

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2020-514783

(P2020-514783A)

(43) 公表日 令和2年5月21日 (2020.5.21)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 2 B 27/02 (2006.01)	G O 2 B 27/02	Z 2 H 1 9 9
G O 2 B 27/01 (2006.01)	G O 2 B 27/01	2 H 2 4 9
G O 2 B 5/18 (2006.01)	G O 2 B 5/18	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 48 頁)

(21) 出願番号	特願2019-529860 (P2019-529860)	(71) 出願人	509325972
(86) (22) 出願日	平成30年1月26日 (2018.1.26)		ディジレンズ インコーポレイテッド
(85) 翻訳文提出日	令和1年7月26日 (2019.7.26)		アメリカ合衆国カリフォルニア州9408
(86) 国際出願番号	PCT/US2018/015553		9・サニーベイル・ハンマーウッドアベニ
(87) 国際公開番号	W02018/102834		ュー 1288
(87) 国際公開日	平成30年6月7日 (2018.6.7)	(74) 代理人	100078282
(31) 優先権主張番号	62/499,423		弁理士 山本 秀策
(32) 優先日	平成29年1月26日 (2017.1.26)	(74) 代理人	100113413
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 森下 夏樹
		(74) 代理人	100181674
			弁理士 飯田 貴敏
		(74) 代理人	100181641
			弁理士 石川 大輔
		(74) 代理人	230113332
			弁護士 山本 健策

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 均一出力照明を有する導波管

(57) 【要約】

いくつかの実施形態は、少なくとも1つの光学基板と、少なくとも1つの光源と、少なくとも1つの光結合器と、少なくとも1つの光抽出器と、バンディング除去光学とを含む、導波管デバイスを対象とする。少なくとも1つの光結合器は、入力格子において決定されるような一意のTIR角度が各光入射角によって画定されるように、ある角度帯域幅を伴う光源からの入射光を少なくとも1つの光学基板内の全内部反射 (TIR) の中に結合することが可能である。導波管デバイスの種々の実施形態が、説明される。バンディング除去光学が、導波管デバイスの中に組み込まれ得、これは、均一出力照明を供給することに役立ち得る。故に、種々の導波管デバイスは、バンディング効果を排除または軽減する略平坦照明プロファイルを出力することが可能である。

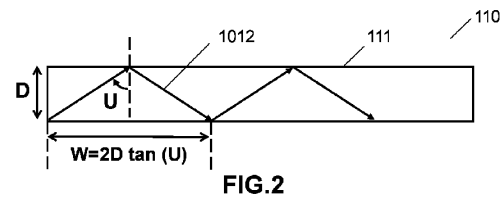


FIG. 2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

導波管デバイスであって、
少なくとも 1 つの光学基板と、
少なくとも 1 つの光源と、

少なくとも 1 つの光結合器であって、前記少なくとも 1 つの光結合器は、一意の T I R 角度が入力格子において決定されるような各光入射角によって画定されるように、ある角度帯域幅を伴う前記光源からの入射光を前記少なくとも 1 つの光学基板内の全内部反射 (T I R) の中に結合することが可能である、少なくとも 1 つの光結合器と、

前記光学基板からの光を抽出するための少なくとも 1 つの光抽出器と、

バンディング除去光学であって、前記バンディング除去光学は、前記抽出された光が軽減されたバンディングを有する略平坦照明プロファイルであるように、照明された瞳のバンディング効果を軽減することが可能である、バンディング除去光学と

を備える、導波管デバイス。

10

【請求項 2】

前記抽出された光は、10%未満の空間非均一性を有する、請求項 1 に記載の導波管デバイス。

【請求項 3】

前記抽出された光は、20%未満の空間非均一性を有する、請求項 1 に記載の導波管デバイス。

20

【請求項 4】

前記バンディング除去光学は、有効入力開口であり、前記有効入力開口は、前記光学基板が厚さ D を有するとき、前記入力開口が、前記光学基板内の T I R 角度 U を提供するように構成され、前記角度 U が、 $2D \tan(U)$ によって計算されるようなものである、請求項 1 に記載の導波管デバイス。

【請求項 5】

前記バンディング除去光学は、T I R 経路に沿って、回折効率、光学透過、偏光、または複屈折のうちの少なくとも 1 つの前記光の空間変動を提供する、請求項 4 に記載の導波管デバイス。

【請求項 6】

前記バンディング除去光学は、少なくとも 1 つの入力格子および少なくとも 1 つの出力格子から選択された少なくとも 1 つの格子であり、前記選択された少なくとも 1 つの格子は、各格子が、小瞳偏移を提供し、バンディングを軽減させるような複数の格子を有するように構成される、請求項 1 に記載の導波管デバイス。

30

【請求項 7】

前記バンディング除去光学は、少なくとも 1 つの入力格子および少なくとも 1 つの出力格子から選択された少なくとも 1 つの格子であり、前記選択された少なくとも 1 つの格子は、電圧が印加されると、オンになり、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、スタックされた切替可能な格子として構成される、請求項 1 に記載の導波管デバイス。

【請求項 8】

前記バンディング除去光学は、少なくとも 1 つの入力格子および少なくとも 1 つの出力格子から選択された少なくとも 1 つの格子であり、前記選択された少なくとも 1 つの格子は、電圧が印加されると、特定の要素をオンにし、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、切替可能な格子要素のアレイとして構成される、請求項 1 に記載の導波管デバイス。

40

【請求項 9】

前記選択された少なくとも 1 つの格子は、複数の回転 K ベクトルを有する、請求項 8 に記載の導波管デバイス。

【請求項 10】

前記バンディング除去光学は、少なくとも 1 つの入力格子および少なくとも 1 つの出力

50

格子から選択された少なくとも1つの格子であり、前記選択された少なくとも1つの格子は、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成される、複数の受動格子層であるように構成される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項11】

前記バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層であり、前記1つ以上の屈折率層は、前記1つ以上の屈折率層が、光線角度または光線位置のうちの少なくとも1つの関数として、前記光学基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、前記光学基板内に配置される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項12】

前記1つ以上の屈折率層の少なくとも1つの屈折率層は、勾配屈折率（GRIN）媒体である、請求項11に記載の導波管デバイス。

10

【請求項13】

少なくとも1つの反射表面を前記光学基板の縁の少なくとも一部上にさらに備え、前記バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層であり、前記1つ以上の屈折率層は、前記1つ以上の屈折率層が、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、前記少なくとも1つの反射表面に隣接して配置される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項14】

前記バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層であり、前記1つ以上の屈折率層は、前記1つ以上の屈折率層が、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、前記光学基板内に配置される、請求項1に記載の導波管デバイス。

20

【請求項15】

前記バンディング除去光学は、入力格子であり、前記入力格子は、前記入力格子の前縁に対する光の光線束の一意の変位が、任意の所与の入射光方向のための入力格子によって提供され、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、前記入射光を結合することが可能な前縁を有する、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項16】

前記バンディング除去光学は、入力格子であり、前記入力格子は、前記入射光の複数のコリメートされた入射光線経路が、光線経路入力角度によって決定されるような異なるTIR光線経路の中に回折され、投影された瞳が、前記複数のコリメートされた入射光線経路毎に、前記光学基板内の一意の場所に形成され、バンディング効果を軽減させることが可能であるように、回折効率の変動を有するように構成される、請求項1に記載の導波管デバイス。

30

【請求項17】

前記回折効率の変動は、主導波管方向に沿って変動する、請求項16に記載の導波管デバイス。

【請求項18】

前記回折効率の変動は、前記入力格子の開口にわたって2次元で変動する、請求項16に記載の導波管デバイス。

【請求項19】

前記バンディング除去光学は、部分反射層であり、前記部分反射層は、前記部分反射層が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、前記光学基板内に配置される、請求項1に記載の導波管デバイス。

40

【請求項20】

前記バンディング除去光学は、偏光修正層であり、前記偏光修正層は、前記偏光修正層が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、前記光学基板内に配置される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項21】

前記バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子であり、前記選択された少なくとも1つの格子

50

は、任意の入射光角度に関して抽出された光の、光の非均一性を相殺し、バンディング効果を軽減する、少なくとも2つの別個の導波管経路を提供するように構成される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項22】

前記選択された格子は、少なくとも1つの折畳格子射出瞳エクスパンダと併用される、交差傾角格子を有する、請求項21に記載の導波管デバイス。

【請求項23】

前記バンディング除去光学は、少なくとも1つの方向に沿って空間的に変動され、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させることが可能な可変有効開口数(NA)を提供する、マイクロディスプレイ内の光学コンポーネントである、請求項1に記載の導波管デバイス。

10

【請求項24】

前記バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子または少なくとも1つの出力格子のいずれかの少なくとも1つの格子内の複数の格子層であり、前記複数の格子層は、前記複数の格子層が、任意の固定パターン雑音を打ち消し、瞳の偏移をもたらし、バンディング効果を軽減させるように構成されるようなものである、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項25】

前記バンディング除去光学は、入力格子であり、前記入力格子は、前記入力格子を切替格子アレイとして構成することが、垂直および水平方向における瞳切替を提供し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、選択的に切替可能な要素のアレイとして構成される、請求項1に記載の導波管デバイス。

20

【請求項26】

前記バンディング除去光学は、複数の屈折率層であり、前記複数の屈折率層は、各TIR経路に沿って、回折効率、光学透過、偏光、および複屈折のうちの少なくとも1つの空間変動を提供し、基板内の光線角度または光線位置のうちの少なくとも1つの関数として、導波管基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳の偏移をもたらし、バンディング効果を軽減させる、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項27】

前記複数の屈折率層は、異なる屈折率の接着剤を組み込む、請求項26に記載の導波管デバイス。

30

【請求項28】

前記複数の屈折率層は、整合層、等方性屈折層、GRIN構造、反射防止層、部分反射層、および複屈折延伸ポリマー層から成る群から選択される層を組み込む、請求項26に記載の導波管デバイス。

【請求項29】

前記バンディング除去光学は、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、空間可変開口数を投影させる、マイクロディスプレイである、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項30】

前記バンディング除去光学は、傾斜付きマイクロディスプレイであり、前記傾斜付きマイクロディスプレイは、前記射出瞳の断面が画角に伴って変動し、バンディング効果が軽減されるように、傾斜された長方形射出瞳を投影するように構成される、請求項1に記載の導波管デバイス。

40

【請求項31】

前記バンディング除去光学は、傾斜付きマイクロディスプレイであり、前記傾斜付きマイクロディスプレイは、バンディング効果が1つの拡張軸に沿って軽減されるように、光線を角度付け、種々の投影された瞳を入射角光毎に前記光学基板に沿って異なる位置に形成するように構成される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項32】

50

前記光学基板は、厚さDを有し、前記バンディング除去光学は、プリズムであり、前記プリズムは、前記光源からの射出瞳の角度と前記光学基板内のTIR角度との間の線形関係が、 $TIR \text{ 経路角度} = 2D \cdot \tan(U)$ によって画定されるようなUであるときに生じる、TIR光線経路に沿った連続光抽出間の間隙をもたらないように、前記光学基板に結合される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項33】

前記バンディング除去光学は、光吸収フィルムであり、前記光吸収フィルムは、そうであればバンディングを引き起こすであろう入射光の部分が、除去され、バンディング効果を軽減するように、前記光学基板の縁に隣接する、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項34】

前記光学基板は、厚さDを有し、前記バンディング除去光学は、入射光が、TIR経路角度が $2D \cdot \tan(U)$ によって画定されるようなUであるときに生じる、TIR光線経路に沿った連続光抽出の間の間隙をもたらないような、第1の光吸収フィルムおよび第2の光吸収フィルムであり、前記第1の光吸収フィルムは、入力格子を含み、前記光学基板に隣接して配置される、入力基板の縁に隣接して配置され、前記第2の光吸収フィルムは、前記入力基板と反対の前記光学基板に隣接して取り付けられる、第2の基板の縁に隣接して配置される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項35】

前記光学基板の厚さは、3.4mmであり、前記第2の基板の厚さは、0.5mmであり、前記入力基板は、前記入力格子を挟み込む2つの0.5mm厚ガラス基板を含む、請求項34に記載の導波管デバイス。

【請求項36】

前記バンディング除去光学は、入力格子であり、前記入力格子は、前記光が、任意の所与の入射光方向に前記入力格子の縁に対する一意の変位を有し、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減するように構成される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項37】

前記デバイスは、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)およびヘッドアップディスプレイ(HUD)の群から選択されるディスプレイの中に統合される、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項38】

ヒトの眼が、前記ディスプレイの射出瞳に伴って位置付けられる、請求項37に記載の導波管デバイス。

【請求項39】

前記デバイスは、眼トラッカを組み込む、請求項37に記載の導波管デバイス。

【請求項40】

前記光源と、マイクロディスプレイパネルと、前記光をコリメートするための光学とをさらに備える、入力画像生成器をさらに備える、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項41】

前記光源は、少なくとも1つのレーザである、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項42】

前記光源は、少なくとも1つの発光ダイオード(LED)である、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項43】

前記光結合器は、入力格子である、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項44】

前記光結合器は、プリズムである、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項45】

前記光抽出器は、入力格子である、請求項1に記載の導波管デバイス。

【請求項46】

カラー導波管デバイスであって、

10

20

30

40

50

相互の上にスタックされた少なくとも2つの光学基板と、
少なくとも1つの光源と、

少なくとも1つの光結合器であって、前記少なくとも1つの光結合器は、一意のTIR角度が前記入力格子において決定されるような各光入射角によって画定されるように、ある角度帯域幅を伴う前記光源からの入射光を前記少なくとも1つの光学基板内の全内部反射(TIR)の中に結合することが可能である、少なくとも1つの光結合器と、

前記光学基板からの光を抽出するための少なくとも1つの光抽出器と、

少なくとも2つの入力絞りであって、各入力絞りは、異なる光学基板内にあり、それぞれ、異なる平面内にあり、各入力絞りは、外側ダイクロイック部分を含み、瞳を偏移させ、色バンディングを軽減させる、少なくとも2つの入力絞りと

を備える、カラー導波管デバイス。

【請求項47】

各入力絞りはまた、内側位相補償コーティングを含み、位相偏移を補償する、請求項46に記載のカラー導波管デバイス。

【請求項48】

前記補償コーティングは、 SiO_2 を含む、請求項47に記載のカラー導波管デバイス。

【請求項49】

導波管デバイスの出力照明内のバンディングを軽減させる方法であって、
光源からの入射光を生産することと、

前記入射光を光結合器を通して通過させ、結合された光が光学基板内で全内部反射(TIR)を受けるように、前記入射光を光学基板の中に結合することと、

光抽出器を介して、前記光学基板からのTIR光を抽出し、前記出力照明を生産することと

を含み、

前記光は、バンディング除去光学が前記出力照明のバンディング効果を軽減させるように、前記導波管デバイスのバンディング除去光学を通して通過する、方法。

【請求項50】

前記出力照明は、10%未満の空間非均一性を有する、請求項49に記載の方法。

【請求項51】

前記出力照明は、20%未満の空間非均一性を有する、請求項49に記載の方法。

【請求項52】

前記バンディング除去光学は、有効入力開口であり、前記有効入力開口は、前記光学基板が厚さDを有するとき、前記入力開口が、前記光学基板内のTIR角度Uを提供するように構成され、前記角度Uが、 $2D \tan(U)$ によって計算されるようなものである、請求項49に記載の方法。

【請求項53】

前記バンディング除去光学は、TIR経路に沿って、回折効率、光学透過、偏光、または複屈折のうちの少なくとも1つの前記光の空間変動を提供する、請求項52に記載の方法。

【請求項54】

前記バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子であり、前記選択された少なくとも1つの格子は、各格子が、小瞳偏移を提供し、バンディングを軽減させるような複数の格子を有するように構成される、請求項49に記載の方法。

【請求項55】

前記バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子であり、前記選択された少なくとも1つの格子は、電圧が印加されると、オンになり、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、スタックされた切替可能な格子として構成される、請求項49に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 56】

前記バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子であり、前記選択された少なくとも1つの格子は、電圧が印加されると、特定の要素をオンにし、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、切替可能な格子要素のアレイとして構成される、請求項49に記載の方法。

【請求項 57】

前記選択された少なくとも1つの格子は、複数の回転Kベクトルを有する、請求項56に記載の方法。

【請求項 58】

前記バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子であり、前記選択された少なくとも1つの格子は、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成される、複数の受動格子層であるように構成される、請求項49に記載の方法。

10

【請求項 59】

前記バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層であり、前記1つ以上の屈折率層は、前記1つ以上の屈折率層が、光線角度または光線位置のうちの少なくとも1つの関数として、前記光学基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、前記光学基板内に配置される、請求項49に記載の方法。

【請求項 60】

前記1つ以上の屈折率層の少なくとも1つの屈折率層は、勾配屈折率(GRIN)媒体である、請求項59に記載の方法。

20

【請求項 61】

前記導波管デバイスはさらに、少なくとも1つの反射表面を前記光学基板の縁の少なくとも一部上に備え、前記バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層であり、前記1つ以上の屈折率層は、前記1つ以上の屈折率層が、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、前記少なくとも1つの反射表面に隣接して配置される、請求項49に記載の方法。

【請求項 62】

前記バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層であり、前記1つ以上の屈折率層は、前記1つ以上の屈折率層が、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、前記光学基板内に配置される、請求項49に記載の方法。

30

【請求項 63】

前記バンディング除去光学は、入力格子であり、前記入力格子は、前記入力格子の前縁に対する光の光線束の一意の変位が、任意の所与の入射光方向のための入力格子によって提供され、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、前記入射光を結合することが可能な前縁を有する、請求項49に記載の方法。

【請求項 64】

前記バンディング除去光学は、入力格子であり、前記入力格子は、前記入射光の複数のコリメートされた入射光線経路が、光線経路入力角度によって決定されるような異なるTIR光線経路の中に回折され、投影された瞳が、前記複数のコリメートされた入射光線経路毎に、前記光学基板内の一意の場所に形成され、バンディング効果を軽減させることが可能であるように、回折効率の変動を有するよう構成される、請求項49に記載の方法。

40

【請求項 65】

前記回折効率の変動は、主導波管方向に沿って変動する、請求項64に記載の方法。

【請求項 66】

前記回折効率の変動は、前記入力格子の開口にわたって2次元で変動する、請求項65に記載の方法。

【請求項 67】

前記バンディング除去光学は、部分反射層であり、前記部分反射層は、前記部分反射層

50

が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、前記光学基板内に配置される、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 68】

前記バンディング除去光学は、偏光修正層であり、前記偏光修正層は、前記偏光修正層が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、前記光学基板内に配置される、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 69】

前記バンディング除去光学は、少なくとも 1 つの入力格子および少なくとも 1 つの出力格子から選択された少なくとも 1 つの格子であり、前記選択された少なくとも 1 つの格子は、任意の入射光角度に関して抽出された光の、光の非均一性を相殺し、バンディング効果を軽減する、少なくとも 2 つの別個の導波管経路を提供するように構成される、請求項 49 に記載の方法。

10

【請求項 70】

前記選択された格子は、少なくとも 1 つの折畳格子射出瞳エクスパンダと併用される、交差傾角格子を有する、請求項 69 に記載の方法。

【請求項 71】

前記バンディング除去光学は、少なくとも 1 つの方向に沿って空間的に変動され、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させることが可能な可変有効開口数 (NA) を提供する、マイクロディスプレイ内の光学コンポーネントである、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 72】

20

前記バンディング除去光学は、少なくとも 1 つの入力格子または少なくとも 1 つの出力格子のいずれかの少なくとも 1 つの格子内の複数の格子層であり、前記複数の格子層は、前記複数の格子層が、任意の固定パターン雑音を打ち消し、瞳の偏移をもたらす、バンディング効果を軽減させるように構成されるようなものである、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 73】

前記バンディング除去光学は、入力格子であり、前記入力格子は、前記入力格子を切替格子アレイとして構成することが、垂直および水平方向における瞳切替を提供し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、選択的に切替可能な要素のアレイとして構成される、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 74】

30

前記バンディング除去光学は、各 TIR 経路に沿って、回折効率、光学透過、偏光、および複屈折のうちの少なくとも 1 つの空間変動を提供し、基板内の光線角度または光線位置のうちの少なくとも 1 つの関数として、導波管基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳の偏移をもたらす、バンディング効果を軽減させる、複数の屈折率層である、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 75】

前記複数の屈折率層は、異なる屈折率の接着剤を組み込む、請求項 74 に記載の方法。

【請求項 76】

前記複数の屈折率層は、整合層、等方性屈折層、GRIN 構造、反射防止層、部分反射層、および複屈折延伸ポリマー層から成る群から選択される層を組み込む、請求項 74 に記載の方法。

40

【請求項 77】

前記バンディング除去光学は、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、空間可変開口数を投影させる、マイクロディスプレイである、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 78】

前記バンディング除去光学は、傾斜付きマイクロディスプレイであり、前記傾斜付きマイクロディスプレイは、前記射出瞳の断面が画角に伴って変動し、バンディング効果が軽減されるように、傾斜された長方形射出瞳を投影するように構成される、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 79】

50

前記バンディング除去光学は、傾斜付きマイクロディスプレイであり、前記傾斜付きマイクロディスプレイは、バンディング効果が1つの拡張軸に沿って軽減されるように、角度光線を角度付け、種々の投影された瞳を入射角光毎に前記光学基板に沿って異なる位置に形成するように構成される、請求項49に記載の方法。

【請求項80】

前記光学基板は、厚さDを有し、前記バンディング除去光学は、プリズムであり、前記プリズムは、前記光源からの射出瞳の角度と前記光学基板内のTIR角度との間の線形関係が、 $TIR \text{ 経路角度} = 2D \cdot \tan(U)$ によって画定されるようなUであるときに生じる、TIR光線経路に沿った連続光抽出間の間隙をもたらしなないように、前記光学基板に結合される、請求項49に記載の方法。

10

【請求項81】

前記バンディング除去光学は、光吸収フィルムであり、前記光吸収フィルムは、そうであればバンディングを引き起こすであろう入射光の部分が、除去され、バンディング効果を軽減するように、前記光学基板の縁に隣接する、請求項49に記載の方法。

【請求項82】

前記光学基板は、厚さDを有し、前記バンディング除去光学は、入射光が、TIR経路角度が $2D \cdot \tan(U)$ によって画定されるようなUであるときに生じる、TIR光線経路に沿った連続光抽出の間隙をもたらしなような、第1の光吸収フィルムおよび第2の光吸収フィルムであり、前記第1の光吸収フィルムは、入力格子を含み、光学基板に隣接して配置される、入力基板の縁に隣接して配置され、前記第2の光吸収フィルムは、入力基板と反対の前記光学基板に隣接して取り付けられる、第2の基板の縁に隣接して配置される、請求項49に記載の方法。

20

【請求項83】

前記光学基板の厚さは、3.4mmであり、前記第2の基板の厚さは、0.5mmであり、前記入力基板は、前記入力格子を挟み込む2つの0.5mm厚ガラス基板を含む、請求項82に記載の方法。

【請求項84】

前記バンディング除去光学は、入力格子であり、前記入力格子は、前記光が、任意の所与の入射光方向に前記入力格子の縁に対する一意の変位を有し、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減するように構成される、請求項49に記載の方法。

30

【請求項85】

前記方法は、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)およびヘッドアップディスプレイ(HUD)の群から選択されるディスプレイによって実施される、請求項49に記載の方法。

【請求項86】

ヒトの眼が、前記ディスプレイの射出瞳に伴って位置付けられる、請求項85に記載の方法。

【請求項87】

前記ディスプレイは、眼トラッカを組み込む、請求項85に記載の方法。

【請求項88】

前記導波管デバイスはさらに、前記光源と、マイクロディスプレイパネルと、前記光をコリメートするための光学とをさらに備える、入力画像生成器を備える、請求項49に記載の方法。

40

【請求項89】

前記光源は、少なくとも1つのレーザである、請求項49に記載の方法。

【請求項90】

前記光源は、少なくとも1つの発光ダイオード(LED)である、請求項49に記載の方法。

【請求項91】

前記光結合器は、入力格子である、請求項49に記載の方法。

【請求項92】

50

前記光結合器は、プリズムである、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 93】

前記光抽出器は、入力格子である、請求項 49 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、導波管デバイスに関し、より具体的には、均一出力照明を有する、導波管に関する。

【背景技術】

【0002】

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デバイス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のために検討されている。本新しいアプローチは、航空および道路交通のための拡張現実 (AR) および仮想現実 (VR)、コンパクトヘッドアップディスプレイ (HUD) のための眼近接ディスプレイと、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とを含む、新しい製品開発を促している。

【0003】

導波管デバイスは、HMD および HUD において魅力的である、多くの特徴をもたらす。それらは、薄くて透明であることである。広視野は、複数のホログラムを記録し、各ホログラムによって形成される視野領域をタイル化することによって取得されることができる。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

いくつかの実施形態は、少なくとも 1 つの光学基板と、少なくとも 1 つの光源と、少なくとも 1 つの光結合器と、少なくとも 1 つの光抽出器と、バンディング除去光学とを含む、導波管デバイスを対象とする。少なくとも 1 つの光結合器は、入力格子において決定されるような一意の TIR 角度が各光入射角によって画定されるように、ある角度帯域幅を伴う光源からの入射光を少なくとも 1 つの光学基板内の全内部反射 (TIR) の中に結合することが可能である。少なくとも 1 つの光抽出器は、光学基板からの光を抽出する。バンディング除去光学は、抽出された光が軽減されたバンディングを有する略平坦照明プロファイルであるように、照明された瞳のバンディング効果を軽減することが可能である。

【0005】

より多くの実施形態では、抽出された光は、10%未満の空間非均一性を有する。

【0006】

さらなる実施形態では、抽出された光は、20%未満の空間非均一性を有する。

【0007】

さらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、光学基板が厚さ D を有するとき、入力開口が、光学基板内の TIR 角度 U を提供するように構成され、角度 U が、 $2D \tan(U)$ によって計算されるような有効入力開口である。

【0008】

なおもより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、TIR 経路に沿って、回折効率、光学透過、偏光、または複屈折のうちの少なくとも 1 つの光の空間変動を提供する。

【0009】

なおもさらなる実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも 1 つの入力格子および少なくとも 1 つの出力格子から選択された少なくとも 1 つの格子である。選択された少なくとも 1 つの格子は、各格子が、小瞳偏移を提供し、バンディングを軽減させるような複数の格子を有するように構成される。

【0010】

10

20

30

40

50

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子である。選択された少なくとも1つの格子は、電圧が印加されると、オンになり、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、スタックされた切替可能な格子として構成される。

【0011】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子である。選択された少なくとも1つの格子は、電圧が印加されると、特定の要素をオンにし、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、切替可能な格子要素のアレイとして構成される。

10

【0012】

なおもさらにより多くの実施形態では、選択された少なくとも1つの格子は、複数の回転Kベクトルを有する。

【0013】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子である。選択された少なくとも1つの格子は、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成される、複数の受動格子層であるように構成される。

【0014】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層が、光線角度または光線位置のうちの少なくとも1つの関数として、光学基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、光学基板内に配置される、1つ以上の屈折率層である。

20

【0015】

なおもさらにより多くの実施形態では、1つ以上の屈折率層の少なくとも1つの屈折率層は、勾配屈折率（GRIN）媒体である。

【0016】

なおもさらにより多くの実施形態では、導波管デバイスはさらに、少なくとも1つの反射表面を光学基板の縁の少なくとも一部上に含む。バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層が、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、少なくとも1つの反射表面に隣接して配置される、1つ以上の屈折率層である。

30

【0017】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層が、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、光学基板内に配置される、1つ以上の屈折率層である。

【0018】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、入力格子の前縁に対する光の光線束の一意の変位が、任意の所与の入射光方向のための入力格子によって提供され、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、入射光を結合することが可能な前縁を有する、入力格子である。

40

【0019】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、入射光の複数のコリメートされた入射光線経路が、光線経路入力角度によって決定されるような異なるTIR光線経路の中に回折され、投影された瞳が、複数のコリメートされた入射光線経路毎に、光学基板内の一意の場所に形成され、バンディング効果を軽減させることが可能であるように、回折効率の変動を有するよう構成される、入力格子である。

【0020】

なおもさらにより多くの実施形態では、回折効率の変動は、主導波管方向に沿って変動する。

【0021】

50

なおもさらにより多くの実施形態では、回折効率の変動は、入力格子の開口にわたって2次元で変動する。

【0022】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、部分反射層が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、光学基板内に配置される、部分反射層である。

【0023】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、偏光修正層が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、光学基板内に配置される、偏光修正層である。

10

【0024】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子である。選択された少なくとも1つの格子は、任意の入射光角度に関して抽出された光の、光の非均一性を相殺し、バンディング効果を軽減する、少なくとも2つの別個の導波管経路を提供するように構成される。

【0025】

なおもさらにより多くの実施形態では、選択された格子は、少なくとも1つの折畳格子射出瞳エクスパンダと併用される、交差傾角格子を有する。

【0026】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの方向に沿って空間的に変動され、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させることが可能な可変有効開口数(NA)を提供する、マイクロディスプレイ内の光学コンポーネントである。

20

【0027】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、複数の格子層が、任意の固定パターン雑音を打ち消し、瞳の偏移をもたらし、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、少なくとも1つの入力格子または少なくとも1つの出力格子のいずれかの少なくとも1つの格子内の複数の格子層である。

【0028】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、入力格子を切替格子アレイとして構成することが、垂直および水平方向における瞳切替を提供し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、選択的に切替可能な要素のアレイとして構成される、入力格子である。

30

【0029】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、各TIR経路に沿って、回折効率、光学透過、偏光、および複屈折のうちの少なくとも1つの空間変動を提供し、基板内の光線角度または光線位置のうちの少なくとも1つの関数として、導波管基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳の偏移をもたらし、バンディング効果を軽減させる、複数の屈折率層である。

40

【0030】

なおもさらにより多くの実施形態では、複数の屈折率層は、異なる屈折率の接着剤を組み込む。

【0031】

なおもさらにより多くの実施形態では、複数の屈折率層は、整合層、等方性屈折層、GRIN構造、反射防止層、部分反射層、および複屈折延伸ポリマー層から成る群から選択される層を組み込む。

【0032】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、空間可変開口数を投影させる、マイクロディスプレイである

50

。

【0033】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、射出瞳の断面が画角に伴って変動し、バンディング効果が軽減されるように、傾斜された長方形射出瞳を投影するように構成される、傾斜付きマイクロディスプレイである。

【0034】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、バンディング効果が1つの拡張軸に沿って軽減されるように、光線を角度付け、種々の投影された瞳を入射角毎に光学基板に沿って異なる位置に形成するように構成される、傾斜付きマイクロディスプレイである。

10

【0035】

なおもさらにより多くの実施形態では、光学基板は、厚さDを有し、バンディング除去光学は、光源からの射出瞳の角度と光学基板内のTIR角度との間の線形関係が、TIR経路角度が $2D \tan(U)$ によって画定されるようなUであるときに生じる、TIR光線経路に沿った連続光抽出間の間隙をもたらさないように、光学基板に結合されるプリズムである。

【0036】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、そうでなければバンディングを引き起こすであろう入射光の部分が、除去され、バンディング効果を軽減するように、光学基板の縁に隣接する、光吸収フィルムである。

20

【0037】

なおもさらにより多くの実施形態では、光学基板は、厚さDを有し、バンディング除去光学は、入射光が、TIR経路角度が $2D \tan(U)$ によって画定されるようなUであるときに生じる、TIR光線経路に沿った連続光抽出の間の間隙をもたらさないような、入力格子を含み、光学基板に隣接して配置される、入力基板の縁に隣接して配置される、第1の光吸収フィルムと、入力基板と反対の前記光学基板に隣接して取り付けられる、第2の基板の縁に隣接して配置される、第2の光吸収フィルムとを含む、入力格子である。

。

【0038】

なおもさらにより多くの実施形態では、光学基板の厚さは、3.4mmであって、第2の基板の厚さは、0.5mmであって、入力基板は、入力格子を挟み込む2つの0.5mm厚ガラス基板を含む。

30

【0039】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、光が、任意の所与の入射光方向に入力格子の縁に対する一意の変位を有し、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減するように構成される、入力格子である。

【0040】

なおもさらにより多くの実施形態では、デバイスは、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)およびヘッドアップディスプレイ(HUD)の群から選択されるディスプレイの中に統合される。

40

【0041】

なおもさらにより多くの実施形態では、ヒトの眼が、ディスプレイの射出瞳に伴って位置付けられる。

【0042】

なおもさらにより多くの実施形態では、デバイスは、眼トラッカを組み込む。

【0043】

なおもさらにより多くの実施形態では、導波管デバイスはさらに、光源と、マイクロディスプレイパネルと、光をコリメートするための光学とをさらに含む、入力画像生成器を含む。

【0044】

50

なおもさらにより多くの実施形態では、光源は、少なくとも1つのレーザである。

【0045】

なおもさらにより多くの実施形態では、光源は、少なくとも1つの発光ダイオード(LED)である。

【0046】

なおもさらにより多くの実施形態では、光結合器は、入力格子である。

【0047】

なおもさらにより多くの実施形態では、光結合器は、プリズムである。

【0048】

なおもさらにより多くの実施形態では、光抽出器は、入力格子である。

10

【0049】

いくつかの実施形態は、少なくとも2つの光学基板と、少なくとも1つの光源と、少なくとも1つの光結合器と、少なくとも1つの光抽出器と、少なくとも2つの入力絞りとを含む、カラー導波管デバイスを対象とする。少なくとも2つの光学基板は、相互の上にスタックされる。少なくとも1つの光結合器は、一意のTIR角度が入力格子において決定されるような各光入射角によって画定されるように、ある角度帯域幅を伴う光源からの入射光を少なくとも1つの光学基板内の全内部反射(TIR)の中に結合することが可能である。少なくとも1つの光抽出器は、光学基板からの光を抽出する。少なくとも2つの入力絞りはそれぞれ、異なる光学基板内にあって、それぞれ、異なる平面にあって、各入力絞りは、外側ダイクロイック部分を含み、瞳を偏移させ、色バンディングを軽減させる。

20

【0050】

より多くの実施形態では、各入力絞りはまた、内側位相補償コーティングを含み、位相偏移を補償する。

【0051】

さらなる実施形態では、補償コーティングは、 SiO_2 を含む。

【0052】

いくつかの実施形態は、導波管デバイスの出力照明内のバンディングを軽減させる方法を対象とする。本方法は、光源からの入射光を生産する。本方法は、入射光を光結合器を通して通過させ、結合された光が光学基板内で全内部反射(TIR)を受けるように、入射光を光学基板の中に結合する。本方法はまた、光抽出器を介して、光学基板からのTIR光を抽出し、出力照明を生産する。光は、バンディング除去光学が出力照明のバンディング効果を軽減させるように、導波管デバイスのバンディング除去光学を通して通過する。

30

【0053】

より多くの実施形態では、出力照明は、10%未満の空間非均一性を有する。

【0054】

さらなる実施形態では、出力照明は、20%未満の空間非均一性を有する。

【0055】

さらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、光学基板が厚さDを有するとき、入力開口が、光学基板内のTIR角度Uを提供するように構成され、角度Uが、 $2D \tan(U)$ によって計算されるような有効入力開口である。

40

【0056】

なおもより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、TIR経路に沿って、回折効率、光学透過、偏光、または複屈折のうちの少なくとも1つの光の空間変動を提供する。

【0057】

なおもさらなる実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子である。選択された少なくとも1つの格子は、各格子が、小瞳偏移を提供し、バンディングを軽減させるような複数の格子を有するように構成される。

50

【 0 0 5 8 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子である。選択された少なくとも1つの格子は、電圧が印加されると、オンになり、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、スタックされた切替可能な格子として構成される。

【 0 0 5 9 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子である。選択された少なくとも1つの格子は、電圧が印加されると、特定の要素をオンにし、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させる、切替可能な格子要素のアレイとして構成される

10

【 0 0 6 0 】

なおもさらにより多くの実施形態では、選択された少なくとも1つの格子は、複数の回転Kベクトルを有する。

【 0 0 6 1 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子である。選択された少なくとも1つの格子は、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成される、複数の受動格子層であるように構成される。

【 0 0 6 2 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層が、光線角度または光線位置のうちの少なくとも1つの関数として、光学基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、光学基板内に配置される、1つ以上の屈折率層である。

20

【 0 0 6 3 】

なおもさらにより多くの実施形態では、1つ以上の屈折率層の少なくとも1つの屈折率層は、勾配屈折率 (GRIN) 媒体である。

【 0 0 6 4 】

なおもさらにより多くの実施形態では、導波管デバイスはさらに、少なくとも1つの反射表面を光学基板の縁の少なくとも一部上を含む。バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層が、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、少なくとも1つの反射表面に隣接して配置される、1つ以上の屈折率層である。

30

【 0 0 6 5 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層が、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、光学基板内に配置される、1つ以上の屈折率層である。

【 0 0 6 6 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、入力格子の前縁に対する光の光線束の一意の変位が、任意の所与の入射光方向のための入力格子によって提供され、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、入射光を結合することが可能な前縁を有する、入力格子である。

40

【 0 0 6 7 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、入射光の複数のコリメートされた入射光線経路が、光線経路入力角度によって決定されるような異なるTIR光線経路の中に回折され、投影された瞳が、複数のコリメートされた入射光線経路毎に、光学基板内の一意の場所に形成され、バンディング効果を軽減させることが可能であるように、回折効率の変動を有するよう構成される、入力格子である。

【 0 0 6 8 】

なおもさらにより多くの実施形態では、回折効率の変動は、主導波管方向に沿って変動する。

50

【 0 0 6 9 】

なおもさらにより多くの実施形態では、回折効率の変動は、入力格子の開口にわたって2次元で変動する。

【 0 0 7 0 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、部分反射層が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、光学基板内に配置される、部分反射層である。

【 0 0 7 1 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、偏光修正層が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、光学基板内に配置される、偏光修正層である。

10

【 0 0 7 2 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの入力格子および少なくとも1つの出力格子から選択された少なくとも1つの格子であって、選択された少なくとも1つの格子は、任意の入射光角度に関して抽出された光の、光の非均一性を相殺し、バンディング効果を軽減する、少なくとも2つの別個の導波管経路を提供するように構成される。

【 0 0 7 3 】

なおもさらにより多くの実施形態では、選択された格子は、少なくとも1つの折畳格子射出瞳エクスパンダと併用される、交差傾角格子を有する。

20

【 0 0 7 4 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの方向に沿って空間的に変動され、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させることが可能な可変有効開口数 (NA) を提供する、マイクロディスプレイ内の光学コンポーネントである。

【 0 0 7 5 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、複数の格子層が、任意の固定パターン雑音を打ち消し、瞳の偏移をもたらし、バンディング効果を軽減させるように構成されるように、少なくとも1つの入力格子または少なくとも1つの出力格子のいずれかの少なくとも1つの格子内の複数の格子層である。

30

【 0 0 7 6 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、入力格子を切替格子アレイとして構成することが、垂直および水平方向における瞳切替を提供し、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、選択的に切替可能な要素のアレイとして構成される、入力格子である。

【 0 0 7 7 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、各TIR経路に沿って、回折効率、光学透過、偏光、および複屈折のうちの少なくとも1つの空間変動を提供し、基板内の光線角度または光線位置のうちの少なくとも1つの関数として、導波管基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳の偏移をもたらし、バンディング効果を軽減させる、複数の屈折率層である。

40

【 0 0 7 8 】

なおもさらにより多くの実施形態では、複数の屈折率層は、異なる屈折率の接着剤を組み込む。

【 0 0 7 9 】

なおもさらにより多くの実施形態では、複数の屈折率層は、整合層、等方性屈折層、GRIN構造、反射防止層、部分反射層、および複屈折延伸ポリマー層から成る群から選択される層を組み込む。

【 0 0 8 0 】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、瞳を偏移させ、バン

50

ディング効果を軽減させる、空間可変開口数を投影させる、マイクロディスプレイである。

【0081】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、射出瞳の断面が画角に伴って変動し、バンディング効果が軽減されるように、傾斜された長方形射出瞳を投影するように構成される、傾斜付きマイクロディスプレイである。

【0082】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、バンディング効果が1つの拡張軸に沿って軽減されるように、光線を角度付け、種々の投影された瞳を入射角光毎に光学基板に沿って異なる位置に形成するように構成される、傾斜付きマイクロディスプレイである。

10

【0083】

なおもさらにより多くの実施形態では、光学基板は、厚さDを有し、バンディング除去光学は、光源からの射出瞳の角度と光学基板内のTIR角度との間の線形関係が、TIR経路角度が $2D \tan(U)$ によって画定されるようなUであるときに生じる、TIR光線経路に沿った連続光抽出間の間隙をもたらさないように、光学基板に結合されるプリズムである。

【0084】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、そうでなければバンディングを引き起こすであろう入射光の部分が、除去され、バンディング効果を軽減するように、光学基板の縁に隣接する、光吸収フィルムである。

20

【0085】

なおもさらにより多くの実施形態では、光学基板は、厚さDを有し、バンディング除去光学は、入射光が、TIR経路角度が $2D \tan(U)$ によって画定されるようなUであるときに生じる、TIR光線経路に沿った連続光抽出の間の間隙をもたらさないような、入力格子を含み、光学基板に隣接して配置される、入力基板の縁に隣接して配置される、第1の光吸収フィルムと、入力基板と反対の光学基板に隣接して取り付けられる、第2の基板の縁に隣接して配置される、第2の光吸収フィルムとである。

【0086】

なおもさらにより多くの実施形態では、光学基板の厚さは、3.4mmであって、第2の基板の厚さは、0.5mmであって、入力基板は、入力格子を挟み込む2つの0.5mm厚ガラス基板を含む。

30

【0087】

なおもさらにより多くの実施形態では、バンディング除去光学は、光が、任意の所与の入射光方向に入力格子の縁に対する一意の変位を有し、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減するように構成される、入力格子である。

【0088】

なおもさらにより多くの実施形態では、本方法は、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)およびヘッドアップディスプレイ(HUD)の群から選択されるディスプレイによって実施される。

40

【0089】

なおもさらにより多くの実施形態では、ヒトの眼が、ディスプレイの射出瞳に伴って位置付けられる。

【0090】

なおもさらにより多くの実施形態では、ディスプレイは、眼トラッカを組み込む。

【0091】

なおもさらにより多くの実施形態では、導波管デバイスはさらに、光源と、マイクロディスプレイパネルと、光をコリメートするための光学とをさらに備える、入力画像生成器を含む。

【0092】

50

なおもさらにより多くの実施形態では、光源は、少なくとも１つのレーザである。

【００９３】

なおもさらにより多くの実施形態では、光源は、少なくとも１つの発光ダイオード（ＬＥＤ）である。

【００９４】

なおもさらにより多くの実施形態では、光結合器は、入力格子である。

【００９５】

なおもさらにより多くの実施形態では、光結合器は、プリズムである。

【００９６】

なおもさらにより多くの実施形態では、光抽出器は、入力格子である。

10

【００９７】

参照による引用

以下の関連発行特許および特許出願は、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる。米国特許第 9, 075, 184 号「COMPACT EDGE ILLUMINATED DIFFRACTIVE DISPLAY」、米国特許第 8, 233, 204 号「OPTICAL DISPLAYS」、PCT 出願第 US 2006/043938 号「METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING A TRANSPARENT DISPLAY」、PCT 出願第 GB 2012/000677 号「WEARABLE DATA DISPLAY」、米国特許出願第 13/317, 468 号「COMPACT EDGE ILLUMINATED EYEGLASS DISPLAY」、米国特許出願第 13/869, 866 号「HOLOGRAPHIC WIDE ANGLE DISPLAY」、米国特許出願第 13/844, 456 号「TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY」、米国特許出願第 14/620, 969 号「WAVEGUIDE GRATING DEVICE」、米国仮特許出願第 62/176, 572 号「ELECTRICALLY FOCUS TUNABLE LENS」、米国仮特許出願第 62/177, 494 号「WAVEGUIDE DEVICE INCORPORATING A LIGHT PIPE」、米国仮特許出願第 62/071, 277 号「METHOD AND APPARATUS FOR GENERATING INPUT IMAGES FOR HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DISPLAYS」、米国仮特許出願第 62/123, 282 号「NEAR EYE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS」、米国仮特許出願第 62/124, 550 号「WAVEGUIDE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS」、米国仮特許出願第 62/125, 064 号「OPTICAL WAVEGUIDE DISPLAYS FOR INTEGRATION IN WINDOWS」、米国仮特許出願第 62/125, 066 号「OPTICAL WAVEGUIDE DISPLAYS FOR INTEGRATION IN WINDOWS」、米国仮特許出願第 62/125, 089 号「HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE LIGHT FIELD DISPLAYS」、米国特許第 8, 224, 133 号「LASER ILLUMINATION DEVICE」、米国特許第 US 8, 565, 560 号「LASER ILLUMINATION DEVICE」、米国特許第 6, 115, 152 号「HOLOGRAPHIC ILLUMINATION SYSTEM」、PCT 出願第 PCT/GB 2013/000005 号「CONTACT IMAGE SENSOR USING SWITCHABLE BRAGG GRATINGS」、PCT 出願第 PCT/GB 2012/000680 号「IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICES」、PCT 出願第 PCT/GB 2014/000197 号「HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE EYE TRACKER」、PCT/GB 2013/000210 号「APPARATUS FOR EYE TRACKING」、PCT 出願第 GB 2013/000210 号「APPARATUS FOR EYE TRAC

20

30

40

50

KING」、PCT/GB2015/000274号「HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE OPTICAL TRACKER」、米国特許第8,903,207号「SYSTEM AND METHOD OF EXTENDING VERTICAL FIELD OF VIEW IN HEAD UP DISPLAY USING A WAVEGUIDE COMBINER」、米国特許第8,639,072号「COMPACT WEARABLE DISPLAY」、米国特許第8,885,112号「COMPACT HOLOGRAPHIC EDGE ILLUMINATED EYEGLASS DISPLAY」、米国仮特許出願第62/390,271号「HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DEVICES FOR USE WITH UNPOLARIZED LIGHT」、米国仮特許出願第62/391,333号「METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING A POLARIZATION SELECTIVE HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DEVICE」、米国仮特許出願第62/493,578号「WAVEGUIDE DISPLAY APPARATUS」、米国仮特許出願第62/497,781号「APPARATUS FOR HOMOGENIZING THE OUTPUT FROM A WAVEGUIDE DEVICE」、PCT出願第PCT/GB2016000181号「WAVEGUIDE DISPLAY」、および第PCT/GB2016/00005号「ENVIRONMENTALLY ISOLATED WAVEGUIDE DISPLAY」。

【図面の簡単な説明】

【0098】

説明は、以下の図を参照してより完全に理解されるであろうが、これは、本発明の例示の実施形態として提示され、本発明の範囲の完全列挙として解釈されるべきではない。

【0099】

【図1A】図1Aは、一実施形態における、バンディングを呈する導波管の概略断面図を提供する。

【0100】

【図1B】図1Bは、一実施形態における、バンディング除去された照明を提供するための導波管から抽出された光の統合を示す、チャートを提供する。

【0101】

【図2】図2は、一実施形態における、バンディング除去が生じるための幾何学的光学条件を図示する、導波管の詳細の基本構想図を提供する。

【0102】

【図3】図3は、一実施形態における、瞳偏移手段を提供するために使用される光学層の光学特性の空間変動を示す、チャートを提供する。

【0103】

【図4】図4は、一実施形態における、切替可能な入力格子を使用した導波管の概略断面図を提供する。

【0104】

【図5】図5は、一実施形態における、切替可能な出力格子を使用した導波管の概略断面図を提供する。

【0105】

【図6A】図6Aは、一実施形態における、切替可能な入力格子アレイを使用した導波管の概略断面図を提供する。

【0106】

【図6B】図6Bは、一実施形態における、回転Kベクトルを示す切替可能な格子の詳細を提供する。

【0107】

【図7】図7は、一実施形態における、切替可能な入力格子アレイの基本構想図を提供する。

【 0 1 0 8 】

【図 8】図 8 は、バンディング除去光学が、導波管基板の反射表面上に配置される光学ビーム修正層である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【 0 1 0 9 】

【図 9】図 9 は、バンディング除去光学が、導波管基板内に配置される光学ビーム修正層である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【 0 1 1 0 】

【図 1 0】図 1 0 は、一実施形態における、バンディング除去光学が、ビーム入射角の関数として入力格子の前縁からの入力ビームの分離を変動させる入力格子である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

10

【 0 1 1 1 】

【図 1 1】図 1 1 は、一実施形態における、バンディング除去光学が、導波管内で投影された瞳をビーム入射角に依存する場所に提供する、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【 0 1 1 2 】

【図 1 2】図 1 2 は、一実施形態における、バンディング除去光学が、部分反射層である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【 0 1 1 3 】

【図 1 3】図 1 3 は、一実施形態における、バンディング除去光学が、偏光回転層である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

20

【 0 1 1 4 】

【図 1 4】図 1 4 は、一実施形態における、バンディング除去光学が、入力光の異なる偏光のための導波管を通した分離光経路を提供する格子である、導波管の基本構想図を提供する。

【 0 1 1 5 】

【図 1 5】図 1 5 は、一実施形態における、バンディング除去光学が、マイクロディスプレイパネルの主方向を横断して可変開口数を提供する、マイクロディスプレイの詳細の概略断面図を提供する。

【 0 1 1 6 】

【図 1 6 A】図 1 6 A は、一実施形態における、スタックされた切替入力格子を使用した導波管の概略断面図を提供する。

30

【 0 1 1 7 】

【図 1 6 B】図 1 6 B は、一実施形態における、バンディング除去光学が、切替可能な入力格子アレイである、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【 0 1 1 8 】

【図 1 6 C】図 1 6 C は、一実施形態における、バンディング除去光学が、導波管基板内に配置される光学ビーム修正層である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【 0 1 1 9 】

【図 1 6 D】図 1 6 D は、一実施形態における、バンディング除去光学が、主方向を横断して可変開口数を提供するマイクロディスプレイパネルである、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

40

【 0 1 2 0 】

【図 1 6 E】図 1 6 E は、一実施形態における、バンディング除去光学が、射出瞳を提供する傾斜された入力画像生成器である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【 0 1 2 1 】

【図 1 6 F】図 1 6 F は、一実施形態における、バンディング除去光学が、射出瞳および種々の投影された瞳を提供する傾斜された入力画像生成器である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【 0 1 2 2 】

【図 1 6 G】図 1 6 G は、一実施形態における、バンディング除去光学が、傾斜された入

50

力画像生成器および結合プリズムである、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【0123】

【図16H】図16Hは、一実施形態における、バンディング除去光学が、光吸収縁を有する複数の付加的基板である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【0124】

【図17】図17は、一実施形態における、バンディング除去光学が、光吸収縁を有する複数の付加的基板である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【0125】

【図18】図18は、一実施形態における、バンディング除去光学が、傾斜された入力画像生成器および結合プリズムである、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

10

【0126】

【図19】図19は、一実施形態における、カラーディスプレイにおける色位置合わせを平衡するために使用するためのコーティング構造の概略断面を提供する。

【0127】

【図20】図20は、バンディング除去光学が、その縁からの入力ビーム断面をオフセットする入力格子である、導波管の詳細の概略断面図を提供する。

【発明を実施するための形態】

【0128】

ここで図面に目を向けると、接眼ディスプレイまたはヘッドアップディスプレイシステムに関連するシステムおよび方法が、種々の実施形態に従って示される。いくつかの実施形態は、接眼ディスプレイまたはヘッドアップディスプレイシステムにおいて使用するための導波管デバイスを対象とする。多くの導波管デバイスに既存の一般的厄介な問題は、その均一性に影響を及ぼす、出力照明内のバンディングである。故に、均一出力照明を有する、導波管デバイスの種々の実施形態が、提供される。導波管デバイスの多数の実施形態では、バンディング除去光学が、組み込まれ、バンディング効果を排除または軽減させる。

20

【0129】

多くの実施形態はまた、導波管デバイスにおいて有利に利用され得る、ホログラフィック導波管技術を対象とする。いくつかの実施形態では、ホログラフィック導波管技術は、ヘルメット搭載型ディスプレイまたは頭部搭載型ディスプレイ（HMD）およびヘッドアップディスプレイ（HUD）のために使用される。いくつかの実施形態では、ホログラフィック導波管技術は、航空電子工学用途および消費者用途（例えば、拡張現実眼鏡等）を含む、多くの用途で使用される。いくつかの実施形態では、眼は、ディスプレイの射出瞳またはアイボックス内に位置付けられる。

30

【0130】

多くの実施形態では、導波管デバイスは、単一導波管層を使用して、瞳拡張を2つの直交方向に提供する。出力の均一性は、種々の実施形態によると、導波管基板の入力端近傍の低値から出力格子の最遠端における高値に変動する回折効率を有するように出力格子を設計することによって達成される。いくつかの実施形態では、入力画像データは、導波管光学基板の外部にあって、入力格子を用いて基板に結合される、マイクロディスプレイによって提供される。マイクロディスプレイは、複数の実施形態によると、反射アレイであって、ビームスプリッタを介して照明される。反射された画像光は、画像の各ピクセルが平行ビームを一意の方向に提供するようにコリメートされる。

40

【0131】

いくつかの実施形態によると、導波管デバイスは、効率的に、かつ導波管画像が色分散および明度非均一性がないように、画像コンテンツを導波管の中に結合する。色分散を防止し、より良好なコリメーションを達成するための1つの方法は、レーザを使用することである。しかしながら、レーザの使用は、瞳バンディングアーチファクトに悩まされ、これは、出力照明自体に露見し、画像の均一性の途絶を生じさせる。バンディングアーチファクトは、コリメートされた瞳が全内部反射（TIR）導波管内で複製（拡張）されると

50

きに形成されることが可能である。バンディングは、ビームが格子と相互作用する度に、一部の光ビームが導波管から外に回折され、間隙または重複を呈し、照明リップルにつながる時に生じる。リップルの程度は、画角、導波管厚、および開口厚の関数である。本明細書に説明される種々の実施形態に描かれるように、実験およびシミュレーションによって、バンディングの効果は、発光ダイオード（LED）等のブロードバンド源を用いた分散によって平滑化され得ることが見出された。しかしながら、LED照明は、特に、より高い導波管厚と導波管入力開口の比率に関して、バンディング問題が完全にはないわけではない。さらに、LED照明は、嵩張る入力光学および導波管デバイスの厚さの増加をもたらす傾向にある。故に、本明細書に説明される導波管デバイスのいくつかの実施形態は、ホログラフから出力された光を均質化し、バンディング歪曲を防止するためのコンパクトかつ効率的バンディング除去光学を有する。

10

【0132】

バンディング効果は、出力照明の非均一性に寄与する。いくつかのプロトタイプ試験において発見されたように、導波管デバイスからの実践的照明は、20%未満、好ましくは、10%を下回る非均一性を達成し、容認可能視認可能画像を提供すべきである。低非均一性を達成することは、他のシステム要件、特に、画像明度に対してトレードオフを要求する。トレードオフは、精密な観点で定義することが困難であって、非常に用途に依存する。非均一性を低減させるための多くの光学技法は、概して、一部の光損失を被るため、出力画像明度は、低減され得る。非均一性に対するヒト視覚系の感度は、光レベルに伴って増加し、非均一性の問題は、高ディスプレイと背景場面のコントラストを達成するために高発光束を要求する、車載HUD等のディスプレイにとってより深刻となる。故に、いくつかの実施形態では、抽出された光は、10%未満の空間非均一性を有する。いくつかの実施形態では、抽出された光は、20%未満の空間非均一性を有する。

20

【0133】

本発明のいくつかの実施形態が、ここで付随の図面を参照して、さらに説明されるであろう。本発明の種々の実施形態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、種々の実施形態の基本原則を曖昧にしないように、省略または簡略化されている場合がある。種々の実施形態の説明は、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であろう。別様に記載されない限り、用語「軸上」は、光線またはビーム方向に関連する場合、種々のデバイスに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法線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、かつ相互に関連付けて使用され、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。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、格子のセットから成る格子を包含し得る。

30

導波管デバイス

【0134】

いくつかの実施形態によると、導波管デバイスは、少なくとも1つの光学基板と、少なくとも1つの光源と、源からの光を光学基板の中に結合するための少なくとも1つの光結合器と、光学基板からの光を抽出し、出力照明を形成するための少なくとも1つの光抽出器とを含む。図1Aに描写されるのは、導波管デバイスの実施形態である。故に、導波管デバイス(100)は、少なくとも1つの光学基板(101)と、少なくとも1つの入力格子(102)と、少なくとも1つの出力格子(103)とを含む。最大開口Wを有する、入力格子(102)は、源(104)からの光(光線矢印1000-1002)を導波管基板(101)内の全内部反射(TIR)経路(1004)の中に結合する。入力(102)および出力(103)格子は、図1Aに描写されるように、本明細書に説明される格子構成等の任意の適切な構成において存在してもよい。

40

【0135】

いくつかの実施形態では、導波管デバイスは、入力画像生成器を含み、これはさらに、

50

光源と、マイクロディスプレイパネルと、光をコリメートするための光学とを有する、入力画像生成器を含む。いくつかの実施形態の説明では、入力生成器は、写真生成ユニット（PGU）と称される。いくつかの実施形態では、源は、画像情報に伴って変調されない、一般的照明を提供するように構成されてもよい。多くの実施形態では、入力画像生成器は、各ディスプレイピクセルが基板導波管内の一意的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する。種々の実施形態では、コリメーション光学は、少なくともレンズと、ミラーとを含む。多くの実施形態では、レンズおよびミラーは、回折性である。いくつかの実施形態では、光源は、少なくとも1つのレーザーである。多数の実施形態では、光源は、少なくとも1つのLEDである。多くの実施形態では、異なる光源の種々の組み合わせが、入力画像生成器と併用される。

10

【0136】

いくつかの入力画像生成器は、例えば、米国特許出願第13/869,866号「HOLOGRAPHIC WIDE ANGLE DISPLAY」および米国特許出願第13/844,456号「TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY」に説明されるもの等の本発明の種々の実施形態に従って使用されてもよいことを理解されたい。多くの実施形態では、入力画像生成器は、光をマイクロディスプレイ上に指向させ、反射光を導波管に向かって透過させる、ビームスプリッタを含む。いくつかの実施形態では、ビームスプリッタは、ホログラフィックポリマー分散液晶（HPDLC）内に記録される格子である。多数の実施形態では、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、入力画像生成器は、スペckル除去器を組み込む。任意の適切なスペckル除去器が、例えば、米国特許第US 8,565,560号「LASER ILLUMINATION DEVICE」に説明されるもの等の種々の実施形態において使用されることができる。

20

【0137】

いくつかの実施形態では、光源はさらに、照明ビームの角度特性を修正するための1つ以上のレンズを組み込む。多くの実施形態では、画像源は、マイクロディスプレイまたはレーザーベースのディスプレイである。光源のいくつかの実施形態は、LEDを利用し、これは、レーザーより良好な均一性を提供し得る。レーザー照明が、使用される場合、照明バンディング効果のリスクは、より高いが、依然として、本明細書に説明されるような種々の実施形態に従って、排除または軽減され得る。多数の実施形態では、光源からの光は、偏光される。複数の実施形態では、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シリコン上液晶（LCOS）マイクロディスプレイである。

30

【0138】

いくつかの実施形態では、入力画像生成器光学は、偏光ビームスプリッタ立方体を含む。多くの実施形態では、入力画像生成器光学は、ビームスプリッタコーティングが塗布されている、傾角プレートを含む。いくつかの実施形態では、入力画像生成器光学は、切替可能なブラッグ格子（SBG）を組み込み、これは、偏光選択的ビームスプリッタとして作用する。SBGを組み込む、入力画像生成器光学の実施例は、米国特許出願第13/869,866号「HOLOGRAPHIC WIDE ANGLE DISPLAY」および米国特許出願第13/844,456号「TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY」に開示される。多くの実施形態では、入力画像生成器光学は、照明光の開口数を制御するために、屈折コンポーネントおよび湾曲反射表面または回折光学要素のうちの少なくとも1つを含む。複数の実施形態では、入力画像生成器は、照明光の波長特性を制御するために、スペckルフィルタを含む。いくつかの実施形態では、入力画像生成器光学は、迷光を制御するために、開口と、マスクと、フィルタと、コーティングとを含む。いくつかの実施形態では、マイクロディスプレイは、水盤光学を組み込む。

40

【0139】

図1Aに描写される実施形態に戻ると、外部源（102）は、角度帯域幅（1002）内のコリメートされた光線を提供する。TIR経路（1004）内の光は、出力格子（103）と相互作用し、TIR光が格子による回折のための条件を満たす度に、光の一部を

50

抽出する。ブラッグ格子の場合、抽出は、ブラッグ条件が満たされるときに生じる。例えば、TIR角度Uに対応する、光TIR光線経路(1004)は、出力格子によって出力方向(1005A)の中に回折される。基本幾何学的光学から、一意のTIR角度が各光入射角によって入力格子において画定されることが明白であるはずである。光が、抽出され、描写されるように、3つの抽出ビームを形成し、これはそれぞれ、2つの光線(1005Bおよび1005C; 1006Aおよび1006B; 1007Aおよび1007B)によって並置されるように描写される。完璧にコリメートされた間隙(平行線模様として描写される1006Cおよび1007C)が、隣接するビーム抽出間に存在し、バンディング効果をもたらすであろう。いくつかの実施形態によると、バンディングを生じさせるビーム間隙は、本明細書に説明されるように、いくつかのバンディング除去光学によって排除または最小限にされる。例えば、バンディング除去光学は、入力格子がTIR角度Uに依存する有効入力開口W'を有するように、光を構成する。

10

【0140】

多数の実施形態では、導波管デバイスは、入力格子が、TIR角度の関数である、有効入力開口を有するように、瞳を偏移させ、導波管の中に結合される光を構成することが可能なバンディング除去光学を組み込む。バンディング除去光学の効果は、出力格子による導波管からの連続光抽出が、入力格子における任意の光入射角のための略平坦照明プロファイルを提供するように統合することである。いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、(限定ではないが)格子、部分的反射フィルム、液晶整合層、等方性屈折層、および勾配屈折率(GRIN)構造を含む、種々のタイプの光学ビーム修正層を組み合わせることによって実装される。用語「ビーム修正」は、入射光角度の関数としての3D空間内の振幅、偏光、位相、および波面変位の変動を指すことを理解されたい。それぞれの場合において、ビーム修正層は、いくつかの実施形態によると、入力格子における任意の光入射角のための出力格子を横断して均一抽出を与える、有効開口を提供する。多くの実施形態では、ビーム修正層は、入力角度の関数として入力光の開口数を制御するための手段と併用される。いくつかの実施形態では、ビーム修正層は、波長多様性を提供するための技法と併用される。

20

【0141】

図1Bは、導波管からZとして標識される主伝搬方向(図1Aに示される座標系参照)に沿った光出力に及ぼす光学を偏移させる瞳の効果(Iとして標識される)を図示する、チャートを提供する。入力光方向に対応する3つの連続抽出に関する強度プロファイル(1008A-1008C)が、示される。強度プロファイルの形状は、ビーム修正層の規定によって制御される。いくつかの実施形態では、強度プロファイルは、略平坦強度プロファイルを提供するように統合される。例えば、強度プロファイル(1008A-1008C)は、平坦プロファイル(1009)の中に統合される。

30

導波管デバイスにおいて利用される入力結合器および抽出器

【0142】

導波管デバイスは、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。デバイスに関する早期の研究の多くは、反射ホログラムを対象としていたが、透過性デバイスが、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ている。故に、いくつかの実施形態は、瞳の入力または出力のために使用され得る、導波管デバイス内の格子の使用を対象とする。多くの実施形態では、入力格子は、源からの光を導波管の中に結合するための光の入力結合器のタイプである。多数の実施形態では、出力格子は、導波管からの光を抽出し、出力照明を形成するための光の光抽出器のタイプである。いくつかの実施形態では、導波管デバイスは、ブラッグ格子(体積格子とも称される)を利用する。ブラッグ格子は、わずかな光がより高次数に回折される、高効率を有する。回折およびゼロ次数における光の相対的量は、大瞳にわたって光を抽出するための有損失導波管格子を作製するために使用される性質である、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。

40

【0143】

50

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、格子のセットから成る格子を包含し得る。例えば、いくつかの実施形態では、入力格子および/または出力格子は、単一層の中に多重化された2つ以上の格子を別個に備える。ホログラフィの文献において、1つを上回るホログラフィック規定が単一ホログラフィック層の中に記録され得ることが、明確に認められている。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/または出力格子は、接触する、または1つ以上の薄い光学基板によって垂直に分離される、2つの重複格子層を別個に備える。多くの実施形態では、格子層は、並置ガラスまたはプラスチック基板間に挟み込まれる。いくつかの実施形態では、2つ以上の格子層は、スタックを形成し得、その中では、全内部反射が、外側基板および空気界面において生じる。いくつかの実施形態では、導波管デバイスは、単に、1つ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、基板の面に印加され、格子を回折状態とクリア状態との間で切り替える。スタックはさらに、多数の実施形態によると、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含む。

【0144】

多数の実施形態では、格子層は、別個の層に分割される。いくつかの層は、種々の実施形態によると、単一導波管基板の中にも積層される。いくつかの実施形態では、格子層は、ともに積層され、単一基板導波管を形成する、入力結合器、折畳格子、および出力格子（またはその一部）を含む、いくつかの部品から作製される。多くの実施形態では、導波管デバイスの部品は、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る。多数の実施形態では、格子層は、所望の格子厚さのセルを作成し、入力結合器、折畳格子、および出力格子毎に、各セルを切替可能なブラッグ格子（SBG）材料で真空充填することによって、セル作製プロセスを介して形成される。いくつかの実施形態では、セルは、入力結合器、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う、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。多くの実施形態では、1つのセルが、別個の開口がSBG材料の異なるポケットで充填されるように、複数の開口とともに作製されてもよい。任意の介在空間は、種々の実施形態によると、分離材料（例えば、糊、油等）によって分離され、別個のエリアを画定する。複数の実施形態では、SBG材料は、基板上にスピンコーティングされ、次いで、材料の硬化後、第2の基板によって被覆される。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、有利には、いくつかの実施形態による、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、二重瞳拡張を達成しながら、導波管内の全内部反射によって、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を進行することができる。多くの実施形態では、入力結合器および格子は、基板内のある角度で光の2つの波に干渉し、ホログラフィック波面を作成し、それによって、所望の角度において導波管基板内に設定される明および暗フリンジを作成することによって作成されることができる。多数の実施形態では、所与の層内の格子は、記録レーザビームを格子エリアを横断して走査またはステップ処理することによって、ステップ毎方式において記録される。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および接触コピープロセスを使用して記録される。

【0145】

入力および出力格子は、多くの実施形態によると、共通表面格子ピッチを有するように設計される。いくつかの実施形態では、入力格子は、各格子が入射非偏光の偏光を導波管経路の中に回折するように配向される、複数の格子を組み合わせる。多くの実施形態では、出力格子は、導波管経路からの光が、組み合わせられ、非偏光として、導波管から外に結合されるように配向される、複数の格子を組み合わせる。各格子は、3D空間内の少なくとも1つの格子ベクトル（またはKベクトル）によって特徴付けられ、これは、ブラッグ格子の場合、ブラッグフリンジに対して法線のベクトルとして画定される。格子ベクトルは、入力および回折される角度の所与の範囲にわたる光学効率を決定する。

【0146】

格子の1つの重要なクラスは、切替可能なブラッグ格子 (SBG) として知られ、これは、多くの実施形態によると、種々の導波管デバイスにおいて利用される。典型的には、ホログラフィックポリマー分散液晶 (HPDLC) が、SBG内で使用される。多くの実施形態では、HPDLCは、混合液晶 (LC)、モノマー、光開始剤染料、および共開始剤を含む。多くの場合、混合物はまた、界面活性剤を含む。特許および科学文献は、SBGを加工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。両申請は、SBGデバイスを加工するために好適なモノマーおよび液晶材料組み合わせを説明する。透過性SBGの公知の属性のうちの1つは、LC分子が格子フリンジ平面に対して法線に整合する傾向にあることである。LC分子整合の効果は、透過性SBGが、P偏光(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(すなわち、入射平面に対して法線の偏光ベクトルを伴う光)に関して約ゼロ回折効率を有することである。透過性SBGは、入射と反射光との間の内包角が小さいとき、P偏光に関する任意の格子の回折効率がゼロになるため、グレーディング角付近入射では使用されなくてもよい。

10

【0147】

いくつかの実施形態では、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加工される。一方または両方のガラスプレートは、電場をフィルムを横断して印加するための電極を支持する。多数の実施形態では、電極は、少なくとも部分的に、透明酸化インジウムスズフィルムによって作製される。体積位相格子が、複数の実施形態によると、次いで、傾けられた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で、液晶材料(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ことができる。記録プロセスの間、モノマーは、重合化し、混合物は、位相分離を受け、クリアポリマーの領域で介在された液晶微小液滴によって稠密に取り込まれる領域を作成し、HPDLCをもたらす。いくつかの実施形態によると、HPDLCデバイスの交互液晶豊富領域と液晶欠乏領域は、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、種々の実施形態によると、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液滴の自然配向は、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降下させる。典型的には、SBG要素は、30 μ s 以内でクリアに切り替えられ、オンに切り替えるために、より長い緩和時間を伴う。デバイスの回折効率は、多くの実施形態によると、連続範囲にわたって電圧を印加することによって調節されることができることに留意されたい。デバイスは、電圧が印加されないと、約100%効率を呈し、十分に高電圧が印加されると、約ゼロ効率を呈する。HPDLCデバイスのある実施形態では、磁場が、LC配向を制御するために使用されてもよい。HPDLCデバイスのある実施形態では、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得る。いくつかの実施形態では、SBGはまた、受動格子として使用され、これは、一意に高屈折率変調の利点を提供し得る。

20

30

40

【0148】

多数の実施形態によると、SBGは、自由空間用途のために、透過または反射格子を提供するために使用される。SBGの種々の実施形態は、HPDLCが導波管コアまたは一時的に結合される層のいずれかを導波管に近接して形成する、導波管デバイスとして実装される。多くの実施形態では、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。光は、いくつかの実施形態によると、切替可能な格子が、TIR条件以外の角度で光を回折するとき、SBGから外に結合される。

【0149】

SBGに基づく導波管デバイスの多くの実施形態では、格子は、透明基板によって挟み

50

込まれる単一層内に形成される。いくつかの実施形態では、導波管は、単に、1つの格子層である。切替可能な格子を組み込む、種々の実施形態では、透明電極は、切替可能な格子を挟み込む基板層の対向表面に適用される。いくつかの実施形態では、セル基板は、ガラスから加工される。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で利用可能である。いくつかの実施形態では、セル基板は、光学プラスチックである。

【0150】

ブラッグ格子はまた、他の材料内にも記録され得ることを理解されたい。いくつかの実施形態では、SBGは、液体ポリマー中に分散される固体液晶の基質を有する、POLICRYPSまたはPOLIPHEN等の一変調材料内に記録される。複数の実施形態では、SBGは、非切替可能である（すなわち、受動的）。非切替可能なSBGは、その液晶成分に起因して高屈折率変調を提供することが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し得る。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Stump et al. によるPCT出願第PCT/EP2005/006950号（両方とも、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる）に開示される。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。多くの実施形態では、少なくとも1つの格子は、表面レリーフ格子である。いくつかの実施形態では、少なくとも1つの格子は、薄い（またはRaman-Nath）ホログラムである。

10

20

【0151】

複数の実施形態では、格子は、逆モードHPDLC材料内に記録される。逆モード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で、従来のHPDLCと異なる。逆モードHPDLCは、PCT出願第PCT/GB2012/000680号「IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICES」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、種々の実施形態による、上記の材料系のいずれかに記録されてもよいが、受動（非切替可能な）モードで使用される。加工プロセスは、切替可能な格子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は、省略される。LCポリマー材料系は、その高屈折率変調の観点から、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、切替可能ではない。

30

【0152】

いくつかの実施形態では、格子は、出力のコリメーションを調節するために、屈折力をエンコードする。多くの実施形態では、出力画像は、無限遠にある。多数の実施形態では、出力画像は、アイボックスから数メートルの距離に形成されてもよい。

【0153】

いくつかの実施形態では、入力格子は、別のタイプの入力結合器によって置換されてもよい。特定の実施形態では、入力格子は、プリズムまたは反射表面と置換される。いくつかの実施形態では、入力結合器は、切替可能なまたは非切替可能なSBG格子等のホログラフィック格子であることができる。入力結合器は、ディスプレイ源からのコリメートされた光を受光し、光を第1の表面と第2の表面との間の全内部反射を介して導波管内を進行させるように構成される。

40

【0154】

ホログラフィの文献では、1つを上回るホログラフィック規定が、単一ホログラフィック層の中に記録され得ることが明確に認められている。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、入力または出力格子のうちの少なくとも1つは、2つ以上の角度回折規定を組み合わせ、角度帯域幅を拡張させる。多くの実施形態では、入力または出力格子のうちの少なくとも1つは、2つ以上のスペクトル回折規定を組み合わせ、スペクトル帯域幅を拡張させる。多数の実施

50

形態では、カラー多重化格子が、2つ以上の原色を回折するために使用される。

【0155】

多くの実施形態は、本明細書に説明されるように、モノクロで動作される。しかしながら、カラー導波管は、本発明の種々の実施形態によると、モノクロ導波管のスタックを含む。いくつかの実施形態では、導波管デバイスは、赤色、緑色、および青色導波管層を使用する。いくつかの実施形態では、導波管デバイスは、赤色および青色/緑色層を使用する。いくつかの実施形態では、格子は全て、受動的、すなわち、非切替可能である。複数の実施形態では、少なくとも1つの格子は、切替可能である。いくつかの実施形態では、各層内の入力格子は、切替可能であって、導波管層間の色クロストークを回避する。いくつかの実施形態では、色クロストークは、ダイクロイックフィルタを赤色と青色および青色と緑色導波管の入力格子領域間に配置することによって回避される。

10

【0156】

いくつかの実施形態では、光は、波長帯域幅によって特徴付けられる。多くの実施形態では、導波管デバイスは、光の波長帯域幅を多様化することが可能である。種々の実施形態によると、ブラッグ格子は、本質的にスペクトル帯域幅限定デバイスであって、LEDおよびレーザ等の狭帯域源を用いて最も効率的に利用される。ブラッグ格子は、多くの実施形態によると、格子規定および入射光線角度がブラッグ式を満たすと、高効率を伴って、2つの異なる波長帯域を回折する。フルカラー導波管は、複数の実施形態によると、赤色、緑色、および青色回折導波管層等の別個の特定の波長層を利用する。1つの層が3つの原色のうちの2つを回折する、2層解決策が、多数の実施形態では、使用される。多くの実施形態では、ブラッグ格子の自然スペクトル帯域幅は、色クロストークを最小限にするために適正である。しかしながら、色クロストークのより厳密な制御に関して、導波管層間に統合され、典型的には、入力格子に重複する、ダイクロイックフィルタおよび狭帯域フィルタ等の付加的コンポーネントが、使用されてもよい。

20

バンディング除去光学

【0157】

多数の実施形態では、バンディング除去光学は、光学基板が厚さDを有するとき、入力開口が、光学基板内のTIR角度Uを提供するように構成され、角度Uが、 $2D \tan(U)$ によって計算されるような有効入力開口である。図2に提供されるのは、ゼロバンディングの条件が存在するように、導波管基板(111)と、TIR(1012)とを含む、導波管の形態におけるバンディング除去光学を組み込む、導波管デバイス(110)の実施形態である。多くの実施形態では、間隙がTIR光線経路に沿った連続光抽出間に存在しない、ゼロバンディングの条件は、TIR角度Uおよび導波管基板厚Dのための有効入力開口が $2D \tan(U)$ によって与えられるときに生じる。

30

【0158】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、回折効率、光学透過、偏光、または複屈折の少なくとも1つのTIR経路に沿って、光の空間変動を提供する。典型的空間変動(120)は、曲線(1020)によって、図3のチャートに提供され、Y-軸は、上記のパラメータのいずれかの値(例えば、回折効率)を指し、X-軸は、導波管内のビーム伝搬方向である。いくつかの実施形態では、空間変動は、2次元(導波管の平面)においてである。

40

【0159】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、各格子が、小瞳偏移を提供し、バンディングを排除または軽減させるように、複数の格子を有するように構成される、少なくとも1つの格子である。多くの実施形態では、複数の格子のスタックは、スタック内の格子間の分離が角度毎に瞳偏移を提供するように設計されるとき、小瞳偏移を達成する。いくつかの実施形態では、瞳偏移が可能な格子は、透明基板によって分離される。いくつかの実施形態では、瞳偏移が可能な格子は、受動的である。代替として、いくつかの実施形態では、格子は、電圧が印加されると、オンに切り替えられる。いくつかの実施形態では、側方相対的変位を有するように配列される、複数の格子は、瞳偏移を提供する。多数

50

の実施形態では、複数の格子は、2次元アレイに構成され、格子要素の異なるサブアレイが、入射角に従って、その回折状態に切り替えられる。いくつかの実施形態では、格子は、アレイのスタックとして構成される。種々の実施形態では、別個の格子が、異なる波長帯域のために提供される。いくつかの実施形態では、格子は、多重化される。

【0160】

多くの実施形態では、格子は、導波管の主平面を横断して変動する、格子パラメータを有する。いくつかの実施形態では、回折効率は、回折される光の量対ゼロ次数光として導波管を辿って透過される光の量を制御するように変動され、それによって、導波管から抽出された光の均一性が微調整されることを可能にする。いくつかの実施形態では、少なくとも1つの格子のKベクトルは、回転Kベクトルを有し、これは、導波管から抽出された光の均一性を微調整するように最適化された方向を有する。種々の実施形態では、格子の屈折率変調は、導波管から抽出された光の均一性を微調整するように変動される。多数の実施形態では、格子の厚さが、導波管から抽出された光の均一性を微調整するように変動される。

10

【0161】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、電圧が印加されると、オンになり、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させる、スタックされた切替可能な格子として構成される、少なくとも1つの格子である。図4に描写されるのは、スタックされた切替可能な入力格子(132Aおよび132B)と、非切替可能な出力格子(133)とを有する、光学基板(131)を伴う、導波管デバイス(130)の実施形態である。電圧源(134)が、電気接続(135Aおよび135B)によって、入力格子(132Aおよび132B)に結合され、入力格子(132Aおよび132B)をオンに切り替え、瞳偏移を提供する。図5に描写されるのは、スタックされた格子層(143Aおよび143B)を有する、非切替可能な入力格子および切替可能な出力格子を有する、導波管デバイス(141)の実施形態である。電圧源(144)は、電気接続(145Aおよび145B)によって、出力格子(143Aおよび143B)に結合され、出力格子(143Aおよび143B)をオンに切り替え、瞳偏移を提供する。種々の実施形態では、薄い基板層が、スタックされた格子間に存在し、少なくとも一部の分離を提供する。

20

【0162】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、電圧が印加されると、特定の要素をオンにし、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させる、切替可能な格子要素のアレイとして構成される、少なくとも1つの格子である。図6Aに描写されるのは、それぞれ、複数の格子要素(153A-156Aおよび153B-156B)を有する、入力格子(152Aおよび152B)と、出力格子(157)とを含む、光学基板(151)を有する、導波管デバイス(150)の実施形態である。導波管デバイスはさらに、個々に、各要素(例えば、156Aおよび156B)をオンに切り替え、瞳を偏移させるように構成される、電気接続(159Aおよび159B)によって各入力格子(152Aおよび152B)に結合される、電圧源(158)を含む。描写されないが、電圧源は、要素毎に接続され、切替可能な要素のアレイを作成することができることを理解されたい。さらに、図6Aは、アレイであるように構成される、入力格子のみを描写するが、本発明のいくつかの実施形態によると、出力格子もまた、要素のアレイであることができ、各要素は、切替可能であるように構成されることを理解されたい。

30

40

【0163】

種々の実施形態では、格子は、複数の回転Kベクトルを有する。K-ベクトルは、格子平面(またはフリンジ)に対して法線に整合されるベクトルであって、これは、入力および回折される角度の所与の範囲にわたる光学効率を決定する。回転Kベクトルは、いくつかの実施形態によると、導波管厚を増加させる必要なく、格子の角度帯域幅が拡張されることを可能にする。図6Bに描写されるのは、4つの回転Kベクトル(K_1-K_4)を有する、格子(152C)の実施形態である。いくつかの実施形態では、格子は、切替可能な要素の2次元アレイとして構成される。例えば、図7に描写されるように、格子は、切

50

替可能な要素（例えば、161）の2次元アレイ（160）として構成される。

【0164】

多数の実施形態では、バンディング除去光学は、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させるように構成される、複数の受動格子層であるように構成される、少なくとも1つの格子である。導波管デバイスが、複数の受動格子層を組み込むとき、種々の実施形態によると、基本アーキテクチャは、能動格子層（例えば、図4および5参照）を組み込むが、電圧源を伴わない、実施形態のうちのいくつかに類似する。いくつかの実施形態では、SBGを非切替可能なモードで使用し、いくつかの液晶ポリマー材料系によって与えられる、より高い屈折率変調を利用することが有利である。多くの実施形態では、バンディング除去光学は、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させるように構成される、少なくとも1つの多重化された格子である。

10

【0165】

いくつかの実施形態では、導波管デバイスは、射出瞳拡張を提供するための折畳格子を含む。種々の折畳格子が、本発明の種々の実施形態によると、使用されてもよいことを理解されたい。多数の実施形態において使用され得る、種々の折畳格子の実施例は、PCT出願第PCT/GB2016000181号「WAVEGUIDE DISPLAY」に開示される、または本明細書に引用される他の参考文献に説明される。折畳格子は、いくつかの実施形態によると、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させるための複数の格子を組み込み、各格子は、小瞳偏移を提供する。

20

【0166】

多くの実施形態では、バンディング除去光学は、1つ以上の屈折率層が、光線角度または光線位置のうちの少なくとも1つの関数として、光学基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳を偏移させ、バンディング効果を軽減させるように、光学基板内に配置される、1つ以上の屈折率層である。いくつかの実施形態では、少なくとも1つの屈折率層は、GRIN媒体である。米国仮特許出願第62/123,282号「NEAR EYE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS」および米国仮特許出願第62/124,550号「WAVEGUIDE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS」に説明される、種々のGRIN媒体の実施例等、種々のGRIN媒体が、本発明の種々の実施形態に従って使用されてもよいことを理解されたい。

30

【0167】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、1つ以上の層が、瞳偏移を提供し、バンディング効果を排除または軽減させるように構成されるように、光学基板の縁の少なくとも1つの反射表面に隣接して配置される、1つ以上の屈折率層である。図8に描写されるのは、入力格子（172）と、出力格子（173）とを含み、1つ以上のスタックされた屈折率層（174）が、1つ以上の屈折率層が瞳偏移を提供するように、導波管の上側反射表面に隣接して配置される、光学基板（171）を有する、導波管デバイス（170）の実施形態である。多くの実施形態では、バンディング除去光学は、1つ以上の層が、瞳偏移を提供し、バンディング効果を排除または軽減させるように構成される、光学基板内に配置される、1つ以上の屈折率層である。例えば、図9に描写されるのは、入力格子（182）と、出力格子（183）とを含み、1つ以上のスタックされた屈折率層（184）が、1つ以上の層（184）が瞳偏移を提供するように構成される、光学基板（181）内に配置される、光学基板（181）を有する、導波管デバイス（180）の実施形態である。いくつかの実施形態では、導波管デバイスは、光学基板内に配置される、1つ以上の屈折率層と、また、光学基板の少なくとも1つの反射表面に隣接して配置される、1つ以上の屈折率層とを含む、バンディング除去光学を組み込む。

40

【0168】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、入力格子の前縁に対する光の光線束の一意の変位が、任意の所与の入射光方向のための入力格子によって提供され、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させるように、入射光に結合することが可能

50

な前縁を有する、入力格子である。図 10 に描写されるのは、前縁 (193) を伴う入力格子 (192) を含む、光学基板 (191) を有する、導波管デバイス (190) の実施形態の詳細である。2 つの異なる入力角度 (1090 および 1091) のためのコリメートされた入力光線経路および対応する回折された光線 (1092 および 1093) が、描写される。入力格子 (1094 および 1095) の前縁からの 2 つの光線セットの縁の分離も、描写される。いくつかの実施形態では、光線束の入力格子の縁に対する光の変位は、ビームの一部を入力格子開口の外側にもたらし、したがって、入射光の画角に応じて、光学基板の内側の TIR 経路の中に回折されない。好適な吸収フィルムは、種々の実施形態によると、非回折光を捕捉する。故に、ビーム幅は、図 2 に関連してより詳細に説明されたように、TIR 角度 U および導波管基板厚 D が $2D \tan(U)$ によって与えられるとき、バンディング除去条件を満たすように調整されることができる。そのような実施形態の実施例は、後続節により詳細に議論されるであろう (図 20 参照)。

10

【0169】

多くの実施形態では、バンディング除去光学は、入射光の複数のコリメートされた入射光線経路が、光線経路入力角度によって決定されるような異なる TIR 光線経路の中に回折され、投影された瞳が、複数のコリメートされた入射光線経路毎に、光学基板内の一意の場所に形成され、バンディング効果を排除または軽減させることが可能であるように、回折効率の変動を有するように構成される、入力格子である。図 11 に描写されるのは、入力格子 (202) を含む、光学基板 (201) を有する、導波管デバイス (200) の実施形態の詳細である。2 つの異なる入力角度 (1100 および 1101) のためのコリメートされた入力光線経路は、回折された光線 (1102 および 1103) がそれぞれ、光学基板 (201) を辿って TIR 経路に追従するように、入力格子 (202) によって回折される。各 TIR 光線経路 (1104 および 1105) は、入射角に基づいて、バンディング効果が排除および / または軽減されるように、投影された瞳 (1106 および 1107) を一意の場所に形成する。

20

【0170】

いくつかの実施形態では、回折効率の変動は、主導波管方向に沿って変動し、少なくとも部分的に、瞳偏移を提供し、バンディング効果を排除または軽減させる。多くの実施形態では、回折効率の変動は、入力格子の開口にわたって 2 次元で変動する。

【0171】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、部分反射層が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させるように、光学基板内に配置される、部分反射層である。図 12 に描写されるのは、入射光 (1110) を透過光 (1000) および反射光 (1111) に分離することが可能な部分反射層 (212) を含む、光学基板 (211) を有する、導波管デバイス (210) の実施形態の詳細である。透過光および反射光 (1000 および 1111) はそれぞれ、導波管基板 (211) に沿って TIR 経路に追従し、瞳偏移をもたらし、バンディング効果を排除または軽減させる。

30

【0172】

多数の実施形態では、バンディング除去光学は、偏光修正層が、入射光を透過光および反射光に分離し、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させるように、光学基板内に配置される、偏光修正層である。例えば、図 13 は、偏光ベクトル (1123) を有する入射光 (1120) を、偏光修正層 (222) の遅延効果から生じる偏光ベクトル (1124) を有する、透過光 (1121) と、反射光 (1122) とに分離する、部分反射偏光修正層 (222) を含む、光学基板 (221) を有する、導波管デバイス (220) の実施形態の詳細を提供する。透過光 (1121) および反射光 (1122) は、光学基板 (221) を辿って TIR 経路に追従し、瞳偏移をもたらし、バンディング効果を排除または軽減させる。いくつかの実施形態では、偏光修正層は、ポリマー材料を少なくとも 1 次元に延伸させることによって形成される。特定の実施形態では、偏光修正層は、複屈折ポリエステル、ポリメタクリル酸メチル (PMMA)、またはポリエチレンテレ

40

50

フタレート（PET）等のポリマー材料である。ポリマー材料は、単一層内で使用されてもよい、または2つ以上のものが、スタック内で組み合わせられてもよい。

【0173】

多くの実施形態では、バンディング除去光学は、任意の入射光角度のための抽出された光の非均一性を相殺し、バンディング効果を排除または軽減する、少なくとも2つの別個の導波管経路を提供するように構成される、少なくとも1つの格子である。いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、瞳偏移を提供し、バンディング効果を排除または軽減させるように構成される、少なくとも1つの折畳格子射出瞳エクスパンダと併用される、交差傾角格子を有する、少なくとも1つの格子を含む。図14に描写されるのは、入力画像生成器（232）に結合される光学基板（231）を有する、導波管デバイス（230）の実施形態である。光学基板（231）は、交差傾角格子（233Aおよび233B）を伴う入力格子（233）と、格子（235）を含む、第1の折畳格子射出瞳エクスパンダ（234）と、格子（237）を含む第2の折畳格子射出瞳エクスパンダ（236）と、交差傾角格子（238Aおよび238B）を伴う出力格子（238）とを含む。入力格子（233）は、方向が入力格子（233）の表面に対して法線であるような方向（1130）において、入力画像生成器（232）からの光を受光する。多数の実施形態では、格子内の交差格子は、光学基板の平面において、約90度の相対的角度を有する。しかしながら、実際は、他の角度も、使用されてもよく、依然として、本発明の種々の実施形態内であることに留意されたい。

【0174】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、入力格子および出力格子がそれぞれ、直交偏光状態のためのピーク回折効率を伴う交差格子を組み合わせるような格子のシステムである。いくつかの実施形態では、入力および出力格子によって作成された偏光状態は、S-偏光およびP-偏光される。いくつかの実施形態では、入力および出力格子によって作成された偏光状態は、円偏光の反対向きである。いくつかの実施形態は、SBG等の液晶ポリマー系内に記録される格子を利用し、これは、その固有の複屈折および強力な偏光選択性を呈することに起因する利点を有し得る。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、他の格子技術も、使用されてもよく、依然として、本発明の種々の実施形態内であることに留意されたい。

【0175】

図14に戻ると、方向（1130）に沿って入力格子（233）上に入射する入力光の第1の偏光成分は、格子（233B）によってTIR経路の中に方向（1131）に沿って指向され、第2の偏光成分は、第2の格子（233A）によって第2のTIR経路の中に方向（1132）に沿って指向される。TIR経路（1131および1132）に沿って進行する光は、折畳格子（234および236）によって、光学基板（231）の平面内で拡張され、第2のTIR経路（1133および1134）の中に出力格子（238）に向かって回折される。出力格子（238）の交差傾角（238Aおよび238B）は、バンディング効果が排除または軽減されるように、第2のTIR経路（1133および1134）からの光を均一出力経路（1135）の中に回折する。いくつかの実施形態では、格子規定は、格子との誘導される光の二重相互作用を提供するように設計され、これは、折畳格子角度帯域幅を向上させ得る。米国特許出願第14/620,969号「WAVEGUIDE GRATINGS DEVICE」に説明される格子等の二重相互作用折畳格子のいくつかの実施形態が、使用されることができる。

【0176】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、少なくとも1つの方向に沿って空間的に変動され、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させることが可能な可変有効開口数（NA）を提供する、マイクロディスプレイ内の光学コンポーネントである。図15に描写されるのは、マイクロディスプレイ（241）パネルの片側に高NAから、他側における低NAに平滑に変動し、瞳偏移を提供する、開口数（NA）変動を有するように設計される、入力画像生成器（240）の実施形態である。説明の目的のために

、マイクロディスプレイに関連するNAは、本明細書では、マイクロディスプレイに対して法線の軸に対してマイクロディスプレイ表面上の点からの画像光線錐の最大角度の正弦に比例すると定義される。図15に示されるように、マイクロディスプレイ(241)のNAは、NAを、延在する光線(1140-1142)によって示されるように、マイクロディスプレイの少なくとも1つの主寸法を横断して変動させる、光学コンポーネント(242)によって空間的に変動される。NAを変動させるために使用される光学コンポーネントは、PCT出願第PCT/GB2016000181号「WAVEGUIDE DISPLAY」に説明される光学コンポーネントのいずれか等の任意の適切な光学コンポーネントであってもよいことを理解されたい。複数の実施形態では、微小電気機械システム(MEMS)アレイが、マイクロディスプレイディスプレイパネルを横断して(NA)を空間的に変動させるために使用される。多数の実施形態では、MEMSアレイは、マイクロディスプレイパネルから反射された光のNAを空間的に変動させる。多くの実施形態では、MEMSアレイは、データプロジェクト内で使用される技術を利用する。

10

20

30

40

50

【0177】

いくつかの実施形態では、マイクロディスプレイは、反射デバイスである。いくつかの実施形態では、マイクロディスプレイは、例えば、透過シリコン上液晶(LCOS)デバイス等の透過デバイスである。多くの実施形態では、入力画像生成器は、バックライトと、可変NA成分とを伴う、透過型マイクロディスプレイパネルを有する。バックライトが、採用されるとき、種々の実施形態によると、照明された光は、典型的には、マイクロディスプレイの照明される背面を横断して、均一NAを有し、これは、可変NA成分を通して伝搬され、マイクロディスプレイの主軸に沿って変動するNA角度に伴って、出力画像変調光に変換される。

【0178】

いくつかの実施形態では、発光型ディスプレイが、マイクロディスプレイ内で採用される。マイクロディスプレイ内の使用のための発光型ディスプレイの実施例は、限定ではないが、LEDアレイおよび発光ポリマーアレイを含む。いくつかの実施形態では、入力画像生成器は、発光型マイクロディスプレイを組み込み、NA成分を空間的に変動させる。発光型ディスプレイを採用する、マイクロディスプレイからの光は、種々の実施形態によると、典型的には、ディスプレイの放出表面を横断して、均一NAを有し、空間的に変動するNA成分を照明し、ディスプレイ開口を横断して変動するNA角度に伴って、出力画像変調光に変換される。

【0179】

多くの実施形態では、バンディング除去光学は、複数の格子層が、任意の固定パターン雑音を打ち消し、瞳偏移をもたらす、バンディング効果を排除または軽減させるように構成される、少なくとも1つの格子内の複数の格子層である。図16Aに描写されるのは、出力格子(253)を介して光を抽出する、光学基板(252)に光学的に結合される、写真生成ユニット(PGU)(251)を有する、導波管デバイス(250)の実施形態である。光学基板(252)は、スタックされた入力格子(254および255)と、図示されない折畳格子とを含む。PGU(251)からの入力光(1150)は、入力格子(254および255)によって、導波管基板(252)の中に結合され、任意の固定パターン雑音を打ち消し、TIR経路(1151)の中に回折され、次いで、回出力格子(253)によって抽出された光(1152)の中に回折され、瞳偏移をもたらす、バンディング効果を排除または軽減させる。いくつかの実施形態では、複数の格子は、多重化された格子の中に組み合わせられる。

【0180】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、入力格子を切替格子アレイとして構成することが、瞳切替を垂直および水平方向において提供し、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減させるように、選択的に切替可能な要素のアレイとして構成される、入力格子である。多くの実施形態では、個々の格子要素は、所定の入力ビーム角度範囲内の光入射に対応するTIR角度範囲の中に回折するように設計される。図16Bに

描写されるのは、出力格子(253)を介して光を抽出する、光学基板(262)に光学的に結合される、PGU(261)を有する、導波管デバイス(260)の実施形態である。光学基板(262)は、選択的に切替可能な要素(265)の切替可能な入力格子アレイ(264)を含む。入力光(1160)は、入力格子(264)によって、光学基板(262)の中に結合され、これは、TIR経路(1161)の中に回折され、次いで、出力格子(263)によって、抽出された光(1162)の中に回折され、バンドニング効果が排除または軽減される、垂直および水平方向における瞳偏移を提供する。

【0181】

多数の実施形態では、バンドニング除去光学は、各TIR経路に沿って、回折効率、光学透過、偏光、および複屈折のうちの少なくとも1つの空間変動を提供し、基板内の光線角度または光線位置のうちの少なくとも1つの関数として、導波管基板内の光線経路に影響を及ぼし、瞳の偏移をもたらす、バンドニング効果を排除または軽減させる、複数の屈折率層である。いくつかの実施形態では、複数の屈折率層は、異なる屈折率の接着剤を組み込み、特に、高角度反射に影響を及ぼす。いくつかの実施形態では、複数の屈折率層は、整合層、等方性屈折層、GRIN構造、反射防止層、部分反射層、または複屈折延伸ポリマー層等の層を組み込む。図16Cに描写されるのは、出力格子(273)を介して光を抽出する、光学基板(272)に光学的に結合される、PGU(271)を有する、導波管デバイス(270)の実施形態である。光学基板(272)は、入力格子(274)と、少なくとも1つの屈折率層(275)とを含む。入力光(1170)は、入力格子(275)によって、光学基板(272)の中に結合され、屈折率層(275)を通して通過する、TIR経路(1171)の中に回折され、空間変動を生じさせ、次いで、出力格子(273)によって、抽出された光(1172)の中に回折され、瞳偏移をもたらす、バンドニング効果を排除または軽減させる。

【0182】

いくつかの実施形態では、バンドニング除去光学は、瞳を偏移させ、バンドニング効果を排除または軽減させる、空間可変NAを投影させる、マイクロディスプレイである。いくつかの実施形態では、NAは、2つの直交方向に変動されることができる。図16Dに描写されるのは、出力格子(283)を介して光を抽出する、光学基板(282)に光学的に結合される、PGU(281)を有する、導波管デバイス(280)の実施形態である。光学基板(282)は、入力格子(285)を含む。入力光(1180)は、入力格子(285)によって、光学基板(282)の中に結合され、TIR経路(1181)の中に回折され、次いで、出力格子(283)によって、抽出された光(1182)の中に回折される。PGU(281)は、NAを空間的に変動させ、光を可変ビームプロファイル(1184-1186)に修正し、瞳偏移をもたらす、バンドニング効果を排除または軽減させることが可能なNA修正層(287)によって重置されたマイクロディスプレイ(286)を有する。種々の実施形態によると、PGUはまた、例えば、投影レンズおよび/またはビームスプリッタ等の他のコンポーネントを組み込む。

【0183】

多くの実施形態では、バンドニング除去光学は、射出瞳の断面が画角に伴って変動し、バンドニング効果が排除または軽減されるように、傾斜された長方形射出瞳を投影するように構成される、傾斜付きマイクロディスプレイである。いくつかの実施形態では、射出瞳は、入力格子上の位置を変化させる。本技法は、種々の実施形態によると、1つのビーム拡張軸内のバンドニングに対処するために使用されることができる。図16Eに描写されるのは、出力格子(293)を介して光を抽出する、光学基板(292)に光学的に結合される、PGU(291)を有する、導波管デバイス(290)の実施形態である。傾斜されたPGU射出瞳(295)から出現する、入力光(1190)は、入力格子(294)を介して、導波管の中に結合され、TIR経路(1191)の中に回折され、次いで、出力格子(293)によって、抽出された光(1192)の中に回折され、バンドニング効果を排除または軽減する。

【0184】

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、バンディング効果が1つの拡張軸に沿って軽減されるように、光線を角度付け、種々の投影された瞳を入射光の方向毎の光学基板に沿った異なる位置に形成するように構成される、傾斜付きマイクロディスプレイである。図16Fに描写されるのは、出力格子(303)を介して光を抽出する、光学基板(302)に光学的に結合される、PGU(301)を有する、導波管デバイス(300)の実施形態である。傾斜されたPGU射出瞳(305)から出現する入力光(1200)は、入力格子(304)によって、導波管の中に結合され、TIR経路(1201)の中に回折される。誘導される光は、ビーム角度依存投影瞳(1203-1205)を入射光の方向毎に基板(302)に沿って異なる位置に形成し、次いで、出力格子(303)によって、抽出された光(1202)の中に回折され、バンディング効果を排除または軽減する。

10

【0185】

多数の実施形態では、バンディング除去光学は、光源からの射出瞳の角度と光学基板内のTIR角度との間の線形関係が、 $TIR \text{ 経路角度} = 2D \cdot \tan(U)$ によって画定されるようなUであるときに生じる、間隙をTIR光線経路に沿った連続光抽出間にもたられないように、光学基板に結合される、プリズムである。多くの実施形態では、入力格子は、結合プリズムと置換される。いくつかの実施形態では、入力光は、傾斜されたPGU瞳を通して提供される。プリズム角度および協働PGU瞳傾斜を選択することによって、種々の実施形態によると、TIR角度Uのための有効入力開口および導波管基板厚Dが、視野範囲全体にわたって $2D \cdot \tan(U)$ によって与えられるとき、バンディング除去条件を満たしながら、PGU射出瞳から出る角度と導波管内のTIR角度との間の略線形関係を達成することが可能である。図16Gに描写されるのは、出力格子(313)を介して光を抽出する、光学基板(312)に光学的に結合される、PGU(311)を有する、導波管デバイス(310)の実施形態である。傾斜されたPGU射出瞳(315)から出現する入力光(1210)は、TIR経路(1211)をもたらずプリズム(314)によって、光学基板(312)の中に結合され、次いで、出力格子(293)によって、抽出された光(1192)の中に回折され、バンディング効果を排除または軽減する。いくつかの実施形態では、プリズムに起因する色分散は、回折表面によって補償される。多くの実施形態では、プリズム結合器は、角度の関数として光を成形するように設計される、屈折表面開口を有する。プリズムを通して導波管の中に透過されないビームの縁における光は、いくつかの実施形態によると、整流または光吸収コーティングによって、主要な光経路から排除される。

20

30

【0186】

いくつかの実施形態では、バンディング除去光学は、そうでなければバンディングを引き起こすであろう、入射光の部分が、除去され、バンディング効果を排除または軽減するように、光学基板の縁に隣接する、光吸収フィルムである。図16Hに描写されるのは、ビーム拡張の1つの軸に沿ってビームを偏移させるために設計される、導波管デバイス(320)の実施形態である。導波管デバイスは、出力格子(323)および入力格子(324)を含む導波管(322)に結合される、PGU(321)と、その縁のうちの1つに適用される光吸収フィルム(326)を有する、基板(325)と、その縁のうちの1つに適用される光吸収フィルム(328)を有する、基板(327)と、入力格子を含む導波管(322)の部分を挟み込む、基板(325および327)とを有する。入力ビーム(1221)の上限における入力光線は、入力格子(324)によってTIR経路(1223)の中に回折され、基板(325)に適用される光吸収フィルム(326)によって吸収され、バンディング効果を排除または軽減する。入力ビーム(1222)の下限における入力光線は、入力格子(32)によってTIR経路(1224)の中に回折され、基板(327)に適用される光吸収フィルム(328)によって吸収され、バンディング効果を排除または軽減する。入力ビーム(1220)の中心部分の近傍の入力光線は、入力格子(324)によってTIR経路(1225)の中に回折され、これは、光吸収フィルム(326および328)のいずれとも相互作用せず、出力格子(323)によって出

40

50

カビーム (1 2 2 6) の中に抽出されるまで、T I R 下で伝搬し続ける。

【 0 1 8 7 】

多くの実施形態では、バンディング除去光学は、入射光が、T I R 経路角度が $2 D \tan(U)$ によって画定されるような U であるときに生じる、T I R 光線経路に沿った連続光抽出の間の間隙をもたらさないような、入力格子を含む入力基板の縁に隣接して配置され、かつ光学基板に隣接して配置される、第 1 の光吸収フィルムと、入力基板と反対の光学基板に隣接して取り付けられる、第 2 の基板の縁に隣接して配置される、第 2 の光吸収フィルムとである。図 1 7 に描写されるのは、入力格子 (3 3 4) が、基板 (3 3 2) とともに、導波管 (3 3 1) を挟み込む、入力基板 (3 3 3) 内に配置されるように構成される、導波管デバイス (3 3 0) の実施形態である。周辺光線 (1 2 3 1 および 1 2 3 2) を伴う所与の視野方向 (1 2 3 0) のための入力ビームの断面は、入力格子 (3 3 4) の中に進入する。光線 (1 2 3 3 および 1 2 3 4) によって境界される入力ビーム部分は、ビーム経路 (1 2 3 6) の中に回折され、上側基板 (3 3 2) の縁に適用される吸収フィルム (3 3 5) によって遮られる。光線 (1 2 3 2 および 1 2 3 5) によって境界される入力ビーム部分は、ビーム経路 (1 2 3 7) の中に回折され、上側基板 (3 3 2) の外側表面において T I R を受け、入力基板縁に適用される吸収フィルム (3 3 6) によって遮られる。光線 (1 2 3 1 および 1 2 3 3) および (1 2 3 4 および 1 2 3 5) によって境界される入力ビーム部分は、個別の T I R 経路 (1 2 3 9 および 1 2 4 0) および (1 2 4 1 および 1 2 4 2) の中に回折され、これは、間隙または重複をビーム断面領域 (1 2 4 3) 内に呈さず、その後も全くビーム断面に呈さず、それによって、 $2 D \tan(U)$ によって与えられる T I R 角度 U および導波管基板厚 D を利用して、バンディングを排除する。いくつかの特定の実施形態では、導波管の厚さは、3 . 4 mm であって、上側基板の厚さは、0 . 5 mm であって、下側基板は、入力格子を挟み込む、2 つの 0 . 5 mm 厚ガラス基板を含む。 $2 D \tan(U)$ によって与えられる T I R 角度 U および導波管基板厚 D の本幾何学形状およびバンディング除去条件に基づいて、スループット効率は、視野を横断してある程度のわずかな変動を伴って、約 $1 - 2 * 0 . 5 / (2 * 3 . 4) = 8 4 \%$ であると推定される。

【 0 1 8 8 】

入力基板を利用する、いくつかの実施形態では、入力格子が、主要な導波管に接合された別個のセル内に実装され、したがって、酸化インジウムスズ (I T O) コーティングを簡略化する。入力基板を利用する、多くの実施形態では、投影絞りを形成し、P G U 射出瞳を傾斜させることに基づく、ビーム偏移技法が、組み込まれ、直交方向におけるバンディング除去を提供する。

【 0 1 8 9 】

図 1 8 に描写されるのは、導波管部分 (3 4 1) と、相対的角度 (1 2 5 0) で傾角された 2 つの屈折面を伴う、プリズム (3 4 2) と、P G U (図示せず) の射出瞳 (3 4 3) と、基準軸 (1 2 5 2) に対する角度 (1 2 5 1) に傾斜された射出瞳 (3 4 3) とを有する、導波管デバイス 3 4 0 の実施形態の詳細である。

【 0 1 9 0 】

いくつかの実施形態では、プリズムは、小空気間隙によって、導波管から分離される。多くの実施形態では、プリズムは、低屈折率材料の薄い層によって、導波管から分離される。

【 0 1 9 1 】

図 1 8 に戻ると、射出瞳 (3 4 3) からの光ビーム (1 2 5 3 および 1 2 5 4) は、プリズム (3 4 2) を通してビーム (1 2 5 5 および 1 2 5 6) として屈折された 2 つの異なる画角に対応し、次いで、導波管 (3 4 1) の内側の T I R 経路 (1 2 5 7 および 1 2 5 8) の中に結合される。プリズム (1 2 5 9 A および 1 2 5 9 B) に隣接する導波管表面におけるビーム幅が、描写される。 $2 D \tan(U)$ によって与えられる T I R 角度 U および導波管基板厚 D を利用して、プリズム角度、P G U 射出瞳傾斜角度、プリズム屈折率、導波管屈折率、および導波管厚のための好適な値を選定することによって、光は、

同時に、PGU射出瞳における画角と視野内の任意の光線のための導波管内のTIR角度との間の略線形関係を提供しながら、あらゆる画角に関してバンディング除去される。

【0192】

カラー導波管を組み込む、いくつかの実施形態では、投影絞りは、導波管がスタックを形成するように、それぞれ、異なる平面上にある、異なる導波管内に作成されるために要求される。これらの絞りの不整合は、導波管からの出力画像の色成分の誤位置合わせ、故に、色バンディングにつながる。1つのソリューションは、種々の実施形態によると、色バンディングのためのある程度の補償を提供するための外側ダイクロイック部分と、入力絞りに起因する位相偏移を補償するための内側位相補償コーティング（例えば、 SiO_2 ）を伴う、導波管入力絞りである。いくつかの実施形態では、導波管入力絞りは、外側ダイクロイック部分を有するが、位相補償コーティングを欠いている。導波管入力絞りは、いくつかの実施形態によると、導波管の入力表面に隣接する薄い透明プレート上に形成され、入力格子に重複する。複数の実施形態では、導波管入力絞りは、格子の内側の層内に配置される。多くの実施形態では、導波管入力絞りは、直接、導波管外部表面に隣接して配置される。

10

【0193】

瞳が、光学基板に沿って異なる位置に投影すると、種々の実施形態によると、カラーディスプレイ用途の投影絞りが、別個の赤色、緑色、および青色透過光学基板層の内側の異なる平面に作成される。いくつかの実施形態では、導波管入力絞りは、瞳を偏移させ、色バンディングを排除または軽減させるための外側ダイクロイック部分と、位相偏移を補償するための内側部分内の内側位相補償コーティングとを含む。多くの実施形態では、内側位相補償コーティングは、 SiO_2 である。図19に描写されるのは、外側ダイクロイック部分（352および353）と、内側位相補償 SiO_2 コーティング（351）とを有し、瞳を偏移させ、色バンディングを排除または軽減させる、導波管入力絞り（350）の実施形態である。

20

【0194】

多数の実施形態では、バンディング除去光学は、光が、入力格子の縁に対する一意の変位を任意の所与の入射光方向に有し、瞳を偏移させ、バンディング効果を排除または軽減するように構成される、入力格子である。光の変位は、光ビームの一部を入力格子開口の外側にもたらし、したがって、導波管の内側のTIR経路の中に回折されず、これは、画角に伴って変動する。いくつかの実施形態では、非回折光は、好適な吸収フィルムによって捕捉されることができる。多くの実施形態では、ビーム幅は、 $2D \tan(U)$ によって与えられるTIR角度 U および導波管基板厚 D のバンディング除去条件を満たすように、変位によって調整されることができる。図20に描写されるのは、入力格子（362）を含む、光学基板（361）を有する、導波管デバイス（360）の実施形態の詳細である。2つの異なる入力角度のためのコリメートされた入力光線経路（1090および1091）および（1092および1093）が、光線（1094および1095）および（1096および1097）の中に回折される。入力ビーム角度毎に、入力ビームの一部は、入力格子（362）から外れ、導波管基板（361）を通して逸脱されず、各ビームからの出射光線（1098および1099）として通過する。多くの実施形態では、導波管表面に適用される光吸収フィルムが、非回折光を捕捉する。

30

40

【0195】

本明細書に説明されるバンディング除去の種々の実施形態は、組み合わせられることができることを理解されたい。いくつかの実施形態では、バンディング除去のための実施形態は、入力格子の回折効率を主導波管方向に沿って変動させるための技法と組み合わせられることができる。さらに、多くの実施形態では、バンディング除去の実施形態は、各ビーム拡張方向に実施される。故に、いくつかの実施形態では、バンディング除去ソリューションを採用する実施形態の2つ以上のものは、2次元においてバンディング除去を提供するように組み合わせられる。導波管デバイスが2次元で動作する、いくつかの実施形態では、デバイスは、折畳格子を含み、これは、2次元におけるバンディング除去を可能に

50

する。

【0196】

いくつかの実施形態では、導波管ディスプレイは、窓、例えば、路上走行車両用途のためのフロントガラス統合型HUDと統合される。任意の適切な窓統合型ディスプレイが、導波管ディスプレイの中に統合されてもよく、本発明の種々の実施形態内であることを理解されたい。窓統合型ディスプレイの実施例は、米国仮特許出願第62/125,064号「OPTICAL WAVEGUIDE DISPLAYS FOR INTEGRATION IN WINDOWS」および米国仮特許出願第62/125,066号「OPTICAL WAVEGUIDE DISPLAYS FOR INTEGRATION IN WINDOWS」に説明される。

10

【0197】

多くの実施形態では、導波管ディスプレイは、画像コンテンツを入力画像生成器と導波管との間で中継するための勾配屈折率(GRIN)導波コンポーネントを含む。例示的GRIN導波コンポーネントは、米国仮特許出願第62/123,282号「NEAR EYE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS」および米国仮特許出願第62/124,550号「WAVEGUIDE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS」に説明される。いくつかの実施形態では、導波管ディスプレイは、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む。光パイプの実施例は、米国仮特許出願第62/177,494号「WAVEGUIDE DEVICE INCORPORATING A LIGHT PIPE」に説明される。いくつかの実施形態では、入力画像生成器は、米国特許第9,075,184号「COMPACT EDGE ILLUMINATED DIFFRACTIVE DISPLAY」に開示されるようなレーザスキャナに基づいてもよい。本発明の種々の実施形態は、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)、自動立体視ディスプレイ、および他の3Dディスプレイを含む(但し、限定ではない)、広範囲のディスプレイにおいて使用される。いくつかの実施形態は、例えば、眼トラッカ、指紋スキャナ、ライダシステム、照明器、およびバックライト等の導波管センサ内に適用される。

20

【0198】

いくつかの実施形態では、導波管デバイスは、眼トラッカを組み込む。いくつかの眼トラッカが、使用されることができ、依然として、本発明の種々の実施形態内にあって、PCT/GB2014/000197号「HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE EYE TRACKER」、PCT/GB2015/000274号「HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE OPTICAL TRACKER」、およびPCT出願第GB2013/000210号「APPARATUS FOR EYE TRACKING」に説明される眼トラッカを含むことを理解されたい。

30

【0199】

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、号PCT出願第PCT/GB2012/000680号「IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICES」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。

40

【0200】

種々の例示の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

50

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または数は、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またはシーケンスは、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、例示的实施形態の設計、動作条件、および配列に行われてもよい。

均等論

【 0 2 0 1 】

上記の議論から推測され得るように、上記の概念は、本発明の実施形態によると、種々の配列において実装されることができ。故に、本発明は、ある特定の側面において説明されたが、多くの付加的修正および変形例は、当業者に明白となるであろう。したがって、本発明は、具体的に説明されるもの以外にも実装され得ることを理解されたい。したがって、本発明の実施形態は、あらゆる点において、制限ではなく、例証と見なされるべきである。

10

【 図 1 A 】

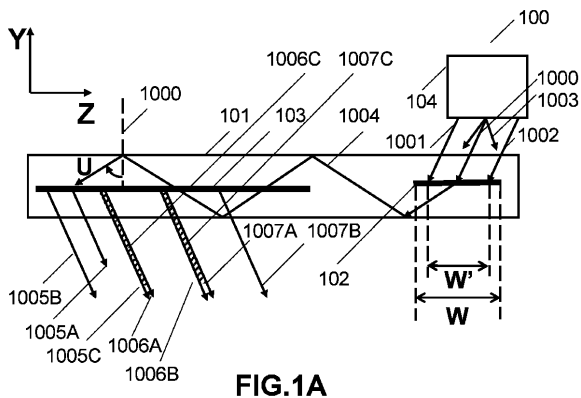


FIG.1A

【 図 1 B 】

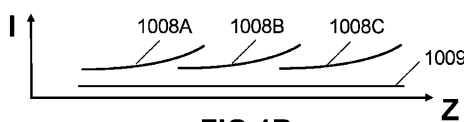


FIG.1B

【 図 2 】

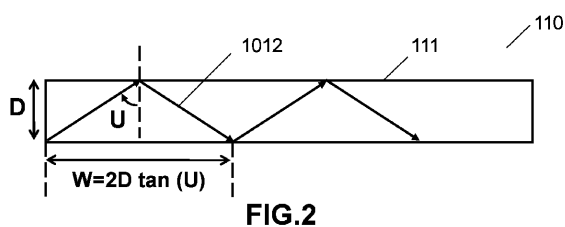


FIG.2

【 図 3 】

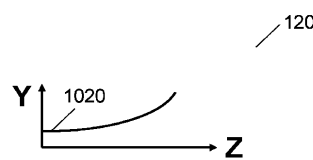


FIG.3

【 図 4 】

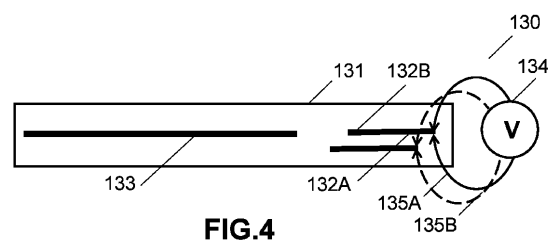


FIG.4

【 図 5 】

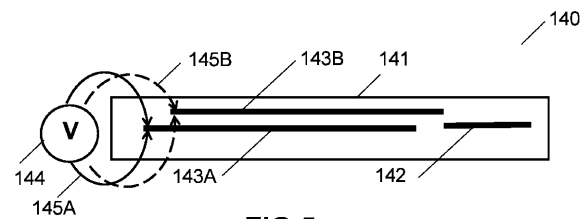


FIG.5

【図 6 A】

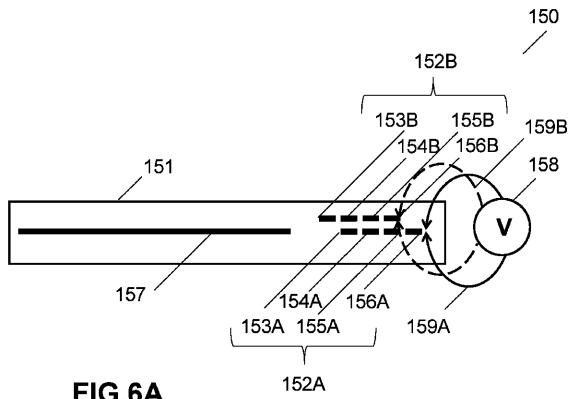


FIG.6A

【図 6 B】

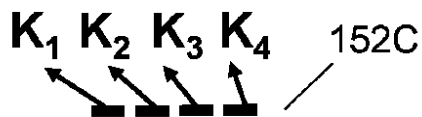


FIG.6B

【図 7】

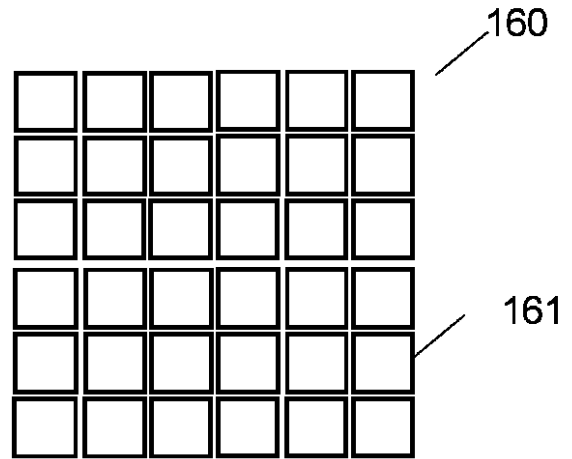


FIG.7

【図 8】

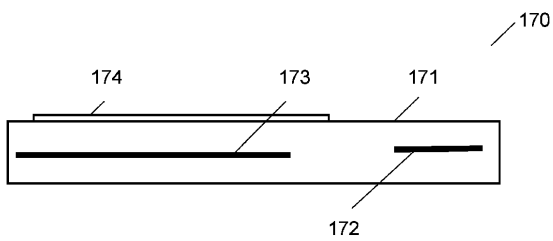


FIG.8

【図 1 0】

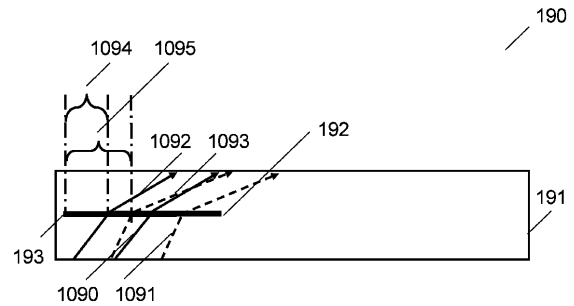


FIG.10

【図 9】

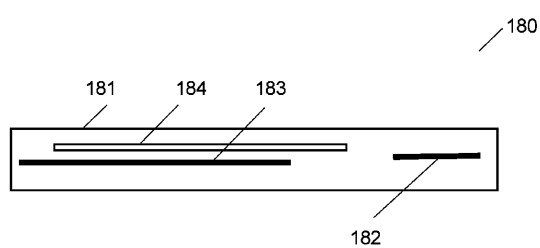


FIG.9

【図 1 1】

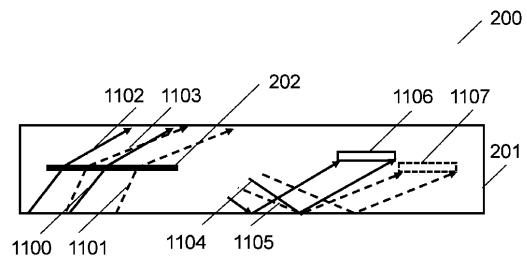


FIG.11

【図 1 2】

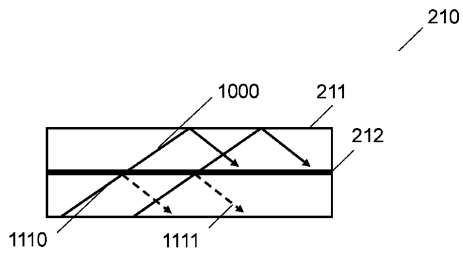


FIG.12

【図 1 3】

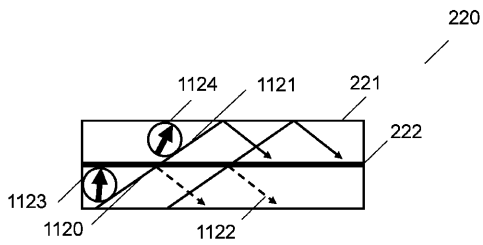


FIG.13

【図 1 4】

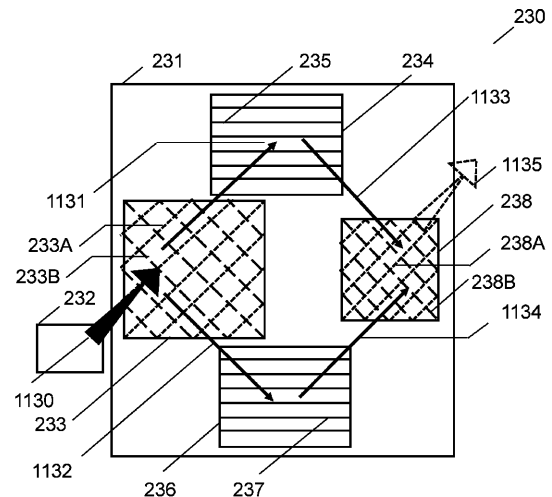


FIG.14

【図 1 5】

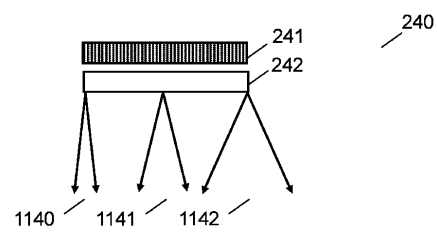


FIG.15

【図 1 6 A】

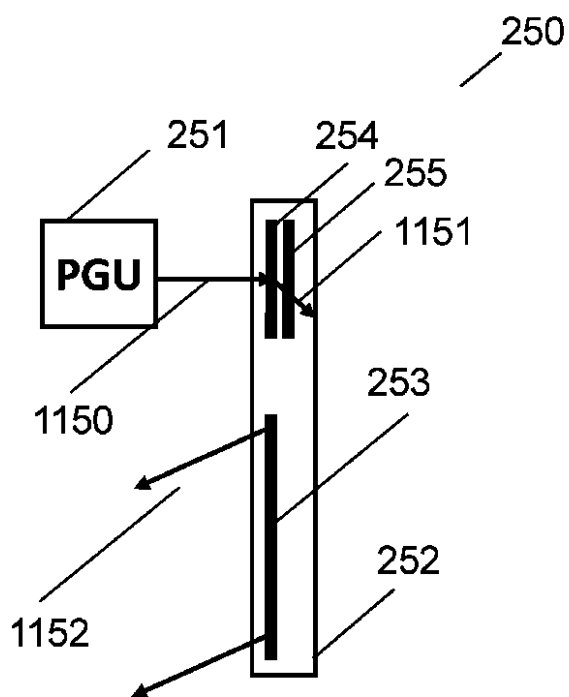


FIG.16A

【図 1 6 B】

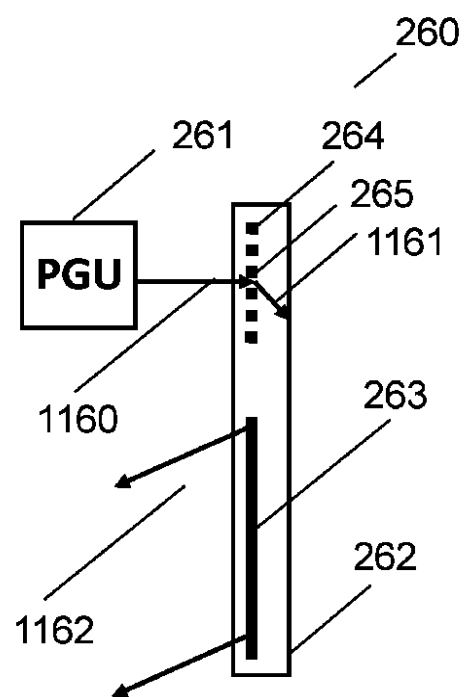


FIG.16B

【図16C】

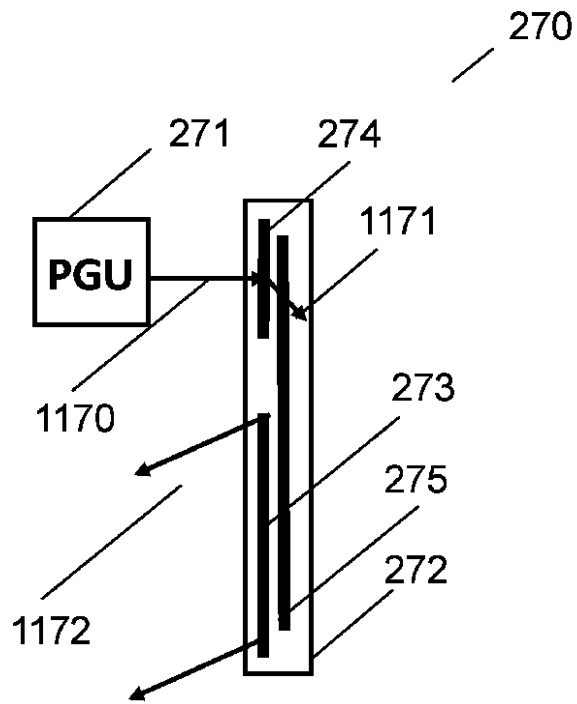


FIG.16C

【図16D】

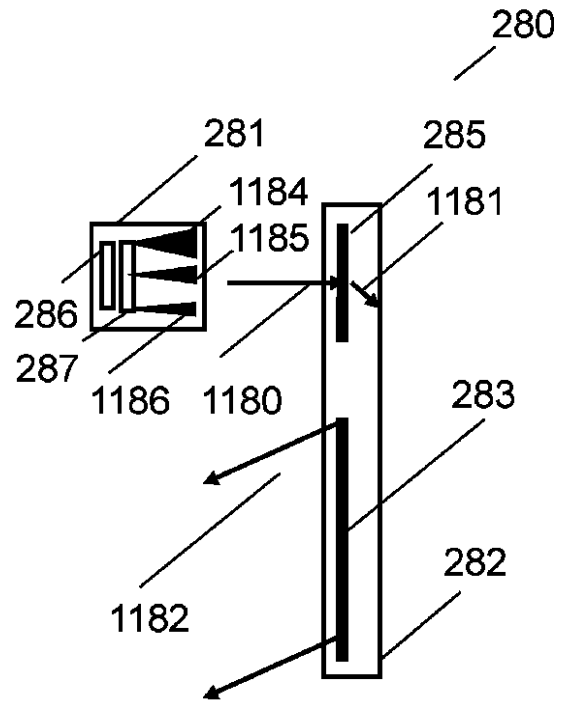


FIG.16D

【図16E】

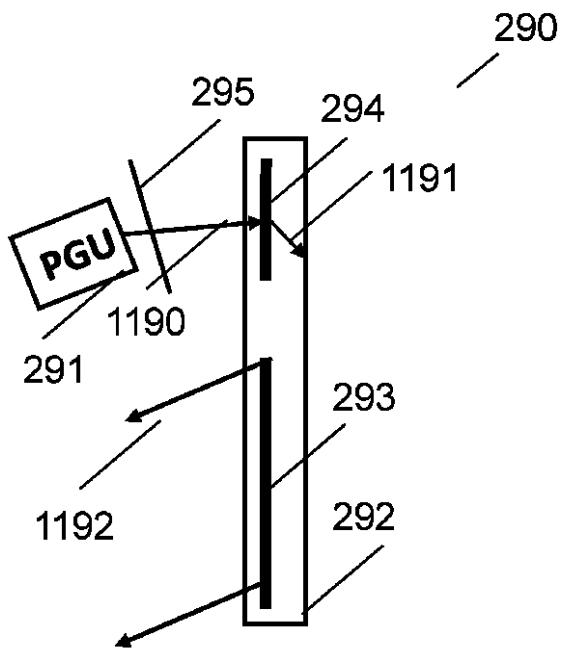


FIG.16E

【図16F】

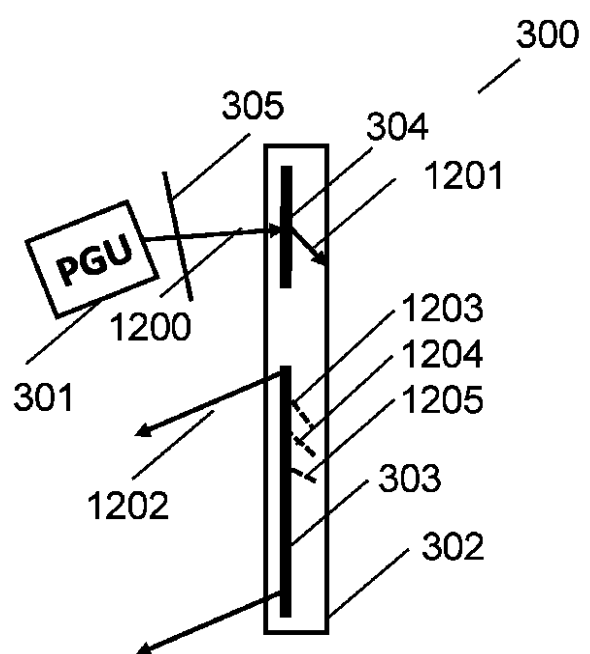
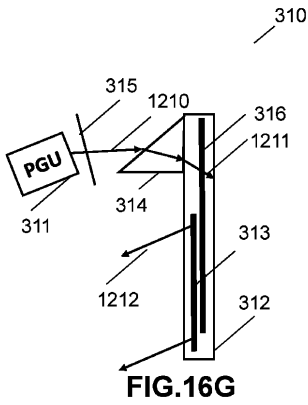
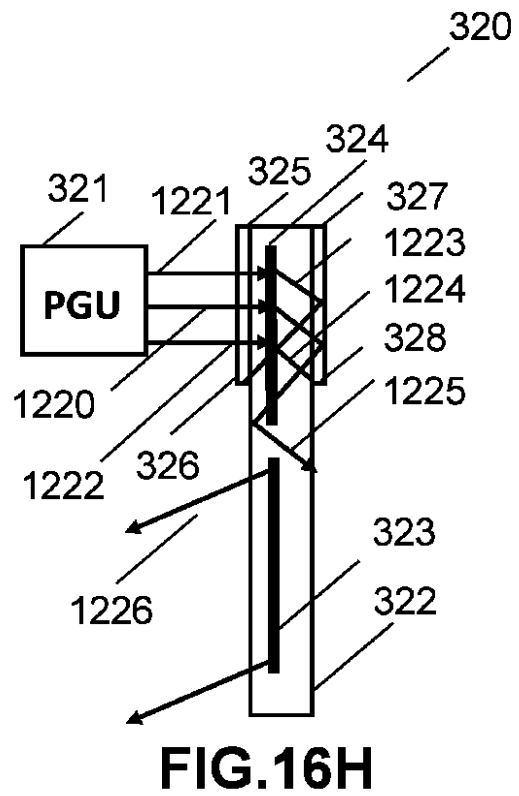


FIG.16F

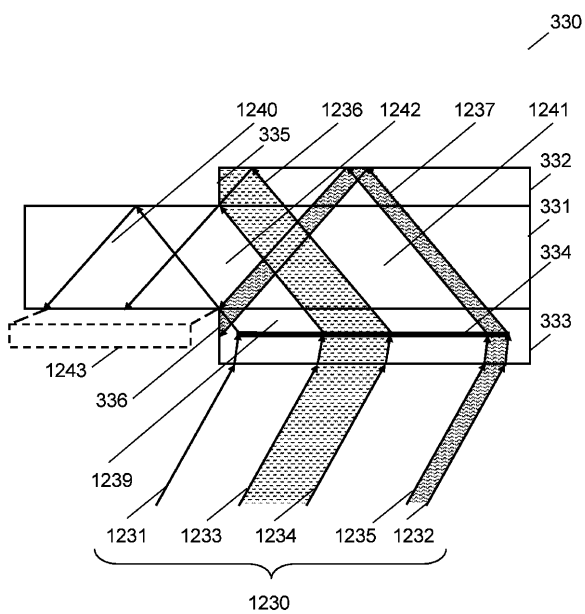
【図 16G】



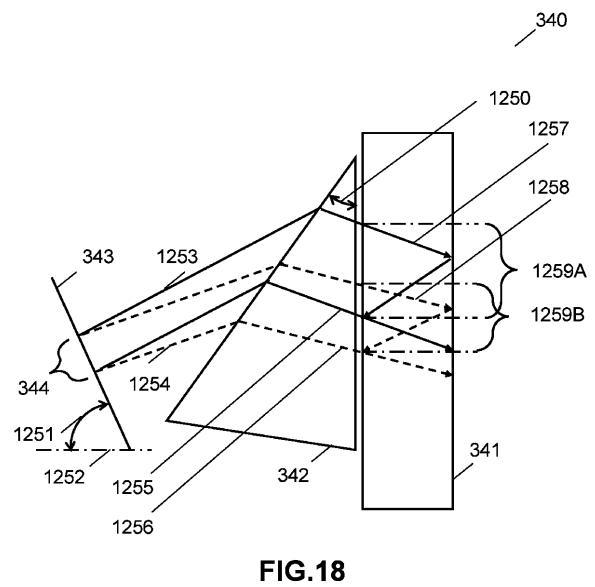
【図 16H】



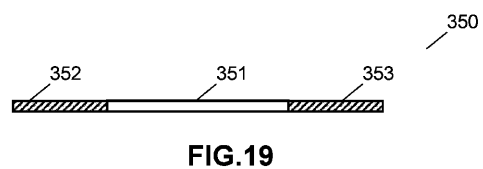
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【 図 2 0 】

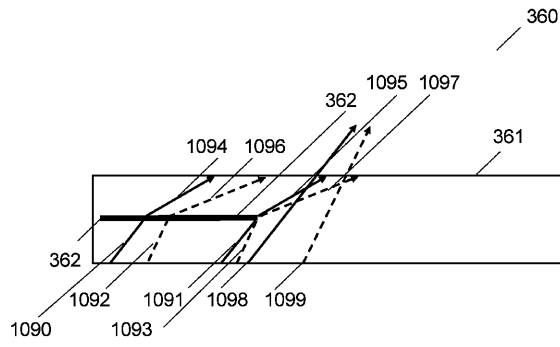


FIG.20

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 18/15553

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - G02B 5/18 (2018.01)

CPC - G02B 6/3502; G02B 27/42; G02B 27/425; G02B 5/18; G02B 5/1814

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

See Search History Document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

See Search History Document

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

See Search History Document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/0219834 A1 (NICHOL et al.) 06 August 2015 (06.08.2015), entire document, especially; para [0005], [0136], [0148], [0255]	1-45, 49-93
A	US 2016/0238772 A1 (DIGILENS inc.) 18 August 2016 (18.08.2016), entire document, especially; para [0002], [0004], [0036], [0039], [0048]	1-45, 49-93
A	US 2010/0165660 A1 (WEBER et al.) 01 July 2010 (01.07.2010), entire document	1-45, 49-93
A	US 2014/0204455 A1 (POPOVICH et al.) 24 July 2014 (24.07.2014), entire document	1-45, 49-93
A	US 2011/0242870 A1 (SIMMONDS) 06 October 2011 (06.10.2011), entire document	1-45, 49-93

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 August 2018

Date of mailing of the international search report

19 SEP 2018

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents

P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. 571-273-8300

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300

PCT OSP: 571-272-7774

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 18/15553

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fees must be paid.

Group I: claims 1-45 and 49-93: drawn to a waveguide device and method to mitigate banding.

Group II: claims 46-48: drawn to a color waveguide.

--See Extra Sheet--

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-45, 49-93

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 18/15553

Continuation of: Box III -- Observations where unity of invention is lacking--

The inventions listed as Groups I and II do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons:

Special technical features:

Group I requires a debanding optic capable of mitigating banding effects of an illuminated pupil, such that the extracted light is a substantially flat illumination profile having mitigated banding, not found in the other groups.

Group II requires at least two optical substrates stacked upon each other; at least two input stops, each input stop is within a different optical substrate, each in a different plane, wherein each input stop includes an outer dichroic portion to shift pupil and mitigate color banding, not found in the other groups.

Shared Features:

The only technical features shared by Groups I and II that would otherwise unify the groups are a waveguide device comprising: at least one optical substrate; at least one light source; at least one light coupler capable of coupling incident light from the light source with an angular bandwidth into a total internal reflection (TIR) within the at least one optical substrate such that a unique TIR angle is defined by each light incidence angle as determined at the input grating; at least one light extractor for extracting the light from the optical substrate.

However, these shared technical features do not represent a contribution over prior art, because the shared technical features are disclosed by US 2016/0238772 A1 to DigiLens Inc. (hereinafter "DigiLens") 18 August 2016 (18.08.2016), which discloses a waveguide device (para [0003])—It is a first object of the invention to provide a waveguide fold grating with an angular bandwidth that addresses the full angular capability of a waveguide.) comprising: at least one optical substrate (para [0059])—A waveguide device based on any of the above-described embodiments may be implemented using plastic substrates using the materials and processes disclosed in PCT Application No.: PCT/GB2012/000680, entitled IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICES.; at least one light source (para [0056])—A typical HMD architecture is a waveguide one or more stacked input gratings for coupling in collimated light from an image generator, one fold grating, and one or more output gratings for output vertically and horizontally pupil-expanded light towards an eye box from which the full image may be viewed.; at least one light coupler capable of coupling incident light from the light source with an angular bandwidth into a total internal reflection (TIR) within the at least one optical substrate such that a unique TIR angle is defined by each light incidence angle as determined at the input grating (para [0036], [0056])—In some embodiments the TIR surfaces may be curved in one or two orthogonal directions. The grating has a k vector 1000, where a k-vector is conventionally defined as the unit vector normal to the grating fringe surfaces. A waveguide input coupler, which is not illustrated, couples input light 1001 with a multiplicity of input ray angles as represented by the rays 1002-1005 into the waveguide. The waveguide input coupler may be a grating or prism.; at least one light extractor for extracting the light from the optical substrate (para [0039], [0048])—Unlike a conventional vertical extraction grating, the light does not leave the waveguide. Note that when a ray encounters the grating, regardless of whether it intersects the grating from above or below, a fraction of it changes direction and the remainder continues unimpeded).

As the shared technical features were known in the art at the time of the invention, they cannot be considered special technical features that would otherwise unify the groups.

Groups I and II therefore lack unity under PCT Rule 13.

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(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 ヒルズ, 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 95120, サン ノゼ, ピア デ ロス レイエス 1
370

(72)発明者 ボボヴィッチ, 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

Fターム(参考) 2H199 CA24 CA29 CA30 CA48 CA50 CA67 CA68

2H249 AA02 AA12 AA62