

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7069160号

(P7069160)

(45)発行日 令和4年5月17日(2022.5.17)

(24)登録日 令和4年5月9日(2022.5.9)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 5/18 (2006.01)

G 0 2 B 5/18

G 0 2 B 5/30 (2006.01)

G 0 2 B 5/30

G 0 2 B 27/02 (2006.01)

G 0 2 B 27/02

Z

請求項の数 16 (全65頁)

(21)出願番号	特願2019-528848(P2019-528848)	(73)特許権者	514108838
(86)(22)出願日	平成29年12月7日(2017.12.7)		マジック リープ, インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2020-501186(P2020-501186 A)		M a g i c L e a p, I n c .
(43)公表日	令和2年1月16日(2020.1.16)		アメリカ合衆国 フロリダ 3 3 3 2 2 ,
(86)国際出願番号	PCT/US2017/065182		プランテーション, ウェスト サンライズ
(87)国際公開番号	WO2018/106963		ブルバード 7 5 0 0
(87)国際公開日	平成30年6月14日(2018.6.14)		7 5 0 0 W S U N R I S E B L V D
審査請求日	令和2年12月3日(2020.12.3)		, P L A N T A T I O N , F L 3 3 3
(31)優先権主張番号	62/431,745	(74)代理人	2 2 U S A
(32)優先日	平成28年12月8日(2016.12.8)		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	62/431,752	(74)代理人	100113413
(32)優先日	平成28年12月8日(2016.12.8)	(74)代理人	弁理士 森下 夏樹
	最終頁に続く	(74)代理人	100181674
			弁理士 飯田 貴敏
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 コレステリック液晶に基づく回折デバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

回折格子であって、前記回折格子は、複数のコレステリック液晶（CLC）層を備え、前記複数のCLC層のそれぞれは、複数のキラル構造を備え、各キラル構造は、複数の液晶分子を備え、前記複数の液晶分子は、少なくともある螺旋ピッチによって、層深度方向において延在し、第1の回転方向に連続的に回転され、
前記螺旋ピッチは、前記第1の回転方向における完全1回転による前記キラル構造の液晶分子の正味回転角度に対応する前記層深度方向における長さであり、
前記キラル構造の液晶分子の配列は、前記層深度方向と垂直な側方方向において周期的に変動し、
前記複数のCLC層は、導波管とスタックを形成する第1のCLC層および第2のCLC層を備え、前記第1のCLC層および前記第2のCLC層のキラル構造は、反対回転方向に連続的に回転され、
前記第1のCLC層および前記第2のCLC層は、前記導波管によって介在され、
前記導波管は、ブラッグ反射された光が、全内部反射（TIR）によって、前記層深度方向と垂直な側方方向に進行するように、前記複数のCLC層のうちの少なくとも1つから前記ブラッグ反射された光を光学的に結合するように構成される、回折格子。

【請求項2】

各キラル構造は、異なる伸長方向に沿って伸長される少なくとも3つのカラミチック液晶分子を備える、請求項1に記載の回折格子。

【請求項 3】

前記複数のＣＬＣ層は、層法線方向において見られると、前記第１の回転方向と合致される偏光の掌性を有する楕円または円偏光を実質的にブラッグ反射させるように構成される一方、前記層深度方向において見られると、前記第１の回転方向と反対の偏光の掌性を有する楕円または円偏光を実質的に透過させるように構成される、請求項１に記載の回折格子。

【請求項 4】

前記側方方向において周期的に変動する前記液晶分子の配列は、前記層深度方向においてほぼ同一深度にある、連続的に側方に隣接するキラル構造の液晶分子が、 $360^\circ/n$ 、但し n は整数である、だけ第２の回転方向において連続的に回転されるようなものである、請求項１に記載の回折格子。

10

【請求項 5】

前記側方方向において周期的に変動する前記液晶分子の配列は、前記側方に隣接するキラル構造によってブラッグ反射された楕円または円偏光が、前記側方に隣接するキラル構造間の第２の回転方向の回転の角度に比例する角度だけ位相偏移されるようなものである、請求項１に記載の回折格子。

【請求項 6】

前記キラル構造は、

第１の複数のキラル構造であって、前記第１の複数のキラル構造のそれぞれは、複数の第１の液晶分子を備え、前記複数の第１の液晶分子は、少なくとも第１の螺旋ピッチによって、層深度方向において延在し、前記第１の回転方向に連続的に回転される、第１の複数のキラル構造と、

20

第２の複数のキラル構造であって、前記第２の複数のキラル構造のそれぞれは、複数の第２の液晶分子を備え、前記複数の第２の液晶分子は、少なくとも第２の螺旋ピッチによって、前記層深度方向において延在し、前記第１の回転方向に連続的に回転される、第２の複数のキラル構造と

を備え、

前記第１の螺旋ピッチおよび前記第２の螺旋ピッチは、前記第１の複数のキラル構造および前記第２の複数のキラル構造が、異なる軸外入射角を有する光をブラッグ反射させるように構成されるようなものである、請求項１に記載の回折格子。

30

【請求項 7】

前記第１の複数のキラル構造は、前記複数のＣＬＣ層の第１の領域内に形成され、前記第２の複数のキラル構造は、前記層深度方向において前記第１の領域にわたって形成される前記複数のＣＬＣ層の第２の領域内に形成される、請求項６に記載の回折格子。

【請求項 8】

前記第１の複数のキラル構造は、前記複数のＣＬＣ層の第１の領域内に形成され、前記第２の複数のキラル構造は、前記複数のＣＬＣ層の第２の領域内に形成され、前記第１および第２の領域は、前記側方方向において側方に隣接する領域である、請求項６に記載の回折格子。

【請求項 9】

前記第１の複数のキラル構造および前記第２の複数のキラル構造の一方または両方は、前記層深度方向および前記側方方向の一方または両方において、前記螺旋ピッチの勾配を形成する、請求項６～８のいずれか１項に記載の回折格子。

40

【請求項 10】

導波デバイスであって、前記導波デバイスは、

複数のコレステリック液晶（ＣＬＣ）層であって、前記複数のＣＬＣ層のそれぞれは、複数のキラル構造を備え、各キラル構造は、複数の液晶分子を備え、前記複数の液晶分子は、層深度方向において延在し、第１の回転方向に連続的に回転され、前記キラル構造の液晶分子の配列は、前記複数のＣＬＣ層が入射光をブラッグ反射させるように構成されるように、前記層深度方向と垂直な側方方向において周期的に変動する、複数のコレステリック

50

ク液晶（ＣＬＣ）層と、

前記複数のＣＬＣ層にわたって形成される１つ以上の導波管であって、前記１つ以上の導波管は、ブラッグ反射された光が、全内部反射（ＴＩＲ）によって、前記層深度方向と垂直な側方方向に進行するように、前記複数のＣＬＣ層から前記ブラッグ反射された光を光学的に結合するように構成される、１つ以上の導波管と

を備え、

前記複数のＣＬＣ層および前記１つ以上の導波管は、同一光学経路内にあるように構成され、

前記複数のＣＬＣ層は、導波管とスタックを形成する第１のＣＬＣ層および第２のＣＬＣ層を備え、前記第１のＣＬＣ層および前記第２のＣＬＣ層のキラル構造は、反対回転方向に連続的に回転され、

前記第１のＣＬＣ層および前記第２のＣＬＣ層は、前記導波管によって介在される、導波デバイス。

【請求項 11】

前記複数のキラル構造はそれぞれ、少なくともある螺旋ピッチによって、層深度方向において延在し、前記螺旋ピッチは、前記第１の回転方向における完全１回転による前記キラル構造の液晶分子の正味回転角度に対応する前記層深度方向における長さである、請求項 10 に記載の導波デバイス。

【請求項 12】

前記第１のＣＬＣ層および前記第２のＣＬＣ層のうちの一方は、前記第１のＣＬＣ層および前記第２のＣＬＣ層のうちの他方と異なる波長を有する入射光を前記第１のＣＬＣ層および前記第２のＣＬＣ層のうちの前記他方と異なるブラッグ反射角度で選択的にブラッグ反射させるように構成される、異なるように配列されるキラル構造を有する、請求項 10 に記載の導波デバイス。

【請求項 13】

前記液晶層の周期的に変動する側方配列は、ある周期によって特徴付けられ、前記第１のＣＬＣ層および前記第２のＣＬＣ層のうちの一方は、前記第１のＣＬＣ層および前記第２のＣＬＣ層のうちの他方と異なる周期を有する、請求項 10 に記載の導波デバイス。

【請求項 14】

前記複数のＣＬＣ層のそれぞれ１つは、可視スペクトル内の波長を有する入射光を選択的にブラッグ反射させるように構成される、請求項 10 に記載の導波デバイス。

【請求項 15】

前記複数のＣＬＣ層のそれぞれ１つは、赤外線スペクトル内の波長を有する入射光を選択的にブラッグ反射させる一方、可視スペクトル内の波長を有する光を透過させるように構成される、請求項 10 に記載の導波デバイス。

【請求項 16】

前記複数のＣＬＣ層は、スタックを形成し、単一導波管が、前記複数のＣＬＣ層によって形成される前記スタック内のＣＬＣ層のそれぞれ１つに光学的に結合される、請求項 10 に記載の導波デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

（関連出願の相互参照）

本願は、米国仮特許出願第 62 / 431, 752 号，出願日 2016 年 12 月 8 日、発明の名称 “DIFFRACTIVE DEVICES BASED ON CHOLESTERIC LIQUID CRYSTAL” および米国仮特許出願第 62 / 431, 745 号，出願日 2016 年 12 月 8 日、発明の名称 “DIFFRACTIVE DEVICES BASED ON CHOLESTERIC LIQUID CRYSTAL” に対する優先権の利益を主張するものであり、これらの内容は、全体が参照により本明細書中に援用される。

10

20

30

40

50

(分野)

本開示は、ディスプレイシステムに関し、より具体的には、コレステリック液晶に基づく回折デバイス備える、拡張現実ディスプレイシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

現代の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、または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、拡張現実または「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。複合現実または「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、AR画像コンテンツは、実世界内のオブジェクトによってブロックされて見える、または別様にそれと相互作用するように知覚され得る。

10

【0003】

図1を参照すると、拡張現実場面1が、描写され、AR技術のユーザには、人々、木々、背景における建物、およびコンクリートプラットフォーム1120を特徴とする、実世界公園状設定1100が見える。これらのアイテムに加え、AR技術のユーザはまた、これらの要素1130、1110が実世界内に存在しないにもかかわらず、実世界プラットフォーム1120上に立っているロボット像1110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キャラクタ1130等の「仮想コンテンツ」を「見ている」と知覚する。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間における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技術の生産は、困難である。

20

【0004】

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技術に関連する種々の課題に対処する。

【発明の概要】

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

ある側面では、回折格子は、複数のキラル構造を備える、コレステリック液晶(CLC)層を備え、各キラル構造は、少なくともある螺旋ピッチによって、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備える。螺旋ピッチは、第1の回転方向における完全1回転によるキラル構造の液晶分子の正味回転角度に対応する、層深度方向における長さである。キラル構造の液晶分子の配列は、層深度方向と垂直な側方向に周期的に変動する。

【0006】

別の側面では、頭部搭載型ディスプレイデバイス(HMD)は、光をユーザの眼に投影し、拡張現実画像コンテンツを表示するように構成される。HMDは、ユーザの頭部上に支持されるように構成される、フレームを備える、頭部搭載型ディスプレイデバイスを備える。HMDは、フレーム上に配置される、ディスプレイを備え、ディスプレイの少なくとも一部は、1つ以上の導波管を備える。透明部分がユーザの正面の環境の該部分のビューを提供するように、ユーザの眼に、ユーザの眼の正面の場所から光を伝送するように、ユーザが該頭部搭載型ディスプレイを装着すると、ユーザの眼の正面の場所に配置される。ディスプレイはさらに、1つ以上の光源と、光源からの光を1つ以上の導波管の中に結合する、または光を1つ以上の導波管から外に結合するように構成される、少なくとも1つの回折格子とを備え、少なくとも1つの回折格子は、本明細書のいずれかに説明される側面による、回折格子を備える。

40

50

【 0 0 0 7 】

別の側面では、導波デバイスは、それぞれ、複数のキラル構造を備える、1つ以上のコレステリック液晶（CLC）層を備え、各キラル構造は、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備え、キラル構造の液晶分子の配列は、1つ以上のCLC層が入射光をブラッグ反射させるように構成されるように、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。1つ以上の導波管が、1つ以上のCLC層にわたって形成され、ブラッグ反射された光が、全内部反射（TIR）によって、層深度方向と垂直な側方方向に進行するように、ブラッグ反射された光を光学的に結合するように構成される。1つ以上のCLC層および1つ以上の導波管は、同一光学経路内にあるように構成される。

10

【 0 0 0 8 】

別の側面では、波長選択的コレステリック液晶反射体（CLCR）は、それぞれ、複数のキラル構造を備える、1つ以上のコレステリック液晶（CLC）層を備え、各キラル構造は、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備える。キラル構造の液晶分子の配列は、1つ以上のCLC層が、第1の波長を有する第1の入射光を実質的にブラッグ反射させる一方、第2の波長を有する第2の入射光を実質的に透過させるように構成されるように、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。

【 0 0 0 9 】

別の側面では、ユーザの頭部上に装着されるように構成される、頭部搭載型ディスプレイ（HMD）は、一对の耳掛け部と、対の光学要素がそれぞれユーザの眼の前方に配置されることが可能であるように、フレームによって支持される、一对の光学要素と、対の耳掛け部のうちの1つに搭載される、前向きに面した結像機と、それぞれ、複数のキラル構造を備える、1つ以上のコレステリック液晶（CLC）層を備える、コレステリック液晶（CLC）軸外ミラーとを備える、フレームを備える。各キラル構造は、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備え、キラル構造の液晶分子の配列は、1つ以上のCLC層が入射光をブラッグ反射させるように構成されるように、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。コレステリック液晶（CLC）軸外ミラーは、対の光学要素のうちの1つ内または上に配置され、反射要素によって反射された赤外線光を受光するように構成される、前向きに面した結像機に向かって、赤外線光を反射させるように構成される。

20

30

【 0 0 1 0 】

別の側面では、導波デバイスは、それぞれ、複数のキラル構造を備える、1つ以上のコレステリック液晶（CLC）層を備え、各キラル構造は、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備え、キラル構造の液晶分子の配列は、1つ以上のCLC層が入射光をブラッグ反射させるように構成されるように、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。導波デバイスは、加えて、1つ以上のCLC層にわたって形成され、ブラッグ反射された光が、全内部反射（TIR）によって、層深度方向と垂直な側方方向に進行するように、1つ以上のCLC層からブラッグ反射された光を光学的に結合するように構成される、1つ以上の導波管を含む。導波デバイスは、200を超える、回折効率が25%を上回る、視野（FOV）を有するように構成される。

40

【 0 0 1 1 】

さらに別の側面では、ディスプレイデバイスは、導波管と、導波管上に形成される、内部結合光学要素とを備える。内部結合光学要素は、その上に入射する光を導波管の第1の側の中に内部結合するように構成され、内部結合光学要素および導波管は、導波管の中に内部結合された光が、全内部反射（TIR）によって、導波管の面内方向に導波管内を伝搬するように構成される。ディスプレイデバイスは、加えて、導波管上に形成され、その上に入射する光を導波管から外部結合するように構成される、外部結合光学要素を備える。光外部結合要素は、複数のキラル構造を備える、コレステリック液晶（CLC）層を備え、キラル構造はそれぞれ、CLC層の層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備え、キラル構造の液晶分子の配列は、1つ以上のCLC層

50

が、その上に入射する光を導波管から第 1 の側に向かってブラッグ反射させるように構成されるように、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。

【 0 0 1 2 】

本明細書に説明される主題の 1 つ以上の実装の詳細は、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。本概要または以下の詳細な説明のいずれも、本発明主題の範囲を定義または限定することを主張するものではない。

本明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

(項目 1)

回折格子であって、

複数のキラル構造を備えるコレステリック液晶 (C L C) 層であって、各キラル構造は、複数の液晶分子を備え、前記複数の液晶分子は、少なくともある螺旋ピッチによって、層深度方向において延在し、第 1 の回転方向に連続的に回転される、コレステリック液晶 (C L C) 層

を備え、

前記螺旋ピッチは、前記第 1 の回転方向における完全 1 回転による前記キラル構造の液晶分子の正味回転角度に対応する前記層深度方向における長さであり、

前記キラル構造の液晶分子の配列は、前記層深度方向と垂直な側方方向において周期的に変動する、

回折格子。

(項目 2)

各キラル構造は、異なる伸長方向に沿って伸長される少なくとも 3 つのカラミチック液晶分子を備える、項目 1 に記載の回折格子。

(項目 3)

前記 C L C 層は、層法線方向において見られると、前記第 1 の回転方向と合致される偏光の掌性を有する楕円または円偏光を実質的にブラッグ反射させるように構成される一方、前記層深度方向において見られると、前記第 1 の回転方向と反対の偏光の掌性を有する楕円または円偏光を実質的に透過させるように構成される、項目 1 に記載の回折格子。

(項目 4)

前記側方方向において周期的に変動する前記液晶分子の配列は、前記層深度方向においてほぼ同一深度にある、連続的に側方に隣接するキラル構造の液晶分子が、 $360 \cdot \frac{p}{n}$ / n、但し n は整数である、だけ第 2 の回転方向において連続的に回転されるようなものである、項目 1 に記載の回折格子。

(項目 5)

前記側方方向において周期的に変動する前記液晶分子の配列は、前記側方に隣接するキラル構造によってブラッグ反射された楕円または円偏光が、前記側方に隣接するキラル構造間の前記第 2 の回転方向の回転の角度に比例する角度だけ位相偏移されるようなものである、項目 1 に記載の回折格子。

(項目 6)

前記キラル構造は、実質的に同一螺旋ピッチを有する、項目 1 に記載の回折格子。

(項目 7)

前記キラル構造は、

第 1 の複数のキラル構造であって、前記第 1 の複数のキラル構造のそれぞれは、複数の第 1 の液晶分子を備え、前記複数の第 1 の液晶分子は、少なくとも第 1 の螺旋ピッチによって、層深度方向において延在し、前記第 1 の回転方向に連続的に回転される、第 1 の複数のキラル構造と、

第 2 の複数のキラル構造であって、前記第 2 の複数のキラル構造のそれぞれは、複数の第 2 の液晶分子を備え、前記複数の第 2 の液晶分子は、少なくとも第 2 の螺旋ピッチによって、前記層深度方向において延在し、前記第 1 の回転方向に連続的に回転される、第 2 の複数のキラル構造と

10

20

30

40

50

を備え、

前記第1の螺旋ピッチおよび前記第2の螺旋ピッチは、前記第1のキラル構造および前記第2のキラル構造が、異なる軸外入射角を有する光をブラッグ反射させるように構成されるようなものである、項目1に記載の回折格子。

(項目8)

前記第1の複数のキラル構造は、第1のコレステリック液晶(CLC)層内に形成され、前記第2の複数のキラル構造は、第2のコレステリック液晶(CLC)層内に形成され、前記第2のコレステリック液晶(CLC)層は、前記第1のCLC層にわたって形成され、前記層深度方向においてスタックされている、項目7に記載の回折格子。

(項目9)

前記第1の複数のキラル構造は、前記コレステリック液晶(CLC)層の第1の領域内に形成され、前記第2の複数のキラル構造は、前記層深度方向において前記第1の領域にわたって形成される前記コレステリック液晶(CLC)層の第2の領域内に形成される、項目7に記載の回折格子。

(項目10)

前記第1の複数のキラル構造は、前記コレステリック液晶(CLC)層の第1の領域内に形成され、前記第2の複数のキラル構造は、前記コレステリック液晶(CLC)層の第2の領域内に形成され、前記第1および第2の領域は、前記側方方向において側方に隣接する領域である、項目7に記載の回折格子。

(項目11)

前記第1および第2のキラル構造の一方または両方は、前記層深度方向および前記側方方向の一方または両方において、前記螺旋ピッチの勾配を形成する、項目7-10のいずれか1項に記載の回折格子。

(項目12)

導波デバイスであって、

1つ以上のコレステリック液晶(CLC)層であって、前記1つ以上のコレステリック液晶(CLC)層のそれぞれは、複数のキラル構造を備え、各キラル構造は、複数の液晶分子を備え、前記複数の液晶分子は、層深度方向において延在し、第1の回転方向に連続的に回転され、前記キラル構造の液晶分子の配列は、前記1つ以上のCLC層が入射光をブラッグ反射させるように構成されるように、前記層深度方向と垂直な側方方向において周期的に変動する、1つ以上のコレステリック液晶(CLC)層と、

前記1つ以上のCLC層にわたって形成される1つ以上の導波管であって、前記1つ以上の導波管は、前記ブラッグ反射された光が、全内部反射(TIR)によって、前記層深度方向と垂直な側方方向に進行するように、前記1つ以上のCLC層からブラッグ反射された光を光学的に結合するように構成される、1つ以上の導波管と

を備え、

前記1つ以上のCLC層および前記1つ以上の導波管は、同一光学経路内にあるように構成される、導波デバイス。

(項目13)

前記複数のキラル構造はそれぞれ、少なくともある螺旋ピッチによって、層深度方向において延在し、前記螺旋ピッチは、前記第1の回転方向における完全1回転による前記キラル構造の液晶分子の正味回転角度に対応する前記層深度方向における長さである、項目12に記載の導波デバイス。

(項目14)

複数のCLC層を備え、前記CLC層のそれぞれ1つは、前記CLC層の他のものと異なる波長を有する入射光を前記CLC層の他のものと異なるブラッグ反射角度で選択的にブラッグ反射させるように構成される、異なるように配列されるキラル構造を有する、項目12に記載の導波デバイス。

(項目15)

前記液晶層の周期的に変動する側方配列は、ある周期によって特徴付けられ、前記CL

10

20

30

40

50

C層のそれぞれ1つは、前記CLC層の他のものと異なる周期を有する、項目12に記載の導波デバイス。

(項目16)

前記CLC層のそれぞれ1つは、可視スペクトル内の波長を有する入射光を選択的にブラッグ反射させるように構成される、項目12に記載の導波デバイス。

(項目17)

前記CLC層のそれぞれ1つは、赤外線スペクトル内の波長を有する入射光を選択的にブラッグ反射させる一方、可視スペクトル内の波長を有する光を透過させるように構成される、項目12に記載の導波デバイス。

(項目18)

複数の導波管を備え、各導波管は、その上に形成される前記CLC層のうちの1つに光学的に結合される、項目12に記載の導波デバイス。

(項目19)

前記複数のCLC層は、スタックを形成し、単一導波管が、前記スタック内のCLC層のそれぞれ1つに光学的に結合される、項目12に記載の導波デバイス。

(項目20)

偏光反射体をさらに備え、前記1つ以上の導波管は、前記1つ以上のCLC層と前記偏光反射体との間に介在され、前記1つ以上のCLC層を通して、さらには前記導波管を通して透過する楕円または円偏光入射光が、前記偏光反射体によって、前記楕円または円偏光入射光に対して反対偏光掌性を有する反射光として反射されるように構成される、項目12 - 19のいずれか1項に記載の導波デバイス。

(項目21)

導波管とスタックを形成する第1のCLC層および第2のCLC層を備え、前記第1のCLC層および前記第2のCLC層のキラル構造は、反対回転方向に連続的に回転される、項目12に記載の導波デバイス。

(項目22)

前記第1および第2のCLC層は、前記導波管上にスタックされる、項目21に記載の導波デバイス。

(項目23)

前記第1および第2のCLC層は、前記導波管によって介在される、項目21に記載の導波デバイス。

【図面の簡単な説明】

【0013】

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

【0014】

【図2】図2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。

【0015】

【図3】図3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。

【0016】

【図4】図4は、複数の深度平面を使用して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。

【0017】

【図5】図5A - 5Cは、曲率半径と焦点半径との間の関係を図示する。

【0018】

【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。

【0019】

【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。

【0020】

【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、各深度平面は、複

10

20

30

40

50

数の異なる原色を使用して形成される画像を含む。

【0021】

【図9A】図9A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。

【0022】

【図9B】図9Bは、図9A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。

【0023】

【図9C】図9Cは、図9Aおよび9B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。

【0024】

【図10】図10は、複数の均一キラル構造を有する、コレステリック液晶回折格子（CLCG）の実施例の断面側面図を図示する。

【0025】

【図11】図11は、側方方向に異なるように配列されるキラル構造を有する、CLCGの実施例の断面側面図を図示する。

【0026】

【図12】図12は、軸外入射角でブラッグ反射させるために構成される、CLC層の実施例の断面側面図を図示する。

【0027】

【図13A】図13Aは、第1の螺旋ピッチを有し、第1の軸外入射角でブラッグ反射させるために構成される、CLC層の実施例の断面側面図を図示する。

【0028】

【図13B】図13Bは、第2の螺旋ピッチを有し、第2の軸外入射角でブラッグ反射させるために構成される、CLC層の実施例の断面側面図を図示する。

【0029】

【図13C】図13Cは、複数の軸外入射角および高回折帯域幅でブラッグ反射させるために、スタックされた構成において異なる螺旋ピッチを有する、図13Aおよび13BのCLC層を含む、CLCGの実施例の断面側面図を図示する。

【0030】

【図14】図14は、複数の軸外入射角および高回折帯域幅でブラッグ反射させるために、深度方向に沿って異なる螺旋ピッチを伴う垂直領域を有する、CLC層を含む、CLCGの実施例の断面側面図を図示する。

【0031】

【図15】図15は、ブラッグ反射を空間的に変動させるために、側方方向に沿って異なる螺旋ピッチを伴う側方領域を有する、CLC層を含む、CLCGの実施例の断面側面図を図示する。

【0032】

【図16】図16は、CLCGに結合され、全内部反射（TIR）によって、光を伝搬するように構成される、導波管を備える、光学導波デバイスの実施例を図示する。

【0033】

【図17A】図17Aは、CLCGに結合され、全内部反射（TIR）によって、ある波長を有する光を選択的に伝搬するように構成される、導波管を備える、光学導波デバイスの実施例を図示する。

【0034】

【図17B】図17Bは、同一光学経路内の複数の光学導波デバイスの実施例を図示し、それぞれ、CLCGに結合され、全内部反射（TIR）によって、ある波長を有する光を選択的に伝搬するように構成される、導波管を備える。

【0035】

【図17C】図17Cは、同一光学経路内の複数の光学導波デバイスの実施例を図示し、それぞれ、CLCGに結合され、全内部反射（TIR）によって、ある波長を有する光を

10

20

30

40

50

選択的に伝搬するように構成される、導波管を備える。

【0036】

【図18】図18は、複数のCLCGに結合され、全内部反射(TIR)によって、複数の波長を有する光を選択的に伝搬するように構成される、共通導波管を備える、光学導波デバイスの実施例を図示する。

【0037】

【図19】図19は、CLCGに結合され、全内部反射(TIR)によって、光を伝搬するように構成される、導波管を備える、光学導波デバイスの実施例を図示する。

【0038】

【図20】図20は、CLCGおよび偏光変換反射体に結合される、導波管を備える、光学導波デバイスの実施例を図示し、CLCGは、入射光を受光するように構成され、導波管は、全内部反射(TIR)によって、CLCGからブラッグ反射された光を伝搬するように構成される。

10

【0039】

【図21A】図21Aは、図20の光学導波デバイスを図示し、CLCGは、線形偏光または非偏光である入射光を受光するように構成され、導波管は、全内部反射(TIR)によって、CLCGからブラッグ反射された光および反射体によって反射された光を伝搬するように構成される。

【0040】

【図21B】図21Bは、図20の光学導波デバイスを図示し、CLCGは、直交楕円または円偏光ビームに変更された入射光を受光するように構成され、導波管は、全内部反射(TIR)によって、CLCGからブラッグ反射された光および反射体によって反射された光を伝搬するように構成される。

20

【0041】

【図22A】図22Aは、入射光ビームが線形偏光または非偏光される条件下における、第1の回転方向を有するキラル構造を有する、第1のCLC層と、第1の回転方向と反対の第2の回転方向を有するキラル構造を有する、第2のCLC層とを含む、共通導波管に結合される、複数のCLC層を備える、光学導波デバイスの実施例を図示する。

【0042】

【図22B】図22Bは、入射光が直交楕円または円偏光ビームに偏光される条件下における、図22Aの光学導波デバイスを図示する。

30

【0043】

【図22C】図22Cは、入射光ビームが線形偏光または非偏光される条件下における、第1の回転方向を有するキラル構造を有する、第1のCLC層と、第1の回転方向と反対の第2の回転方向を有するキラル構造を有する、第2のCLC層とを含む、2つのCLC層間に介在される共通導波管に結合される、複数のCLC層を備える、光学導波デバイスの実施例を図示する。

【0044】

【図23】図23は、コレステリック液晶(CLC)軸外ミラーを使用して、装着者の眼を結像するように構成される、前向きに面したカメラを備える、結像システムの実施例を図示する。

40

【0045】

【図24A】図24A - 24Fは、CLC軸外ミラーを使用して、装着者の眼を結像するように構成される、前向きに面したカメラを備える、結像システムの実施例を図示する。

【図24B】図24A - 24Fは、CLC軸外ミラーを使用して、装着者の眼を結像するように構成される、前向きに面したカメラを備える、結像システムの実施例を図示する。

【図24C】図24A - 24Fは、CLC軸外ミラーを使用して、装着者の眼を結像するように構成される、前向きに面したカメラを備える、結像システムの実施例を図示する。

【図24D】図24A - 24Fは、CLC軸外ミラーを使用して、装着者の眼を結像するように構成される、前向きに面したカメラを備える、結像システムの実施例を図示する。

50

【図 2 4 E】図 2 4 A - 2 4 F は、C L C 軸外ミラーを使用して、装着者の眼を結像するように構成される、前向きに面したカメラを備える、結像システムの実施例を図示する。

【図 2 4 F】図 2 4 A - 2 4 F は、C L C 軸外ミラーを使用して、装着者の眼を結像するように構成される、前向きに面したカメラを備える、結像システムの実施例を図示する。

【0 0 4 6】

【図 2 4 G】図 2 4 G および 2 4 H は、1 つ以上の C L C 軸外ミラーを含む複数のセグメントを備える、回折光学要素を使用して、装着者の眼を結像するように構成される、前向きに面したカメラを備える、結像システムの実施例を図示し、セグメントはそれぞれ、異なる光学性質を有することができる。

【図 2 4 H】図 2 4 G および 2 4 H は、1 つ以上の C L C 軸外ミラーを含む複数のセグメントを備える、回折光学要素を使用して、装着者の眼を結像するように構成される、前向きに面したカメラを備える、結像システムの実施例を図示し、セグメントはそれぞれ、異なる光学性質を有することができる。

10

【0 0 4 7】

【図 2 5】図 2 5 は、C L C G に結合され、全内部反射 (T I R) によって、光を伝搬するように構成される、導波管を備える、広範囲の視野にわたって最適化された例示的光学導波デバイスを図示する。

【0 0 4 8】

【図 2 6】図 2 6 は、C L C G に結合され、全内部反射 (T I R) によって、光を伝搬するように構成される、導波管を備える、外部結合光学要素として構成される、例示的光学導波デバイスを図示する。

20

【発明を実施するための形態】

【0 0 4 9】

図面全体を通して、参照番号は、参照される要素間の対応を示すために再利用され得る。図面は、本明細書に説明される例示の実施形態を図示するために提供され、本開示の範囲を限定することを意図するものではない。

【0 0 5 0】

A R システムは、依然として、ユーザがその周囲の世界を見えることを可能にしながら、仮想コンテンツをユーザまたは視認者に表示し得る。好ましくは、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る。加えて、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し、その周囲環境のビューをもたらしてもよい。本明細書で使用されるように、「頭部搭載型」ディスプレイは、視認者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。

30

【0 0 5 1】

図 2 は、ウェアラブルディスプレイシステム 8 0 の実施例を図示する。ディスプレイシステム 8 0 は、ディスプレイ 6 2 と、ディスプレイ 6 2 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 6 2 は、フレーム 6 4 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 6 0 によって装着可能であって、ディスプレイ 6 2 をユーザ 6 0 の眼の正面に位置付けるように構成される。ディスプレイ 6 2 は、いくつかの実施形態では、アイウェアと見なされ得る。いくつかの実施形態では、スピーカ 6 6 が、フレーム 6 4 に結合され、ユーザ 6 0 の外耳道に隣接して位置付けられる (いくつかの実施形態では、示されない別のスピーカが、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 / 調節可能音制御を提供する)。いくつかの実施形態では、ディスプレイシステムはまた、1 つ以上のマイクロホン 6 7 または他のデバイスを含み、音を検出してもよい。いくつかの実施形態では、マイクロホンは、ユーザが、入力またはコマンド (例えば、音声メニューコマンドの選択、自然言語質問等) をシステム 8 0 に提供することを可能にするように構成され、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、オーディオデータを持続的

40

50

に収集してもよい（例えば、ユーザおよび／または環境から受動的に収集するため）。そのようなオーディオデータは、荒い息づかい等のユーザ音または近傍イベントを示す大騒動等の環境音を含んでもよい。ディスプレイシステムはまた、周辺センサ 30a を含んでもよく、これは、フレーム 64 と別個であって、ユーザ 60 の身体（例えば、ユーザ 60 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 30a は、本明細書にさらに説明されるように、いくつかの実施形態では、ユーザ 60 の生理学的状態を特性評価す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 30a は、電極であってもよい。

【0052】

図 2 を継続して参照すると、ディスプレイ 62 は、有線導線または無線接続性 10 等の通信リンク 68 によって、ローカルデータ処理モジュール 70 に動作可能に結合され、これは、フレーム 64 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、ヘッドホンに内蔵される、または別様にユーザ 60 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、種々の構成において搭載されてもよい。同様に、センサ 30a は、通信リンク 30b、例えば、有線導線または無線接続性によって、ローカルプロセッサおよびデータモジュール 70 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 70 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とを備えてもよく、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得る。データ 20 は、a) 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等のセンサ（例えば、フレーム 64 に動作可能に結合される、または別様にユーザ 60 に取り付けられてもよい）から捕捉され、および／または b) 場合によっては、処理または読出後にディスプレイ 62 の通過のために、遠隔処理モジュール 72 および／または遠隔データリポジトリ 74（仮想コンテンツに関連するデータを含む）を使用して入手および／または処理される、データを含む。ローカル処理およびデータモジュール 70 は、これらの遠隔モジュール 72、74 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 70 への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等を介して、通信リンク 76、78 によって、遠隔処理モジュール 30 および遠隔データリポジトリ 74 に動作可能に結合されてもよい。いくつかの実施形態では、ローカル処理およびデータモジュール 70 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等のうちの 1 つ以上のものを含んでもよい。いくつかの他の実施形態では、これらのセンサのうちの 1 つ以上のものは、フレーム 64 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 70 と通信する、独立型構造であってもよい。

【0053】

図 2 を継続して参照すると、いくつかの実施形態では、遠隔処理モジュール 72 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 つ以上のプロセッサを備えてもよい。いくつかの実施形態では、遠隔データリポジトリ 74 は、デジタルデータ記憶設備を備え得、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。いくつかの実施形態では、遠隔データリポジトリ 74 は、1 つ以上の遠隔サーバを含んでもよく、これは、情報、例えば、拡張現実コンテンツを生成するための情報をローカル処理およびデータモジュール 70 および／または遠隔処理モジュール 72 に提供する。いくつかの実施形態では、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な使用を可能にする。

【0054】

「3次元」または「3-D」であるような画像の知覚は、画像の若干異なる提示を視認者

10

20

30

40

50

の各眼に提供することによって達成されてもよい。図 3 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。眼 4、6 毎に 1 つの 2 つの明確に異なる画像 5、7 が、ユーザに出力される。画像 5、7 は、視認者の視線と平行な光学または z - 軸に沿って、距離 10 だけ眼 4、6 から離間される。画像 5、7 は、平坦であって、眼 4、6 は、単一遠近調節状態をとることによって、画像に合焦させ得る。そのようなシステムは、ヒト視覚系が、画像 5、7 を組み合わせ、組み合わせられた画像のための深度および/またはスケールの知覚を提供することに依拠する。

【0055】

しかしながら、ヒト視覚系は、より複雑であって、深度の現実的知覚を提供することは、より困難であることを理解されるであろう。例えば、従来の「3-D」ディスプレイシステム多くの視認者は、そのようなシステムを不快であると見出す、または深度の感覚を全く知覚しない場合がある。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 (vergence) と遠近調節 (accommodation) の組み合わせに起因して、オブジェクトを「3次元」として知覚し得ると考えられる。相互に対する 2 つの眼の輻輳・開散運動 (すなわち、瞳孔が、相互に向かって、またはそこから離れるように移動し、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、眼のレンズおよび瞳孔の合焦 (または「遠近調節」と緊密に関連付けられる。通常条件下、焦点を 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変化させるための眼のレンズの焦点の変化または眼の遠近調節は、「遠近調節 - 輻輳・開散運動反射」および散瞳または縮瞳として知られる関係下、輻輳・開散運動の整合変化を自動的に同一距離に生じさせるであろう。同様に、輻輳・開散運動の変化は、通常条件下、レンズ形状および瞳孔サイズの遠近調節の整合変化を誘起するであろう。本明細書に記載されるように、多くの立体視、すなわち、「3-D」ディスプレイシステムは、3次元視点がヒト視覚系によって知覚されるように、若干異なる提示 (したがって、若干異なる画像) を使用して、場面を各眼に表示する。しかしながら、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するが、眼が全ての画像情報を単一遠近調節状態で視認する状態では、「遠近調節 - 輻輳・開散運動反射」に反発するため、多くの視認者にとって不快である。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、増加された持続時間の装着、ひいては、診断および療法プロトコルへのコンプライアンスに寄与し得る。

【0056】

図 4 は、複数の深度平面を使用して 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。図 4 を参照すると、 z - 軸上の眼 4、6 から種々の距離におけるオブジェクトは、それらのオブジェクトが合焦するように、眼 4、6 によって遠近調節される。眼 (4 および 6) は、特定の遠近調節された状態をとり、オブジェクトを z - 軸に沿った異なる距離に合焦させる。その結果、特定の遠近調節された状態は、特定の深度平面におけるオブジェクトまたはオブジェクトの一部が、眼がその深度平面に対して遠近調節された状態にあるとき、合焦するように、関連付けられた焦点距離を有する、深度平面 14 の特定のうちの 1 つと関連付けられると言え得る。いくつかの実施形態では、3次元画像は、眼 4、6 毎に、画像の異なる提示を提供することによって、また、深度平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、シミュレートされてもよい。例証を明確にするために、別個であるように示されるが、眼 4、6 の視野は、例えば、 z - 軸に沿った距離が増加するにつれて、重複し得ることを理解されたい。加えて、例証を容易にするために、平坦であるように示されるが、深度平面の輪郭は、深度平面内の全ての特徴が特定の遠近調節された状態における眼と合焦するように、物理的空間内で湾曲されてもよいことを理解されるであろう。

【0057】

オブジェクトと眼 4 または 6 との間の距離もまた、その眼によって視認されるように、オブジェクトからの光の発射量を変化させ得る。図 5 A - 5 C は、距離と光線の発散との間

10

20

30

40

50

の関係を図示する。オブジェクトと眼 4 との間の距離は、減少距離 R 1、R 2、および R 3 の順序で表される。図 5 A - 5 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。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得る。曲率が増加すると、オブジェクトと眼 4 との間の距離が減少する。その結果、異なる深度平面では、光線の発散の程度もまたは、異なり、発散の程度は、深度平面と視認者の眼 4 との間の距離の減少に伴って増加する。単眼 4 のみが、図 5 A - 5 C および本明細書における他の図では、例証を明確にするために図示されるが、眼 4 に関する議論は、視認者の両眼 4 および 6 に適用され得ることを理解されるであろう。

10

【 0 0 5 8 】

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、有限数の深度平面を解釈し、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平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。異なる提示は、視認者の眼によって別個に合焦され、それによって、異なる深度平面上に位置する場面のための異なる画像特徴に合焦させるために要求される眼の遠近調節に基づいて、および/または焦点外にある異なる深度平面上の異なる画像特徴の観察に基づいて、ユーザに深度キューを提供することに役立ち得る。

【 0 0 5 9 】

20

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 1 0 0 0 は、複数の導波管 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 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 1 1 7 8 を含む。いくつかの実施形態では、ディスプレイシステム 1 0 0 0 は、図 2 のシステム 8 0 であって、図 6 は、そのシステム 8 0 のいくつかの部分のより詳細に図式的に示す。例えば、導波管アセンブリ 1 1 7 8 は、図 2 のディスプレイ 6 2 の一部であってもよい。ディスプレイシステム 1 0 0 0 は、いくつかの実施形態では、ライトフィールドディスプレイと見なされ得ることを理解されるであろう。

【 0 0 6 0 】

30

図 6 を継続して参照すると、導波管アセンブリ 1 1 7 8 はまた、複数の特徴 1 1 9 8、1 1 9 6、1 1 9 4、1 1 9 2 を導波管間に含んでもよい。いくつかの実施形態では、特徴 1 1 9 8、1 1 9 6、1 1 9 4、1 1 9 2 は、1 つ以上のレンズであってもよい。導波管 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 および/または複数のレンズ 1 1 9 8、1 1 9 6、1 1 9 4、1 1 9 2 は、種々のレベルの波面曲率または光線発散を用い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、特定の深度平面と関連付けられてもよく、その深度平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 1 2 0 0、1 2 0 2、1 2 0 4、1 2 0 6、1 2 0 8 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 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 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 4 に向かって出力の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 1 2 0 0、1 2 0 2、1 2 0 4、1 2 0 6、1 2 0 8 の出力表面 1 3 0 0、1 3 0 2、1 3 0 4、1 3 0 6、1 3 0 8 から出射し、導波管 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 の対応する入力表面 1 3 8 2、1 3 8 4、1 3 8 6、1 3 8 8、1 3 9 0 の中に投入される。いくつかの実施形態では、入力表面 1 3 8 2、1 3 8 4、1 3 8 6、1 3 8 8、1 3 9 0 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 1 4 4 または視認者の眼 4 に直接面する導波管表面のうちの 1 つ）であってもよい。いくつかの実施形態では、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、クローン化されたコリメートビームの全体場を出力してもよく、これ

40

50

は、特定の導波管と関連付けられた深度平面に対応する特定の角度（および発散量）において眼 4 に向かって指向される。いくつかの実施形態では、画像投入デバイス 1200、1202、1204、1206、1208 のうちの単一の 1 つは、複数（例えば、3 つ）の導波管 1182、1184、1186、1188、1190 と関連付けられ、その中に光を投入してもよい。

【0061】

いくつかの実施形態では、画像投入デバイス 1200、1202、1204、1206、1208 はそれぞれ、それぞれ対応する導波管 1182、1184、1186、1188、1190 の中への投入のための画像情報を生成する、離散ディスプレイである。いくつかの他の実施形態では、画像投入デバイス 1200、1202、1204、1206、1208 は、例えば、画像情報を 1 つ以上の光学導管（光ファイバケーブル等）を介して、画像投入デバイス 1200、1202、1204、1206、1208 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 1200、1202、1204、1206、1208 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に、異なる原色）の光を含んでもよいことを理解されたい。

【0062】

いくつかの実施形態では、導波管 1182、1184、1186、1188、1190 の中に投入される光は、光プロジェクタシステム 2000 によって提供され、これは、光モジュール 2040 を備え、これは、発光ダイオード（LED）等の光エミッタを含んでもよい。光モジュール 2040 からの光は、ビームスプリッタ 2050 を介して、光変調器 2030、例えば、空間光変調器によって指向および修正されてもよい。光変調器 2030 は、導波管 1182、1184、1186、1188、1190 の中に投入される光の知覚される強度を変化させるように構成されてもよい。光変調器 2030 は、導波管 1182、1184、1186、1188、1190 の中に投入される光の知覚される強度を変化させるように構成されてもよい。空間光変調器の実施例は、シリコン上液晶（LCO S）ディスプレイを含む、液晶ディスプレイ（LCD）を含む。

【0063】

いくつかの実施形態では、ディスプレイシステム 1000 は、光を種々のパターン（例えば、ラスタ走査、螺旋走査、リサージュパターン等）で 1 つ以上の導波管 1182、1184、1186、1188、1190 の中に、最終的には、視認者の眼 4 に投影するように構成される、1 つ以上の走査ファイバを備える、走査ファイバディスプレイであってもよい。いくつかの実施形態では、図示される画像投入デバイス 1200、1202、1204、1206、1208 は、光を 1 つまたは複数の導波管 1182、1184、1186、1188、1190 の中に投入するように構成される、単一走査ファイバまたは走査ファイバの束を図式的に表し得る。いくつかの他の実施形態では、図示される画像投入デバイス 1200、1202、1204、1206、1208 は、複数の走査ファイバまたは走査ファイバの複数の束を図式的に表し得、それぞれ、光を導波管 1182、1184、1186、1188、1190 のうちの関連付けられた 1 つの中に投入するように構成される。1 つ以上の光ファイバは、光を光モジュール 2040 から 1 つ以上の導波管 1182、1184、1186、1188、1190 に透過するように構成されてもよいことを理解されたい。1 つ以上の介在光学構造が、走査ファイバまたは複数のファイバと、1 つ以上の導波管 1182、1184、1186、1188、1190 との間に提供され、例えば、走査ファイバから出射する光を 1 つ以上の導波管 1182、1184、1186、1188、1190 の中に再指向してもよいことを理解されたい。

【0064】

コントローラ 1210 は、画像投入デバイス 1200、1202、1204、1206、1208、光源 2040、および光変調器 2030 の動作を含む、スタックされた導波管アセンブリ 1178 のうちの 1 つ以上のものの動作を制御する。いくつかの実施形態では、コントローラ 1210 は、ローカルデータ処理モジュール 70 の一部である。コントロ

10

20

30

40

50

ーラ 1 2 1 0 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 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 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。いくつかの実施形態では、コントローラは、単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 1 2 1 0 は、いくつかの実施形態では、処理モジュール 7 0 または 7 2（図 1）の一部であってもよい。

【0065】

図 6 を継続して参照すると、導波管 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 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 1 1 8 2、1 1 8 4、1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 はそれぞれ、主要な上部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 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 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 4 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 1 2 8 2、1 2 8 4、1 2 8 6、1 2 8 8、1 2 9 0 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、外部結合光学要素光はまた、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、導波管内で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る。外部結合光学要素 1 2 8 2、1 2 8 4、1 2 8 6、1 2 8 8、1 2 9 0 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。説明の容易性および図面の明確性のために、導波管 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 の底部主要表面に配置されて図示されるが、いくつかの実施形態では、外部結合光学要素 1 2 8 2、1 2 8 4、1 2 8 6、1 2 8 8、1 2 9 0 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 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 の容積内に直接配置されてもよい。いくつかの実施形態では、外部結合光学要素 1 2 8 2、1 2 8 4、1 2 8 6、1 2 8 8、1 2 9 0 は、透明基板に取り付けられ、導波管 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 を形成する、材料の層内に形成されてもよい。いくつかの他の実施形態では、導波管 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 は、モノリシック材料部品であってもよく、外部結合光学要素 1 2 8 2、1 2 8 4、1 2 8 6、1 2 8 8、1 2 9 0 は、その材料部品の表面上および/または内部に形成されてもよい。

【0066】

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 1 1 8 2、1 1 8 4、1 1 8 6、1 1 8 8、1 1 9 0 は、光を出力し、特定の深度平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 1 1 8 2 は、眼 4 にコリメートされた光（そのような導波管 1 1 8 2 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 1 1 8 4 は、眼 4 に到達し得る前に、第 1 のレンズ 1 1 9 2（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 1 3 5 0 は、眼/脳が、その次の上方の導波管 1 1 8 4 から生じる光を光学無限遠から眼 4 に向かって内向きにより近い第 1 の焦点面から生じるように解釈するように、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 1 1 8 6 は、眼 4 に到達する前に、その出力光を第 1 の 1 1 9 2 および第 2 の 1 1 9 4 レンズの両方を通して通過させる。第 1 の 1 1 9 2 および第 2 の 1 1 9 4 レンズの組み合わせられた屈折力は、眼/脳が、第 3 の上方の導波管 1 1 8 6 から生じる光が次の導波管 1 8 4 からの光であった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ように解釈するように、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。

【0067】

他の導波管層 1 1 8 8、1 1 9 0 およびレンズ 1 1 9 6、1 1 9 8 も同様に構成され、スタック内の最高導波管 1 1 9 0 は、人物に最も近い焦点面を表す集約焦点力のために、そ

10

20

30

40

50

の出力をそれと眼との間のレンズの全てを通して送出する。スタックされた導波管アセンブリ 1178 の他側の世界 1144 から生じる光を視認 / 解釈するとき、レンズ 1198、1196、1194、1192 のスタックを補償するために、補償レンズ層 1180 が、スタックの上部に配置され、下方のレンズスタック 1198、1196、1194、1192 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）。いくつかの代替実施形態では、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。

【0068】

いくつかの実施形態では、導波管 1182、1184、1186、1188、1190 のうちの 2 つ以上のものは、同一の関連付けられた深度平面を有してもよい。例えば、複数の導波管 1182、1184、1186、1188、1190 が、同一深度平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 1182、1184、1186、1188、1190 の複数のサブセットが、深度平面毎に 1 つのセットを伴う、同一の複数の深度平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、それらの深度平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。

【0069】

図 6 を継続して参照すると、外部結合光学要素 1282、1284、1286、1288、1290 は、導波管と関連付けられた特定の深度平面のために、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た深度平面を有する導波管は、外部結合光学要素 1282、1284、1286、1288、1290 の異なる構成を有してもよく、これは、関連付けられた深度平面に応じて、異なる量の発散を伴う光を出力する。いくつかの実施形態では、光抽出光学要素 1282、1284、1286、1288、1290 は、体積または表面特徴であってもよく、これは、具体的角度で光を出力するように構成されてもよい。例えば、光抽出光学要素 1282、1284、1286、1288、1290 は、体積ホログラム、表面ホログラム、および / または回折格子であってもよい。いくつかの実施形態では、特徴 1198、1196、1194、1192 は、レンズではなくてもよい。むしろ、それらは、単に、スペーサであってもよい（例えば、クラディング層および / または空隙を形成するための構造）。

【0070】

いくつかの実施形態では、外部結合光学要素 1282、1284、1286、1288、1290 は、回折パターンまたは「回折光学要素」（また、本明細書では、「DOE」とも称される）を形成する、回折特徴である。好ましくは、DOE は、ビームの光の一部のみが DOE の各交差点を用いて眼 4 に向かって偏向される一方、残りが、全内部反射を介して、導波管を通して移動し続けるように、十分に低回折効率（回折されるビーム強度と入射ビーム強度の比率）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 4 に向かって非常に均一なパターンの出射放出となる。

【0071】

いくつかの実施形態では、1 つ以上の 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ってもよい。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整合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整合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）。

【0072】

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態では、カメラアセンブリ 500（例えば、可視光および赤外線光カメラを含む、デジタルカメラ）が、提供され、眼 4 および / または眼 4 の周囲の組織の画像を捕捉し、例えば、ユーザ入力を検出し、および / またはユーザの生理学的状態を監視してもよい。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。いくつかの実施形態では、カメラアセンブリ 500 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、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。いくつかの実施形態では、カメラアセンブリ 500 は、フレーム 64（図 2）に取り付けられてもよく、カメラアセンブリ 500 からの画像情報を処理し、例えば、本明細書に議論されるように、ユーザの生理学的状態に関する種々の決定を行い得る、処理モジュール 70 および / または 72 と電気通信してもよい。ユーザの生理学的状態に関する情報は、ユーザの挙動または感情状態を決定するために使用されてもよいことを理解されたい。そのような情報の実施例は、ユーザの移動および / またはユーザの顔の表情を含む。ユーザの挙動または感情状態は、次いで、挙動または感情状態、生理学的状態、および環境または仮想コンテンツデータ間の関係を決定するように、収集された環境および / または仮想コンテンツデータで三角測量されてもよい。いくつかの実施形態では、1つのカメラアセンブリ 500 が、眼毎に利用され、各眼を別個に監視してもよい。

【0073】

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 1178（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 1178 は、複数の導波管を含むことを理解されたい。光 400 が、導波管 1182 の入力表面 1382 において導波管 1182 の中に投入され、TIR によって導波管 1182 内を伝搬する。光 400 が DOE 1282 上に衝突する点では、光の一部は、導波管から出射ビーム 402 として出射する。出射ビーム 402 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 1182 と関連付けられた深度平面に応じて、ある角度（例えば、発散出射ビーム形成）において眼 4 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 4 からの遠距離（例えば、光学無限遠）における深度平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 4 がより近い距離に遠近調節し、網膜に合焦させることを要求し、光学無限遠より眼 4 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。

【0074】

いくつかの実施形態では、フルカラー画像が、原色、例えば、3つ以上の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、各深度平面において形成されてもよい。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、各深度平面は、複数の異なる原色を使用して形成される画像を含む。図示される実施形態は、深度平面 14a - 14f 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。各深度平面は、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 の画像と関連付けられた 3つ以上の原色画像を有してもよい。異なる深度平面は、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に示される。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、視認者からの深度平面の逆距離を示し、図中の各ボックスは、個々の原色画像を表す。いくつかの実施形態では、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平面の正確な場所は、変動してもよい。例えば、所与の深度平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平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、および / または色収差を減少させ得る。

【0075】

いくつかの実施形態では、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、各深度平面は、それと関連付けられた複数の導波管を有してもよい。そのような

10

20

30

40

50

実施形態では、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、深度平面毎に提供されてもよく、3つの原色画像が、深度平面毎に提供される。各深度平面と関連付けられた導波管は、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。いくつかの他の実施形態では、複数の原色が、例えば、単一導波管のみが深度平面毎に提供され得るように、同一導波管によって出力されてもよい。

【0076】

図8を継続して参照すると、いくつかの実施形態では、Gは、緑色であって、Rは、赤色であって、Bは、青色である。いくつかの他の実施形態では、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た他の色も、赤色、緑色、または青色のうちの1つ以上の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。いくつかの実施形態では、特徴198、196、194、および192は、視認者の眼への周囲環境からの光を選択的に遮断するように構成される、能動または受動光学フィルタであって

10

【0077】

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であるように知覚される、光の波長の範囲内の1つ以上の波長の光を包含するものと理解されるであろうことを認識されたい。例えば、赤色光は、約620~780nmの範囲内の1つ以上の波長の光を含んでもよく、緑色光は、約492~577nmの範囲内の1つ以上の波長の光を含んでもよく、青色光は、約435~493nmの範囲内の1つ以上の波長の光を含んでもよい。

20

【0078】

いくつかの実施形態では、光源2040(図6)は、視認者の視覚的知覚範囲外の1つ以上の波長、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1000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4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

【0079】

ここで図9Aを参照すると、いくつかの実施形態では、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1200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つ以上の異なる波長または1つ以上の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1200は、スタック1178(図6)に対応してもよく、スタック1200の図示される導波管は、複数の導波管1182、1184、1186、1188、1190の一部に対応してもよいが、画像投入デバイス1200、1202、1204、1206、1208のうちの1つ以上のものからの光が、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。

30

40

【0080】

スタックされた導波管の図示されるセット1200は、導波管1210、1220、および1230を含む。各導波管は、関連付けられた内部結合光学要素(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1212は、導波管1210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1224は、導波管1220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1232は、導波管1230の主要表面(例えば、上側主要表面)上に配置される。いくつかの実施形態では、内部結合光学要素1212、1222、1232のうちの1つ以上のものは、個別の導波管1210、1220、1230の底部主要表面上に配置されてもよい(特に、1つ以上の内部結合光学要素は、反射性偏向光学要素である)。図示されるように、内

50

部結合光学要素 1212、1222、1232 は、その個別の導波管 1210、1220、1230 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、透過性偏向光学要素である。いくつかの実施形態では、内部結合光学要素 1212、1222、1232 は、個別の導波管 1210、1220、1230 の本体に配置されてもよい。いくつかの実施形態では、本明細書に議論されるように、内部結合光学要素 1212、1222、1232 は、他の光の波長を透過しながら、1つ以上の光の波長を選択的に再指向するような波長選択的である。その個別の導波管 1210、1220、1230 の片側または角に図示されるが、内部結合光学要素 1212、1222、1232 は、いくつかの実施形態では、その個別の導波管 1210、1220、1230 の他の面積内に配置されてもよいことを理解されたい。

10

【0081】

図示されるように、内部結合光学要素 1212、1222、1232 は、相互から側方にオフセットされてもよい。いくつかの実施形態では、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せずに、光を受光するようにオフセットされてもよい。例えば、各内部結合光学要素 1212、1222、1232 は、図 6 に示されるように、光を異なる画像投入デバイス 1200、1202、1204、1206、および 1208 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 1212、1222、1232 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 1212、1222、1232 から分離されてもよい（例えば、側方に離間される）。

【0082】

20

各導波管はまた、関連付けられた光分散要素を含み、例えば、光分散要素 1214 は、導波管 1210 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 1224 は、導波管 1220 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 1234 は、導波管 1230 の主要表面（例えば、上部主要表面）上に配置される。いくつかの他の実施形態では、光分散要素 1214、1224、1234 は、それぞれ、関連付けられた導波管 1210、1220、1230 の底部主要表面上に配置されてもよい。いくつかの他の実施形態では、光分散要素 1214、1224、1234 は、それぞれ、関連付けられた導波管 1210、1220、1230 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 1214、1224、1234 は、それぞれ、異なる関連付けられた導波管 1210、1220、1230 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。

30

【0083】

導波管 1210、1220、1230 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 1218a は、導波管 1210 および 1220 を分離してもよく、層 1218b は、導波管 1220 および 1230 を分離してもよい。いくつかの実施形態では、層 1218a および 1218b は、低屈折率材料（すなわち、導波管 1210、1220、1230 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 1218a、1218b を形成する材料の屈折率は、導波管 1210、1220、1230 を形成する材料の屈折率を 0.05 またはそれを上回って、または 0.10 またはそれを下回る。有利には、より低い屈折率層 1218a、1218b は、導波管 1210、1220、1230 を通して光の全内部反射（TIR）（例えば、各導波管の上部および底部主要表面間の TIR）を促進する、クラディング層として機能してもよい。いくつかの実施形態では、層 1218a、1218b 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 1200 の上部および底部は、直近クラディング層を含んでもよいことを理解されたい。

40

【0084】

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 1210、1220、1230 を形成する材料は、類似または同一であって、層 1218a、1218b を形成する材料は、類似または同一である。いくつかの実施形態では、導波管 1210、1220

50

、 1 2 3 0 を形成する材料は、 1 つ以上の導波管間で異なってもよい、 および / または層 1 2 1 8 a、 1 2 1 8 b を形成する材料は、 依然として、 前述の種々の屈折率関係を保持しながら、 異なってもよい。

【 0 0 8 5 】

図 9 A を継続して参照すると、 光線 1 2 4 0、 1 2 4 2、 1 2 4 4 が、 導波管のセット 1 2 0 0 に入射する。 光線 1 2 4 0、 1 2 4 2、 1 2 4 4 は、 1 つ以上の画像投入デバイス 1 2 0 0、 1 2 0 2、 1 2 0 4、 1 2 0 6、 1 2 0 8 (図 6) によって導波管 1 2 1 0、 1 2 2 0、 1 2 3 0 の中に投入されてもよいことを理解されたい。

【 0 0 8 6 】

いくつかの実施形態では、 光線 1 2 4 0、 1 2 4 2、 1 2 4 4 は、 異なる色に対応し得る、 異なる性質、 例えば、 異なる波長または異なる波長範囲を有する。 内部結合光学要素 1 2 1 2、 1 2 2 2、 1 2 3 2 はそれぞれ、 光が T I R によって導波管 1 2 1 0、 1 2 2 0、 1 2 3 0 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。

10

【 0 0 8 7 】

例えば、 内部結合光学要素 1 2 1 2 は、 第 1 の波長または波長範囲を有する、 光線 1 2 4 0 を偏向させるように構成されてもよい。 同様に、 透過される光線 1 2 4 2 は、 第 2 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 1 2 2 2 に衝突し、 それによって偏向される。 同様に、 光線 1 2 4 4 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 1 2 3 2 によって偏向される。

20

【 0 0 8 8 】

図 9 A を継続して参照すると、 偏向された光線 1 2 4 0、 1 2 4 2、 1 2 4 4 は、 対応する導波管 1 2 1 0、 1 2 2 0、 1 2 3 0 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 1 2 1 2、 1 2 2 2、 1 2 3 2 は、 光をその対応する導波管 1 2 1 0、 1 2 2 0、 1 2 3 0 の中に偏向させ、 光を対応する導波管の中に内部結合する。 光線 1 2 4 0、 1 2 4 2、 1 2 4 4 は、 光を T I R によって個別の導波管 1 2 1 0、 1 2 2 0、 1 2 3 0 を通して伝搬させる角度で偏向される。 光線 1 2 4 0、 1 2 4 2、 1 2 4 4 は、 導波管の対応する光分散要素 1 2 1 4、 1 2 2 4、 1 2 3 4 に衝突するまで、 T I R によって個別の導波管 1 2 1 0、 1 2 2 0、 1 2 3 0 を通して伝搬する。

【 0 0 8 9 】

ここで図 9 B を参照すると、 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が、 図示される。 前述のように、 内部結合された光線 1 2 4 0、 1 2 4 2、 1 2 4 4 は、 それぞれ、 内部結合光学要素 1 2 1 2、 1 2 2 2、 1 2 3 2 によって偏向され、 次いで、 それぞれ、 導波管 1 2 1 0、 1 2 2 0、 1 2 3 0 内で T I R によって伝搬する。 光線 1 2 4 0、 1 2 4 2、 1 2 4 4 は、 次いで、 それぞれ、 光分散要素 1 2 1 4、 1 2 2 4、 1 2 3 4 に衝突する。 光分散要素 1 2 1 4、 1 2 2 4、 1 2 3 4 は、 それぞれ、 外部結合光学要素 1 2 5 0、 1 2 5 2、 1 2 5 4 に向かって伝搬するように、 光線 1 2 4 0、 1 2 4 2、 1 2 4 4 を偏向させる。

30

【 0 0 9 0 】

いくつかの実施形態では、 光分散要素 1 2 1 4、 1 2 2 4、 1 2 3 4 は、 直交瞳エクスパンダ (O P E) である。 いくつかの実施形態では、 O P E は、 光を外部結合光学要素 1 2 5 0、 1 2 5 2、 1 2 5 4 に偏向または分散させることと、 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ることの両方を行う。 いくつかの実施形態では、 例えば、 ビームサイズがすでに所望のサイズである場合、 光分散要素 1 2 1 4、 1 2 2 4、 1 2 3 4 は、 省略されてもよく、 内部結合光学要素 1 2 1 2、 1 2 2 2、 1 2 3 2 は、 光を直接外部結合光学要素 1 2 5 0、 1 2 5 2、 1 2 5 4 に偏向させるように構成されてもよい。 例えば、 図 9 A を参照すると、 光分散要素 1 2 1 4、 1 2 2 4、 1 2 3 4 は、 それぞれ、 外部結合光学要素 1 2 5 0、 1 2 5 2、 1 2 5 4 と置換されてもよい。 いくつかの実施形態では、 外部結合光学要素 1 2 5 0、 1 2 5 2、 1 2 5 4 は、 光を視認者の眼 4 (図 7) 内に指向する、 射出瞳 (E P) または射出瞳エクспан

40

50

ダ (E P E) である。

【 0 0 9 1 】

故に、図 9 A および 9 B を参照すると、いくつかの実施形態では、導波管のセット 1 2 0 0 は、原色毎に、導波管 1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 0 と、内部結合光学要素 1 2 1 2、1 2 2 2、1 2 3 2 と、光分散要素 (例えば、O P E) 1 2 1 4、1 2 2 4、1 2 3 4 と、外部結合光学要素 (例えば、E P) 1 2 5 0、1 2 5 2、1 2 5 4 とを含む。導波管 1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 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 1 2 1 2、1 2 2 2、1 2 3 2 は、入射光をその導波管の中に再指向または偏向させる (異なる内部結合光学要素は、異なる波長の光を受光する)。光は、次いで、個別の導波管 1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 0 内で T I R をもたらずで
10
あろう、角度で伝搬する。示される実施例では、光線 1 2 4 0 (例えば、青色光) は、先に説明された様式において、第 1 の内部結合光学要素 1 2 1 2 によって偏向され、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) 1 2 1 4、次いで、外部結合光学要素 (例えば、E P) 1 2 5 0 と相互作用する。光線 1 2 4 2 および 1 2 4 4 (例えば、それぞれ、緑色および赤色光) は、導波管 1 2 1 0 を通して通過し、光線 1 2 4 2 は、内部結合光学要素 1 2 2 2 に衝突し、それによって偏向されるであろう。光線 1 2 4 2 は、次いで、T I R を介して、導波管 1 2 2 0 を辿ってバウンスし、その光分散要素 (例えば、O P E) 1 2 2 4、次いで、外部結合光学要素 (例えば、E P) 1 2 5 2 に進む。最後に、光線 1 2 4 4 (例えば、赤色光) は、導波管 1 2 2 0 を通して通過し、導波管 1 2 3 0 の光内部結合光学要素 1 2 3 2 に衝突する。光内部結合光学要素 1 2 3 2 は
20
、光線が、T I R によって、光分散要素 (例えば、O P E) 1 2 3 4 に、次いで、T I R によって、外部結合光学要素 (例えば、E P) 1 2 5 4 に伝搬するように、光線 1 2 4 4 を偏向させる。外部結合光学要素 1 2 5 4 は、次いで、最後に、光線 1 2 4 4 を視認者に外部結合し、視認者はまた、他の導波管 1 2 1 0、1 2 2 0 から外部結合された光も受光する。

【 0 0 9 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 1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 0 は、各導波管の関連付けられた光分散要素 1 2 1 4、1 2 2 4、1 2 3 4 および関連付けられた外部結合光学要素 1 2 5 0、1 2 5 2、1 2 5 4 とともに、垂直に整合されてもよい。しかしながら、本明
30
細書に議論されるように、内部結合光学要素 1 2 1 2、1 2 2 2、1 2 3 2 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。いくつかの実施形態では、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。

(液晶に基づくブラッグ反射または回折構造)

【 0 0 9 3 】

概して、液晶は、従来の流体と固体との間の中間であり得る、物理的性質を保有する。液晶は、いくつかの側面では、流体状であるが、大部分の流体と異なり、液晶内の分子の配列は、いくつかの構造秩序を呈する。異なるタイプの液晶は、サーモトロピック、リオトロピック、およびポリマー液晶を含む。本明細書に開示されるサーモトロピック液晶は、ネマチック状態 / 位相、スメクチック状態 / 位相、キラルネマチック状態 / 位相、またはキラルスメクチック状態 / 位相を含む、種々の物理的状態、例えば、位相に実装されることが
40
できる。

【 0 0 9 4 】

本明細書に説明されるように、ネマチック状態または位相における液晶は、比較的になんい位置秩序を有する一方、その長軸が略平行である状態で長距離指向性秩序を有する、カラミチック (棒形状) またはディスコチック (円板形状) 有機分子を有することができる
50

。したがって、有機分子は、依然として、その長距離指向性秩序を維持しながら、その質量中心位置が液体中におけるようにランダムに分散された状態で自由に流動し得る。いくつかの実装では、ネマチック位相における液晶は、一軸性であり得る。すなわち、液晶は、より長くかつ好ましい1つの軸を有し、他の2つは、ほぼ同等である。他の実装では、液晶は、二軸性であり得る。すなわち、その長軸の配向に加え、液晶はまた、二次軸に沿って配向され得る。

【0095】

本明細書に説明されるように、スメクチック状態または位相における液晶は、相互にわたって摺動し得る比較的明確に画定された層を形成する、有機分子を有することができる。いくつかの実装では、スメクチック位相における液晶は、1つの方向に沿って位置的に秩序付けられることができる。いくつかの実装では、分子の長軸は、液晶層の平面に対して略法線方向に沿って配向されることができる一方、他の実装では、分子の長軸は、層の平面に対して略法線方向に対して傾斜されてもよい。

10

【0096】

本明細書では、本開示全体を通して、ネマチック液晶は、棒状分子から成り、近傍分子の長軸は、相互に近似的に整合される。本異方性構造を説明するために、配向子と呼ばれる、無次元単位ベクトル n が、液晶分子の好ましい配向の方向を説明するために使用され得る。

【0097】

本明細書では、本開示全体を通して、傾斜角度または事前傾斜角度は、液晶層または基板の主要表面 ($x-y$ 平面) と垂直な平面、例えば、 $x-z$ 平面において測定され、かつ整合方向と主要表面または主要表面と平行方向、例えば、 x - 方向との間で測定される、角度を指し得る。

20

【0098】

本明細書では、本開示全体を通して、方位角または回転角度は、層法線方向または液晶層の主要表面に対して法線の軸を中心とした回転の角度を説明するために使用され、これは、液晶層または基板の主要表面と平行な平面、例えば、 $x-y$ 平面において測定され、かつ整合方向、例えば、身長方向または配向子の方向と、主要表面と平行方向、例えば、 y - 方向との間で測定される。

【0099】

本明細書では、本開示全体を通して、回転角度または事前傾斜角度等の整合角度が、異なる領域間で実質的に同一であると称されるとき、平均整合角度は、例えば、相互に約1%、約5%、または約10%以内であり得るが、平均整合は、ある場合には、より大きくあり得ることを理解されたい。

30

【0100】

本明細書では、本明細書全体を通して、デューティサイクルは、例えば、第1の整合方向に整合される液晶分子を有する第1の領域の第1の側方寸法と第1の領域を有するゾーンの格子周期との間の比率を指し得る。適用可能である場合、第1の領域は、液晶の整合が異なるゾーン間で変動しない、領域に対応する。

【0101】

本明細書に説明されるように、ネマチック状態またはスメクチック状態における液晶はまた、キラリティを呈することができる。そのような液晶は、キラル位相またはコレステリック位相にあると称される。キラルまたはコレステリック位相では、液晶は、配向子と垂直な分子の捻転を呈することができ、分子軸は、配向子と平行である。隣接する分子間の有限捻転角度は、その非対称充塞に起因し、これは、より長距離のキラル秩序をもたらす。

40

【0102】

本明細書に説明されるように、キラルスメクチック状態または位相における液晶は、液晶分子が位置秩序を層化構造内に有するように構成されることができ、分子は、層法線に対してある有限角度によって傾斜される。加えて、キラリティは、層法線方向における1つの液晶層から次の液晶層へと層法線に対する垂直方向に対して液晶分子の連続方位角捻転

50

を誘発し、それによって、分子軸の螺旋捻転を層法線に沿って生産することができる。

【0103】

本明細書に説明されるように、本開示全体を通して、キラル構造は、ある方向、例えば、層深度方向等の配向子と方向垂直に延在し、ある回転方向、例えば、時計回りまたは反時計回りに連続的に回転または捻転される、コレステリック位相における複数の液晶分子を指す。一側面では、キラル構造内の液晶分子の配向子は、ある螺旋ピッチを有する螺旋として特徴付けられることができる。

【0104】

本明細書に説明されるように、キラリティを示すコレステリック位相における液晶は、キラルピッチまたは螺旋ピッチ (p) を有するように説明され得、これは、第1の回転方向における完全1回転によるキラル構造の液晶分子の正味回転角度に対応する、層深度方向における長さに対応する。言い換えると、螺旋ピッチは、液晶分子が完全360°捻転を受ける距離を指す。螺旋ピッチ (p) は、例えば、温度が改変されると、または他の分子が液晶ホストに添加されると(アキラル液体ホスト材料は、キラル材料でドーブされる場合、キラル位相を形成し得る)、変化し、適宜、所与の材料の螺旋ピッチ (p) が調整されることを可能にし得る。いくつかの液晶システムでは、螺旋ピッチは、可視光の波長と同一秩序である。本明細書に説明されるように、キラリティを示す液晶はまた、捻転角度または回転角度 () を有するものとして説明され得、これは、例えば、層法線方向における連続液晶分子間の相対的方位角回転を指し得、かつ正味捻転角度または正味回転角度を有するものとして説明され得、これは、例えば、規定された長さ、例えば、キラル構造の長さまたは液晶層の厚さを横断した最上液晶分子と最下液晶分子との間の相対的方位角回転を指し得る。

【0105】

本明細書に説明される種々の実施形態によると、上記に説明されるような種々の状態または位相を有する、液晶は、例えば、複屈折、光学異方性、および薄膜プロセスを使用した製造可能性を含む、種々の望ましい材料性質をもたらすように構成されることができる。例えば、液晶層の表面条件を変化させ、および/または異なる液晶材料を混合することによって、空間可変回折性質、例えば、勾配回折効率を呈する、格子構造が、加工されることができる。

【0106】

本明細書に説明されるように、「重合化可能液晶」は、重合される、例えば、原位置で光重合され得、また、本明細書では、反応性メソゲン (RM) として説明され得る、液晶材料を指し得る。

【0107】

液晶分子は、いくつかの実施形態では、重合化可能であり得、いったん重合されると、他の液晶分子と大規模な網状体を形成し得ることを理解されたい。例えば、液晶分子は、化学結合または化学種を他の液晶分子に連結することによって、連結されてもよい。いったんともに継合されると、液晶分子は、ともに連結される前と実質的に同一配向および場所を有する、液晶ドメインを形成し得る。説明を容易にするために、用語「液晶分子」は、本明細書では、重合化前の液晶分子と、重合化後のこれらの分子によって形成される液晶ドメインの両方を指すために使用される。

【0108】

本明細書に説明される特定の実施形態によると、光重合化可能液晶材料は、ブラッグ反射または回折構造、例えば、回折格子を形成するように構成されることができ、複屈折、キラリティ、および複数のコーティングの容易性を含む、その材料性質は、異なる材料性質、例えば、複屈折、キラリティ、および厚さを伴う回折格子を作成するために利用されることができ、これは、異なる光学性質、例えば、いくつか挙げると、回折効率、波長選択性、および軸外回折角度選択性をもたらし得る。

【0109】

本明細書に説明されるように、「透過」または「透明」構造、例えば、透明基板は、入射

10

20

30

40

50

光の少なくとも一部、例えば、少なくとも 20、30、または 50% が、それを通して通過することを可能にし得ることを理解されたい。故に、透明基板は、いくつかの実施形態では、ガラス、サファイア、またはポリマー基板であってもよい。対照的に、「反射」構造、例えば、反射基板は、入射光の少なくとも一部、例えば、少なくとも 20、30、50、70、90%、以上のものを反射させ、そこから反射させ得る。

【0110】

格子の光学性質は、格子の物理的構造（例えば、周期性、深度、およびデューティサイクル）および格子の材料性質（例えば、屈折率、吸収率、および複屈折）によって決定される。液晶が、使用されるとき、格子の光学性質は、例えば、液晶材料の分子配向または分布を制御することによって制御されることができる。例えば、格子面積を横断して液晶材料の分子配向または分布を変動させることによって、格子は、段階的な回折効率を呈し得る。そのようなアプローチは、図を参照して以下に説明される。

（コレステリック液晶回折格子（CLCG））

【0111】

図 6 および 7 を参照して前述で説明されたように、本明細書に説明される種々の実施形態による、ディスプレイシステムは、光学要素、例えば、内部結合光学要素、外部結合光学要素、および光分散要素を含んでもよく、これは、回折格子を含んでもよい。例えば、図 7 を参照して上記に説明されるように、導波管 1182 の入力表面 1382 において導波管 1182 の中に投入される、光 400 は、全内部反射（TIR）によって、導波管 1182 内を伝搬する。光 400 が外部結合光学要素 1282 上に衝突する点において、光の一部は、導波管から出射ビーム 402 として出射する。いくつかの実装では、光学要素 1182、1282、または 1382 のいずれかは、回折格子として構成されることができる。

【0112】

光を導波管 1182 の中に効率的に内部結合させる（またはそこから外部結合させる）ことは、例えば、仮想 / 拡張 / 複合現実ディスプレイ用途のための導波管ベースのシースルーディスプレイを設計する際の課題であり得る。これらおよび他の用途に関して、その構造が回折性質を含む、種々の光学性質を最適化するように構成可能な材料から形成される回折格子を有することが望ましい。望ましい回折性質は、他の性質の中でもとりわけ、偏光選択性、スペクトル選択性、角度選択性、高スペクトル帯域幅、および高回折効率を含む。これらおよび他の必要性に対処するために、本明細書に開示される種々の実施形態では、光学要素 1282 は、コレステリック液晶回折格子（CLCG）として構成される。後述に説明されるように、種々の実施形態による CLCG は、とりわけ、偏光選択性、帯域幅、位相プロファイル、回折性質の空間変動、スペクトル選択性、および高回折効率を最適化するように構成されることができる。

【0113】

以下では、種々の光学性質のために最適化されたコレステリック液晶（CLC）を備える、反射液晶回折格子として構成される、CLCG の種々の実施形態が、説明される。概して、回折格子は、周期的構造を有し、これは、光を異なる方向に進行するいくつかのビームに分裂および回折させる。これらのビームの方向は、とりわけ、周期的構造の周期および光の波長に依存する。外部結合光学要素 1282（図 6、7）等のある用途に関して、ある光学性質、例えば、回折効率を最適化するために、CLC の種々の材料性質は、後述に説明されるように、最適化されることができる。

【0114】

前述で説明されるように、キラル（ネマチック）位相またはコレステリック位相におけるコレステリック液晶（CLC）層の液晶分子は、液晶層の法線方向または深度方向における膜の位置の関数として、配向子の連続方位角捻転を有するように配列される、複数の液晶分子によって特徴付けられる。本明細書に説明されるように、連続方位角捻転を有するように配列される、液晶分子は、集合的に、本明細書では、キラル構造と称される。本明細書に説明されるように、方位角捻転または回転の角度（ ）は、前述で説明されるよう

10

20

30

40

50

に、層法線と平行な方向に対する液晶分子の配向子間の角度として説明される。キラル構造の液晶分子の空間可変配向子は、螺旋パターンを形成するものとして説明され得、螺旋ピッチ (p) は、上記に説明されるように、配向子が 360° 回転した距離 (例えば、液晶層の層法線方向) として定義される。本明細書に説明されるように、回折格子として構成される CLC 層は、液晶の分子構造が深度方向に対して法線の側方方向に周期的に反復する、側方寸法を有する。側方方向における本周期性は、格子周期 () と称される。

【0115】

本明細書に説明される種々の実施形態によると、回折格子は、複数のキラル構造を備える、コレステリック液晶 (CLC) 層を備え、各キラル構造は、少なくともある螺旋ピッチによって、層深度方向に延在し、第 1 の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備える。螺旋ピッチは、第 1 の回転方向における完全 1 回転によるキラル構造の液晶分子の正味回転角度に対応する、層深度方向における長さである。キラル構造の液晶分子の配列は、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。

10

【0116】

図 10 は、実施形態による、複数の均一キラル構造を備える、コレステリック液晶 (CLC) 層 1004 の断面側面図を図示する。CLC 1004 は、複数のキラル構造 $1012-1$ 、 $1012-2$ 、 \dots 、 $1012-i$ として配列される、液晶分子を備える、CLC 層 1008 を備え、各キラル構造は、複数の液晶分子を備え、 i は、2 を上回る任意の好適な整数である。例えば、キラル構造 $1012-1$ は、層法線方向、例えば、図示される実施形態では、 z -方向に延在するように配列される、複数の液晶分子 $1012-1-1$ 、 $1012-1-2$ 、 \dots 、 $1012-1-j$ を備え、 j は、2 を上回る任意の好適な整数である。各キラル構造の液晶分子は、第 1 の回転方向に連続的に回転される。図示される実施形態では、液晶分子は、 z -軸の正の方向 (すなわち、軸矢印の方向) または入射光ビーム $1016-L$ 、 $1016-R$ の伝搬方向において見られると、時計回り方向に連続的に回転される。例えば、図示される実施形態では、キラル構造 $1012-1$ の液晶分子 $1012-1-1$ 、 $1012-1-2$ 、 \dots 、 $1012-1-j$ は、例えば、正の x -方向に対して、回転角度 1 、 2 、 \dots 、 j だけ連続的に回転される。図示される実施形態では、例証的目的のために、 z -方向における対向端間のキラル構造 $1012-1$ 、 $1012-2$ 、 \dots 、 $1012-i$ のそれぞれの複数の液晶分子は、液晶分子の正味回転角度が約 360° であるように、完全 1 回転または旋回分、回転される。その結果、キラル構造 $1012-1$ 、 $1012-2$ 、 \dots 、 $1012-i$ は、 z -方向に、螺旋ピッチ p と同一である長さ L を有する。しかしながら、実施形態は、そのように限定されず、キラル構造 $1012-1$ 、 $1012-2$ 、 \dots 、 $1012-i$ は、1 回を上回るまたはそれ未満の任意の数の完全回転、 360° より低いまたはより高い任意の好適な正味回転角度、および/または螺旋ピッチ p より短いまたはより長い z -方向における任意の好適な長さ L を有することができる。例えば、本明細書に説明される種々の実施形態では、キラル構造の完全旋回数は、他の数の中でもとりわけ、 $1 \sim 3$ 、 $2 \sim 4$ 、 $3 \sim 5$ 、 $4 \sim 6$ 、 $5 \sim 7$ 、 $6 \sim 8$ 、 $7 \sim 9$ 、または $8 \sim 10$ であることができる。

20

30

【0117】

依然として、図 10 を参照すると、 z -方向における隣接する液晶分子間の連続回転角度 1 、 2 、 \dots 、 j は、いくつかの実施形態によると、同一である、またはいくつかの他の実施形態によると、異なることができる。例証として、図示される実施形態では、キラル構造 $1012-1$ 、 $1012-2$ 、 \dots 、 $1012-i$ の長さは、約 p であって、正味回転角度は、 z -方向における隣接する液晶分子が約 $360^\circ / (m-1)$ 回転されるように、 360° であって、 m は、キラル構造内の液晶分子の数である。例えば、例証的目的のために、キラル構造 $1012-1$ 、 $1012-2$ 、 \dots 、 $1012-i$ はそれぞれ、 z -方向における隣接する液晶分子が相互に対して約 30° 回転されるように、13 の液晶分子を有する。当然ながら、種々の実施形態におけるキラル構造は、任意の好適な数の液晶分子を有することができる。

40

【0118】

50

したがって、依然として、図 10 を参照すると、側方方向、例えば、 x - 方向に隣接する、キラル構造は、同様に配列される液晶分子を有する。図示される実施形態では、キラル構造 1012 - 1、1012 - 2、... 1012 - i は、ほぼ同一深度における異なるキラル構造の液晶分子、例えば、光入射表面 1004 S に最も近い液晶分子が、ほぼ同一深度における同一回転角度、および連続液晶分子の連続回転角度、および各キラル構造の液晶分子の正味回転角度を有するように、同様に構成される。

【0119】

以下では、図 10 に図示される CLC 層 1004 はさらに、実施形態に従って、動作時において説明される。説明されるように、CLC 層 1004 は、側方方向、例えば、 x - 方向に均一配列を有する、キラル構造 1012 - 1、1012 - 2、... 1012 - i を備える。動作時、左回り円偏光を有する光ビームと右回り円偏光を有する光ビームの組み合わせを有する、入射光が、ブラッグ反射または回折によって、CLC 層 1008 の表面 1004 S 上に入射すると、円偏光掌性のうちの 1 つを伴う光は、CLC 層 1004 によって反射される一方、反対偏光掌性を伴う光は、実質的干渉を伴わずに、CLC 層 1008 を通して透過される。本明細書に説明されるように、本開示全体を通して、掌性は、伝搬方向において見られると定義される。実施形態によると、光ビーム 1016 - L、1016 - R の偏光の方向または偏光の掌性が、キラル構造 1012 - 1、1012 - 2、... 1012 - i の液晶分子と回転同一方向を有するように合致されるとき、入射光は、反射される。図示されるように、表面 1004 S 上に入射するのは、左回り円偏光を有する、光ビーム 1016 - L と、右回り円偏光を有する、光ビーム 1016 - R とである。図示される実施形態では、キラル構造 1012 - 1、1012 - 2、... 1012 - i の液晶分子は、入射光ビーム 1016 - L、1016 - R が進行する方向、すなわち、右回り円偏光を有する光ビーム 1016 - R と同一回転方向である、正の x - 方向に、時計回り方向に連続的に回転される。その結果、右回り円偏光を有する光ビーム 1016 - R は、実質的に反射される一方、左回り円偏光を有する光ビーム 1016 - L は、CLC 層 1004 を通して実質的に透過される。

【0120】

任意の理論によって拘束されるわけではないが、ブラッグ反射または回折条件下では、入射光の波長 () は、CLC 層の代表値または平均値屈折率 (n) および螺旋ピッチ (p) に比例し得、いくつかの状況下では、以下の条件を満たすように表され得る。

【化 1】

$$\lambda \cong np \quad [1]$$

【0121】

加えて、ブラッグ反射または回折波長の帯域幅 () は、CLC 層 1004 の複屈折 n (例えば、光の異なる偏光間の屈折率における差異) および螺旋ピッチ (p) に比例し得、いくつかの状況下では、以下の条件を満たすように表され得る。

$$= n \cdot p \quad [2]$$

【0122】

本明細書に説明される種々の実施形態では、帯域幅 は、約 60 nm、約 80 nm、または約 100 nm である。

【0123】

種々の実施形態によると、例えば、約 390 nm ~ 約 700 nm の可視波長範囲内、または例えば、約 700 nm ~ 約 2500 nm の近赤外線波長範囲内のピーク反射強度は、約 60 %、約 70 %、約 80 %、または約 90 % を超えることができる。加えて、種々の実施形態によると、半値全幅 (FWHM) は、約 100 nm 未満、約 70 nm 未満、約 50 nm 未満、または約 20 nm 未満であることができる。

【0124】

図 11 は、実施形態による、側方方向に異なるように配列される、例えば、捻転角度を側方方向に変動させる、キラル構造を有する、CLC 格子 (CLCG) 1150 の断面側面

図を図示する。図 10 の C L C 層 1 0 0 4 と同様に、回折格子 1 1 5 0 は、複数のキラル構造 1 1 6 2 - 1、1 1 6 2 - 2、... 1 1 6 2 - i として配列される液晶分子を備える、コレステリック液晶 (C L C) 層 1 1 5 8 を備え、各キラル構造は、複数の液晶分子を備える。例えば、キラル構造 1 1 6 2 - 1 は、図示される実施形態では、z - 方向として表される層法線方向に延在するように配列される、複数の液晶分子 1 1 6 2 - 1 - 1、1 1 6 2 - 1 - 2、... 1 1 6 2 - 1 - j を備える。各キラル構造の液晶分子は、図 10 に関して説明される類似様式において、第 1 の回転方向に連続的に回転される。加えて、長さ L、液晶分子によって行われる完全回転の数、およびキラル構造あたり液晶分子の数を含む、キラル構造の種々の他のパラメータは、図 10 に関して上記で説明されるキラル構造に類似する。

10

【0125】

しかしながら、図 10 の図示される実施形態と対照的に、図 11 の図示される実施形態では、側方方向、例えば、x - 方向に隣接するキラル構造は、異なるように配列される液晶分子を有する。キラル構造 1 1 6 2 - 1、1 1 6 2 - 2、... 1 1 6 2 - i は、ほぼ同一深度における異なるキラル構造の液晶分子が異なる回転角度を有するように、x - 方向に異なるように構成される。例えば、図示される実施形態では、キラル構造 1 1 6 2 - 1、1 1 6 2 - 2、... 1 1 6 2 - i の入射表面 1 1 5 8 S に最も近い、液晶分子 1 1 6 2 - 1 - 1、1 1 6 2 - 2 - 1、... 1 1 6 2 - i - 1 はそれぞれ、例えば、正の x - 方向に対して正の x - 軸方向に、回転角度 1 、 2 、... i だけ連続的に回転される。図示される実施形態では、回折格子 1 1 5 0 の周期に対応する、側方長さ p を横断した、入射表面 1 1 5 8 S に最も近い液晶分子 1 1 6 2 - 1 - 1、1 1 6 2 - 2 - 1、... 1 1 6 2 - i - 1 の正味回転角度は、約 180° の回転角度である。加えて、ほぼ同一深度レベルに配置される、異なるキラル構造の液晶分子は、個別の表面に最も近い液晶分子に対してほぼ同一回転角度だけ回転される。

20

【0126】

依然として、図 11 を参照すると、周期 p を横断して x - 方向に同一深度レベルにある液晶分子の連続回転角度 1 、 2 、... i は、いくつかの実施形態によると、同一である、またはいくつかの他の実施形態によると、異なることができる。図示される実施形態では、周期 p に関して、正味回転角度が、図示される実施形態におけるように、 360° であるとき、x - 方向に隣接する液晶分子は、約 $360^\circ / (m - 1)$ 回転され、m は、周期 p によって x - 方向に及ぶ、液晶分子の数である。例えば、例証的目的のために、x - 方向に同一垂直レベルにおける隣接する液晶分子が、相互に対して約 30° 回転されるように、周期 p を横断して及ぶ、7 つの液晶分子が存在する。当然ながら、種々の実施形態におけるキラル構造は、任意の好適な数の液晶分子を有することができる。

30

【0127】

例証目的のために、C L C 層 1 1 5 8 は、1 つのみの周期 p を有するように図示されることを理解されたい。当然ながら、実施形態は、そのように限定されず、C L C 層 1 1 5 8 は、x - 方向における C L C G の側方寸法によって決定される、任意の好適な数の周期を有することができる。

【0128】

C L C G 1 1 5 0 によって図示されるように、側方方向、例えば、x - 方向におけるキラル構造が、異なるように配列される、例えば、連続的に回転されると、連続的に回転されるキラル構造は、x - 方向に沿って反射された光の相対的位相に偏移を誘発する。これは、グラフ 1 1 7 0 に関して図示され、これは、x - 軸方向に 1 つの周期 p において回転角度 1 、 2 、... i だけ連続的に回転されるキラル構造から生じる位相変化 ϕ をプロットする。任意の理論によって拘束されるわけではないが、反射された光 1 0 1 8 の相対的位相差 $\Delta\phi$ は、 $\Delta\phi(x) = (2\pi x / p)$ として表され得、式中 x は、側方方向に沿った位置であって、 p は、周期である。帯域幅は、 $\Delta\phi = n \cdot p$ として表され得る。

40

【0129】

50

図 10 - 11 および方程式 [1] および [2] に戻って参照すると、種々の実施形態によると、ブラッグ反射された波長は、キラル構造の螺旋ピッチ p を変動させることによって、変動されることができる。種々の実施形態では、任意の理論によって拘束されるわけではないが、螺旋ピッチ p は、上記に説明されるような回転または捻転角度を誘発するためのキラル複合物の能力を指す、螺旋捻転力 (HTP) を増減させることによって、変動されることができる。HTP は、順に、キラル複合物の量を非キラル複合物の量に対して変化させることによって、変動されることができる。種々の実施形態では、化学的および/または機械的に、キラル複合物と非キラル複合物、例えば、ネマチック複合物を混合させることによって、ブラッグ反射波長、したがって、色が、キラル複合物の相対的割合と螺旋ピッチとの間の逆関係に基づいて、変動されることができる。本明細書に開示される種々の実施形態では、キラル複合物の量と非キラル複合物の量の比率は、重量比約 20 : 1、10 : 1、5 : 1、4 : 1、3 : 1、2 : 1、1 : 1、1 : 2、1 : 3、1 : 4、1 : 5、1 : 10、または約 1 : 20 であることができる。

【 0130 】

図 10 および 11 に関して前述の説明では、入射光ビーム 1016 - L、1016 - R は、層法線と平行方向に、例えば、 z - 方向に伝搬するように図示される。しかしながら、種々の用途に関して、例えば、図 6 および 7 に関して上記に説明されるように、導波管 1182 内を伝搬する、例えば、全内部反射 (TIR) によって伝搬する光は、外部結合光学要素 1282、1284、1286、1288、1290、例えば、回折格子に、ある軸外角度で衝突する。本明細書に説明されるような回折格子は、下記に説明されるように、そのような構成のために、帯域幅および回折効率を最大限にするように構成されることができる。

【 0131 】

図 10 および 11 に関して前述の説明では、液晶分子は、事前傾斜されないように図示される。しかしながら、実施形態は、そのように限定されず、液晶分子は、いくつかの実施形態によると、CLCG の主要表面と平行な方向に対して、例えば、 x - y 平面に対して、約 $+/-60$ 度 ~ 約 $+/-90$ 度または約 $+/-65$ 度 ~ 約 $+/-85$ 度、例えば、約 $+/-75$ 度、約 $+/-35$ 度 ~ 約 $+/-65$ 度または約 $+/-40$ 度 ~ 約 $+/-60$ 度、例えば、約 $+/-50$ 度、約 $+/-10$ 度 ~ 約 $+/-40$ 度または約 $+/-15$ 度 ~ 約 $+/-35$ 度、例えば、約 $+/-25$ 度である、事前傾斜角度を有することができる。いくつかの他の実施形態によると、事前傾斜角度は、約 ± 15 度または約 ± 10 度または約 ± 5 、例えば、0 度であることができる。

(軸外入射角における高帯域幅反射のために構成される CLCG)

【 0132 】

図 12 は、実施形態による、軸外入射角における高反射帯域幅のために構成される CLC 層 1158 の断面側面図を図示する。本明細書に説明されるように、軸外入射角は、非ゼロ値を有し、反射角度でブラッグ反射されたビーム 1220 をもたらす、層法線の方法 (例えば、図 12 では、 z - 方向) に対する入射ビーム 1216 の入射角 i_{nc} を指す。いくつかの状況下では、反射角度は、 θ を変動させることによって、限定された程度まで変動されることができる。任意の理論によって限定されるわけではないが、いくつかの状況下では、軸外反射は、以下の関係に基づいて説明され得る。

$$n \cdot \sin(\theta) = n_0 \cdot \sin(i_{nc}) \quad [3]$$

式中、 i_{nc} は、層法線の方法に対する入射角であって、 θ は、層法線の方法に対する反射角であって、 n は、反射されたビームが伝搬する、媒体の反射率である。CLC 層 1158 が、軸外角度において入射ビーム 1216 で照明されると、反射スペクトルは、より短い波長に向かって偏移され得る。本明細書に開示される種々の実施形態によると、比率 n/n_0 は、0.5 ~ 0.8、0.6 ~ 0.9、0.7 ~ 1.0、0.8 ~ 1.1、0.9 ~ 1.2、1.0 ~ 1.6、1.1 ~ 1.5、または 1.2 ~ 1.4 の値を有することができる。

【 0133 】

10

20

30

40

50

任意の理論によって拘束されるわけではないが、CLC層1158が高効率でブラッグ反射するように構成される、軸外角度はまた、キラル構造の螺旋ピッチ p に依存し得る。

【0134】

図13Aおよび13Bは、実施形態による、軸外入射角における反射のために構成されるCLC層の断面側面図を図示する。図13Aを参照すると、第1のコレスティック液晶(CLC)層1358Aは、第1の螺旋ピッチ(p_1)を有する、第1の複数のキラル構造を備える。第1のCLC層1358Aは、第1の入射光ビーム1316Aが、CLC層1358Aの入射表面に第1の軸外角度 $i_{nc,1}$ で指向され、これが、第1の反射角度 θ_1 における第1の反射された光ビーム1320Aをもたらすとき、ブラッグ反射が最大であるような第1の螺旋ピッチ p_1 を有する。図示されるように、CLC層1358Aはさらに、比較的到高回折効率が取得され得る、第1の範囲1324Aの軸外入射角を有するように構成される。第1の範囲1324Aは、軸外入射角の範囲に対応し得、その外側では、第1の反射された光ビーム1320Aの強度は、例えば、 $1/e$ を上回って低下する。例えば、第1の範囲1324Aは、 $i_{nc,1} \pm 3^\circ$ 、 $i_{nc,1} \pm 5^\circ$ 、 $i_{nc,1} \pm 7^\circ$ 、 $i_{nc,1} \pm 10^\circ$ 、または $i_{nc,1} \pm 20^\circ$ の値を有することができる。

10

【0135】

図13Bを参照すると、第2のコレスティック液晶(CLC)層1358Bは、第1のCLC層1358Aと異なり、図13Aの第1のCLC層1358Aの第1の螺旋ピッチ p_1 と異なる第2の螺旋ピッチ(p_2)を有する、第2の複数のキラル構造を備える。

20

【0136】

図示されるように、第2のCLC層1358Bは、第2の入射光ビーム1316Bが、CLC層1358Bの入射表面に第1の軸外角度 $i_{nc,1}$ と異なる第2の軸外角度 $i_{nc,2}$ で指向されるとき、第1の反射角度 θ_1 と異なる第2の反射角度 θ_2 を有する、第2の反射された光ビーム1320Bが、生成されるように構成される。図示されるように、CLC層1358Bはさらに、図13Aに関して上記で説明される第1の範囲1324Aに類似する、軸外角度の第2の範囲1324Bを有するように構成される。

【0137】

図13Cは、実施形態による、複数の軸外入射角および高回折帯域幅でブラッグ反射させるために、異なる螺旋ピッチをスタックされた構成において有する、複数のCLC層を含む、CLCG1358の断面側面図を図示する。CLCG1358は、実施形態によると、例えば、スタックされた構成において、および/または相互に接触して、相互にわたって形成される、それぞれ、図13Aおよび13Bに関して上記で説明される、CLC層1358A、1358Bを含む。異なる螺旋ピッチを含む、複数のCLC層1358A、1358Bの種々のパラメータは、CLCG1358が、複数の軸外入射角における効率的な反射および1つのみのCLCを使用して取得され得るものより広範囲の軸外角度にわたる高回折効率のために構成されるように、改良または最適化されることができる。例えば、図示される実施形態では、 p_1 および p_2 は、結果として生じる第1および第2の範囲1324Aおよび1324Bが、少なくとも部分的に、重複し、第1および第2の範囲1324Aおよび1324Bを含む、連続的波長範囲にわたって、高回折効率を提供するように選択されることができる。しかしながら、他の実施形態では、 p_1 および p_2 は、第1および第2の範囲1324Aおよび1324Bが重複しないように選択されることができる。

30

40

【0138】

動作時、第1および第2のCLC層1358A、1358Bは、第1および第2の軸外角度 $i_{nc,1}$ 、 $i_{nc,2}$ における、第1および第2の入射光ビーム1316A、1316Bが、第1のCLC層1358Aの入射表面に指向されると、第1の入射光ビーム1316Aが、第1の反射角度 θ_1 で第1のCLC層1358Aによって実質的に反射される一方、第2の入射光ビーム1358Bが、第1のCLC層1358Aを通して、第2のCLC層1358Bの入射表面に向かって実質的に透過し、第2の反射角度 θ_2 で第2

50

のCLC層1358Bによって実質的に反射されるように、相互にわたって形成される。明確にするために示されないが、上記に説明される概念は、任意の好適な数のCLC層に拡張されることができることを理解されたい。

【0139】

本明細書に説明されるように、本明細書全体を通して、層を通して「実質的に透過する」光ビームは、光が層から出射するにつれて、残っている入射光強度の少なくとも20%、30%、50%、70%、または90%を有する光を指し得る。同様に、層によって「実質的に反射された」光ビームは、反射された光に残っている入射光強度の少なくとも20%、30%、50%、70%、または90%を有する光を指し得る。

【0140】

依然として、図13Cを参照すると、種々の実施形態では、第1および第2のCLC層1358A、1358Bの液晶分子は、CLC層1358A、1358Bが、前述で説明されるように、異なる螺旋捻転力(HTP)を有するように、同一キラル複合物を異なる量で含むことができる。例えば、第2のCLC層1358Bは、第1のCLC層1358Aと比較して、より高い相対的量の同一キラル複合物を有してもよい。いくつかの実施形態では、ピッチpは、キラルおよび非キラル複合物を含む、総液晶複合物に対するキラル複合物の割合に反比例してもよい。しかしながら、実施形態は、そのように限定されず、第1および第2のCLC層1358A、1358Bは、異なるキラル複合物を有することができる。

【0141】

加えて、種々の実施形態では、第1および第2のCLC層1358A、1358Bの液晶分子は、CLC層1358A、1358Bが、それぞれ、異なる比率 / 1および / 2を有し、CLC層1358A、1358Bが、例えば、方程式[3]に従って、異なる入射角 $\text{inc}, 1$ 、 $\text{inc}, 2$ で高回折効率のために構成され得るように、同一または異なるキラル複合物を含むことができる。

【0142】

依然として、図13Cを参照すると、第1および第2のCLC層1358A、1358Bは、いくつかの実施形態によると、直接、相互の上に加えられることができる。例えば、第1のCLC層1358Aは、第1のCLC層1358Aのための整合条件を提供する、整合層上に堆積されることができ、続いて、第2のCLC層1358Bは、第1のCLC層1358B上に堆積されることができる。これらの加工条件下では、第1のCLC層1358Aの表面は、第2のCLC層1358Bのための整合条件を提供することができる。いくつかの他の実施形態では、CLC層1358A、1358Bはそれぞれ、別個の整合層を用いて加工されることができる。例えば、第1のCLC層1358Aは、第1の整合層上に形成されることができ、第2の整合層は、第1のCLC層1358A上に形成されることができ、第2のCLC層1358Bは、第2の整合層上に形成されることができる。隔離層、例えば、薄い酸化物層が、いくつかの実施形態によると、第2の整合層および/または第2のCLC層1358Bを形成することに先立って、第1のCLC層1358A上に形成されてもよい。さらに他の実施形態では、2つのCLC層1358A、1358Bは、個々に、異なる基板上に加工され、続いて、スタックされることができる。種々の実施形態では、中間層が、2つのCLC層1358A、1358B間に形成され、例えば、接着性を向上させることができる。

【0143】

異なる軸外角度における最適回折効率のために最適化された複数のCLC層を有する、CLCGに関して上記に説明される概念は、他の代替実施形態にも拡張されることができる。特に、いくつかの実施形態では、複数の層を形成する代わりに、単一CLC層は、異なる軸外角度における最適回折効率のために最適化された異なる領域を有するように構成されることができる。

【0144】

図14は、実施形態による、複数の軸外入射角で高回折帯域幅を伴う異なる垂直領域にお

10

20

30

40

50

いてブラッグ反射させるために、深度方向に沿って異なる螺旋ピッチを伴う垂直領域を有する、単一CLC層1404を含む、CLCG1400の断面側面図を図示する。CLC層1404は、高回折効率が、均一ピッチを深度方向に有する1つのみのCLC層を使用して取得され得るものより広範囲の軸外角度にわたって取得され得るように最適化された、異なるパラメータ、例えば、異なる螺旋ピッチを有する、複数の垂直領域を有する。図示される実施形態では、単一CLC層1404は、複数の垂直領域1404A、1404B、1404C、および1404Dを含み、これは、それぞれ、異なる螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、 p_3 、および p_4 を有することができる。図13Cに関して上記に説明されるものと同様に、螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、 p_3 、および p_4 は、複数の垂直領域1404A、1404B、1404C、および1404Dが、それぞれ、入射角 inc A 、 inc B 、 inc C 、および inc D における最適回折効率のために構成され、これが、それぞれ、対応する反射角度 A 、 B 、 C 、および D で異なる垂直深度に反射された光ビームをもたらすように選択されることができる。さらに、図13Cに関して上記に説明されるように、CLC層1404はさらに、比較的到高回折効率が取得されることができる、個別の範囲の軸外角度を有するように構成される。当然ながら、4つの垂直領域が、明確にするために、図示されるが、任意の好適な数の領域が、CLC層1404内に含まれることができる。加えて、複数のCLC層を有する、図13CのCLCG1358に関して上記に説明される異なる変動も、CLCG1400に適用可能であり得る。

【0145】

図14の図示される実施形態では、螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、 p_3 、および p_4 の値は、螺旋ピッチの勾配の減少が深度方向（負の z -方向）に作成されるように、入射表面1404Sからの深度の増加に伴って減少する。 z -方向における層深度の関数としての螺旋ピッチの減少率が、CLC層の1404の厚さを横断して均一であるとき、深度と螺旋ピッチとの間の線形関係を表すグラフ1408が、取得され得る。しかしながら、実施形態は、そのように限定されない。実施例のために、螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、 p_3 、および p_4 は、いくつかの他の実施形態によると、任意の深度で増減することができ、層深度の関数として、異なる率で変化することができる。

【0146】

螺旋ピッチの勾配を有する、CLC層1404は、CLC層の異なる深度における液晶分子の螺旋捻転力（HTP）を変動させる、例えば、増減させることによって、加工されることができる。HTPは、順に、キラル複合物の相対的量を変化させることによって、空間的に変動されることができる。種々の実施形態では、異なる垂直深度において、化学的および/または機械的に、キラル複合物と非キラル複合物、例えば、ネマチック複合物を混合させることによって、垂直領域1404A、1404B、1404C、および1404Dの螺旋ピッチは、キラル複合物の相対的割合と螺旋ピッチとの間の逆関係に基づいて、それぞれ、異なる入射角 inc A 、 inc B 、 inc C 、および inc D における最適回折効率のために構成されることができる。例えば、UV照射下において異なる反応率で重合化プロセスを受ける、異なる化学成分（例えば、キラルジアクリレートモノマーおよびネマチック/非キラルモノアクリレートモノマー）の混合物が、使用されることができる。加えて、または代替として、HTPは、CLC層の異なる深度におけるUV照射の暴露強度および/または暴露時間を含む、照射条件を変化させることによって、空間的に変動されることができる。HTPはまた、UV照射の前、後、および/または間、熱処理を含む、UV重合化プロセスの前/後処理を変動させることによって、空間的に変動されることができる。例えば、UV吸収染料が、混合物に添加されると、CLC層の異なる深度におけるUV光の強度勾配が、作成されることができる。例えば、UV強度勾配に起因して、表面の近傍の重合化は、CLC層の底部領域と比較して、より高速で進み得る。例えば、コレステリック成分が、ジアクリレートであるとき、結果として生じるポリマーの中に組み込まれる確率は、ポリマー内に組み込まれるネマチックモノアクリレートの確率よりはるかに高い、例えば、2倍となり得る。いくつかの状況下では、全体的重合化率が、CLC層の表面領域の近傍のキラルジアクリレートの枯渇が、ジアクリレート濃

10

20

30

40

50

度勾配をCLC層の深度方向に生成するように制御される。これは、ひいては、CLC層の表面領域に向かってジアクリレートの拡散を開始する。完全光重合化後、CLC層の表面領域が、比較的により大量の非キラル複合物を含有する、CLC層の底部領域と比較して、より多くのキラル材料を含有する、したがって、より短い螺旋ピッチを有する結果となり得る。ある他の状況下では、UV照射前/後または間の熱処理が、重合化プロセスに追加され、螺旋ピッチ勾配を制御することができる。したがって、熱処理の有無にかかわらず、2つの異なる液晶モノマー間の比率および/または異なる深度におけるUV照射の用量を制御することによって、螺旋ピッチ勾配が、CLC層の深度方向に沿って達成されることができる。

【0147】

いくつかの用途に関して、層法線方向に直交する側方方向に沿って変動させるために、他のパラメータの中でもとりわけ、オフ角度回折効率、屈折率、波長選択性、偏光選択性、および位相選択性等の回折格子のある光学特性を有することが望ましくあり得る。側方変動は、光が側方方向に伝搬するように、例えば、上記の図6および7に関して図示されるように、例えば、格子が導波管とともにスタックされるとき、所望される。しかしながら、そのような構成下では、光の強度は、導波管（例えば、図7における1182）内で伝搬するにつれて減衰し得る。そのような構成はまた、例えば、光強度を格子（例えば、図7における1282）を横断して意図的に歪曲させ、ヒトの眼と関連付けられた感知効率の空間および/または角度変動に適合させ、ユーザ体験を最大限にするために望ましくあり得る。したがって、空間可変光学特性を有する、光学要素、例えば、回折格子の必要がある。

【0148】

図15は、実施形態による、ブラッグ反射を空間的に変動させるために、側方方向に沿って異なる螺旋ピッチを伴う側方領域を有する、CLC層を含む、CLCGの断面側面図を図示する。CLC層1424は、側方可変性質、例えば、ブラッグ反射のための側方可変軸外入射角が、取得され得るように、異なる液晶材料パラメータ、例えば、螺旋ピッチを有する、複数の側方領域を有する。図示される実施形態では、CLC層1424は、それぞれ、周期を有し、個別の螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、および p_3 を有する、複数の側方領域1424A、1424B、および1424Cを含む。螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、および p_3 は、複数の垂直領域1424A、1424B、および1404Cが、それぞれ、異なる軸外入射角 i_{ncA} 、 i_{ncB} 、および i_{nC} における最適回折効率のために構成され、これが、それぞれ、対応する反射角度 A 、 B 、および C において反射された光ビームをもたらすように選択されることができる。さらに、図13Cに関して上記に説明されるように、CLC層1424の異なる側方領域はさらに、比較的に高回折効率が取得され得る、類似の個別の範囲の軸外角度を有するように構成される。当然ながら、3つの垂直領域が、明確にするために、図示されるが、任意の好適な数の領域は、CLC層1424内に含まれることができる。

【0149】

図15の図示される実施形態では、螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、および p_3 の大きさは、螺旋ピッチの勾配が作成されるように、単調に側方方向に変化することができる。 x -方向における螺旋ピッチの変化率が、CLC層1424の幅または長さを横断して均一であるとき、長さまたは幅と螺旋ピッチとの間の線形関係は、グラフ1428に図示されるように、取得されることができる。しかしながら、実施形態は、そのように限定されない。実施例のために、螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、および p_3 は、任意の側方位置で増減することができる、種々の他の実施形態に従って、長さまたは幅に沿って x -方向に異なる率で変化することができる。

【0150】

種々の実施形態によると、CLC層は、例えば、液晶分子の整合特性または他の材料性質を空間的に変動させることによって、側方可変回折特性を有するように加工されることができる。例えば、図14に関して前述で説明される類似様式において、例えば、2つの異

10

20

30

40

50

なる液晶モノマー間の比率および／または異なる側方領域におけるUV照射の用量を制御することによって、側方螺旋ピッチ勾配が、側方寸法に沿って達成されることができる。
(波長選択的光結合のためにCLCGと結合される導波管)

【0151】

前述で説明されるように、光の内部結合および外部結合を含む、種々の用途に関して、導波管デバイスは、全内部反射(TIR)によって、光を伝搬するように構成されることができる。図16は、CLCG1150に結合される導波管1604を備える、光学導波デバイス1600の実施例を図示する。CLCG1150は、図11に関して前述で説明されるキラル構造1162-1、1162-2、...、1162-iと類似様式において、複数のキラル構造として配列される液晶分子を備える。導波管1604は、CLCG1150にわたって配置され、CLCG1150に光学的に結合される。楕円／円偏光入射光1016-R/Lが、キラル構造の液晶分子の回転方向に合致する、偏光掌性を有するとき、入射光1016-R/Lは、結合された光が、全内部反射(TIR)によって、側方方向(例えば、x-方向)に進行するような角度で、CLCG1150によってブラッグ反射され、導波管1604の中に結合される。任意の理論によって拘束されるわけではないが、TIR条件は、回折角度が導波管の臨界角 c を上回るときに満たされ得る。いくつかの状況下では、TIR条件は、以下のように表され得る。

$$\sin(c) = 1/n_t \quad [4]$$

式中、 n_t は、導波管1604の屈折率である。種々の実施形態によると、 n_t は、約1～約2、約1.4～約1.8、または約1.5～約1.7であってもよい。例えば、導波管は、ポリカーボネートまたはガラス等のポリマーから成ってもよい。

【0152】

図17Aは、第1のCLCG1750Aに結合され、 $\theta > c_3$ であるとき、全内部反射(TIR)によって、第3の波長 λ_3 を有する光を伝搬するように構成される、第1の導波管1704Aを備える、第1の光学導波デバイス1700Aを図示する。第1のCLCG1750Aは、第1の周期 p_1 と、第1の螺旋ピッチ p_1 とを有する。いくつかの実施形態によると、第1の導波デバイス1700Aは、TIRによって、可視スペクトル(例えば、波長約400nm～700nmを伴う)内の光を伝搬するために構成されてもよい。いくつかの他の実施形態によると、第1の導波デバイス1700Aは、TIRによって、赤外線スペクトル(例えば、波長約700nm～1400nmを伴うスペクトルの近赤外線部分内)内の光を伝搬するために構成されてもよい。図10および11に関して上記に説明されるように、ブラッグ反射は、前述の方程式[1]によって表される波長において、前述の方程式[2]によって表される波長の帯域幅内で生じる。例えば、第1のCLCG1750Aは、TIRによって、青色(例えば、約450nm)、緑色(例えば、約550nm)、赤色(例えば、約650nm)、または赤外線のうちの1つ内の第3の波長 λ_3 を有する、第3の入射光1736を結合するために設計されてもよい。図示されるように、 θ が、前述で説明されるように、約60nm、約80nm、または約100nmであるとき、第1および第2の波長 λ_1 、 λ_2 を有する、第1および第2の光1716および1726は、方程式[1]がこれらの色に関して満たされないため、実質的に透過され、これは、方程式[4]が満たされないため、第1の導波管1704の中に結合されない。

【0153】

図17Bは、図17Aに関して上記で図示される第1の光学導波デバイス1700Aと組み合わせられる、第2の光学導波デバイス1700Bを図示する。光学導波デバイス1700Bは、光学導波デバイス1700Aに続いて、光学経路内に配置され、第2のCLCG1750Bに結合され、 $\theta > c_2$ であるとき、全内部反射(TIR)によって、第2の波長 λ_2 を有する第2の光1726を伝搬するように構成される、第2の導波管1704Bを備える。第2のCLCG1750Bは、第2の周期 p_2 と、第2の螺旋ピッチ p_2 とを有する。図17Aに関して上記に説明されるように、第1および第2の波長 λ_1 、 λ_2 を有する、第1および第2の光1716および1726は、第1の光学導波デバイス1

700 Aを通して実質的に透過される。透過される第1および第2の光1716および1726のうち、第2のCLCG1750 Bは、 $\lambda_2 > c_2$ であるとき、TIRによって、青色（例えば、約450 nm）、緑色（例えば、約550 nm）、赤色（例えば、約650 nm）、または赤外線の中の透過されたものの内の第2の波長 λ_2 を有する、第2の入射光1726を結合するために設計されてもよい。したがって、図示されるように、 $\lambda_1 > c_1$ が、前述で説明されるように、約60 nm、約80 nm、または約100 nmであるとき、第1の波長 λ_1 を有する第1の光1716は、第2の導波デバイス1700 Bをさらに通して実質的に透過される。

【0154】

図17 Cは、図17 Bに関して上記に図示される第1および第2の光学導波デバイス1700 Aおよび1700 Bと組み合わせられる、第3の光学導波デバイス1700 Cを図示する。第3の光学導波デバイス1700 Cは、第1および第2の光学導波デバイス1700 Aおよび1700 Bに続いて、光学経路内に配置され、第3のCLCG1750 Cに結合され、 $\lambda_3 > c_3$ であるとき、全内部反射（TIR）によって、第1の波長 λ_1 を有する第1の光1716を伝搬するように構成される、第3の導波管1704 Cを備える。第3のCLCG1750 Cは、第3の周期 Λ_3 と、第3の螺旋ピッチ p_3 とを有する。図17 Bに関して上記に説明されるように、第1の波長 λ_1 を有する第1の光1716は、第1および第2の導波デバイス1700 Aおよび1700 Bを通して実質的に透過される。第3のCLCG1750 Cは、 $\lambda_3 > c_3$ であるとき、TIRによって、青色（例えば、約450 nm）、緑色（例えば、約550 nm）、赤色（例えば、約650 nm）、または赤外線の中の透過されたものの内の第1の波長 λ_1 を有する、第1の入射光1716を結合するために設計されてもよい。したがって、図示されるように、 $\lambda_1 > c_1$ が、前述で説明されるように、約60 nm、約80 nm、または約100 nmであるとき、第1の波長 λ_1 を有する第1の光1716は、方程式[4]が満たされるため、第3の導波管1704 Cの中に実質的に結合される。

【0155】

したがって、図17 A - 17 Cに関して上記に説明されるように、第1、第2、および第3の光学導波デバイス1700 A、1700 B、および1700 Cのうちの1つ以上のものを同一光学経路内に設置することによって、異なる波長 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 を有する、第1、第2、および第3の光1716、1726、および1736のうちの1つ以上のものが、それぞれ、第1、第2、および第3の導波管1704 A、1704 B、および1704 Cのうちの1つ内でTIRによって伝搬するように結合されることができる。図17 A - 17 Cのそれぞれでは、第1 - 第3の光学導波デバイス1704 A、1704 B、および1704 Cはそれぞれ、それぞれ、専用第1 - 第3の導波管1704 A、1704 B、および1704 Cと、専用第1 - 第3のCLCG1750 A、1750 B、および1750 Cとを有するが、実施形態は、そのように限定されない。例えば、単一導波管は、TIRによって、図18に関して後述に図示されるように、複数のCLCGのスタックからブラッグ反射された光を結合することができる。加えて、3つを上回る（または3つ未満の）任意の好適な数の光学導波デバイスもまた、ブラッグ反射によってさらに選択的結合するために、組み合わせられることができる。

【0156】

図18は、複数のCLCG1750に結合される共通導波管1704を備える、光学導波デバイス1800を図示する。複数のCLCG1750は、第1 - 第3のCLCG1750 A - 1750 Cを備える、スタックとして構成され、それぞれ、全内部反射（TIR）によって、第3、第2、および第1の波長 λ_3 、 λ_2 、および λ_1 を有する、第3、第2、および第1の光1736、1726、および1716を伝搬するように構成される。TIRは、それぞれ、第3、第2、および第1の光1736、1726、および1716のうちの1つ以上のものが、図17 A - 17 Cに関して上記に説明される類似様式において、それぞれ、条件 $\lambda_3 > c_3$ 、 $\lambda_2 > c_2$ 、および $\lambda_1 > c_1$ を満たすときに生じる。また、類似様式において、第1、第2、および第3のCLCG1750 A、1750 B、お

10

20

30

40

50

よび 1750C は、それぞれ、 $\lambda > c_3$ 、 $\lambda > c_2$ 、および $\lambda > c_1$ であるとき、第 3、第 2、および第 1 の光 1736、1726、および 1716 を選択的にブラッグ反射させるように構成される。当然ながら、3 つ未満以上の（または 3 つ未満の）任意の好適な数の CLCG が、ブラッグ反射によってさらに選択的に結合するためにスタックされることができる。したがって、図 17B および 17C に関して上記で説明される実施形態と比較して、よりコンパクトな導波デバイス 1800 が、共通導波管 1704 を採用することによって取得されることができる。また、3 つの明確に異なる CLCG 層（図 18 に示されるように）の代わりに、CLCG 層のスタックは、 $p_1 \sim p_3$ の範囲を含む、螺旋ピッチ勾配を有する、単一（または複数の）層として配列され得る。

【0157】

図 17A - 18 に関して上記に説明されるように、第 1 - 第 3 の CLCG 1750、1750B、1750C は、それぞれ、第 1 - 第 3 の周期 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 と、それぞれ、第 1 - 第 3 の螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、および p_3 とを有する。種々の実施形態では、CLCG はそれぞれ、波長 / 周期比率 λ / λ_i が、約 0.3 ~ 2.3、約 0.8 ~ 1.8 または約 1.1 ~ 約 1.5、例えば、約 1.3 であるように構成されることができる。代替として、周期（ λ_i ）は、CLCG がブラッグ反射のために構成される個別の波長（ λ_i ）より約 1 nm ~ 250 nm 小さい、約 50 nm ~ 200 nm 小さい、または約 80 nm ~ 170 nm 小さいように構成されることができる。例えば、 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 が、それぞれ、可視範囲、例えば、約 620 nm ~ 約 780 nm、例えば、約 650 nm（赤色）、約 492 nm ~ 約 577 nm、例えば 550 nm（緑色）、および約 435 nm ~ 約 493 nm、例えば、約 450 nm（青色）内であるとき、対応する周期 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 は、それぞれ、約 450 nm ~ 約 550 nm、例えば、約 500 nm、約 373 nm ~ 約 473 nm、例えば、約 423 nm、および約 296 nm ~ 約 396 nm、例えば、約 346 nm であることができる。代替として、 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 が、赤外線範囲、例えば、近赤外線範囲約 750 nm ~ 約 1400 nm 内、例えば、約 850 nm であるとき、対応する周期 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 は、約 975 nm ~ 約 1820 nm、例えば、約 1105 nm であることができる。加えて、種々の実施形態では、CLCG はそれぞれ、波長 / 螺旋ピッチ比率 λ / p_i が、約 0.6 ~ 2.6、約 1.1 ~ 2.1、または約 1.4 ~ 約 1.8、例えば、約 1.6 であるように構成されることができる。代替として、螺旋ピッチ（ p_i ）は、CLCG がブラッグ反射のために構成される個別の波長（ λ_i ）より約 50 nm ~ 350 nm 小さい、約 100 nm ~ 300 nm 小さい、または約 140 nm ~ 280 nm 小さいように構成されることができる。例えば、 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 が、それぞれ、約 620 nm ~ 約 780 nm、例えば、約 650 nm（赤色）、約 492 nm ~ 約 577 nm、例えば 550 nm（緑色）、および約 435 nm ~ 約 493 nm、例えば、約 450 nm（青色）であるとき、対応する螺旋ピッチ p_1 、 p_2 、および p_3 は、それぞれ、約 350 nm ~ 約 450 nm、例えば、約 400 nm、約 290 nm ~ 約 390 nm、例えば、約 340 nm、約 230 nm ~ 約 330 nm、例えば、約 280 nm であることができる。代替として、 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 が、赤外線範囲、例えば、近赤外線範囲約 750 nm ~ 約 1400 nm 内、例えば、約 850 nm であるとき、対応する周期 λ_1 、 λ_2 、および λ_3 は、約 1200 nm ~ 約 2240 nm、例えば、約 1360 nm であることができる。

（波長選択的光結合のために CLCG およびミラーと結合される導波管）

【0158】

図 19 は、図 16 に関して前述で説明される光学導波デバイスと同様に、CLCG 1150 に結合される導波管 1604 を備える、光学導波デバイス 1900 を図示する。図 10 および 11 に関して前述で説明されるように、動作時、楕円形 / 円偏光入射光の偏光の掌性が、CLCG 1150 のキラル構造の液晶分子と同一回転方向を有するとき、CLCG 1150 は、入射光を実質的に反射させる。図示されるように、表面 1050S 上に入射するのは、左回り円偏光を有する光ビーム 1016-L と、右回り円偏光を有する光ビーム 1016-R とである。図示される実施形態では、キラル構造の液晶分子は、液晶分子

10

20

30

40

50

の回転方向が右回り円偏光を有する光ビーム 1016 - R の掌性に合致するように、入射光ビーム 1016 - L、1016 - R が進行する方向、すなわち、負の z - 方向において見られると、時計回り方向に連続的に回転される。その結果、右回り円偏光を有する光ビーム 1016 - R は、CLCG1150 によって実質的に反射される一方、左回り円偏光を有する光ビーム 1016 - L は、CLCG1150 を通して実質的に透過される。

【0159】

いくつかの用途に関して、図 19 に関して上記で説明されるものに類似する導波デバイスの中に結合することに先立って、楕円または円偏光された光の偏光掌性を反転させることが望ましくあり得る。これは、例えば、前述で議論されるように、CLCG が導波管の中に結合するために光をブラッグ反射させるように構成されないように、入射楕円または円偏光の偏光掌性が、CLCG 内のキラル構造の回転方向に合致しないときに該当し得る。ある他の用途に関して、入射楕円または円偏光の偏光掌性と CLCG 内のキラル構造の回転方向との間の合致の欠如に起因して、CLCG を通して透過される光をリサイクルすることが望ましくあり得る。これらおよび他の必要性に対処するために、以下では、偏光変換反射体を採用し、これらの必要性に対処する、導波デバイスの種々の実施形態が、開示される。

【0160】

図 20 は、実施形態による、CLCG1604 および偏光変換反射体 2004 に結合される導波管 1150 を備える、光学導波デバイス 2000 を図示し、CLCG1604 は、入射光を受光するように構成され、導波管 1150 は、全内部反射 (TIR) によって、CLCG からブラッグ反射された光を伝搬するように構成される。偏光変換反射体 2004 は、そこからの反射に応じて、入射楕円または円偏光の偏光掌性が、反対偏光掌性 (例えば、左回りから右回りまたは右回りから左回り) に反転されるように構成される。導波デバイス 2000 は、図 19 に関して上記で説明される、導波デバイス 1900 に類似するが、最初に、入射光ビームを導波管 1150 を通して受光するように構成される代わりに、導波デバイス 2000 は、最初に、例えば、左回り円偏光を有する入射光ビーム 2016 - L を CLCG1604 を通して受光するように構成される。入射光ビーム 2016 - L は、CLCG1604 によってブラッグ反射されないように、入射光ビーム 2016 - L の伝搬方向 (負の z - 方向) において見られると、CLCG1604 内のキラル構造の回転方向に合致しない、偏光掌性を有する。その結果、入射光ビーム 2016 - L は、CLCG1604 を通して実質的に透過され、続いて、偏光変換反射体 2004 によって反射される。例えば、右回り円偏光を有する反射された光ビーム 2016 - R は、それによって、導波管 1150 の表面 1150 S 上への入射光ビームとなる。反転された偏光掌性のため、ここで、導波管 1150 の表面 1150 S 上に入射する、反射された光ビーム 2016 - R は、CLCG1604 によってブラッグ反射されるように、反射された光ビーム 2016 - R (正の z - 方向) の伝搬方向において見られると、CLCG1604 内のキラル構造の回転方向に合致する、偏光掌性を有する。さらに反射されたビーム 2018 が層法線方向 (z - 軸) に対して角度 $> c$ で反射されるにつれて反射された反射光ビーム 2016 - R は、導波管 1150 に結合し、それを通して側方方向 (例えば、 x - 方向) に進行する。

【0161】

図 21 A は、入射光ビーム 2116 が、それぞれ、左回りおよび右回り円偏光成分の両方を含むように処理され得る、線形偏光または非偏光される条件下における、図 20 に関して上記で説明される、光学導波デバイス 2000 を図示する。そのような条件下では、入射光ビーム 2116 は、TIR によって、両側方方向において、導波管の中に結合されることができる。例えば、図 20 に関して上記に説明されものと同様に、CLCG1604 内のキラル構造の回転方向に合致しない、偏光掌性、例えば、左掌性を有する、入射光ビーム 2116 の成分は、CLCG1604 を通して実質的に透過され、続いて、偏光変換反射体 2004 によって反射され、偏光掌性が反転され、例えば、右掌性に反転され、導波管 1150 の中に結合され、それを通して第 1 の側方方向 (例えば、正の x - 方向) に

10

20

30

40

50

進行する。他方では、図 19 に関して上記に説明されるものと同様に、CLCG1604 内のキラル構造の回転方向に合致する、偏光掌性、例えば、右掌性を有する、入射光ビーム 2116 の成分は、CLCG1604 によって直接実質的に反射され、続いて、導波管 1150 の中に結合され、それを通して第 1 の側方方向と反対の第 2 の側方方向（例えば、負の x - 方向）に進行する。

【0162】

図 21B は、入射光が、2つの直交楕円または円偏光ビーム、例えば、左回り円偏光を有する光ビーム 1016-L と、右回り円偏光を有する光ビーム 1016-R とに偏光される条件における、図 21A に関して上記で説明される、光学導波デバイス 2000 を図示する。そのような条件下では、入射光ビーム 1016-L、1016-R は、前述で図 21A に関して説明される類似様式において、TIR によって、両側方方向に伝搬するように、導波管の中に結合されることができる。例えば、CLCG1604 内のキラル構造の回転方向に合致しない、偏光掌性、例えば、左掌性を有する、光ビーム 1016-L は、CLCG1604 を通じて実質的に透過され、続いて、偏光変換反射体 2004 によって反射され、偏光掌性が反転され、例えば、右掌性に反転され、導波管 1150 の中に結合され、それを通して第 1 の側方方向（例えば、正の x - 方向）に進行する。他方では、CLCG1604 内のキラル構造の回転方向に合致する、偏光掌性、例えば、右掌性を有する、入射光ビーム 1016-R は、CLCG1604 によって直接実質的に反射され、続いて、導波管 1150 の中に結合され、それを通して第 1 の側方方向と反対の第 2 の側方方向（例えば、負の x - 方向）に進行する。

【0163】

図 22A は、実施形態による、例えば、第 1 の回転方向を有するキラル構造を有する、第 1 の CLCG2204 と、第 1 の回転方向と反対の第 2 の回転方向を有するキラル構造を有する、第 2 の CLCG2208 とを含む、スタックとして配列される、複数の CLCG に結合される共通導波管 2204 を備える、光学導波デバイス 2200 を図示する。種々の実施形態に関して前述で説明されるように、動作時、入射光ビームの偏光方向の方向が、CLCG のキラル構造の液晶分子の回転の方向に合致されると、入射光は、反射される。図示される光学導波デバイス 2200 は、入射光ビーム 2116 が線形偏光または非偏光される条件下にある。そのような条件下では、入射光ビーム 2116 は、TIR によって、両側方方向（正のおよび負の x 方向）の両方において、導波管の中に結合されることができる。図示される実施形態では、入射光 2116 が進行する方向、すなわち、負の z - 方向において見られると、第 1 の CLCG2204 のキラル構造の液晶分子は、時計回り方向に連続的に回転される一方、第 2 の CLCG2208 のキラル構造の液晶分子は、反対の反時計回り方向に連続的に回転される。

【0164】

依然として、図 22A を参照すると、第 1 の CLCG2204 のキラル構造の回転方向、例えば、時計回り方向に合致する、第 1 の偏光掌性、例えば、右回り偏光成分を有する、楕円または円形入射光ビーム 2116 の成分は、第 1 の CLCG2204 によって実質的に反射され、それによって、層法線方向（z - 軸）に対して角度 $\theta > \theta_1$ における第 1 の反射されたビーム 2118A をもたらし、共通導波管 2204 に結合し、それを通して第 1 の側方方向（例えば、正の x - 方向）に進行する。

【0165】

依然として、図 22A を参照すると、他方では、第 1 の CLCG2204 のキラル構造の回転方向に合致しない、第 2 の偏光掌性、例えば、左回り偏光成分を有する、楕円または円形入射光ビーム 2116 の成分は、第 1 の CLCG2204 を通じて実質的に透過される。第 1 の CLCG2204 を通じて透過された後、第 2 の CLCG2208 のキラル構造の回転方向、例えば、反時計回り方向に合致する、第 2 の偏光掌性 2116 を有する、楕円または円形入射光ビーム 2116 は、第 2 の CLCG2208 によって実質的に反射され、それによって、層法線方向（z - 軸）に対して角度 $\theta > \theta_2$ における第 2 の反射されたビーム 2118B をもたらし、共通導波管 2204 に結合し、それを通して第 2 の

側方方向（例えば、負の x - 方向）に進行する。

【0166】

図22Bは、入射光が、2つの直交楕円または円偏光ビーム、例えば、左回り楕円形/円偏光を有する、例えば、光ビーム1016-Lと、例えば、右回り楕円形/円偏光を有する、光ビーム1016-Rとに偏光される異なる条件における、図22Aに関して上記で説明される、光学導波デバイス2000を図示する。そのような条件下では、入射光ビーム1016-L、1016-Rは、第1および第2の偏光掌性、例えば、左掌性および右掌性を有する、入射光ビーム1016-L、1016-Rを結合するために、前述で図22Aに関して説明される類似様式において、TIRによって、両側方方向において、共通導波管2204の中に結合されることができる。

10

【0167】

図21Bおよび22Bに関して上記で説明される実施形態は、特に、例えば、異なる光信号（すなわち、画像）が直交円偏光においてエンコードされる、ある用途において有利であり得る。そのような状況下では、光は、偏光掌性に応じて、反対方向（例えば、正のおよび負の x - 方向）に結合されることができる。

【0168】

図22Cは、実施形態による、例えば、第1の回転方向を有するキラル構造を有する、第1のCLCG2204と、第1の回転方向と反対の第2の回転方向を有するキラル構造を有する、第2のCLCG2208とを含む、スタックとして配列される、複数のCLCGに結合される共通導波管2250を備える、光学導波デバイス2220を図示する。図22Aおよび22Bに関して説明される実施形態と異なり、導波デバイス2220では、共通導波管2250は、第1および第2のCLCG層2204、2208間に介在される。例証目的のために、図示される光学導波デバイス2220は、入射光ビーム2116が線形偏光または非偏光される条件下にある。そのような条件下では、入射光ビーム2116は、TIRによって、両側方方向において、導波管の中に結合されることができる。図示される実施形態では、入射光2116が進行する方向、すなわち、負の z - 方向において見られると、第1のCLCG2204のキラル構造の液晶分子は、時計回り方向に連続的に回転される一方、第2のCLCG2204のキラル構造の液晶分子は、反対時計回り方向に連続的に回転される。当然ながら、反対配列も、可能性として考えられる。

20

【0169】

依然として、図22Cを参照すると、第1のCLCG2204のキラル構造の回転方向、例えば、時計回り方向に合致する、第1の偏光掌性、例えば、右回り偏光成分を有する、楕円または円形入射光ビーム2116の成分は、第1のCLCG2204によって実質的に反射され、それによって、層法線方向（ z - 軸）に対して角度 $> c1$ における第1の反射されたビーム2118Aをもたらす、これは、順に、TIRによって、共通導波管2250の中に結合し、それを通して第1の側方方向（例えば、負の x - 方向）に進行する前に、第1のCLCG2204の外側表面から反射する。

30

【0170】

依然として、図22Cを参照すると、他方では、第1のCLCG2204のキラル構造の回転方向、例えば、時計回り方向に合致しない、第2の偏光掌性、例えば、左回り偏光成分を有する、楕円または円形入射光ビーム2116の成分は、第1のCLCG2204を通して、さらに、共通導波管2204を通して実質的に透過され、その後、第2のCLCG2208によって実質的に反射され、それによって、層法線方向（ z - 軸）に対して角度 $> c2$ における第2の反射されたビーム2218Bをもたらす、TIRによって、共通導波管2250に結合し、それを通して第2の側方方向（例えば、正の x - 方向）に進行する。

40

（コレステリック液晶軸外ミラー）

【0171】

種々の実施形態に関して前述で説明されるように、入射楕円または円偏光の偏光の掌性とCLC層のキラル構造の液晶分子回転方向を合致させることによって、CLC層は、ブラ

50

ッグ反射体として構成されることができる。さらに、異なる螺旋ピッチを有する、1つ以上のCLC層は、高帯域幅を伴う、波長選択的ブラッグ反射体として構成されることができる。種々の実施形態に関して本明細書に説明される概念に基づいて、CLC層は、第1の範囲の波長、例えば、赤外線波長（例えば、近赤外線）を選択的に反射させる一方、別の範囲の波長、例えば、可視波長を透過させるように構成される、軸外ミラーとして構成されることができる。以下では、実施形態による、眼追跡システム内に実装されるCLC軸外ミラーの種々の実施形態の用途が、開示される。

【0172】

図23は、種々の実施形態による、視認者の眼302を結像するように構成される、コレステリック液晶反射体（CLCR）、例えば、波長選択的CLCR1150を採用する、眼追跡システム2300の実施例を図示する。眼追跡は、他の用途の中でもとりわけ、仮想／拡張／複合現実ディスプレイ用途のためのウェアラブルディスプレイ、例えば、図2におけるウェアラブルディスプレイシステム200または図24A - 24Hに説明されるシステム700を含む、双方向視覚または制御システムにおける重要な特徴であり得る。良好な眼追跡を達成するために、眼302の画像を低視点角度において取得することが望ましくあり得、そのために、ひいては、眼追跡カメラ702bを視認者の眼の中心位置の近傍に配置することが望ましくあり得る。しかしながら、カメラ702bのそのような位置は、ユーザのビューに干渉し得る。代替として、眼追跡カメラ702bは、より低い位置または側に配置されてもよい。しかしながら、カメラのそのような位置は、眼画像がより急峻な角度で捕捉されるため、ロバストかつ正確な眼追跡を取得することの困難度を増加させ得る。選択的に、赤外線（IR）光2308（例えば、850nmの波長を有する）を眼302から反射させる一方、図4に示されるように世界からの可視光2304を透過させるように、CLCR1150を構成することによって、カメラ702bは、眼画像を法線または低視点角度で捕捉しながら、ユーザのビューから離れるように設置されることができる。そのような構成は、可視光が反射されないため、ユーザのビューに干渉しない。同一CLCR1150はまた、図示されるように、IR照明源2320として構成されることができる。IR照明器の低視点角度は、例えば、睫毛からのオクルージョンを殆どもたらし得ず、その構成は、鏡面反射のよりロバストな検出を可能にし、これは、現代の眼追跡システムにおいて重要な特徴であり得る。

【0173】

依然として、図23を参照すると、種々の実施形態によると、CLCR1150は、それぞれ、複数のキラル構造を備える、1つ以上のコレステリック液晶（CLC）層を備え、各キラル構造は、前述で説明されるように、層深度方向（例えば、z-方向）に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備える。キラル構造の液晶分子の配列は、1つ以上のCLC層が、第1の波長（ λ_1 ）を有する第1の入射光を実質的にブラッグ反射させる一方、第2の波長（ λ_2 ）を有する第2の入射光を実質的に透過させるように構成されるように、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。本明細書のいずれかに説明されるように、1つ以上のCLC層はそれぞれ、層深度方向において見られると、第1の回転方向と合致される偏光の掌性を有する、楕円または円偏光第1および第2の入射光を実質的にブラッグ反射させるように構成される一方、層深度方向において見られると、第1の回転方向と反対の偏光の掌性を有する、楕円または円偏光第1および第2の入射光を実質的に透過させるように構成される。実施形態によると、側方方向に周期的に変動する液晶分子の配列は、第1の波長と周期との間の比率が約0.5～約2.0であるような周期を側方方向に有するように配列される。実施形態によると、第1の波長は、本明細書のいずれかに説明されるように、近赤外線範囲約600nm～約1.4 μ m、例えば、約850nm内にあって、第2の波長は、1つ以上の色を有する可視範囲内にある。実施形態によると、キラル構造の液晶分子は、層深度方向に対する法線の方角に対して事前傾斜される。構成されるように、1つ以上のCLC層は、第1の入射光が、層深度方向（z-方向）に対してある角度（ θ ）で、例えば、前述で説明される方程式[3]に基づいて、層深度方向に対して約50°、約60°、約70°、または約80°度

10

20

30

40

50

を超えて反射されるように構成される。

【 0 1 7 4 】

図 2 に戻って参照すると、頭部搭載型ディスプレイ（HMD）（例えば、図 2 におけるウェアラブルディスプレイシステム 200）の装着者の眼は、例えば、ホログラフィック光学要素（HOE）であり得る、反射軸外回折光学要素（DOE）を使用して結像されることができる。結果として生じる画像は、片眼または両眼を追跡し、網膜を結像し、眼形状を 3 次元で再構築し、バイオメトリック情報を眼（例えば、虹彩識別）から抽出する等のために使用されることができる。

【 0 1 7 5 】

頭部搭載型ディスプレイ（HMD）が装着者の眼の状態についての情報を使用し得るには、種々の理由が存在する。例えば、本情報は、装着者の視線方向を推定するため、またはバイオメトリック識別のために使用されることができる。しかしながら、本問題は、HMD と装着者の眼との間の短距離のため、困難である。これはさらに、視線追跡が、より大きい視野を要求する一方、バイオメトリック識別が、比較的到高ピクセル数を虹彩上の標的上に要求するという事実によって複雑になる。これらの目的の両方を遂行するように試みるであろう、結像システムに関して、2 つのタスクの要件は、主として、衝突する。最後に、両問題は、眼瞼および睫毛によるオクルージョンによってさらに複雑になる。本明細書に説明される結像システムの実施形態は、これらの問題の一部または全部に対処する。図 2 4 A - 2 4 F を参照して本明細書に説明される結像システム 700 の種々の実施形態は、本明細書に説明されるディスプレイデバイス（例えば、図 2 に示されるウェアラブルディスプレイシステム 200 および / または図 6 に示されるディスプレイシステム 1000）を含む、HMD と併用されることができる。

【 0 1 7 6 】

図 2 4 A は、眼 304 を視認するために使用され、装着者のこめかみに近接して（例えば、ウェアラブルディスプレイシステム 200 のフレーム 64、図 2、例えば、耳掛け部上に）搭載される、結像機 702 b を備える、結像システム 700 の実施例を図式的に図示する。他の実施形態では、第 2 の結像機が、各眼が別個に結像されるように、装着者の他方の眼 302 のために使用される。結像機 702 b は、赤外線放射に敏感な赤外線デジタルカメラを含むことができる。結像機 702 b は、後方に面し、眼 304 に指向される（図 6 に示されるカメラ 500 と同様に）のではなく、前方（装着者の視覚の方向）に面するように搭載される。結像機 702 b を装着者の耳のより近くに配置することによって、結像機 702 b の重量もまた、耳のより近くとなり、HMD は、結像機が後方に面し、HMD の正面のより近くに（例えば、図 2 のディスプレイ 62 に近接して）配置される、HMD と比較して、装着がより容易になり得る。加えて、前向きに面した結像機 702 b を装着者のこめかみの近傍に設置することによって、装着者の眼 304 から結像機までの距離は、HMD の正面の近傍に配置される後方に面した結像機と比較して（例えば、図 4 に示されるカメラ 500 と比較して）、約 2 倍となる。画像の被写界深度は、本距離にほぼ比例するため、前向きに面した結像機 702 b のための被写界深度は、後方に面した結像機と比較して、約 2 倍となる。結像機 702 b のためのより大きい被写界深度は、大きいまたは突出した鼻、眉弓等を有する、装着者の眼領域を結像するために有利であり得る。

【 0 1 7 7 】

結像機 702 b は、そうでなければ透明な光学要素 706 の内側表面 704 を視認するために位置付けられる。光学要素 706 は、HMD のディスプレイ 708（または一対の眼鏡内のレンズ）の一部であることができる。光学要素 706 は、光学要素上に入射する可視光の少なくとも 10 %、20 %、30 %、40 %、50 %、以上のものに対して透過性であることができる。他の実施形態では、光学要素 706 は、透明である必要はない（例えば、仮想現実ディスプレイ内において）。光学要素 706 は、CLC 軸外ミラー 708 を備えることができる。CLC 軸外ミラー 708 は、第 1 の範囲の波長を反射させる一方、第 2 の範囲の波長（第 1 の範囲の波長と異なる）に対して実質的に透過性である、表面であることができる。第 1 の範囲の波長は、赤外線内であることができ、および第 2 の範

10

20

30

40

50

図の波長は、可視内であることができる。例えば、CLC軸外ミラー708は、ホットミラーを備えることができ、これは、赤外線光を反射させる一方、可視光を透過させる。そのような実施形態では、装着者からの赤外線光710a、712a、714aは、光学要素706に伝搬し、そこから反射し、反射された赤外線光710b、712b、714bをもたらす、これは、結像機702bによって結像されることができる。いくつかの実施形態では、結像機702bは、CLC軸外ミラー708によって反射された第1の範囲の波長の少なくともサブセット（非空サブセットおよび/または全部未満のサブセット等）に敏感である、またはそれを捕捉可能であり得る。例えば、CLC軸外ミラー708は、700nm～1.5μmの範囲内の赤外線光を反射させ得、結像機702bは、波長700nm～900nmにおける近赤外線光に敏感である、またはそれを捕捉可能であり得る。別の実施例として、CLC軸外ミラー708は、700nm～1.5μmの範囲内の赤外線光を反射させ得、結像機702bは、結像機702bが波長700nm～900nmにおける近赤外線光を捕捉し得るように、900nm～1.5μmの範囲内の赤外線光をフィルタリング除去する、フィルタを含んでもよい。

10

【0178】

外界（1144、図6）からの可視光は、光学要素706を通して透過され、装着者によって知覚されることができる。事実上、図24Aに示される結像システム700は、装着者の眼304に向かって逆指向される仮想結像機702cが存在するかのよう作用する。仮想結像機702cは、装着者の眼704から光学要素706を通して伝搬される仮想赤外線光710c、712c、714c（点線として示される）を結像することができる。ホットミラー（または本明細書に説明される他のDOE）は、光学要素706の内側表面704上に配置され得るが、これは、限定ではない。他の実施形態では、ホットミラーまたはDOEは、光学要素706の外側表面上または光学要素706（例えば、体積HOE）内に配置されることができる。

20

【0179】

図24Bは、結像システム700の別の実施例を図式的に図示する。本実施形態では、視点歪曲が、視結像機702bを伴う視点制御レンズアセンブリ716b（例えば、偏移レンズアセンブリ、傾斜レンズアセンブリ、または傾斜偏移レンズアセンブリ）の使用によって、低減または排除され得る。いくつかの実施形態では、視点制御レンズアセンブリ716bは、結像機702bのレンズの一部であってもよい。視点制御レンズ716bは、結像機702bに対する法線が、DOE（またはHOE）またはホットミラーを含む、表面704の領域に対する法線と略平行であるように構成されることができる。事実上、図24Bに示される結像システム700は、装着者の眼304に向かって逆指向される仮想視点制御レンズアセンブリ716cを伴う仮想結像機702cであるかのよう作用する。

30

【0180】

加えて、または代替として、図24Cに図式的に示されるように、光学要素706のCLC軸外ミラー708は、その表面704上に、軸外ホログラフィックミラー（OAHM）を有してもよく、これは、光710a、712a、714aを反射させ、反射された光710b、712b、714bを捕捉する、カメラ結像機702bによる眼304の視認を促進するために使用される。OAHM708は、同様に、屈折力を有してもよく、その場合、これは、図24Dに図式的に示されるように、軸外立体回折光学要素（OAVDOE）であることができる。図24Dに示される実施例では、仮想カメラ702cの効果的場所は、無限遠にある（かつ図24Dに示されない）。

40

【0181】

いくつかの実施形態では、HOE（例えば、OAHMまたはOAVDOE）は、複数のセグメントに分割されることができる。これらのセグメントはそれぞれ、例えば、セグメントが入射（赤外線）光を反射させる反射角度または屈折力を含む、異なる光学性質または特性を有することができる。セグメントは、光が各セグメントから結像機702bに向かって反射されるように構成されることができる。その結果、結像機702bによって入手された画像もまた、対応する数のセグメントに分割され、それぞれ、眼を異なる角度から

50

効果的に視認する。図 2 4 E は、眼 3 0 4 を異なる角度場所において結像する個別の仮想カメラ 7 0 2 c 1、7 0 2 c 2、7 0 2 c 3 として作用する、それぞれ、3 つのセグメント 7 1 8 a 1、7 1 8 a 2、7 1 8 a 3 を伴う、O A H M を有する、ディスプレイシステム 7 0 0 の実施例を図式的に図示する。

【 0 1 8 2 】

図 2 4 F は、各セグメントが、眼 3 0 4 を異なる角度場所において結像する、無限遠における仮想カメラを生成する、屈折力（例えば、セグメント化された O A V D O E ）を有する、それぞれ、3 つのセグメント 7 1 8 a 1、7 1 8 a 2、7 1 8 a 3 を伴う、O A H M を有する、ディスプレイシステム 7 0 0 の別の実施例を図式的に図示する。3 つのセグメントが、図 2 4 E および 2 4 F に図式的に図示されるが、これは、例証のためであって、限定ではない。他の実施形態では、2 つ、4 つ、5 つ、6 つ、7 つ、8 つ、9 つ、以上のセグメントが、利用されることができる。H O E のこれらのセグメントのいずれも、屈折力を有していない、またはその一部または全部が、屈折力を有することができる。

【 0 1 8 3 】

3 つのセグメント 7 1 8 a 1、7 1 8 a 2、7 1 8 a 3 は、図 2 4 E および 2 4 F では、光学要素 7 0 6 を横断して水平に離間されるように示される。他の実施形態では、セグメントは、光学要素 7 0 6 上で垂直に離間されることができる。例えば、図 2 4 G は、2 つの垂直に離間されるセグメント 7 1 8 a 1 および 7 1 8 a 2 を有する、D O E 7 1 8 を図式的に示し、セグメント 7 1 8 a 1 は、光を結像機 7 0 2 b（セグメント 7 1 8 a 1 と同一略水平平面にあってもよい）に向かって反射させるように構成される、C L C 軸外ミラーを備え、セグメント 7 1 8 a 2 は、光を結像機 7 0 2 b に向かって上向きに反射させるように構成される。二焦点レンズと同様に、図 2 4 G に示される配列は、結像システム 7 0 0 が、装着者が H M D の上側部分を通して前方を見ている（実線矢印線を介して図式的に示される）とき、上側セグメント 7 1 8 a 1 から結像機 7 0 2 b によって入手された反射画像を使用し、装着者が H M D の下側部分を通して下向きに見ている（破線矢印線を介して図式的に示される）とき、下側セグメント 7 1 8 a 2 からの反射画像を使用することを可能にする際に有利であり得る。

【 0 1 8 4 】

水平に離間および垂直に離間されるセグメントの混合が、他の実施形態では、使用されることができる。例えば、図 2 4 H は、それぞれ、C L C 軸外ミラーを備える、3 × 3 のセグメントのアレイを伴う、H O E 7 1 8 の別の実施例を示す。結像機 7 0 2 b は、眼領域の異なるエリアおよびそこからの角度方向から生じる光線を表す、これらの 9 つのセグメントのそれぞれからの反射データを入手することができる。眼領域から H O E 7 1 8 に伝搬し、結像機 7 0 2 b に反射する、2 つの例示的光線が、実線および破線として示される。結像システム 7 0 0（または処理モジュール 2 2 4 または 2 2 8）は、複数のセグメントからの反射データを分析し、眼の 3 次元形状または眼の視線方向（例えば、眼姿勢）を多視点的に計算することができる。

【 0 1 8 5 】

セグメントを利用する光学システム 7 0 0 の実施形態は、複数の利点を有し得る。例えば、セグメントは、特定のタスクに最良の特定のセグメントを選択することによって、個々に使用されることができる、またはそれらは、集合的に使用され、眼の 3 次元形状または姿勢を多視点的に推定することができる。前者の場合、本選択性は、例えば、少なくとも眼瞼または睫毛によるオクルージョンを有する、装着者の虹彩の画像を選択するために使用されることができる。後者の場合、眼の 3 次元再構成が、配向（例えば、角膜の傍流の場所の推定によって）または遠近調節状態（例えば、瞳孔の見掛けの場所上のレンズ誘発歪曲の推定によって）を推定するために使用されることができる。

（視野のために最適化された C L C G と結合される導波管）

【 0 1 8 6 】

光の偏光および伝搬方向に依存する屈折率を有する、媒体は、複屈折（または二重屈折）と称される。本明細書に全体を通して説明され、関連産業において理解されるように、そ

10

20

30

40

50

の偏光が複屈折媒体の光学軸と垂直である、光は、通常屈折率（ n_o ）によって影響されるものとして説明され、その偏光が複屈折媒体の光学軸と平行である、光は、通常外屈折率（ n_e ）によって影響されるものとして説明され、複屈折媒体材料中に観察される屈折率の差異 $n_e - n_o$ は、複屈折 n を有するものとして説明される。本明細書に説明されるように、複屈折 CLCG の平均屈折率 n_{LC} は、以下のように表され得る。

【化 2】

$$n_{LC} = \frac{1}{2}(n_o + n_e) = n_o + \Delta n/2. \quad [5]$$

【0187】

本明細書に説明される種々の実施形態によると、コレステリック液晶（CLC）層は、0.05 ~ 0.10、0.15 ~ 0.20、0.20 ~ 0.25、0.25 ~ 0.30、0.30 ~ 0.35、0.35 ~ 0.40、0.40 ~ 0.45、0.45 ~ 0.50、0.50 ~ 0.55、0.55 ~ 0.60、0.60 ~ 0.65、0.65 ~ 0.70、またはこれらの値のいずれかによって定義された範囲内の値の代表値、局所値、平均値、中央値、最大値、または最小値複屈折（ n ）を有することができる。

【0188】

本明細書に説明されるように、複屈折 n を有する材料媒体中の光の位相減速度（ v ）は、 $v = 2\pi n d / \lambda$ として表され得、式中、 λ は、光の波長であって、 d は、媒体の厚さである。加えて、液晶を有する層等の複屈折媒体の回折効率（ η ）は、 $\eta = \sin^2(\pi n d / \lambda)$ として表され得、式中、 n は、複屈折であって、 λ は、波長であって、 d は、媒体の厚さである。回折コンポーネントを通して伝搬する光の位相減速度は、従来の複屈折媒体に関して、波長に伴って変動するため、回折格子を含むいくつかの回折コンポーネントは、回折効率が比較的に高い可視スペクトル内で限定された波長の範囲または帯域幅を示し得る。

【0189】

種々の実施形態によると、本明細書に説明される種々の CLC 層および CLCG は、それらが、時として、受光角または視野（FOV）の範囲とも称される、特定の範囲の入射角内で、比較的に高効率を伴って、その上に入射する光を回折するように構成されてもよい。本明細書に説明されるように、FOV は、FOV の中心線波長に対して負および正の値の入射角に及ぶ角度範囲を含み得、その外側では、回折効率は、FOV の中心線波長における回折効率に対して、または FOV 内のピーク効率に対応する波長における回折効率に対して、10% を上回って、25% を上回って、50% を上回って、75%、またはこれらの値のいずれかによって定義された範囲内の値で低下する。換言すると、FOV の内側では、CLC 層および CLCG は、回折効率が、FOV の中心線波長における回折効率に対して、または FOV 内のピーク効率に対応する波長における回折効率に対して、25% を上回って、50% を上回って、75% を上回って、90% を上回って、またはこれらの値のいずれかによって定義された範囲内の値であるように構成される。回折効率が比較的に一定である、FOV を有することが、例えば、均一強度の回折光が FOV 内で所望される場合、望ましくあり得る。

【0190】

本出願人は、CLC 層および CLCG の FOV が、適切な複屈折（例えば、方程式 [6] 参照）を伴う CLC 層および CLCG を選択することによって、上記に説明されるような CLC 層および CLCG と結合される導波管の種々の実施形態に関して増加または最適化され得ることを認識している。図 25 は、実施形態による、比較的に高 FOV のために最適化された例示的光学導波デバイス 2500 を図示する。光学導波デバイス 2500 は、CLCG 1150 に結合された導波管 1604 を備える。本明細書に説明される種々の実施形態と同様に、CLCG 1150 は、例えば、図 11 に関して前述で説明されるキラル構造 1162 - 1、1162 - 2、...、1162 - i と類似様式において、複数のキラル構造として配列される液晶分子を備える。導波管 1604 は、CLCG 1150 にわた

10

20

30

40

50

って配置され、そこに光学的に結合される。

【0191】

右/左(R/L)掌性を有する、楕円/円偏光入射光2504が、導波管1604の層法線に対して角度 θ_{inc} で導波管1604上に入射すると、入射光2504は、光2508として導波管1604の中に結合され、これは、層法線に対して角度 θ_{inc} でCLCG1150に入射する。光2508は、CLCG1150内のキラル構造の液晶分子の回転方向に合致する、偏光掌性を有する(R/L)とき、導波管1604の中に結合され、光2508は、CLCG1150によって、層法線に対して角度 θ_{LC} を有する光2512の中にブラッグ反射される。反射された光2512は、続いて、光2516が側方方向(例えば、x-方向)に全内部反射(TIR)下で進行するように、光2516として、層法線に対して角度 θ_{WG} で導波管1604の中に逆結合される。任意の理論によって拘束されるわけではないが、TIR条件は、角度 θ_{WG} が臨界角を上回るときに満たされ得る。

10

【0192】

任意の理論によって拘束されるわけではないが、入射角が、対称 $|\sin \theta_{inc}| < (n - 1) / 2$ であって、所与のFOVに関する最小屈折率が、

【化3】

$$n > 2 \sin \theta_{inc} + 1$$

を満たすとき、伝搬角度の範囲は、以下のように、伝搬媒体の材料屈折率によって限定され得る。

20

【化4】

$$1 - \frac{\lambda}{\Lambda} < \sin \theta_{inc} < n - \frac{\lambda}{\Lambda}$$

本条件はまた、CLCG層内でも、光が回折し、層を通して伝搬する際に有効であり得る。CLCG層は、複屈折であるため、伝搬する光は、LC材料の平均屈折率 n_{LC} を被る。 n_o が固定されると仮定して(必須ではない)、最小複屈折 Δn は、以下のように、FOVの入射角に関連する。

【化5】

$$\Delta n > 2(2 \sin \theta_{inc} - n_o + 1) \quad [6]$$

30

【0193】

CLCG層のLC材料は、方程式[6]に基づいて選択され、所望のFOVを提供することができる。FOVは、CLCG1150内の液晶分子が方程式[6]に従って構成されるとき、20°30°、36°、40°、44°、50°を超える角度範囲、またはこれらの値のいずれかによって定義された角度の範囲内の角度範囲を有し得る。例えば、以下のFOV入射角は、

【化6】

40

$$10^\circ: n_{LC} \gtrsim$$

$$1.35, 15^\circ: n_{LC} \gtrsim 1.52, 18^\circ: n_{LC} \gtrsim 1.62, 20^\circ: n_{LC} \gtrsim 1.68, 22^\circ: n_{LC} \gtrsim 1.75, \text{および } 25^\circ: n_{LC} \gtrsim$$

$$1.85$$

としての平均屈折率と関連付けられることができる。別の実施例として、 n_{LC} が、約1.35~約1.85であるとき、完全FOVは、約20°~約50°であり得る、または50°を超え得る。

【0194】

種々の実施形態では、FOVの上記に開示される値は、導波管1604が、屈折率 n_t 約

50

1 ~ 約 2、約 1 . 4 ~ 約 1 . 8 または約 1 . 5 ~ 約 1 . 7 を有する好適な材料から形成されるとき、取得されることができる。例えば、導波管は、ポリカーボネートまたはガラス等のポリマーから成ってもよい。

(外部結合光学要素として構成される C L C G と結合される導波管)

【 0 1 9 5 】

図 9 B および 9 C に関して上記に説明されるように、本明細書に開示されるディスプレイデバイスの種々の実施形態は、外部結合光学要素 1 2 5 0、1 2 5 2、1 2 5 4 を含み、これは、光を視認者の眼 4 (図 7) 内で指向する、射出瞳エクスパンダ (E P E) として構成されてもよい。本明細書に説明される種々の実施形態では、レンズ、ミラー、および格子等の種々の光学コンポーネントは、ある光伝搬方向および / または光のある偏光、例えば、右回りまたは左回り円偏光に特有であるように構成されてもよい。本明細書に説明されるように、種々の実施形態では、C L C 層および C L C G は、複数のキラル構造を備え、各キラル構造は、少なくともある螺旋ピッチによって、層深度方向に延在し、ある回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備える。C L C 層または C L C G は、有利には、液晶分子の回転方向に合致される偏光の掌性を有する、楕円または円偏光を実質的にブラッグ反射させるように構成される一方、液晶分子の回転方向と反対の偏光の掌性を有する、楕円または円偏光を実質的に透過させるように構成されることができる。C L C 層および C L C G のこれらの性質に基づいて、本明細書に開示されるディスプレイデバイスの種々の実施形態は、1 つ以上の C L C 層または C L C G を備える、光学要素 1 2 5 0、1 2 5 2、1 2 5 4 を有する。

【 0 1 9 6 】

図 2 6 は、実施形態による、E P E 等の外部結合光学要素として構成される、例示的光学導波デバイス 2 6 0 0 を図示する。導波デバイス 2 6 0 0 は、C L C G 1 1 5 0 に結合され、および全内部反射 (T I R) によって、光を伝搬するように構成される、導波管 1 6 0 4 を備える。本明細書に説明される種々の実施形態と同様に、C L C G 1 1 5 0 は、例えば、図 1 1 に関して前述で説明されるキラル構造 1 1 6 2 - 1、1 1 6 2 - 2、... 1 1 6 2 - i と類似様式において、複数のキラル構造として配列される液晶分子を備える。

【 0 1 9 7 】

依然として、図 2 6 を参照すると、導波管 1 6 0 4 に結合される C L C G 1 1 5 0 は、図 9 B、9 C に図示されるように、導波管 1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 0 のうちの個別の 1 つに結合される、外部結合光学要素 1 2 5 0、1 2 5 2、1 2 5 4 のうちの任意の 1 つを表し得るが、個別の導波管 1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 0 の光出射側上に形成される、外部結合光学要素 1 2 5 0、1 2 5 2、1 2 5 4 と異なり、C L C G 1 1 5 0 は、導波管 1 6 0 4 の光出射側の反対側上に形成される。したがって、いくつかの実施形態によると、外部結合光学要素 1 2 5 0、1 2 5 2、1 2 5 4 のそれぞれおよび内部結合光学要素 1 2 1 2、1 2 2 2、1 2 3 2 のうちの対応する 1 つは、導波管 1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 0 のうちの対応する 1 つの反対側上に形成される。動作時、例えば、内部結合光学要素 1 2 1 2、1 2 2 2、1 2 3 2 (図 9 A - 9 C) によって内部結合される光は、層面内方向に、T I R によって、それぞれ、導波管 1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 0 (図 9 A - 9 C) 内を伝搬する。内部結合された光は、次いで、存在するとき、光分散要素 1 2 1 4、1 2 2 4、1 2 3 4 (図 9 A - 9 C) 上に衝突し得、これは、外部結合光学要素 1 2 5 0、1 2 5 2、1 2 5 4 に向かって伝搬するように、光を偏向し得る。外部結合光学要素 1 2 5 0、1 2 5 2、1 2 5 4 に接近する光は、図 2 6 では、光 2 6 0 4 によって表され得る。C L C G 1 1 5 0 上への衝突に応じて、光 2 6 0 4 の少なくとも一部は、C L C G 1 1 5 0 によって、回折光 2 6 0 8 として回折され得、これは、例えば、視認者の眼 4 (図 7) の中に指向され得る。

【 0 1 9 8 】

依然として、図 2 6 を参照すると、図示される C L C G 1 1 5 0 の液晶分子は、ある回転方向に連続的に回転され、キラル構造の液晶分子の配列は、層深度方向と垂直な側方向に周期的に変動する。液晶分子の回転配列のため、光 2 6 0 4 が、キラル構造の液晶分子

10

20

30

40

50

の回転方向に合致する、偏光掌性、例えば、左掌性または右掌性のうちの1つを有する、楕円／円偏光であるとき、光2604は、CLCG1150によってブラッグ反射される。すなわち、CLCG1150内の液晶分子の回転配列は、CLCG1150が1つの掌性を有する光を選択的にブラッグ反射させる一方、反対掌性を有する光を非ブラッグ反射または透過させるようなものである。加えて、ブラッグ反射は、回折条件下で生じるため、ブラッグ反射された光2608は、一方向性（例えば、光の大部分は、図26における矢印2608によって示される方向等、外部結合において1つの方向に向かって指向される）。外部結合された光は、均一偏光状態を保存することができ、これは、CLC材料のキラリティに対応する。したがって、光学外部結合要素として構成されるとき、CLCG1150は、偏光器および一方向性反射体としての役割を果たし、これは、本明細書に説明される種々のディスプレイシステム内で他の光学コンポーネントとの効率的統合を可能にする。例えば、光学要素2600は、射出瞳エクスパンダとして導波管ベースのARディスプレイ内で使用され、単一方向に制御された偏光状態を伴う仮想画像を投影することができる。

（付加的側面）

【0199】

第1の側面では、回折格子は、複数のキラル構造を備える、コレステリック液晶（CLC）層を備え、各キラル構造は、少なくともある螺旋ピッチによって、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備える。螺旋ピッチは、第1の回転方向における完全1回転によるキラル構造の液晶分子の正味回転角度に対応する、層深度方向における長さである。キラル構造の液晶分子の配列は、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。

【0200】

第2の側面では、第1の側面の回折格子において、各キラル構造は、異なる伸長方向に沿って伸長される、少なくとも3つのカラミチック液晶分子を備える。

【0201】

第3の側面では、第1 - 第2の側面のいずれか1つの回折格子において、CLC層は、層法線方向において見られると、第1の回転方向と合致される偏光の掌性を有する、楕円または円偏光を実質的にブラッグ反射させるように構成される一方、層深度方向において見られると、第1の回転方向と反対の偏光の掌性を有する、楕円または円偏光を実質的に透過させるように構成される。

【0202】

第4の側面では、第1 - 第3の側面のいずれか1つの回折格子において、側方方向に周期的に変動する液晶分子の配列は、層深度方向においてほぼ同一深度にある、連続的に側方に隣接するキラル構造の液晶分子が、 $360^\circ/n$ （ n は、整数である）、第2の回転方向において連続的に回転されるようなものである。

【0203】

第5の側面では、第1 - 第4の側面のいずれか1つの回折格子において、側方方向に周期的に変動する液晶分子の配列は、側方に隣接するキラル構造によってブラッグ反射された楕円または円偏光が、側方に隣接するキラル構造間の第2の回転方向の回転の角度に比例する角度だけ位相偏移されるようなものである。

【0204】

第6の側面では、第1 - 第5の側面のいずれか1つの回折格子において、キラル構造は、実質的に同一螺旋ピッチを有する。

【0205】

第7の側面では、第1 - 第4の側面のいずれか1つの回折格子において、キラル構造は、それぞれ、少なくとも第1の螺旋ピッチによって、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の第1の液晶分子を備える、第1の複数のキラル構造と、それぞれ、少なくとも第2の螺旋ピッチによって、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の第2の液晶分子を備える、第2の複数のキラル構造とを備え

10

20

30

40

50

る。第1の螺旋ピッチおよび第2の螺旋ピッチは、第1のキラル構造および第2のキラル構造が、異なる軸外入射角を有する光をブラッグ反射させるように構成されるようなものである。

【0206】

第8の側面では、第7の側面の回折格子において、第1の複数のキラル構造は、第1のコレスティック液晶(CLC)層内に形成され、第2の複数のキラル構造は、第1のCLC層にわたって形成され、層深度方向においてスタックされた第2のコレスティック液晶(CLC)層内に形成される。

【0207】

第9の側面では、第7の側面の回折格子において、第1の複数のキラル構造は、コレスティック液晶(CLC)層の第1の領域内に形成され、第2の複数のキラル構造は、層深度方向に第1の領域にわたって形成されるコレスティック液晶(CLC)層の第2の領域内に形成される。

10

【0208】

第10の側面では、第7の側面の回折格子において、第1の複数のキラル構造は、コレスティック液晶(CLC)層の第1の領域内に形成され、および第2の複数のキラル構造は、コレスティック液晶(CLC)層の第2の領域内に形成され、第1および第2の領域は、側方方向に側方に隣接する領域である。

【0209】

第11の側面では、第7 - 第10の側面のいずれか1つの回折格子において、第1および第2のキラル構造の一方または両方は、層深度方向および側方方向の一方または両方において、螺旋ピッチの勾配を形成する。

20

【0210】

第12の側面では、導波デバイスは、それぞれ、複数のキラル構造を備える、1つ以上のコレスティック液晶(CLC)層を備え、各キラル構造は、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備える。キラル構造の液晶分子の配列は、1つ以上のCLC層が入射光をブラッグ反射させるように構成されるように、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。導波デバイスは、加えて、1つ以上のCLC層にわたって形成され、ブラッグ反射された光が、全内部反射(TIR)によって、層深度方向と垂直な側方方向に進行するように、1つ以上のCLC層からブラッグ反射された光を光学的に結合するように構成される、1つ以上の導波管を備える。1つ以上のCLC層および1つ以上の導波管は、同一光学経路内にあるように構成される。

30

【0211】

第13の側面では、第12の側面の導波デバイスにおいて、複数のキラル構造はそれぞれ、少なくともある螺旋ピッチによって、層深度方向に延在し、螺旋ピッチは、第1の回転方向における完全1回転によるキラル構造の液晶分子の正味回転角度に対応する、層深度方向における長さである。

【0212】

第14の側面では、第12 - 第13の側面のいずれか1つの導波デバイスは、複数のCLC層を備え、CLC層のそれぞれ1つは、CLC層の他のものと異なる波長を有する入射光を、CLC層の他のものと異なるブラッグ反射角度で選択的にブラッグ反射させるように構成される、異なるように配列されるキラル構造を有する。

40

【0213】

第15の側面では、第12 - 第14の側面のいずれか1つの導波デバイスにおいて、液晶層の周期的に変動する側方配列は、ある周期によって特徴付けられ、CLC層のそれぞれ1つは、CLC層の他のものと異なる周期を有する。

【0214】

第16の側面では、第12 - 第15の側面のいずれか1つの導波デバイスにおいて、CLC層のそれぞれ1つは、可視スペクトル内の波長を有する入射光を選択的にブラッグ反射させるように構成される。

50

【 0 2 1 5 】

第 1 7 の側面では、第 1 2 - 第 1 5 の側面のいずれか 1 つの導波デバイスにおいて、C L C 層のそれぞれ 1 つは、赤外線スペクトル内の波長を有する入射光を選択的にブラッグ反射させる一方、可視スペクトル内の波長を有する光を透過させるように構成される。

【 0 2 1 6 】

第 1 8 の側面では、第 1 2 - 第 1 7 の側面のいずれか 1 つの導波デバイスは、複数の導波管を備え、各導波管は、その上に形成される C L C 層のうちの 1 つに光学的に結合される。

【 0 2 1 7 】

第 1 9 の側面では、第 1 2 - 第 1 8 の側面のいずれか 1 つの導波デバイスにおいて、複数の C L C 層は、スタックを形成し、単一導波管が、スタック内の C L C 層のそれぞれ 1 つに光学的に結合される。

10

【 0 2 1 8 】

第 2 0 の側面では、第 1 2 - 第 1 9 の側面のいずれか 1 つの導波デバイスはさらに、偏光反射体を備え、1 つ以上の導波管が、1 つ以上の C L C 層と偏光反射体との間に介在され、1 つ以上の C L C 層を通して、さらに導波管を通して透過する、楕円または円偏光入射光が、偏光反射体によって、楕円または円偏光入射光に対して反対偏光掌性を有する反射光として反射されるように構成される。

【 0 2 1 9 】

第 2 1 の側面では、第 1 2 - 第 2 0 の側面のいずれか 1 つの導波デバイスは、導波管とスタックを形成する、第 1 の C L C 層および第 2 の C L C 層を備え、第 1 の C L C 層および第 2 の C L C 層のキラル構造は、反対回転方向に連続的に回転される。

20

【 0 2 2 0 】

第 2 2 の側面では、第 2 1 の側面の導波デバイスにおいて、第 1 および第 2 の C L C 層は、導波管上にスタックされる。

【 0 2 2 1 】

第 2 3 の側面では、第 2 1 の側面の導波デバイスにおいて、第 1 および第 2 の C L C 層は、導波管によって介在される。

【 0 2 2 2 】

第 2 4 の側面では、第 1 2 - 第 2 3 の側面のいずれか 1 つの導波デバイスにおいて、1 つ以上の C L C 層はそれぞれ、1 . 3 5 を超える平均屈折率 (n_{LC}) を有し、 n_{LC} は、通常屈折率 (n_o) および通常外屈折率 (n_e) の平均である、値を有する。

30

【 0 2 2 3 】

第 2 5 の側面では、第 2 4 の側面の導波デバイスにおいて、1 つ以上の導波管は、入射光が層深度方向に対してある入射角で 1 つ以上の C L C 層上に入射すると、1 つ以上の C L C 層からブラッグ反射された光を光学的に結合するように構成され、入射角は、視野 (FOV) 内にあって、その中では、回折効率は、25% を上回り、少なくとも 20° に及ぶ。

【 0 2 2 4 】

第 2 6 の側面では、第 2 4 - 第 2 5 の側面のいずれか 1 つの導波デバイスにおいて、1 つ以上の C L C 層はそれぞれ、複屈折 (n) 約 0 . 0 5 ~ 0 . 7 0 を有する。第 2 4 - 第 2 6 の側面のいずれかでは、1 つ以上の C L C 層のいずれかは、

40

【 化 7 】

$$2(2 \sin \theta_{inc} - n_o + 1)$$

を上回る複屈折 n を有してもよく、 θ_{inc} は、導波デバイスの視野 (FOV) の入射角であって、 n_o は、1 つ以上の C L C 層の通常屈折率である。

【 0 2 2 5 】

第 2 7 の側面では、頭部搭載型ディスプレイデバイスは、光をユーザの眼に投影し、拡張現実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デバイスは、ユーザの頭部上に支持されるように構成される、フレームを備える。頭部搭載型ディスプレイデバイスは、加えて、フレーム上に配置される、ディスプレイを備え、ディスプレイ

50

の少なくとも一部は、1つ以上の導波管を備える。1つ以上の導波管は、透明であって、透明部分が、ユーザの正面の環境の一部からの光をユーザの眼に透過させ、ユーザの正面の環境の一部のビューを提供するように、ユーザが頭部搭載型ディスプレイデバイスを装着すると、ユーザの眼の正面の場所に配置される。ディスプレイはさらに、1つ以上の光源と、光源からの光を1つ以上の導波管の中に結合する、または光を1つ以上の導波管から外に結合するように構成される、少なくとも1つの回折格子とを備え、少なくとも1つの回折格子は、第1 - 第11の側面のうちの任意の1つに記載の回折格子を備える。

【0226】

第28の側面では、第27の側面の頭部搭載型デバイスにおいて、1つ以上の光源は、ファイバ走査プロジェクタを備える。

10

【0227】

第29の側面では、第27 - 第28の側面のいずれか1つの頭部搭載型デバイスは、画像コンテンツをユーザに複数の深度平面上で提示するように、光をユーザの眼の中に投影するように構成される。

【0228】

第30の側面では、波長選択的コレステリック液晶反射体(CLCR)は、それぞれ、複数のキラル構造を備える、1つ以上のコレステリック液晶(CLC)層を備え、各キラル構造は、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備える。キラル構造の液晶分子の配列は、1つ以上のCLC層が、第1の波長を有する第1の入射光を実質的にブラッグ反射させる一方、第2の波長を有する第2の入射光を実質的に透過させるように構成されるように、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。

20

【0229】

第31の側面では、第30の側面の波長選択的CLCRにおいて、1つ以上のCLC層はそれぞれ、層深度方向において見られると、第1の回転方向と合致される偏光の掌性を有する、楕円または円偏光の第1または第2の入射光を実質的にブラッグ反射させるように構成される一方、層深度方向において見られると、第1の回転方向と反対の偏光の掌性を有する、楕円または円偏光の第1または第2の入射光を実質的に透過させるように構成される。

【0230】

30

第32の側面では、第30 - 第31の側面のいずれか1つの波長選択的CLCRにおいて、側方方向に周期的に変動する液晶分子の配列は、第1の波長と周期との間の比率が約1.1 ~ 約1.5であるような周期を側方方向に有するように配列される。

【0231】

第33の側面では、第30 - 第32の側面のいずれか1つの波長選択的CLCRにおいて、第1の波長は、近赤外線範囲約750nm ~ 約1400nm内にあって、第2の波長は、可視範囲内にある。

【0232】

第34の側面では、第30 - 第32の側面のいずれか1つの波長選択的CLCRにおいて、1つ以上のCLC層は、第1の入射光が層深度方向に対して60度を超える角度で反射されるように構成される。

40

【0233】

第35の側面では、第30 - 第32の側面のいずれか1つの波長選択的CLCRにおいて、キラル構造の複数の液晶分子は、層深度方向に対する法線の方角に対して事前傾斜される。

【0234】

第36の側面では、ユーザの頭部上に装着されるように構成される、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)は、一对の耳掛け部を備える、フレームを備える。HMDは、加えて、対の光学要素がそれぞれ、ユーザの眼の正面に配置されることが可能であるように、フレームによって支持される、一对の光学要素を備える。HMDは、加えて、対の耳掛け部のう

50

ちの1つに搭載される、前向きに面した結像機を備える。HMDはさらに、第30 - 第35の側面のうちの任意の1つに記載のコレステリック液晶(CLC)軸外ミラーを備える。コレステリック液晶(CLC)軸外ミラーは、対の光学要素のうちの1つ内または上に配置され、反射要素によって反射された赤外線光を受光するように構成される、前向きに面した結像機に向かって、赤外線光を反射させるように構成される。

【0235】

第37の側面では、第36の側面のHMDにおいて、CLC軸外ミラーは、複数のCLC層を備え、CLC層のそれぞれ1つは、CLC層の他のものと異なる波長を有する入射光を、CLC層の他のものと異なるブラッグ反射角度で選択的にブラッグ反射させるように構成される、異なるように配列されるキラル構造を有する。

10

【0236】

第38の側面では、第36 - 第37の側面のいずれか1つのHMDにおいて、液晶層の周期的に変動する側方配列は、ある周期によって特徴付けられ、CLC層のそれぞれ1つは、CLC層の他のものと異なる周期を有する。

【0237】

第39の側面では、第36 - 第38の側面のいずれか1つのHMDにおいて、CLC層のそれぞれ1つは、赤外線スペクトル内の波長を有する入射光を選択的にブラッグ反射させる一方、可視スペクトル内の波長を有する入射光を透過させるように構成される。

【0238】

第40の側面では、第36 - 第39の側面のいずれか1つのHMDにおいて、対の光学要素はそれぞれ、可視光に対して透明である。

20

【0239】

第41の側面では、第36 - 第40の側面のいずれか1つのHMDにおいて、対の光学要素はそれぞれ、画像をユーザに表示するように構成される。

【0240】

第42の側面では、導波デバイスは、それぞれ、複数のキラル構造を備える、1つ以上のコレステリック液晶(CLC)層を備え、各キラル構造は、層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備え、キラル構造の液晶分子の配列は、1つ以上のCLC層が入射光をブラッグ反射させるように構成されるように、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動する。導波デバイスは、加えて、1つ以上のCLC層にわたって形成され、ブラッグ反射された光が、全内部反射(TIR)によって、層深度方向と垂直な側方方向に進行するように、1つ以上のCLC層からブラッグ反射された光を光学的に結合するように構成される、1つ以上の導波管を含む。導波デバイスは、200を超える、回折効率が25%を上回る、視野(FOV)を有するように構成される。

30

【0241】

第43の側面では、第42の側面の導波デバイスにおいて、1つ以上のCLC層はそれぞれ、1.35を超える平均屈折率(n_{LC})を有し、 n_{LC} は、通常屈折率(n_o)および通常外屈折率(n_e)の平均である、値を有する。

【0242】

第44の側面では、第42 - 第43の側面のいずれか1つの導波デバイスにおいて、1つ以上のCLC層はそれぞれ、複屈折(n)約0.05 ~ 0.70を有する。

40

【0243】

第45の側面では、ディスプレイデバイスは、導波管と、導波管上に形成され、その上に入射する光を導波管の第1の側の中に内部結合するように構成される、内部結合光学要素とを備え、内部結合光学要素および導波管は、導波管の中に内部結合された光が、全内部反射(TIR)によって、導波管の面内方向に導波管内を伝搬するように構成される。ディスプレイデバイスは、加えて、導波管上に形成され、その上に入射する光を導波管から外部結合するように構成される、外部結合光学要素を備える。光外部結合要素は、複数のキラル構造を備える、コレステリック液晶(CLC)層を備え、キラル構造はそれぞれ、CLC層の層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子

50

を備え、キラル構造の液晶分子の配列は、層深度方向と垂直な側方方向に周期的に変動し、1つ以上のCLC層が、その上に入射する光を導波管から第1の側に向かってブラッグ反射させるように構成されるようなものである。

【0244】

第46の側面では、第45の側面のディスプレイデバイスにおいて、外部結合光学要素および内部結合光学要素は、導波管の反対側上に形成される。

【0245】

第47の側面では、第45の側面のディスプレイデバイスにおいて、光外部結合光学要素は、右回り円偏光または左回り円偏光のうちの1つを有する、光を選択的にブラッグ反射させるように構成される。

【0246】

第48の側面では、第45の側面のディスプレイデバイスにおいて、光外部結合光学要素は、第1の回転方向と同一方向の偏光方向を有する、光を選択的にブラッグ反射させるように構成される。

【0247】

第49の側面では、第45の側面のディスプレイデバイスにおいて、光内部結合光学要素は、液晶層を備える。

【0248】

第50の側面では、第49の側面のディスプレイデバイスにおいて、液晶層は、複数のキラル構造を備える、第2のCLC層を備え、キラル構造はそれぞれ、第2のCLC層の層深度方向に延在し、第1の回転方向に連続的に回転される、複数の液晶分子を備え、キラル構造の液晶分子の配列は、側方方向に周期的に変動する。

(付加的考慮点)

【0249】

上記に説明される実施形態では、拡張現実ディスプレイシステム、より具体的には、空間可変回折格子は、特定の実施形態に関連して説明される。しかしながら、実施形態の原理および利点は、空間可変回折格子の必要性を伴う、任意の他のシステム、装置、または方法のために使用されることができると理解されるであろう。前述では、実施形態のうちの任意の1つの任意の特徴は、実施形態のうちの任意の他の1つの任意の他の特徴と組み合わせられる、および/またはそれで代用されることができると理解されたい。

【0250】

文脈によって別様に明確に要求されない限り、説明および請求項全体を通して、単語「～を備える」、「～を備えている」、「～を含む」、「～を含んでいる」、および同等物は、排他的または包括的意味とは対照的に、包含的意味、すなわち、「限定ではないが～を含む」の意味で解釈されるべきである。単語「結合される」は、本明細書で概して使用されるように、直接接続されるか、または1つ以上の中間要素を経由して継続されるかのいずれかであり得る、2つ以上の要素を指す。同様に、単語「接続される」は、本明細書で概して使用されるように、直接接続されるか、または1つ以上の中間要素を経由して継続されるかのいずれかであり得る、2つ以上の要素を指す。加えて、単語「本明細書で」、「上記で」、「下記で」、「後述の」、「前述の」、および類似意味の単語は、本願で使用されるとき、全体として本願を指すものとし、本願の任意の特定の部分を指すものではない。文脈によって許容される場合、単数形または複数形を使用する上記の詳細な説明における単語はまた、それぞれ、複数形または単数形を含んでもよい。単語「または」は、2つ以上のアイテムのリストを参照する場合、本単語は、以下の単語の解釈の全て、すなわち、リスト内のアイテムのいずれか、リスト内のアイテムの全て、およびリスト内のアイテムの1つ以上のアイテムの任意の組み合わせを網羅する。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つ以上の」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。

【0251】

10

20

30

40

50

本明細書で使用されるように、項目のリスト「～のうちの少なくとも1つ」を指す語句は、単一の要素を含む、それらの項目の任意の組み合わせを指す。ある実施例として、「A、B、またはCのうちの少なくとも1つ」は、A、B、C、AおよびB、AおよびC、BおよびC、およびA、B、およびCを網羅することが意図される。語句「X、Y、およびZのうちの少なくとも1つ」等の接続文は、別様に具体的に記載されない限り、概して、項目、用語等がX、Y、またはZのうちの少なくとも1つであり得ることを伝えるために使用されるような文脈で別様に理解される。したがって、そのような接続文は、概して、ある実施形態が、Xのうちの少なくとも1つ、Yのうちの少なくとも1つ、およびZのうちの少なくとも1つがそれぞれ存在するように要求することを示唆することを意図されない。

10

【0252】

さらに、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.)」、「例えば(for example)」、「等(such as)」、および同等物等、本明細書で使用される条件文は、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、ある実施形態がある特徴、要素、および/または状態を含む一方、他の実施形態がそれらを含まないことを伝えることが意図されることを理解されたい。したがって、そのような条件文は、概して、特徴、要素、および/または状態が、1つ以上の実施形態に対していかようにも要求されること、またはこれらの特徴、要素、および/または状態が任意の特定の実施形態において含まれる、または実施されるべきかどうかを示唆することを意図されない。

20

【0253】

ある実施形態が、説明されたが、これらの実施形態は、一例としてのみ提示され、本開示の範囲を限定することを意図するものではない。実際、本明細書に説明される新規装置、方法、およびシステムは、種々の他の形態で具現化されてもよい。さらに、本明細書に説明される方法およびシステムの形態における種々の省略、代用、および変更が、本開示の精神から逸脱することなく成されてもよい。例えば、ブロックが、所与の配列で提示されるが、代替実施形態は、異なるコンポーネントおよび/または回路トポロジを用いて類似機能性を実施してもよく、いくつかのブロックは、削除される、移動される、追加される、細分割される、組み合わせられる、および/または修正されてもよい。これらのブロックはそれぞれ、種々の異なる方法で実装されてもよい。上記に説明される種々の実施形態の要素および作用の任意の好適な組み合わせが、さらなる実施形態を提供するために組み合わせられることができる。上記に説明される種々の特徴およびプロセスは、相互に独立して実装されてもよい、または種々の方法で組み合わせられてもよい。いずれの要素または要素の組み合わせも、すべての実施形態に関して必要または不可欠なわけではない。本開示の特徴の全ての好適な組み合わせおよび副次的組み合わせが、本開示の範囲内であるように意図される。

30

40

50

【図面】

【図 1】

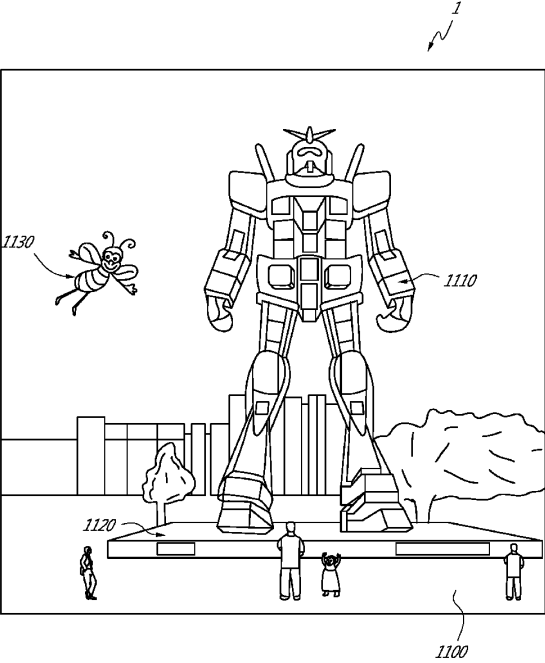


FIG. 1

【図 2】

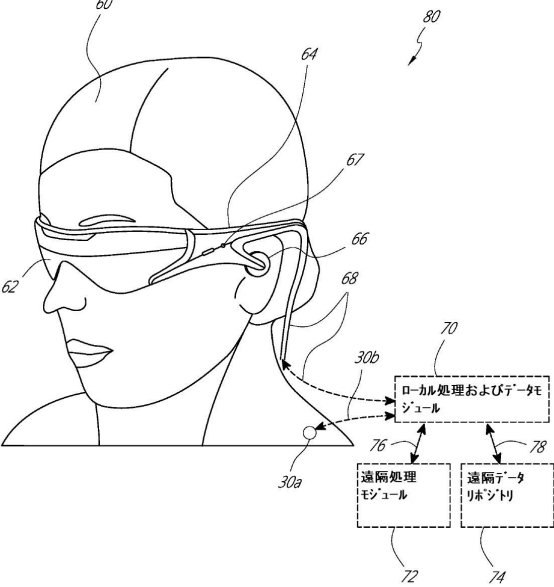


FIG. 2

【図 3】

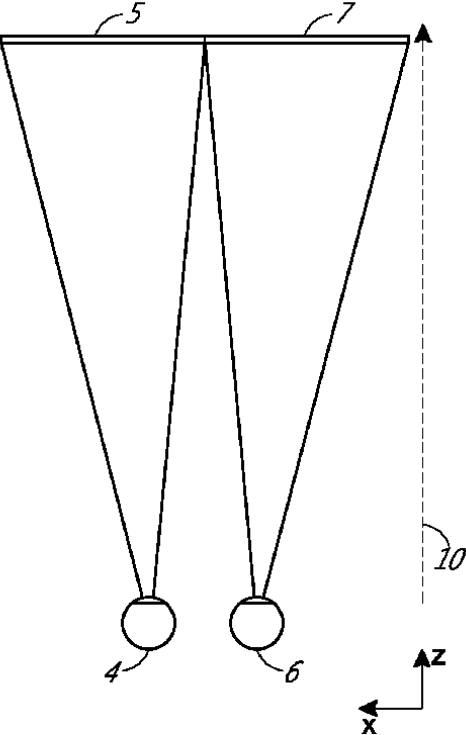


FIG. 3

【図 4】

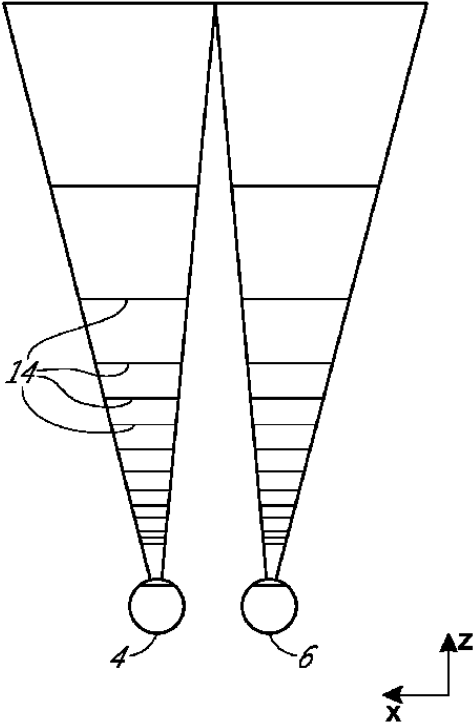


FIG. 4

10

20

30

40

50

【図 5 A】

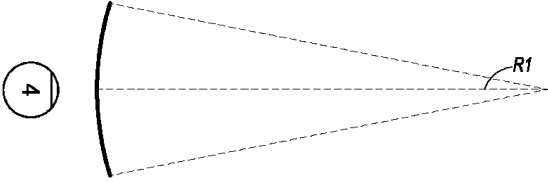


FIG. 5A

【図 5 B】

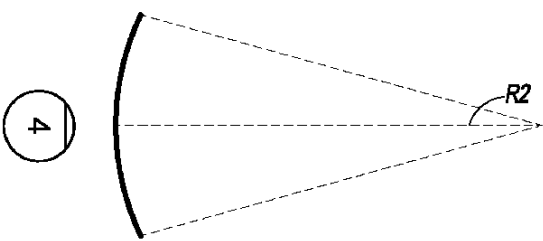


FIG. 5B

【図 5 C】

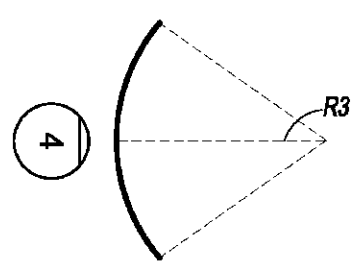


FIG. 5C

【図 6】

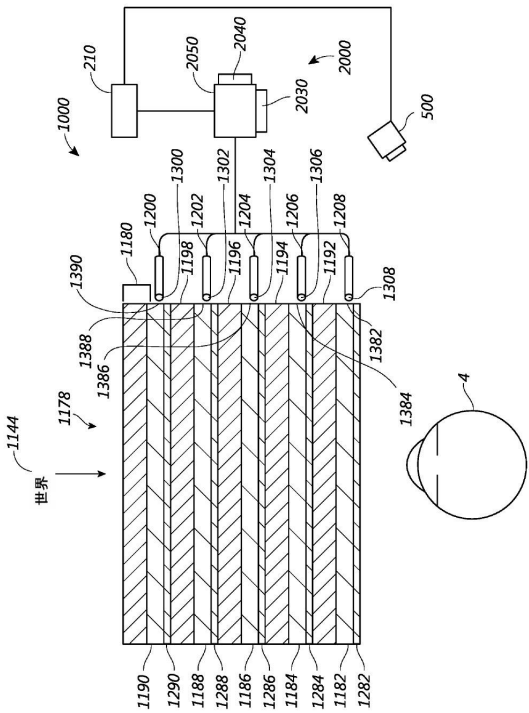


FIG. 6

【 7 】

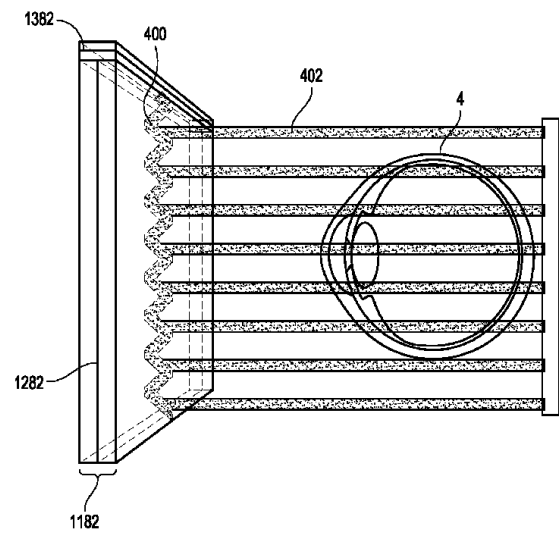


FIG. 7

【 8 】

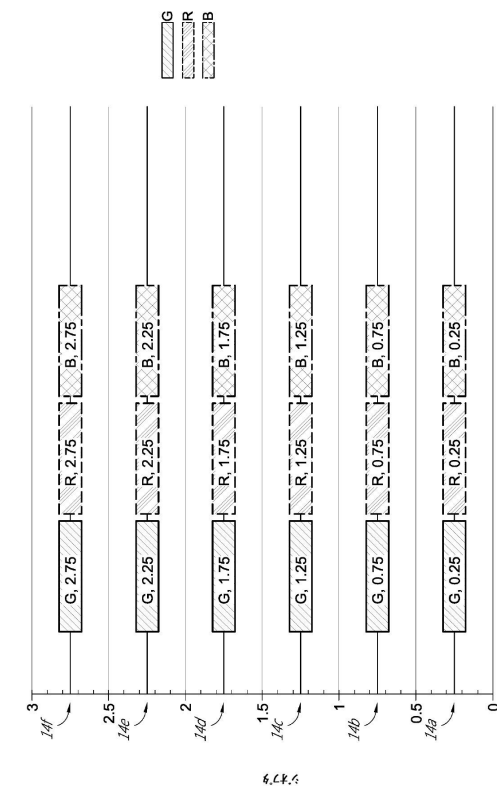


FIG. 8

【 9 A 】

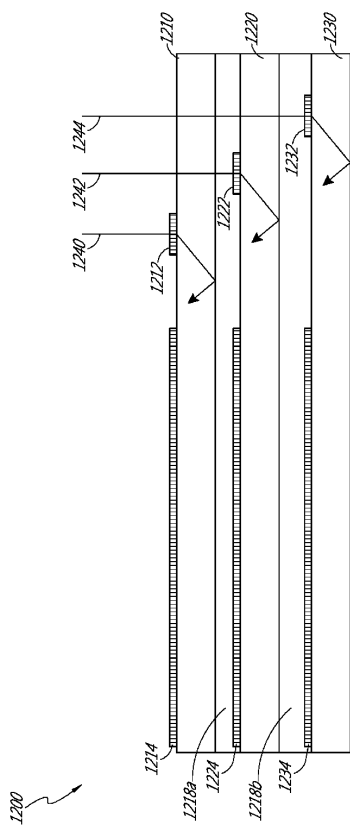


FIG. 9A

【 9 B 】

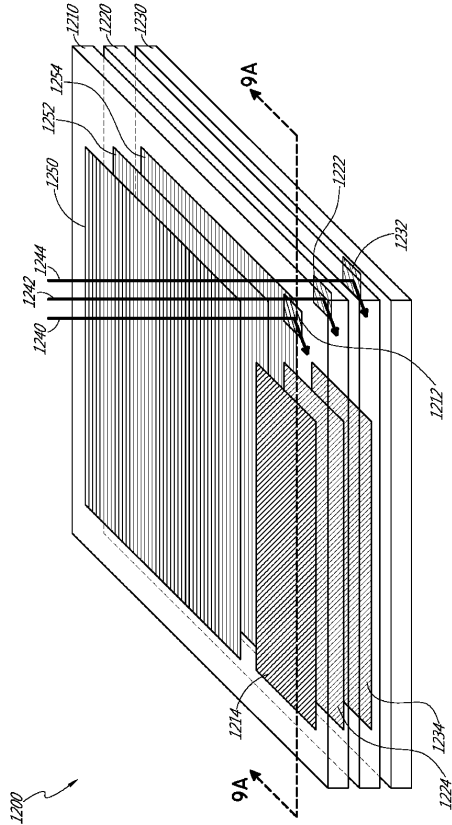


FIG. 9B

10

20

30

40

50

【図 9 C】

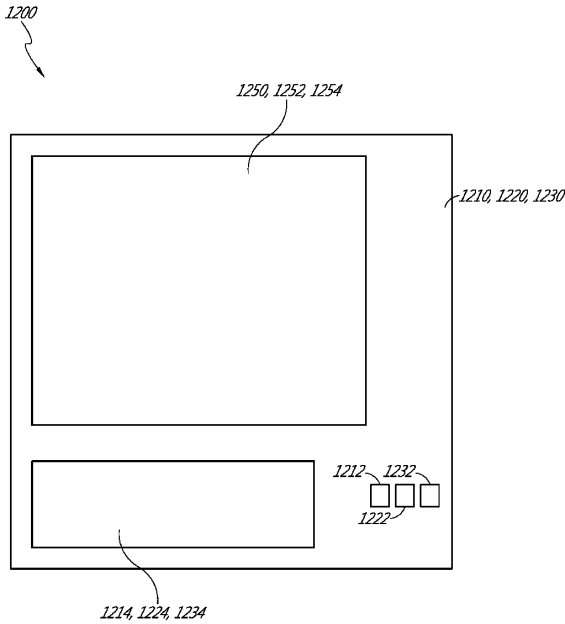


FIG. 9C

【図 1 0】

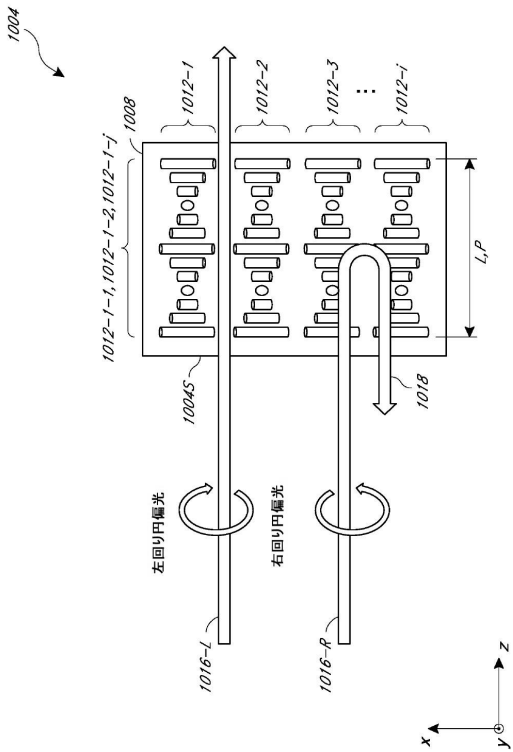


FIG. 10

【図 1 1】

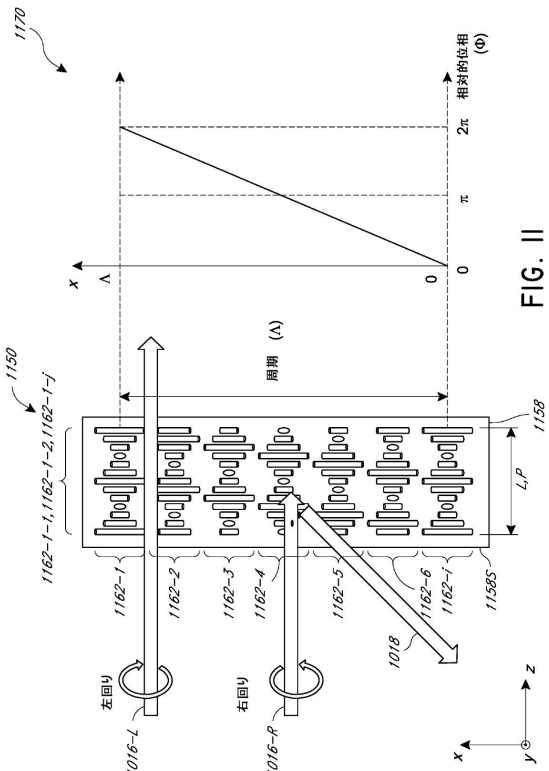


FIG. 11

【図 1 2】

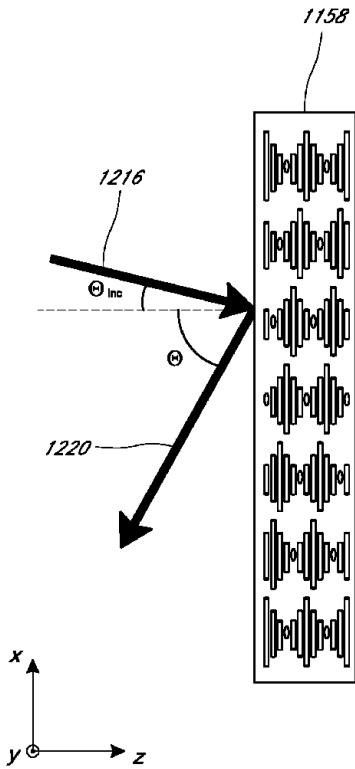


FIG. 12

【図 13A】

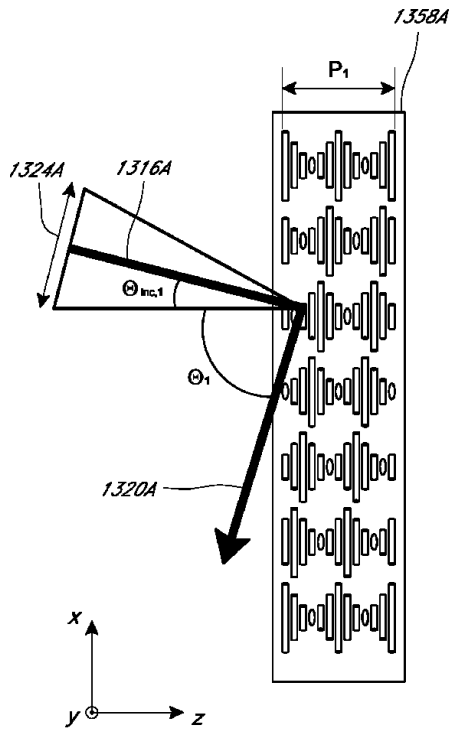


FIG. 13A

【図 13B】

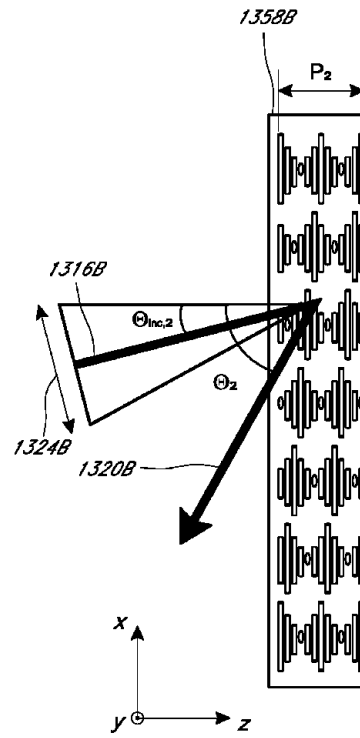


FIG. 13B

【図 13C】

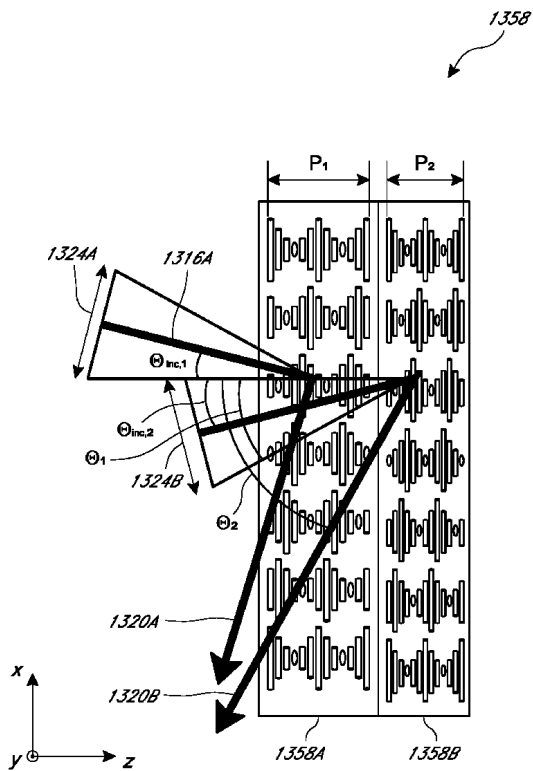


FIG. 13C

【図 14】

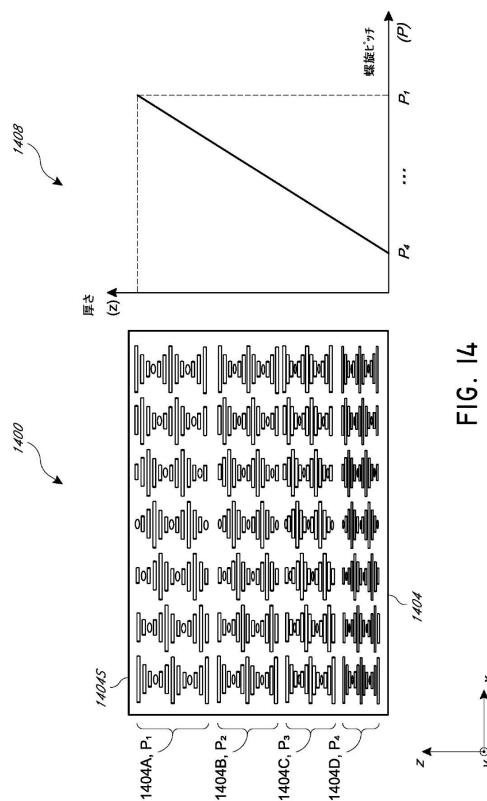


FIG. 14

10

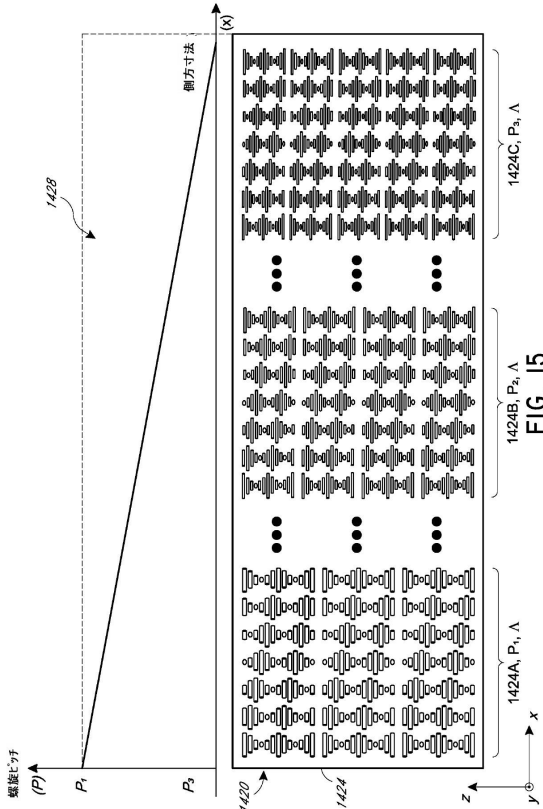
20

30

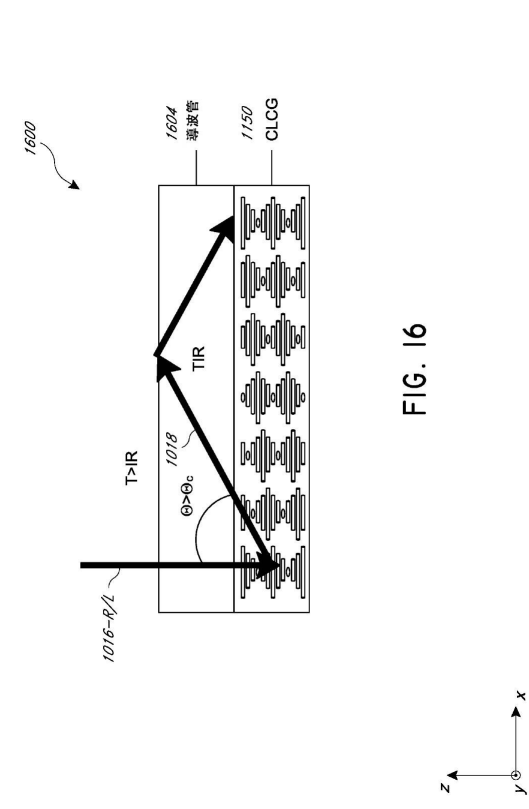
40

50

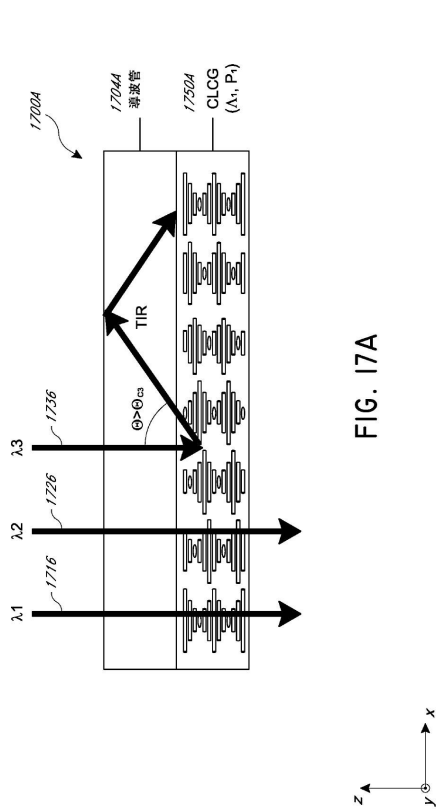
【図 15】



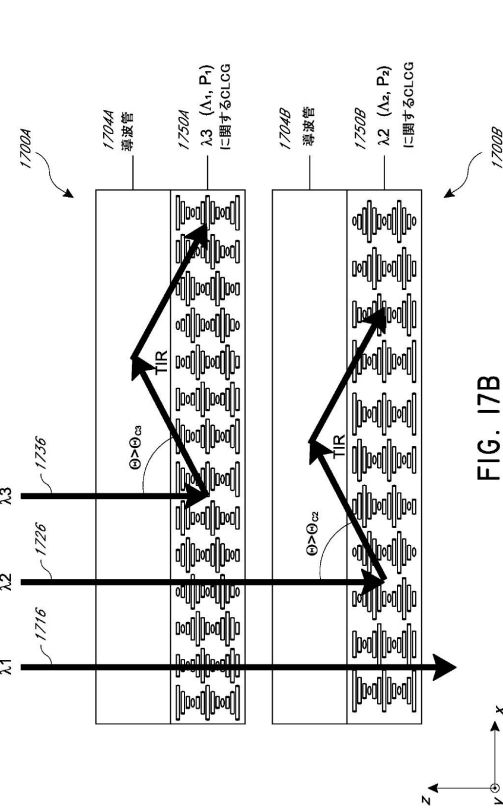
【図 16】



【図 17A】



【図 17B】



10

20

30

40

50

【図 17C】

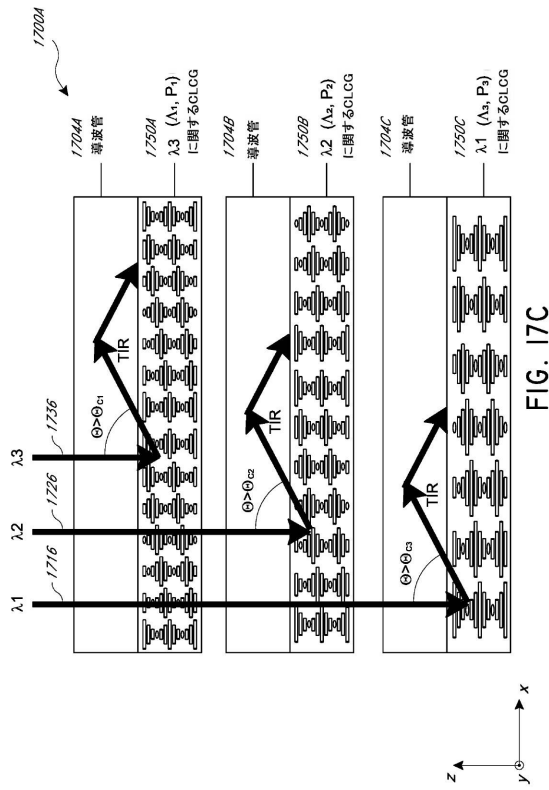


FIG. 17C

【図 18】

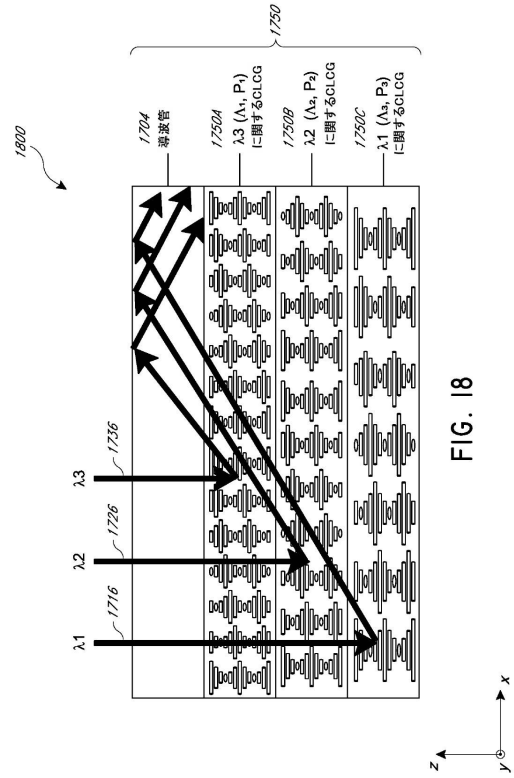


FIG. 18

【図 19】

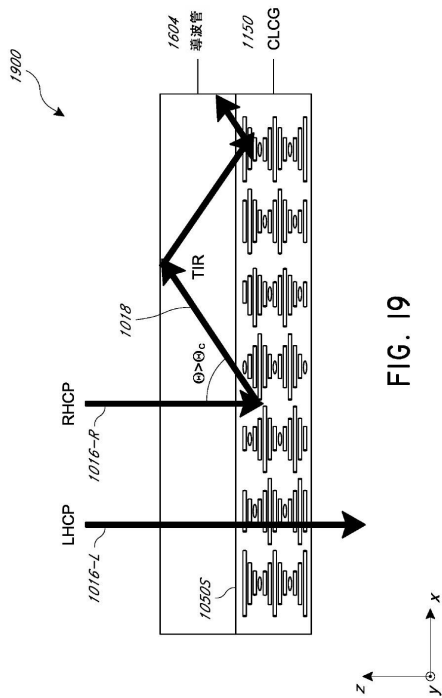


FIG. 19

【図 20】

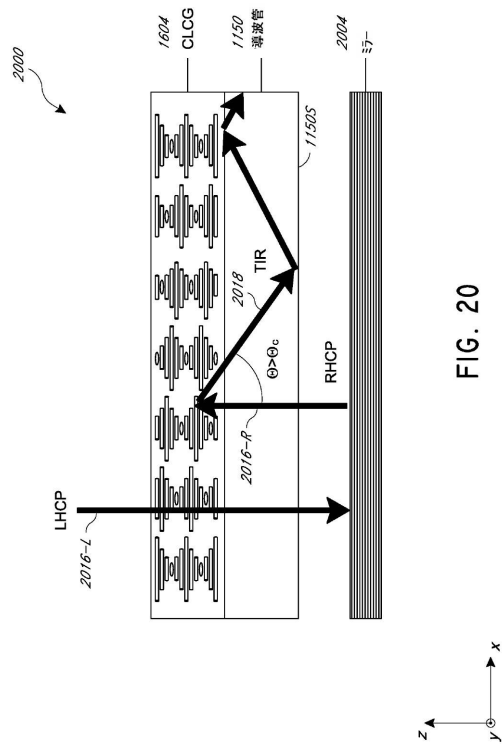


FIG. 20

10

20

30

40

50

【 図 2 1 A 】

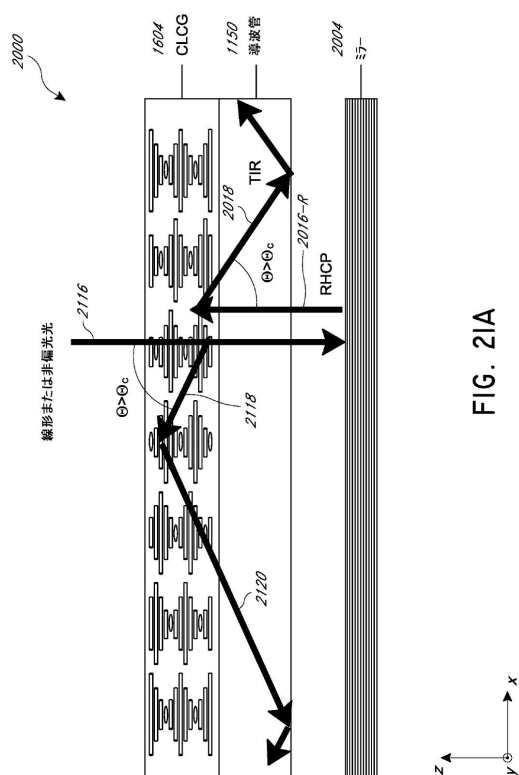


FIG. 21A

【 図 2 1 B 】

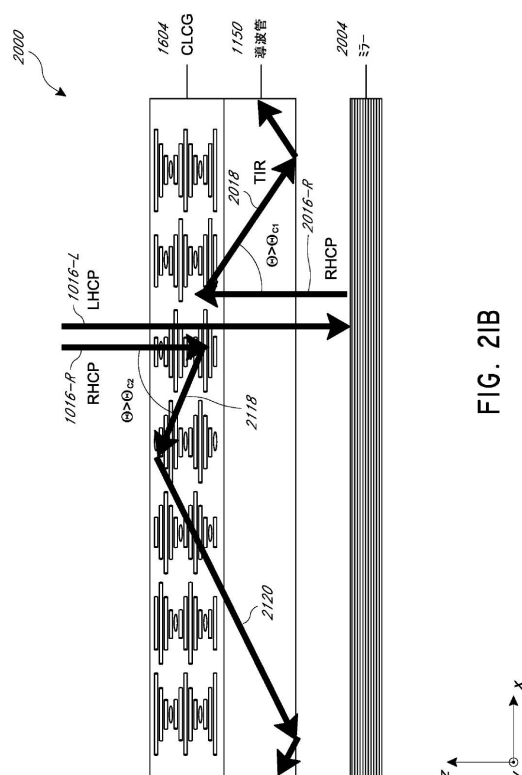


FIG. 21B

【 図 2 2 A 】

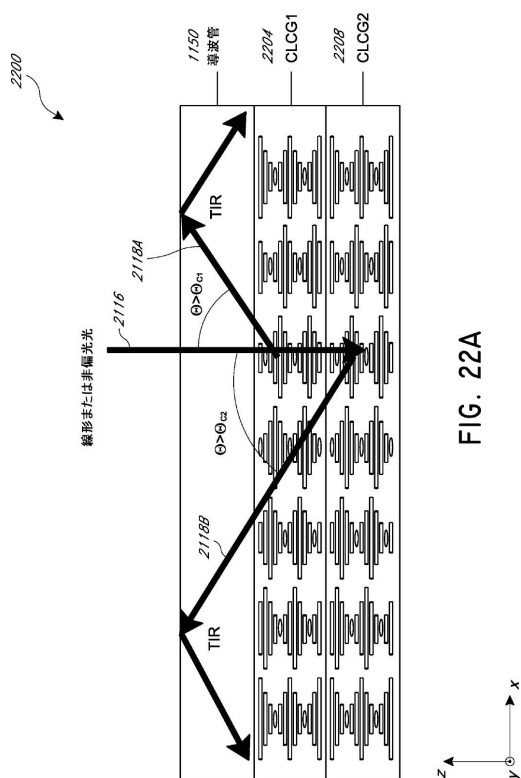


FIG. 22A

【図 2 2 B】

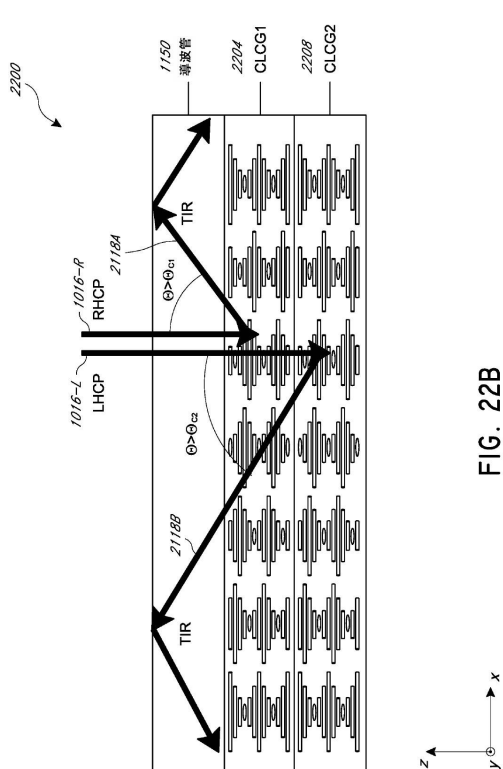


FIG. 22B

【図 2 2 C】

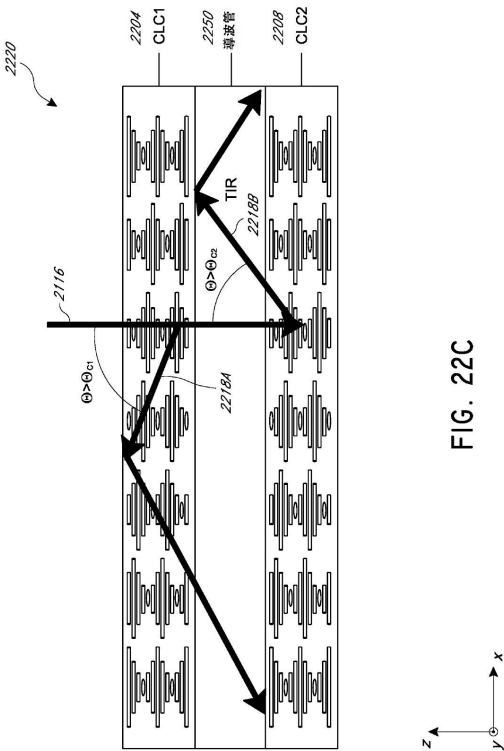


FIG. 22C

【図 2 3】

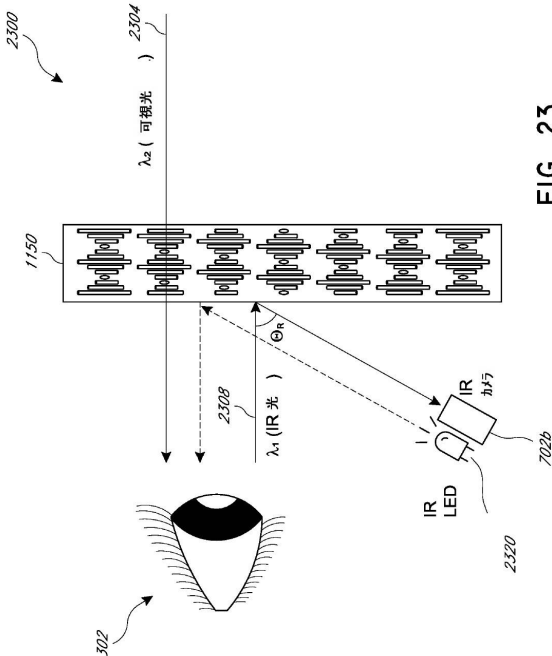


FIG. 23

【図 2 4 A】

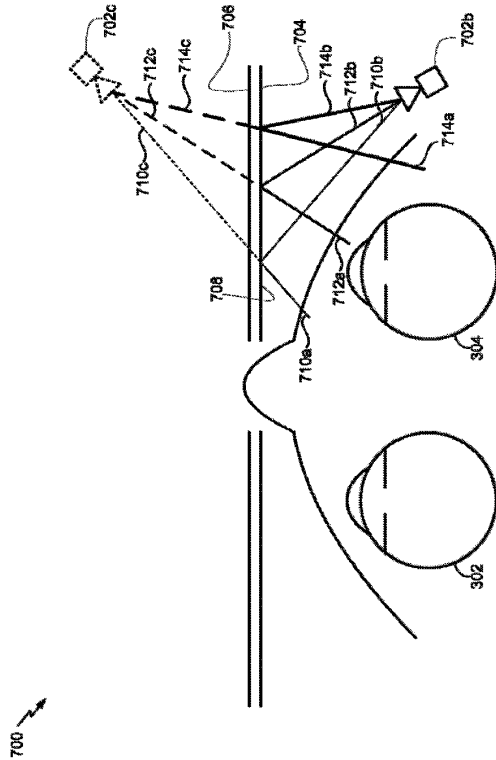


FIG. 24A

【図 2 4 B】

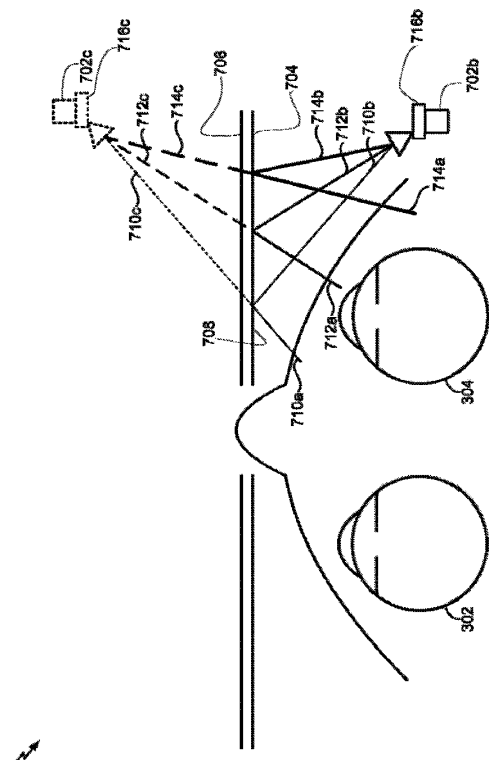


FIG. 24B

【図 24C】

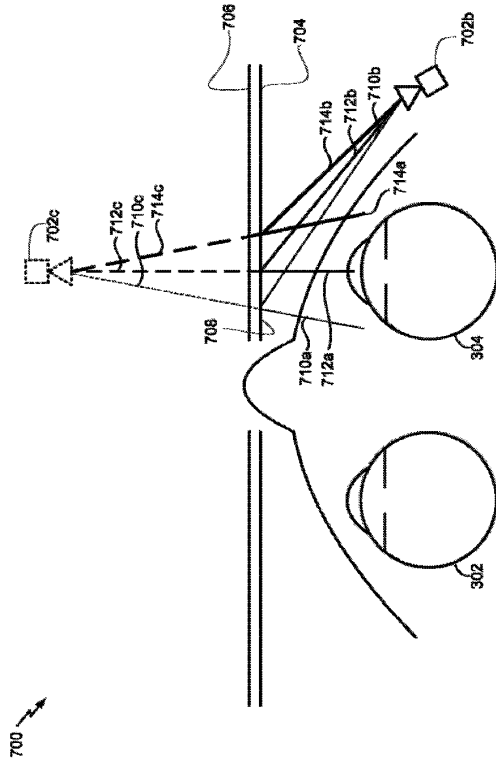


FIG. 24C

【図 24D】

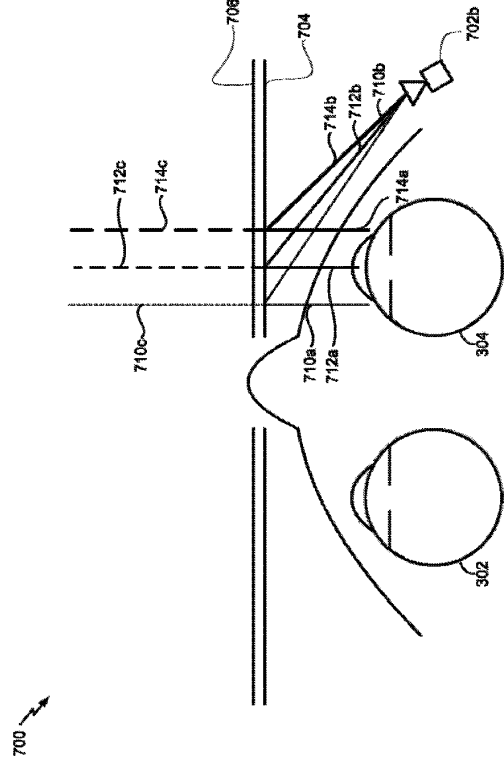


FIG. 24D

【図 24E】

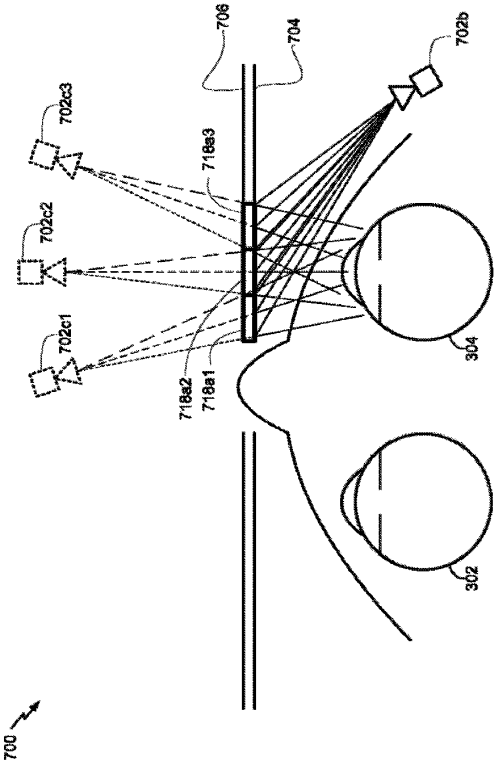


FIG. 24E

【図 24F】

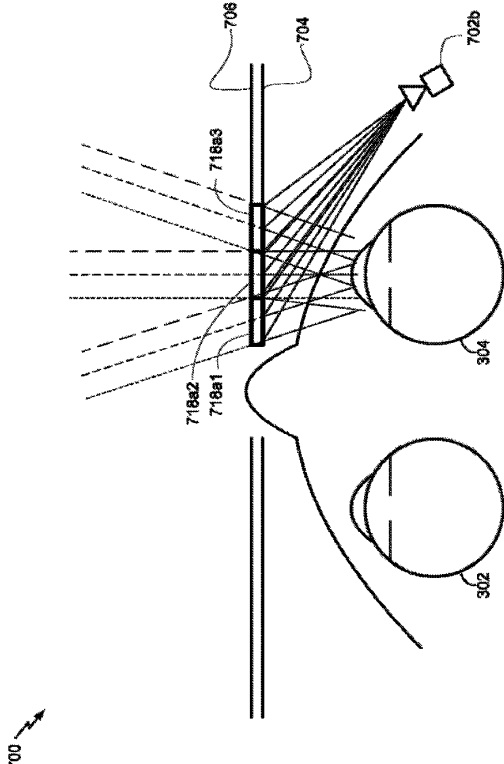


FIG. 24F

10

20

30

40

50

【図 24 G】

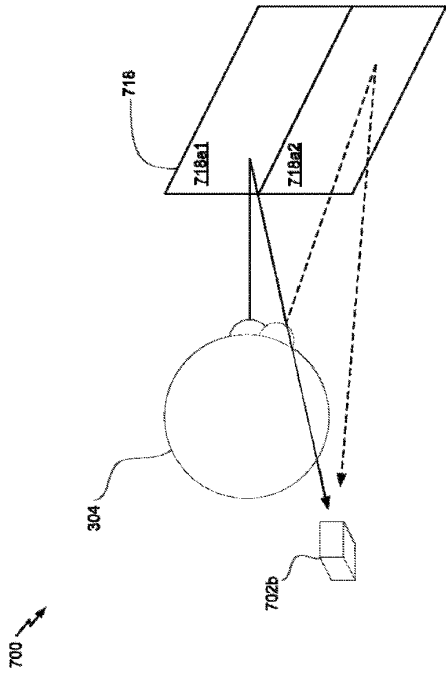


FIG. 24G

【図 24 H】

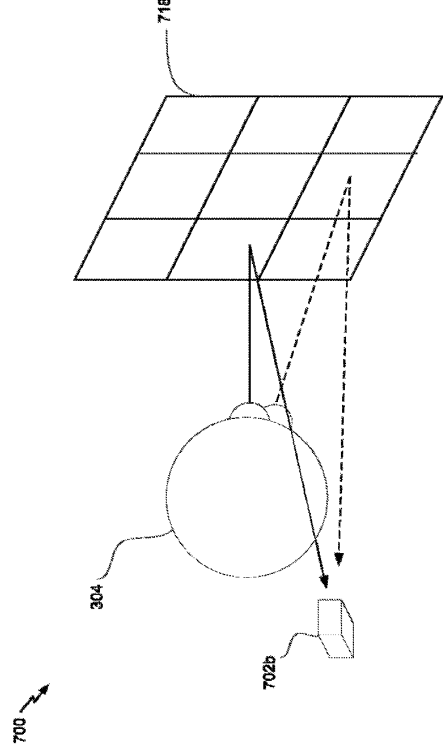


FIG. 24H

【図 25】

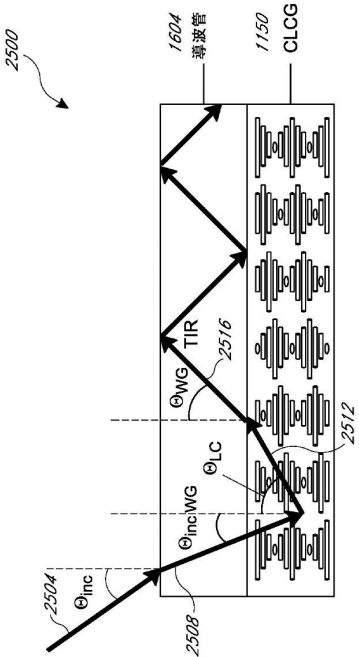


FIG. 25

【図 26】

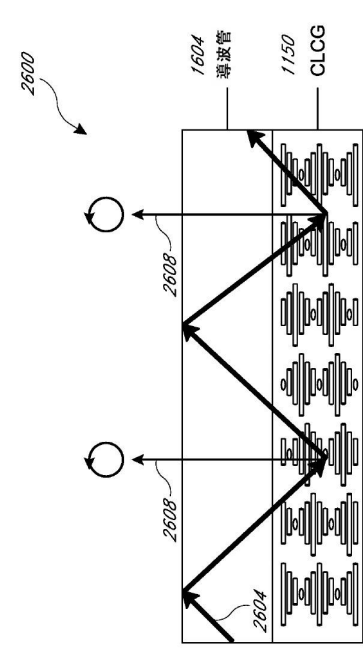


FIG. 26

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)

(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 オ, チュルウ

アメリカ合衆国 フロリダ 3 3 3 2 2 , プランテーション , ダブリュー . サンライズ プール
バード 7 5 0 0

審査官 中村 説志

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 0 3 3 6 9 8 (U S , A 1)

特表 2 0 1 0 - 5 2 5 3 9 4 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 6 / 1 9 4 9 6 1 (W O , A 1)

特表 2 0 1 7 - 5 2 2 6 0 1 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 3 7 3 4 5 9 (U S , A 1)

Yishi Weng, et al. , "Polarization volume grating with high efficiency and large diffraction a
ngle" , Optics Express , 2016年08月08日 , Vol. 24, No. 16 , p. 17746-17759

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 5 / 1 8

G 0 2 B 5 / 3 0

G 0 2 B 2 7 / 0 2