

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6895451号  
(P6895451)

(45) 発行日 令和3年6月30日(2021.6.30)

(24) 登録日 令和3年6月9日(2021.6.9)

(51) Int.Cl.	F I
<b>G O 2 B 27/02 (2006.01)</b>	G O 2 B 27/02 Z
<b>G O 2 B 30/25 (2020.01)</b>	G O 2 B 30/25
<b>G O 2 B 5/18 (2006.01)</b>	G O 2 B 5/18
<b>G O 2 B 5/32 (2006.01)</b>	G O 2 B 5/32

請求項の数 18 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2018-549987 (P2018-549987)	(73) 特許権者	509325972
(86) (22) 出願日	平成29年3月23日 (2017.3.23)		ディジレンズ インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2019-512745 (P2019-512745A)		アメリカ合衆国カリフォルニア州9408
(43) 公表日	令和1年5月16日 (2019.5.16)		9・サニーベイル・ハンマーウッドアベニ
(86) 国際出願番号	PCT/GB2017/000040		ュー 1288
(87) 国際公開番号	W02017/162999	(74) 代理人	100078282
(87) 国際公開日	平成29年9月28日 (2017.9.28)		弁理士 山本 秀策
審査請求日	平成30年10月15日 (2018.10.15)	(74) 代理人	100113413
(31) 優先権主張番号	62/390,271		弁理士 森下 夏樹
(32) 優先日	平成28年3月24日 (2016.3.24)	(74) 代理人	100181674
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 飯田 貴敏
(31) 優先権主張番号	62/391,333	(74) 代理人	100181641
(32) 優先日	平成28年4月27日 (2016.4.27)		弁理士 石川 大輔
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	230113332
			弁護士 山本 健策

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏光選択ホログラフィー導波管デバイスを提供するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

導波管装置であって、少なくとも1つの層内に配置される、  
交差された傾斜格子を第1の直線状傾斜格子および第2の直線状傾斜格子が形成するよ  
うに前記第1の直線状傾斜格子および前記第2の直線状傾斜格子を備える入力カプラと、  
 第1の折畳格子と、  
 第2の折畳格子と、  
交差された傾斜格子を第3の直線状傾斜格子および第4の直線状傾斜格子が形成するよ  
うに前記第3の直線状傾斜格子および前記第4の直線状傾斜格子を備える出力カプラと、  
 前記導波管に光学的に結合され、少なくとも第1および第2の偏光成分ならびに少なく  
 とも1つの波長を有する入力光を提供する光源と、  
 を備え、  
 前記入力カプラは、前記光源から前記入力光を受けることと、前記第1の偏光成分を第  
 1の全内部反射(TIR)経路に沿って前記第1の折畳格子に向かって進行させることと  
 、前記第2の偏光成分を第2のTIR経路に沿って前記第2の折畳格子に向かって進行さ  
 せることとを行うように構成され、  
前記第1の直線状傾斜格子および前記第3の直線状傾斜格子は、前記第1の偏光成分の  
みを回折するように構成され、  
前記第2の直線状傾斜格子および前記第4の直線状傾斜格子は、前記第2の偏光成分の  
みを回折するように構成され、

10

20

前記第 1 の折畳格子は、前記第 1 の偏光成分を前記第 1 の T I R 経路から前記出力カプラに向かって第 3 の T I R 経路へと指向させるように構成され、

前記第 2 の折畳格子は、前記第 2 の偏光成分を前記第 2 の T I R 経路から前記出力カプラに向かって第 4 の T I R 経路へと指向させるように構成され、

前記第 3 の格子は、前記第 1 の偏光成分を前記導波管の外に、そして出力経路の中へと回折するように構成され、前記第 4 の格子は、前記第 2 の偏光成分を前記導波管の外に、そして前記出力経路の中へと回折するように構成される、装置。

【請求項 2】

前記出力カプラは、前記第 3 の T I R 経路からの前記第 1 の偏光成分を前記導波管の外へと指向させる、請求項 1 に記載の装置。

10

【請求項 3】

前記入力カプラは、それぞれ前記第 1、第 2 の偏光成分または第 1、第 2 の色を前記第 1、第 2 の T I R 経路の中に指向させるための第 1、第 2 の入力格子を備え、前記第 1 および第 2 の入力格子は、スタックとして構成されるか、または単一層内に多重化される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記出力カプラは、前記第 3 および第 4 の T I R 経路からの前記第 1 および第 2 の偏光成分を前記導波管の外へと指向させるための第 1 および第 2 の出力格子を備え、前記第 1 および第 2 の出力格子は、スタックとして構成されるか、または単一層内に多重化される、請求項 1 に記載の装置。

20

【請求項 5】

前記第 1 の折畳格子は、第 1 の方向におけるコリメート光学システムの瞳孔の瞳孔拡張を提供するように構成され、前記第 1 の出力格子は、前記第 1 の方向と異なる第 2 の方向における前記瞳孔の拡張を提供するように構成される、請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】

前記光源が、入力画像ノードを備え、マイクロディスプレイが、画像ピクセルを表示するためのものであり、前記入力画像ノードは、各画像ピクセルが前記導波管内で一意的な角度方向に変換されるように、前記マイクロディスプレイパネル上に表示される画像を投影させる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記導波管は、HMD、HUD、眼追従型ディスプレイ、または動的焦点ディスプレイのうちの 1 つを提供する、請求項 1 に記載の装置。

30

【請求項 8】

前記入力カプラ、第 1 および第 2 の折畳格子、ならびに出力カプラのうちの少なくとも 1 つは、2 つ以上の回折処方を組み合わせて角度帯域幅またはスペクトル帯域幅を拡張させる多重化された格子である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】

空間的に変動するピッチを伴う少なくとも 1 つの格子を備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの層は、第 1 の波長の光を回折することが可能な第 1 の格子層と、第 2 の波長の光を回折することが可能な第 2 の格子層とを備える、請求項 1 に記載の装置。

40

【請求項 11】

前記導波管は、赤外線帯域内の光を回折するように構成される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 12】

前記出力カプラは、前記導波管からの光を検出器上に指向させる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 13】

50

前記入力カプラ、前記第1および第2の折畳格子、ならびに前記出力カプラのうちの少なくとも1つは、ホログラフィックフォトポリマー、HPDLC材料、もしくは均一変調材料内に記録される切替可能ブラッグ格子、または表面起伏格子のうちの1つであり、前記均一変調材料は、液体ポリマー中に分散される固体液晶のマトリクスを含む、請求項1に記載の装置。

【請求項14】

前記第1および第2の偏光成分は、直交する、請求項1に記載の装置。

【請求項15】

1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

a) 交差された第1および第2の傾斜格子を備える入力格子、第1の折畳格子、第2の折畳格子、ならびに交差された第3および第4の傾斜格子を備える出力格子を含む導波管を提供するステップと、

b) 光源を前記導波管に光学的に結合するステップと、

c) 前記第1の傾斜格子が光の第1の偏光成分のみを第1の導波管経路の中に回折するステップと、

d) 前記第2の傾斜格子が光の第2の偏光成分のみを第2の導波管経路の中に回折するステップと、

を含み、

前記第1の折畳格子は、前記第1の偏光成分を前記第1の導波管経路から前記出力格子に向かって第3の導波管経路へと指向させるように構成され、

前記第2の折畳格子は、前記第2の偏光成分を前記第2の導波管経路から前記出力格子に向かって第4の導波管経路へと指向させるように構成され、

e) 前記第3の傾斜格子が光の前記第1の偏光成分のみを出力経路の中に回折し、

f) 前記第4の傾斜格子が光の前記第2の偏光成分のみを前記出力経路の中に回折し、

g) 前記第1、第2、第3および第4の傾斜格子は、直線状である、方法。

【請求項16】

1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

a) 交差された第1および第2の傾斜格子を備える入力格子と、第1および第2の折畳格子と、交差された第3および第4の傾斜格子を備える出力格子とを含む導波管を提供するステップと、

b) 光源を前記導波管に光学的に結合するステップと、

c) 前記第1の傾斜格子が、前記光の第1の偏光成分を第1の導波管経路の中に回折するステップと、

d) 前記第2の傾斜格子が、前記光の第2の偏光成分を第2の導波管経路の中に回折するステップと、

e) 前記第1の折畳格子が、前記第1の導波管経路からの光を、第3の導波管経路の中に、そして前記出力格子へと指向させるステップと、

f) 前記第2の折畳格子が、前記第2の導波管経路内の光を、第4の導波管経路の中に、そして前記出力格子へと指向させるステップと、

g) 前記第3の傾斜格子が、前記第3の導波管経路内の前記光の前記第1の偏光成分のみを出力経路に沿って前記導波管から外へと回折するステップと、

h) 前記第4の傾斜格子が、前記第4の導波管経路内の前記光の前記第2の偏光成分のみを前記出力経路に沿って前記導波管から外へと回折するステップと、

を含み、

i) 前記第1、第2、第3および第4の傾斜格子は、直線状である、方法。

【請求項17】

1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

a) 交差された第1および第2の傾斜格子を備える入力格子と、第1および第2の折畳格子と、交差された第3および第4の傾斜格子を備える出力格子とを含む導波管を提供するステップと、

- b) 第1および第2の色の光源を前記導波管に光学的に結合するステップと、  
 c) 前記第1の傾斜格子が、第1の色の前記光の第1の偏光成分を第1の導波管経路の中に回折するステップと、  
 d) 前記第2の傾斜格子が、第2の色の前記光の第2の偏光成分を第2の導波管経路の中に回折するステップと、  
 e) 前記第1の折畳格子が、前記第1の導波管経路からの光を、第3の導波管経路の中に、そして前記出力格子へと指向させるステップと、  
 f) 前記第2の折畳格子が、前記第2の導波管経路内の光を、第4の導波管経路の中に、そして前記出力格子へと指向させるステップと、  
 g) 前記第3の傾斜格子が、前記第3の導波管経路内の前記光の前記第1の偏光成分のみを出力経路に沿って前記導波管から外へと回折するステップと、  
 h) 前記第4の傾斜格子が、前記第4の導波管経路内の前記光の前記第2の偏光成分のみを前記出力経路に沿って前記導波管から外へと回折するステップと、  
 を含み、  
 i) 前記第1、第2、第3および第4の格子は、直線状である、方法。

10

## 【請求項18】

1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

- a) 直線状の交差された第1および第2の傾斜格子を備える入力格子、第1および第2の折畳格子、ならびに直線状の交差された第3および第4の傾斜格子を備える出力格子を含む第1の基板と、交差された第5および第6の傾斜格子を備える入力格子を含む第2の基板と、前記第1の基板の前記入力格子と前記第2の基板の前記入力格子とによって挟装される半波リターダフィルムとを備える導波管を提供するステップであって、前記第2の基板の前記入力格子は、前記第1の基板の前記入力格子に重複している、ステップと、  
 b) 光源からの第1および第2の色を備える光を前記導波管に光学的に結合するステップであって、前記光源からの光は、前記第1の基板の前記入力格子および前記第2の基板の前記入力格子へと指向される、ステップと、  
 c) 前記第1および第5の傾斜格子が、前記光の前記第1の色の第1の偏光成分のみを第1の導波管経路の中に回折するステップと、  
 d) 前記第2および第6の傾斜格子が、前記光の前記第2の色の第2の偏光成分のみを第2の導波管経路の中に回折するステップと、  
 e) 前記第1の折畳格子が、前記第1の導波管経路内の光を、第3の導波管経路の中に、そして前記出力格子へと指向させるステップと、  
 f) 前記第2の折畳格子が、前記第2の導波管経路内の光を、第4の導波管経路の中に、そして前記出力格子へと指向させるステップと、  
 g) 前記第3の傾斜格子が、前記第3の導波管経路内の前記光の前記第1の偏光成分のみを出力経路に沿って前記導波管から外へと回折するステップと、  
 h) 前記第4の傾斜格子が、前記第4の導波管経路内の前記光の前記第2の偏光成分のみを前記出力経路に沿って前記導波管から外へと回折するステップと、  
 を含む、方法。

20

30

## 【発明の詳細な説明】

40

## 【技術分野】

## 【0001】

## 優先権の主張

本出願は、2016年3月24日に出願されたHOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DEVICES FOR USE WITH UNPOLARIZED LIGHTと題する米国仮出願第62/390,271号および2016年4月27日に出願されたMETHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING A POLARIZATION SELECTIVE HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DEVICEと題する米国仮出願第62/391,333号からの優先権を主張しており、これらの仮出願は、それらの全体が参考として本明細書によって本明細書中に

50

援用される。

【 0 0 0 2 】

関連出願への相互参照

以下の特許出願は、それらの全体が本明細書中に参考として援用される：COMPACT EDGE ILLUMINATED DIFFRACTIVE DISPLAYと題する米国特許第9,075,184号、OPTICAL DISPLAYSと題する米国特許第8,233,204号、METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING A TRANSPARENT DISPLAYと題するPCT出願第US2006/043938号；WEARABLE DATA DISPLAYと題する英国出願第2012/000677号、COMPACT EDGE ILLUMINATED EYEGLASS DISPLAYと題する米国特許出願第13/317,468号、HOLOGRAPHIC WIDE ANGLE DISPLAYと題する米国特許出願第13/869,866号、およびTRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAYと題する米国特許出願第13/844,456号、WAVEGUIDE GRATING DEVICEと題する米国特許出願第14/620,969号、ELECTRICALLY FOCUS TUNABLE LENSと題する米国仮特許出願第62/176,572号、WAVEGUIDE DEVICE INCORPORATING A LIGHT PIPEと題する米国仮特許出願第62/177,494号、METHOD AND APPARATUS FOR GENERATING INPUT IMAGES FOR HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DISPLAYSと題する米国仮特許出願第62/071,277号、ENVIRONMENTALLY ISOLATED WAVEGUIDE DISPLAYと題するPCT出願第PCT/GB2016/000005号、WAVEGUIDE FOR HOMOGENIZING ILLUMINATIONと題するPCT出願第PCT/GB2013/000500号、METHOD AND APPARATUS FOR CONTACT IMAGE SENSINGと題するPCT出願第PCT/GB2014/000295号、HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE LIGHT FIELD DISPLAYSと題するPCT出願第PCT/GB2016/000005号、HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE LIDARと題するPCT出願第PCT/GB2016/000014号、LASER ILLUMINATION DEVICEと題する米国特許第8,244,133号、LASER ILLUMINATION DEVICEと題する米国特許第8,565,560号、HOLOGRAPHIC ILLUMINATION SYSTEMと題する米国特許第6,115,152号、CONTACT IMAGE SENSOR USING SWITCHABLE BRAGG GRATINGSと題するPCT出願第PCT/GB2013/000005号、IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICESと題するPCT出願第PCT/GB2012/000680号、HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE EYE TRACKERと題するPCT出願第PCT/GB2014/000197号、APPARATUS FOR EYE TRACKINGと題するPCT出願第PCT/GB2013/000210号、APPARATUS FOR EYE TRACKINGと題するPCT出願第GB2013/000210号、HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE OPTICAL TRACKERと題するPCT/GB2015/000274号、SYSTEM AND METHOD OF EXTENDING VERTICAL FIELD OF VIEW IN HEAD UP DISPLAY USING A WAVEGUIDE COMBINERと題する米国特許第8,903,207号、COMPACT WEARABLE DISPLAYと題する米国特許第8,639,072号、COMPACT HOLOGRAPHIC EDGE ILLUMINATED EYEGLASS DISPLAYと題する米国特許第8,885,112号、WAVEGUIDE DISPLAYと題する米国仮特許出願第62/284,

603号、WAVEGUIDE DISPLAYSと題する米国仮特許出願第62/285,275号。

【0003】

本開示は、導波管デバイスに関し、より具体的には、非偏光光と併用するためのホログラフィック導波管デバイスに関する。

【背景技術】

【0004】

導波管光学は、現在、複数の光学機能を薄くて透明な軽量基板の中に統合する導波管の能力が非常に重要である、ある範囲のディスプレイおよびセンサ用途に関して検討されつつある。本新しいアプローチは、拡張現実（AR）および仮想現実（VR）のための接眼ディスプレイ、航空および道路交通のためのコンパクトなヘッドアップディスプレイ（HUD）、ならびにバイオメトリックおよびレーザレーダ（LIDAR）用途のためのセンサを含む、新しい製品開発を刺激している。導波管ディスプレイが、回折格子を使用して、アイボックスサイズを保存しながら、レンズサイズを低減させるように提案されている。St. Leger Searleに発行された米国特許第4,309,070号およびUpatnieksに発行された米国特許第4,711,512号は、コリメート光学システムの瞳孔が導波管構造によって効果的に拡張される、基板導波管ヘッドアップディスプレイを開示している。米国特許出願第13/869,866号は、ホログラフィック広角ディスプレイを開示している。導波管はまた、眼追跡、指紋走査、およびLIDAR等のセンサ用途のためにも提案されている。導波管用途におけるブラッグ格子（また、体積格子とも称される）の利点は、周知である。ブラッグ格子は、高効率を有し、より高次に回折される光は、殆どない。回折されたゼロ次における光の相対的量は、格子の屈折率変調を制御することによって変動されることができ、その性質は、大きな瞳孔にわたって光を抽出するための損失性導波管格子を作製するために使用される。格子の1つの重要な種類は、切替可能ブラッグ格子（SBG）として知られる。SBGは、最初に、光重合性モノマーと液晶材料の混合物の薄膜を平行ガラスプレート間に設置することによって製作される。一方または両方のガラスプレートは、フィルムを横断して電場を印加するための電極、典型的には、透明インジウムスズ酸化物フィルムを支持する。体積位相格子が、次いで、傾斜フリンジ格子構造を形成することに干渉する、2つの相互にコヒーレントなレーザビームを用いて、液体材料（多くの場合、シロップと称される）を照明することによって記録される。記録プロセスの間、モノマーは、重合し、混合物は、位相分離を受け、クリアポリマーの領域が散在する、液晶微小液滴が高密度に取り込まれた領域を生成する。交互する液晶豊富および液晶枯渇領域は、格子のフリンジ平面を形成する。結果として生じる体積位相格子は、非常に高回折効率を呈することができ、これは、フィルムを横断して印加される電場の大きさによって制御され得る。電場が、透明電極を介して、格子に印加されると、LC液滴の自然配向が、変化され、フリンジの屈折率変調を低減させ、ホログラム回折効率を非常に低レベルまで低下させる。典型的には、SBG要素は、30 $\mu$ s以内にクリアに切り替えられる。緩和時間が長ければ、オンに切り替わる。デバイスの回折効率は、連続範囲にわたって印加される電圧を用いて調節されることができ、留意されたい。デバイスは、電圧が印加されないと、ほぼ100%効率を呈し、十分に高電圧が印加されると、本質的にゼロ効率を呈する。あるタイプのHPDLCデバイスでは、磁場が、LC配向を制御するために使用されてもよい。あるタイプのHPDLCでは、ポリマーからのLC材料の位相分離は、判別可能液滴構造が生じない程度まで遂行されてもよい。SBGはまた、受動格子として使用されてもよい。本モードでは、その主な利点は、一意に高い屈折率変調である。

【0005】

SBGは、自由空間用途のための透過または反射格子を提供するために使用されてもよい。SBGは、HPDLCが導波管コアまたは導波管に近接して一時的結合される層のいずれかを形成する、導波管デバイスとして実装されてもよい。HPDLCセルを形成するために使用される平行ガラスプレートは、全内部反射（TIR）光誘導構造を提供する。

10

20

30

40

50

光は、切替可能格子がTIR条件を越えた角度において光を回折するとき、SBGから結合される。導波管は、現在、ある範囲のディスプレイおよびセンサ用途において着目されている。HPDLCに関する初期の研究の多くは、反射ホログラムを対象としていたが、透過デバイスが、光学システム構築ブロックとしてはるかに多用途であることが証明されつつある。典型的には、SBGにおいて使用されるHPDLCは、液晶(LC)と、モノマーと、光開始剤染料と、共開始剤とを含む。混合物は、多くの場合、界面活性剤を含む。特許および科学文献は、SBGを製作するために使用され得る、材料系およびプロセスの多くの実施例を含む。2つの基本特許は、Sutherlandによる米国特許第5,942,157号およびTanaka et al.による米国特許第5,751,452号である。両願は、SBGデバイスの製作に好適なモノマーと液晶材料の組み合わせを説明している。透過SBGの公知の属性のうちの一つは、LC分子が、格子フリッジ平面に対して垂直に整合する傾向にあることである。LC分子整合の効果は、透過SBGが、P偏光光(すなわち、入射平面に偏光ベクトルを伴う光)を効率的に回折するが、S偏光光(すなわち、入射平面に対して垂直の偏光ベクトルを伴う光)に関してほぼゼロ回折効率を有することである。透過SBGは、入射光と反射光との間の内包角が小さいとき、P偏光のための任意の格子の回折効率がゼロまで低下するため、すれすれの入射では使用され得ない。SBGの切替能力は、眼トラッカ、LIDAR、および指紋スキャナを含む、ある範囲のセンサにおいて利用されることができ、切替可能ブラッグ格子(SBG)は、余剰層を排除し、HMD、HUD、および他の接眼ディスプレイを含む、現在のディスプレイシステムの厚さを低減させ、マイクロディスプレイ上に連続して提示される画像をタイル化することによって、視野を増加させるために導波管内で使用されてもよい。

10

20

## 【0006】

SBGの偏光選択性は、LEDが光源として使用されるとき、50%光スルーット損失をもたらす。理論上、偏光成分を使用して、損失光の一部を復元することが可能性として考えられるが、これは、実際は、光学非効率性に起因して、困難である傾向にある。

## 【0007】

非偏光光と併用するための低コスト、効率的、かつコンパクトなホログラフィック導波管のための要件が、存在する。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

30

## 【0008】

【特許文献1】米国特許出願公開第13/869,866号明細書

【特許文献2】米国特許第4,309,070号明細書

【特許文献3】米国特許第4,711,512号明細書

【特許文献4】米国特許第5,751,452号明細書

【特許文献5】米国特許第5,942,157号明細書

## 【発明の概要】

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明の第1の目的は、非偏光光と併用するための低コスト、効率的、かつコンパクトなホログラフィック導波管を提供することである。

40

## 【0010】

本発明の目的は、導波管装置が、少なくとも1つの層内に配置される、入力カプラと、第1の折畳格子と、第2の折畳格子と、出力カプラと、導波管に光学的に結合され、光の少なくとも第1および第2の偏光および少なくとも1つの波長を提供する、光源とを備える、第1の実施形態において充足される。入力カプラは、第1の偏光光を第1の全内部反射(TIR)経路に沿って進行させ、第2の偏光光を第2のTIR経路に沿って進行させるように構成される。

## 【0011】

いくつかの実施形態では、第1の折畳格子は、第1のTIR経路内の第1の偏光光を第

50

3のTIR経路に沿って出力カプラまで進行させるように構成され、出力カプラは、導波管からの第3のTIR経路を指向させる。

【0012】

いくつかの実施形態では、入力カプラは、第1および第2の偏光光または色を第1および第2のTIR経路の中に結合するための第1および第2の格子を備え、第1および第2の格子は、スタックとして構成されるか、または単一層内に多重化される。

【0013】

いくつかの実施形態では、出力カプラは、導波管から第3および第4の経路を結合する、第3および第4の格子を備え、第1および第2の格子は、スタックとして構成されるか、または単一層内に多重化される。

10

【0014】

いくつかの実施形態では、折畳格子は、第1の方向において瞳孔拡張を提供するように構成され、出力格子は、第1の方向と異なる第2の方向に瞳孔拡張を提供するように構成される。

【0015】

いくつかの実施形態では、入力カプラ、折畳格子、または出力格子のうちの少なくとも1つは、回転 $k$ -ベクトル格子である。

【0016】

いくつかの実施形態では、光は、折畳格子のうちの少なくとも1つ内で二重相互作用を受ける。

20

【0017】

いくつかの実施形態では、IINが、源、画像ピクセルを表示するためのマイクロディスプレイ、およびコリメーション光学を統合し、IINは、各画像ピクセルが第1の導波管内で一意的な角度方向に変換されるように、マイクロディスプレイパネル上に表示される画像を投影させる。

【0018】

いくつかの実施形態では、導波管は、HMD、HUD、眼追従型ディスプレイ、動的焦点ディスプレイ、または明視野ディスプレイのうちの1つを提供する。

【0019】

いくつかの実施形態では、入力カプラ、折畳格子、および出力格子のうちの少なくとも1つは、色または角度のうちの少なくとも1つを多重化する。

30

【0020】

いくつかの実施形態では、本装置は、空間的に変動するピッチを伴う、少なくとも1つの格子を備える。

【0021】

いくつかの実施形態では、少なくとも1つの格子の層は、第1の波長で動作する第1の格子層と、第2の波長で動作する第2の格子層とを備える。

【0022】

いくつかの実施形態では、本装置は、赤外線内で動作するように構成される。

【0023】

いくつかの実施形態では、出力カプラは、導波管からの光を検出器上に結合する。

40

【0024】

いくつかの実施形態では、入力カプラ、折畳格子、および出力格子のうちの少なくとも1つは、ホログラフィックフォトポリマー、HPDLC材料、もしくは均一変調ホログラフィック液晶ポリマー材料内に記録される切替可能ブラッグ格子、または表面起伏格子のうちの1つである。

【0025】

いくつかの実施形態では、第1および第2の偏光は、直交する。

【0026】

いくつかの実施形態では、1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

50

- a) 交差された第1および第2の格子を備える入力格子を含む、導波管を提供するステップと、
  - b) 光源を導波管に結合するステップと、
  - c) 第1の格子が光の第1の偏光状態を第1の導波管経路の中に回折するステップと、
  - d) 第2の格子が光の第2の偏光状態を第2の導波管経路の中に回折するステップと、
- を含む、方法が提供される。

## 【0027】

いくつかの実施形態では、1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

- a) 交差された第1および第2の格子を備える、入力格子と、第1および第2の折畳格子と、交差された第3および第4の格子を備える、出力格子とを含む、導波管を提供するステップと、
  - b) 光源を導波管に結合するステップと、
  - c) 第1の格子が、光の第1の偏光状態を第1の導波管経路の中に回折するステップと、
  - d) 第1の格子が、第2の偏光状態を第2の導波管経路の中に回折するステップと、
  - e) 第1の折畳格子が、第1の導波管経路からの光を、第3の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折するステップと、
  - f) 第2の折畳格子が、第2の導波管経路内の光を、第4の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折するステップと、
  - g) 第3の格子が、第3の導波管経路内の光を導波管から回折するステップと、
  - h) 第4の格子が、第4の導波管経路内の光を導波管から回折するステップと、
- を含む、方法が提供される。

## 【0028】

いくつかの実施形態では、1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

- a) 交差された第1および第2の格子を備える、入力格子と、第1および第2の折畳格子と、交差された第3および第4の格子を備える、出力格子とを含む、導波管を提供するステップと、
  - b) 第1および第2の色の光源を導波管に結合するステップと、
  - c) 第1の格子が、第1の色の光の第1の偏光状態を第1の導波管経路の中に回折するステップと、
  - d) 第1の格子が、第2の色の光の第2の偏光状態を第2の導波管経路の中に回折するステップと、
  - e) 第1の折畳格子が、第1の導波管経路からの光を、第3の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折するステップと、
  - f) 第2の折畳格子が、第2の導波管経路内の光を、第4の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折するステップと、
  - g) 第3の格子が、第3の導波管経路内の光を導波管から回折するステップと、
  - h) 第4の格子が、第4の導波管経路内の光を導波管から回折するステップと、
- を含む、方法が提供される。

## 【0029】

いくつかの実施形態では、1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

- a) 交差された第1および第2の格子を備える、入力格子、第1および第2の折畳格子、ならびに交差された第3および第4の格子を備える、出力格子を含む、第1の基板と、交差された第5および第6の格子を備える入力格子を含む、第2の基板と、入力格子によって狭装される、半波リターダフィルムとを備える、導波管を提供するステップと、
- b) 第1および第2の色の光源を導波管に結合するステップと、
- c) 第1および第5の格子が、光の第1の色の第1の偏光状態を第1の導波管経路の中に回折するステップと、
- d) 第2および第6の格子が、光の第2の色の第2の偏光状態を第2の導波管経路の中に回折するステップと、
- e) 第1の折畳格子が、第1の導波管経路内の光を、第3の導波管経路の中に、そして出

10

20

30

40

50

力格子まで回折するステップと、

f) 第2の折畳格子が、第2の導波管経路内の光を、第4の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折するステップと、

g) 第3の格子が、第3の導波管経路内の光を導波管から回折するステップと、

h) 第4の格子が、第4の導波管経路内の光を導波管から回折するステップと、を含む、方法が提供される。

本明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

(項目1)

導波管装置であって、少なくとも1つの層内に配置される、

入力カブラと、

第1の折畳格子と、

第2の折畳格子と、

出力カブラと、

前記導波管に光学的に結合され、前記光の少なくとも第1および第2の偏光および少なくとも1つの波長を提供する、光源と、

を備え、

前記入力カブラは、前記第1の偏光光を第1の全内部反射(TIR)経路に沿って進行させ、前記第2の偏光光を第2のTIR経路に沿って進行させるように構成される、装置

。

(項目2)

前記第1の折畳格子は、前記第1のTIR経路内の第1の偏光光を第3のTIR経路に沿って前記出力カブラまで進行させるように構成され、前記出力カブラは、前記導波管からの第3のTIR経路を指向させる、項目1に記載の装置。

(項目3)

前記入力カブラは、前記第1および第2の偏光光または色を前記第1および第2のTIR経路の中に結合するための第1および第2の格子を備え、前記第1および第2の格子は、スタックとして構成されるか、または単一層内に多重化される、項目1に記載の装置

(項目4)

前記出力カブラは、前記導波管からの第3および第4の経路を結合する、第3および第4の格子を備え、前記第1および第2の格子は、スタックとして構成されるか、または単一層内に多重化される、項目1に記載の装置。

(項目5)

前記折畳格子は、第1の方向における瞳孔拡張を提供するように構成され、前記出力格子は、前記第1の方向と異なる第2の方向に瞳孔拡張を提供するように構成される、項目1に記載の装置。

(項目6)

前記入力カブラ、前記折畳格子、または前記出力格子のうちの少なくとも1つは、回転k-ベクトル格子である、項目1に記載の装置。

(項目7)

前記光は、前記折畳格子のうちの少なくとも1つ内で二重相互作用を受ける、項目1に記載の装置。

(項目8)

IINが、前記源、画像ピクセルを表示するためのマイクロディスプレイ、およびコリメーション光学を統合し、前記IINは、各画像ピクセルが前記第1の導波管内で一意的な角度方向に変換されるように、前記マイクロディスプレイパネル上に表示される画像を投影させる、項目1に記載の装置。

(項目9)

前記導波管は、HMD、HUD、眼追従型ディスプレイ、動的焦点ディスプレイ、または明視野ディスプレイのうちの1つを提供する、項目1に記載の装置。

(項目10)

10

20

30

40

50

前記入力カブラ、折畳格子、および出力格子のうちの少なくとも1つは、色または角度のうちの少なくとも1つを多重化する、項目1に記載の装置。

(項目11)

空間的に変動するピッチを伴う、少なくとも1つの格子を備える、項目1に記載の装置。

(項目12)

前記少なくとも1つの格子の層は、第1の波長で動作する第1の格子層と、第2の波長で動作する第2の格子層とを備える、項目1に記載の装置。

(項目13)

赤外線内で動作するように構成される、項目1に記載の装置。

10

(項目14)

前記出力カブラは、前記導波管からの光を検出器上に結合する、項目1に記載の装置。

(項目15)

前記入力カブラ、前記折畳格子、および前記出力格子のうちの少なくとも1つは、ホログラフィックフォトポリマー、HPDLC材料、もしくは均一変調ホログラフィック液晶ポリマー材料内に記録される切替可能プラグ格子、または表面起伏格子のうちの1つである、項目1に記載の装置。

(項目16)

前記第1および第2の偏光は、直交する、項目1に記載の装置。

(項目17)

1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、  
a) 交差された第1および第2の格子を備える入力格子を含む、導波管を提供するステップと、  
b) 光源を前記導波管に結合するステップと、  
c) 前記第1の格子が光の第1の偏光状態を第1の導波管経路の中に回折するステップと、  
d) 前記第2の格子が光の第2の偏光状態を第2の導波管経路の中に回折するステップと、  
を含む、方法。

20

(項目18)

1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、  
a) 交差された第1および第2の格子を備える入力格子と、第1および第2の折畳格子と、交差された第3および第4の格子を備える、出力格子とを含む、導波管を提供するステップと、  
b) 光源を前記導波管に結合するステップと、  
c) 前記第1の格子が、前記光の第1の偏光状態を第1の導波管経路の中に回折するステップと、  
d) 前記第1の格子が、前記光の第2の偏光状態を第2の導波管経路の中に回折するステップと、

30

e) 前記第1の折畳格子が、前記第1の導波管経路からの光を、第3の導波管経路の中に、そして前記出力格子まで回折するステップと、  
f) 前記第2の折畳格子が、前記第2の導波管経路内の光を、第4の導波管経路の中に、そして前記出力格子まで回折するステップと、  
g) 前記第3の格子が、前記第3の導波管経路内の光を前記導波管から回折するステップと、  
h) 前記第4の格子が、前記第4の導波管経路内の光を前記導波管から回折するステップと、  
を含む、方法。

40

(項目19)

1つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

50

a) 交差された第 1 および第 2 の格子を備える入力格子と、第 1 および第 2 の折畳格子と、交差された第 3 および第 4 の格子を備える、出力格子とを含む、導波管を提供するステップと、

b) 第 1 および第 2 の色の光源を前記導波管に結合するステップと、

c) 前記第 1 の格子が、第 1 の色の前記光の第 1 の偏光状態を前記第 1 の導波管経路の中に回折するステップと、

d) 前記第 1 の格子が、第 2 の色の前記光の第 2 の偏光状態を前記第 2 の導波管経路の中に回折するステップと、

e) 前記第 1 の折畳格子が、前記第 1 の導波管経路からの光を、第 3 の導波管経路の中に、そして前記出力格子まで回折するステップと、

f) 前記第 2 の折畳格子が、前記第 2 の導波管経路内の光を、第 4 の導波管経路の中に、そして前記出力格子まで回折するステップと、

g) 前記第 3 の格子が、前記第 3 の導波管経路内の光を前記導波管から回折するステップと、

h) 前記第 4 の格子が、前記第 4 の導波管経路内の光を前記導波管から回折するステップと、

を含む、方法。

(項目 20)

1 つを上回る偏光成分の光を伝搬する方法であって、

a) 交差された第 1 および第 2 の格子を備える入力格子、第 1 および第 2 の折畳格子、ならびに交差された第 3 および第 4 の格子を備える出力格子を含む、第 1 の基板と、交差された第 5 および第 6 の格子を備える入力格子を含む、第 2 の基板と、前記入力格子によって挟装される、半波リターダフィルムとを備える、導波管を提供するステップと、

b) 第 1 および第 2 の色の光源を前記導波管に結合するステップと、

c) 前記第 1 および第 5 の格子が、前記光の第 1 の色の第 1 の偏光状態を第 1 の導波管経路の中に回折するステップと、

d) 前記第 2 および第 6 の格子が、前記光の第 2 の色の第 2 の偏光状態を第 2 の導波管経路の中に回折するステップと、

e) 前記第 1 の折畳格子が、前記第 1 の導波管経路内の光を、第 3 の導波管経路の中に、そして前記出力格子まで回折するステップと、

f) 前記第 2 の折畳格子が、前記第 2 の導波管経路内の光を、第 4 の導波管経路の中に、そして前記出力格子まで回折するステップと、

g) 前記第 3 の格子が、前記第 3 の導波管経路内の光を前記導波管から回折するステップと、

h) 前記第 4 の格子が、前記第 4 の導波管経路内の光を前記導波管から回折するステップと、

を含む、方法。

**【0030】**

以下は、非偏光光と併用するための本発明のホログラフィック導波管に関連する種々の概念およびその実施形態のより詳細な説明である。上記に導入され、以下により詳細に議論される、種々の概念は、多数の方法のいずれかにおいて実装されてもよく、開示される概念は、実装の任意の特定の様式に限定されないことを理解されたい。具体的実装および用途の実施例は、主に、例証目的のために提供される。本発明のより完全な理解は、同様の指示が同様の部分を示す、付随の図面と併せて、以下の詳細な説明を検討することによって得られることができる。明確性の目的のために、本発明に関連する技術的分野において公知の技術的材料に関連する詳細は、詳細に説明されていない。

**【図面の簡単な説明】**

**【0031】**

**【図 1】** 図 1 は、第 1 の実施形態における、導波管デバイスの概略平面図である。

**【図 2 A】** 図 2 A は、第 1 の実施形態の入力格子の概略 3 次元図である。

10

20

30

40

50

【図 2 B】図 2 B は、第 1 の実施形態の入力格子内の格子傾斜角度である。

【図 3】図 3 は、第 1 の実施形態における、導波管デバイスの概略断面図である。

【図 4】図 4 は、一実施形態において使用される、回転 K - ベクトル格子の断面図である。

【図 5】図 5 は、一実施形態において使用される、回転 K - ベクトル格子の断面図である。

【図 6】図 6 は、一実施形態における、導波管デバイスの概略平面図である。

【図 7】図 7 は、一実施形態における、導波管デバイスの概略平面図である。

【図 8】図 8 は、一実施形態における、入力および出力格子デバイスがそれぞれ 3 つの別個の格子を組み合わせる、導波管デバイスの概略平面図である。

10

【図 9】図 9 は、一実施形態における、導波管格子の概略平面図である。

【図 10】図 10 は、一実施形態における、偏光制御層を含む導波管デバイスの概略断面図である。

【図 11】図 11 は、一実施形態における、2 格子層導波管デバイスの概略断面図である。

【図 12】図 12 は、一実施形態における、それぞれ格子層を含む、2 つの導波管を備える導波管デバイスの概略断面図である。

【図 13】図 13 は、一実施形態における、カラー導波管デバイスの概略平面図である。

【図 14】図 14 は、一実施形態における、カラー導波管デバイスの概略断面図である。

【図 15】図 15 は、一実施形態における、偏光復元層を含む、カラー導波管デバイス内で使用される基板の概略平面図である。

20

【図 16】図 16 は、一実施形態における、偏光復元層を含む、カラー導波管デバイスの概略断面図である。

【図 17】図 17 は、一実施形態における、1 つを上回る偏光成分の光を導波管の中に結合する方法を図示する、フロー図である。

【図 18】図 18 は、一実施形態における、1 つを上回る偏光成分の光を導波管の中に結合する方法を図示する、フロー図である。

【図 19】図 19 は、一実施形態における、1 つを上回る偏光成分および 1 つを上回る色の光を導波管の中に結合する方法を図示する、フロー図である。

【図 20】図 20 は、一実施形態における、1 つを上回る偏光成分および 1 つを上回る色の、光の偏光復元を伴って導波管の中に結合する方法を図示する、フロー図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0032】

発明の詳細な説明

本発明は、ここで、付随の図面を参照して、一例としてのみさらに説明される。本発明は、以下の説明に開示されるような本発明の一部または全部とともに実践されてもよいことが、当業者に明白である。本発明を説明する目的のために、光学設計および視覚的ディスプレイの当業者に公知の光学技術の周知の特徴は、本発明の基本原理を曖昧にしないため、省略または簡略化されている。別様に記載されない限り、光線またはビーム方向に関連する用語「軸上 (on-axis)」は、本発明と関連して説明される光学コンポーネントの表面に対して垂直の軸と平行な伝搬を指す。以下の説明では、用語「光」、「光線」、「ビーム」、および「方向」は、同義的に使用され、相互に関連付けて、直線軌道に沿った電磁放射の伝搬方向を示し得る。用語「光」および「照明」は、電磁スペクトルの可視および赤外線帯域に関連して使用され得る。以下の説明の部分は、光学設計の当業者によって一般に採用される専門用語を使用して提示される。また、本発明の以下の説明では、語句「一実施形態では」の繰り返しの使用は、必ずしも、同一実施形態を指すわけではないことに留意されたい。概して、図を参照すると、種々の実施形態による、ディスプレイまたはセンサに関連するシステムおよび方法が、示される。

40

【0033】

本発明の目的は、入力格子 103 と、出力格子 104 と、折畳格子射出瞳孔エクспан

50

ダ105、106とを含む、導波管101を備える、導波管デバイスが提供される、図1に図示される第1の実施形態100において達成される。入力格子は、ベクトル $\underline{r}_1$ によって示される方向において、光を外部光源102から受信する。

【0034】

いくつかの実施形態では、外部光は、非偏光であり得る。以降に議論されるように、本発明のディスプレイ用途では、光源は、入力画像ノード(IIN)を備え、画像変調された光を提供し得る。本発明のディスプレイ用途では、入力格子は、通常、コリメートされた光をIINから受容し、第1の表面と第2の表面との間の全内部反射を介して、折畳格子まで、光を導波管内で進行させるように構成されるであろう。

【0035】

本明細書で使用されるように、用語「格子」は、いくつかの実施形態では、格子のセットから構成される格子を包含してもよい。例えば、いくつかの実施形態では、入力格子および出力格子はそれぞれ、単一層の中に多重化された2つまたはそれを上回る格子を備える。1つを上回るホログラフィック処方単一ホログラフィック層の中に記録され得ることが、ホログラムの文献において明確に立証されている。そのような多重化されたホログラムを記録するための方法は、当業者に周知である。いくつかの実施形態では、入力格子および出力格子はそれぞれ、接触するか、または1つもしくはそれを上回る薄い光学基板によって垂直に分離される、2つの重複する格子層を備えてもよい。いくつかの実施形態では、格子層は、ガラスまたはプラスチック基板間に狭装される。いくつかの実施形態では、2つまたはそれを上回るそのような格子層は、全内部反射が外側基板および空気界面に生じる、スタックを形成してもよい。いくつかの実施形態では、導波管は、1つのみの格子層を備えてもよい。いくつかの実施形態では、電極が、基板の面に適用され、格子を回折状態とクリア状態との間で切り替えてもよい。スタックはさらに、ビーム分割コーティングおよび環境保護層等の付加的層を備えてもよい。図1に示される入力および出力格子は、前述の格子構成のいずれかによって提供されてもよい。有利には、入力および出力格子は、共通表面格子ピッチを有するように設計される。

【0036】

本発明において使用される入力格子の重要な特徴は、それらが、各格子が入射非偏光光の特定の偏光を導波管経路の中に回折するように配向される、格子を組み合わせることである。出力格子は、類似方式において構成され、したがって、導波管経路からの光は、組み合わせられ、非偏光光として導波管から結合される。図1の実施形態では、入力格子および出力格子はそれぞれ、直交偏光状態のためのピーク回折効率を伴う、交差された格子を組み合わせる。いくつかの実施形態では、偏光状態は、S-偏光およびP-偏光される。いくつかの実施形態では、偏光状態は、円形偏光の逆の意味である。いくつかの実施形態では、所定の偏光状態に作用する2つを上回る格子がそれぞれ、組み合わせられてもよい。この点において、SBG等の液晶ポリマーシステム内に記録される格子の利点は、その固有の複屈折に起因して、それらが強力な偏光選択性を呈することである。しかしながら、一意の偏光状態を提供するように構成され得る、他の格子技術が、使用されてもよい。各格子は、ブラッグ格子の場合、ブラッグフリッジに対して垂直であるベクトルとして定義される、3D空間内の格子ベクトル(またはK-ベクトル)によって特徴付けられる。格子ベクトルは、所与の範囲の入力および回折される角度に関する光学効率を決定する。

【0037】

図1では、入力格子は、格子ベクトル $\underline{K}_1$ 、 $\underline{K}_2$ を有する、交差された傾斜格子107、108から形成され、格子フリッジは、相対的角度 $\theta_1$ において導波管平面で回転(またはクロック)され、出力格子は、格子ベクトル $\underline{K}_3$ 、 $\underline{K}_4$ を有する、交差された傾斜格子109、110から形成され、格子フリッジは、相対的角度 $\theta_2$ において導波管平面で回転(またはクロック)される。折畳格子は、格子ベクトル $\underline{K}_5$ 、 $\underline{K}_6$ を有する、傾斜格子111、112を含む。いくつかの実施形態では、角度 $\theta_1$ および $\theta_2$ はそれぞれ、90度と等しい。いくつかの実施形態では、角度 $\theta_1$ および $\theta_2$ は、90度未満であっても

10

20

30

40

50

よい。方向 $\underline{r}_1$ に沿って入力格子に入射する入力光の第1の偏光成分は、格子107によって、方向 $\underline{r}_2$ に沿ってTIR経路の中に指向され、第2の偏光成分は、第2の格子108によって、方向 $\underline{r}_3$ に沿って第2のTIR経路の中に指向される。経路 $\underline{r}_2$ 、 $\underline{r}_3$ に沿った光は、折畳格子105、106によって拡張され(図面のXY平面において)、出力格子に向かってTIR経路 $\underline{r}_4$ 、 $\underline{r}_5$ の中に回折される。図2は、図1の入力格子の3次元図である。図2Aは、多重化された格子が入力格子内で使用される、一実施形態の詳細を示す。図2Aは、格子108の4つの格子フリッジ120と、格子107の4つの格子フリッジ121とを示す。図2Bは、1つのフリッジ122が格子傾斜角度 $\theta_1$ に図示される、格子ベクトル $\underline{K}_3$ を含む、平面X'Y'における断面図を示す。いくつかの実施形態では、入力格子内の格子は、同じ傾斜角度および格子ピッチを有する。いくつかの実施形態では、図1に図示される格子レイアウトおよびビーム伝搬経路は、X軸を中心として対称である。

#### 【0038】

図3は、図1の導波管デバイスの断面130であって、導波管131と、入力格子103と、出力格子104と、折畳格子105のうちの1つとを示す。入力光線1000、入力格子と出力格子との間の全内部反射(TIR)経路1001、および出力格子によって導波管から外部結合される光線1002、1003が、図示される。

#### 【0039】

いくつかの実施形態では、折畳格子は、XまたはY軸に対して45°にクロック(すなわち、導波管平面において傾斜)され、折畳された光のための適正な角度帯域幅を確実にする。しかしながら、本発明のいくつかの実施形態は、他のクロック角度を使用して、ディスプレイの人間工学的設計において生じ得る、格子の位置付けに関する空間制約を満たしてもよい。

#### 【0040】

図1の実施形態では、各格子は、固定されたベクトルを有する。いくつかの実施形態では、入力および出力格子のうちの少なくとも1つは、回転k-ベクトルを有する。K-ベクトルを回転させることは、導波管厚を増加させることを必要とせず、格子の角度帯域幅が拡張されることを可能にする。図4は、K-ベクトル1010-1013を有する離散格子要素142-145を含む、導波管部分141を備える、回転K-ベクトル格子140を図示する。図5に図示されるもの等のいくつかの実施形態では、回転K-ベクトル格子は、K-ベクトルが図示される方向1020-1023を含む方向における平滑単調変動を受ける、単一格子要素152を含む、導波管部分151を備える。図4-5に図示されるタイプの回転K-ベクトル格子は、前述の格子のいずれか内に実装されることができ

#### 【0041】

本発明の原理および教示は、参照することによって本明細書に組み込まれる参考文献に開示されるような本発明者らによる他の導波管発明と組み合わせ、多くの異なるディスプレイおよびセンサデバイスにおいて適用されてもよい。図6における実施形態に基づく、いくつかの実施形態では、導波管デバイス160は、導波管161と、ベクトル方向 $\underline{r}_7$ における入力光源162とを備える。導波管は、入力格子163と、傾斜格子167を含む第1の出力格子166と、格子169を含む第2の出力格子168とを含む。第1の偏光成分は、多重格子163によって、方向 $\underline{r}_8$ に沿って第1の出力格子に向かって第1のTIR経路の中に指向され、第2の偏光成分は、第2の多重格子164によって、方向 $\underline{r}_9$ に沿って第2の出力格子に向かって第2のTIR経路の中に指向される。光は、次いで、第1および第2の出力格子によって、方向 $\underline{r}_{10}$ および $\underline{r}_{11}$ に導波管から抽出される。出力光は、異なる偏光を有し、これは、所望に応じて、出力格子のうちの1つにわたって設置された半波プレートを用いて、共通偏光に調節されることができ

10

20

30

40

50

斜格子 178、179 を含む出力格子 177 とを含む、導波管 171 を備える。図 7 の検討から、光学構成は、図 6 のものに非常に類似するが、光線経路は、逆転され、図 6 の光源は、検出器 172 に取って代わることが明白となるはずである。第 1 および第 2 の方向  $r_{12}$ 、 $r_{14}$  における入射光は、第 1 および第 2 の入力格子によって、TIR 経路  $r_{13}$ 、 $r_{15}$  内で出力格子に向かって回折される。経路は、第 1 の偏光状態を有し、かつ経路は、第 2 の偏光状態を有する。出力格子は、2 つの TIR 経路からの光を導波管から方向  $r_{16}$  に検出器に向かって回折する。特定の偏光の光が検出されるために、半波プレートが、入力格子のうちの 1 つにわたって設置される。

#### 【0042】

格子の数は、2 つを上回ることができる。例えば、図 8 の実施形態では、入力格子は、K - ベクトル  $K_7$ 、 $K_8$ 、 $K_9$  を有する、3 つの多重化された格子と、K - ベクトル  $K_{10}$ 、 $K_{11}$ 、 $K_{12}$  を有する、折畳格子とを備え、出力格子は、K - ベクトル  $K_{13}$ 、 $K_{14}$ 、 $K_{15}$  を伴う、3 つの多重化された格子を備える。K - ベクトル  $K_7$ 、 $K_{10}$ 、 $K_{13}$  を伴う格子は、光線方向  $r_{24}$  に導波管に入射する光を光学経路  $r_{18}$ 、 $r_{21}$ 、および  $r_{19}$ 、 $r_{22}$ 、および  $r_{20}$ 、 $r_{23}$  の中に回折する。K - ベクトル  $K_8$ 、 $K_{11}$ 、 $K_{14}$  を伴う格子は、光学経路  $r_{19}$ 、 $r_{22}$  を画定する。K - ベクトル  $K_9$ 、 $K_{12}$ 、 $K_{15}$  を伴う格子は、光学経路  $r_{20}$ 、 $r_{23}$  を画定する。出力格子は、3 つの経路からの光を出力方向  $r_{24}$  に組み合わせる。

#### 【0043】

入力、折畳、または出力格子の形状は、導波管用途に依存し、要求されるビーム拡張、出力ビーム幾何学形状、ビーム均一性、および人間工学的要因等の要因に従って、任意の多角形幾何学形状であり得る。図 9 は、折畳格子が三角形幾何学形状である、一実施形態 190 を示す。導波管 191 は、入力格子 191 と、折畳格子 193、194 と、出力格子 195 とを含む。

#### 【0044】

液晶ポリマー材料系内に記憶される格子を使用する、いくつかの実施形態では、折畳格子、入力格子、または出力格子のうちの少なくとも 1 つに重複する、少なくとも 1 つの偏光制御層が、任意の格子、特に、本発明者らが偏光回転をもたらす得ることを見出した、折畳格子内の偏光回転を補償する目的のために提供されてもよい。図 10 は、導波管デバイスが、入力格子 202 と、折畳格子 203 と、出力格子 204 とを備える、導波管 201 を備える、1 つのそのような実施形態を図示する。いくつかの実施形態では、格子は全て、202 - 204 によって参照されるもの等の偏光制御層によってオーバーレイされる。いくつかの実施形態では、偏光制御層は、折畳格子のみまたは任意の他の格子のサブセットに適用される。偏光制御層は、光学リターダフィルムを備えてもよい。HPDLC 材料に基づく、いくつかの実施形態では、格子の複屈折が、導波管デバイスの偏光性質を制御するために使用されてもよい。設計変数としての HPDLC 格子の複屈折テンソル、K - ベクトル、および格子占有面積の使用は、導波管デバイスの角度能力および光学効率を最適化するための設計空間を開放する。

#### 【0045】

いくつかの実施形態では、入力、出力、および折畳格子は、導波管内の別個の層に記録されてもよい。例えば、図 11 に示される 2 層設計では、導波管 211 は、別個の重複する格子層 212、213 を備える入力格子と、重複する層 214、215 を備える、出力格子と、折畳格子（非重複）216、217 とを備える。

#### 【0046】

図 12 のうちの 1 つ等のいくつかの実施形態では、図 11 のアーキテクチャは、別個の導波管を使用して実装されてもよい。導波管は、典型的には、空隙または低屈折率光学材料の薄層によって分離される。図 12 に示される実施形態 220 では、第 1 の導波管 221 は、入力格子 223 と、折畳格子 224 と、出力格子 225 とを含有し、第 2 の導波管 222 は、入力格子 226 と、折畳格子 227 と、出力格子 228 とを含む。いくつかの実施形態では、第 1 の導波管は、第 1 の入力 - 折畳 - 出力格子経路を提供し、第 2 の導波

10

20

30

40

50

管は、第2の入力 - 折畳 - 出力格子経路を提供する。

【0047】

図1の実施形態および以下に説明される実施形態では、入力、折畳、および出力格子のうち少なくとも1つは、電氣的に切替可能であってもよい。多くの実施形態では、全3つの格子タイプは、受動的である、すなわち、非切替式であることが望ましい。

【0048】

いくつかの実施形態では、入力格子、折畳格子、および出力格子は、切替可能または切替可能でないブラッグ格子等のホログラフィック格子である。いくつかの実施形態では、SBGとして具現化される、入力カプラ、折畳格子、および出力格子は、ホログラフィックポリマー分散液晶 (HPDLC) (例えば、液晶液滴のマトリクス) 内に記録されるブラッグ格子であることができるが、SBGはまた、他の材料内に記録されてもよい。一実施形態では、SBGは、液体ポリマー中に分散される固体液晶のマトリクスを有する、POLICRYPSまたはPOLIPHEN等の均一変調材料内に記録される。SBGは、性質上、切替または非切替式であることができる。その非切替形態では、SBGは、その液晶成分に起因して、高屈折率変調を提供可能な従来のホログラフィックフォトポリマー材料に優る利点を有する。例示的均一変調液晶ポリマー材料系は、Caputo et al.による米国特許出願公開第US2007/0019152号およびStumpe et al.によるPCT出願第PCT/EP2005/006950号に開示されており、両方とも、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる。均一変調格子は、高屈折率変調 (故に、高回折効率) および低散乱によって特徴付けられる。いくつかの実施形態では、入力カプラ、折畳格子、および出力格子は、反転モードHPDLC材料内に記録される。反転モードHPDLCは、格子が、電場が印加されないとき、受動的であって、電場の存在下では、回折性となるという点において、従来のHPDLCと異なる。反転モードHPDLCは、「IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICES」と題されたPCT出願PCT/GB2012/000680号に開示されるレシピおよびプロセスのいずれかに基づいてもよい。格子は、前述の材料系のいずれかに記録されるが、受動 (非切替) モードで使用されてもよい。受動格子を液晶ポリマー材料内に記録する利点は、最終ホログラムが液晶によって与えられる高屈折率変調から利益を享受することである。より高い屈折率変調は、高回折効率および広角帯域幅に変換される。製作プロセスは、切替のために使用されるものと同じであるが、電極コーティング段階が省略される。LCポリマー材料系は、その高屈折率変調に照らして、非常に望ましい。いくつかの実施形態では、格子は、HPDLC内に記録されるが、切り替えられない。

【0049】

図13-14に図示されるもの等のいくつかの実施形態では、本発明は、導波管を通して異なるスペクトル帯域幅の少なくとも2つのビームを伝搬するための手段を提供する。

【0050】

図13は、光源232に結合される図1のうちの1つと類似アーキテクチャの導波管230を備える、実施形態230の平面図である。入力格子233および出力格子234はそれぞれ、直交偏光状態、典型的には、S-偏光およびP-偏光のためのピーク回折効率を伴う、交差された格子を組み合わせる。図1では、入力格子は、格子ベクトル $K_{21}$ 、 $K_{22}$ を有する、交差された傾斜格子237、238から形成され、格子フリンジは、相対的角度 $\theta_3$ において導波管平面で回転 (またはクロック) され、出力格子は、格子ベクトル $K_{23}$ 、 $K_{24}$ を有する、交差された傾斜格子239、240から形成され、格子フリンジは、相対的角度 $\theta_4$ において導波管平面で回転 (またはクロック) される。折畳格子235、236は、格子ベクトル $K_{25}$ 、 $K_{26}$ を有する、傾斜格子241、242を含む。いくつかの実施形態では、角度 $\theta_3$ および $\theta_4$ はそれぞれ、90度と等しい。方向 $r_{31}$ に沿って入力格子に入射する波長 $\lambda_1$ を伴う源からの入力光の第1の偏光成分は、格子107によって、方向 $r_{32}$ に沿ってTIR経路の中に指向される。波長 $\lambda_2$ を伴う

10

20

30

40

50

第2の偏光成分は、第2の格子108によって、方向 $\underline{r}_{33}$ に沿って第2のTIR経路の中に指向される。経路 $\underline{r}_{32}$ 、 $\underline{r}_{33}$ に沿った光は、折畳格子によって拡張され(図面のXY平面に)、出力格子に向かってTIR経路 $\underline{r}_{34}$ および $\underline{r}_{35}$ の中に回折される。図14は、図13の導波管の断面図を示し、入力格子233と、出力格子234と、折畳格子235のうちの1つとを示す。波長 $\lambda_1$ の光のための光線経路 $\underline{r}_{31}$ 、 $\underline{r}_{32}$ 、 $\underline{r}_{33}$ は、図14では、光線1030-1032によって表され、出力光は、1033によって示される(図13では、 $\underline{r}_{36}$ )。その波長の光の第1の偏光成分およびその波長の光の第2の成分のみが、導波管の中に結合されるため、図13-14の実施形態は、50%を上回らない光学効率を有し得る。導波管の中に結合されない光は、図14における光線1034によって示されるように、実質的逸脱を伴わずに、入力格子を通して伝搬するであ

10

#### 【0051】

一実施形態250では、偏光復元のための手段を含む、図13-14の実施形態に基づく、1つを上回る色の光を伝搬するための導波管が、提供される。上記に説明されるように、交差された入力格子を使用することによって、我々は、各入力光偏光が、交差された格子のうちの1つによって、回折のために正しく整合されることを確実にする。カラー導波管用途では、我々は、少なくとも2つの入力偏光と、少なくとも2つの色成分とを有する。故に、我々は、2つの交差された格子層を要求する。実施形態250における導波管は、2つの接合された基板を備え、その下側のものは、本質的に、図13-14の導波管231であって、上側のもの251は、下側基板の入力格子にオーバーレイする入力格子

20

#### 【0052】

図16は、実施形態250の断面図を示し、上側基板251と、下側基板231とを示し、入力格子233と、出力格子234と、折畳格子235のうちの1つとを含む。ここでは、基板251の上側表面と基板231の下側表面との間のTIR経路に対応する、図13に示されるような波長 $\lambda_2$ の光のための光線経路 $\underline{r}_{31}$ 、 $\underline{r}_{32}$ 、 $\underline{r}_{33}$ は、図16では、光線1040-1042によって表される。入力格子233によって回折されない光は、光1042として上向きに伝搬し、上側基板の入力格子によって回折される。方向 $\underline{r}_{36}$ に沿って入力格子に入射する波長 $\lambda_1$ を伴う入力光の第1の偏光成分(図16では、1044によって示される)は、格子253によって、方向 $\underline{r}_{37}$ に沿ってTIR経路の中に指向され、波長 $\lambda_2$ を伴う第2の偏光成分は、第2の格子254によって、方向 $\underline{r}_{38}$ に沿って第2のTIR経路の中に指向される。TIR経路は、基板251の上側表面と基板231の下側表面との間に生じる。導波管からの出力光は、下側基板の入力格子によって回折される光の場合、1047によって、下側基板の入力格子によって回折される光の場合、1948によって示される。要するに、実施形態250は、2つの重要な利点を提供する。第1に、異なる色の光のための別個のクロストークのない導波管経路を提供する。第2に、任意の偏光状態の光の利用を可能にし、SBG等の液晶ベースの格子が基本的

30

40

#### 【0053】

図13-16に図示されるもの等に基づく、いくつかの実施形態では、第1の波長は、赤色光に対応し、第2の波長は、青緑色光に対応する。いくつかの実施形態では、入力および出力格子は、2つを上回る格子を組み合わせてもよく、各格子は、一意の偏光状態および一意のスペクトル帯域幅に作用する。いくつかの実施形態では、入力および出力格子は、2つを上回る格子を組み合わせてもよく、各格子は、一意の偏光状態、一意の回折効率角度帯域幅、および一意のスペクトル帯域幅で作用する。

50

## 【 0 0 5 4 】

図 1 7 のフロー図に図示される一実施形態では、1 つを上回る偏光成分の光を導波管の中に結合する方法が、提供される。フロー図を参照すると、該方法は、以下のステップを含むことが分かる。

## 【 0 0 5 5 】

ステップ 2 0 0 1 では、交差された第 1 および第 2 の格子を備える入力格子を含む、導波管を提供する。

## 【 0 0 5 6 】

ステップ 2 0 0 2 では、光源を導波管に結合する。

## 【 0 0 5 7 】

ステップ 2 0 0 3 では、第 1 の格子が、光の第 1 の偏光状態を第 1 の導波管経路の中に回折する。

## 【 0 0 5 8 】

ステップ 2 0 0 4 では、ステップ 2 0 0 4 と同時に、第 1 の格子が、光の第 2 の偏光状態を第 2 の導波管経路の中に回折する。

## 【 0 0 5 9 】

図 1 8 のフロー図に図示される一実施形態では、1 つを上回る偏光成分の光を導波管の中に結合する方法 2 0 1 0 が、提供される。

## 【 0 0 6 0 】

フロー図を参照すると、該方法は、以下のステップを含むことが分かる。

## 【 0 0 6 1 】

ステップ 2 0 1 1 では、交差された第 1 および第 2 の格子を備える、入力格子と、第 1 および第 2 の折畳格子と、交差された第 3 および第 4 の格子を備える、出力格子とを含む、導波管を提供する。

## 【 0 0 6 2 】

ステップ 2 0 1 2 では、光源を導波管に結合する。

## 【 0 0 6 3 】

ステップ 2 0 1 3 では、第 1 の格子が、光の第 1 の偏光状態を第 1 の導波管経路の中に回折する。

## 【 0 0 6 4 】

ステップ 2 0 1 4 では、ステップ 2 0 0 4 と同時に、第 1 の格子が、光の第 2 の偏光状態を第 2 の導波管経路の中に回折する。

## 【 0 0 6 5 】

ステップ 2 0 1 5 では、第 1 の折畳格子が、第 1 の導波管経路からの光を、第 3 の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折する。

## 【 0 0 6 6 】

ステップ 2 0 1 6 では、ステップ 2 0 1 5 と同時に、第 2 の折畳格子が、第 2 の導波管経路内の光を、第 4 の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折する。

## 【 0 0 6 7 】

ステップ 2 0 1 7 では、第 3 の格子が、第 3 の導波管経路内の光を導波管から回折する。

## 【 0 0 6 8 】

ステップ 2 0 1 8 では、ステップ 2 0 1 7 と同時に、第 4 の格子が、第 4 の導波管経路内の光を導波管から回折する。

## 【 0 0 6 9 】

図 1 9 のフロー図に図示される一実施形態では、1 つを上回る偏光成分および 1 つを上回る色の光を導波管の中に結合する方法 2 0 2 0 が、提供される。フロー図を参照すると、該方法は、以下のステップを含むことが分かる。

## 【 0 0 7 0 】

ステップ 2 0 2 1 では、交差された第 1 および第 2 の格子を備える、入力格子と、第 1

10

20

30

40

50

および第2の折畳格子と、交差された第3および第4の格子を備える、出力格子とを含む、導波管を提供する。

【0071】

ステップ2022では、第1および第2の色の光源を導波管に結合する。

【0072】

ステップ2023では、第1の格子が、光の第1の色の第1の偏光状態を第1の導波管経路の中に回折する。

【0073】

ステップ2024では、ステップ2004と同時に、第1の格子が、第2の色の光の第2の偏光状態を第2の導波管経路の中に回折する。

10

【0074】

ステップ2025では、第1の折畳格子が、第1の導波管経路からの光を、第3の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折する。

【0075】

ステップ2026では、ステップ2015と同時に、第2の折畳格子が、第2の導波管経路内の光を、第4の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折する。

【0076】

ステップ2027では、第3の格子が、第3の導波管経路内の光を導波管から回折する。

【0077】

20

ステップ2028では、ステップ2017と同時に、第4の格子が、第4の導波管経路内の光を導波管から回折する。

【0078】

図20のフロー図に図示される一実施形態では、1つを上回る偏光成分および1つを上回る色の光を導波管の中に結合する方法2030が、提供される。フロー図を参照すると、該方法は、以下のステップを含むことが分かる。

【0079】

ステップ2031では、交差された第1および第2の格子を備える入力格子を、第1および第2の折畳格子、ならびに交差された第3および第4の格子を備える、出力格子を含む、第1の基板と、交差された第5および第6の格子を備える入力格子を含む、第2の基板と、入力格子によって狭装される、半波リターダフィルムとを備える、導波管を提供する。

30

【0080】

ステップ2032では、第1および第2の色の光源を導波管に結合する。

【0081】

ステップ2033では、第1および第5の格子が、光の第1の色の第1の偏光状態を第1の導波管経路の中に回折する。

【0082】

ステップ2034では、ステップ2004と同時に、第2および第6の格子が、光の第2の色の第2の偏光状態を第2の導波管経路の中に回折する。

40

【0083】

ステップ2035では、第1の折畳格子が、第1の導波管経路からの光を、第3の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折する。

【0084】

ステップ2036では、ステップ2015と同時に、第2の折畳格子が、第2の導波管経路内の光を、第4の導波管経路の中に、そして出力格子まで回折する。

【0085】

ステップ2037では、第3の格子が、第3の導波管経路内の光を導波管から回折する。

【0086】

50

ステップ2038では、ステップ2017と同時に、第4の格子が、第4の導波管経路内の光を導波管から回折する。

【0087】

本発明のディスプレイ用途では、本装置は、通常、導波管に光学的に結合される、入力画像ノード(IIN)をさらに備え得る。典型的には、IINは、マイクロディスプレイパネルと、光源と、ディスプレイパネルを照明し、反射された光を分離し、それを要求されるFOVにコリメートするために必要とされる、光学コンポーネントとを統合する。本発明は、任意の特定のマイクロディスプレイ技術を仮定しない。いくつかの実施形態では、マイクロディスプレイパネルは、液晶デバイスまたはMEMSデバイスである。いくつかの実施形態では、マイクロディスプレイは、有機発光ダイオード(OLED)技術に基づいてもよい。そのような発光型デバイスは、別個の光源を要求せず、したがって、より小さい形状因子の利点をもたらすであろう。いくつかの実施形態では、IINは、走査される変調されたレーザに基づいてもよい。IINは、いくつかの実施形態によると、各ディスプレイピクセルが、基板導波管内の一意の角度方向に変換されるように、マイクロディスプレイパネル上に表示される画像を投影させる。IIN内に含有されるコリメーション光学は、レンズおよびミラーを備えてもよく、これは、いくつかの実施形態は、回折レンズおよびミラーであってもよい。いくつかの実施形態では、IINは、「HOLOGRAPHIC WIDE ANGLE DISPLAY」と題された米国特許出願第13/869,866号および「TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY」と題された米国特許出願第13/844,456号に開示される、実施形態および教示に基づいてもよい。いくつかの実施形態では、IINは、光をマイクロディスプレイ上に指向し、反射された光を導波管に向かって透過させるためのビームスプリッタを含む。一実施形態では、ビームスプリッタは、HPDLC内に記憶された格子であって、そのような格子の固有の偏光選択性を使用して、ディスプレイを照明する光と、ディスプレイから反射された画像変調された光とを分離する。いくつかの実施形態では、ビームスプリッタは、偏光ビームスプリッタ立方体である。いくつかの実施形態では、IINは、デスペックラを組み込む。有利には、デスペックラは、「LASER ILLUMINATION DEVICE」と題された米国特許第8,565,560号の実施形態および教示に基づくホログラフィック導波管デバイスである。光源は、レーザまたはLEDであることができる。照明ビーム角度特性を修正するための1つまたはそれを上回るレンズを含むことができる。画像源は、マイクロディスプレイまたはレーザベースのディスプレイであることができる。LEDは、レーザより均一性を提供し得る。レーザ照明が、使用される場合、照明帯域固定が導波管出力に生じるリスクがある。いくつかの実施形態では、導波管内のレーザ照明帯域固定は、「METHOD AND APPARATUS FOR GENERATING INPUT IMAGES FOR HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DISPLAYS」と題された米国仮特許出願第62/071,277号に開示される技法および教示を使用して克服することができる。いくつかの実施形態では、光源101からの光は、偏光される。1つまたはそれを上回る実施形態では、画像源は、液晶ディスプレイ(LCD)マイクロディスプレイまたは液晶オンシリコン(LCOS)マイクロディスプレイである。

【0088】

いくつかの実施形態では、折畳格子角度帯域幅は、格子処方を誘導された光と格子の二重相互作用を促進するように設計することによって向上されることができる。二重相互作用折畳格子の例示的実施形態は、「WAVEGUIDE GRATING DEVICE」と題された米国特許出願第14/620,969号に開示されている。

【0089】

いくつかの実施形態では、入力、折畳、または出力格子のうちの少なくとも1つは、表面起伏構造に基づいてもよい。

【0090】

いくつかの実施形態では、入力、折畳、または出力格子のうちの少なくとも1つは、2

10

20

30

40

50

つまたはそれを上回る角度回折処方を組み合わせ、角度帯域幅を拡張させてもよい。同様に、いくつかの実施形態では、入力、折畳、または出力格子のうちの少なくとも1つは、2つまたはそれを上回るスペクトル回折処方を組み合わせ、スペクトル帯域幅を拡張させてもよい。例えば、色多重化された格子が、使用され、原色のうちの2つまたはそれを上回るものを回折してもよい。

**【0091】**

いくつかの実施形態では、セル基板は、ガラスから製作されてもよい。例示的ガラス基板は、標準的 Corning Willow ガラス基板 (屈折率 1.51) であって、これは、50 ミクロンまでの厚さにおいて利用可能である。他の実施形態では、セル基板は、光学プラスチックであってよい。

10

**【0092】**

いくつかの実施形態では、格子層は、別個の層に分解されてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、第1の層は、折畳格子を含む一方、第2の層は、出力格子を含む。いくつかの実施形態では、第3の層は、入力格子を含むことができる。その層の数は、次いで、単一導波管基板の中にもラミネートされてもよい。いくつかの実施形態では、格子層は、ともにラミネートされ、単一基板導波管を形成する、入力カプラと、折畳格子と、出力格子 (またはその一部) とを含む、いくつかの部品から成る。部品は、部品のものに合致する屈折率の光学糊または他の透明材料によって分離されてもよい。別の実施形態では、格子層は、入力カプラ、折畳格子、および出力格子毎に、所望の格子厚のセルを生成し、各セルを S B G 材料で真空充填することによるセル作製プロセスを介して、形成されてもよい。一実施形態では、セルは、入力カプラ、折畳格子、および出力格子のための所望の格子厚を画定する、ガラスのプレート間の間隙を伴って、ガラスの複数のプレートを位置付けることによって形成される。一実施形態では、1つのセルは、別個の開口が S B G 材料の異なるポケットで充填されるように、複数の開口を伴って作製されてもよい。任意の介在空間が、次いで、分離材料 (例えば、糊、油等) によって分離され、別個の面積を画定してもよい。一実施形態では、S B G 材料は、基板の上にスピニングされ、次いで、材料の硬化後、第2の基板によって被覆されてもよい。

20

**【0093】**

折畳格子を使用することによって、導波管ディスプレイは、いくつかの実施形態によると、有利には、情報を表示する以前のシステムおよび方法より少ない層を要求する。加えて、折畳格子を使用することによって、光は、二重瞳孔拡張を達成しながら、導波管外側表面によって画定された単一長方形プリズム内の導波管の中を全内部反射によって進行することができる。

30

**【0094】**

いくつかの実施形態では、入力格子、折畳格子、および出力格子は、2つの光の波を基板内のある角度において干渉し、ホログラフィック波正面を生成し、それによって、所望の角度において導波管基板 101 内に設定される明暗フリンジを生成することによって、生成されることができる。いくつかの実施形態では、所与の層内の格子は、格子面積を横断して記録レーザービームを走査または段階化することによって、段階式方式で記録される。いくつかの実施形態では、格子は、ホログラフィック印刷産業において現在使用されているマスタリングおよび密着印画プロセスを使用して記録される。

40

**【0095】**

いくつかの実施形態では、前述の原理に基づく、赤色、緑色、および青色回折格子層が、カラー非偏光照明のために提供されてもよい。いくつかの実施形態では、本発明の原理によるカラー導波管は、各モノクロ導波管に1つのみの格子層を使用してもよい。いくつかの実施形態では、前述の原理に基づく導波管は、赤外線帯域内で動作する。

**【0096】**

ディスプレイを対象とする、いくつかの実施形態では、折畳格子は、対角線方向に配向されてもよい。折畳格子は、いくつかの実施形態では、瞳孔拡張を第1の方向に提供し、導波管の内側の全内部反射を介して、光を出力格子に指向するように構成される。一実施

50

形態では、各折畳格子の縦方向縁は、各折畳格子がディスプレイ光の伝搬方向に対して対角線上に設定されるように、入力カプラの整合軸に対して斜めである。折畳格子は、入力カプラからの光が出力格子に再指向されるように角度付けられる。一実施例では、折畳格子は、ディスプレイ画像が入力カプラから放出される方向に対して45度の角度に設定される。本特徴は、折畳格子を辿って伝搬するディスプレイ画像を出力格子に向けさせる。例えば、一実施形態では、折畳格子は、画像を90度出力格子に向けさせる。このように、単一導波管は、2軸瞳孔拡張を水平および垂直方向の両方に提供する。一実施形態では、折畳格子はそれぞれ、部分的回折構造を有してもよい。出力格子は、瞳孔拡張を第1の方向と異なる第2の方向に提供し、光を第1の表面または第2の表面から導波管を射出させるように構成される。出力格子は、全内部反射を介して、画像を折畳格子から受信し、瞳孔拡張を第2の方向に提供する。いくつかの実施形態では、出力格子は、基板の複数の層から成り、それによって、出力格子の複数の層を備える。故に、格子が導波管内の1つの平面にあるべきという要件は存在せず、格子は、相互の上にスタックされてもよい(例えば、相互の上にスタックされた格子のセル)。

10

## 【0097】

いくつかの実施形態では、導波管のガラス-空気界面上に配置される4分の1波プレートが、光線の偏光を回転させ、格子との効率的結合を維持する。例えば、一実施形態では、4分の1波プレートは、基板導波管に塗布されるコーティングである。4分の1波プレートは、光波偏光管理を提供する。ディスプレイ用途では、そのような偏光管理は、導波管内の歪波を補償することによって、光線が意図される視認軸との整合を保定することに役立ち得る。4分の1波プレートは、多層コーティングとして提供されてもよい。

20

## 【0098】

図7に示されるディスプレイを対象とする本発明の一実施形態では、本発明の原理による導波管ディスプレイは、眼トラッカと組み合わせられる。1つの好ましい実施形態では、眼トラッカは、ディスプレイ導波管にオーバーレイする導波管デバイスであって、「HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE EYE TRACKER」と題された第PCT/GB2014/000197号、「HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE OPTICAL TRACKER」と題された第PCT/GB2015/000274号、および「APPARATUS FOR EYE TRACKING」と題されたPCT出願第GB2013/000210号の実施形態および教示に基づく。

30

## 【0099】

ディスプレイを対象とする本発明のいくつかの実施形態では、本発明の原理による導波管ディスプレイはさらに、動的集束要素を備える。動的集束要素は、「ELECTRICALLY FOCUS TUNABLE LENS」と題された米国仮特許出願第62/176,572号の実施形態および教示に基づいてもよい。いくつかの実施形態では、動的集束要素と、眼トラッカとをさらに備える、本発明の原理による導波管ディスプレイは、「HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE LIGHTFIELD DISPLAY」と題された米国仮特許出願第62/125,089号に開示される実施形態および教示に基づく明視野ディスプレイを提供してもよい。

40

## 【0100】

ディスプレイを対象とする本発明のいくつかの実施形態では、本発明の原理による導波管は、「HOLOGRAPHIC WIDE ANGLE DISPLAY」と題された米国特許出願第13/869,866号および「TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY」と題された米国特許出願第13/844,456号の実施形態のうちのいくつかに基づいてもよい。いくつかの実施形態では、本発明の原理による導波管装置は、窓内に統合されてもよく、例えば、道路車両用途のためのフロントガラス統合型HUDである。いくつかの実施形態では、窓統合型ディスプレイは、「ENVIRONMENTALLY ISOLATED WAVEGUIDE DISPLAY」と題された米国仮特許出願：PCT出願：第PCT/GB2016/000005号に開示される実施形態および教示に基づいてもよい。いくつかの実施形態では、導波管装置は、IIN

50

と導波管との間で画像成分を中継するための勾配屈折率 (GRIN) 波誘導コンポーネントを含んでもよい。例示的实施形態は、「ENVIRONMENTALLY ISOLATED WAVEGUIDE DISPLAY」と題されたPCT出願第PCT/GB2016/000005号に開示される。いくつかの実施形態では、導波管装置は、「WAVEGUIDE DEVICE INCORPORATING A LIGHT PIPE」と題された米国仮特許出願第62/177,494号に開示される実施形態に基づいて、ビーム拡張を1つの方向に提供するための光パイプを組み込んでもよい。

【0101】

本発明の実施形態は、ARおよびVRのためのHMD、ヘルメット搭載型ディスプレイ、投影ディスプレイ、ヘッドアップディスプレイ (HUD)、ヘッドダウンディスプレイ、(HDD)、オートステレオスコーピックディスプレイ、ならびに他の3Dディスプレイを含む、広範囲のディスプレイ内で使用されてもよい。本開示の実施形態および教示のうちのいくつかは、例えば、眼トラッカ、指紋スキャナ、およびLIDARシステム等、導波管センサ内に適用されてもよい。

10

【0102】

図面は、例示的であって、寸法は、誇張されていることを強調されたい。例えば、SBG層の厚さは、大幅に誇張されている。前述の実施形態のいずれかに基づく光学デバイスは、「IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICES」と題されたPCT出願第PCT/GB2012/000680号に開示される材料およびプロセスを使用するプラスチック基板を使用して、実装されてもよい。いくつかの実施形態では、二重拡張導波管ディスプレイは、湾曲されてもよい。

20

【0103】

種々の例示的実施形態に示されるようなシステムおよび方法の構造および配列は、例証にすぎない。いくつかの実施形態のみが、本開示に詳細に説明されているが、多くの修正が、可能性として考えられる (例えば、種々の要素のサイズ、寸法、構造、形状、および割合、パラメータの値、搭載配列、材料の使用、色、配向等の変動)。例えば、要素の位置は、逆転または別様に変動されてもよく、離散要素または位置の性質もしくは数は、改変または変動されてもよい。故に、全てのそのような修正は、本開示の範囲内に含まれることが意図される。任意のプロセスまたは方法ステップの順序もしくはシーケンスは、代替実施形態に従って、変動される、または並べ替えられてもよい。他の代用、修正、変更、および省略は、本開示の範囲から逸脱することなく、例示的実施形態の設計、動作条件、および配列に行われてもよい。

30



【 図 8 】

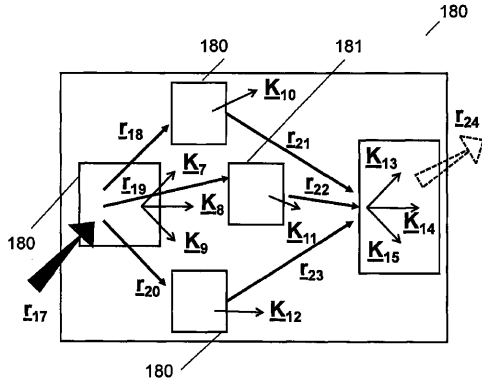


FIG. 8

【 図 9 】

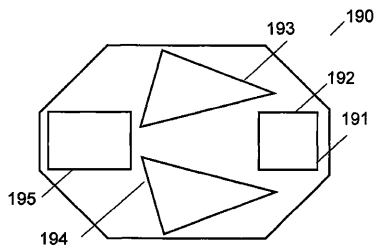


FIG. 9

【 図 1 3 】

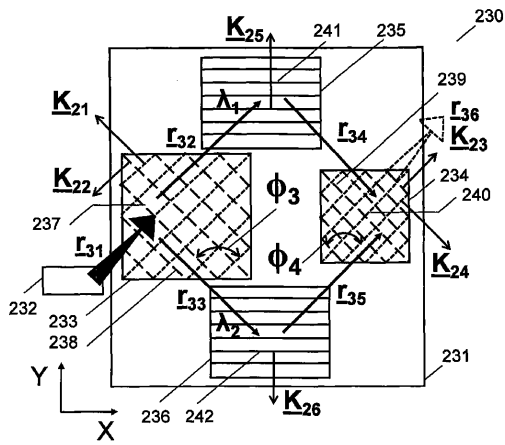


FIG. 13

【 図 1 4 】

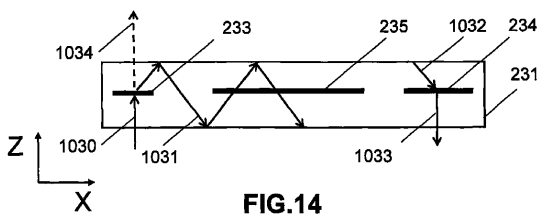


FIG. 14

【 図 1 0 】

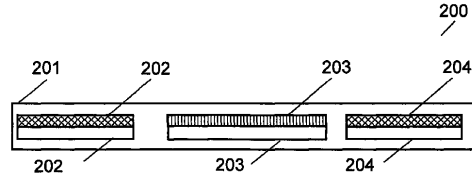


FIG. 10

【 図 1 1 】

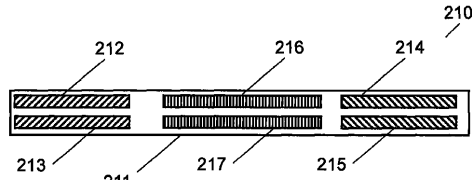


FIG. 11

【 図 1 2 】

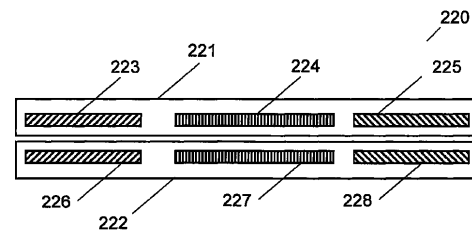


FIG. 12

【 図 1 5 】

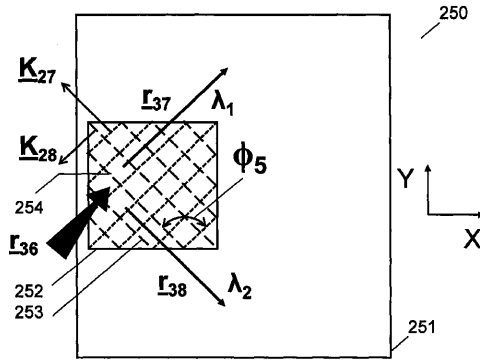


FIG. 15

【 図 1 6 】

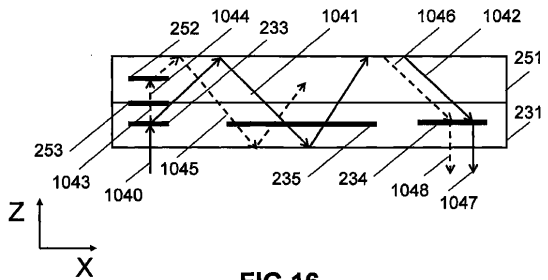


FIG. 16

【図17】

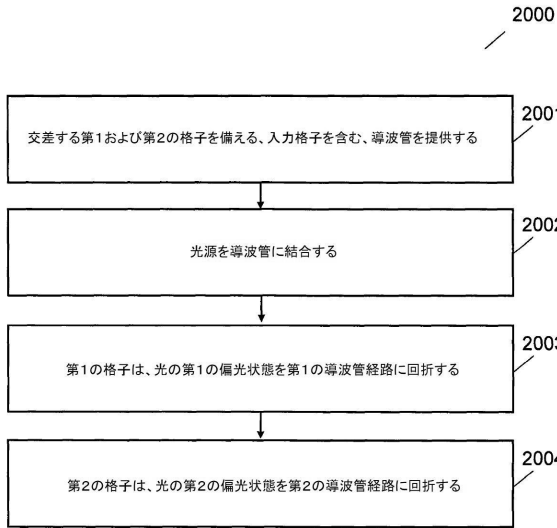


FIG.17

【図18】

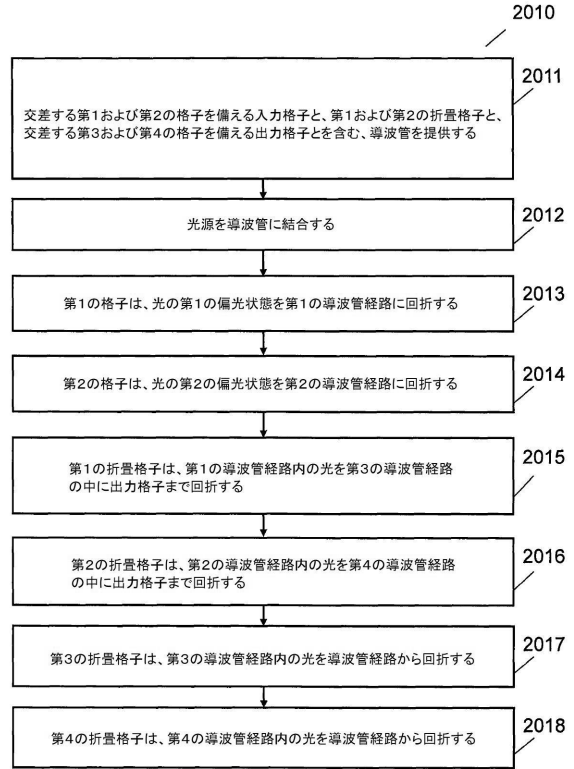


FIG.18

【図19】

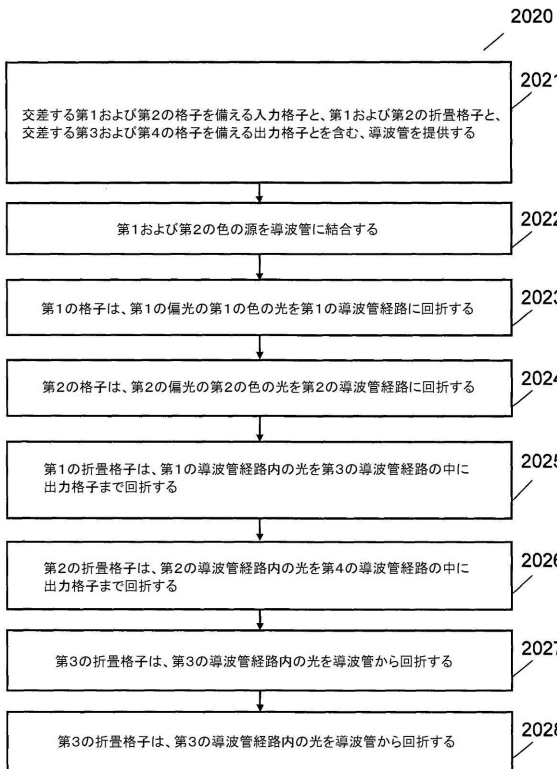


FIG.19

【図20】

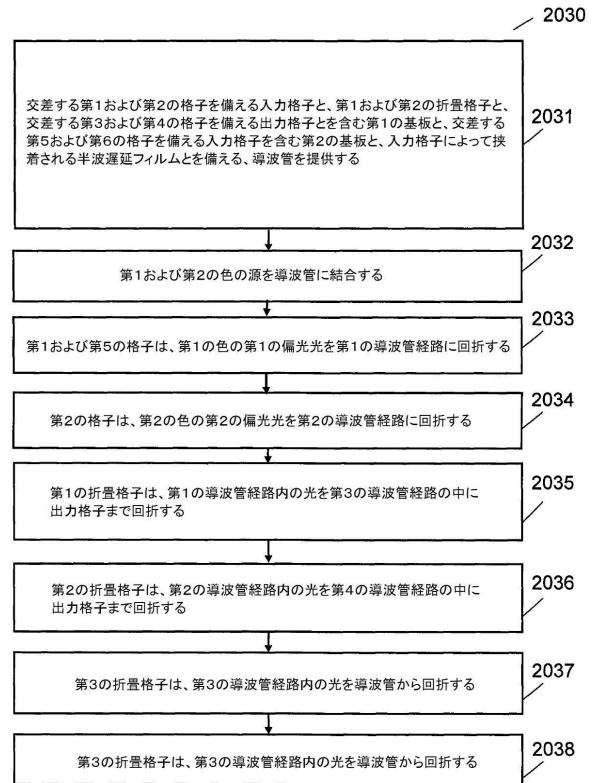


FIG.20

## フロントページの続き

- (72)発明者 ポボヴィッチ, ミラン モムシロ  
イギリス国 エルイー3 6エイチユー レスター, ウェストフィールド ロード 53
- (72)発明者 ウォルダーン, ジョナサン デイビッド  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94024, ロス アルトス ヒル, オールド ランチ  
ロード 11481
- (72)発明者 グラント, アラスデア ジョン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95117, サン ノゼ, マリア ウェイ 1460

審査官 廣崎 拓登

- (56)参考文献 米国特許第08494229(US, B2)  
米国特許第07006732(US, B2)  
特表2015-523586(JP, A)  
米国特許出願公開第2010/0322555(US, A1)  
米国特許出願公開第2013/0322810(US, A1)  
米国特許出願公開第2015/0125109(US, A1)  
米国特許出願公開第2013/0314789(US, A1)  
特表2012-533089(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/01 - 27/02