C は、距離と光線の発散との間の関係を図示する。オブジェクトと眼 210 との間の距離は、減少距離 R1、R2、および R3 の順序で表される。図 3 A - 3 C に示されるように、光線は、オブジェクトまでの距離が減少するにつれてより発散する。逆に言えば、距離が増加するにつれて、光線は、よりコリメートされる。換言すると、点（オブジェクトまたはオブジェクトの一部）によって生成されるライトフィールドは、点がユーザの眼から離れている距離の関数である、球状波面曲率を有すると言えるであろう。曲率は、オブジェクトと眼 210 との間の距離の減少に伴って増加する。単眼 210 のみが、例証を明確にするために、図 3 A - 3 C および本明細書の種々の他の図に図示されるが、眼 210 に関する議論は、視認者の両眼 210 および 220 に適用され得る。

【 0 1 6 4 】

図 3 A - 3 C を継続して参照すると、視認者の眼が固視しているオブジェクトからの光は、異なる波面発散度を有し得る。異なる波面発散量に起因して、光は、眼の水晶体によ

10

20

30

40

50

って異なるように集束され得、これは、ひいては、水晶体に、異なる形状をとり、集束された画像を眼の網膜上に形成することを要求し得る。集束された画像が、網膜上に形成されない場合、結果として生じる網膜ぼけは、集束された画像が網膜上に形成されるまで、眼の水晶体の形状に変化を生じさせる、遠近調節のためのキューとして作用する。例えば、遠近調節のためのキューは、眼の水晶体を囲繞する毛様筋の弛緩または収縮を誘起し、それによって、水晶体を保持する提鞅帯に印加される力を変調し、したがって、固視されているオブジェクトの網膜ぼけが排除または最小限にされるまで、眼の水晶体の形状を変化させ、それによって、固視されているオブジェクトの集束された画像を眼の網膜（例えば、中心窩）上に形成し得る。眼の水晶体が形状を変化させるプロセスは、遠近調節と称され得、固視されているオブジェクトの集束された画像を眼の網膜（例えば、中心窩）上に形成するために要求される眼の水晶体の形状は、遠近調節状態と称され得る。

10

【0165】

ここで図4Aを参照すると、ヒト視覚系の遠近調節・輻輳・開散運動応答の表現が、図示される。オブジェクトを固視するための眼の移動は、眼にオブジェクトからの光を受光させ、光は、画像を眼の網膜のそれぞれ上に形成する。網膜上に形成される画像内の網膜ぼけの存在は、遠近調節のためのキューを提供し得、網膜上の画像の相対的场所は、輻輳・開散運動のためのキューを提供し得る。遠近調節するためのキューは、遠近調節を生じさせ、眼の水晶体がオブジェクトの集束された画像を眼の網膜（例えば、中心窩）上に形成する特定の遠近調節状態をとる結果をもたらす。一方、輻輳・開散運動のためのキューは、各眼の各網膜上に形成される画像が単一両眼視を維持する対応する網膜点にあるように、輻輳・開散運動移動（眼の回転）を生じさせる。これらの位置では、眼は、特定の輻輳・開散運動状態をとっていると言え得る。図4Aを継続して参照すると、遠近調節は、眼が特定の遠近調節状態を達成するプロセスであると理解され得、輻輳・開散運動は、眼が特定の輻輳・開散運動状態を達成するプロセスであると理解され得る。図4Aに示されるように、眼の遠近調節および輻輳・開散運動状態は、ユーザが別のオブジェクトを固視する場合、変化し得る。例えば、遠近調節された状態は、ユーザがz-軸上の異なる深度における新しいオブジェクトを固視する場合、変化し得る。

20

【0166】

理論によって限定されるわけではないが、オブジェクトの視認者は、輻輳・開散運動および遠近調節の組み合わせに起因して、オブジェクトを「3次元」であると知覚し得ると考えられる。上記に記載されるように、2つの眼の相互に対する輻輳・開散運動移動（例えば、瞳孔が相互に向かって、またはそこから移動し、眼の視線を収束させ、オブジェクトを固視するような眼の回転）は、眼の水晶体の遠近調節と密接に関連付けられる。正常条件下では、眼の水晶体の形状を変化させ、1つのオブジェクトから異なる距離における別のオブジェクトに焦点を変化させることは、自動的に、「遠近調節・輻輳・開散運動反射」として知られる関係下、同一距離まで輻輳・開散運動における整合する変化を生じさせるであろう。同様に、輻輳・開散運動における変化は、正常条件下、水晶体形状における整合する変化を誘起するであろう。

30

【0167】

ここで図4Bを参照すると、眼の異なる遠近調節および輻輳・開散運動状態の実施例が、図示される。対の眼222aは、光学無限遠におけるオブジェクトを固視する一方、対の眼222bは、光学無限遠未満におけるオブジェクト221を固視する。着目すべきこととして、各対の眼の輻輳・開散運動状態は、異なり、対の眼222aは、まっすぐ指向される一方、対の眼222bは、オブジェクト221上に収束する。各対の眼222aおよび222bを形成する眼の遠近調節状態もまた、水晶体210a、220aの異なる形状によって表されるように異なる。

40

【0168】

望ましくないことに、従来の「3-D」ディスプレイシステムの多くのユーザは、これらのディスプレイにおける遠近調節と輻輳・開散運動状態との間の不整合に起因して、そのような従来のシステムを不快であると見出す、または興行感を全く知覚しない場合があ

50

る。上記に記載されるように、多くの立体視または「3-D」ディスプレイシステムは、若干異なる画像を各眼に提供することによって、場面を表示する。そのようなシステムは、それらが、とりわけ、単に、場面の異なる提示を提供し、眼の輻輳・開散運動状態に変化を生じさせるが、それらの眼の遠近調節状態に対応する変化を伴わないため、多くの視認者にとって不快である。むしろ、画像は、眼が全ての画像情報を単一遠近調節状態において視認するように、ディスプレイによって眼から固定距離に示される。そのような配列は、遠近調節状態における整合する変化を伴わずに輻輳・開散運動状態に変化を生じさせることによって、「遠近調節 - 輻輳・開散運動反射」に逆らう。本不整合は、視認者不快感を生じさせると考えられる。遠近調節と輻輳・開散運動との間のより良好な整合を提供する、ディスプレイシステムは、3次元画像のより現実的かつ快適なシミュレーションを形成し得る。

10

【0169】

理論によって限定されるわけではないが、ヒトの眼は、典型的には、有限数の深度面を解釈し、深度知覚を提供することができると考えられる。その結果、知覚された深度の高度に真実味のあるシミュレーションが、眼にこれらの限定数の深度面のそれぞれに対応する画像の異なる提示を提供することによって達成され得る。いくつかの実装では、異なる提示は、輻輳・開散運動のためのキューおよび遠近調節するための整合するキューの両方を提供し、それによって、生理学的に正しい遠近調節 - 輻輳・開散運動整合を提供してもよい。

【0170】

20

図4Bを継続して参照すると、眼210、220からの空間内の異なる距離に対応する、2つの深度面240が、図示される。所与の深度面240に関して、輻輳・開散運動キューが、眼210、220毎に適切に異なる視点の画像を表示することによって提供されてもよい。加えて、所与の深度面240に関して、各眼210、220に提供される画像を形成する光は、その深度面240の距離におけるある点によって生成されたライトフィールドに対応する波面発散を有してもよい。

【0171】

図示される実装では、点221を含有する、深度面240のz-軸に沿った距離は、1mである。本明細書で使用されるように、z-軸に沿った距離または深度は、ユーザの眼の射出瞳に位置するゼロ点を用いて測定されてもよい。したがって、1mの深度に位置する深度面240は、眼が光学無限遠に向かって指向される状態における、それらの眼の光学軸上のユーザの眼の射出瞳から1m離れた距離に対応する。近似値として、z-軸に沿った深度または距離は、ユーザの眼の正面のディスプレイ（例えば、導波管の表面）から測定され、デバイスとユーザの眼の射出瞳との間の距離に関する値が加えられてもよい。その値は、瞳距離と呼ばれ、ユーザの眼の射出瞳と眼の正面のユーザによって装着されるディスプレイとの間の距離に対応し得る。実際は、瞳距離に関する値は、概して、全ての視認者に関して使用される、正規化された値であってもよい。例えば、瞳距離は、20mmであると仮定され得、1mの深度における深度面は、ディスプレイの正面の980mmの距離にあり得る。

30

【0172】

40

ここで図4Cおよび4Dを参照すると、整合遠近調節 - 輻輳・開散運動距離および不整合遠近調節 - 輻輳・開散運動距離の実施例が、それぞれ、図示される。図4Cに図示されるように、ディスプレイシステムは、仮想オブジェクトの画像を各眼210、220に提供してもよい。画像は、眼210、220に、眼が深度面240上の点15上に収束する、輻輳・開散運動状態をとらせ得る。加えて、画像は、その深度面240における実オブジェクトに対応する波面曲率を有する光によって形成され得る。その結果、眼210、220は、画像がそれらの眼の網膜上に合焦する、遠近調節状態をとる。したがって、ユーザは、仮想オブジェクトを深度面240上の点15にあるように知覚し得る。

【0173】

眼210、220の遠近調節および輻輳・開散運動状態はそれぞれ、z-軸上の特定の

50

距離と関連付けられることを理解されたい。例えば、眼 210、220 からの特定の距離におけるオブジェクトは、それらの眼に、オブジェクトの距離に基づいて、特定の遠近調節状態をとらせる。特定の遠近調節状態と関連付けられる距離は、遠近調節距離 A_d と称され得る。同様に、特定の輻輳・開散運動状態または相互に対する位置における眼と関連付けられる特定の輻輳・開散運動距離 V_d が、存在する。遠近調節距離および輻輳・開散運動距離が整合する場合、遠近調節と輻輳・開散運動との間の関係は、生理学的に正しいと言え得る。これは、視認者のために最も快適なシナリオであると見なされる。

【0174】

しかしながら、立体視ディスプレイでは、遠近調節距離および輻輳・開散運動距離は、常時、整合しない場合がある。例えば、図 4D に図示されるように、眼 210、220 に表示される画像は、深度面 240 に対応する波面発散を伴って表示され得、眼 210、220 は、その深度面上の点 15a、15b が合焦する、特定の遠近調節状態をとり得る。しかしながら、眼 210、220 に表示される画像は、眼 210、220 を深度面 240 上に位置しない点 15 上に収束させる、輻輳・開散運動のためのキューを提供し得る。その結果、いくつかの実装では、遠近調節距離は、眼 210、220 の射出瞳から深度面 240 までの距離に対応するが、輻輳・開散距離は、眼 210、220 の射出瞳から点 15 までのより大きい距離に対応する。遠近調節距離は、輻輳・開散運動距離と異なる。その結果、遠近調節 - 輻輳・開散運動不整合が存在する。そのような不整合は、望ましくないと思われ、不快感をユーザに生じさせ得る。不整合は、距離（例えば、 $V_d - A_d$ ）に対応し、ジオプタを使用して特徴付けられ得ることを理解されたい。

【0175】

いくつかの実装では、同一参照点が遠近調節距離および輻輳・開散運動距離のために利用される限り、眼 210、220 の射出瞳以外の参照点が、遠近調節 - 輻輳・開散運動不整合を決定するための距離を決定するために利用されてもよいことを理解されたい。例えば、距離は、角膜から深度面、網膜から深度面、接眼レンズ（例えば、ディスプレイデバイスの導波管）から深度面等で測定され得る。

【0176】

理論によって限定されるわけではないが、ユーザは、不整合自体が有意な不快感を生じさせずに、依然として、最大約 0.25 ジオプタ、最大約 0.33 ジオプタ、および最大約 0.5 ジオプタの遠近調節 - 輻輳・開散運動不整合が生理学的に正しいと知覚し得ると考えられる。いくつかの実装では、本明細書に開示されるディスプレイシステム（例えば、ディスプレイシステム 250、図 6）は、約 0.5 ジオプタまたはそれ未満の遠近調節 - 輻輳・開散運動不整合を有する画像を視認者に提示する。いくつかの他の実装では、ディスプレイシステムによって提供される画像の遠近調節 - 輻輳・開散運動不整合は、約 0.33 ジオプタまたはそれ未満である。さらに他の実装では、ディスプレイシステムによって提供される画像の遠近調節 - 輻輳・開散運動不整合は、約 0.25 ジオプタまたはそれ未満であって、約 0.1 ジオプタまたはそれ未満を含む。

【0177】

図 5 は、波面発散を修正することによって、3次元画像をシミュレートするためのアプローチの側面を図示する。ディスプレイシステムは、画像情報でエンコードされた光 770 を受光し、その光をユーザの眼 210 に出力するように構成される、導波管 270 を含む。導波管 270 は、所望の深度面 240 上のある点によって生成されたライトフィールドの波面発散に対応する定義された波面発散量を伴って光 650 を出力してもよい。いくつかの実装では、同一量の波面発散が、その深度面上に提示される全てのオブジェクトのために提供される。加えて、ユーザの他方の眼は、類似導波管からの画像情報を提供され得るように図示されるであろう。

【0178】

いくつかの実装では、単一導波管が、単一または限定数の深度面に対応する設定された波面発散量を伴う光を出力するように構成されてもよく、および/または導波管は、限定された範囲の波長の光を出力するように構成されてもよい。その結果、いくつかの実装で

は、複数またはスタックの導波管が、異なる深度面のための異なる波面発散量を提供し、および/または異なる範囲の波長の光を出力するために利用されてもよい。本明細書で用いられるように、深度面は、平坦であってもよい、または湾曲表面の輪郭に追従してもよいことを理解されたい。

【0179】

図6は、画像情報をユーザに出力するための導波管スタックの実施例を図示する。ディスプレイシステム250は、複数の導波管270、280、290、300、310を使用して、3次元知覚を眼/脳に提供するために利用され得る、導波管のスタックまたはスタックされた導波管アセンブリ260を含む。ディスプレイシステム250は、いくつかの実装では、ライトフィールドディスプレイと見なされてもよいことを理解されたい。加えて、導波管アセンブリ260はまた、接眼レンズとも称され得る。

10

【0180】

いくつかの実装では、ディスプレイシステム250は、輻輳・開散運動するための実質的に連続キューおよび遠近調節するための複数の離散キューを提供するように構成されてもよい。輻輳・開散運動のためのキューは、異なる画像をユーザの眼のそれぞれに表示することによって提供されてもよく、遠近調節のためのキューは、選択可能な離散量の波面発散を伴う画像を形成する光を出力することによって提供されてもよい。換言すると、ディスプレイシステム250は、可変レベルの波面発散を伴う光を出力するように構成されてもよい。いくつかの実装では、波面発散の各離散レベルは、特定の深度面に対応し、導波管270、280、290、300、310のうちの特定の1つによって提供されてもよい。

20

【0181】

図6を継続して参照すると、導波管アセンブリ260はまた、複数の特徴320、330、340、350を導波管の間に含んでもよい。いくつかの実装では、特徴320、330、340、350は、1つまたはそれを上回るレンズであってもよい。導波管270、280、290、300、310および/または複数のレンズ320、330、340、350は、種々のレベルの波面曲率または光線発散を伴って画像情報を眼に送信するように構成されてもよい。各導波管レベルは、特定の深度面と関連付けられてもよく、その深度面に対応する画像情報を出力するように構成されてもよい。画像投入デバイス360、370、380、390、400は、導波管のための光源として機能してもよく、画像情報を導波管270、280、290、300、310の中に投入するために利用されてもよく、それぞれ、本明細書に説明されるように、眼210に向かって出力するために、各個別の導波管を横断して入射光を分散させるように構成されてもよい。光は、画像投入デバイス360、370、380、390、400の出力表面410、420、430、440、450から出射し、導波管270、280、290、300、310の対応する入力表面460、470、480、490、500の中に投入される。いくつかの実装では、入力表面460、470、480、490、500はそれぞれ、対応する導波管の縁であってもよい、または対応する導波管の主要表面の一部（すなわち、世界510または視認者の眼210に直接面する導波管表面のうちの1つ）であってもよい。いくつかの実装では、光の単一ビーム（例えば、コリメートされたビーム）が、各導波管の中に投入され、特定の導波管と関連付けられる深度面に対応する特定の角度（および発散量）において眼210に向かって指向される、クローン化されるコリメートされたビームの全体場を出力してもよい。いくつかの実装では、画像投入デバイス360、370、380、390、400のうちの単一の1つは、複数（例えば、3つ）の導波管270、280、290、300、310と関連付けられ、その中に光を投入してもよい。

30

40

【0182】

いくつかの実装では、画像投入デバイス360、370、380、390、400はそれぞれ、それぞれが対応する導波管270、280、290、300、310の中への投入のために画像情報を生成する、離散ディスプレイである。いくつかの他の実装では、画像投入デバイス360、370、380、390、400は、例えば、画像情報を1つま

50

たはそれを上回る光学導管（光ファイバケーブル等）を介して画像投入デバイス 360、370、380、390、400のそれぞれに送り得る、単一の多重化されたディスプレイの出力端である。画像投入デバイス 360、370、380、390、400によって提供される画像情報は、異なる波長または色（例えば、本明細書に議論されるような異なる原色）の光を含み得ることを理解されたい。

【0183】

いくつかの実装では、導波管 270、280、290、300、310の中に投入される光は、本明細書にさらに議論されるように、画像情報でエンコーディングされ、光投影システム 1010によって提供される。いくつかの実装では、光投影システム 1010は、1つまたはそれを上回る放出ピクセルアレイを備えてもよい。放出ピクセルアレイはそれぞれ、複数の発光ピクセルを備えてもよく、これは、可変強度および色の光を放出するように構成されることを理解されたい。画像投入デバイス 360、370、380、390、400は、図式的に図示され、いくつかの実装では、これらの画像投入デバイスは、光を導波管 270、280、290、300、310の関連付けられるものの中に出力するように構成される、共通投影システム内の異なる光経路および場所を表し得ることを理解されたい。いくつかの実装では、導波管アセンブリ 260の導波管は、導波管の中に投入された光をユーザの眼に中継しながら、理想的レンズとして機能し得る。本概念では、オブジェクトは、光投影デバイス 1010のピクセルアレイであってもよく、画像は、深度面上の画像であってもよい。

【0184】

コントローラ 560は、画像投入デバイス 360、370、380、390、400および光投影システム 1010の動作を含む、スタックされた導波管アセンブリ 260のうちの1つまたはそれを上回るものの動作を制御する。いくつかの実装では、コントローラ 560は、ローカルデータ処理モジュール 140の一部である。コントローラ 560は、例えば、本明細書に開示される種々のスキームのいずれかに従って、導波管 270、280、290、300、310への画像情報のタイミングおよび提供を調整する、プログラミング（例えば、非一過性媒体内の命令）を含む。いくつかの実装では、コントローラは、単一の一体型デバイスまたは有線または無線通信チャネルによって接続される分散型システムであってもよい。コントローラ 560は、いくつかの実装では、処理モジュール 140または 150（図 9D）の一部であってもよい。

【0185】

図 6を継続して参照すると、導波管 270、280、290、300、310は、全内部反射（TIR）によって各個別の導波管内で光を伝搬するように構成されてもよい。導波管 270、280、290、300、310はそれぞれ、主要上部表面および底部表面およびそれらの主要上部表面と底部表面との間に延在する縁を伴う、平面である、または別の形状（例えば、湾曲）を有してもよい。図示される構成では、導波管 270、280、290、300、310はそれぞれ、各個別の導波管内で伝搬する光を導波管から再指向し、画像情報を眼 210に出力することによって、光を導波管から抽出するように構成される、外部結合光学要素 570、580、590、600、610を含んでもよい。抽出された光はまた、外部結合光と称され得、外部結合光学要素はまた、光抽出光学要素と称され得る。抽出された光のビームは、導波管によって、導波管内を伝搬する光が光抽出光学要素に衝突する場所において出力され得る。外部結合光学要素 570、580、590、600、610は、例えば、本明細書にさらに議論されるような回折光学特徴を含む、格子であってもよい。説明を容易にし、図面を明確にするために、導波管 270、280、290、300、310の底部主要表面に配置されて図示されるが、いくつかの実装では、外部結合光学要素 570、580、590、600、610は、本明細書にさらに議論されるように、上部および/または底部主要表面に配置されてもよく、および/または導波管 270、280、290、300、310の容積内に直接配置されてもよい。いくつかの実装では、外部結合光学要素 570、580、590、600、610は、透明基板に取り付けられ、導波管 270、280、290、300、310を形成する、材料

の層内に形成されてもよい。いくつかの他の実装では、導波管 270、280、290、300、310 は、モノリシック材料片であってもよく、外部結合光学要素 570、580、590、600、610 は、その材料片の表面上および / または内部に形成されてもよい。

【0186】

図 6 を継続して参照すると、本明細書に議論されるように、各導波管 270、280、290、300、310 は、光を出力し、特定の深度面に対応する画像を形成するように構成される。例えば、眼の最近傍の導波管 270 は、眼 210 にコリメートされた光（そのような導波管 270 の中に投入された）を送達するように構成されてもよい。コリメートされた光は、光学無限遠焦点面を表し得る。次の上方の導波管 280 は、眼 210 に到達し得る前に、第 1 のレンズ 350（例えば、負のレンズ）を通して通過する、コリメートされた光を送出するように構成されてもよい。そのような第 1 のレンズ 350 は、眼 / 脳が、その次の上方の導波管 280 から生じる光を光学無限遠から眼 210 に向かって内向きにより近い第 1 の焦点面から生じるものとして解釈するように、若干の凸面波面曲率を生成するように構成されてもよい。同様に、第 3 の上方の導波管 290 は、眼 210 に到達する前に、その出力光を第 1 のレンズ 350 および第 2 のレンズ 340 の両方を通して通過させる。第 1 のレンズ 350 および第 2 のレンズ 340 の組み合わせられた屈折力は、眼 / 脳が、第 3 の導波管 290 から生じる光が次の上方の導波管 280 からの光であったよりも光学無限遠から人物に向かって内向きにさらに近い第 2 の焦点面から生じるものとして解釈するように、別の漸増量の波面曲率を生成するように構成されてもよい。

【0187】

他の導波管層 300、310 およびレンズ 330、320 も同様に構成され、スタック内の最高導波管 310 は、人物に最も近い焦点面を表す集約焦点力のために、その出力をそれと眼との間のレンズの全てを通して送出的。スタックされた導波管アセンブリ 260 の他側の世界 510 から生じる光を視認 / 解釈するとき、レンズ 320、330、340、350 のスタックを補償するために、補償レンズ層 620 が、スタックの上部に配置され、下方のレンズスタック 320、330、340、350 の集約力を補償してもよい。そのような構成は、利用可能な導波管 / レンズ対と同じ数の知覚される焦点面を提供する。導波管の外部結合光学要素およびレンズの集束側面は両方とも、静的であってもよい（すなわち、動的または電気活性ではない）。いくつかの代替実装では、一方または両方とも、電気活性特徴を使用して動的であってもよい。

【0188】

いくつかの実装では、導波管 270、280、290、300、310 のうちの 2 つまたはそれを上回るものは、同一の関連付けられる深度面を有してもよい。例えば、複数の導波管 270、280、290、300、310 が、同一深度面に設定される画像を出力するように構成されてもよい、または導波管 270、280、290、300、310 の複数のサブセットは、深度面毎に 1 つのセットを伴う、同一の複数の深度面に設定される画像を出力するように構成されてもよい。これは、それらの深度面において拡張された視野を提供するようにタイル化された画像を形成する利点を提供し得る。

【0189】

図 6 を継続して参照すると、外部結合光学要素 570、580、590、600、610 は、導波管と関連付けられる特定の深度面のために、光をその個別の導波管から再指向し、かつ本光を適切な量の発散またはコリメーションを伴って出力するように構成されてもよい。その結果、異なる関連付けられる深度面を有する導波管は、外部結合光学要素 570、580、590、600、610 の異なる構成を有してもよく、これは、関連付けられる深度面に応じて、異なる量の発散を伴う光を出力する。いくつかの実装では、光抽出光学要素 570、580、590、600、610 は、具体的角度で光を出力するように構成され得る、立体または表面特徴であってもよい。例えば、光抽出光学要素 570、580、590、600、610 は、立体ホログラム、表面ホログラム、および / または回折格子であってもよい。いくつかの実装では、特徴 320、330、340、350 は

、レンズではなくてもよい。むしろ、それらは、単に、スペーサ（例えば、空隙を形成するためのクラディング層および／または構造）であってもよい。

【0190】

いくつかの実装では、外部結合光学要素570、580、590、600、610は、回折パターンを形成する回折特徴または「回折光学要素」（また、本明細書では、「DOE」とも称される）である。好ましくは、DOEは、ビームの光の一部のみがDOEの各交点で眼210に向かって偏向される一方、残りがTIRを介して、導波管を通して移動し続けるように、十分に低い回折効率を有する。画像情報を搬送する光は、したがって、様々な場所において導波管から出射する、いくつかの関連出射ビームに分割され、その結果、導波管内でバウンスする本特定のコレメートされたビームに関して、眼210に向かって非常に均一なパターンの出射放出となる。

10

【0191】

いくつかの実装では、1つまたはそれを上回るDOEは、能動的に回折する「オン」状態と有意に回折しない「オフ」状態との間で切替可能であり得る。例えば、切替可能なDOEは、ポリマー分散液晶の層を備えてもよく、その中で微小液滴は、ホスト媒体中に回折パターンを備え、微小液滴の屈折率は、ホスト材料の屈折率に実質的に一致するように切り替えられてもよい（その場合、パターンは、入射光を著しく回折させない）、または微小液滴は、ホスト媒体のものに一致しない屈折率に切り替えられてもよい（その場合、パターンは、入射光を能動的に回折させる）。

20

【0192】

いくつかの実装では、カメラアセンブリ630（例えば、可視光および赤外光カメラを含む、デジタルカメラ）が、眼210および／または眼210の周囲の組織の画像を捕捉し、例えば、ユーザ入力を検出する、および／またはユーザの生理学的状態を監視するために提供されてもよい。本明細書で使用されるように、カメラは、任意の画像捕捉デバイスであってもよい。いくつかの実装では、カメラアセンブリ630は、画像捕捉デバイスと、光（例えば、赤外線光）を眼に投影し、次いで、その光が眼によって反射され、画像捕捉デバイスによって検出され得る、光源とを含んでもよい。いくつかの実装では、カメラアセンブリ630は、フレーム80（図9D）に取り付けられてもよく、カメラアセンブリ630からの画像情報を処理し得る、処理モジュール140および／または150と電気通信してもよい。いくつかの実装では、1つのカメラアセンブリ630が、眼毎に利用され、各眼を別個に監視してもよい。

30

【0193】

ここで図7を参照すると、導波管によって出力された出射ビームの実施例が、示される。1つの導波管が図示されるが、導波管アセンブリ260（図6）内の他の導波管も同様に機能し得、導波管アセンブリ260は、複数の導波管を含むことを理解されたい。光640が、導波管270の入力表面460において導波管270の中に投入され、TIRによって導波管270内を伝搬する。光640がDOE570上に衝突する点では、光の一部は、導波管から出射ビーム650として出射する。出射ビーム650は、略平行として図示されるが、本明細書に議論されるように、また、導波管270と関連付けられる深度面に応じて、ある角度（例えば、発散出射ビームを形成する）において眼210に伝搬するように再指向されてもよい。略平行出射ビームは、眼210からの遠距離（例えば、光学無限遠）における深度面に設定されるように現れる画像を形成するように光を外部結合する、外部結合光学要素を伴う導波管を示し得ることを理解されたい。他の導波管または他の外部結合光学要素のセットは、より発散する、出射ビームパターンを出力してもよく、これは、眼210がより近い距離に遠近調節し、網膜上に合焦させることを要求し、光学無限遠より眼210に近い距離からの光として脳によって解釈されるであろう。

40

【0194】

いくつかの実装では、フルカラー画像が、原色、例えば、3つまたはそれを上回る原色のそれぞれに画像をオーバーレイすることによって、各深度面において形成されてもよい。図8は、各深度面は、複数の異なる原色を使用して形成される画像を含む、スタックさ

50

れた導波管アセンブリの実施例を図示する。図示される実装は、深度面 240a - 240f を示すが、より多いまたはより少ない深度もまた、検討される。各深度面は、第 1 の色 G の第 1 の画像、第 2 の色 R の第 2 の画像、および第 3 の色 B の第 3 の画像を含む、それと関連付けられる 3 つまたはそれを上回る原色画像を有してもよい。異なる深度面は、文字 G、R、および B に続くジオプタ (dpt) に関する異なる数字によって図示される。単なる実施例として、これらの文字のそれぞれに続く数字は、ジオプタ (1/m)、すなわち、視認者からの深度面の逆距離を示し、図中の各ボックスは、個々の原色画像を表す。いくつかの実装では、異なる波長の光の眼の集束における差異を考慮するために、異なる原色に関する深度面の正確な場所は、変動してもよい。例えば、所与の深度面に関する異なる原色画像は、ユーザからの異なる距離に対応する深度面上に設置されてもよい。そのような配列は、視力およびユーザ快適性を増加させ得る、および/または色収差を減少させ得る。理論によって限定されるわけではないが、異なる原色画像を同一物理的焦点に設置しないことは、重要であり得る、ヒトの眼の自然縦色収差 (LCA) を補償することに役立ち得ることを理解されたい。例えば、接眼レンズは、眼の高 LCA 光学系によって集束された後、それらが網膜上に合焦するように、原色画像の焦点レベルをバイアスすることによって、眼の LCA を補償することに役立ち得る。いくつかの実装では、システムが、1 つの原色のためのより疎の深度面のセット (例えば、2 x 青色深度面) と、別の原色のためのより稠密な深度面のセット (例えば、6 x 緑色深度面) とを有してもよい。有利なこととして、本アプローチは、ハードウェアコストおよび複雑性を低減させながら、依然として、眼に適正な深度情報を提供することに役立ち得る。例えば、眼は、中 (例えば、「緑色」) 波長の合焦を短および長波長より優先し、したがって、全ての原色画像を横断して、均一な深度面のセットを要求し得ない。例えば、いくつかの実装では、眼が、フルカラー画像のための深度面を知覚する際、(例えば、緑色原色画像を形成するための) 中波長光を優先するであろうという仮定の下、短または長波長光によって形成される原色画像 (例えば、青色または赤色原色画像) を出力する、導波管が、フルカラー画像を複数の深度面上に形成するために利用されてもよい一方、中波長光によって形成される原色画像 (例えば、緑色原色画像) を出力する、導波管が、単一深度面のみのためのフルカラー画像を形成するために使用されてもよい。したがって、中波長光のための導波管の数と利用可能な深度面の総数との間には、1 対 1 の対応が存在し得る一方、別の波長の原色 (赤色および/または青色光等) のための導波管の数は、利用可能な深度面の総数未満であってもよい。

10

20

30

【0195】

いくつかの実装では、各原色の光は、単一専用導波管によって出力されてもよく、その結果、各深度面は、それと関連付けられる複数の導波管を有してもよい。そのような実装では、文字 G、R、または B を含む、図中の各ボックスは、個々の導波管を表すものと理解され得、3 つの導波管は、3 つの原色画像が、深度面毎に提供される、深度面毎に提供されてもよい。各深度面と関連付けられる導波管は、本図面では、説明を容易にするために相互に隣接して示されるが、物理的デバイスでは、導波管は全て、レベル毎に 1 つの導波管を伴うスタックで配列されてもよいことを理解されたい。いくつかの他の実装では、例えば、単一導波管のみが深度面毎に提供され得るように、複数の原色が、同一導波管によって出力されてもよい。

40

【0196】

図 8 を継続して参照すると、いくつかの実装では、G は、緑色であって、R は、赤色であって、B は、青色である。いくつかの他の実装では、マゼンタ色およびシアン色を含む、光の他の波長と関連付けられる他の色も、赤色、緑色、または青色のうちの 1 つまたはそれを上回るものに加えて使用されてもよい、またはそれらに取って代わってもよい。

【0197】

本開示全体を通じた所与の光の色の言及は、視認者によってその所与の色として知覚される、光の波長の範囲内の 1 つまたはそれを上回る波長の光を包含すると理解されたい。例えば、赤色光は、約 620 ~ 780 nm の範囲内の 1 つまたはそれを上回

50

る波長の光を含んでもよく、緑色光は、約 492 ~ 577 nm の範囲内の 1 つまたはそれを上回る波長の光を含んでもよく、青色光は、約 435 ~ 493 nm の範囲内の 1 つまたはそれを上回る波長の光を含んでもよい。

【0198】

いくつかの実装では、光投影システム 1010 (図 6) は、視認者の視覚的知覚範囲外の 1 つまたはそれを上回る波長、例えば、赤外線および / または紫外線波長の光を放出するように構成されてもよい。加えて、ディスプレイ 250 の導波管の内部結合、外部結合、および他の光再指向構造は、例えば、結像および / またはユーザ刺激用途のために、本光をディスプレイからユーザの眼 210 に向かって指向および放出するように構成されてもよい。

10

【0199】

ここで図 9A を参照すると、いくつかの実装では、導波管に衝突する光は、その光を導波管の中に内部結合するために再指向される必要があり得る。内部結合光学要素が、光をその対応する導波管の中に再指向および内部結合するために使用されてもよい。図 9A は、それぞれ、内部結合光学要素を含む、複数またはセット 660 のスタックされた導波管の実施例の断面側面図を図示する。導波管はそれぞれ、1 つまたはそれを上回る異なる波長または 1 つまたはそれを上回る異なる波長範囲の光を出力するように構成されてもよい。スタック 660 は、スタック 260 (図 6) に対応し得、スタック 660 の図示される導波管は、複数の導波管 270、280、290、300、310 の一部に対応してもよいが、画像投入デバイス 360、370、380、390、400 のうちの 1 つまたはそれを上回るものからの光が、光が内部結合のために再指向されることを要求する位置から導波管の中に投入されることを理解されたい。

20

【0200】

スタックされた導波管の図示されるセット 660 は、導波管 670、680、および 690 を含む。各導波管は、関連付けられる内部結合光学要素 (導波管上の光入力面積とも称され得る) を含み、例えば、内部結合光学要素 700 は、導波管 670 の主要表面 (例えば、上側主要表面) 上に配置され、内部結合光学要素 710 は、導波管 680 の主要表面 (例えば、上側主要表面) 上に配置され、内部結合光学要素 720 は、導波管 690 の主要表面 (例えば、上側主要表面) 上に配置される。いくつかの実装では、内部結合光学要素 700、710、720 のうちの 1 つまたはそれを上回るものは、個別の導波管 670、680、690 の底部主要表面上に配置されてもよい (特に、1 つまたはそれを上回る内部結合光学要素は、反射型偏向光学要素である)。図示されるように、内部結合光学要素 700、710、720 は、それらの個別の導波管 670、680、690 の上側主要表面 (または次の下側導波管の上部) 上に配置されてもよく、特に、それらの内部結合光学要素は、透過型偏向光学要素である。いくつかの実装では、内部結合光学要素 700、710、720 は、個別の導波管 670、680、690 の本体内に配置されてもよい。いくつかの実装では、本明細書に議論されるように、内部結合光学要素 700、710、720 は、他の光の波長を透過させながら、1 つまたはそれを上回る光の波長を選択的に再指向するように、波長選択的である。それらの個別の導波管 670、680、690 の片側または角に図示されるが、内部結合光学要素 700、710、720 は、いくつかの実装では、それらの個別の導波管 670、680、690 の他の面積内に配置され得ることを理解されたい。内部結合光学要素 700、710、720 は、各内部結合要素が内部結合領域に対応する、内部結合領域であると理解され得ることを理解されたい。いくつかの他の実装では、本明細書に議論されるように、各導波管の内部結合光学要素はそれぞれ、複数の領域に細分割されてもよい。

30

40

【0201】

図示されるように、内部結合光学要素 700、710、720 は、相互から側方にオフセットされてもよい。いくつかの実装では、各内部結合光学要素は、その光が別の内部結合光学要素を通して通過することなく、光を受光するようにオフセットされてもよい。例えば、各内部結合光学要素 700、710、720 は、図 6 に示されるように、光を異な

50

る画像投入デバイス 360、370、380、390、および400から受光するように構成されてもよく、光を内部結合光学要素700、710、720の他のものから実質的に受光しないように、他の内部結合光学要素700、710、720から分離されてもよい（例えば、側方に離間される）。

【0202】

各導波管はまた、関連付けられる光分散要素を含み、例えば、光分散要素730は、導波管670の主要表面（例えば、上部主要表面）上に配置され、光分散要素740は、導波管680の主要表面（例えば、上部主要表面）上に配置され、光分散要素750は、導波管690の主要表面（例えば、上部主要表面）上に配置される。いくつかの他の実装では、光分散要素730、740、750は、それぞれ、関連付けられる導波管670、680、690の底部主要表面上に配置されてもよい。いくつかの他の実装では、光分散要素730、740、750は、それぞれ、関連付けられる導波管670、680、690の上部および底部両方の主要表面上に配置されてもよい、または光分散要素730、740、750は、それぞれ、異なる関連付けられる導波管670、680、690内の上部および底部主要表面の異なるもの上に配置されてもよい。

10

【0203】

導波管670、680、690は、例えば、材料のガス、液体、および/または固体層によって離間および分離されてもよい。例えば、図示されるように、層760aは、導波管670および680を分離してもよく、層760bは、導波管680および690を分離してもよい。いくつかの実装では、層760aおよび760bは、低屈折率材料（すなわち、導波管670、680、690のうちの直近のものを形成する材料より低い屈折率を有する材料）から形成される。好ましくは、層760a、760bを形成する材料の屈折率は、導波管670、680、690を形成する材料の屈折率の0.05またはそれを上回る、または0.10またはそれを下回る。有利なこととして、より低い屈折率層760a、760bは、導波管670、680、690を通して光の全内部反射（TIR）（例えば、各導波管の上部主要表面と底部主要表面との間のTIR）を促進する、クラディング層として機能してもよい。いくつかの実装では、層760a、760bは、空気から形成される。図示されないが、導波管の図示されるセット660の上部および底部は、直近クラディング層を含み得ることを理解されたい。

20

【0204】

好ましくは、製造および他の考慮点を容易にするために、導波管670、680、690を形成する材料は、類似または同一であって、層760a、760bを形成する材料は、類似または同一である。いくつかの実装では、導波管670、680、690を形成する材料は、1つまたはそれを上回る導波管間で異なり得る、および/または層760a、760bを形成する材料は、依然として、上記の種々の屈折率関係を保持しながら、異なり得る。

30

【0205】

図9Aを継続して参照すると、光線770、780、790が、導波管のセット660に入射する。光線770、780、790は、1つまたはそれを上回る画像投入デバイス360、370、380、390、400（図6）によって導波管670、680、690の中に投入されてもよいことを理解されたい。

40

【0206】

いくつかの実装では、光線770、780、790は、異なる導波管のために意図される（例えば、異なる量の波面発散を伴う光を出力するように構成される、および/または異なる波長または色等の異なる性質を有する光を出力するように構成される、導波管）。したがって、いくつかの実装では、光線770、780、790は、異なる性質、例えば、異なる色に対応し得る異なる波長または異なる波長範囲を有してもよい。内部結合光学要素700、710、720はそれぞれ、光が、TIRによって、導波管670、680、690のうちの個別の1つを通して伝搬するように、入射光を偏向させる。いくつかの実装では、内部結合光学要素700、710、720はそれぞれ、他の波長を下層導波管

50

および関連付けられる内部結合光学要素に透過させながら、1つまたはそれを上回る特定の光の波長を選択的に偏向させる。

【0207】

例えば、内部結合光学要素700は、それぞれ、異なる第2および第3の波長または波長範囲を有する、光線780および790を透過させながら、第1の波長または波長範囲を有する、光線770を偏向させるように構成されてもよい。透過された光線780は、第2の波長または波長範囲の光を偏向させるように構成される、内部結合光学要素710に衝突し、それによって偏向される。光線790は、第3の波長または波長範囲の光を選択的に偏向させるように構成される、内部結合光学要素720によって偏向される。

【0208】

図9Aを継続して参照すると、偏向された光線770、780、790は、対応する導波管670、680、690を通して伝搬するように偏向される。すなわち、各導波管の内部結合光学要素700、710、720は、光をその対応する導波管670、680、690の中に偏向させ、光をその対応する導波管の中に内部結合する。光線770、780、790は、光をTIRによって個別の導波管670、680、690を通して伝搬させる角度で偏向される。光線770、780、790は、導波管の対応する光分散要素730、740、750に衝突するまで、TIRによって個別の導波管670、680、690を通して伝搬する。

【0209】

ここで図9Bを参照すると、図9Aの複数のスタックされた導波管の実施例の斜視図が、図示される。上記のように、内部結合された光線770、780、790は、それぞれ、内部結合光学要素700、710、720によって偏向され、次いで、それぞれ、導波管670、680、690内でTIRによって伝搬する。光線770、780、790は、次いで、それぞれ、光分散要素730、740、750に衝突する。光分散要素730、740、750は、それぞれ、外部結合光学要素800、810、820に向かって伝搬するように、光線770、780、790を偏向させる。

【0210】

いくつかの実装では、光分散要素730、740、750は、直交瞳エクスパンダ(OPE)である。いくつかの実装では、OPEは、光を外部結合光学要素800、810、820に偏向または分散し、いくつかの実装では、また、外部結合光学要素に伝搬するにつれて、本光のビームまたはスポットサイズを増加させ得る。いくつかの実装では、光分散要素730、740、750は、省略されてもよく、内部結合光学要素700、710、720は、光を直接外部結合光学要素800、810、820に偏向させるように構成されてもよい。例えば、図9Aを参照すると、光分散要素730、740、750は、それぞれ、外部結合光学要素800、810、820と置換されてもよい。いくつかの実装では、外部結合光学要素800、810、820は、光を視認者の眼210(図7)に指向させる、射出瞳(EP)または射出瞳エクスパンダ(EPE)である。OPEは、少なくとも1つの軸においてアイボックスの次元を増加させるように構成され得、EPEは、OPEの軸と交差する、例えば、直交する軸においてアイボックスを増加させてもよいことを理解されたい。例えば、各OPEは、光の残りの部分が導波管を辿って伝搬し続けることを可能にしながら、OPEに衝突する光の一部を同一導波管のEPEに再指向するように構成されてもよい。OPEに再び衝突することに応じて、残りの光の別の部分は、EPEに再指向され、その部分の残りの部分は、導波管を辿ってさらに伝搬し続ける等である。同様に、EPEへの衝突に応じて、衝突光の一部は、ユーザに向かって導波管から外に指向され、その光の残りの部分は、EPに再び衝突するまで、導波管を通して伝搬し続け、その時点で、衝突光の別の部分は、導波管から外に指向される等である。その結果、内部結合された光の単一ビームは、その光の一部がOPEまたはEPEによって再指向される度に、「複製」され、それによって、図6に示されるように、クローン化された光のビーム野を形成し得る。いくつかの実装では、OPEおよび/またはEPEは、光のビームのサイズを修正するように構成されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 2 1 1 】

故に、図 9 A および 9 B を参照すると、いくつかの実装では、導波管のセット 6 6 0 は、原色毎に、導波管 6 7 0、6 8 0、6 9 0 と、内部結合光学要素 7 0 0、7 1 0、7 2 0 と、光分散要素（例えば、O P E）7 3 0、7 4 0、7 5 0 と、外部結合光学要素（例えば、E P）8 0 0、8 1 0、8 2 0 とを含む。導波管 6 7 0、6 8 0、6 9 0 は、各 1 つの間に空隙 / クラディング層を伴ってスタックされてもよい。内部結合光学要素 7 0 0、7 1 0、7 2 0 は、（異なる波長の光を受光する異なる内部結合光学要素を用いて）入射光をその導波管の中に再指向または偏向させる。光は、次いで、個別の導波管 6 7 0、6 8 0、6 9 0 内に T I R をもたらすであろう角度で伝搬する。示される実施例では、光線 7 7 0（例えば、青色光）は、前述の様式において、第 1 の内部結合光学要素 7 0 0 によって偏光され、次いで、導波管を辿ってバウンスし続け、光分散要素（例えば、O P E）7 3 0、次いで、外部結合光学要素（例えば、E P）8 0 0 と相互作用する。光線 7 8 0 および 7 9 0（例えば、それぞれ、緑色および赤色光）は、導波管 6 7 0 を通して通過し、光線 7 8 0 は、内部結合光学要素 7 1 0 上に衝突し、それによって偏向される。光線 7 8 0 は、次いで、T I R を介して、導波管 6 8 0 を辿ってバウンスし、その光分散要素（例えば、O P E）7 4 0、次いで、外部結合光学要素（例えば、E P）8 1 0 に進むであろう。最後に、光線 7 9 0（例えば、赤色光）は、導波管 6 9 0 を通して通過し、導波管 6 9 0 の光内部結合光学要素 7 2 0 に衝突する。光内部結合光学要素 7 2 0 は、光線が、T I R によって、光分散要素（例えば、O P E）7 5 0、次いで、T I R によって、外部結合光学要素（例えば、E P）8 2 0 に伝搬するように、光線 7 9 0 を偏向させる。外部結合光学要素 8 2 0 は、次いで、最後に、光線 7 9 0 を視認者に外部結合し、視認者はまた、他の導波管 6 7 0、6 8 0 からの外部結合した光も受光する。

10

20

【 0 2 1 2 】

図 9 C は、図 9 A および 9 B の複数のスタックされた導波管の実施例の上下平面図を図示する。図示されるように、導波管 6 7 0、6 8 0、6 9 0 は、各導波管の関連付けられる光分散要素 7 3 0、7 4 0、7 5 0 および関連付けられる外部結合光学要素 8 0 0、8 1 0、8 2 0 とともに、垂直に整合されてもよい。しかしながら、本明細書に議論されるように、内部結合光学要素 7 0 0、7 1 0、7 2 0 は、垂直に整合されない。むしろ、内部結合光学要素は、好ましくは、非重複する（例えば、上下図に見られるように、側方に離間される）。本明細書でさらに議論されるように、本非重複空間配列は、1 対 1 ベースで異なるリソースから異なる導波管の中への光の投入を促進し、それによって、具体的光源が具体的導波管に一意に結合されることを可能にする。いくつかの実装では、非重複の空間的に分離される内部結合光学要素を含む、配列は、偏移瞳システムと称され得、これらの配列内の内部結合光学要素は、サブ瞳に対応し得る。図示される上下図は、それぞれ、内部結合要素 7 0 0、7 1 0、7 2 0 上に入射する、光（例えば、光 7 7 0、7 8 0、7 9 0（図 9 B））の内部結合ビームの方向から視認されるような真正面平面図であると理解され得ることを理解されたい。

30

【 0 2 1 3 】

図 9 D は、本明細書に開示される種々の導波管および関連システムが統合され得る、ウェアラブルディスプレイシステム 6 0 の実施例を図示する。いくつかの実装では、ディスプレイシステム 6 0 は、図 6 のシステム 2 5 0 であって、図 6 は、そのシステム 6 0 のいくつかの部分により詳細に図式的に示す。例えば、図 6 の導波管アセンブリ 2 6 0 は、ディスプレイ 7 0 の一部であってもよい。

40

【 0 2 1 4 】

図 9 D を継続して参照すると、ディスプレイシステム 6 0 は、ディスプレイ 7 0 と、そのディスプレイ 7 0 の機能をサポートするための種々の機械的および電子的モジュールおよびシステムとを含む。ディスプレイ 7 0 は、フレーム 8 0 に結合されてもよく、これは、ディスプレイシステムユーザまたは視認者 9 0 によって装着可能であって、ディスプレイ 7 0 をユーザ 9 0 の目の正面に位置付けるように構成される。ディスプレイ 7 0 は、いくつかの実装では、接眼レンズと見なされ得る。いくつかの実装では、スピーカ 1 0 0 が

50

、フレーム 80 に結合され、ユーザ 90 の外耳道に隣接して位置付けられるように構成される（いくつかの実装では、示されない別のスピーカも、随意に、ユーザの他方の外耳道に隣接して位置付けられ、ステレオ / 成形可能音制御を提供してもよい）。ディスプレイシステム 60 はまた、1 つまたはそれを上回るマイクロホン 110 または他のデバイスを含み、音を検出してもよい。いくつかの実装では、マイクロホンは、ユーザが入力またはコマンドをシステム 60 に提供することを可能にするように構成され（例えば、音声メニューコマンドの選択、自然言語質問等）、および / または他の人物（例えば、類似ディスプレイシステムの他のユーザ）とのオーディオ通信を可能にしてもよい。マイクロホンはさらに、周辺センサとして構成され、オーディオデータ（例えば、ユーザおよび / または環境からの音）を収集してもよい。いくつかの実装では、ディスプレイシステムはまた、周辺センサ 120 a を含んでもよく、これは、フレーム 80 と別個であって、ユーザ 90 の身体（例えば、ユーザ 90 の頭部、胴体、四肢等）上に取り付けられてもよい。周辺センサ 120 a は、いくつかの実装では、ユーザ 90 の生理学的状態を特徴付けるデータを入手するように構成されてもよい。例えば、センサ 120 a は、電極であってもよい。

【0215】

図 9 D を継続して参照すると、ディスプレイ 70 は、有線導線または無線接続性ティ等の通信リンク 130 によって、ローカルデータ処理モジュール 140 に動作可能に結合され、これは、フレーム 80 に固定して取り付けられる、ユーザによって装着されるヘルメットまたは帽子に固定して取り付けられる、ヘッドホン内に埋設される、または別様にユーザ 90 に除去可能に取り付けられる（例えば、リュック式構成において、ベルト結合式構成において）等、種々の構成で搭載されてもよい。同様に、センサ 120 a は、通信リンク 120 b、例えば、有線導線または無線接続性ティによって、ローカルデータ処理モジュール 140 に動作可能に結合されてもよい。ローカル処理およびデータモジュール 140 は、ハードウェアプロセッサおよび不揮発性メモリ（例えば、フラッシュメモリまたはハードディスクドライブ）等のデジタルメモリを備えてもよく、その両方とも、データの処理、キャッシュ、および記憶を補助するために利用されてもよい。随意に、ローカル処理およびデータモジュール 140 は、1 つまたはそれを上回る中央処理ユニット（CPU）、グラフィック処理ユニット（GPU）、専用処理ハードウェア等を含んでもよい。データは、a）センサ（画像捕捉デバイス（カメラ等）、マイクロホン、慣性測定ユニット、加速度計、コンパス、GPS ユニット、無線デバイス、ジャイロスコープ、および / または本明細書に開示される他のセンサ（例えば、フレーム 80 に動作可能に結合される、または別様にユーザ 90 に取り付けられ得る））から捕捉されたデータ、および / または b）可能性として処理または読出後にディスプレイ 70 への通過のための遠隔処理モジュール 150 および / または遠隔データリポジトリ 160（仮想コンテンツに関連するデータを含む）を使用して取得および / または処理されたデータを含んでもよい。ローカル処理およびデータモジュール 140 は、これらの遠隔モジュール 150、160 が相互に動作可能に結合され、ローカル処理およびデータモジュール 140 に対するリソースとして利用可能であるように、有線または無線通信リンクを介して等、通信リンク 170、180 によって、遠隔処理モジュール 150 および遠隔データリポジトリ 160 に動作可能に結合されてもよい。いくつかの実装では、ローカル処理およびデータモジュール 140 は、画像捕捉デバイス、マイクロホン、慣性測定ユニット、加速度計、コンパス、GPS ユニット、無線デバイス、および / またはジャイロスコープのうちの 1 つまたはそれを上回るものを含んでもよい。いくつかの他の実装では、これらのセンサのうちの 1 つまたはそれを上回るものは、フレーム 80 に取り付けられてもよい、または有線または無線通信経路によってローカル処理およびデータモジュール 140 と通信する、独立構造であってもよい。

【0216】

図 9 D を継続して参照すると、いくつかの実装では、遠隔処理モジュール 150 は、データおよび / または画像情報を分析および処理するように構成される、1 つまたはそれを上回るプロセッサを備えてもよく、例えば、1 つまたはそれを上回る中央処理ユニット（

10

20

30

40

50

C P U)、グラフィック処理ユニット (G P U)、専用処理ハードウェア等を含む。いくつかの実装では、遠隔データリポジトリ 1 6 0 は、デジタルデータ記憶設備を備えてもよく、これは、インターネットまたは「クラウド」リソース構成における他のネットワーキング構成を通して利用可能であってもよい。いくつかの実装では、遠隔データリポジトリ 1 6 0 は、1 つまたはそれを上回る遠隔サーバを含んでもよく、これは、情報、例えば、拡張現実コンテンツをローカル処理およびデータモジュール 1 4 0 および / または遠隔処理モジュール 1 5 0 に生成するための情報を提供する。いくつかの実装では、全てのデータが、記憶され、全ての算出が、ローカル処理およびデータモジュールにおいて実施され、遠隔モジュールからの完全に自律的使用を可能にする。随意に、C P U、G P U 等を含む、外部システム (例えば、1 つまたはそれを上回るプロセッサ、1 つまたはそれを上回るコンピュータのシステム) が、処理 (例えば、画像情報を生成する、データを処理する) の少なくとも一部を実施し、例えば、無線または有線接続を介して、情報をモジュール 1 4 0、1 5 0、1 6 0 に提供し、情報をそこから受信してもよい。

(複数の外部結合領域を伴う例示的ディスプレイシステム)

【0217】

本明細書に説明されるディスプレイシステム (例えば、ディスプレイシステム 6 0、図 9 D) は、拡張または仮想現実コンテンツ (本明細書では、仮想コンテンツと称される) を提示するために使用されてもよい。仮想コンテンツを提示するために、ディスプレイシステムは、光が頭部搭載型ディスプレイの装着者等のユーザの片眼または両眼の中に伝搬するような方向にその光を外部結合する、1 つまたはそれを上回る外部結合要素を使用し

【0218】

図 1 0 A に示されるように、例示的外部結合要素 8 3 0 は、本明細書に説明されるように、(例えば、全内部反射によって) 導波管内を伝搬する光をユーザの眼 1 0 1 0 に向かって外部結合する。しかしながら、典型的外部結合要素は、光を、外部結合光学要素の面積を横断して、全ての領域において、種々の方向に出力するように構造化され得る。したがって、外部結合光学要素 8 3 0 によって外部結合された光のサブセットは、ユーザの眼 1 0 1 0 の瞳孔 1 0 1 2 に向かって有用に指向され得、そこで、眼 1 0 1 0 に進入し、画像を形成するであろう。望ましく指向される光は、外部結合要素 8 3 0 の中心の近くの場合において、外部結合要素 8 3 0 に対して法線方向または実質的に法線方向に延在し得る (かつ外部結合要素 8 3 0 の周縁の近くの場合に関して内向きに角度付けられ得る)、例示的ビーム 1 0 1 5 によって図示される。外部結合要素 8 3 0 の周縁からある法線方向に、または瞳孔 1 0 1 2 またはその近くにおいて眼 1 0 1 0 上に入射しない、種々の角度で外部結合される、ビーム 1 0 1 7 等の外部結合要素 8 3 0 によって外部結合される他の光は、眼 1 0 1 0 内に形成される画像に寄与し得ない。外部結合光学要素 8 3 0 から外部結合されるが、瞳孔またはその近くに入射しない、そのような光は、無駄なエネルギーと見なされ得る。図面は、概略であって、必ずしも、正確な縮尺ではなく、したがって、光ビーム 1 1 5 と 1 1 7 との間の側方距離が図示される眼 1 0 1 0 に対して大きくあり得ることを理解されたい。

【0219】

有利なこととして、いくつかの実装は、ユーザの眼 1 0 1 0 の瞳孔 1 0 1 2 に向かって外部結合される割合 (例えば、ビーム 1 0 1 5 と一致する、外部結合された光) を増加させ、眼 1 0 1 0 によって位置合わせされない、他の方向に外部結合された光 (例えば、ビーム 1 0 1 7 と一致する、外部結合された光) の量を低減させる。例えば、そのようなシステムは、最終的に瞳孔に進入する、内部結合された光の割合を増加させ得、故に、所与の明度の画像をユーザの眼に生産するために、光投影システムまたは他のディスプレイ光源によって生成されなければならない、光エネルギーの量を低減させ得る。本技術の種々の実装は、画像光をユーザの眼 1 0 1 0 の瞳孔 1 0 1 2 に向かって選択的に指向するように構成される、外部結合要素、内部結合要素、および / または光投影システムを含む、システムを提供する。そのようなシステムは、それによって、有利なこととして、それらが

、眼 1 0 1 0 に到達し、ユーザによって知覚される画像を形成する、光投影システムによって生産される所与の光の量の割合を増加させ得、ユーザの眼の他の部分または顔に当たる、または別様にユーザによって知覚される画像に寄与しない、光の割合を低減させ得るため、本明細書に開示されるディスプレイシステムの効率を改良し得る。

【 0 2 2 0 】

図 1 0 B および 1 0 C に図式的に図示されるように、いくつかの実装は、異なる外部結合領域 1 0 0 0 a、1 0 0 0 b、1 0 0 0 c への導波管 9 0 0 の外部結合要素 1 0 0 0 のセグメント化を含んでもよい。異なる外部結合領域は、光を異なるように外部結合するように構成されてもよい。例えば、外部結合領域 1 0 0 0 b は、外部結合された光 1 0 1 7 が他の外部結合領域 1 0 0 0 a、1 0 0 0 c から殆どまたは全く出力されない状態で、外部結合された光線 1 0 1 5 を指向し得る。結果として、眼に進入せず、ユーザによって知覚されない、光 1 0 1 7 は、外部結合領域 1 0 0 0 a、1 0 0 0 c から出力されないことによって、「無駄」にされない。

10

【 0 2 2 1 】

異なる外部結合領域は、出力された光を外部結合要素 1 0 0 0 に対して法線以外の角度で指向し得ることを理解されたい。図 1 0 C は、異なる外部結合領域 1 0 0 0 a、1 0 0 0 b、1 0 0 0 c と関連付けられ得る、例示的光ビーム方向 1 0 1 9 を図示する。いくつかの実装では、異なる外部結合領域は、視野の異なる部分のための光を外部結合するために利用されてもよい。例えば、外部結合要素 1 0 0 0 の中心領域 1 0 0 0 b は、概して、通常、眼 1 0 1 0 に向かって外向きに延在する、方向を中心として配置される角度のセットに沿って、光を外部結合することが望ましくあり得る一方、外部結合要素 1 0 0 0 の周辺領域 1 0 0 0 a、1 0 0 0 c は、概して、眼 1 0 1 0 に向かって内向きに角度付けられた方向を中心として配置され、また、眼の瞳孔に進入する、角度のセットに沿って、光を外部結合することが望ましくあり得る。したがって、いくつかの実装では、ディスプレイシステムによって提供される視野および/または視野の異なる部分において利用可能な仮想コンテンツは、本明細書に議論されるように、所望に応じて、外部結合領域 1 0 0 0 a、1 0 0 0 b、1 0 0 0 c の適切な選択によって、変化されてもよい。有利なこととして、視野の異なる部分（例えば、所望の仮想コンテンツを含有する、部分）を選択する、本能力は、ある他の方向からの光が放出されないことを可能にすることによって、高エネルギー利用効率を促進する。

20

30

【 0 2 2 2 】

いくつかの実装では、光投影システムが、光を導波管 9 0 0 の中に指向するために利用されてもよく、光投影システムは、その導波管 9 0 0 の中への入力のための光をコリメートする、投影光学系を利用してもよいことを理解されたい。本明細書に開示される画像タイル化アプローチは、有利なこととして、視野の異なる部分のそれぞれまたはその複数のもののために、離散光プロジェクタの使用を可能にし、各プロジェクタは、視野の関連付けられる部分のための画像コンテンツを形成する。視野全体にわたって画像コンテンツを提供するための光をコリメートすることは、単一光プロジェクタが利用される場合、大規模かつ複雑な投影光学系を要求し得ることを理解されたい。他方では、比較的の小視野、例えば、ディスプレイシステムの視野の一部を提供するための投影光学系は、有利なこととして、より大きい視野のために光をコリメートするための投影光学系より単純かつより小さい。本明細書に議論されるように、複数の光プロジェクタの使用は、したがって、視野全体のための単一光プロジェクタの使用より小さい総体積を占有し得る。

40

【 0 2 2 3 】

図 1 0 D は、例示的ウェアラブルディスプレイシステムの導波管から外部結合され得る、光の例示的一次光線 1 0 1 5 を図示する。いくつかの実装では、外部結合領域 1 0 0 0 a、1 0 0 0 b、1 0 0 0 c のうちの単一の 1 つは、眼 1 0 1 0 の所望の視野を生成するために十分に大きくあり得る。例えば、外部結合領域 1 0 0 0 b から外に外部結合され得る、光線 1 0 1 5 は、眼の視覚的限界を含むそれ以下の面積内において分散され得る、または眼上に入射する光が所望の視野に対応するための角度の範囲を提供し得る。

50

【 0 2 2 4 】

ここで図 1 1 A を参照すると、導波管 9 0 0 は、外部結合要素 1 0 0 0 等の外部結合要素を有してもよく、これは、外部結合要素 1 0 0 0 を横断して、光の回折および伝搬を引き起こす、回折または他の光分散構造 1 0 2 0 のアレイを含んでもよい。いくつかの実装では、光分散構造 1 0 2 0 および外部結合要素 1 0 0 0 は、導波管 9 0 0 の同一側、例えば、導波管 9 0 0 の同一主要表面上に配置されてもよい。そのような実装では、外部結合要素 1 0 0 0 によって占有される面積は、その光を導波管から外に外部結合する、構造（例えば、回折構造）と、また、全内部反射によって、導波管を横断して入射光を分散させる、構造（例えば、回折構造）とを含んでもよい。

【 0 2 2 5 】

いくつかの他の実装では、図示される上下図において、外部結合要素 1 0 0 0 は、光分散要素 1 0 2 0 の真下にあると理解され得る。そのような構成では、外部結合要素 1 0 0 0 および光分散要素 1 0 2 0 は、導波管 9 0 0 の異なる対向主要表面上に配置されてもよい。

【 0 2 2 6 】

図 1 1 A を継続して参照すると、光ビーム 1 0 2 5（例えば、画像光に対応する）が、内部結合要素 1 0 0 5 上に衝突すると、ビーム 1 0 2 5 は、導波管 9 0 0 の中に内部結合され、光分散構造 1 0 2 0 に衝突するまで、1つの軸（例えば、垂直軸）に沿って、伝搬方向に伝搬し、これは、ビーム 1 0 2 5 の一部をビームレット 1 0 2 7 に分割させ、これは、概して、段階的に生じ、異なる軸（例えば、図示されるように、直交または水平軸）に沿って伝搬し得る。好ましくは、内部結合要素 1 0 0 5 は、光ビーム 1 0 2 5 が、全内部反射によって、導波管内で伝搬するような角度で、光を導波管 9 0 0 の中に再指向する。光分散構造 1 0 2 0 は、十分に低光再指向効率を有し、ビーム 1 0 2 5 の大部分が（例えば、垂直軸に沿って下向きに）伝搬し続けることを可能にすることを理解されたい。したがって、ビーム 1 0 2 5 は、複製され、実質的に、外部結合要素 1 0 0 0 の面積全体を充填し得る。そのような配列は、外部結合要素 1 0 0 0 を横断して、均一伝搬および高被覆率を提供し得るが、光の効率的使用のためのビームレット 1 0 2 7 の伝搬を標的化する際に難点を生じさせ得る。

【 0 2 2 7 】

いくつかの実装では、図 1 1 B に示されるように、導波管 9 0 0 は、左領域 1 0 0 0 l と、右領域 1 0 0 0 r とにセグメント化され得る、外部結合要素 1 0 0 0 を有してもよい。左領域 1 0 0 0 l は、概して、左および下向きに、ビームレット 1 0 2 7 l の伝搬を引き起こすように構成される、光分散構造 1 0 2 0 l のみを含んでもよい。同様に、右領域 1 0 0 0 r は、概して、右および下向きに、ビームレット 1 0 2 7 r の伝搬を引き起こすように構成される、光分散構造 1 0 2 0 r のみを含んでもよい。したがって、各領域 1 0 0 0 l、1 0 0 0 r に進入する光の各ビーム 1 0 2 5 は、領域 1 0 0 0 l、1 0 0 0 r のうちの同一の一方のみから外部結合され、領域 1 0 0 0 l、1 0 0 0 r の他方に伝搬しない。本構成は、それにわたって各ビーム 1 0 2 5 が伝搬する、外部結合要素 1 0 0 0 の面積の量が、約半分に低減されるため、それによって、外部結合要素 1 0 0 0 の効率を改良し得る。種々の実装では、さらなるセグメント化が、例えば、付加的セグメント化された領域および/または異なるように成形されたセグメント化された領域を含むことによって、内部結合された光の効率的使用を提供するために実装されてもよいことを理解されたい。左領域 1 0 0 0 l と右領域 1 0 0 0 r との間の境界は、物理的分割構造（例えば、光学的に不透明および/または吸収性のパーティション）に対応し得る、または、単に、異なるように配向された光分散構造 1 0 2 0 r、1 0 2 0 l の領域間の界面であってもよい。

【 0 2 2 8 】

図 1 1 C は、その中で外部結合領域および光分散構造が導波管の異なる側上にあり得る、実装における、図 1 1 B の導波管の例示的断面側面図を図示する。例えば、外部結合領域 1 0 0 0 r は、導波管 9 0 0 の第 1 の主要表面上に配置されてもよく、光分散構造 1 0 2 0 r は、導波管 9 0 0 の、第 2 の対向主要表面上に配置されてもよい。いくつかの実装

10

20

30

40

50

では、図示されるように、光分散構造 1 0 2 0 r は、外部結合領域 1 0 0 0 r と垂直に整合され、類似面積を占有してもよい。本明細書に議論されるように、外部結合領域および光分散構造は、いくつかの実装では、回折格子等の回折構造であってもよい。

【 0 2 2 9 】

図 1 2 A および 1 2 B は、それによって内部結合要素の側面が、本明細書に説明される結像システム内での光の効率使用を改良するために変動され得る、例示的構成を図示する。図 1 2 A および 1 2 B では、導波管 9 0 0 は、複数の離散内部結合領域を含む。

【 0 2 3 0 】

図 1 2 A では、例示的導波管 9 0 0 は、領域 1 0 0 0 l、1 0 0 0 c、および 1 0 0 0 r を含む、外部結合要素 1 0 0 0 を含む。領域 1 0 0 0 l、1 0 0 0 c、および 1 0 0 0 r は、外部結合要素 1 0 0 0 の物理的にセグメント化された領域であってもよい、または任意の分割構造、光分散構造内の変動、もしくは他の物理的構造によって、物理的に分割されない、外部結合要素 1 0 0 0 の領域であってもよい。

10

【 0 2 3 1 】

例示的ディスプレイシステムはさらに、内部結合要素 1 0 0 5 l、1 0 0 5 c、1 0 0 5 r 上に入射する光を外部結合要素 1 0 0 0 に向かって内部結合するように構成される、対応する内部結合要素 1 0 0 5 l、1 0 0 5 c、0 0 5 r を含む。図 1 1 C に示されるような光分散構造は、導波管 9 0 0 の外部結合要素 1 0 0 0 を有する主要表面と対向する主要表面上に配置されてもよいことを理解されたい。いくつかの他の実装では、光分散構造および光外部結合要素 1 0 0 0 は、同一主要表面上にあってもよい。

20

【 0 2 3 2 】

図 1 2 A を継続して参照すると、内部結合要素 1 0 0 5 c は、光を内部結合し、外部結合要素 1 0 0 0 の中心領域 1 0 0 0 c に指向し、光は、両側方方向に等しく分散されることが望ましくあり得る。いくつかの実装では、内部結合要素 1 0 0 5 c は、概して、軸 1 0 2 5 c を中心として対称的に分散される、ある角度の範囲内で、内部結合された光を指向することが望ましくあり得る。加えて、図示されるように、内部結合要素 1 0 0 5 l および 1 0 0 5 r は、光を外部結合要素 1 0 0 0 の相関領域 1 0 0 0 l、1 0 0 0 r に内部結合してもよく、その場合、光は、外部結合要素 1 0 0 0 の側方縁に向かってではなく、外部結合要素 1 0 0 0 の中心に向かって内向きに分散されることがより望ましくあり得る（例えば、外部結合要素 1 0 0 0 の側方縁に到達する、光は、吸収され得る、眼から離れるように外部結合され得る、または別様に、効果的に外部結合され得ないため）。したがって、内部結合要素 1 0 0 5 l および 1 0 0 5 r は、外部結合要素 1 0 0 0 の側方縁に到達する光の量を低減させるように、内向きにバイアスされた軸 1 0 2 5 l、1 0 2 5 r を中心として、ある角度の範囲内で、内部結合された光を指向することが望ましくあり得る。いくつかの実装では、領域 1 0 0 0 l、1 0 0 0 c、および 1 0 0 0 r は、導波管 9 0 0 を横断して、ストライプを画定する、外部結合領域と理解され得、ストライプは、内部結合領域 1 0 0 5 l、1 0 0 5 c、および 1 0 0 5 r によって画定された列を交差する、軸に沿って、伸長する。

30

【 0 2 3 3 】

その中で内部結合要素 1 0 0 5 l、1 0 0 5 c、1 0 0 5 r が、回折格子を含む、実装等における、いくつかの実装では、内部結合要素 1 0 0 5 l、1 0 0 5 c、1 0 0 5 r は、内部結合構造 1 0 0 7 の配向に基づいて、内部結合の所望の指向性を達成し得る。図 1 2 A に図示される例示的実装では、側方内部結合要素 1 0 0 5 l および 1 0 0 5 r の内部結合構造 1 0 0 7 は、中心内部結合要素 1 0 0 5 c の内部結合構造 1 0 0 7 の配向に対してある特定の方向に角度付けられる、またはバイアスされる。

40

【 0 2 3 4 】

図 1 2 A を継続して参照すると、領域 1 0 0 0 l、1 0 0 0 c、1 0 0 0 r および / または関連付けられる光分散構造 1 0 2 0 (図 1 1 C) は、光学的に不透明および / または吸収性のパーティションによって分離され、相関領域 1 0 0 0 l、1 0 0 0 c、1 0 0 0 r の異なるもの間の光の伝搬を限定してもよい。いくつかの他の実装では、パーティショ

50

ンは、異なる領域またはその関連付けられる光分散構造間に提供されない。むしろ、1つの外部結合領域の中に指向される光は、他の外部結合領域に自由に伝搬することを可能にされてもよい。そのような構成は、それにもかかわらず、導波管の全体がその外部結合領域より少ない光を受光するように、内部結合領域が、光を、主に、特定の外部結合領域に指向するため、光の効率的利用のための利点を提供する。

【0235】

図12Bは、非矩形外部結合要素1000と併せて、内部結合要素のさらなる例示的配列を図示する。図12Bの例示的実装では、導波管900は、偶数の内部結合要素1005₁、1005₂、1005₃、1005₄を含み、これは、いくつかの実装では、外部結合要素1000の中央を中心として、略対称分布内に配置され得る。したがって、内部結合要素1005₁、1005₂、1005₃、1005₄のいずれも、外部結合要素1000の中心部分にわたって心合されないため、全4つの内部結合要素1005₁、1005₂、1005₃、1005₄は、内向きにバイアスを有するように構成され得る。内部結合要素1005₂および1005₃は、内部結合要素1005₁および1005₄に対してより中心に位置するため、内部結合要素1005₂および1005₃は、内部結合要素1005₂および1005₃が、光を外部結合要素1000のより広い中心面積に内部結合するように、内部結合要素1005₁および1005₄の内部結合構造1007に対してより少ない傾斜を有する、内部結合構造1007を有してもよい。内部結合要素1005₁および1005₄は、外部結合要素1000の側方縁のより近くに位置し、故に、内部結合要素1005₁および1005₄によって内部結合された光が、より大きい内向きバイアスを有し、外部結合要素1000の側方縁上に入射する可能性が低いように、より傾斜された内部結合構造1007を有する。

【0236】

図12Aおよび12Bに図示される実装は、複数の離散し離間された内部結合領域を図示するが、本明細書に開示される導波管900はまた、その中に個々の光内部結合要素の連続的部分が、その異なる内部結合領域を画定する、異なるように構成された光再指向構造を有する、1つまたはそれを上回る内部結合領域を使用して実装されてもよい。例えば、図13は、導波管の2つまたはそれを上回る側、すなわち、側方縁に沿って延在する、内部結合要素を有する、導波管を図示する。例えば、図示されるように、内部結合要素1005は、導波管の複数の側または縁に沿って配置され、外部結合要素1000を囲繞してもよい。いくつかの実装では、図示されるように、内部結合要素1005は、外部結合要素1000を実質的に包囲する。内部結合要素1005は、光を内部結合し、光を特定の所望の方向に外部結合要素1000に向かって指向するように配列される、内部結合構造1007を含む。例えば、外部結合要素1000の上部の近傍に位置する、内部結合構造1007は、概して、下向きに、光を内部結合するように配列されてもよく、外部結合要素1000の底部の近傍に位置する、内部結合構造1007は、概して、上向きに、光を内部結合するように配列されてもよく、外部結合要素1000の側方側の近傍に位置する、内部結合構造1007は、概して、外部結合要素1000の中心に向かって内向きに、光を内部結合するように配列されてもよい。異なるように構成された内部結合構造1007を有する、内部結合要素1005の異なる領域は、異なる内部結合領域を構成すると理解され得ることを理解されたい。

【0237】

いくつかの実施例では、光投入システムは、光を内部結合要素1005に向かって投影するように構成されてもよい。光投入システムは、複数のプロジェクタを含んでもよく、これは、光を導波管の異なる側上の内部結合要素の中への光の提供を簡略化するための利点を有し得る。本明細書に議論されるように、ディスプレイシステムの完全FOVは、複数の部分に細分割されてもよく、光投入システムは、光を内部結合要素1005の異なる面積に指向することによって、関連付けられる部分毎に、画像コンテンツを提供するように構成される、複数のプロジェクタを含んでもよい。加えて、または代替として、プロジェクタは、光を導波管900の異なる側上の内部結合要素1005の一部に指向するよう

に配向されてもよい。いくつかの実施例では、光投入システムは、導波管 900 の上部縁に沿って、光を内部結合要素 1005 の一部の中に指向するように構成される、第 1 のプロジェクタと、導波管 900 の右縁に沿って、光を内部結合要素 1005 の一部の中に指向するように構成される、第 2 のプロジェクタと、導波管 900 の底部縁に沿って、光を内部結合要素 1005 の一部の中に指向するように構成される、第 3 のプロジェクタと、導波管 900 の左縁に沿って、光を内部結合要素 1005 の一部の中に指向するように構成される、第 4 のプロジェクタとを含んでもよい。プロジェクタはそれぞれ、本明細書に議論されるように、外部結合要素 1000 の異なる部分のための画像コンテンツを提供するように構成されてもよく、異なる部分は、内部結合光学要素 1005 の異なる部分と関連付けられることを理解されたい。

10

【0238】

図 14A は、光を外部結合要素 1000 の中に内部結合するための内部結合要素を有する、導波管 900 のさらなる例示的構成を図示する。内部結合要素 1005 は、個々の内部結合領域 1005_{a1}...1005_{d4} を含んでもよい。各内部結合領域 1005_{a1}...1005_{d4} は、外部結合要素 1000 の対応する、または関連される、外部結合領域 a1...d4 から外部結合されるであろう、光を内部結合するように構成されてもよい。外部結合領域 a1...d4 は、導波管 900 を横断して、グリッドパターンを画定してもよい。各内部結合領域 1005_{a1}...1005_{d4} で内部結合された光は、傾斜、格子ピッチ、格子構造サイズ（例えば、格子を形成する表面上の突出部のサイズ）、または個々の内部結合領域 1005_{a1}...1005_{d4} の他の特性等の 1 つまたはそれを上回る特徴に基づいて等、上記に説明される技法に基づいて、外部結合要素 1000 の対応する外部結合領域 a1...d4 からのみ、または主にそこから外部結合されるように指向されてもよい。例えば、内部結合領域 1005_{a2}、1005_{b2}、1005_{c2}、および 1005_{d2} はそれぞれ、各内部結合領域 1005_{a2}、1005_{b2}、1005_{c2}、1005_{d2} で内部結合された光が、選択的に、または主に、特定の関連付けられる外部結合領域に指向され、その外部結合領域によって外部結合されるように、傾斜、格子ピッチ、格子構造サイズ、または別の特性において、その他に対して異なってもよい。例えば、内部結合要素 1005_{a2} は、そこから内部結合された光が、外部結合要素 1000 内で、光を領域 a2 上に入射させる、全内部反射の角度を有するように構成されてもよい。同様に、内部結合要素 1005_{b2} は、そこから内部結合された光が、導波管 900 内で、光の多くを、外部結合要素 1000 に沿ってさらに進行させ、外部結合領域 b2 上に入射させる、異なる全内部反射の角度を有するように構成されてもよい。

20

30

【0239】

本明細書に議論されるように、光投入システムは、光を異なる内部結合領域 1005_{a1}...1005_{d4} に向かって投影するように構成されてもよい。光投入システムは、光を異なる内部結合領域 1005_{a1}...1005_{d4} の中に指向するように構成される、複数のプロジェクタを含んでもよい。いくつかの実施例では、光投入システムは、FOV のサブセットを 1 つまたはそれを上回る内部結合領域 1005_{a1}...1005_{d4} の異なるまたは重複サブセットの中に放出するように構成される、異なるプロジェクタを含んでもよい。例えば、第 1 のプロジェクタは、光を導波管の第 1 の側方縁により近い内部結合領域のサブセットに向かって放出するように構成されてもよく、第 2 のプロジェクタは、光を導波管の第 2 の側方縁により近い内部結合領域のサブセットに向かって放出するように構成されてもよい。

40

【0240】

図 14B は、図 14A の導波管の概略断面側面図の実施例であって、断面は、平面 14B（図 14A）に沿って得られている。図示されるように、内部結合領域 1005_{a2}、1005_{b2}、1005_{c2}、1005_{d2} は、入射光ビーム 1025 を受光してもよく、これは、内部結合され、外部結合要素 1000 の外部結合領域 a1、b1、c1、d1 に向かって再指向され得る。内部結合領域 1005_{a2}、1005_{b2}、1005_{c2}、1005_{d2} は、全内部反射によって、導波管 900 を通して伝搬するように、光を内部結合

50

するように構成されてもよいことを理解されたい。加えて、光を内部結合するとき、内部結合領域 1005_{a2} 、 1005_{b2} 、 1005_{c2} 、 1005_{d2} は、図示されるように、光を異なる角度で偏向させるように構成されてもよい。例えば、光ビーム 1025 は、内部結合領域 1005_{a2} 、 1005_{b2} 、 1005_{c2} 、 1005_{d2} によって偏向され、それぞれ、内部結合された光ビーム 1205_{a2} 、 1025_{b2} 、 1025_{c2} 、 1025_{d2} を提供してもよい。内部結合された光ビーム 1205_{a2} 、 1025_{b2} 、 1025_{c2} 、 1025_{d2} は、全内部反射によって、それらを、続いて、それぞれ、対応する外部結合領域 $a1$ 、 $b1$ 、 $c1$ 、 $d1$ 上に衝突させる、角度で、伝搬する。いくつかの実装では、全内部反射角度（内部結合された光が導波管の主要表面から全内部反射を受ける、角度）は、内部結合された光が、偏向され、所望の全内部反射角度で導波管に進入するように、内部結合領域 1005_{a2} 、 1005_{b2} 、 1005_{c2} 、 1005_{d2} のための格子ピッチを適切に選択することによって選択されてもよい。いくつかの実装では、いくつかの内部結合領域のための角度は、他の領域より浅くてもよい。

【0241】

いくつかの実装では、特定の内部結合領域と特定の外部結合領域との間の対応の選択性は、それらが関連付けられる内部結合領域から受光された光を外部結合する際に最も効率的であるように、外部結合領域を構成することによって増加され得る。例えば、外部結合領域は、関連付けられる内部結合領域から伝搬する、内部結合された光の角度に対応する、角度から、その上に衝突する入射光を最も効率的に外部結合するように構成されてもよい。例えば、外部結合領域は、関連付けられる内部結合領域によって提供される TIR 角度で、その上に衝突する光を最も効率的に外部結合し得、および/または外部結合領域は、関連付けられる内部結合領域に対応する側方方向から、その上に衝突する光を最も効率的に外部結合し得る。

【0242】

いくつかの実装では、画像タイル化アプローチが、図 14A の例示的構成と併せて利用されてもよい。いくつかのコンテキストでは、仮想コンテンツは、ユーザの視野の一部内にのみ表示され得ることを理解されたい。いくつかの実装では、領域 $a1 \dots d4$ はそれぞれ、視野の特定の部分と関連付けられ得、特定の領域 $a1 \dots d4$ によって出力されるべき画像コンテンツは、視野のその部分のための仮想コンテンツに対応し得る。ある場合には、画像は、複数の領域 $a1 \dots d4$ に跨架し得る。各内部結合要素 $1005_{a1} \dots 1005_{d4}$ 上に投影された画像光は、外部結合要素 1000 の対応する領域 $a1 \dots d4$ に現れるであろう、画像のセクションを表し得る。したがって、個々の画像セクションが、対応する内部結合要素 $1005_{a1} \dots 1005_{d4}$ 上に投影されると、画像セクション毎の画像光が、他の内部結合領域 $1005_{a1} \dots 1005_{d4}$ からの光より大きい強度を伴って、外部結合要素 1000 のその対応する領域 $a1 \dots d4$ において外部結合される。いくつかの実装では、画像光は、外部結合要素 1000 を視認するユーザが完全画像を知覚するように、時間的に多重化されてもよい（異なる内部結合領域の中に、異なる時間に指向される）。時間的に多重化されるとき、画像光は、好ましくは、フリッカ融合閾値内で、画像光を出力することが所望される、各外部結合領域に提供される。

【0243】

導波管 900 は、例えば、図 11A - 14B に図示されるように、導波管スタックを形成する、複数の類似導波管のうちの 1 つであってもよいことを理解されたい。そのような導波管スタックは、有利なこととして、本明細書に議論されるように、仮想コンテンツを複数の深度面上に提供するために利用されてもよい。

【0244】

図 14C は、それぞれ、導波管 900 （図 11A - 14B）に類似し得る、スタックされた導波管 $670A$ 、 $680A$ 、および $690A$ のセット $660A$ を図示する。各導波管は、1 つまたはそれを上回る関連付けられる内部結合領域 $700A$ 、 $700B$ 、 $710A$ 、 $710B$ 、 $720A$ 、および $720B$ （導波管上の光入力面積とも称され得、図 12A - 14C を参照して議論される、光内部結合領域に対応し得る）を含む。1 つまたはそれ

10

20

30

40

50

を上回る内部結合領域は、１つまたはそれを上回る内部結合光学要素を含んでもよく、光をその関連付けられる導波管内の１つまたはそれを上回る外部結合要素１０００Ａ、１０００Ｂ、および１０００Ｃの中に指向するように構成されてもよい。外部結合要素は、本明細書に議論されるように、異なる領域にセグメント化されてもよい。スタックされた導波管のそれぞれ内の内部結合領域および外部結合領域の構成は、図１１Ａ－１４Ａのうちの任意の１つを参照して議論される、導波管構成等、開示される例示的導波管構成のいずれかに対応し得る。

【０２４５】

図示されるように、内部結合光学領域７００Ａ、７００Ｂ、７１０Ａ、７１０Ｂ、７２０Ａ、および７２０Ｂは、相互から側方にオフセットされてもよい。いくつかの実装では、各内部結合光学領域は、別の内部結合光学領域を通して通過する光を伴わずに、光を受光するように、オフセットされてもよい。例えば、各内部結合領域７００Ａ、７００Ｂ、７１０Ａ、７１０Ｂ、７２０Ａ、および７２０Ｂは、内部結合光学要素７００Ａ、７００Ｂ、７１０Ａ、７１０Ｂ、７２０Ａ、および７２０Ｂの他のものを通して通過する光を実質的に受光しないように、他の内部結合光学領域７００Ａ、７００Ｂ、７１０Ａ、７１０Ｂ、７２０Ａ、および７２０Ｂから分離（例えば、側方に離間）されてもよい。いくつかの実施例では、内部結合光学領域のうちの１つまたはそれを上回るものは、画像投入デバイスを共有してもよい、または異なる画像投入デバイスから光を受光してもよい。

【０２４６】

導波管は、図９Ａを参照して議論される導波管スタックに類似する様式において、離間または分離されてもよい。いくつかの実装では、光ビーム７７０、７８０、７９０は、異なる導波管（例えば、異なる波面発散量を伴う光を出力するように構成され、および／または異なる波長または色等の異なる性質を有する光を出力するように構成される、導波管）のために意図される。有利なこととして、異なる導波管は、光を異なる内部結合領域の中に指向し、それによって、異なる波面発散量を伴う画像光出力を提供することによって選択されてもよい。したがって、いくつかの実装では、特定の内部結合領域は、特定の導波管（光をその導波管の中に内部結合するため）と、また、その導波管内の特定の外部結合領域（内部結合光を関連付けられる外部結合領域に向かって指向するため）とも関連付けられ得る。

（外部結合領域への光の指向）

【０２４７】

ディスプレイシステムは、画像光を出力するための領域を識別し、画像光をその外部結合領域に指向することによって、光をディスプレイの１つまたはそれを上回る外部結合領域に選択的に指向してもよい。図１５は、光をディスプレイの外部結合領域に指向するための例示的光指向プロセス３０００を図示する。

【０２４８】

図１５を継続して参照すると、ブロック３００２では、ディスプレイシステムは、複数の外部結合領域にセグメント化される外部結合要素を含み得る、視認面積を有する、導波管を含み得る、ディスプレイ上の仮想オブジェクトの所望の場所を決定してもよい。ディスプレイシステムが、ＡＲまたはＶＲシステムである場合、本システムは、仮想オブジェクトを表示するためのユーザの３Ｄ環境内の所望および／または知覚される場所を識別し、ディスプレイ内の面積内の関連付けられる場所を決定してもよい。例えば、ディスプレイシステムのアプリケーションは、命令をディスプレイシステムに送信し、蝶等の仮想オブジェクトをユーザの物理的環境内の指定される場所に表示してもよい。ディスプレイシステムは、指定される場所が、ディスプレイの右上角等、ディスプレイ上の仮想オブジェクトの投影される場所に対応することを決定し得る。例えば、仮想オブジェクトを形成するための画像光を提供する、ディスプレイの領域は、ディスプレイの視認面積と仮想オブジェクトからの眼の瞳孔への光の予期される経路との間の予期される交点に対応し得る。

【０２４９】

ディスプレイ上の投影される場所は、ディスプレイの面積全体を含んでもよく、それに

10

20

30

40

50

わたって仮想オブジェクトが、投影されてもよい。例えば、仮想オブジェクトが、ユーザの視野の大部分を占め得る、木等の大オブジェクトである場合、所望の場所は、ディスプレイの大パーセンテージ面積を含んでもよい。別の実施例では、仮想オブジェクトが、ユーザの視野の小部分を占めるであろう、蝶等の小オブジェクトである場合、所望の場所は、ディスプレイの小パーセンテージ面積を含んでもよい。別の実施例では、ディスプレイシステムは、1つを上回る仮想オブジェクトを表示してもよい。1つを上回る仮想オブジェクトを伴う実施例では、ディスプレイシステムは、仮想オブジェクトを表示するためのディスプレイの複数の場所、面積、または領域を決定してもよい。

【0250】

3D空間内の仮想オブジェクトの表現は、ユーザの眼姿勢を考慮し得、仮想オブジェクトを表示するためのディスプレイの領域は、ユーザの眼姿勢が変化することにつれて、経時的に変化し得ることを理解されたい。例えば、仮想オブジェクトの場所は、物理的オブジェクトにアンカされてもよく、ユーザの視野内の仮想オブジェクトの場所は、ユーザの眼がアンカとしての役割を果たす物理的オブジェクトに対して移動することにつれて、変化し得、これは、画像光を出力するために利用される、ディスプレイの領域の対応する変化を生じさせ得る。ディスプレイシステムは、本明細書に議論されるように、1つまたはそれを上回る眼追跡プロセスに基づいて、ユーザの眼姿勢を識別してもよい。いくつかの実装では、本明細書に議論されるように、ユーザの3D環境内の場所にあるような仮想オブジェクトの知覚を提供するために、ディスプレイは、光がその場所と対応する方向から眼に伝搬するように、その場所と関連付けられる、外部結合要素上の位置から光を出力してもよい。

【0251】

ブロック3004では、ディスプレイシステムは、決定された場所と関連付けられる、1つまたはそれを上回る外部結合領域を識別してもよい。例えば、ディスプレイは、複数の外部結合領域を含んでもよい。ディスプレイの1つまたはそれを上回る決定された場所または面積は、1つまたはそれを上回る外部結合領域を横断して及び得る。ディスプレイシステムは、1つまたはそれを上回る表示される仮想オブジェクトに相関する、ディスプレイの場所または面積と関連付けられる、外部結合領域を識別してもよい。

【0252】

ブロック3006では、ディスプレイシステムは、光を識別された1つまたはそれを上回る外部結合領域に出力するための命令を送信してもよい。例えば、ディスプレイシステムは、命令をコントローラに送信し、光を識別された外部結合領域と関連付けられる内部結合領域に投影してもよい。例えば、内部結合領域は、1つまたはそれを上回る回折格子等の1つまたはそれを上回る光再指向構造を含んでもよい。ディスプレイシステムは、光を、図20-22を参照して議論されるような光投入システムを使用して、内部結合領域に選択的に指向してもよい。

【0253】

いくつかの他の実装では、ディスプレイシステムは、ユーザの眼姿勢に応じて、仮想オブジェクトの異なる表現を表示してもよい。例えば、ディスプレイシステムは、中心窩化レンダリング技法を利用して、例えば、ユーザの視野の中心（例えば、固視点）から仮想オブジェクトまでの距離に基づいて、仮想コンテンツの分解能を低減させ、仮想コンテンツを表示する際に関わる算出作業量を低減させてもよい。例えば、ディスプレイシステムは、仮想オブジェクトがユーザの眼の固視点と一致するとき、仮想オブジェクトを比較的に高（例えば、最大）分解能で表示し、仮想オブジェクトがユーザの視野の周縁にあるとき、仮想オブジェクトを比較的に低分解能で表示するように構成されてもよい。中心窩化レンダリング技法は、2018年9月27日に公開され、「DEPTH BASED FOVEATED RENDERING FOR DISPLAY SYSTEMS」と題された、米国特許出願公開第2018/0275410号（その開示全体は、参照することによって本明細書に組み込まれる）に議論される。

眼姿勢決定を使用した領域決定の実施例

【0254】

図 1 5 を参照して上記に議論されるように、画像光を出力するためのディスプレイの所望の場所は、少なくとも部分的に、ユーザの眼姿勢に基づいて、決定されてもよい。例えば、上記に議論されるように、所望の場所は、ユーザの環境内の仮想オブジェクトの 3 D 場所からユーザの眼の瞳孔までの光のディスプレイの視認面積内（例えば、導波管上）の交点に対応し得る。

【 0 2 5 5 】

代替として、少なくともいくつかのコンテンツ（例えば、ディスプレイシステムメニューアイテムおよびアラート、または物理的世界内の場所にアンカされない他のコンテンツ）に関しては、画像光を出力するためのディスプレイの領域は、単に、ユーザの眼姿勢に基づいて、選択されてもよい。例えば、ディスプレイシステムメニューは、メニューが眼姿勢にかかわらず、ユーザの視野内に留まるように、単に、ユーザの眼姿勢に結び付けられてもよい。

10

【 0 2 5 6 】

図 1 6 は、眼姿勢を使用した外部結合場所決定プロセス 3 1 0 0 のフローチャートの実施例である。ブロック 3 1 0 2 では、ディスプレイシステムは、1 つまたはそれを上回る眼画像を結像システムから受信してもよい。結像システムは、ディスプレイシステムのディスプレイと関連付けられる、1 つまたはそれを上回るカメラ等、内向きに向けた結像システムを含んでもよい。結像システムは、ユーザの左および / または右眼を結像するように構成されてもよい。図 1 7 A を参照して下記に詳細に説明されるように、眼画像は、眼瞼、強膜、虹彩、および瞳孔等の眼の 1 つまたはそれを上回る特徴を含む、眼の画像を含んでもよい。

20

【 0 2 5 7 】

ブロック 3 1 0 4 では、ディスプレイシステムは、ユーザの眼の眼姿勢を決定してもよい。例えば、ディスプレイシステムは、1 つまたはそれを上回る眼画像を分析し、眼姿勢を決定してもよい。いくつかの実施例では、眼姿勢は、ユーザの眼の回転中心、視線方向、ユーザの眼の他の配向、またはそれらのある組み合わせを含んでもよい。図 1 7 B および 3 2 C を参照して詳細に説明されるように、ディスプレイシステムは、1 つまたはそれを上回る眼追跡モジュールを利用して、画像を分析し、眼姿勢を識別してもよい。

【 0 2 5 8 】

ブロック 3 1 0 6 では、ディスプレイシステムは、眼姿勢を利用して、仮想コンテンツをレンダリングするための眼姿勢と関連付けられるディスプレイの領域を決定してもよい。例えば、ディスプレイシステムは、図 1 7 B および 3 2 C を参照して詳細に説明されるように、1 つまたはそれを上回るエンジンを利用して、例えば、ユーザの眼の回転中心または透視中心と交差するベクトルに沿って、眼の瞳孔に対する種々の場所に仮想コンテンツをレンダリングするためのディスプレイ上の表示位置を計算してもよい。

30

（眼追跡において使用するための例示的眼画像）

【 0 2 5 9 】

図 1 7 A は、眼瞼 3 2 0 4 と、強膜 3 2 0 8（眼の「白眼」）と、虹彩 3 2 1 2 と、瞳孔 3 2 1 6 とを伴う、眼 3 2 0 0 の画像を図示する。曲線 3 2 1 6 a は、瞳孔 3 2 1 6 と虹彩 3 2 1 2 との間の瞳孔境界を示し、曲線 3 2 1 2 a は、虹彩 3 2 1 2 と強膜 3 2 0 8 との間の辺縁境界を示す。眼瞼 3 2 0 4 は、上側眼瞼 3 2 0 4 a と、下側眼瞼 3 2 0 4 b とを含む。眼 3 2 0 0 は、自然静置姿勢（例えば、ユーザの顔および視線の両方が、それらがユーザの真正面の離れたオブジェクトに向かうであろうように配向される）に図示される。眼 3 2 0 0 の自然静置姿勢は、自然静置方向 3 2 0 0 によって示され得、これは、自然静置姿勢にあるときの眼の 3 2 0 0 表面に直交する（例えば、図 1 7 A に示される眼 3 2 0 0 に関する平面から真っ直ぐ外に）方向であって、本実施例では、瞳孔 3 2 1 6 内に心合される。

40

【 0 2 6 0 】

眼 3 2 0 0 が、異なるオブジェクトに向くように移動するにつれて、眼姿勢は、自然静置方向 3 2 0 0 に対して変化するであろう。現在の眼姿勢は、眼姿勢方向 3 2 0 4 を参照

50

して決定されてもよく、これは、眼の表面に直交する（かつ瞳孔 3 2 1 6 内に心合される）方向であるが、そこに眼が現在指向されている、オブジェクトに向かって配向される。図 1 7 A に示される例示的座標系を参照すると、眼 3 2 0 0 の姿勢は、両方とも眼の自然静置方向 3 2 0 0 に対する、眼の眼姿勢方向 3 2 0 4 の方位角偏向および天頂偏向を示す、2 つの角度パラメータとして表され得る。例証目的のために、これらの角度パラメータは、（基点方位角から決定される、方位角偏向）および（時として、極性偏向とも称される、天頂偏向）として表され得る。いくつかの実装では、眼姿勢方向 3 2 0 4 の周囲の眼の角度ロールが、眼姿勢の決定内に含まれてもよく、角度ロールは、続く分析内に含まれてもよい。他の実装では、眼姿勢を決定するための他の技法、例えば、ピッチ、ヨー、随意に、ロール系が、使用されてもよい。

10

【 0 2 6 1 】

眼画像は、任意の適切なプロセスを使用して、例えば、画像を 1 つまたはそれを上回るシーケンシャルフレームから抽出し得る、ビデオ処理アルゴリズムを使用して、ビデオから取得されてもよい。眼の姿勢は、種々の眼追跡技法を使用して、眼画像から決定されてもよい。例えば、眼姿勢は、提供される光源上の角膜のレンズ効果を考慮することによって決定されてもよい。任意の好適な眼追跡技法が、眼姿勢を決定するために使用されてもよい。

（眼追跡システムの実施例）

【 0 2 6 2 】

図 1 7 B は、眼追跡システムを含む、ウェアラブルシステム 3 2 3 0 の概略図を図示する。ウェアラブルシステム 3 2 3 0 は、少なくともいくつかの実装では、頭部搭載型ユニット 3 2 3 2 内に位置する、コンポーネントと、非頭部搭載型ユニット 3 2 3 4 内に位置する、コンポーネントとを含んでもよい。非頭部搭載型ユニット 3 2 3 4 は、実施例として、ベルト搭載型コンポーネント、ハンドヘルドコンポーネント、リュック内のコンポーネント、遠隔コンポーネント等であってもよい。ウェアラブルシステム 3 2 3 0 のコンポーネントのうちのいくつかを非頭部搭載型ユニット 3 2 3 4 内に組み込むことは、頭部搭載型ユニット 3 2 3 2 のサイズ、重量、複雑性、およびコストを低減させることに役立ち得る。いくつかの実装では、頭部搭載型ユニット 3 2 3 2 および / または非頭部搭載型 3 2 3 4 の 1 つまたはそれを上回るコンポーネントによって実施されるように説明される、機能性のいくつかまたは全ては、ウェアラブルシステム 3 2 3 0 内のいずれかの場所に含まれる、1 つまたはそれを上回るコンポーネントを用いて提供されてもよい。例えば、頭部搭載型ユニット 3 2 3 2 の CPU 3 2 4 2 と関連付けられる、下記に説明される機能性のいくつかまたは全ては、非頭部搭載型ユニット 3 2 3 4 の CPU 3 2 4 6 を用いて提供されてもよく、その逆も同様である。いくつかの実施例では、そのような機能性のいくつかまたは全ては、ウェアラブルシステム 3 2 3 0 の周辺デバイスを用いて提供されてもよい。さらに、いくつかの実装では、そのような機能性のいくつかまたは全ては、図 9 D を参照して上記に説明されているものに類似する様式において、1 つまたはそれを上回るクラウドコンピューティングデバイスまたは他の遠隔に位置するコンピューティングデバイスを用いて提供されてもよい。加えて、ウェアラブルシステム 3 2 3 0 は、ディスプレイシステム 6 0（図 9 D）に対応し得、いくつかの実装では、頭部搭載型ユニット 3 2 3 2 および非頭部搭載型ユニット 3 2 3 4 は、それぞれ、ローカルデータ処理モジュール 1 4 0 および遠隔処理モジュール 1 5 0 に対応し得ることを理解されたい。

20

30

40

【 0 2 6 3 】

図 1 7 B に示されるように、ウェアラブルシステム 3 2 3 0 は、ユーザの眼 3 2 4 0 の画像を捕捉する、カメラ 3 2 7 0 を含む、眼追跡システムを含んでもよい。所望に応じて、眼追跡システムはまた、光源 3 2 6 0 a および 3 2 6 0 b（いくつかの実装では、可視光、または他の実装では、非可視光、例えば、赤外線光を放出し得る、発光ダイオード「LED」等）を含んでもよい。光源 3 2 6 0 a および 3 2 6 0 b は、閃光（例えば、カメラ 3 2 7 0 によって捕捉された眼の画像内に現れる、ユーザの眼からの反射）を生成してもよい。カメラ 3 2 7 0 に対する光源 3 2 6 0 a および 3 2 6 0 b の位置は、既知であり

50

得、結果として、カメラ 3 2 7 0 によって捕捉された画像内の閃光の位置は、ユーザの眼を追跡する際に使用され得る（下記にさらに詳細に議論されるであろうように）。少なくとも 1 つの実装では、ユーザの眼 3 2 4 0 のうちの単一の 1 つと関連付けられる、1 つの光源 3 2 6 と、1 つのカメラ 3 2 7 0 とが存在してもよい。別の実装では、ユーザの眼 3 2 4 0 の両方と関連付けられる、1 つの光源 3 2 6 と、1 つのカメラ 3 2 7 0 とが存在してもよい。さらに他の実装では、ユーザの眼 3 2 4 0 の 1 つまたはそれぞれと関連付けられる、1 つまたはそれを上回るカメラ 3 2 7 0 と、1 つまたはそれを上回る光源 3 2 6 とが存在してもよい。具体的実施例として、ユーザの眼 3 2 4 0 のそれぞれと関連付けられる、2 つの光源 3 2 6 0 a および 3 2 6 0 b と、1 つまたはそれを上回るカメラ 3 2 7 0 とが存在してもよい。別の実施例として、光源 3 2 6 0 a および 3 2 6 0 b 等の 3 つまたはそれを上回る光源と、ユーザの眼 3 2 4 0 のそれぞれと関連付けられる、1 つまたはそれを上回るカメラ 3 2 7 0 とが存在してもよい。本明細書に説明される、いくつかの実装では、2 つまたはそれを上回るカメラが、所与の眼を結像するために採用されてもよい。

【0 2 6 4】

眼追跡モジュール 3 2 4 4 は、画像を眼追跡カメラ 3 2 4 から受光してもよく、画像を分析し、種々の情報を抽出してもよい。実施例として、眼追跡モジュール 3 2 4 4 は、ユーザの眼姿勢、眼追跡カメラ 3 2 7 0（および頭部搭載型ユニット 3 2 3 2）に対するユーザの眼の 3 次元位置、ユーザの眼 3 2 4 0 の一方または両方が合焦される方向、ユーザの輻輳・開散運動深度（例えば、そこにユーザが合焦している、ユーザからの深度）、ユーザの瞳孔の位置、ユーザの角膜および / または角膜球面の位置、ユーザの眼の 1 つまたはそれぞれの回転中心、およびユーザの眼の 1 つまたはそれぞれの透視中心、またはそれらの任意の組み合わせを検出してもよい。眼追跡モジュール 3 2 4 4 は、下記の図 1 7 C に関連して下記に説明される技法を使用して、そのような情報を抽出してもよい。図 1 7 B に示されるように、眼追跡モジュール 3 2 4 4 は、いくつかの実装では、頭部搭載型ユニット 3 2 3 2 内の CPU 3 2 4 2 を使用して実装される、ソフトウェアモジュールであってもよい。

【0 2 6 5】

1 つのカメラ 3 2 7 0 が、図 1 7 B では、眼を結像するように示されるが、本明細書に議論されるようないくつかの実装では、複数のカメラが、眼を結像し、角膜中心および / または回転中心測定等の測定のために使用される、または別様に、眼追跡または他の目的のために使用されてもよい。

【0 2 6 6】

眼追跡モジュール 3 2 4 4 からのデータは、ウェアラブルシステム内の他のコンポーネントに提供されてもよい。実施例として、そのようなデータは、ライトフィールドレンダリングコントローラ 3 2 4 8 および位置合わせオブザーバ 3 2 5 0 のためのソフトウェアモジュールを含む、CPU 3 2 4 6 等の非頭部搭載型ユニット 3 2 3 4 内のコンポーネントに伝送されてもよい。

【0 2 6 7】

レンダリングコントローラ 3 2 4 8 は、眼追跡モジュール 3 2 4 4 からの情報を使用して、レンダリングエンジン 3 2 5 2（例えば、GPU 3 2 5 0 内のソフトウェアモジュールであり得、画像をディスプレイ 2 2 0 に提供し得る、レンダリングエンジン）によって、ユーザに表示される画像を調節してもよい。実施例として、レンダリングコントローラ 3 2 4 8 は、ユーザの回転中心または透視中心に基づいて、ユーザに表示される画像を調節してもよい。特に、レンダリングコントローラ 3 2 4 8 は、ユーザの透視中心に関する情報を使用して、レンダリングカメラをシミュレート（例えば、ユーザの視高から画像の収集をシミュレート）してもよく、シミュレートされたレンダリングカメラに基づいて、ユーザに表示される画像を調節してもよい。

【0 2 6 8】

時として、「ピンホール透視カメラ」（または単に、「透視カメラ」）または「仮想ピンホールカメラ」（または単に、「仮想カメラ」）とも称される、「レンダリングカメラ

10

20

30

40

50

」は、可能性として、仮想世界内のオブジェクトのデータベースから、仮想画像コンテンツレンダリングする際に使用するためのシミュレートされたカメラである。オブジェクトは、ユーザまたは装着者に対する、および可能性として、ユーザまたは装着者を囲繞する環境内の実オブジェクトに対する、場所および配向を有し得る。換言すると、レンダリングカメラは、そこからユーザまたは装着者がレンダリング空間の3D仮想コンテンツ（例えば、仮想オブジェクト）を視認するべきである、レンダリング空間内の視高を表し得る。レンダリングカメラは、レンダリングエンジンによって管理され、該眼に提示されるべき仮想オブジェクトのデータベースに基づいて、仮想画像をレンダリングしてもよい。仮想画像は、ユーザまたは装着者の視高から捉えられたかのように、レンダリングされてもよい。例えば、仮想画像は、固有のパラメータ（例えば、焦点距離、カメラピクセルサイズ、主点座標、歪み/歪曲パラメータ等）の具体的セットと、付帯パラメータ（例えば、仮想世界に対する平行移動成分および回転成分）の具体的セットとを有する、ピンホールカメラ（「レンダリングカメラ」に対応する）によって捕捉されたかのように、レンダリングされてもよい。仮想画像は、レンダリングカメラの位置および配向（例えば、レンダリングカメラの付帯パラメータ）を有する、そのようなカメラの視高から捉えられる。本システムは、固有および付帯レンダリングカメラパラメータを定義および/または調節し得るということになる。例えば、本システムは、ユーザまたは装着者の視高からであるように現れる、画像を提供するように、ユーザまたは装着者の眼に対する具体的場所を有する、カメラの視高から捕捉されたかのように、仮想画像がレンダリングされ得るように、特定の付帯レンダリングカメラパラメータのセットを定義してもよい。本システムは、後に、該具体的場所との位置合わせを維持するように、付帯レンダリングカメラパラメータをオンザフライで動的に調節してもよい。同様に、固有のレンダリングカメラパラメータも、定義され、経時的に動的に調節されてもよい。いくつかの実装では、画像は、開口（例えば、ピンホール）をユーザまたは装着者の眼に対する具体的場所（透視中心または回転中心またはいずれかの場所等）に有する、カメラの視高から捕捉されたかのようにレンダリングされる。

【0269】

いくつかの実装では、本システムは、ユーザの眼が相互から物理的に分離され、したがって、異なる場所に一貫して位置付けられるにつれて、ユーザの左眼のための1つのレンダリングカメラと、ユーザの右眼のための別のレンダリングカメラとを作成する、または動的に再位置付けおよび/または再配向してもよい。少なくともいくつかの実装では、視認者の左眼と関連付けられる、レンダリングカメラの視高からレンダリングされた仮想コンテンツは、頭部搭載型ディスプレイ（例えば、頭部搭載型ユニット3232）の左側の接眼レンズを通してユーザに提示され得、ユーザの右眼と関連付けられる、レンダリングカメラの視高からレンダリングされた仮想コンテンツは、そのような頭部搭載型ディスプレイの右側の接眼レンズを通してユーザに提示され得るということになる。レンダリングプロセスにおけるレンダリングカメラの作成、調節、および使用について議論するさらなる詳細は、「METHODS AND SYSTEMS FOR DETECTING AND COMBINING STRUCTURAL FEATURES IN 3D RECONSTRUCTION」と題された米国特許出願第15/274,823号（あらゆる目的のために、参照することによってその全体として明示的に本明細書に組み込まれる）提供される。

【0270】

いくつかの実施例では、システム3230の1つまたはそれを上回るモジュール（またはコンポーネント）（例えば、ライトフィールドレンダリングコントローラ3248、レンダリングエンジン3250等）は、ユーザの頭部および眼の位置および配向（例えば、それぞれ、頭部姿勢および眼追跡データに基づいて決定されるように）に基づいて、レンダリング空間内のレンダリングカメラの位置および配向を決定してもよい。すなわち、システム3230は、事実上、ユーザの頭部および眼の位置および配向を3D仮想環境内の特定の場所および角位置にマッピングし、レンダリングカメラを3D仮想環境内の特定の

場所および角位置に設置および配向し、レンダリングカメラによって捕捉されるであろうにつれて、ユーザのために仮想コンテンツをレンダリングしてもよい。実世界と仮想世界のマッピングプロセスについて議論するさらなる詳細は、「SELECTING VIRTUAL OBJECTS IN A THREE-DIMENSIONAL SPACE」と題された米国特許出願第15/296,869号(あらゆる目的のために、参照することによってその全体として明示的に本明細書に組み込まれる)に提供される。実施例として、レンダリングコントローラ3248は、そこに画像が、任意の所与の時間に画像を表示するために利用される、深度面(または複数の深度面)を選択することによって表示される、深度を調節してもよい。いくつかの実装では、そのような深度面スイッチは、1つまたはそれを上回る固有のレンダリングカメラパラメータの調節を通して行われてもよい。例えば、ライトフィールドレンダリングコントローラ3248は、深度面スイッチまたは調節を実行するとき、レンダリングカメラの焦点距離を調節してもよい。下記にさらに詳細に説明されるように、深度面は、ユーザの決定された輻輳・開散運動または固定深度に基づいて、切り替えられてもよい。

【0271】

位置合わせオブザーバ3250は、眼追跡モジュール3244からの情報を使用して、頭部搭載型ユニット3232がユーザの頭部上に適切に位置付けられているかどうかを識別してもよい。実施例として、眼追跡モジュール3244は、カメラ3270および頭部搭載型ユニット3232に対するユーザの眼の3次元位置を示す、ユーザの眼の回転中心の位置等の眼場所情報を提供してもよく、眼追跡モジュール3244は、場所情報を使用して、ディスプレイ220が、ユーザの視野内に適切に整合されているかどうか、または頭部搭載型ユニット3232(またはヘッドセット)が、滑脱している、または別様に、ユーザの眼と不整合されているかどうかを決定してもよい。実施例として、位置合わせオブザーバ3250は、頭部搭載型ユニット3232が、ユーザの鼻梁から滑脱しており、したがって、ユーザの眼から離れるように、かつ下方にディスプレイ220を移動させている(望ましくあり得ない)かどうか、頭部搭載型ユニット3232が、ユーザの鼻梁の上方に移動しており、したがって、ユーザの眼により近く、かつ上方にディスプレイ220を移動させているかどうか、頭部搭載型ユニット3232が、ユーザの鼻梁に対して左または右に偏移しているかどうか、頭部搭載型ユニット3232が、ユーザの鼻梁の上方に持ち上っているかどうか、または頭部搭載型ユニット3232が、これらまたは他の方法において、所望の位置または位置の範囲から離れるように、移動しているかどうかを決定することが可能であり得る。一般に、位置合わせオブザーバ3250は、一般に、頭部搭載型ユニット3232、特に、ディスプレイ220が、ユーザの眼の正面に適切に位置付けられているかどうかを決定することが可能であり得る。換言すると、位置合わせオブザーバ3250は、ディスプレイシステム220内の左ディスプレイが、ユーザの左眼と適切に整合されており、ディスプレイシステム220内の右ディスプレイが、ユーザの右眼と適切に整合されているかどうかを決定してもよい。位置合わせオブザーバ3250は、頭部搭載型ユニット3232は、頭部搭載型ユニット3232が、ユーザの眼に対して所望の位置および/または配向の範囲内に位置付けられ、配向されているかどうかを決定することによって、適切に位置付けられているかどうかを決定してもよい。

【0272】

少なくともいくつかの実装では、位置合わせオブザーバ3250は、アラート、メッセージ、または他のコンテンツの形態における、ユーザフィードバックを生成してもよい。そのようなフィードバックは、不整合を補正するための方法(特定の様式において、頭部搭載型ユニット3232を調節するための提案等)に関する随意的フィードバックとともに、ユーザに頭部搭載型ユニット3232の任意の不整合を知らせるために、ユーザに提供されてもよい。

【0273】

位置合わせオブザーバ3250によって利用され得る、例示的位置合わせ観察およびフィードバック技法は、「PERIOULAR TEST FOR MIXED REAL

10

20

30

40

50

ITY CALIBRATION」と題され、2020年2月25日に発行された、米国特許第10573042号、および「DISPLAY SYSTEMS AND METHODS FOR DETERMINING REGISTRATION BETWEEN A DISPLAY AND A USER'S EYES」と題され、2019年7月18日に公開された、米国特許出願公開第2019/0222830号（両方とも、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる）に説明される。

（眼姿勢決定のための眼追跡モジュールの実施例）

【0274】

眼姿勢を決定するために利用され得る、例示的眼追跡モジュール614のブロック図が、図17Cに示される。図17Cに示されるように、眼追跡モジュール614は、種々の異なるサブモジュールを含んでもよく、種々の異なる出力を提供してもよく、ユーザの眼を追跡する際に種々の利用可能なデータを利用してよい。実施例として、眼追跡モジュール614は、光源326および頭部搭載型ユニット602に対する眼追跡カメラ3270の幾何学的配列、ユーザの角膜曲率の中心とユーザの眼の平均回転中心との間の約4.7mmの典型的距離またはユーザの回転中心と透視中心との間の典型的距離等の仮定される眼寸法3304、および特定のユーザの瞳孔間距離等のユーザ毎校正データ3306等、眼追跡付帯性質および固有性質を含む、利用可能なデータを利用してよい。眼追跡モジュール614によって採用され得る、付帯性質、固有性質、および他の情報の付加的実施例は、2017年4月26日に出願され、2019年5月21日に米国特許第10,296,792号として発行され、「IRIS BOUNDARY ESTIMATION USING CORNEA CURVATURE」と題された、米国特許出願第15/497,726号（弁理士整理番号第MLEAP.023A7号）（参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる）に説明される。

【0275】

画像事前処理モジュール3280は、画像を眼カメラ3270等の眼カメラから受信してもよく、1つまたはそれを上回る事前処理（例えば、調整）動作を受信された画像上で実施してもよい。実施例として、画像事前処理モジュール3280は、ガウスぼけを画像に適用してもよい、画像をより低い分解能にダウンサンプリングしてもよい、アンシャープマスクを適用してもよい、縁鮮明化アルゴリズムを適用してもよい、または眼カメラ3270からの画像内の閃光、瞳孔、または他の特徴の後の検出、位置特定、および標識化を補助する、他の好適なフィルタを適用してもよい。画像事前処理モジュール3280は、オープンフィルタ等の低域通過フィルタまたは形態学的フィルタを適用してもよく、これは、瞳孔境界516a（図5参照）から等の高周波数雑音を除去し、それによって、瞳孔および閃光決定を妨げ得る、雑音を除去してもよい。画像事前処理モジュール3280は、事前処理された画像を瞳孔識別モジュール3282および閃光検出および標識化モジュール3284に出力してもよい。

【0276】

瞳孔識別モジュール3282は、事前処理された画像を画像事前処理モジュール3280から受信してもよく、ユーザの瞳孔を含む、それらの画像の領域を識別してもよい。瞳孔識別モジュール3282は、いくつかの実装では、カメラ3270からの眼追跡画像内のユーザの瞳孔の位置の座標または中心または重心の座標を決定してもよい。少なくともいくつかの実装では、瞳孔識別モジュール3282は、眼追跡画像内の輪郭（例えば、瞳孔虹彩境界の輪郭）を識別し、輪郭モーメント（例えば、質量中心）を識別し、スターバースト瞳孔検出および/またはCanny縁検出アルゴリズムを適用し、強度値に基づいて、外れ値を排除し、サブピクセル境界点を識別し、眼カメラ歪曲（例えば、眼カメラ3270によって捕捉された画像内の歪曲）を補正し、ランダムサンプルコンセンサス（RANSAC）反復アルゴリズムを適用し、楕円形を眼追跡画像内の境界に適合させ、追跡フィルタを画像に適用し、ユーザの瞳孔の重心のサブピクセル画像座標を識別してもよい。瞳孔識別モジュール3282は、瞳孔識別データ（ユーザの瞳孔を示すと識別された事前処理画像モジュール3282の領域を示し得る）を閃光検出および標識化モジュール3

10

20

30

40

50

284に出力してもよい。瞳孔識別モジュール3282は、各眼追跡画像内のユーザの瞳孔の2D座標（例えば、ユーザの瞳孔の重心の2D座標）を閃光検出モジュール3284に提供してもよい。少なくともいくつかの実装では、瞳孔識別モジュール3282はまた、同一種類の瞳孔識別データを座標系正規化モジュール3288に提供してもよい。

【0277】

瞳孔識別モジュール3282によって利用され得る、瞳孔検出技法は、2017年2月23日に公開された米国特許公開第2017/0053165号、および2017年2月23日に公開された米国特許公開第2017/0053166号（それぞれ、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる）に説明される。

【0278】

閃光検出および標識化モジュール3284は、事前処理された画像をモジュール3280から、瞳孔識別データをモジュール3282から受信してもよい。閃光検出モジュール3284は、本データを使用して、ユーザの瞳孔を示す、事前処理された画像の領域内の閃光（例えば、光源326からの光のユーザの眼からの反射）を検出および/または識別してもよい。実施例として、閃光検出モジュール3284は、ユーザの瞳孔の近傍内にある、時として、本明細書では、「プロブ」または局所的強度最大値とも称される、眼追跡画像内の明るい領域を検索してもよい。少なくともいくつかの実装では、閃光検出モジュール3284は、瞳孔楕円形をスケール変更（例えば、拡大）し、付加的閃光を包含してもよい。閃光検出モジュール3284は、サイズ別および/または強度別に、閃光をフィルタリングしてもよい。閃光検出モジュール3284はまた、眼追跡画像内の閃光のそれぞれの2D位置を決定してもよい。少なくともいくつかの実装では、閃光検出モジュール3284は、瞳孔 - 閃光ベクトルとも称され得る、ユーザの瞳孔に対する閃光の2D位置を決定してもよい。閃光検出および標識化モジュール3284は、閃光を標識化し、事前処理画像を標識された閃光とともに3D角膜中心推定モジュール3286に出力してもよい。閃光検出および標識化モジュール3284はまた、モジュール3280からの事前処理された画像およびモジュール3282からの瞳孔識別データ等のデータを引き継いでもよい。いくつかの実装では、閃光検出および標識化モジュール3284は、各識別された閃光を生産した光源（例えば、赤外線光源326aおよび326bを含む、本システムの複数の光源の中から）を決定してもよい。これらの実施例では、閃光検出および標識化モジュール3284は、閃光を関連付けられる光源を識別する情報で標識し、事前処理画像を標識された閃光とともに3D角膜中心推定モジュール3286に出力してもよい。

【0279】

モジュール3282および3284等のモジュールによって実施されるような瞳孔および閃光検出は、任意の好適な技法を使用してもよい。実施例として、縁検出が、眼画像に適用され、閃光および瞳孔を識別してもよい。縁検出は、種々の縁検出器、縁検出アルゴリズム、またはフィルタによって適用されてもよい。例えば、Canny縁検出器が、画像に適用され、画像の線内等の縁を検出してもよい。縁は、極大値導関数に対応する、線に沿って位置する、点を含んでもよい。例えば、瞳孔境界516a（図5参照）は、Canny縁検出器を使用して、位置特定されてもよい。決定された瞳孔の場所を用いることで、種々の画像処理技法が、瞳孔116の「姿勢」を検出するために使用されてもよい。眼画像の眼姿勢の決定は、眼画像の眼姿勢の検出とも称され得る。姿勢は、視線、向いている方向、または眼の配向とも称され得る。例えば、瞳孔は、オブジェクトに向かって左に向いている場合があり、瞳孔の姿勢は、左向き姿勢として分類され得る。他の方法も、瞳孔または閃光の場所を検出するために使用されてもよい。例えば、同心リングが、Canny縁検出器を使用すると、眼画像内に位置し得る。別の実施例として、積分微分演算子が、瞳孔または虹彩の角膜輪部境界を見出すために使用されてもよい。例えば、Daugman積分微分演算子、Hough変換、または他の虹彩セグメント化技法が、瞳孔または虹彩の境界を推定する、曲線を返すために使用されてもよい。

【0280】

3D角膜中心推定モジュール3286は、モジュール3280、3282、3284か

10

20

30

40

50

ら、検出された閃光データおよび瞳孔識別データを含む、事前処理された画像を受信してもよい。3D角膜中心推定モジュール3286は、これらのデータを使用して、ユーザの角膜の3D位置を推定してもよい。いくつかの実装では、3D角膜中心推定モジュール3286は、眼の角膜の曲率中心またはユーザの角膜球面の3D位置、例えば、概して、ユーザの角膜と同延である、表面部分を有する、想像上の球体の中心を推定してもよい。3D角膜中心推定モジュール3286は、角膜球面および/またはユーザの角膜の推定される3D座標を示す、データを、座標系正規化モジュール3288、光学軸決定モジュール3292、および/またはライトフィールドレンダリングコントローラ618に提供してもよい。3D角膜中心推定モジュール3286の動作のさらなる詳細は、図11-16Cに関連して本明細書内に提供される。3D角膜中心推定モジュール3286および本開示のウェアラブルシステム内の他のモジュールによって利用され得る、角膜または角膜球面等の眼特徴の位置を推定するための例示的技法は、2017年4月26日に出願された米国特許出願第15/497,329号(弁理士整理番号第MLEAP.023A7号)(参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる)に議論される。

【0281】

座標系正規化モジュール3288が、随意に(その破線輪郭によって示されるように)、眼追跡モジュール614内に含まれてもよい。座標系正規化モジュール3288は、ユーザの角膜の中心(および/またはユーザの角膜球面の中心)の推定される3D座標を示す、データを、3D角膜中心推定モジュール3286から受信してもよく、また、データを他のモジュールから受信してもよい。座標系正規化モジュール3288は、眼カメラ座標系を正規化してもよく、これは、ウェアラブルデバイスの滑脱(例えば、位置合わせオブザーバ620によって識別され得る、ユーザの頭部上のその正常静置位置からの頭部搭載型コンポーネントの滑脱)を補償することに役立ち得る。座標系正規化モジュール3288は、座標系を回転させ、座標系のz-軸(例えば、輻輳・開散運動深度軸)と角膜中心(例えば、3D角膜中心推定モジュール3286によって示されるように)を整合させてもよく、カメラ中心(例えば、座標系の原点)を角膜中心から30mm等の所定の距離だけ離れるように平行移動させてもよい(例えば、モジュール3288は、眼カメラ3270が所定の距離より近いまたはより遠いと決定されたかどうかに応じて、眼追跡画像を拡大または縮小させてもよい)。本正規化プロセスを用いることで、眼追跡モジュール614は、比較的、ユーザの頭部上に位置付けられるヘッドセットの変動から独立して、眼追跡データ内で一貫した配向および距離を確立することが可能であり得る。座標系正規化モジュール3288は、角膜(および/または角膜球面)の中心の3D座標、瞳孔識別データ、および事前処理された眼追跡画像を3D瞳孔中心ロケータモジュール3290に提供してもよい。

【0282】

3D瞳孔中心ロケータモジュール3290は、正規化または正規化されていない座標系において、ユーザの角膜(および/または角膜球面)の中心の3D座標、瞳孔場所データ、および事前処理された眼追跡画像を含む、データを受信してもよい。3D瞳孔中心ロケータモジュール3290は、そのようなデータを分析し、正規化または正規化されていない眼カメラ座標系において、ユーザの瞳孔中心の3D座標を決定してもよい。3D瞳孔中心ロケータモジュール3290は、瞳孔重心の2D位置(モジュール3282によって決定されるような)、角膜中心(モジュール3286によって決定されるような)の3D位置、典型的ユーザの角膜球面のサイズおよび角膜中心から瞳孔中心までの典型的距離等の仮定される眼寸法3304、および(空気の屈折率に対する)角膜の屈折率等の眼の光学性質、または任意のこれらの組み合わせに基づいて、3次元におけるユーザの瞳孔の場所を決定してもよい。3D瞳孔中心ロケータモジュール3290および本開示のウェアラブルシステム内の他のモジュールによって利用され得る、瞳孔等の眼特徴の位置を推定するための技法は、2017年4月26日に出願された米国特許出願第15/497,329号(弁理士整理番号第MLEAP.023A7号)(参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる)に議論される。

【 0 2 8 3 】

光学軸決定モジュール 3 2 9 2 は、モジュール 3 2 8 6 および 3 2 9 0 から、ユーザの角膜およびユーザの瞳孔中心の 3 D 座標を示す、データを受信してもよい。そのようなデータに基づいて、光学軸決定モジュール 3 2 9 2 は、角膜中心の位置から（例えば、角膜球面の中心から）ユーザの瞳孔中心までのベクトルを識別してもよく、これは、ユーザの眼の光学軸を画定し得る。光学軸決定モジュール 3 2 9 2 は、実施例として、ユーザの光学軸を規定する出力をモジュール 3 2 9 4、3 2 9 8、3 3 1 0、および 3 3 1 2 に提供してもよい。

【 0 2 8 4 】

回転中心（C o R）推定モジュール 3 2 9 4 は、モジュール 3 2 9 2 から、ユーザの眼の光学軸のパラメータ（例えば、頭部搭載型ユニット 6 0 2 に対して既知の関係を伴う、座標系内の光学軸の方向を示す、データ）を含む、データを受信してもよい。例えば、C o R 推定モジュール 3 2 9 4 は、ユーザの眼の回転中心を推定してもよい。回転中心は、ユーザの眼が、左、右、上、および / または下に回転するとき、その周囲でユーザの眼が回転する、点を示し得る。眼は、単点の周囲を完全に回転し得るわけではないが、単点を仮定することは、十分であり得る。少なくともいくつかの実装では、C o R 推定モジュール 3 2 9 4 は、瞳孔中心（モジュール 3 2 9 0 によって識別される）または角膜の曲率の中心（モジュール 3 2 8 6 によって識別されるような）から網膜に向かって、光学軸（モジュール 3 2 9 2 によって識別される）に沿って、特定の距離だけ移動させることによって、眼の回転中心を推定してもよい。本特定の距離は、仮定される眼寸法 3 3 0 4 であってもよい。一実施例として、角膜の曲率中心と C o R との間の特定の距離は、約 4 . 7 m m であってもよい。本距離は、ユーザの年齢、性別、視覚処方箋、他の関連特性等を含む、任意の関連データに基づいて、特定のユーザに関して変動され得る。

【 0 2 8 5 】

少なくともいくつかの実装では、C o R 推定モジュール 3 2 9 4 は、ユーザの眼のそれぞれの回転中心のその推定値を経時的に精緻化してもよい。実施例として、時間が通過するにつれて、ユーザは、最終的に、その眼を回転させ（他の場所、より近い、より遠い何らかのもの、または時として、左、右、上、または下を見るために）、偏移をその眼のそれぞれの光学軸に引き起こすであろう。C o R 推定モジュール 3 2 9 4 は、次いで、モジュール 3 2 9 2 によって識別される、2 つの（またはそれを上回る）光学軸を分析し、それらの光学軸の交点の 3 D 点を位置特定してもよい。C o R 推定モジュール 3 2 9 4 は、次いで、回転中心が交点のその 3 D 点にあることを決定してもよい。そのような技法は、経時的に改良する正確度を伴う、回転中心の推定値を提供し得る。

【 0 2 8 6 】

種々の技法は、C o R 推定モジュール 3 2 9 4 の正確度および左および右眼の決定された C o R 位置を増加させるために採用されてもよい。実施例として、C o R 推定モジュール 3 2 9 4 は、種々の異なる眼姿勢に関して経時的に決定された光学軸の交点の平均点を見出すことによって、C o R を推定してもよい。付加的实施例として、モジュール 3 2 9 4 は、推定される C o R 位置をフィルタリングまたは経時的に平均してもよい、推定される C o R 位置の移動平均を経時的に計算してもよい、および / またはカルマンフィルタおよび眼および眼追跡システムの既知の動態を適用し、C o R 位置を経時的に推定してもよい。いくつかの実装では、最小二乗アプローチが、光学軸の交点の 1 つまたはそれを上回る点を決定するために講じられてもよい。そのような実装では、本システムは、所与の時点において、そこで光学軸の所与のセットまでの二乗距離の和が低減または最小限にされる、場所を、光学軸の交点として識別してもよい。具体的実施例として、モジュール 3 2 9 4 は、ユーザに関する眼追跡データが、取得されるにつれて、決定された C o R が、仮定される C o R 位置（例えば、眼の角膜の曲率中心の 4 . 7 m m 背後）からユーザの眼内の若干異なる場所に経時的にゆっくりとドリフトし、それによって、C o R 位置のユーザ毎精緻化を有効にし得るように、決定された光学軸の交点および仮定される C o R 位置（眼の角膜の曲率中心から 4 . 7 m m 等）の加重平均を計算してもよい。

【 0 2 8 7 】

理想的条件下では、HMDに対するユーザの眼の真のC o Rの3 D位置は、ユーザがその眼を移動させるにつれて（例えば、ユーザの眼がその回転中心の周囲で回転するにつれて）、無視可能または最小限の量だけ経時的に変化するはずである。換言すると、眼移動の所与のセットに関して、（HMDに対する）ユーザの眼の真のC o Rの3 D位置は、仮説上、ユーザの眼の光学軸に沿った任意の他の点ほど経時的に変動しないはずである。したがって、光学軸に沿った点が、ユーザの眼の真のC o Rから離れるほど、ユーザがその眼を移動させるにつれて、より多くの変動または分散を、その3 D位置は、経時的に呈するであろうということになる。いくつかの実装では、C o R推定モジュール3 2 9 4および/または眼追跡モジュール6 1 4の他のサブモジュールは、C o R推定正確度を改良する

10

【 0 2 8 8 】

第1の実施例として、C o R推定モジュール3 2 9 4が複数の異なる光学軸（それぞれ、異なる方向を見ているユーザと関連付けられる）の交点に基づいてC o Rを推定する、実装では、C o R推定モジュール3 2 9 4は、共通オフセットを光学軸のそれぞれの方向に導入し（例えば、各軸をある均一量だけ偏移させ）、オフセット光学軸が、低変動、例えば、低分散または標準偏差を有する、交点内で相互に交差するかどうかを決定することによって、本統計的関係（真のC o Rは、低分散を有するはずである）を利用してよい。これは、光学軸の方向を計算する際のわずかな系統的誤差も補正し、C o Rの推定される位置を真のC o Rにより近づくように精緻化することに役立ち得る。

20

【 0 2 8 9 】

第2の実施例として、C o R推定モジュール3 2 9 4が、光学軸（または他の軸）に沿って特定の距離（例えば、角膜の曲率中心とC o Rとの間の距離等）だけ移動させることによって、C o Rを推定する、実装では、本システムは、変動、例えば、推定されるC o R位置の分散および/または標準偏差を低減または最小限にするような様式において、角膜の曲率中心とC o Rとの間の特定の距離を経時的に変動、最適化、調整、または別様に調節してもよい（例えば、異なる時間において捕捉された眼の画像の大グループに関して）。例えば、C o R推定モジュール3 2 9 4が、最初に、C o R位置推定値を取得するために、4 . 7 mmの特定の距離値（角膜の曲率中心から、光学軸に沿って）を使用するが、所与のユーザの眼の真のC o Rが、眼の角膜の曲率中心の4 . 9 mm背後に位置付けられ得る（光学軸に沿って）場合、C o R推定モジュール3 2 9 4によって取得される、C o R位置推定値の初期セットは、比較的に高変動量、例えば、分散または標準偏差を呈し得る。そのような比較的に高変動量（例えば、分散または標準偏差）の検出にตอบสนองして、C o R推定モジュール3 2 9 4は、より低い変動量（例えば、分散または標準偏差）を有する、光学軸に沿った1つまたはそれを上回る点を探し、識別してもよく、最低変動（例えば、分散または標準偏差）を有するような4 . 9 mm距離を識別してもよく、したがって、利用される特定の距離値を4 . 9 mmに調節してもよい。

30

40

【 0 2 9 0 】

C o R推定モジュール3 2 9 4は、現在のC o R推定値が比較的に高変動量（例えば、分散または標準偏差）を有することを検出することに対応して、より低い変動（例えば、分散および/または標準偏差）を有する、代替C o R推定値を探してもよい、または初期C o R推定値を取得後、必然として、より低い変動（例えば、分散または標準偏差）を有する、代替C o R推定値を探してもよい。いくつかの実施例では、そのような最適化/調節は、徐々に経時的に起こり得る一方、他の実施例では、そのような最適化/調節は、初期ユーザ較正セッションの間に行われてもよい。そのようなプロシージャが較正プロシージャの間に行われる、実施例では、C o R推定モジュール3 2 9 4は、最初に、任意の仮定される特定の距離に準拠/固執し得ず、むしろ、眼追跡データのセットを経時的に収集

50

し、統計的分析を眼追跡データのセット上で実施し、統計的分析に基づいて、最小可能変動量（例えば、分散または標準偏差）（例えば、大域的最小値）を伴うC o R位置推定値をもたらす、特定の距離値を決定し得る。

【0291】

瞳孔間距離（I P D）推定モジュール3296は、C o R推定モジュール3294から、ユーザの左および右眼の回転中心の推定される3D位置を示す、データを受信してもよい。I P D推定モジュール3296は、次いで、ユーザの左および右眼の回転中心間の3D距離を測定することによって、ユーザのI P Dを推定してもよい。一般に、ユーザの左眼の推定されるC o Rとユーザの右眼の推定されるC o Rとの間の距離は、瞳孔間距離（I P D）の典型的定義である、ユーザが光学無限遠を見ている（例えば、ユーザの眼の光学軸が相互に略平行である）とき、ユーザの瞳孔中心間の距離にほぼ等しくあり得る。ユーザのI P Dは、ウェアラブルシステム内の種々のコンポーネントおよびモジュールによって使用されてもよい。実施例として、ユーザのI P Dは、位置合わせオブザーバ620に提供され、ウェアラブルデバイスがユーザの眼と整合される程度（例えば、左および右ディスプレイレンズがユーザのI P Dに従って適切に離間されているかどうか）を査定する際に使用されてもよい。別の実施例として、ユーザのI P Dは、輻輳・開散運動深度推定モジュール3298に提供され、ユーザの輻輳・開散運動深度を決定する際に使用されてもよい。モジュール3296は、C o R推定モジュール3294に関連して議論されるもの等の種々の技法を採用して、推定されるI P Dの正確度を増加させてもよい。実施例として、I P D推定モジュール3294は、正確な様式においてユーザのI P Dを推定することの一部として、フィルタリング、経時的平均化、仮定されるI P D距離を含む加重平均化、カルマンフィルタ等を適用してもよい。

【0292】

輻輳・開散運動深度推定モジュール3298は、眼追跡モジュール614内の種々のモジュールおよびサブモジュールからデータを受信してもよい（図17Cに関連して示されるように）。特に、輻輳・開散運動深度推定モジュール3298は、瞳孔中心の推定される3D位置（例えば、上記に説明されるモジュール3290によって提供されるような）、光学軸の1つまたはそれを上回る決定されたパラメータ（例えば、上記に説明されるモジュール3292によって提供されるような）、回転中心の推定される3D位置（例えば、上記に説明されるモジュール3294によって提供されるような）、推定されるI P D（例えば、回転中心の推定される3D位置間のユークリッド距離）（例えば、上記に説明されるモジュール3296によって提供されるような）、および/または光学および/または視軸の1つまたはそれを上回る決定されたパラメータ（例えば、下記に説明されるモジュール3292および/またはモジュール3310によって提供されるような）を示す、データを採用してもよい。輻輳・開散運動深度推定モジュール3298は、そこにユーザの眼が合焦される、ユーザからの距離であり得る、ユーザの輻輳・開散運動深度の測定値を検出または別様に取得してもよい。実施例として、ユーザが、彼らの3フィート正面のオブジェクトを見ているとき、ユーザの左および右眼は、3フィートの輻輳・開散運動深度を有する一方、ユーザが、離れた風景を見ている（例えば、ユーザの眼の光学軸が、ユーザの瞳孔中心間の距離がユーザの左および右眼の回転中心間の距離にほぼ等しくあり得るように、相互に略平行である）とき、ユーザの左および右眼は、無限遠の輻輳・開散運動深度を有する。いくつかの実装では、輻輳・開散運動深度推定モジュール3298は、ユーザの瞳孔の推定される中心（例えば、モジュール3290によって提供されるような）を示す、データを利用して、ユーザの瞳孔の推定される中心間の3D距離を決定してもよい。輻輳・開散運動深度推定モジュール3298は、瞳孔中心間のそのような決定された3D距離と推定されるI P D（例えば、回転中心の推定される3D位置間のユークリッド距離）（例えば、上記に説明されるモジュール3296によって示されるような）を比較することによって、輻輳・開散運動深度の測定値を取得してもよい。瞳孔中心と推定されるI P Dとの間の3D距離に加え、輻輳・開散運動深度推定モジュール3298は、既知の、仮定される、推定される、および/または決定された幾何学形状を利用して、輻

10

20

30

40

50

輻・開散運動深度を計算してもよい。実施例として、モジュール 3 2 9 8 は、三角法計算において、瞳孔中心と、推定される I P D と、3 D C o R 位置との間の 3 D 距離を組み合わせ、ユーザの輻・開散運動深度を推定（例えば、決定）してもよい。実際、推定される I P D に対して決定されたそのような瞳孔中心間の 3 D 距離の評価は、光学無限遠に対してユーザの現在の輻・開散運動深度の測定値を示す役割を果たし得る。いくつかの実施例では、輻・開散運動深度推定モジュール 3 2 9 8 は、単に、輻・開散運動深度のそのような測定値を取得する目的のために、ユーザの瞳孔の推定される中心間の推定される 3 D 距離を示す、データを受信する、またはそれにアクセスしてもよい。いくつかの実装では、輻・開散運動深度推定モジュール 3 2 9 8 は、ユーザの左および右光学軸を比較することによって、輻・開散運動深度を推定してもよい。特に、輻・開散運動深度推定モジュール 3 2 9 8 は、そこでユーザの左および右光学軸が交差する（または水平面等の平面上のユーザの左および右光学軸の投影が交差する）、ユーザからの距離を位置特定することによって、輻・開散運動深度を推定してもよい。モジュール 3 2 9 8 は、ゼロ深度を、そこでユーザの左および右光学軸がユーザの I P D によって分離される、深度であると設定することによって、ユーザの I P D を本計算において利用してもよい。少なくともいくつかの実装では、輻・開散運動深度推定モジュール 3 2 9 8 は、既知または導出される空間関係とともに、眼追跡データを三角測量することによって、輻・開散運動深度を決定してもよい。

【 0 2 9 3 】

いくつかの実装では、輻・開散運動深度推定モジュール 3 2 9 8 は、ユーザの視軸の交点（その光学軸の代わりに）に基づいて、ユーザの輻・開散運動深度を推定してもよく、これは、そこにユーザが合焦される、距離のより正確なインジケーションを提供し得る。少なくともいくつかの実装では、眼追跡モジュール 6 1 4 は、光学軸と視軸のマッピングモジュール 3 3 1 0 を含んでもよい。図 1 0 に関連してさらに詳細に議論されるように、ユーザの光学および視軸は、概して、整合されない。視軸は、それに沿って人物が見ている、軸である一方、光学軸は、その人物の水晶体および瞳孔中心によって画定され、人物の網膜の中心を通り得る。特に、ユーザの視軸は、概して、ユーザの中心窩の場所によって画定され、これは、ユーザの網膜の中心からオフセットされ、それによって、異なる光学および視軸をもたらし得る。これらの実装のうちの少なくともいくつかでは、眼追跡モジュール 6 1 4 は、光学軸と視軸のマッピングモジュール 3 3 1 0 を含んでもよい。光学軸と視軸のマッピングモジュール 3 3 1 0 は、ユーザの光学軸と視軸との間の差異を補正し、ユーザの視軸に関する情報を、輻・開散運動深度推定モジュール 3 2 9 8 およびライトフィールドレンダリングコントローラ 6 1 8 等のウェアラブルシステム内の他のコンポーネントに提供してもよい。いくつかの実施例では、モジュール 3 3 1 0 は、光学軸と視軸との間の約 5 . 2 ° の内向きの（鼻側への、すなわち、ユーザの鼻に向かった）典型的オフセットを含む、仮定される眼寸法 3 3 0 4 を使用してもよい。換言すると、モジュール 3 3 1 0 は、ユーザの左および右光学軸の方向を推定するために、ユーザの左光学軸を（鼻側に）右に 5 . 2 ° 鼻に向かって、ユーザの右光学軸を（鼻側に）左に 5 . 2 ° 鼻に向かって、偏移させ得る。他の実施例では、光学軸（例えば、上記に説明されるモジュール 3 2 9 2 によって示されるように）を視軸にマッピングする際、モジュール 3 3 1 0 は、ユーザ毎校正データ 3 3 0 6 を利用してもよい。付加的実施例として、モジュール 3 3 1 0 は、ユーザの光学軸を鼻側に 4 . 0 ° ~ 6 . 5 °、4 . 5 ° ~ 6 . 0 °、5 . 0 ° ~ 5 . 4 ° 等、またはこれらの値いずれかによって形成される任意の範囲で偏移させてもよい。いくつかの配列では、モジュール 3 3 1 0 は、少なくとも部分的に、その年齢、性別、視覚処方箋、または他の関連特性等の特定のユーザの特性に基づいて、偏移を適用してもよく、および/または少なくとも部分的に特定のユーザのための校正プロセス（例えば、特定のユーザの光学軸 - 視軸オフセットを決定するために）、に基づいて、偏移を適用してもよい。少なくともいくつかの実装では、モジュール 3 3 1 0 はまた、左および右光学軸の原点を偏移させ、ユーザの C o R の代わりに、ユーザの C o P（モジュール 3 3 1 2 によって決定されるような）と対応させてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 2 9 4 】

随意的透視中心 (C o P) 推定モジュール 3 3 1 2 は、提供されるとき、ユーザの左および右透視中心 (C o P) の場所を推定してもよい。C o P は、ウェアラブルシステムのための有用な場所であり得、少なくともいくつかの実装では、瞳孔の真正面の位置である。少なくともいくつかの実装では、C o P 推定モジュール 3 3 1 2 は、ユーザの瞳孔中心の 3 D 場所、ユーザの角膜の曲率中心の 3 D 場所、またはそのような好適なデータ、またはそれらの任意の組み合わせに基づいて、ユーザの左および右透視中心の場所を推定してもよい。実施例として、ユーザの C o P は、角膜の曲率中心の約 5 . 0 1 mm 正面 (例えば、角膜球面中心から、眼の角膜に向かった、かつ光学軸に沿った、方向に、5 . 0 1 mm) にあり得、光学または視軸に沿って、ユーザの角膜の外面の約 2 . 9 7 mm 背後にあり得る。ユーザの透視中心は、その瞳孔中心の真正面にあり得る。実施例として、ユーザの C o P は、ユーザの瞳孔から約 2 . 0 mm 未満、ユーザの瞳孔から約 1 . 0 mm 未満、またはユーザの瞳孔から約 0 . 5 mm 未満、またはこれらの値のいずれかの間の任意の範囲にあり得る。別の実施例として、透視中心は、眼の前房内の場所に対応し得る。他の実施例として、C o P は、ユーザの瞳孔から 1 . 0 mm ~ 2 . 0 mm、約 1 . 0 mm、0 . 2 5 mm ~ 1 . 0 mm、0 . 5 mm ~ 1 . 0 mm、または 0 . 2 5 mm ~ 0 . 5 mm にあり得る。

10

【 0 2 9 5 】

(レンダリングカメラのピンホールおよびユーザの眼内の解剖学的位置として潜在的に望ましい位置として) 本明細書に説明される透視中心は、望ましくない視差偏移を低減および / または排除する役割を果たす、位置であり得る。特に、ユーザの眼の光学系は、非常に大まかには、それぞれ、ユーザの瞳孔 / 虹彩、水晶体、および網膜にほぼ対応する、ピンホール、レンズ、および画面を用いて、画面上に投影する、レンズの正面のピンホールによって形成される、理論的システムに匹敵する。さらに、ユーザの眼から異なる距離における 2 つの点光源 (またはオブジェクト) が、ピンホールの開口部を中心として剛性に回転する (例えば、ピンホールの開口部からのその個別の距離に等しい、曲率半径に沿って回転される) とき、殆どまたは全く視差偏移が存在しないことが望ましくあり得る。したがって、C o P は、眼の瞳孔中心に位置するはずである (かつそのような C o P が、いくつかの実装では、使用され得る) と考えられるであろう。しかしながら、ヒトの眼は、瞳孔のレンズおよびピンホールに加え、付加的屈折力を網膜に向かって伝搬する光に付与する、角膜を含む)。したがって、本段落に説明される理論的システム内のピンホールの解剖学的均等物は、ユーザの眼の角膜の外面とユーザの眼の瞳孔または虹彩の中心との間に位置付けられる、ユーザの眼の領域であり得る。例えば、ピンホールの解剖学的均等物は、ユーザの眼の前房内の領域に対応し得る。本明細書で議論される種々の理由から、C o P をユーザの眼の前房内のそのような位置に設定することが所望され得る。

20

30

【 0 2 9 6 】

上記に議論されるように、眼追跡モジュール 6 1 4 は、左および右眼回転中心 (C o R) の推定される 3 D 位置、輻輳・開散運動深度、左および右眼光学軸、ユーザの眼の 3 D 位置、ユーザの左および右角膜の曲率中心の 3 D 位置、ユーザの左および右瞳孔中心の 3 D 位置、ユーザの左および右透視中心の 3 D 位置、ユーザの I P D 等のデータを、ウェアラブルシステム内のライトフィールドレンダリングコントローラ 6 1 8 および位置合わせオブザーバ 6 2 0 等の他のコンポーネントに提供してもよい。眼追跡モジュール 6 1 4 はまた、ユーザの眼の他の側面と関連付けられる、データを検出および生成する、他のサブモジュールを含んでもよい。実施例として、眼追跡モジュール 6 1 4 は、ユーザが瞬目する度に、フラグまたは他のアラートを提供する、瞬目検出モジュールと、ユーザの眼がサッカードする (例えば、焦点を別の点に迅速に偏移させる) 度に、フラグまたは他のアラートを提供する、サッカード検出モジュールとを含んでもよい。

40

【 0 2 9 7 】

眼追跡および回転中心の決定の他の方法も、可能性として考えられる。故に、眼追跡モジュール 6 1 4 は、異なってもよい。下記に説明される眼追跡モジュールの種々の実装で

50

は、例えば、回転中心の推定値は、複数の角膜の曲率中心値に基づいて決定される。いくつかの実装では、例えば、図 17A - 19 を参照して議論されるように、眼追跡モジュール 614 は、可能性として、異なる眼姿勢に関する複数の角膜の曲率中心に適合される、表面の面法線ベクトルの中から、収束または交点を決定することによって、眼の回転中心を推定してもよい。なお、上記または本明細書のいずれかの場所に説明される、眼追跡モジュール 614 からの 1 つまたはそれを上回る特徴は、眼追跡モジュールの他の実装に含まれてもよい。

【0298】

眼追跡技法は、2019 年 8 月 8 日に公開され、「EYE CENTER OF ROTATION DETERMINATION, DEPTH PLANE SELECTION, AND RENDER CAMERA POSITIONING IN DISPLAY SYSTEMS」と題された、米国特許出願公開第 2019/0243558 号、および 2021 年 1 月 21 日に公開され、「EYE CENTER OF ROTATION DETERMINATION WITH ONE OR MORE EYE TRACKING CAMERAS」と題された、国際公開第 WO2021/01166 号（弁護士参照番号 MLEAP. 256 WO 号（2019 年 7 月 16 日に出版された、米国仮出願第 62/874867 号に対する優先権））（それぞれの開示全体は、参照することによって本明細書に組み込まれる）に議論される。

（例示的光投入システム）

【0299】

図 15 を参照して上記に議論されるように、ディスプレイシステムは、出力されるべき画像光を受光するための 1 つまたはそれを上回る外部結合領域を識別してもよい。加えて、上記に議論されるように、眼姿勢が、外部結合画像光の選択に対して適切な外部結合領域の決定を促進するために決定されてもよい。いったん適切な外部結合領域または領域が、決定されると、ディスプレイシステムは、光外部結合領域または領域の適切な経路指定を決定するように構成されてもよい。例えば、光を特定の光外部結合領域または領域に機能的に指向することは、画像光を、それらの外部結合領域と一意に関連付けられる、内部結合領域の中に指向することを伴い得る。

【0300】

図 18 は、光をディスプレイの決定された外部結合領域に指向するために使用され得る、例示的光指向プロセス 3320 のフロー図である。ブロック 3322 では、ディスプレイシステムは、光をディスプレイ上に向かって指向するための内部結合領域を決定してもよい。例えば、内部結合領域は、ディスプレイ上の所望のレンダリング場所と関連付けられる、内部結合領域を含んでもよい。所望のレンダリング場所は、図 16 を参照して説明されるような決定プロセスに基づいて決定されてもよい。いくつかの実施例では、内部結合領域は、内部結合格子等の内部結合光学特徴の面積、グループ、アレイ、または他の組み合わせであってもよい。図 19 に図示されるように、ディスプレイの内部結合領域は、ディスプレイの一部に沿って配列される、内部結合特徴の配列を含んでもよい。ブロック 3322 では、ディスプレイシステムは、光が、知覚される画像の少なくとも一部をディスプレイ上に形成するために、適切な関連付けられる外部結合領域に指向されるような、内部結合領域に光を指向することを決定してもよい。

【0301】

ブロック 3324 では、ディスプレイシステムは、ユーザに表示するための画像を決定してもよい。画像は、ユーザの環境内に表示されるべき仮想コンテンツの表現を含んでもよく、画像は、仮想コンテンツの一部または仮想コンテンツの全てを含んでもよい。例えば、ディスプレイシステムは、木を表示するためのインジケーションを受信してもよい。ディスプレイシステムは、決定された内部結合領域に投影するための木の表現または決定された内部結合領域に投影するための木の一部を決定してもよい。いくつかの実施例では、ディスプレイシステムは、ディスプレイの視認面積の複数の外部結合領域を横断して及び得る、仮想オブジェクトの画像または表現を分割してもよい。そのような場合、仮想オ

10

20

30

40

50

プロジェクトの完全効果を表示するために、ディスプレイシステムは、ディスプレイの第1の領域内の画像の一部に投影される光が、レンダリングの間、その領域と関連付けられる部分の画像を含有するように、画像を分割してもよい。いくつかの実施例では、画像は、大オブジェクトをディスプレイの領域を横断して表示するとき、レンダリングにおける間隙を防止するように、ある量だけ重複する、仮想オブジェクトの表現の一部を含有してもよい。

【0302】

ブロック3326では、ディスプレイシステムは、光を内部結合領域に指向するための命令を送信してもよい。上記に議論されるように、指向される光は、その内部結合領域と関連付けられる、ディスプレイの外部結合領域から表示するための画像を形成するための画像情報を含んでもよい。ディスプレイシステムは、1つまたはそれを上回る光投入システムを利用して、光を内部結合領域に指向してもよい。例えば、図19に図示されるように、ディスプレイシステムは、コントローラ3402と、光投入システム3404と、導波管3412と、カメラ3408とを含んでもよい。コントローラ3402は、命令を光投入システム3404に通信し、光3410を導波管3412上の内部結合領域3414A、3414B、または3414C等の選択された内部結合領域に指向または投入してもよい。図16-17Cを参照して上記に議論されるように、ディスプレイシステムは、例えば、ユーザの眼姿勢に基づいて、光を投入すべき内部結合領域3414A、3414B、3414Cまたは内部結合領域と関連付けられる内部結合光学要素3416A、3416B、3416Cを決定してもよい。ユーザの眼姿勢は、ユーザの少なくとも片眼を結像するように構成される、1つまたはそれを上回るカメラ3408からの画像を使用して、ディスプレイシステムによって決定されてもよい。投入される光は、ディスプレイと関連付けられる、1つまたはそれを上回る導波管を通して、関連付けられる外部結合領域3418A、3418B、3418Cに向かって、伝搬してもよい。外部結合領域3418A、3418B、3418C内の1つまたはそれを上回る外部結合光学要素は、光をユーザの眼3406に向かって出力してもよい。内部結合領域3414A、3414B、3414Cが、参照番号1005、700、710、および720および種々の添字で識別された内部結合領域のいずれかに対応し得ることを理解されたい（例えば、図11Aおよび14B参照）。

【0303】

コントローラ3402は、本明細書に説明されるプロセスおよび機能を実施するために、1つまたはそれを上回るソフトウェアエンジンを含んでもよい。ソフトウェアエンジンは、光投入システムに、光をディスプレイの領域に向かって投入するように指示するために、本明細書に議論されるような（およびフローチャートに図示される）プロセスを実施するためのプログラムされた命令を含んでもよい。エンジンは、ディスプレイシステムと関連付けられる、1つまたはそれを上回るハードウェアプロセッサによって実行されてもよい。プログラミング命令は、ディスプレイシステムと関連付けられる、メモリ内に記憶されてもよい。プログラミング命令は、C、C++、JAVA（登録商標）、または任意の他の好適なプログラミング言語で実装されてもよい。いくつかの実装では、エンジンを含む、コントローラ3402の部分のいくつかまたは全ては、ASICおよびFPGA等の特定用途向け回路網内に実装されてもよい。コントローラ3402の機能性のいくつかの側面は、ネットワークを経由して、サーバ上で遠隔で実行されてもよい。故に、コントローラ3402は、図6および9Dを参照して上記に説明される、ハードウェアコンポーネント（例えば、コントローラ560、処理モジュール140および/または処理モジュール150）を用いて実装されてもよい。

【0304】

光投入システムは、光を所望の領域に向かって選択的に指向するための任意の好適なシステムであってもよい。例えば、図20A-20Dに図示されるように、光投入システムは、走査式ファイバ投入器等の可動投入機構を含んでもよい。別の実施例では、図21A-21Dに図示されるように、光投入システムは、1つまたはそれを上回る可動ミラーを

10

20

30

40

50

含み、光を指向してもよい。加えて、または代替として、光投入システムは、図 2 2 を参照して詳細に説明されるような S L M の異なる場所において異なる内部結合領域のための画像を形成するもの等、1 つまたはそれを上回る定常投入システムを利用してもよい。しかしながら、例示的光投入システムの詳細が、議論され得るが、ディスプレイシステムは、任意の数または組み合わせの光投入システムを利用して、光を決定された内部結合領域に指向してもよい。

(例示的な機械的に作動される光投入システム)

【0305】

光投入システム 3 4 0 4 (図 1 9) は、いくつかの実装では、可動投入器システムの形態をとってもよい。可動投入器システムは、光を導波管 3 4 1 2 上の内部結合領域 3 4 1 4 A、3 4 1 4 B、3 4 1 4 C 等の所望の場所に向かって指向するために、光学コンポーネントを物理的に移動させるように構成される、1 つまたはそれを上回るコンポーネントを含んでもよい。図 2 0 A - 2 0 D および 2 1 A - 2 1 B は、2 つの例示的可動投入システムを図示する。

10

【0306】

図 2 0 A - 2 0 D は、少なくとも 1 つの走査式ファイバ投入器 3 5 2 7 を含む、例示的可動投入システム 3 5 0 0 の実装を図示する。可動投入システム 3 5 0 0 は、光投入システム 3 4 0 4 (図 1 9) に対応し得ることを理解されたい。走査式ファイバ投入器 3 5 2 7 は、少なくとも 1 つの光エミッタ 3 5 2 8 と、ファイバ 3 5 4 2 を移動させる、少なくとも 1 つのアクチュエータ 3 5 4 0 とを含んでもよい。ファイバ 3 5 4 2 の端部からの光 3 5 0 1 は、光学系 3 5 3 4 を通して、導波管 3 5 2 6' 内の内部結合領域 3 5 1 0 A' または 3 5 1 0 B' に向かって伝搬されてもよい。いくつかの実施例では、図 2 0 A に図示されるように、光学系 3 5 3 4 は、光が内部結合領域 3 5 1 0 A' または 3 5 1 0 B' に伝搬する前に、ファイバ 3 5 4 2 から外に広がる光を受光し、光をコリメートするように構成される、コリメート光学系であってもよい。

20

【0307】

コリメート光学系は、種々の形態をとってもよく、1 つまたはそれを上回るレンズ構造を含んでもよい。いくつかの実施例では、図 2 0 B に図示されるように、光学系 3 5 3 4 は、複数のレンズ 3 5 3 4 L'、3 5 3 4 L'' (例えば、レンズレットアレイ) を備える、レンチキュラーレンズを含んでもよい。複数のレンズはそれぞれ、コリメートされた光を関連付けられる内部結合領域 3 5 1 0 A' または 3 5 1 0 B' に提供するように構成されてもよい。いくつかの実施例では、図 2 0 C に図示されるように、光学系 3 5 3 4 は、入射光をコリメートするためのコリメートレンズ構造 3 5 3 4 C と、コリメートされた光を内部結合領域 3 5 1 0 A' または 3 5 1 0 B' に伝搬するための投影レンズ構造 3 5 3 4 P とを含んでもよい。より一般的には、光学系 3 5 3 4 は、種々のレンズ構造の組み合わせを含み、コリメートされた光を内部結合領域 3 5 1 0 A' または 3 5 1 0 B' 等の複数の内部結合領域に提供する機能を実施し得ることを理解されたい。いくつかの実施例では、図 2 0 D に図示されるように、投影光学系 3 5 3 4 は、コリメートレンズ構造 3 5 3 4 C と、凸面レンズ 3 5 3 4 P' および複数のレンズ 3 5 3 4 L'、3 5 3 4 L'' を備えるレンチキュラーレンズを備える、投影レンズ構造 3 5 3 4 P とを含んでもよい。レンズの他の組み合わせもまた、検討されることを理解されたい。

30

40

【0308】

再び、図 2 0 A - 2 0 D を参照すると、アクチュエータ 3 5 4 0 は、所定の経路 (例えば、円形経路) に沿って、既知の速度で、ファイバ 3 5 4 2 を移動させてもよい。その結果、処理モジュール 3 6 3 8 は、画像光が、所望の光出力場所において、ファイバ 3 5 4 2 から外に伝搬し、ひいては、表示されるべき画像と同期されるように、ファイバ 3 5 4 2 の端部から外への光の伝搬とファイバ 3 5 4 2 の移動を同期させるように構成されてもよい。

【0309】

いくつかの実装では、光源 3 5 2 8 は、光投影システムの像面上に形成される、仮想光

50

源と置換されてもよい。光投影システムは、光のビームを仮想光源に対応する像面上の面積を横断して走査させることが可能なアクチュエータを含んでもよい。本明細書に議論されるように、光源 3 5 2 8 の離散発光面積をアクティブ化する能力を模倣するために、投影システムによる光の出力は、アクチュエータの移動と同期され、特定の時間において、光を像面上の所望の場所に出力させる。好ましくは、アクチュエータが光のビームを像面を横断して走査することが可能である、レートは、像面上の全ての所望の光出力場所が、その中で任意の所与の瞳孔内画像が表示される、タイムフレームの間、アクセスされ得るほど十分に高い。例えば、特定の画像が表示される、時間量の間、アクチュエータは、好ましくは、少なくとも 1 回、好ましくは、複数回、仮想 2 D 光源に対応する像面の面積を横断して、光のビームを走査することが可能である。

10

【 0 3 1 0 】

図 2 1 A および 2 1 B は、光の伝搬を異なる場所に指向するための少なくとも 1 つの走査式ミラーシステムを含む、別の例示的可動投入システム 3 6 0 0 を図示する。光投入システム 3 6 2 6 は、画像光を出力し得る、画像源 3 6 2 8 と、それぞれ、アクチュエータ 3 6 3 1 および 3 6 3 3 によって移動される、ミラー 3 6 3 0 および 3 6 3 2 とを含んでもよい。画像源 3 6 2 8 の実施例は、1 つまたはそれを上回る光源と、画像情報を、空間光変調器を通して光源からミラー 3 6 3 2 に通過する、光の中にエンコーディングする、空間光変調器とを含む。

【 0 3 1 1 】

図示されるように、光 3 5 0 1 は、画像源 3 6 2 8 からミラー 3 6 3 2 に伝搬されてもよく、これは、光をミラー 3 6 3 0 に反射させ、これは、次いで、投影光学系 3 6 3 4 を通して伝搬する光を導波管 3 5 2 6 ' の内部結合光学領域 3 5 1 0 A ' または 3 5 1 0 B ' に向かって反射させる。ミラー 3 6 3 0 および 3 6 3 2 は、二重軸検流計の一部であってもよく、アクチュエータ 3 6 3 1 および 3 6 3 3 は、異なる軸、例えば、直交軸に沿って、ミラーを回転させ、それによって、光が導波管 3 5 2 6 ' の 2 つの軸に沿って画定された面積に指向されることを可能にする。いくつかの実装では、アクチュエータ 3 6 3 1、3 6 3 3 は、モータであってもよい。投影光学系 3 6 3 4 は、F - シータ (F - または F - t a n) レンズ等の線形伝送レンズであってもよく、光を、3 5 1 0 A ' または 3 5 1 0 B ' 等の内部結合光学領域において、導波管 3 5 2 6 ' 上へ投影するように構成されてもよい。いくつかの実装では、光投入システム 3 6 2 6 はまた、コリメートレンズ 3 6 3 6 を含み、光がミラー 3 6 3 2 に到達する前に、光エミッタ 3 6 2 8 によって放出される光をコリメートしてもよい。いくつかの実施例では、図 2 1 A に図示されるように、投影光学系 3 6 3 4 は、種々のレンズ構造を含んでもよい。いくつかの実施例では、図 2 1 B に図示されるように、投影光学系 3 6 3 4 は、凸面レンズ構造 3 6 3 4 P ' と、それぞれ、コリメートされた光を 3 5 1 0 A ' または 3 5 1 0 B ' 等の関連付けられる内部結合光学領域に指向するように構成される、複数のレンズ 3 6 3 4 L '、3 6 3 4 L ' ' を備える、レンチキュラーレンズとを含んでもよい。

20

30

【 0 3 1 2 】

図 2 1 A および 2 1 B を継続して参照すると、光投入システム 3 6 2 6 は、好ましくは、また、光エミッタ 3 6 2 8 からの光の出力を制御し、アクチュエータ 3 6 3 1、3 6 3 3 の移動および形成されるべき画像と同期させる、処理モジュール 3 6 3 8 を含む、またはそれと通信する。例えば、処理モジュール 3 6 3 8 は、ミラー 3 6 3 2、3 6 3 0 の移動と画像源 3 6 2 8 からの光の放出を協調させてもよい。いくつかの実装では、ミラー 3 6 3 2、3 6 3 0 は、アクチュエータ 3 6 3 1、3 6 3 3 によって、その上でミラーが移動するように設計される、軸上で、往復して持続的に回転または旋回される。画像源 3 6 2 8 による光 (例えば、光のパルス) の放出は、光が、所与の瞬間において、導波管 3 5 2 6 ' 上の所望の場所に指向されるように、本移動とタイミング調整され、本場所および時間はまた、表示されるべき画像に基づいて決定される (例えば、内部結合領域は、その特定の内部結合領域のための画像の表示と時間的に一致する)。いくつかの実装では、画像源 3 6 2 8 からの光の放出は、画像源 3 6 2 8 をオン状態とオフ状態との間で切り替える

40

50

ことによって制御される（例えば、それぞれ、電力を光エミッタに供給する、または供給しないことによって）。いくつかの他の実装では、画像源 3 6 2 8 からの光の放出は、光が導波管 3 5 2 6 ' に到達することを選択的に可能にする、または遮断する、物理的スイッチを使用して、機械的に制御されてもよい。

【0313】

いくつかの他の実装では、2つのミラー 3 6 3 2 および 3 6 3 0 ではなく、可動光投入システム 3 6 0 0 は、光を単一軸に沿って指向するように構成される、単一ミラーのみを含んでもよい。そのような構成は、例えば、3 5 1 0 A ' または 3 5 1 0 B ' 等の内部結合領域が、単一軸に沿って、一列に配列される、配列において利用されてもよい。

【0314】

いくつかの可動投入器技法が、2018年4月26日に公開され、「SYSTEM AND METHOD FOR PRESENTING IMAGE CONTENT ON MULTIPLE DEPTH PLANES BY PROVIDING MULTIPLE INTRA-PUPIL PARALLAX VIEWS」と題された、米国特許出願公開第2018/0113311号（その開示全体は、参照することによって本明細書に組み込まれる）に議論される。

（機械的作動を伴わない例示的な電子的に切替可能な光出力）

【0315】

光投入システム 3 4 0 4 は、その中で出力光の場所が、機械的作動を伴わずに、電子的に切り替えられる、投入器システムを含んでもよい。定常投入器システムは、光を導波管 3 4 1 2 上の内部結合領域 3 4 1 4 A、3 4 1 4 B、3 4 1 4 C 等の所望の場所に向かって指向するために、光を選択的に放出するように構成される、1つまたはそれを上回るコンポーネントを含んでもよい。

【0316】

図 2 2 は、光 3 5 0 1 を 1 つまたはそれを上回る内部結合光学領域 3 7 1 0 A '、3 7 1 0 B ' に向かって導波管 3 5 2 6 ' 上に投影するように構成される、空間光変調器 (SLM) 3 7 3 6 を含む、例示的定常投入システム 3 7 0 0 を図示する。定常投入システム 3 7 0 0 は、光エミッタ 3 7 2 8 と、空間光変調器 (SLM) 3 7 3 6 とを含んでもよい。光エミッタ 3 5 2 8 の実施例は、LED およびレーザを含む。いくつかの実装では、光ファイバケーブルは、光を遠隔に置かれた光エミッタから伝送してもよい。図示されるように、光 3 5 0 1 は、光エミッタ 3 7 2 8 から SLM 3 7 3 6 に伝搬されてもよく、これは、光を変調させ、光学系 3 7 3 4 を通して導波管 3 5 2 6 ' 内の内部結合光学領域 3 7 1 0 A ' または 3 7 1 0 B ' に向かって伝搬させる。いくつかの実装では、SLM 3 7 3 6 は、SLM を通して伝送される、光を変調させるように構成されてもよい。いくつかの他の実装では、SLM 3 7 3 6 は、光を反射および変調させるように構成されてもよい。SLM の実施例は、液晶ディスプレイパネル、DLP ミラーアレイ、LCOS 等を含む。光学系 3 7 3 4 は、F - シータ (F - または F - t a n) レンズ等の線形伝送レンズであってもよく、光を導波管 3 5 2 6 ' 上で 3 7 1 0 A ' または 3 7 1 0 B ' 等の内部結合光学領域に集束させるように構成されてもよい。しかしながら、コリメートレンズ、レンチキュラーレンズ、または他のレンズ構造のある組み合わせを含む、レンズシステム等の光学系 3 7 3 4 の他の構成もまた、検討される。

【0317】

SLM 3 7 3 6 は、パネルディスプレイを備えてもよく、これは、LED またはレーザ等の光エミッタのアレイを含んでもよい。伝搬するための 3 7 1 0 A ' または 3 7 1 0 B ' 等の内部結合光学領域を選択するために、コントローラ 3 7 3 8 は、光投入システム 3 7 0 0 と通信し、SLM 3 7 3 6 に、所望の内部結合光学領域または複数の内部結合領域と関連付けられ得る、SLM 3 7 3 6 内のピクセルのあるピクセル、アレイ、またはグループをアクティブ化させてもよい。いくつかの実装では、SLM の異なるセクションは、内部結合領域 3 7 1 0 A '、3 7 1 0 B ' の異なる関連付けられるもののための異なる画像を形成するために利用されてもよい。いくつかの実装では、光源 SLM 1 0 2 0 上のアクテ

10

20

30

40

50

ィブ化された発光ピクセルのグループのサイズは、より小さいまたはより大きい、画像を提供し得る。いくつかの他の実装では、光源 S L M 3 7 3 6 上の発光面積のサイズは、ディスプレイシステムの焦点深度を制御するように修正されてもよい。

【 0 3 1 8 】

いくつかの可動投入器技法は、2019年9月12日に公開され、「DISPLAY SYSTEM WITH LOW-LATENCY PUPIL TRACKER」と題された、国際特許公開第 W O 2 0 1 9 / 1 7 3 1 5 8 号（その開示全体は、参照することによって本明細書に組み込まれる）に議論される。

（例示的深度面投影）

【 0 3 1 9 】

上記に説明されるもの等のディスプレイデバイスのいくつかの実装は、拡張現実システム内に含まれる可変焦点レンズ要素の焦点距離を調整することによって、光（ディスプレイシステムから投影された画像情報のための光および周囲実世界内のオブジェクトからの入射光を含む）の波面発散を調節するように構成されてもよい。上記に議論されるように、拡張現実システムは、光をユーザまたは視認者（例えば、図2の視認者またはユーザ90）の眼に向かって投影する、複数のスタックされた導波管（例えば、図9Aおよび9Bの複数のまたはセット660のスタックされた導波管に対応する、または図6のスタックされた導波管アセンブリ260に対応する）を含み得る、ディスプレイデバイスを備えてもよい。いくつかの他の実装では、ディスプレイデバイスは、単一導波管のみを含んでもよい。その結果、複数の導波管が、本開示の本明細書の種々の部分において参照されるが、複数の導波管は、単一導波管によって置換されてもよいことを理解されたい。

【 0 3 2 0 】

本明細書に議論されるように、導波管から投影された光は、仮想または拡張現実画像情報を視認者に提供するために使用されてもよい。光は、ユーザが光を視認者から1つまたはそれを上回る異なる深度または距離から生じるように知覚するように投影され得る。ディスプレイデバイスは、ユーザに、ディスプレイデバイスを通して、周囲環境内の実世界オブジェクトが見え得るように、光学的に透過性であってもよい。いくつかの実装では、導波管は、固定された屈折力を有するように構成されてもよい。投影された光が異なる深度から生じる、外観を提供するために、導波管は、光の発散ビームを出力するように構成されてもよく、異なる量の発散は、異なる深度面に対応する。

【 0 3 2 1 】

多次元の感覚を表示される仮想オブジェクトに提供するために、ディスプレイシステムは、画像を複数の深度面上に表示してもよい。内部結合要素のアレイの場合、画像を複数の深度面上に投影するためのいくつかの方法が存在する。これらは、図23に図示されるような分離瞳システムと、図24に図示されるような可変焦点レンズシステムと、図25Cおよび25Dに図示されるような複数の瞳孔内画像を使用して持続波面に近似するように構成されるシステムとを含む。

（例示的分離瞳深度面投影）

【 0 3 2 2 】

いくつかの実施例では、深度面投影は、画像を上記の図9A - 9Cを参照して説明されるような導波管スタック内の内部結合光学要素に向かって投影することによって遂行され得る。導波管内の内部結合領域のアレイの場合、深度面投影は、例えば、特定の深度面に対応する、内部結合要素毎に、複数の内部結合光学領域を有することによって遂行され得る。

【 0 3 2 3 】

図23は、複数の内部結合光学要素3810A、3810B、3810Cを含み得る、内部結合領域3800の上下図を図示する。光エミッタ（図示せず）が、複数の色のうちの1つに対応する波長の光を内部結合要素3810A、3810B、3810Cに向かって放出してもよい。内部結合光学要素3810A、3810B、3810Cは、光エミッタと同様に離間されるように配列されてもよい。例えば、内部結合光学要素3810A、

3810B、3810Cの個々のものは、光エミッタのうちの関連付けられるものの直接光経路内にあってもよい。要素3810A、3810B、3810C等の複数の内部結合光学要素は、内部結合光学要素を含有する領域3800に向かって投影される、画像のための多深度面投影を提供するように、導波管スタック内に配置されてもよい。

【0324】

図示される実施例では、9つの内部結合光学要素3810が存在する。9つの内部結合光学要素3810は、複数の色を複数の深度面上に有する、単一画像を投影するように構成されてもよい。図示される9つの内部結合光学要素3810は、例えば、第1の色（例えば、赤色）の光を放出するように構成される、3つの要素と、第2の色（例えば、緑色）の光を放出するように構成される、3つの要素と、第3の色（例えば、青色）の光を放出するように構成される、3つの要素とを含んでもよい。しかしながら、他のグループ化を有する、他の数の内部結合光学要素も、可能性として考えられる。グループ化はそれぞれ、異なる色の内部結合光学要素を含んでもよく（例えば、各グループ化は、第1の色のための1つの内部結合光学要素と、第2の色のための1つの内部結合光学要素と、第3の色のための1つの内部結合光学要素とを有してもよい）、各グループ化は、画像を特定の深度面上に形成するように構成されてもよい。例えば、内部結合光学要素3810は、3つのグループを形成し、各グループは、画像を3つの深度面のうちの関連付けられるもの上に投影する。しかしながら、3つの原色の光を2つの深度面上に投影するように構成される、6つの内部結合光学要素、4つの色の光を3つの深度面上に投影するように構成される、12の内部結合光学要素等、他の数、配列、および構成の内部結合光学要素もまた、可能性として考えられる。

【0325】

いくつかの実施例では、内部結合領域は、時間的多重化を使用して、複数の色において、光を複数の深度面上に投影するように構成されてもよい。例えば、内部結合要素は、光を複数の深度面上に投影するように構成される、複数の内部結合領域を含んでもよい。1つまたはそれを上回る光エミッタが、内部結合要素に結合され、特定の時間において、特定の色の光を内部結合光学要素に向かって投影してもよい。色投影間の時間が、十分に高速である場合、結果として生じる知覚される画像は、内部結合光学要素に向かって投影された全ての色を有する、画像となり得る。

（例示的可変焦点レンズ構成）

【0326】

いくつかの実施例では、深度面投影は、可変焦点レンズシステムを使用して、遂行されてもよい。図24は、深度面投影を遂行するために使用され得る、例示的可変焦点レンズシステム3900を図示する。

【0327】

図24を参照すると、いくつかの実装では、第1の可変焦点レンズ要素が、導波管と視認者の眼との間に提供され、適切な調節を導波管によって出力された光の波面に提供し、本光が視認者の眼によって正しく集束されることを可能にしてもよい。しかしながら、本第1のレンズ要素はまた、周囲環境から視認者の眼に伝搬する光の経路内にある。結果として、第1のレンズ要素は、周囲環境からの光の波面を修正し、それによって、収差を世界の視認者のビューに引き起こし得る。そのような収差を補正するために、第2の可変焦点レンズ要素が、複数のスタックされた導波管の第1の可変焦点レンズ要素の対向側に配置されてもよい、すなわち、第2の可変焦点レンズ要素は、複数のスタックされた導波管と周囲実世界との間にあって、周囲環境内の実世界オブジェクトからの光の波面を調節し得る。第2の可変焦点レンズ要素は、第1の可変焦点レンズ要素によって生じる収差を補償するように構成されてもよい。いくつかの実装では、第2の可変焦点レンズはまた、導波管によって生じる収差を補償するように構成されてもよい。

【0328】

いくつかの実装では、第2の可変焦点レンズ要素の焦点は、第1の可変焦点レンズ要素の焦点の逆または反対であってもよい。例えば、第1の可変焦点レンズ要素が、正の屈折

力を有する場合、次いで、第2の可変焦点レンズ要素は、負の屈折力を有してもよく、これは、類似大きさであってもよい。いくつかの他の実装では、第1の可変焦点レンズ要素の屈折力および介在導波管の屈折力の両方を補償するために、第2のレンズ要素の屈折力は、第1のレンズ要素および導波管の集約屈折力と反対かつ類似大きさであってもよい。

【0329】

いくつかの他の実装では、導波管は、屈折力を有していなくてもよく（例えば、導波管は、コリメートされた光を出力するように構成されてもよい）、第1の可変焦点レンズ要素は、導波管から放出される光の波面を修正し、画像情報が視認者によって特定の深度面上にあるように解釈されるために、適切な量の発散を提供するように構成されてもよい。適切な量の発散は、画像情報を特定の深度面上に設置するための屈折力が、特定の差動によって調節され、その深度面に関する視認者の光学処方箋を考慮するであろうため、異なる視認者に関して変動し得ることを理解されたい。そのような実装では、第1の可変焦点レンズ要素と第2の可変焦点レンズ要素との間の導波管スタックは、単に、単一導波管によって形成されてもよい。

10

【0330】

第1および第2の可変焦点レンズ要素は、視認者の眼のうちの一方のために提供されてもよく、それぞれ、第1および第2の可変焦点レンズ要素に類似する、第3および第4の可変焦点レンズ要素は、視認者の他方の眼に提供されてもよいことを理解されたい。

【0331】

図24は、可変焦点レンズ要素と、導波管スタックとを有する、例示的ディスプレイシステム（例えば、拡張現実ディスプレイシステム）の概略図を示す。ディスプレイシステム3910は、ディスプレイシステム250（図6）に対応し得ることを理解されたい。第1の可変焦点レンズ要素3907aおよび第2の可変焦点レンズ要素3907bは、導波管スタック3905の両側上に配置され、第3の可変焦点レンズ要素3908aおよび第4の可変焦点レンズ要素3908bは、導波管スタック3906の両側上に配置される。

20

【0332】

種々の図示される導波管3905a、3905b、3906a、3906bは、図6の導波管270、280、290、300、310および/または図9Aおよび9Bの導波管670、680、および690の個々のものに類似する特性および/または特徴を有してもよい。導波管スタック3905、3906は、図9Aおよび9Bの複数またはセット660のスタックされた導波管または図6のスタックされた導波管アセンブリ260に類似する特性および/または特徴を有してもよい。いくつかの実装では、導波管3905a、3905b、3906a、3906bは、導波管に屈折力、例えば、固定された屈折力を提供する、回折光学要素等の光学要素を含んでもよい。例えば、これらの導波管のうちの1つまたはそれを上回るものは、0ジオプタ～約5.0ジオプタ、約0.5ジオプタ～約4.5ジオプタ、約1.0ジオプタ～約4.0ジオプタ、約1.5ジオプタ～約3.5ジオプタ、約2.0ジオプタ～約3.0ジオプタの範囲内、またはこれらの範囲またはサブ範囲内の任意の値の屈折力を有してもよい。別の実施例として、特定の实装では、導波管は、それぞれ、1.5ジオプタの屈折力を有してもよい。

30

【0333】

上記に議論されるように、光源3903または3904からの画像情報（例えば、仮想コンテンツ）を提供する光は、光が、全内部反射によって、それらの導波管のそれぞれを通して伝搬するように、それぞれ、導波管3905aまたは3906aの中に投入されてもよい。伝搬する光は、外部結合要素（例えば、図9Aおよび9Bの外部結合要素800、810、839に対応する）によって、ユーザの眼3901に向かって、導波管3905a（または導波管3905b）から外に投影されてもよい。いくつかの実装では、光源3903、3904は、本明細書に開示されるように、可動ファイバを利用して、2D画像パターンを作成する、ファイバ走査式デバイス（FSD）であってもよい。FSDは、例えば、ラスタ走査、螺旋走査、リサージュ等の種々のパターンにおいて、光を投影することによって、2D画像パターンを作成してもよい。いくつかの他の実装では、光源39

40

50

03a（および／または3903b）は、本明細書に同様に開示されるように、例えば、その中で完全画像が導波管上に投影される、画像投影システムであってもよい。光源3903a（および／または3903b）からの光は、導波管の縁を通して、または導波管の主要表面を通して、導波管スタック3905の中に投入されてもよいことを理解されたい。導波管スタックが、複数の導波管を含む場合、光源3903および／または3904は、光をこれらの導波管の複数のもののの中に投入するように構成されてもよい、または付加的な光源、例えば、導波管毎に1つの光源が、提供されてもよい。

【0334】

第1の可変焦点レンズ要素3907aは、導波管スタック3905とユーザの眼3901との間に配置されてもよく、第2の可変焦点レンズ要素3907bは、導波管スタック3905とユーザを囲繞する実世界との間に配置されてもよい。眼3901は、図6の視認者の眼210に対応し得ることを理解されたい。同様に、第3の可変焦点レンズ要素3908aは、導波管スタック3906とユーザの眼3902との間に配置されてもよく、第2の可変焦点レンズ要素3908bは、導波管スタック3906とユーザを囲繞する実世界との間に配置されてもよい。

10

【0335】

いくつかの実装では、第1および第2の可変焦点レンズ要素3907aおよび3907bおよび第3および第4の可変焦点レンズ要素3908aおよび3908bは、適合可能光学要素であってもよい。適合可能光学要素は、例えば、電気信号をそこに印加し、その上に入射する波面の形状を変化させることによって、動的に改変されてもよい。いくつかの実装では、適合可能光学要素は、動的レンズ（例えば、液晶レンズ、電気活性レンズ、可動要素を伴う従来の屈折レンズ、機械的変形ベースのレンズ、エレクトロウェットिंगレンズ、エラストマレンズ、または異なる屈折率を伴う複数の流体）等の透過性光学要素を備えてもよい。適合可能光学系の形状、屈折率、または他の特性を改変することによって、その上に入射する波面は、変化され、例えば、本明細書に説明されるように、視認者の眼による光の集束を改変してもよい。

20

【0336】

いくつかの実装では、可変焦点レンズ要素3907a、3907b、3908a、3908bは、2つの基板間に挟入される、液晶の層を備えてもよい。基板は、例えば、ガラス、プラスチック、アクリル等の光学的に透過性の材料を備えてもよい。いくつかの実装では、基板は、平坦であってもよい。いくつかの実装では、基板は、基板の一部が固定された屈折力を有し得るように、湾曲領域を有してもよい。

30

【0337】

いくつかの実装では、可変焦点レンズ要素3907a、3907b、3908a、3908bの屈折力は、例えば、1つまたはそれを上回る薄膜トランジスタ（TFT）および／または液晶層および／または基板と統合された電極を介して、液晶層に印加される電気信号（例えば、電流および／または電圧）を調節することによって、変動されてもよい。液晶層内の液晶種の配向は、層の屈折率を決定することを理解されたい。印加される電気信号は、液晶種の配向を設定し、それによって、印加される電気信号を改変することによって、液晶層の屈折率が所望に応じて変動されることを可能にする。いくつかの実装では、可変焦点レンズ要素3907a、3907b、3908a、3908bの屈折力は、約±5.0ジオプタ（例えば、約-4.0ジオプタ～+4.0ジオプタ、約-3.5ジオプタ～約+3.5ジオプタ、約-3.0ジオプタ～約+3.0ジオプタ、約-2.0ジオプタ～約+2.0ジオプタ、約-1.5ジオプタ～約+1.5ジオプタ（これらの範囲またはサブ範囲のいずれか内の値を含む））で変動されてもよい。

40

【0338】

有利なこととして、可変焦点レンズ要素3907a、3907b、3908a、3908bは、その個別の関連付けられる導波管スタック3905、3906の導波管の開口に実質的に合致される、広開口を有し得る。いくつかの実装では、可変焦点レンズ要素3907a、3907b、3908a、3908bの開口は、導波管スタック3905、39

50

06の導波管の表面積に実質的に等しくてもよい(例えば、約±39%、約±15%、または約±10%以内)。その結果、それにわたって可変焦点レンズ要素3907a、3907b、3908a、3908bおよび導波管スタック3905、2396が光を関連付けられる眼3901、3902に透過させる、面積は、実質的に等しくあり得る。

【0339】

図24を継続して参照すると、第1および第3の可変焦点レンズ要素3907a、3908aはそれぞれ、その屈折力を変動させ、導波管スタック3905、3906の導波管から投影された光の波面を調節し、それぞれ、その光を、それぞれ、眼3901、3902の網膜上に適切に集束させてもよい。本明細書に記載されるように、第1および第3の可変焦点レンズ要素3907a、3908aは、収差を周囲環境内のオブジェクト3909からの入射光の波面に生じさせ、それによって、第1の可変焦点レンズ要素3907aを通して視認される、実世界オブジェクト3909の光学画質を減少させ得る。第2および第4の可変焦点レンズ要素3907b、3908bは、有利なこととして、オブジェクト3909を視認するとき、それぞれ、第1および第3の可変焦点レンズ要素3907a、3908aおよび任意の導波管によって導入される収差を補償し得る。いくつかの実装では、第2および第4の可変焦点レンズ要素3907b、3908bは、それぞれ、第1および第3の可変焦点レンズ要素3907a、3908aおよび関連付けられる導波管スタック3905、3906によって提供される屈折力と反対の屈折力を提供するように構成されてもよい。いくつかの実装では、反対の屈折力の大きさは、ディスプレイシステム3910、眼毎に、3901、3902の正味屈折力が、それに向かって眼が輻輳している、深度面において、眼のための光学処方箋に等しくなるようなものである。第1および第2の可変焦点レンズ要素3907aおよび3907bによって提供される屈折力は、電子ハードウェア制御システム3911によって変動および制御されてもよい。いくつかの実装では、電子ハードウェア制御システム3911は、図2のローカル処理およびデータモジュール140および/または遠隔処理モジュール150に対応し得る。

【0340】

いくつかの実装では、拡張現実ディスプレイシステム3910は、ユーザの眼の輻輳・開散運動を決定するように構成されてもよい。第1および第2の可変焦点レンズ要素3907a、3907bの屈折力は、眼3901、3902の輻輳・開散運動点に基づいて設定されてもよい。第3および第4の可変焦点レンズ要素3908a、3908bの屈折力はまた、本輻輳・開散運動点に基づいて設定されてもよい。輻輳・開散運動点は、そこで眼3901、3902の通視線が収束し、それらの眼の生理学的遠近調節標的に対応し得る、空間内の点であることを理解されたい。いくつかの実装では、点が眼3901、3902から離れている距離は、例えば、眼3901、3902間の既知の分離量と、各眼によって成される角度とに基づいて、計算されてもよい。いったんその距離が計算されると、その距離に関する視認者のための適切な補正が、決定され得る。例えば、ディスプレイシステム3910は、1つまたはそれを上回る光学処方箋を用いてプログラムされてもよい。いくつかの実装では、光学処方箋は、ローカル処理およびデータモジュール140および/または遠隔データリポジトリ160内に記憶されてもよい。眼3901、3902と輻輳・開散運動点との間の距離は、その距離に関する適切な補正と合致されてもよく、可変焦点レンズ要素3907a、3907b、3908a、3908bは、補正を提供するように調節されてもよい。いくつかの実装では、眼3901、3902は、異なる事前に規定された補正を有してもよく、結果として、対の可変焦点レンズ要素3907a、3907b、および3908a、3908b、異なる屈折力を提供してもよい。

【0341】

有利なこととして、可変焦点レンズ要素3907a、3907b、3908a、3908bは、その屈折力が、所望に応じて、例えば、異なる電圧の印加によって調節され得るため、多数の可能性として考えられる補正を提供する。いくつかの実装では、眼あたり総補正数は、1、2、3、4、またはそれを上回ってもよい。いくつかの実装では、眼あたり総補正数は、ディスプレイシステム3910が画像情報をその上に表示するように構成

10

20

30

40

50

される、深度面の数に等しくてもよい。これらの補正は、光学処方箋に対応し得、これは、眼 3 9 0 1、3 9 0 2 からの種々の距離におけるオブジェクトに関して決定されてもよいことを理解されたい。例えば、4 つの処方箋が、眼 3 9 0 1、3 9 0 2 から 4 つの徐々により遠い距離（例えば、近、中近、中遠、および遠距離）において、屈折異常のための補正を決定することによって取得されてもよい。いくつかの実装では、導波管スタック 3 9 0 5 によって出力された画像コンテンツを視認するための可能性として考えられる補正の数は、周囲環境内のオブジェクト 3 9 0 9 を視認するときの可能性として考えられる補正の数と異なってもよい。

【0342】

いくつかの実装では、可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a、3 9 0 7 b、3 9 0 8 a、3 9 0 8 b の焦点または屈折力はそれぞれ、ユーザの眼 3 9 0 1、3 9 0 4 の決定された輻輳・開散運動に基づいて、設定されてもよい。例えば、第 1 および第 2 の可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a および 3 9 0 7 b の屈折力は、他のレンズ要素の屈折力を具体的に参照せず、ユーザの眼 3 9 0 1 の輻輳・開散運動に基づいて変動されてもよい。

10

【0343】

いくつかの実装では、第 1 および第 2 の可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a、3 9 0 7 b のうちの一方または第 3 および第 4 の可変焦点要素 3 9 0 8 a、3 9 0 8 b のうちの一方は、マスタとして指定されてもよく、第 1 および第 2 の可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a、3 9 0 7 b または第 3 および第 4 の可変焦点要素 3 9 0 8 a、3 9 0 8 b の他方、スレーブとして指定されてもよい。スレーブとして指定される可変焦点レンズ要素は、マスタ可変焦点レンズ要素に追従するように構成されてもよい。いくつかの他の実装では、第 2 および第 4 の可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 b、3 9 0 8 b は、第 1 および第 3 の可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a、3 9 0 8 a に追従式であってもよく、第 1 および第 3 の可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a、3 9 0 8 a の焦点は、ユーザの眼 3 9 0 1、3 9 0 2 の決定された輻輳・開散運動点に基づいて、設定されてもよい。例えば、導波管 3 9 0 5 a（および/または導波管 3 9 0 5 b）が、約 1.5 ジオプタの屈折力を有し、ユーザが、2.0 ジオプタに輻輳している場合、第 1 の可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a は、+0.5 ジオプタの屈折力を有してもよく、第 2 の可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 b は、-0.5 ジオプタの屈折力を有してもよい。

20

【0344】

可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a、3 9 0 7 b、3 9 0 8 a、3 9 0 8 b の屈折力は、リアルタイムで変動されてもよく、好ましくは、そこでヒトの眼が遠近調節状態を変化させる、レートに等しいまたはそれを上回る、レートで変化されてもよい。好ましくは、第 1 および第 2 の可変焦点レンズ要素は、ユーザが所与の輻輳・開散運動点のための適切な補正を受ける際に遅延を被らないように、ヒトの眼が遠近調節状態を変化させる前に、その屈折力を変化させてもよい。いくつかの実装では、第 1 および第 2 の可変焦点レンズ要素は、約 300 ms 未満、約 275 ms 未満、または約 250 ms 未満で屈折力を変化させてもよい。電子ハードウェア制御システム 3 9 1 1 は、可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a、3 9 0 7 b、3 9 0 8 a、3 9 0 8 b の屈折力が、同時に変動され得るように、可変焦点レンズ要素 3 9 0 7 a、3 9 0 7 b、3 9 0 8 a、3 9 0 8 b を駆動してもよい。

30

40

【0345】

可変焦点レンズ技法は、2017 年 10 月 12 日に公開され、「AUGMENTED REALITY SYSTEMS AND METHODS WITH VARIABLE FOCUS LENS ELEMENTS」と題された、米国特許出願公開第 2017/0293145 号（その開示全体は、参照することによって本明細書に組み込まれる）に議論される。

複数の瞳孔内画像を使用した例示的波面近似

【0346】

図 25 A の波面 4000 等の持続波面は、複数の波面を使用して近似され得ることが見出されている。いくつかの実施例では、深度面選択は、フリッカ融合閾値内で眼の中に指

50

向される複数の離散瞳孔内画像を使用して、１つまたはそれを上回る所望の深度面における持続波面を近似させることによって遂行され得る。

【 0 3 4 7 】

ここで図 2 5 A を参照すると、持続入力波面 4 0 0 0 の受光に応じた、眼 2 1 0 の遠近調節前および遠近調節後状態が、図示される。例証 a) は、視覚系が波面 4 0 0 0 を網膜 2 1 1 上に集束させる前の、遠近調節前状態を示す。着目すべきこととして、焦点 2 1 2 は、網膜 2 1 1 上にない。例えば、焦点 2 1 2 は、図示されるように、網膜 2 1 1 の前方にあり得る。例証 b) は、ヒト視覚系が、視認者の眼 2 1 0 の瞳孔筋肉組織を弛緩させ、波面 4 0 0 0 を網膜 2 1 1 上に集束させた後の、遠近調節後状態を示す。図示されるように、焦点 2 1 2 は、網膜 2 1 1 上にあり得る。

10

【 0 3 4 8 】

図 2 5 B は、図 2 5 A の持続波面 4 0 0 0 の区分毎近似の受光に応じた、眼 2 1 0 の遠近調節前および遠近調節後状態を図示する。図 2 5 B の例証 a) は、眼 2 1 0 の遠近調節前状態を示し、例証 b) は、遠近調節後状態を示す。近似は、それぞれ、別個の光のビームと関連付けられる、複数の構成波面 1 0 1 0 a、1 0 1 0 b、および 1 0 1 0 c を使用して形成されてもよい。本明細書で使用されるように、参照番号 1 0 1 0 a、1 0 1 0 b、および 1 0 1 0 c は、光ビームおよびその光ビームの関連付けられる波面の両方を示し得る。いくつかの実装では、構成波面 1 0 1 0 a および 1 0 1 0 b は、コリメートされた光のビームによって形成されるような平面波面であってもよい。例証 b) に示されるように、構成波面 1 0 1 0 a および 1 0 1 0 b によって形成される波面近似 1 0 1 0 は、眼 2 1 0 によって網膜 2 1 1 上に集束され、焦点 2 1 2 を網膜 2 1 1 上に伴う。有利なこととして、遠近調節前および後状態は、図 2 5 A に示される持続波面 4 0 0 0 によって生じるものに類似する。

20

【 0 3 4 9 】

持続発散波面は、複数の視差的に不同性の瞳孔内画像を眼の中に出力する、光学投影システムを使用して近似され得ることを理解されたい。図 2 5 C は、投影システムによって提供される有限焦点距離仮想画像から発出する発散波面に対して遠近調節する眼を図示する。本システムは、空間光変調器 4 0 1 8 と、投影光学系 1 0 2 0 とを含み、焦点距離「F」と、外部停止とを伴う。画像は、空間光変調器 1 0 1 8 によって形成されてもよく、画像情報を含む空間光変調器 4 0 1 8 からの光は、投影光学系 4 0 2 0 を通して眼 2 1 0 に指向されてもよい。空間光変調器 4 0 1 8 と投影光学系 4 0 2 0 との間の間隔（F未満）は、発散波面 4 0 0 0 が眼 2 1 0 に向かって出力されるように選定されてもよい。図 2 5 A に関して上記に述べられたように、眼 2 1 0 は、次いで、波面 4 0 0 0 を網膜 2 1 1 上に集束させ得る。

30

【 0 3 5 0 】

図 2 5 C を継続して参照すると、図 2 5 B の発散波面近似 4 0 1 0 を形成するための投影システム 4 0 0 3 を備える、ディスプレイシステム 4 0 0 1 の実施例が、図示される。投影システム 4 0 0 3 は、光 4 0 1 0 a' および 4 0 1 0 b' を、光を変調させ、同一オブジェクトまたは場面の若干異なる視差ビューを示す、画像を形成する、空間光変調器 4 0 1 8 に出力するように構成される、光源 4 0 2 6 を備える。画像情報を伴う、変調された光は、次いで、中継 / 投影光学系 4 0 2 0 を通して伝搬し、中継 / 投影光学系 4 0 2 0 によって、光ビーム 4 0 1 0 a および 4 0 1 0 b として、眼 2 1 0 の中に出力される。投影システム 4 0 0 3 はまた、レンズ構造 4 0 1 4 を含んでもよく、これは、光 4 0 1 0 a' および 4 0 1 0 b' の放出における空間差を空間光変調器 4 0 1 8 へのその光の伝搬における角度差に変換するように構成されてもよい。投影システム 4 0 0 3 はさらに、１）光を光源 4 0 2 6 から空間光変調器 4 0 1 8 に指向し、２）空間光変調器 4 0 1 8 からの変調された光がビームスプリッタ 4 0 1 6 を通して中継 / 投影光学系 4 0 2 0 に戻るように伝搬することを可能にするように構成される、偏光ビームスプリッタ 4 0 1 6 を含んでもよい。いくつかの実装では、ディスプレイシステム 4 0 0 1 は、眼の視線を監視するように構成される、眼追跡デバイス 4 0 2 2、例えば、カメラを含んでもよい。そのような監視は

40

50

、視認者が見ている、方向を決定するために使用されてもよく、これは、本明細書に議論されるように、その方向のために適切な画像コンテンツを選択するために、および眼姿勢決定のために使用されてもよい。好ましくは、眼追跡デバイス4022は、視認者の両眼を追跡する、または各眼は、その独自の関連付けられる眼追跡デバイスを含む。結果として、視認者の両眼の輻輳・開散運動が、追跡され得、眼の収束点が、眼が指向される方向および距離を決定するために決定されてもよい。

【0351】

光4010a'および4010b'は、本明細書に議論されるように、異なる時間において、光源4026によって出力されてもよく、空間光変調器4018は、異なる時間において、光4010a'および4010b'を用いて、異なる視差ビューを形成してもよく、結果として生じる光ビーム4010aおよび4010bは、異なる時間において、眼210の中に投入されてもよいことを理解されたい。

10

【0352】

図25Cを継続して参照すると、光源4026は、平面上に実質的に配置される、複数の選択的にアクティブ化される光出力場所を有する、2D光源であってもよい。いくつかの実装では、選択的にアクティブ化される光出力場所は、選択的にアクティブ化される発光領域であってもよい。例えば、光源4026は、発光ダイオード(LED)アレイ、または光を出力する、離散ユニットまたは光エミッタのアレイを含有する、空間光変調器(例えば、デジタル光処理(DLP)デバイス等のデジタルマイクロミラーデバイス、LCOSデバイス等)であってもよい。LEDアレイの実施例は、有機発光ダイオード(OLED)アレイおよび無機発光ダイオード(ILED)アレイを含み、それぞれ、マイクロディスプレイの一部であってもよい。いくつかの実装では、光源4026内の個々の発光ダイオードおよび/または光変調器は、発光領域を構成してもよい。いくつかの他の実装では、発光ダイオードおよび/または光変調器のグループは、発光領域を形成してもよい。そのような実装では、異なる発光領域の発光ダイオードおよび/または光変調器間にある程度の重複が存在してもよいが、領域は、重複が完全ではないため、明確に異なると見なされ得る。

20

【0353】

いくつかの他の実装では、光源4026は、光を像面上に集束させ、事実上、仮想2D光源をその像面上に提供するように構成されてもよい。像面上の異なる場所は、異なる光出力場所と見なされ得、それらの場所は、作動型ミラーまたはファイバスキャナを使用して、光を像面上のそれらの場所を通して指向し、光エミッタからの光を操向することによって、アクティブ化されてもよい。そのような仮想2D光源に関するさらなる詳細は、下記の図19および20の議論に提供される。

30

【0354】

いくつかの実装では、空間光変調器4018の実施例は、シリコン上液晶(LCOS)パネルを含む。別の実施例として、いくつかの他の実装では、空間光変調器4018は、透過性液晶パネルまたはDLP等のMEMSデバイスを備えてもよい。

【0355】

図25Cを継続して参照すると、ディスプレイシステム4001はまた、ディスプレイシステムによって提供される画像コンテンツのタイミングおよびタイプを決定するための制御システム4024を含んでもよい。いくつかの実装では、制御システム4024は、ディスプレイシステム4001を制御するためのプログラムを記憶するメモリを伴う、1つまたはそれを上回るハードウェアプロセッサを備える。例えば、システム4024は、光源4026の発光領域のアクティブ化、空間光変調器4018の個々のピクセル要素の作動、および/または眼追跡デバイス4022から受信されたデータに対するディスプレイシステム4001の解釈および反応を制御するように構成されてもよい。好ましくは、システム4024は、所望の深度面または波面発散のために適切な量の差量を伴う、視差ビューを形成するために、所望の深度面または波面発散に関する入力を受信し、アクティブ化するための適切な発光領域を計算するように構成される、算出モジュール4024a

40

50

を含む。加えて、算出モジュール4024aは、空間光変調器4018のピクセルの適切な作動を決定し、所望の視差ビューの画像を形成するように構成されてもよい。本システム4024はまた、光源4026の特定の発光領域のアクティブ化と空間光変調器4018による光の変調を同期させ、それらのアクティブ化される発光領域に対応する視差ビューを提供するための画像を形成するように構成される、同期モジュール4024bを含んでもよい。加えて、システム4024は、眼追跡デバイス4022からの入力を受信する、眼追跡モジュール4024cを含んでもよい。例えば、眼追跡デバイス4022は、眼210を結像するように構成される、カメラであってもよい。眼追跡デバイス4022によって捕捉された画像に基づいて、眼追跡モジュール4024cは、瞳孔の配向を決定し、眼210の通視線を外挿するように構成されてもよい。本情報は、算出モジュール4024aに電子的に伝達されてもよい。算出モジュール4024aは、眼210の照準線または視線に基づいて（好ましくは、また、視認者の他方の眼の照準線または視線に基づいて）画像コンテンツを選択するように構成されてもよい。

10

【0356】

光源4026は、離散光エミッタのアレイを含み得るため、光エミッタによって形成される、発光領域のサイズおよび形状は、所望に応じて、光エミッタの選択されたものをアクティブ化することによって、変動されてもよい。例えば、異なる放出領域が、異なる視差ビューのためにアクティブ化されてもよい。一実施例では、伸長発光領域が、水平に離間されてもよく、これは、水平視差専用駆動遠近調節のために望ましくあり得る。別の実施例では、円形発光領域が、水平および垂直変位の両方を有してもよい。別の実施例では、発光領域は、輝度減衰を有してもよい。別の実施例では、発光領域は、重複してもよい。別の実施例では、発光領域は、アレイを形成してもよい。故に、光源4026（図25C）は、バイナリである、光エミッタ（単に、オンおよびオフにする）、および/またはグレースケールを組み込む、光エミッタ（選択的に可変強度の光を放出する）を含んでもよい。いくつかの実装では、光源4026は、システム4001のための視差切替レートを超えるレートを含む、非常に高レートで切り替わる、要素を含んでもよい。例えば、光源4026は、その中で異なる瞳孔内画像が異なる時間に表示される、実装において、視差（瞳孔内）画像が切り替えられるレートより高いレートで、光出力をオンおよびオフに切り替える、光出力要素を有してもよい。

20

【0357】

異なる波面発散量は、アクティブ化され、異なる瞳孔内画像を形成する、光エミッタを分離する、物理的距離の適切な選択によって、近似されてもよいことを理解されたい。光源4026の光エミッタは、異なる波面発散量に近似させるために、異なる角度からの光を投影光学系を通して指向し、視差的に不同性の瞳孔内画像を提供してもよい。いくつかの実装では、個々の光源間の比較的に大距離は、比較的に近深度面に対応する、波面発散を提供し得る一方、個々の光源間の比較的に小距離は、比較的に遠深度面に対応する、波面発散を提供し得る。

30

【0358】

再び、図25Cを参照すると、いくつかの実装では、制御システム4024は、2つの部分、すなわち、1）ライトフィールド生成と、2）分解ライトフィールド最適化とを含んでもよい。本明細書に議論されるように、波面を近似させるために、適切な画像が、光源4026のアクティブ化される発光領域毎に、空間光変調器4018上に表示される。これらの画像は、ライトフィールド生成ステップの間に作成され、3D場面が、アクティブ化される発光領域内の若干の偏移に対応する、複数の若干オフセットされた視点からレンダリングされることを理解されたい。例えば、5×5ライトフィールドを表示するために、3D場面は、25回、グリッドパターンで配列される、25個の異なる視点からレンダリングされるであろう。グリッドパターン内の視点の場所は、アクティブ化される光源領域の場所に対応し、レンダリングされた画像は、空間光変調器によって形成される画像に対応するであろう。

40

【0359】

50

空間光変調器 4 0 1 8 によって形成される、画像の明度を増加させることが望ましくあり得る。有利なこととして、光エミッタのアレイを備える、光源 4 0 2 6 を利用することは、種々の形状およびサイズを有する、発光領域の形成を可能にし、これは、明度を増加させるために利用されてもよい。いくつかの実装では、明度は、空間光変調器 4 0 1 8 によって形成される画像を有意に変化させずに、アクティブ化される発光領域のサイズを増加させることによって、増加されてもよい。算出モジュール 4 0 2 4 a は、分割ライトフィールド最適化を使用して、アクティブ化される発光領域のサイズおよび形状を決定するように構成されてもよい。モジュール 4 0 2 4 a は、入力焦点スタックを利用して、最小二乗概念において、焦点スタックに対する所望の近似を作成するように構成される、パターンを用いて、空間光変調器 4 0 1 8 上および光源 4 0 2 6 上に表示されるための一連のパターンを作成するように構成されてもよい。最適化は、視点における小偏移が知覚される画像を有意に変化させないという事実を利用し、同一画像を空間光変調器 4 0 1 8 上に表示しながら、光源 4 0 2 6 上のより大きい面積からの照明を利用する、発光領域パターンを生成することが可能である。

10

【 0 3 6 0 】

最適化問題は、以下に与えられる、非凸最適化問題として、公式化され得る。

【 化 1 】

$$\arg \min_{\{A, B\}} \frac{1}{2} \|y - P\{AB^T\}\|_2^2$$

(制約 $0 \leq A, B \leq 1$ のもとで)

20

式中、投影演算子

【 化 2 】

P

は、4 D ライトフィールドから 3 D 焦点スタックへの線形変換を実施する（偏移および加算アルゴリズムを使用して）。本問題は、逆畳み込み問題に内蔵される、非負行列分解である。本問題を解法するアルゴリズムは、交互方向乗数法（ADMM）を使用する。本問題を解法する例示的方法に関する付加的詳細は、付属 I に議論される。モジュール 4 0 2 4 a は、空間光変調器 4 0 1 8 によって形成されるために、リアルタイムで、視差ビューに基づいて、発光領域の適切なサイズおよび形状を能動的に計算するように構成されることを理解されたい。

30

【 0 3 6 1 】

いくつかの他の実装では、最適化問題は、以下に与えられるような若干異なる非凸最適化問題として公式化され得る。

【 化 3 】

$$\arg \min_{\{A, B\}} \frac{1}{2} \|y - \{AB^T\}\|_2^2$$

(制約 $0 \leq A, B \leq 1$ のもとで)

40

式中、A および B は、空間光変調器（例えば、画像を形成するための光源 4 0 2 6 および空間光変調器 4 0 1 8）上に表示されるパターンを表し、y は、アルゴリズムの所望の出力である、標的 4 D ライトフィールドであって、A B' は、A および B が変調器上に示されるとき、空間光変調器パターンを組み合わせ、物理的ディスプレイによって放出される 4 D ライトフィールドをシミュレートする、演算子である。本問題は、非負行列分解である。本問題を解法するアルゴリズムは、反復最適化技法を使用して、A および B を無作為初期推測から精緻化する。

【 0 3 6 2 】

50

図 2 5 C を継続して参照すると、ヒト視覚系のフリッカ融合閾値は、依然として同時に投入されていると知覚される間、眼 2 1 0 の中に投入され得る、画像の数に、時間制約を課すことを理解されたい。例えば、制御システム 4 0 2 4 の処理帯域幅および光源 4 0 2 6 の発光領域と空間光変調器 4 0 1 8 の光変調器を切り替える能力は、フリッカ融合閾値に許容される持続時間内に眼 2 1 0 の中に投入され得る、画像の数を限定し得る。本有限数の画像を前提として、制御システム 4 0 2 4 は、表示される画像に関する選択を行うように構成されてもよい。例えば、フリッカ融合閾値内では、ディスプレイシステムは、視差的に不同性の瞳孔内画像のセットを眼の中に投入するように要求され得、ひいては、各視差ビューは、フルカラー画像を形成するために、種々の原色の画像を要求し得る。いくつかの実装では、原色画像を使用したフルカラー画像の形成は、所望の遠近調節応答の解明から分岐される。例えば、理論によって限定されるわけではないが、光の単色を用いて、所望の遠近調節応答を誘発することが可能であり得る。そのような場合、遠近調節応答を誘発するために使用される視差的に不同性の瞳孔内画像は、単色内にのみあるであろう。結果として、光の他の色を使用して、視差的に不同性の瞳孔内画像を形成することは必要ではなく、それによって、他のタイプの画像が表示されるために、フリッカ融合閾値内の時間を解放するであろう。例えば、波面をより良好に近似させるために、より大きい視差的に不同性の瞳孔内画像のセットが、生成されてもよい。

【 0 3 6 3 】

いくつかの他の実装では、制御システム 4 0 2 4 は、それに関してヒト視覚系があまり敏感ではない光の色の画像を表示するために、フリッカ融合閾値内であまり時間を費やさないように構成されてもよい。例えば、ヒト視覚系は、緑色光ほど青色光に敏感ではない。結果として、ディスプレイシステムは、青色光で形成される画像より緑色光で形成される画像の数を多く生成するように構成されてもよい。

【 0 3 6 4 】

ここで図 2 5 D を参照すると、眼追跡システム 4 0 2 2 と、非無限遠深度面を生産するように構成される、瞳エクспанダ 1 0 3 5 を伴う、コンバイナ接眼レンズ 1 0 0 5 とを備える、投影システム 4 0 0 3 の実施例が、図示される。いくつかの実装では、非無限遠深度面は、3メートルにあり得、これは、無限遠に対して約 2 . 5 メートルの予算内遠近調節をもたらす。例えば、遠近調節 - 輻輳・開散運動不整合に関するヒト視覚系の許容度を前提として、視認者から無限遠までの約 2 . 5 メートルの距離における仮想コンテンツは、殆ど不快感を伴わずに、3メートル深度面上に設置され得る。そのようなシステムでは、視差的に不同性の瞳孔内画像が、可能性として、全て、固定された「デフォルト」焦点面より視認者に近い、より狭い深度面の範囲のために、遠近調節を駆動するために使用されてもよい。いくつかの実装では、本システムはまた、眼追跡システム 4 0 2 2 を組み込み、例えば、視認者の両眼の輻輳・開散運動角度に基づいて、視認者の固視の距離を決定してもよい。

【 0 3 6 5 】

いくつかの実装では、光源 4 0 2 6 は、光投影システムの像面上に形成される、仮想光源と置換されてもよい。光投影システムは、光のビームを仮想光源に対応する像面上の面積を横断して走査させることが可能なアクチュエータを含んでもよい。光源 4 0 2 6 の離散発光面積をアクティブ化する能力を模倣するために、投影システムによる光の出力は、アクチュエータの移動と同期され、特定の時間において、光を像面上の所望の場所に出力させる。好ましくは、アクチュエータが光のビームを像面を横断して走査することが可能である、レートは、像面上の全ての所望の光出力場所が、その中で任意の所与の瞳孔内画像が表示される、タイムフレームの間、アクセスされ得るほど十分に高い。例えば、特定の瞳孔内画像が表示される、時間量の間、アクチュエータは、少なくとも 1 回、好ましくは、複数回、仮想 2 D 光源に対応する像面の面積を横断して、光のビームを走査することが可能であることが好ましい。

【 0 3 6 6 】

視差的に不同性の瞳孔内画像は、本明細書に議論されるように、関連付けられる外部結

10

20

30

40

50

合領域を伴う、複数の内部結合領域を有する、導波管の中に指向されてもよいことを理解されたい。画像光は、これらの瞳孔内画像毎に、図 20 に関して議論されるような走査式ファイバシステム、図 21 に関して議論されるような可動ミラーシステム、および図 22 に関して議論されるような空間光変調器の異なる部分に異なる内部結合領域のための画像を形成するシステムを含む、種々のスキームによって、所望の内部結合領域に経路指定されてもよい。

【0367】

いくつかの波面近似技法は、2018年4月26日に公開され、「SYSTEM AND METHOD FOR PRESENTING IMAGE CONTENT ON MULTIPLE DEPTH PLANES BY PROVIDING MULTIPLE INTRA-PUPIL PARALLAX VIEWS」と題された、米国特許出願公開第2018/0113311号（その開示全体は、参照することによって本明細書に組み込まれる）に議論される。

10

他の実装

【0368】

説明される実装の種々の側面、実施形態、実装、または特徴は、別個に、または任意の組み合わせにおいて使用されることができる。説明される実装の種々の側面は、ソフトウェア、ハードウェア、またはハードウェアおよびソフトウェアの組み合わせによって実装されることができる。説明される実装はまた、製造動作を制御するためのコンピュータ可読媒体上のコンピュータ可読コードとして、または製造ラインを制御するためのコンピュータ可読媒体上のコンピュータ可読コードとして、具現化されることができる。コンピュータ可読媒体は、その後、コンピュータシステムによって読み取られ得るデータを記憶し得る、任意のデータ記憶デバイスである。コンピュータ可読媒体の実施例は、読取専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、CD-ROM、HDD、DVD、磁気テープ、および光学データ記憶デバイスを含む。コンピュータ可読媒体はまた、コンピュータ可読コードが分散方式において記憶および実行されるように、ネットワーク結合されたコンピュータシステムを経由して分散されてもよい。

20

【0369】

前述の説明は、解説の目的のために、説明される実装の徹底的な理解を提供するために具体的名称を使用した。しかしながら、具体的詳細は、説明される実装を実践するために要求されないことが当業者に明白となるであろう。したがって、具体的実装の前述の説明は、例証および説明の目的のために提示される。それらは、包括的であること、または説明される実装を開示される精密な形態に限定することを意図していない。多くの修正および変形例が、上記の教示に照らして、可能性として考えられることが当業者に明白となるであろう。

30

【0370】

また、本明細書に説明される、および/または図に描写されるプロセス、方法、およびアルゴリズムはそれぞれ、具体的かつ特定のコンピュータ命令を実行するように構成される、1つまたはそれを上回る物理的コンピューティングシステム、ハードウェアコンピュータプロセッサ、特定用途向け回路、および/または電子ハードウェアによって実行される、コードモジュールにおいて具現化され、それによって完全または部分的に自動化され得ることを理解されたい。例えば、コンピューティングシステムは、具体的コンピュータ命令とともにプログラムされた汎用コンピュータ（例えば、サーバ）または専用コンピュータ、専用回路等を含むことができる。コードモジュールは、実行可能プログラムにコンパイルおよびリンクされ得る、動的リンクライブラリ内にインストールされ得る、またはインタープリタ型プログラミング言語において書き込まれ得る。いくつかの実装では、特定の動作および方法が、所与の機能に特有の回路によって実施され得る。

40

【0371】

さらに、本開示の機能性のある実装は、十分に数学的、コンピュータ的、または技術的に複雑であるため、（適切な特殊化された実行可能命令を利用する）特定用途向けハード

50

ウェアまたは1つまたはそれを上回る物理的コンピューティングデバイスは、例えば、関与する計算の量または複雑性に起因して、または結果を実質的にリアルタイムで提供するために、機能性を実施する必要がある。例えば、ビデオは、多くのフレームを含み、各フレームは、数百万のピクセルを有し得、具体的にプログラムされたコンピュータハードウェアは、商業的に妥当な時間量において所望の画像処理タスクまたは用途を提供するようにビデオデータを処理する必要がある。

【0372】

コードモジュールまたは任意のタイプのデータは、ハードドライブ、ソリッドステートメモリ、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読取専用メモリ(ROM)、光学ディスク、揮発性または不揮発性記憶装置、同一物の組み合わせ、および/または同等物を含む、物理的コンピュータ記憶装置等の任意のタイプの非一過性コンピュータ可読媒体上に記憶され得る。いくつかの実装では、非一過性コンピュータ可読媒体は、ローカル処理およびデータモジュール(140)、遠隔処理モジュール(150)、および遠隔データリポジトリ(160)のうちの1つまたはそれを上回るものの一部であってもよい。本方法およびモジュール(またはデータ)はまた、無線ベースおよび有線/ケーブルベースの媒体を含む、種々のコンピュータ可読伝送媒体上で生成されたデータ信号として(例えば、搬送波または他のアナログまたはデジタル伝搬信号の一部として)伝送され得、種々の形態(例えば、単一または多重化アナログ信号の一部として、または複数の離散デジタルパケットまたはフレームとして)をとり得る。開示されるプロセスまたはプロセスステップの結果は、任意のタイプの非一過性有形コンピュータ記憶装置内に持続的または別様に記憶され得る、またはコンピュータ可読伝送媒体を介して通信され得る。

【0373】

本明細書に説明される、および/または添付される図に描写されるフロー図における任意のプロセス、ブロック、状態、ステップ、または機能性は、プロセスにおいて具体的機能(例えば、論理または算術)またはステップを実装するための1つまたはそれを上回る実行可能命令を含む、コードモジュール、セグメント、またはコードの一部を潜在的に表すものとして理解されたい。種々のプロセス、ブロック、状態、ステップ、または機能性は、組み合わせられる、再配列される、追加される、削除される、修正される、または別様に本明細書に提供される例証的实施例から変更されてもよい。いくつかの実装では、付加的または異なるコンピューティングシステムまたはコードモジュールが、本明細書に説明される機能性のいくつかまたは全てを実施し得る。本明細書に説明される方法およびプロセスはまた、いずれの特定のシーケンスにも限定されず、それに関連するブロック、ステップ、または状態は、適切な他のシーケンスで、例えば、連続して、並行して、またはある他の様式で実施されることができる。タスクまたはイベントが、開示される例証の実装に追加される、またはそこから除去され得る。さらに、本明細書に説明される実装における種々のシステムコンポーネントの分離は、例証目的のためであり、全ての实装においてそのような分離を要求するものとして理解されるべきではない。説明されるプログラムコンポーネント、方法、およびシステムは、概して、単一のコンピュータ製品においてともに統合される、または複数のコンピュータ製品にパッケージ化され得ることを理解されたい。

【0374】

前述の明細書では、本発明は、その具体的実装を参照して説明された。しかしながら、種々の修正および変更が、本発明のより広義の精神および範囲から逸脱することなくそこに行われ得ることが明白となるであろう。明細書および図面は、故に、限定的意味ではなく、例証と見なされるべきである。例えば、有利なこととして、画像を複数の深度面を横断して提供する、ARディスプレイとともに利用されるが、本明細書に開示される拡張現実コンテンツはまた、画像を単一深度面上に提供する、システムによって表示されてもよい。

【0375】

実際、本開示のシステムおよび方法は、それぞれ、いくつかの革新的側面を有し、その

うちのいかなるものも、本明細書に開示される望ましい属性に単独で関与しない、またはそのために要求されないことを理解されたい。上記に説明される種々の特徴およびプロセスは、相互に独立して使用され得る、または種々の方法で組み合わせられ得る。全ての可能な組み合わせおよび副次的組み合わせが、本開示の範囲内に該当することが意図される。

【0376】

別個の実装の文脈において本明細書に説明されるある特徴はまた、単一の実装における組み合わせにおいて実装されてもよい。逆に、単一の実装の文脈において説明される種々の特徴もまた、複数の実装において別個に、または任意の好適な副次的組み合わせにおいて実装されてもよい。さらに、特徴がある組み合わせにおいて作用するものとして上記に説明され、さらに、そのようなものとして最初に請求され得るが、請求される組み合わせからの1つまたはそれを上回る特徴は、いくつかの場合では、組み合わせから削除されてもよく、請求される組み合わせは、副次的組み合わせまたは副次的組み合わせの変形例を対象とし得る。いかなる単一の特徴または特徴のグループも、あらゆる実装に必要なまたは必須ではない。

【0377】

とりわけ、「～できる(can)」、「～し得る(could)」、「～し得る(might)」、「～し得る(may)」、「例えば(e.g.)」、および同等物等、本明細書で使用される条件付き用語は、別様に具体的に記載されない限り、または使用されるような文脈内で別様に理解されない限り、概して、ある実装がある特徴、要素、および/またはステップを含む一方、他の実装がそれらを含まないことを伝えることを意図していることを理解されたい。したがって、そのような条件付き用語は、概して、特徴、要素、および/またはステップが、1つまたはそれを上回る実装のためにいかようにも要求されること、または1つまたはそれを上回る実装が、著者の入力または促しの有無を問わず、これらの特徴、要素、および/またはステップが任意の特定の実装において含まれる、または実施されるものであるべきかどうかを決定するための論理を必然的に含むことを合意することを意図していない。用語「～を備える(comprising)」、「～を含む(including)」、「～を有する(having)」、および同等物は、同義語であり、非限定的方式で包括的に使用され、付加的要素、特徴、行為、動作等を除外しない。また、用語「または」は、その包括的意味において使用され(およびその排他的意味において使用されず)、したがって、例えば、要素のリストを接続するために使用されると、用語「または」は、リスト内の要素のうちの1つ、いくつか、または全てを意味する。加えて、本願および添付される請求項で使用されるような冠詞「a」、「an」、および「the」は、別様に規定されない限り、「1つまたはそれを上回る」または「少なくとも1つ」を意味するように解釈されるべきである。同様に、動作は、特定の順序で図面に描写され得るが、これは、望ましい結果を達成するために、そのような動作が、示される特定の順序で、または連続的順序で実施される、または全ての図示される動作が実施される必要はないことを認識されたい。さらに、図面は、フローチャートの形態で1つまたはそれを上回る例示的プロセスを図式的に描写し得る。しかしながら、描写されていない他の動作も、図式的に図示される例示的方法およびプロセス内に組み込まれてもよい。例えば、1つまたはそれを上回る付加的動作が、図示される動作のいずれかの前に、その後、それと同時に、またはその間に実施されることができ。加えて、動作は、他の実装において再配列される、または再順序付けられてもよい。ある状況では、マルチタスクおよび並列処理が、有利であり得る。さらに、上記に説明される実装における種々のシステムコンポーネントの分離は、全ての実装におけるそのような分離を要求するものとして理解されるべきではなく、説明されるプログラムコンポーネントおよびシステムは、概して、単一のソフトウェア製品においてともに統合される、または複数のソフトウェア製品にパッケージ化され得ることを理解されたい。加えて、他の実装も、以下の請求項の範囲内である。いくつかの場合には、請求項に列挙されるアクションは、異なる順序で実施され、依然として、望ましい結果を達成することができる。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

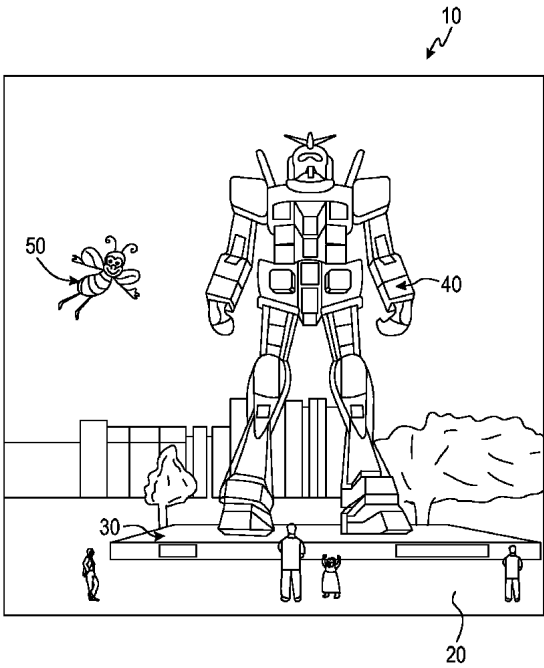


FIG. 1

【図 2】

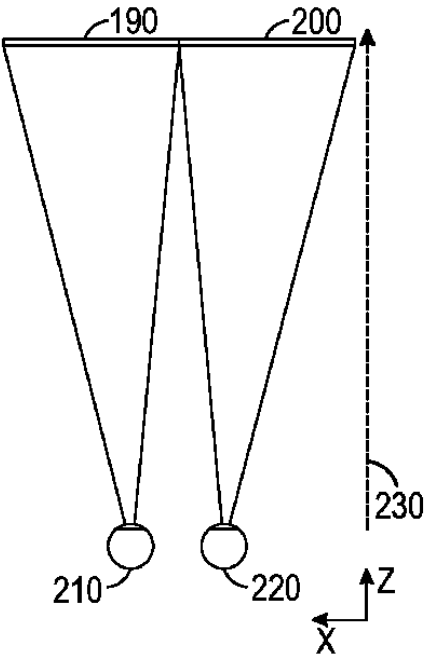


FIG. 2

【図 3 A】

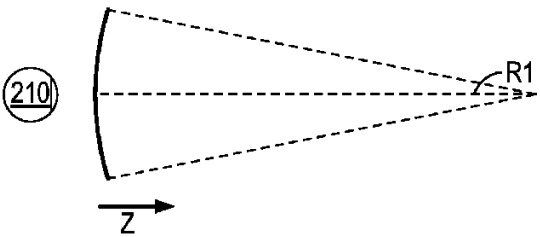


FIG. 3A

【図 3 B】

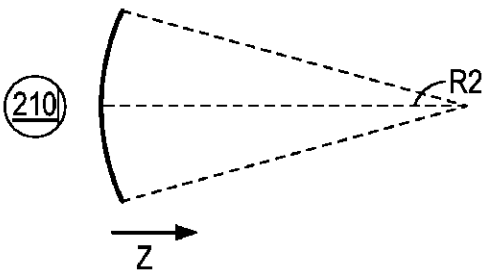


FIG. 3B

10

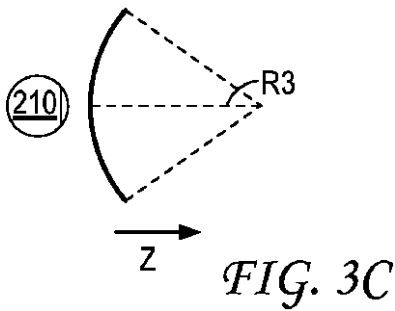
20

30

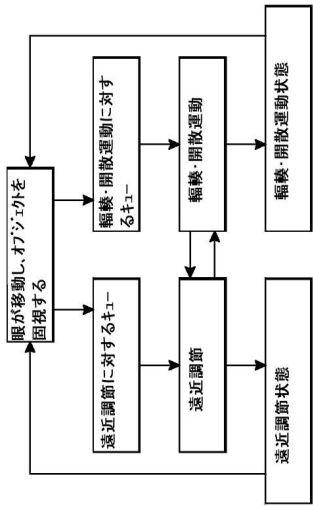
40

50

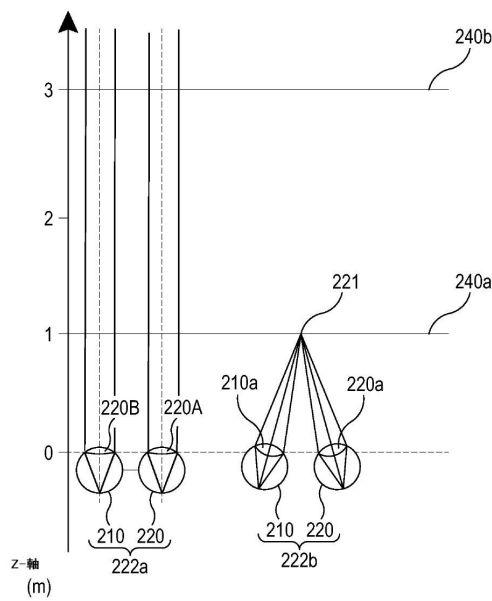
【図 3 C】



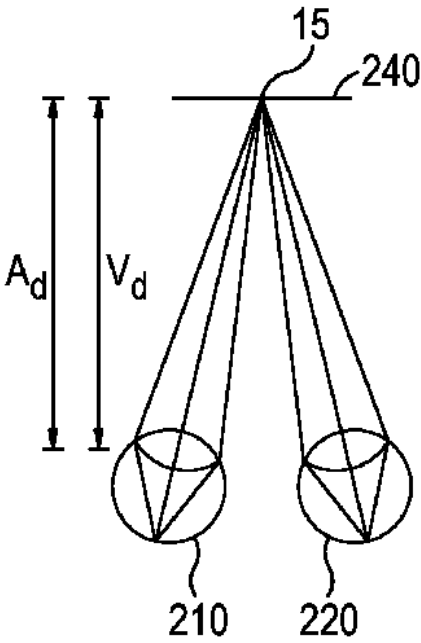
【図 4 A】



【図 4 B】



【図 4 C】



10

20

30

40

50

【 図 4 D 】

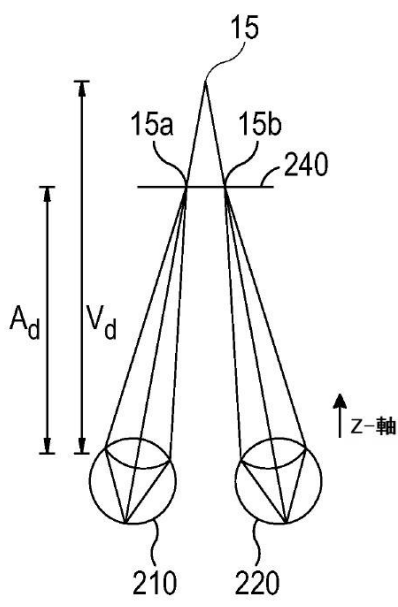


FIG. 4D

【 図 5 】

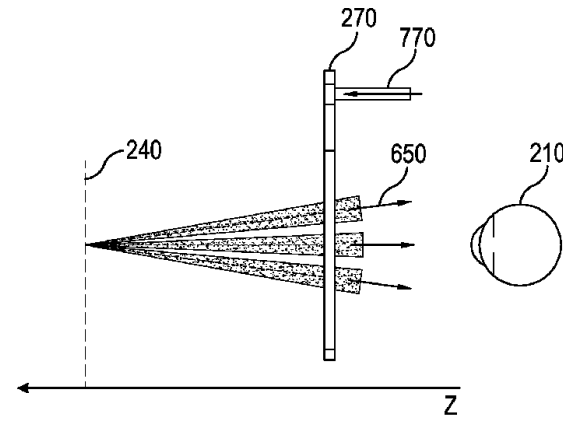


FIG. 5

【 図 6 】

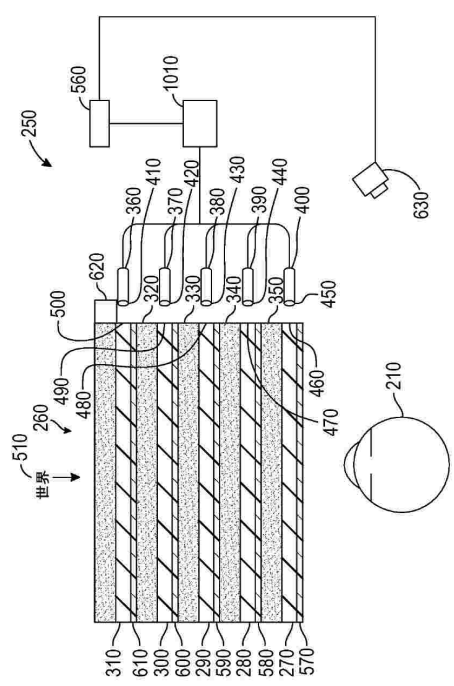


FIG. 6

【 図 7 】

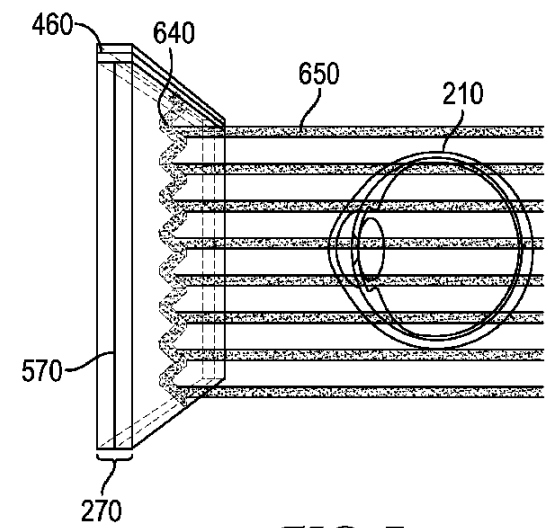


FIG. 7

10

20

30

40

50

【図 8】

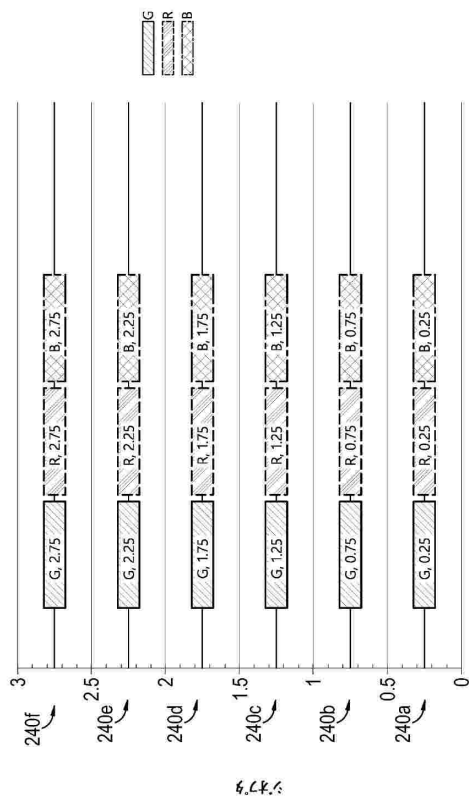


FIG. 8

【図 9 A】

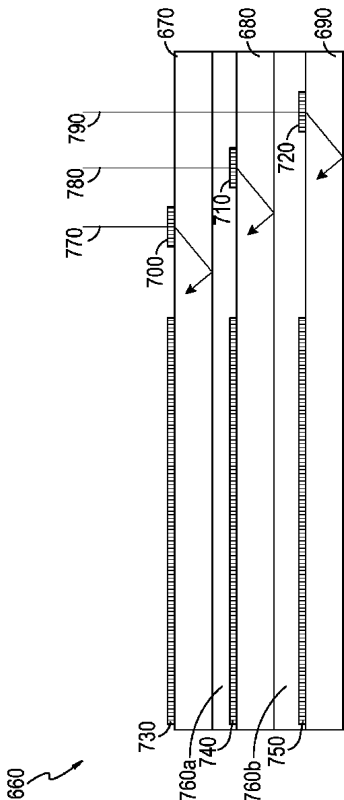


FIG. 9A

【図 9 B】

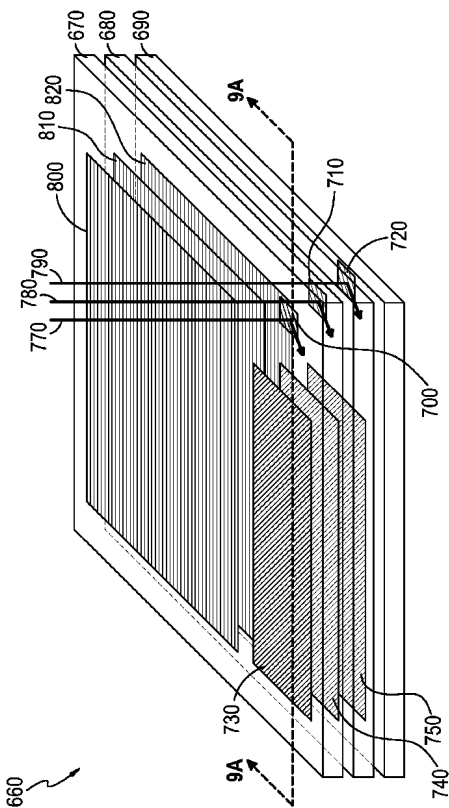


FIG. 9B

【図 9 C】

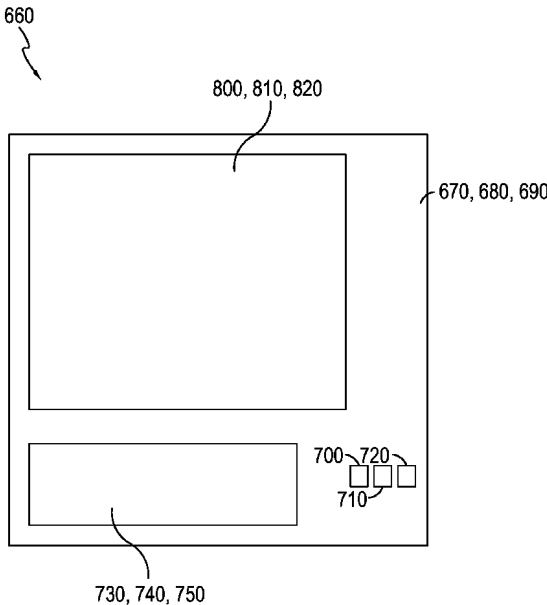


FIG. 9C

10

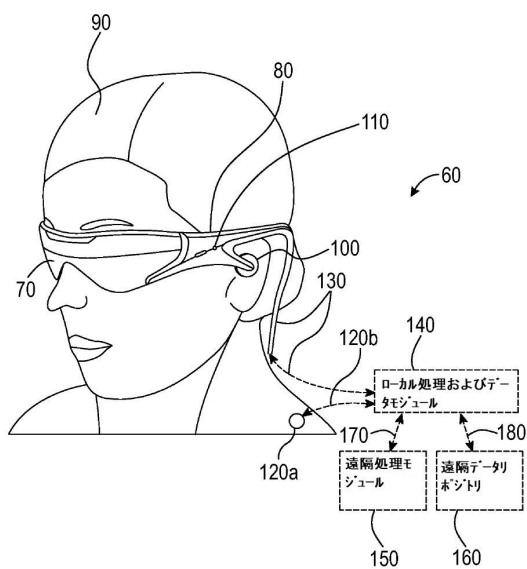
20

30

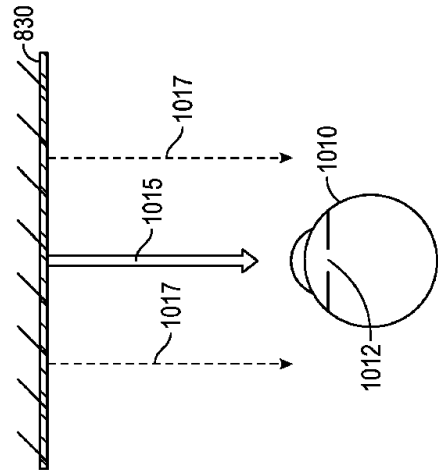
40

50

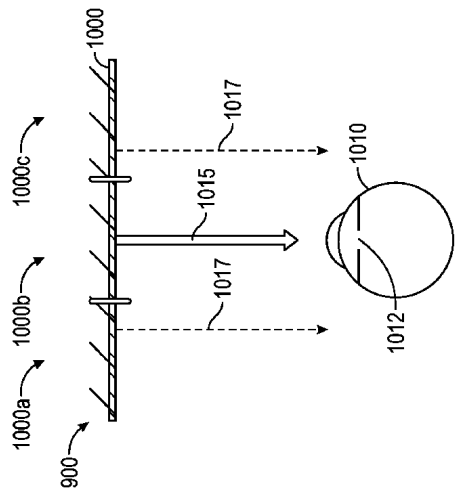
【図 9 D】



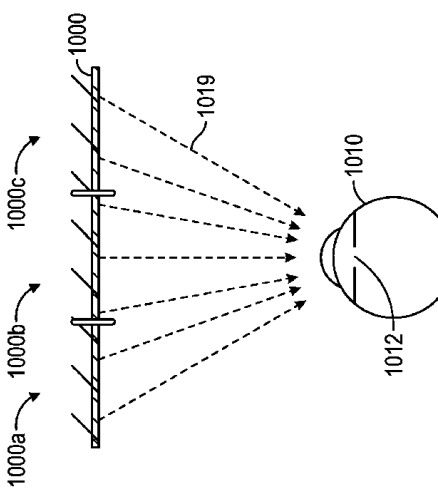
【図 10 A】



【図 10 B】



【図 10 C】



10

20

30

40

50

【図 1 0 D】

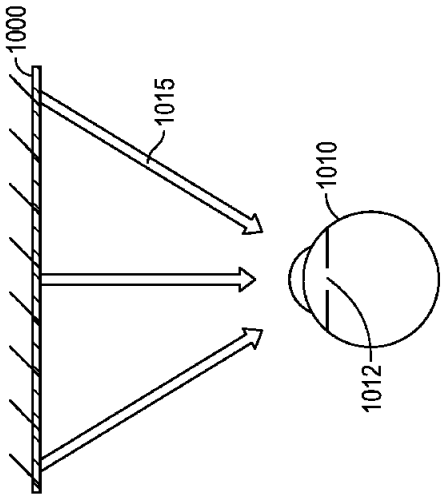


FIG. 10D

【図 1 1 A】

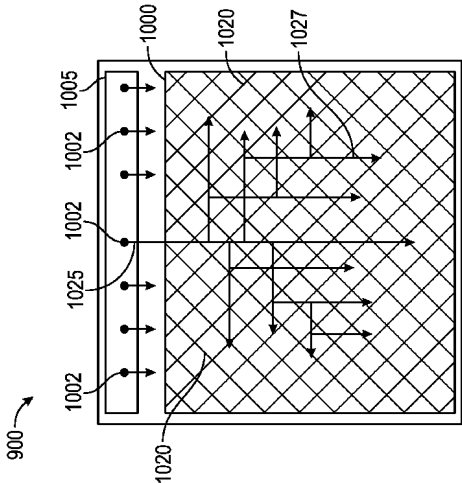


FIG. 11A

10

【図 1 1 B】

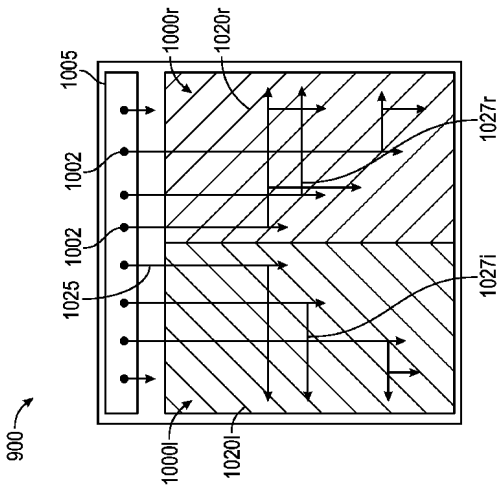


FIG. 11B

【図 1 1 C】

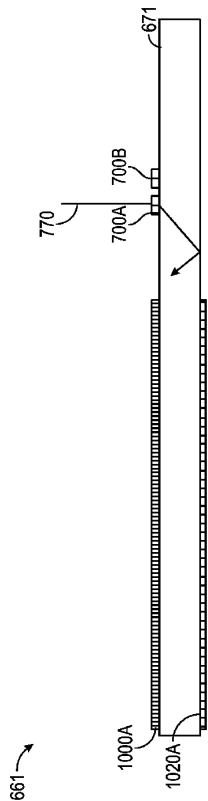


FIG. 11C

20

30

40

50

【図 1 2 A】

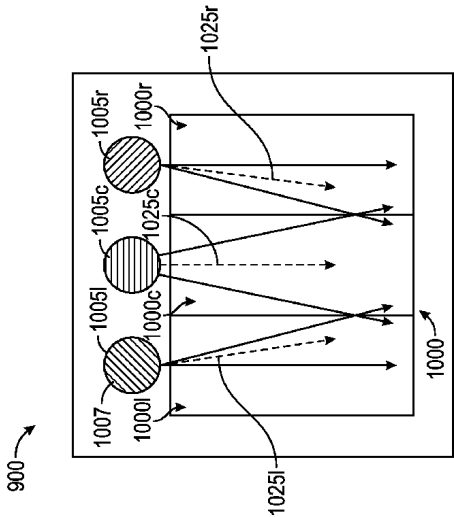


FIG. 12A

【図 1 2 B】

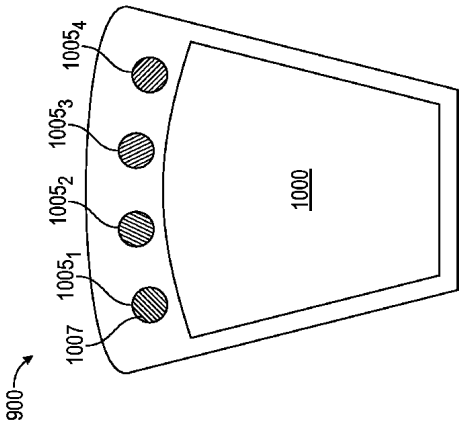


FIG. 12B

【図 1 3】

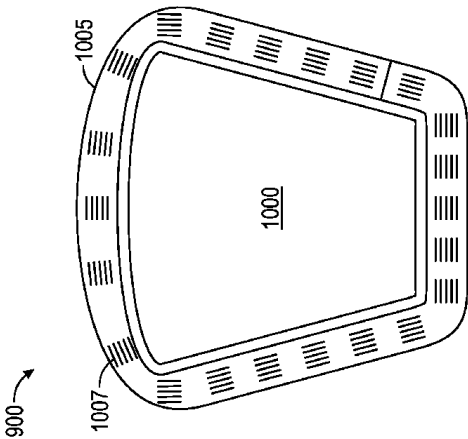


FIG. 13

【図 1 4 A】

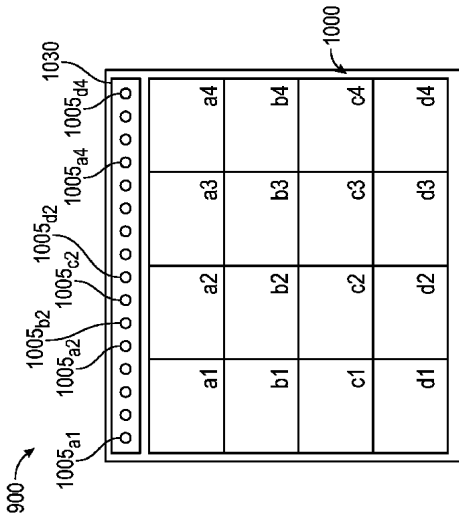


FIG. 14A

10

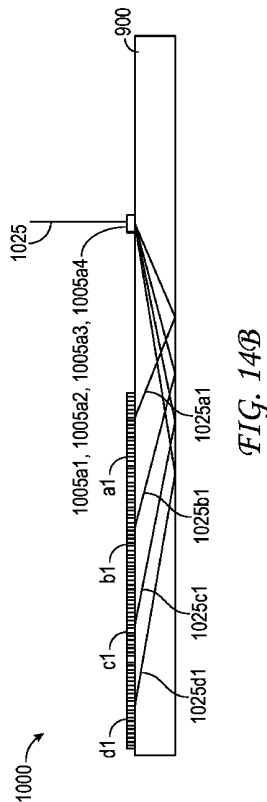
20

30

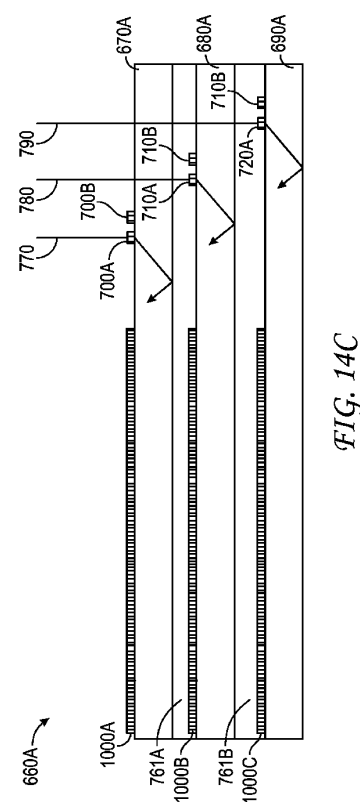
40

50

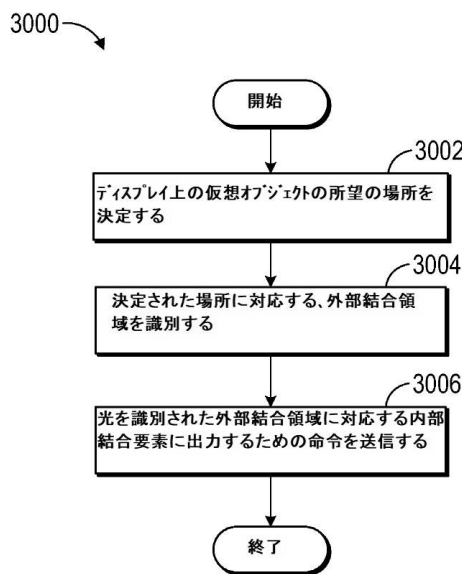
【図 1 4 B】



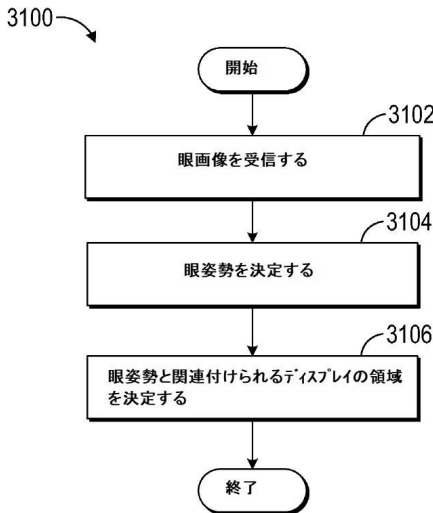
【図 1 4 C】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

20

30

40

50

【図 17A】

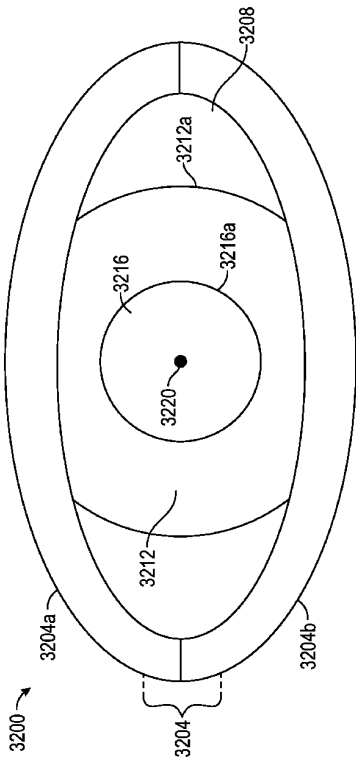


FIG. 17A

【図 17A - 1】

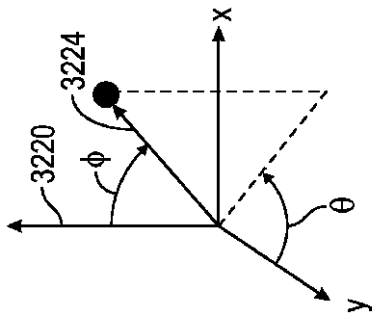


FIG. 17A-1

【図 17B】

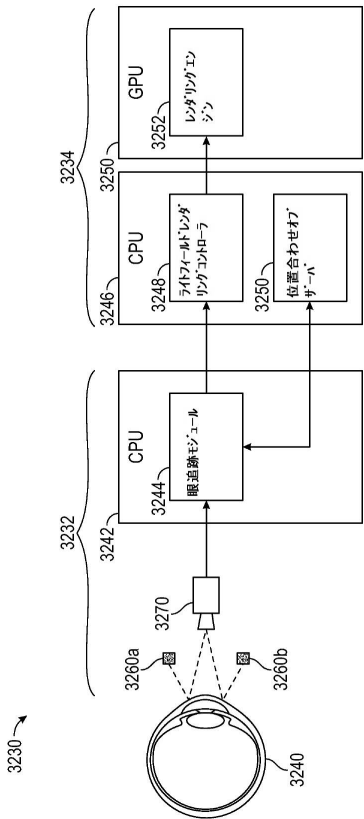


FIG. 17B

【図 17C】

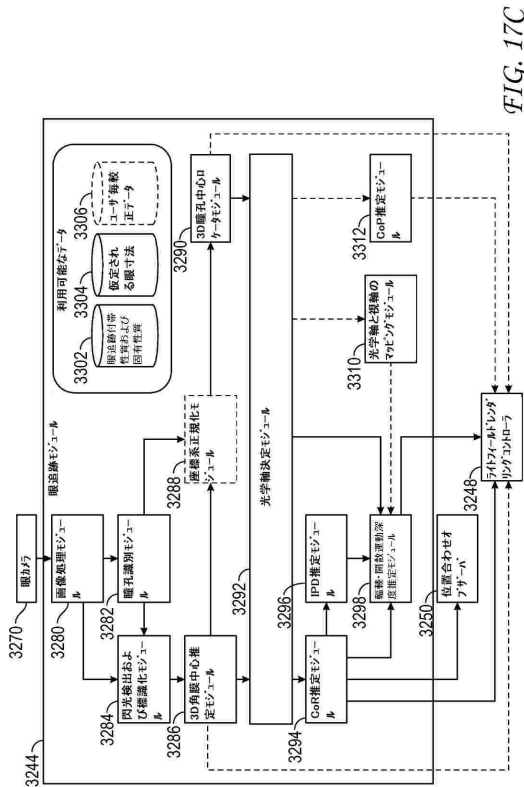


FIG. 17C

10

20

30

40

50

【図 18】

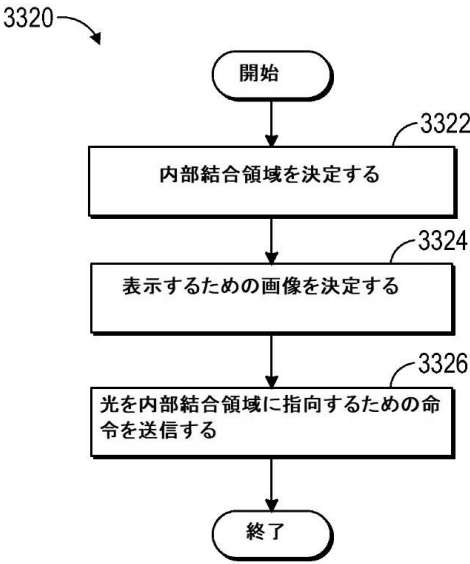
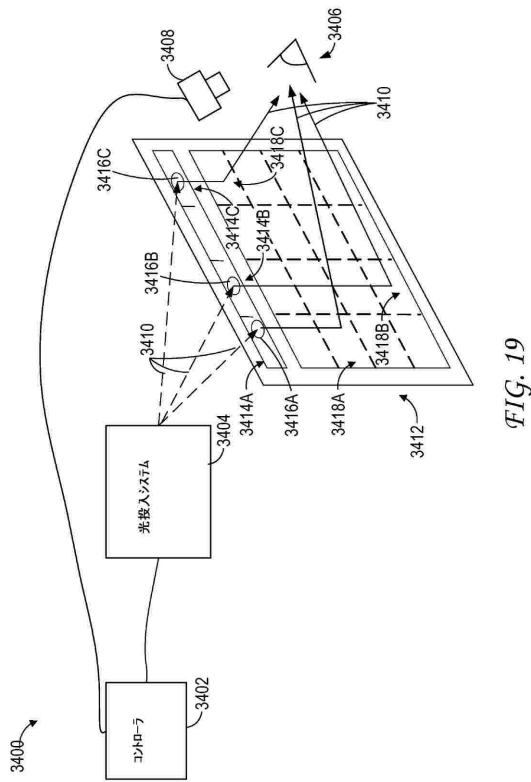
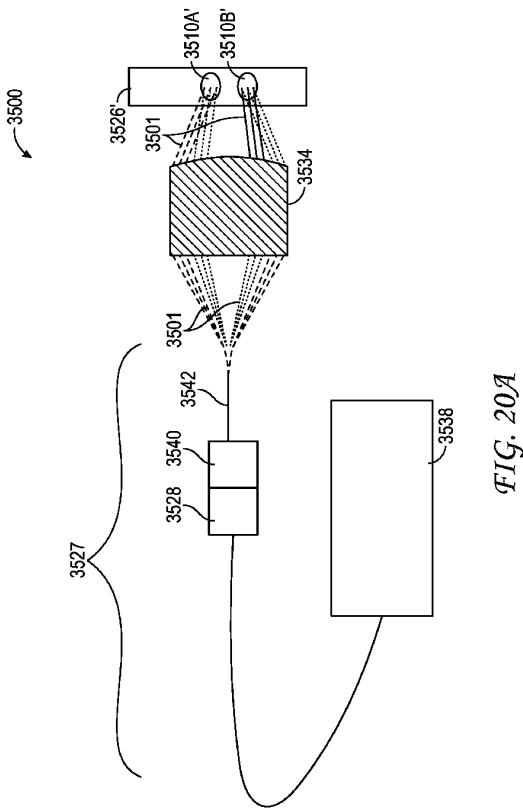


FIG. 18

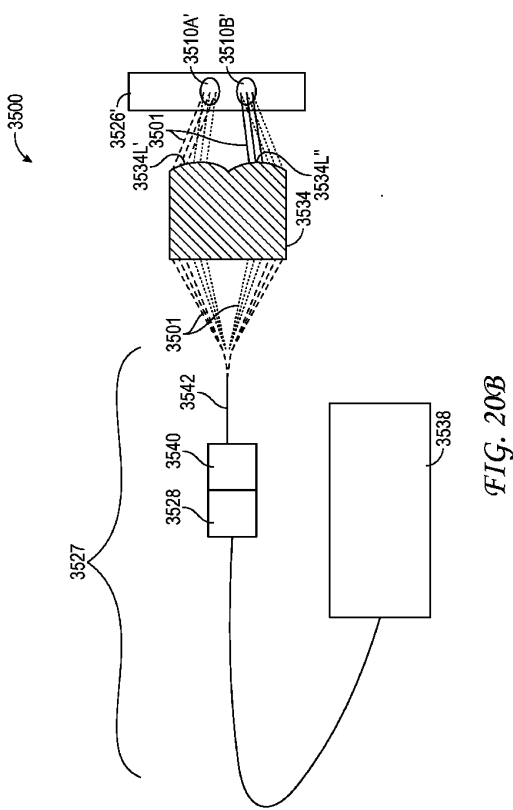
【図 19】



【図 20 A】



【図 20 B】



10

20

30

40

50

【 図 2 0 C 】

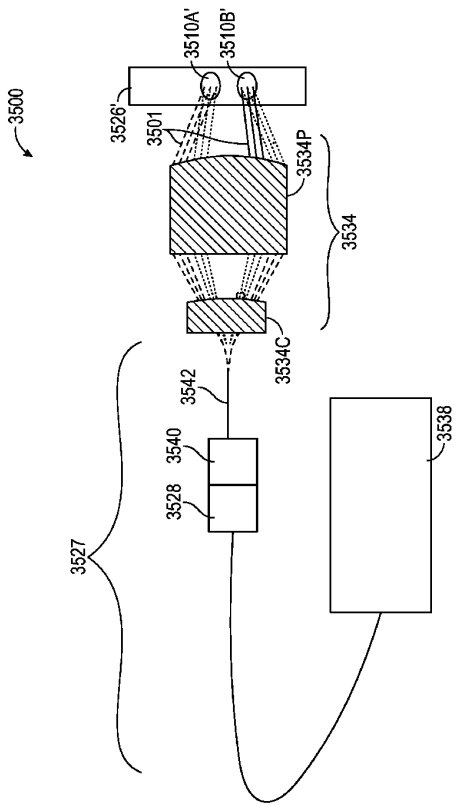


FIG. 20C

【 図 2 0 D 】

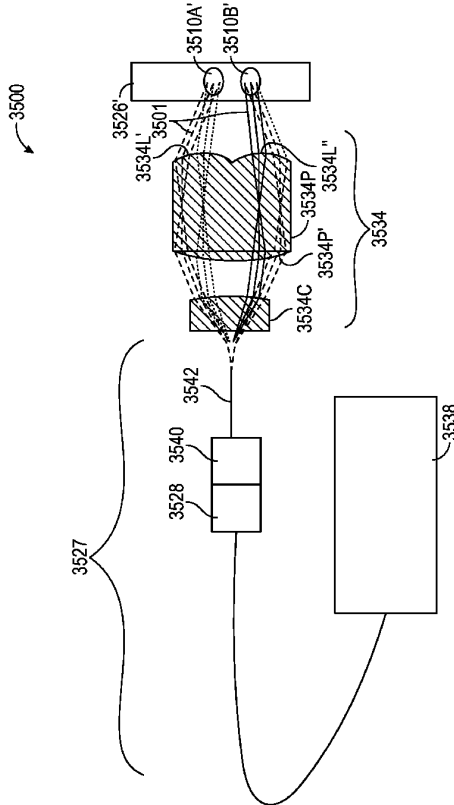


FIG. 20D

【 図 2 1 A 】

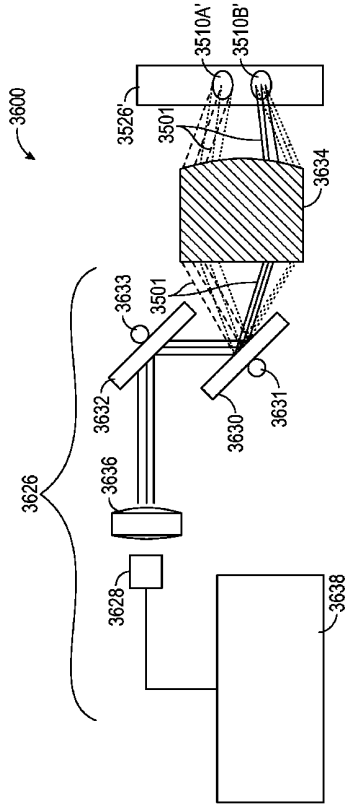


FIG. 21A

【 図 2 1 B 】

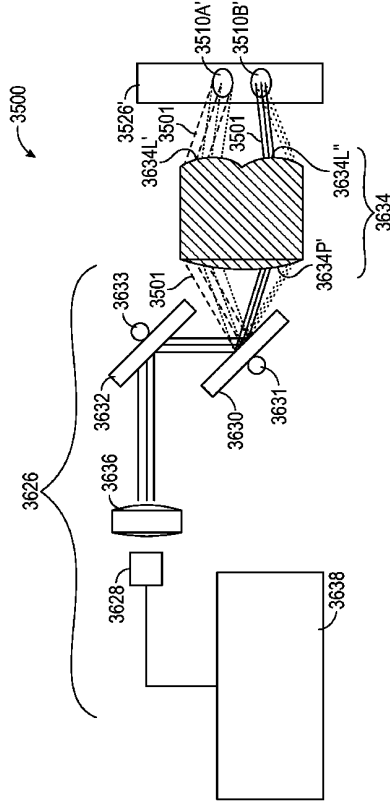


FIG. 21B

10

20

30

40

50

【 図 2 2 】

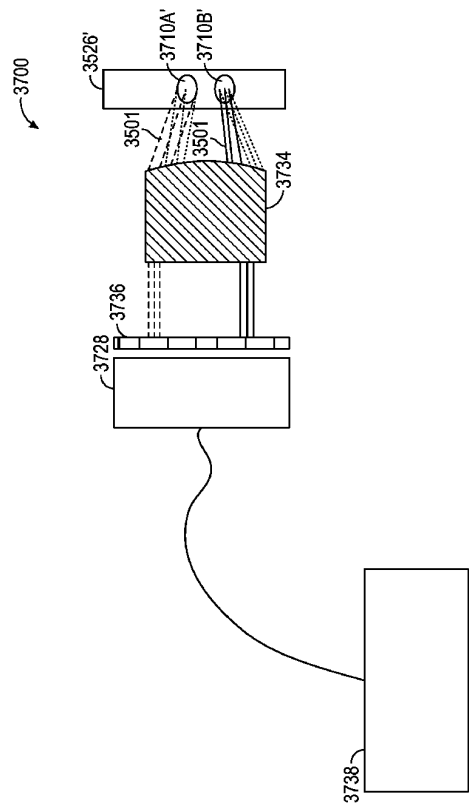


FIG. 22

【 図 2 3 】

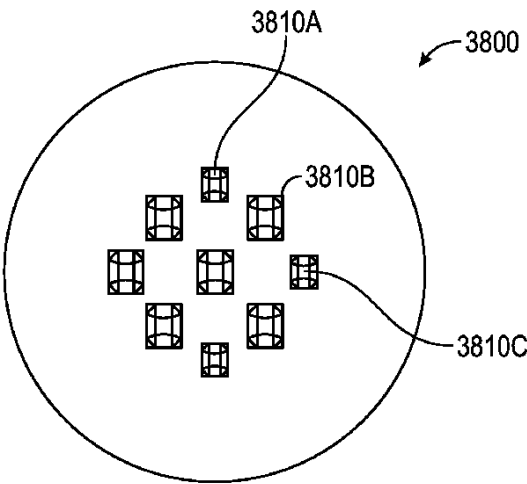


FIG. 23

【 図 2 4 】

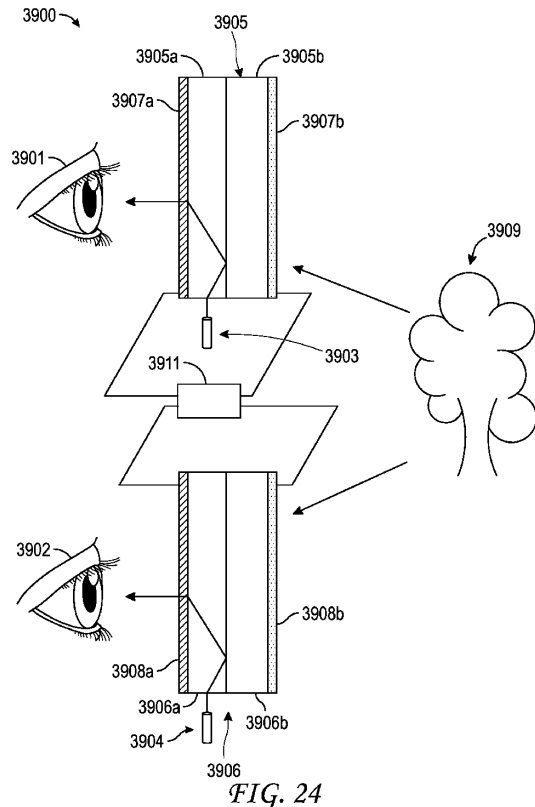


FIG. 24

【 図 2 5 A 】

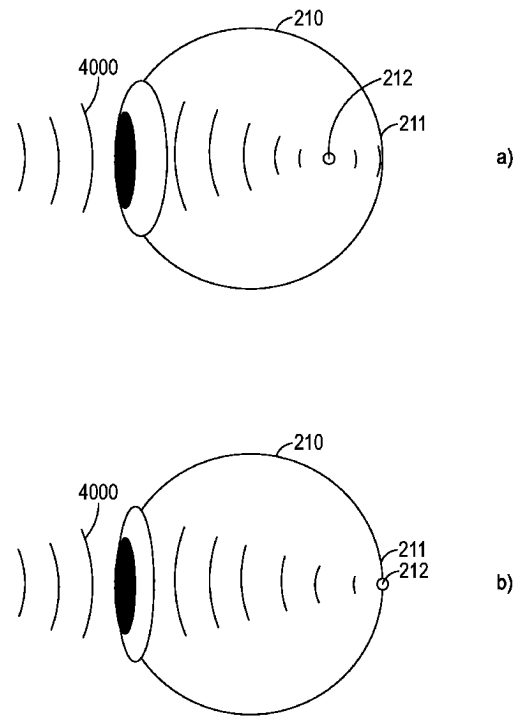


FIG. 25A

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

早期審査対象出願

(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 ショーウェンガート, ブライアン ティー,

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 プールバ
ード 7500

審査官 植田 裕美子

(56)参考文献 米国特許出願公開第2020/0117005(US, A1)

米国特許出願公開第2014/0300966(US, A1)

国際公開第2019/178060(WO, A1)

特表2020-504319(JP, A)

中国特許出願公開第108803022(CN, A)

米国特許出願公開第2017/0235146(US, A1)

中国特許出願公開第109239842(CN, A)

特表2020-514830(JP, A)

国際公開第2021/106542(WO, A1)

米国特許出願公開第2018/0172995(US, A1)

特表2020-514829(JP, A)

特表2019-514053(JP, A)

国際公開第2019/176438(WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G02B 27/01 - 27/02