

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7447237号
(P7447237)

(45)発行日 令和6年3月11日(2024.3.11)

(24)登録日 令和6年3月1日(2024.3.1)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 27/02 (2006.01)

G 0 2 B 27/02 Z

G 0 2 B 5/18 (2006.01)

G 0 2 B 5/18

G 0 2 B 26/10 (2006.01)

G 0 2 B 26/10 1 0 9 Z

請求項の数 43 (全67頁)

(21)出願番号	特願2022-502885(P2022-502885)	(73)特許権者	514108838
(86)(22)出願日	令和2年7月16日(2020.7.16)		マジック リープ, インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2022-540693(P2022-540693 A)		M a g i c L e a p , I n c .
(43)公表日	令和4年9月16日(2022.9.16)		アメリカ合衆国 フロリダ 3 3 3 2 2 ,
(86)国際出願番号	PCT/US2020/042381		プランテーション, ウェスト サンライズ
(87)国際公開番号	WO2021/016045		ブルバード 7 5 0 0
(87)国際公開日	令和3年1月28日(2021.1.28)		7 5 0 0 W S U N R I S E B L V D
審査請求日	令和5年6月21日(2023.6.21)		, P L A N T A T I O N , F L 3 3 3
(31)優先権主張番号	62/876,205	(74)代理人	2 2 U S A
(32)優先日	令和1年7月19日(2019.7.19)		100078282
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	弁理士 山本 秀策
(31)優先権主張番号	62/902,328	(74)代理人	100113413
(32)優先日	令和1年9月18日(2019.9.18)	(74)代理人	弁理士 森下 夏樹
最終頁に続く		(74)代理人	100181674
			弁理士 飯田 貴敏
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 低減された偏光感度を伴う回折格子を有するディスプレイデバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

頭部搭載型ディスプレイシステムであって、前記頭部搭載型ディスプレイシステムは、頭部搭載可能なフレームと、光を出力することにより、画像コンテンツを提供するように構成されている光投影システムと、

前記フレームによって支持されている導波管であって、前記導波管は、少なくとも1 . 9 の屈折率を有する材料を含む基板を備え、前記基板は、前記光投影システムからの光の少なくとも一部が前記導波管の中に結合されるように誘導するように構成されている、導波管と、

前記基板の表面内または前記基板にわたって配置されている層の表面内に形成されているブレード回折格子とを備え、

前記ブレード回折格子は、前記ブレード回折格子に入射する光の角度の範囲にわたる第1の偏光のための光の可視スペクトルを横断した第1の回折効率を有し、前記ブレード回折格子は、前記ブレード回折格子に入射する光の角度の範囲にわたる第2の偏光のための前記光の可視スペクトルを横断した第2の回折効率を有し、前記第1の回折効率は、前記第2の回折効率の1倍～2倍である、頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 2】

前記ブレード回折格子は、前記基板の前記表面内に形成されており、かつ、前記基板

と光学的に連通するように配列されている、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 3】

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置されている前記層の前記表面内に形成されており、かつ、前記基板と光学的に連通するように配列されている、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 4】

少なくとも 1 . 9 の屈折率を有する前記材料は、リチウムベースの酸化物、炭化ケイ素、二酸化ジルコニウム、または、二酸化チタンを含む、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

【請求項 5】

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置されている前記層の前記表面内に形成されており、前記層は、窒化ケイ素、二酸化ジルコニウム、二酸化チタン、または、炭化ケイ素を含む、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 6】

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置されている前記層の前記表面内に形成されており、前記層は、前記基板より低い屈折率を有する、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 7】

前記材料は、少なくとも 2 . 0 ~ 2 . 7 の屈折率を有する、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

【請求項 8】

前記ブレード回折格子は、その間の溝によって離間された突端を備える回折特徴を備える、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 9】

前記ブレード回折格子は、複数の直線を備える回折特徴を備える、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 10】

前記ブレード回折格子は、前記基板の表面から突出する複数の柱を備える回折特徴を備える、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

30

【請求項 11】

前記ブレード回折格子は、10 nm ~ 150 nm の突端高または溝深度を有する回折特徴を備える、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 12】

前記回折特徴は、非対称である、請求項 8 ~ 11 のいずれか一項に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 13】

前記ブレード回折格子は、250 nm ~ 350 nm のピッチを有する、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 14】

40

前記ブレード回折格子は、300 nm ~ 450 nm のピッチを有する、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 15】

前記基板は、平面であり、前記ブレード回折格子は、前記基板の主要平面に対して 10 度 ~ 30 度のブレード角度を有する、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 16】

前記角度の範囲は、少なくとも 6 度である、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 17】

50

前記第 1 の偏光および前記第 2 の偏光は、異なる偏光角度を有する第 1 の線形偏光および第 2 の線形偏光を備える、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 18】

前記第 1 の偏光および前記第 2 の偏光は、直交方向に配向されている第 1 の線形偏光および第 2 の線形偏光を備える、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 19】

前記第 1 の偏光は、横方向磁気偏光および横方向電気偏光のうちの一方を備え、前記第 2 の偏光は、前記横方向磁気偏光および前記横方向電気偏光のうちの他方を備える、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 20】

前記第 1 の回折効率は、前記光の可視スペクトルを横断して平均された横方向磁気偏光および横方向電気偏光のうちの一方のための回折効率を備え、前記第 2 の回折効率は、前記光の可視スペクトルを横断して平均された前記横方向磁気偏光および横方向電気偏光の他方のための回折効率を備える、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 21】

前記ブレード回折格子は、前記第 2 の偏光の赤色波長のための回折効率の 1 倍 ~ 2 倍である前記第 1 の偏光を有する光の赤色波長のための回折効率を有する、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 22】

前記ブレード回折格子は、前記第 2 の偏光の緑色波長のための回折効率の 1 倍 ~ 1 . 5 倍である前記第 1 の偏光を有する光の緑色波長のための回折効率を有する、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 23】

前記ブレード回折格子は、前記第 2 の偏光を有する光の青色波長のための回折効率の 0 . 7 倍 ~ 1 倍である前記第 1 の偏光を有する光の青色波長のための回折効率を有する、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 24】

前記導波管は、光を前記頭部搭載型ディスプレイを装着しているユーザの眼に指向するように構成されている接眼レンズ内に含まれている、請求項 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

【請求項 25】

光学導波管であって、前記光学導波管は、
全内部反射を介して、前記導波管の中に結合される光を前記導波管内で誘導するように構成されている基板であって、前記基板は、少なくとも 1 . 9 の屈折率を有する材料を含む、基板と、

前記基板の表面内または前記基板にわたって配置されている層の表面内に形成されているブレード回折格子と

を備え、

前記ブレード回折格子は、前記ブレード回折格子に入射する光のための角度の範囲にわたる第 1 の偏光のための光の可視スペクトルを横断した第 1 の回折効率を有し、前記ブレード回折格子は、前記ブレード回折格子に入射する光のための角度の範囲にわたる第 2 の偏光のための前記光の可視スペクトルを横断した第 2 の回折効率を有し、前記第 1 の回折効率は、前記第 2 の回折効率の 1 倍 ~ 2 倍である、光学導波管。

【請求項 26】

前記ブレード回折格子は、前記基板の前記表面内に形成されており、かつ、前記基板と光学的に連通するように配列されている、請求項 25 に記載の光学導波管。

【請求項 27】

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置されている前記層の前記表面内に形成されており、かつ、前記基板と光学的に連通するように配列されている、請求項 25 に記載の光学導波管。

10

20

30

40

50

【請求項 28】

前記ブレード回折格子は、前記基板に物理的に接触する前記層の前記表面内に形成されている、請求項 27 に記載の光学導波管。

【請求項 29】

前記基板は、リチウムベースの酸化物、炭化ケイ素、二酸化ジルコニウム、または、二酸化チタンを含む、請求項 25 に記載の光学導波管。

【請求項 30】

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置されている前記層の前記表面内に形成されており、前記層は、窒化ケイ素、二酸化ジルコニウム、二酸化チタン、または、炭化ケイ素を含む、請求項 25 に記載の光学導波管。

10

【請求項 31】

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置されている前記層の前記表面内に形成されており、前記層は、前記基板より低い屈折率を有する、請求項 25 に記載の光学導波管。

【請求項 32】

前記ブレード回折格子は、10 nm ~ 150 nm の突端高または溝深度を有する回折特徴を備える、請求項 25 に記載の光学導波管。

【請求項 33】

前記ブレード回折格子は、複数の連続的なまたは不連続的な直線を備える回折特徴を備える、請求項 25 に記載の光学導波管。

20

【請求項 34】

前記ブレード回折格子は、前記基板の表面から突出する複数の柱を備える回折特徴を備える、請求項 25 に記載の光学導波管。

【請求項 35】

前記回折特徴は、非対称である、請求項 32 ~ 34 のいずれか一項に記載の光学導波管。

【請求項 36】

前記ブレード回折格子は、1次元(1D)アレイまたは2次元(2D)アレイ内に形成されている回折特徴を備える、請求項 25 に記載の光学導波管。

【請求項 37】

前記ブレード回折格子は、正方形アレイを備える2次元(2D)アレイ内に形成されている回折特徴を備える、請求項 25 に記載の光学導波管。

30

【請求項 38】

前記ブレード回折格子は、1D格子または2D格子を備える、請求項 36 に記載の光学導波管。

【請求項 39】

前記ブレード回折格子は、前記正方形アレイを備える前記2D格子を備える、請求項 38 に記載の光学導波管。

【請求項 40】

前記ブレード回折格子は、光を2つ以上の方向に指向するように構成されている、請求項 25 に記載の光学導波管。

40

【請求項 41】

前記ブレード回折格子は、
画像源からの光を受光し、前記光が前記基板内で誘導されるように前記光を前記基板の中に結合するように配置されている内部結合光学要素と、

前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光を前記基板から外に結合するように配置されている外部結合光学要素と

のうちの一方または両方を備える、請求項 25 に記載の光学導波管。

【請求項 42】

前記ブレード回折格子は、
前記基板内で誘導される画像源からの光を受光することと、

50

前記光が前記基板から外に結合されるように前記光を外部結合光学要素に指向すること、または、前記光を前記導波管内で拡散させることにより、ビームサイズまたはアイボックスサイズを増加させることと

を行うように配置されている光分散光学要素を備える、請求項 25 に記載の光学導波管。
【請求項 43】

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光を拡散させ、前記光を前記基板から外に結合するように配置されている組み合わせられた瞳エクspander 抽出器を備える、請求項 25 に記載の光学導波管。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、その内容が、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる、2019年7月19日に出願され、「DISPLAY DEVICE HAVING DIFFRACTION GRATINGS WITH REDUCED POLARIZATION SENSITIVITY」と題された、米国仮出願第62/876,205号、および2019年9月18日に出願され、「DISPLAY DEVICE HAVING DIFFRACTION GRATINGS WITH REDUCED POLARIZATION SENSITIVITY」と題された、米国仮出願第62/902,328号の優先権の利益を主張する。

20

(参照による組み込み)

【0002】

本願は、参照することによって、以下の特許出願、すなわち、2014年11月27日に出願され、2015年7月23日に米国特許公開第2015/0205126号として公開された、米国特許出願第14/555,585号、2015年4月18日に出願され、2015年10月22日に米国特許公開第2015/0302652号として、公開された、米国特許出願第14/690,401号、2014年3月14日に出願され、2016年8月16日に発行された、現米国特許第9,417,452号である、米国特許出願第14/212,961号、および2014年7月14日に出願され、2015年10月29日に米国特許公開第2015/0309263号として公開された、米国特許出願第14/331,218号のそれぞれの全体を組み込む。

30

【0003】

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

【背景技術】

【0004】

(関連技術の説明)

現代のコンピューティングおよびディスプレイ技術は、いわゆる「仮想現実」または「拡張現実」体験のためのシステムの開発を促進しており、デジタル的に再現された画像またはその一部が、現実であるように見える、またはそのように知覚され得る様式で、ユーザに提示される。仮想現実、すなわち、「VR」シナリオは、典型的には、他の実際の実世界の視覚的入力に対する透過性を伴わずに、デジタルまたは仮想画像情報の提示を伴い、拡張現実、すなわち、「AR」シナリオは、典型的には、ユーザの周囲の実際の世界の可視化に対する拡張としてのデジタルまたは仮想画像情報の提示を伴う。複合現実、すなわち、「MR」シナリオは、あるタイプのARシナリオであり、典型的には、自然世界の中に統合され、それに応答する、仮想オブジェクトを伴う。例えば、MRシナリオでは、AR画像コンテンツが、実世界内のオブジェクトによって遮断される、または別様にそれと相互作用するものとして知覚され得る。

40

【0005】

図1を参照すると、拡張現実場面10が、描写され、AR技術のユーザには、人々、木

50

々、背景における建物、コンクリートプラットフォーム30を特徴とする、実世界公園状設定20が見える。これらのアイテムに加え、AR技術のユーザはまた、実世界プラットフォーム30上に立っているロボット像40と、マルハナバチの擬人化のように見える、飛んでいる漫画のようなアバタキャラクタ50等の「仮想コンテンツ」とが「見える」と知覚するが、これらの要素40、50は、実世界には存在しない。ヒトの視知覚系は、複雑であって、他の仮想または実世界画像要素の中で仮想画像要素の快適で、自然な感覚で、かつ豊かな提示を促進する、AR技術を生産することは、困難である。

【0006】

本明細書に開示されるシステムおよび方法は、ARおよびVR技術に関連する種々の課題に対処する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

ある側面では、頭部搭載型ディスプレイシステムは、頭部搭載可能フレームと、光を出力し、画像コンテンツを提供するように構成される、光投影システムと、フレームによって支持される、導波管とを備える。導波管は、少なくとも1.9の屈折率を有する材料を含む基板を備える。基板は、光投影システムからの光の少なくとも一部を導波管の中に結合されるように誘導するように構成される。頭部搭載型ディスプレイシステムは、加えて、基板内または基板にわたって配置される層内に形成される、ブレード回折格子を備える。ブレード回折格子は、その上に入射する光の角度の範囲にわたる第1の偏光のための第1の回折効率を有し、その上に入射する光の角度の範囲にわたる第2の偏光のための第2の回折効率を有する。第1の回折効率は、第2の回折効率の1~2倍である。

【0008】

別の側面では、光学導波管は、少なくとも1.9の屈折率を有する材料を含む基板を備える。基板は、全内部反射を介して、導波管の中に結合される光を導波管内で誘導するように構成される。光学導波管は、加えて、基板内または基板にわたって配置される層内に形成される、ブレード回折格子を備える。ブレード回折格子は、その上に入射する光のための角度の範囲にわたる第1の偏光のための第1の回折効率を有し、その上に入射する光のための角度の範囲にわたる第2の偏光のための第2の回折効率を有する。第1の回折効率は、第2の回折効率の1~2倍である。

本発明は、例えば、以下を提供する。

(項目1)

頭部搭載型ディスプレイシステムであって、
頭部搭載可能フレームと、
光を出力し、画像コンテンツを提供するように構成される光投影システムと、
前記フレームによって支持される導波管であって、前記導波管は、少なくとも1.9の屈折率を有する材料を含む基板を備え、前記基板は、前記光投影システムからの光の少なくとも一部が前記導波管の中に結合されるように誘導するように構成される、導波管と、
前記基板内または前記基板にわたって配置される層内に形成されるブレード回折格子とを備え、
前記ブレード回折格子は、その上に入射する光の角度の範囲にわたる第1の偏光のための第1の回折効率を有し、その上に入射する光の角度の範囲にわたる第2の偏光のための第2の回折効率を有し、前記第1の回折効率は、前記第2の回折効率の1~2倍である、頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目2)

前記ブレード回折格子は、前記基板内に形成され、前記基板と光学的に連通するように配列される、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目3)

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置され、前記基板と光学的に連通するように配列される層内にある、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

20

30

40

50

(項目4)

前記層は、前記基板に物理的に接触する、項目3に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目5)

少なくとも1.9の屈折率を有する前記材料は、リチウムベースの酸化物、炭化ケイ素、二酸化ジルコニウム、または二酸化チタンを含む、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目6)

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置される層内に形成され、前記層は、窒化ケイ素、二酸化ジルコニウム、二酸化チタン、または炭化ケイ素を含む、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

(項目7)

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置される層内に形成され、前記層は、前記基板より低い屈折率を有する、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目8)

前記材料は、少なくとも2.0~2.7の屈折率を有する、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目9)

前記ブレード回折格子は、その間の溝によって離間された突端を備える回折特徴を備える、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

(項目10)

前記ブレード回折格子は、複数の直線を備える回折特徴を備える、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目11)

前記複数の直線は、不連続的な直線を備える、項目10に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目12)

前記ブレード回折格子は、前記基板の表面から突出する複数の柱を備える回折特徴を備える、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目13)

前記ブレード回折格子は、10~150nmの突端高または溝深度を有する回折特徴を備える、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

30

(項目14)

前記回折特徴は、非対称である、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目15)

前記ブレード回折格子は、250~350nmのピッチを有する、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目16)

ブレード回折格子は、300~450nmのピッチを有する、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(項目17)

前記基板は、平面であり、前記ブレード回折格子は、前記基板の平面に対して10~30度のブレード角度を有する、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目18)

前記第1の回折効率、前記第2の回折効率の1~1.5倍である、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目19)

前記角度の範囲は、少なくとも6度である、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目20)

50

前記角度の範囲は、前記基板の平面に対して ± 3 度の間である、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 2 1)

前記第 1 および第 2 の偏光は、異なる偏光角度を有する第 1 および第 2 の線形偏光を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 2 2)

前記第 1 および第 2 の偏光は、直交方向に配向される第 1 および第 2 の線形偏光を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 2 3)

前記第 1 の偏光は、横方向磁気および横方向電気偏光のうちの一方を備え、前記第 2 の偏光は、横方向磁気および横方向電気偏光のうちの他方を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

(項目 2 4)

前記第 1 の回折効率は、前記可視光スペクトルを横断して平均された横方向磁気偏光および横方向電気偏光のうちの一方のための回折効率を備え、前記第 2 の回折効率は、前記可視光スペクトルを横断して平均された横方向磁気偏光および横方向電気偏光の他方のための回折効率を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 2 5)

前記ブレースド回折格子は、前記第 2 の偏光の赤色波長のための回折効率の 1 ~ 2 倍である前記第 1 の偏光を有する光の赤色波長のための回折効率を有する、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

(項目 2 6)

前記ブレースド回折格子は、前記第 2 の偏光の緑色波長のための回折効率の 1 ~ 1.5 倍である前記第 1 の偏光を有する光の緑色波長のための回折効率を有する、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 2 7)

前記ブレースド回折格子は、前記第 2 の偏光を有する光の青色波長のための回折効率の 0.7 ~ 1 倍である前記第 1 の偏光を有する光の青色波長のための回折効率を有する、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 2 8)

30

前記導波管は、光を前記頭部搭載型ディスプレイを装着しているユーザの眼に指向するように構成される接眼レンズ内に含まれる、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 2 9)

前記接眼レンズは、前記フレーム上に配置され、前記光投影システムからの光を前記ユーザの眼の中に指向し、拡張現実画像コンテンツを前記ユーザの視野に表示するように構成され、前記接眼レンズの少なくとも一部は、透明であり、前記ユーザが前記頭部搭載型ディスプレイシステムを装着すると、前記ユーザの眼の正面の場所に配置され、前記透明部分は、前記ユーザの正面の物理的環境の一部からの光を前記ユーザの眼に透過させ、前記ユーザの正面の物理的環境の一部のビューを提供する、項目 2 8 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(項目 3 0)

前記接眼レンズは、前記少なくとも 1 つの導波管を備え、前記少なくとも 1 つの導波管は、前記ユーザが前記導波管を通して見ることができるよう、可視光に対して透明である、項目 2 8 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 3 1)

前記導波管は、前記光投影システムからの光を前記導波管の中にその中で誘導されるように結合するための内部結合光学要素を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 3 2)

50

前記導波管は、前記光投影システムからの光を前記導波管から外に結合し、前記光を前記ユーザの眼に指向し、前記画像コンテンツを前記視認者に提示するための外部結合光学要素を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 3 3)

前記ブレード回折格子は、前記光投影システムからの光を前記導波管の中に内部結合するように構成される内部結合格子 (I C G) を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 3 4)

前記ブレード回折格子は、前記導波管内で誘導される前記光投影システムからの光を前記導波管から外に外部結合するように構成される外部結合格子 (E P E) を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 3 5)

前記ブレード回折格子は、1次元 (1 D) アレイ内に形成される回折特徴を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 3 6)

前記ブレード回折格子は、2次元 (2 D) アレイ内に形成される回折特徴を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 3 7)

前記 2 次元 (2 D) アレイは、正方形アレイを備える、項目 3 6 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 3 8)

前記ブレード回折格子は、1 D 格子を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 3 9)

前記ブレード回折格子は、2 D 格子を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 4 0)

前記ブレード回折格子は、正方形アレイを備える 2 D 格子を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 4 1)

前記ブレード回折格子は、光を優先的に 2 つ以上の方向に指向するように構成される、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 4 2)

前記ブレード回折格子は、画像源からの光を受光し、前記光を前記基板の中にその中で誘導されるように結合するように配置される内部結合光学要素を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 4 3)

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光を外部結合光学要素に前記基板から外に結合されるように指向するように配置される光分散光学要素を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 4 4)

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光を前記導波管内で拡散させ、ビームサイズまたはアイボックスサイズを増加させるように配置される光分散光学要素を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 4 5)

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光を前記基板から外に結合するように配置される外部結合光学要素を備える、項目 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目 4 6)

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光

10

20

30

40

50

を少なくとも2つの方向に拡散させ、前記光を前記基板から外に結合するように配置される組み合わせられた光分散／外部結合光学要素を備える、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目47)

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光を拡散させ、前記光を前記基板から外に結合するように配置される組み合わせられた瞳孔エキスパンダ - 抽出器を備える、項目1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(項目48)

光学導波管であって、

少なくとも1.9の屈折率を有する材料を含む基板であって、前記基板は、全内部反射を介して、前記導波管の中に結合される光を前記導波管内で誘導するように構成される、基板と、

前記基板内または前記基板にわたって配置される層内に形成されるブレード回折格子とを備え、

前記ブレード回折格子は、その上に入射する光のための角度の範囲にわたる第1の偏光のための第1の回折効率を有し、その上に入射する光のための角度の範囲にわたる第2の偏光のための第2の回折効率を有し、前記第1の回折効率は、前記第2の回折効率の1～2倍である、光学導波管。

(項目49)

前記ブレード回折格子は、前記基板内に形成され、前記基板と光学的に連通するように配列される、項目48に記載の光学導波管。

(項目50)

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置され、前記基板と光学的に連通するように配列される層内にある、項目48に記載の光学導波管。

(項目51)

前記層は、前記基板に物理的に接触する、項目50に記載の光学導波管。

(項目52)

1.9を上回る屈折率を有する前記材料は、リチウムベースの酸化物、炭化ケイ素、二酸化ジルコニウム、または二酸化チタンを含む、項目48に記載の光学導波管。

(項目53)

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置される層内に形成され、前記層は、窒化ケイ素、二酸化ジルコニウム、二酸化チタン、または炭化ケイ素を含む、項目48に記載の光学導波管。

(項目54)

前記ブレード回折格子は、前記基板にわたって配置される層内に形成され、前記層は、前記基板より低い屈折率を有する、項目48に記載の光学導波管。

(項目55)

前記ブレード回折格子は、10～150nmの突端高または溝深度を有する回折特徴を備える、項目48に記載の光学導波管。

(項目56)

前記ブレード回折格子は、複数の直線を備える回折特徴を備える、項目48に記載の光学導波管。

(項目57)

前記複数の直線は、不連続的な直線を備える、項目56に記載の光学導波管。

(項目58)

前記ブレード回折格子は、前記基板の表面から突出する複数の柱を備える回折特徴を備える、項目48に記載の光学導波管。

(項目59)

前記回折特徴は、非対称である、項目48に記載の光学導波管。

(項目60)

10

20

30

40

50

前記ブレード回折格子は、1次元（1D）アレイ内に形成される回折特徴を備える、
項目48に記載の光学導波管。

（項目61）

前記ブレード回折格子は、2次元（2D）アレイ内に形成される回折特徴を備える、
項目48に記載の光学導波管。

（項目62）

前記2次元（2D）アレイは、正方形アレイを備える、項目61に記載の光学導波管。

（項目63）

前記ブレード回折格子は、1D格子を備える、項目48に記載の光学導波管。

（項目64）

前記ブレード回折格子は、2D格子を備える、項目48に記載の光学導波管。

（項目65）

前記ブレード回折格子は、正方形アレイを備える2D格子を備える、項目48に記載
の光学導波管。

（項目66）

前記ブレード回折格子は、光を優先的に2つ以上の方向に指向するように構成される、
項目48に記載の光学導波管。

（項目67）

前記ブレード回折格子は、画像源からの光を受光し、前記光を前記基板の中にその中
で誘導されるように結合するように配置される内部結合光学要素を備える、項目48に記
載の光学導波管。

（項目68）

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光
を外部結合光学要素に前記基板から外に結合されるように指向するように配置される光分
散光学要素を備える、項目48に記載の光学導波管。

（項目69）

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光
を前記導波管内で拡散させ、ビームサイズまたはアイボックスサイズを増加させるように
配置される光分散光学要素を備える、項目48に記載の光学導波管。

（項目70）

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光
を前記基板から外に結合するように配置される外部結合光学要素を備える、項目48に記
載の光学導波管。

（項目71）

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光
を少なくとも2つの方向に拡散させ、前記光を前記基板から外に結合するように配置され
る組み合わせられた光分散／外部結合光学要素を備える、項目48に記載の光学導波管。

（項目72）

前記ブレード回折格子は、前記基板内で誘導される画像源からの光を受光し、前記光
を拡散させ、前記光を前記基板から外に結合するように配置される組み合わせられた瞳エ
クスパンダ - 抽出器を備える、項目48に記載の光学導波管。

【図面の簡単な説明】

【0009】

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

【0010】

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

【0011】

【図3】図3A - 3Cは、曲率半径と焦点半径との間の関係を図示する。

【0012】

10

20

30

40

50

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

【 0 0 1 3 】

【図 4 B】図 4 B は、ユーザの一对の眼の異なる遠近調節状態および輻輳・開散運動状態の実施例を図示する。

【 0 0 1 4 】

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

【 0 0 1 5 】

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

10

【 0 0 1 6 】

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

【 0 0 1 7 】

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

【 0 0 1 8 】

【図 7】図 7 は、導波管によって出力された出射ビームの実施例を図示する。

【 0 0 1 9 】

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

20

【 0 0 2 0 】

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

【 0 0 2 1 】

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

【 0 0 2 2 】

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

【 0 0 2 3 】

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

30

【 0 0 2 4 】

【図 10 A】図 10 A は、例えば、光を導波管の中に内部結合するために、その上に配置される回折格子を有する、導波管の一部の断面図を図式的に図示する。

【 0 0 2 5 】

【図 10 B】図 10 B は、導波管の視野 (F O V) を示す、その上に配置されるブレード回折格子を有する、導波管の断面図を図示する。

【 0 0 2 6 】

【図 11 A】図 11 A は、その上に配置される単段ブレード回折格子を有する、導波管を形成するためのエッチングプロセスを図示する。

【 0 0 2 7 】

【図 11 B】図 11 B は、単段ブレードフォトリジスト格子の走査電子マイクログラフである。

40

【 0 0 2 8 】

【図 11 C】図 11 C は、その上に配置される多段ブレード回折格子を有する、導波管を形成するためのエッチングプロセスを図示する。

【 0 0 2 9 】

【図 11 D】図 11 D は、多段ブレードフォトリジスト格子の走査電子マイクログラフである。

【 0 0 3 0 】

【図 11 E】図 11 E は、回折格子のための 2 つの異なるブレード幾何学形状の断面側

50

面図を図示する。

【0031】

【図12A】図12A - 12Fは、異なるブレード幾何学形状を有する、その上に形成されるブレード回折格子を伴う、種々の基板の走査電子マイクログラフを示す。

【図12B】図12A - 12Fは、異なるブレード幾何学形状を有する、その上に形成されるブレード回折格子を伴う、種々の基板の走査電子マイクログラフを示す。

【図12C】図12A - 12Fは、異なるブレード幾何学形状を有する、その上に形成されるブレード回折格子を伴う、種々の基板の走査電子マイクログラフを示す。

【図12D】図12A - 12Fは、異なるブレード幾何学形状を有する、その上に形成されるブレード回折格子を伴う、種々の基板の走査電子マイクログラフを示す。

10

【図12E】図12A - 12Fは、異なるブレード幾何学形状を有する、その上に形成されるブレード回折格子を伴う、種々の基板の走査電子マイクログラフを示す。

【図12F】図12A - 12Fは、異なるブレード幾何学形状を有する、その上に形成されるブレード回折格子を伴う、種々の基板の走査電子マイクログラフを示す。

【0032】

【図13】図13は、異なるブレード幾何学形状を有する、種々の回折格子に関する入射角の関数としての、横方向磁気 (TM) 偏光の回折効率対横方向電気 (TE) 偏光の回折効率の比率のプロットである。

【0033】

【図14】図14は、緑色、青色、および赤色波長のための80nm突端高または溝深度を伴う回折特徴を有する、回折格子に関する入射角の関数としての、横方向磁気 (TM) 偏光の回折効率対横方向電気 (TE) 偏光の回折効率の比率のプロットである。

20

【0034】

【図15】図15は、緑色、青色、および赤色波長のための80nm突端高または溝深度を有する、回折格子に関する回折効率のプロットである。

【0035】

【図16】図16は、非偏光入力および線形偏光入力に関するブレードフォトレジスト回折格子のコヒーレント均一性を図示する。

【0036】

【図17】図17は、非偏光入力および線形偏光入力に関するニオブ酸リチウム基板内にエッチングされたブレード回折格子のコヒーレント均一性を図示する。

30

【0037】

【図18】図18は、ブレード回折特徴の2次元アレイを備える、2次元 (2D) 回折格子の斜視図である。

【0038】

【図18A】図18Aおよび18Bは、それぞれ、ブレード回折特徴の2次元アレイを有する、2D回折格子の断面および平面図である。

【図18B】図18Aおよび18Bは、それぞれ、ブレード回折特徴の2次元アレイを有する、2D回折格子の断面および平面図である。

【0039】

【図19A】図19Aは、2つの方向にブレードされる回折特徴の2次元アレイを有する、2D回折格子の斜視図である。

40

【0040】

【図19B】図19Bは、2つの方向にブレードされる回折特徴の2次元アレイを有する、2D回折格子によって、光が異なる方向に優先的に指向される様子を図示する。

【0041】

【図20A】図20Aおよび20Bは、マスタテンプレートを使用してブレード回折格子を製造する方法の概略図である。

【図20B】図20Aおよび20Bは、マスタテンプレートを使用してブレード回折格子を製造する方法の概略図である。

50

【 0 0 4 2 】

【図 2 1】図 2 1 は、異なるマスタテンプレートを使用してブレード回折格子を製造する方法の概略図である。

【 0 0 4 3 】

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

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 4 】

詳細な説明

A R システムは、依然として、ユーザにその周囲の世界が見えることを可能にしながら、仮想コンテンツをユーザまたは視認者に表示し得る。好ましくは、本コンテンツは、例えば、画像情報をユーザの眼に投影する、アイウェアの一部としての、頭部搭載型ディスプレイ上に表示される。加えて、ディスプレイはまた、周囲環境からの光をユーザの眼に透過させ、その周囲環境のビューを可能にし得る。本明細書で使用されるように、「頭部搭載型」または「頭部搭載可能」ディスプレイは、視認者またはユーザの頭部上に搭載され得る、ディスプレイであることを理解されたい。

【 0 0 4 5 】

いくつかの A R システムでは、比較的に高視野 (F O V) を有する、仮想 / 拡張 / 複合ディスプレイは、視認体験を向上させ得る。ディスプレイの F O V は、それを通して視認者にその眼の中に投影された画像が見える、接眼レンズの導波管によって出力された光の角度に依存する。比較的に高屈折率、例えば、2 . 0 またはそれを上回る屈折率を有する、導波管は、比較的に高 F O V を提供することができる。しかしながら、光を高屈折率導波管の中に効率的に結合するために、回折光学結合要素はまた、対応して、高屈折率を有するべきである。利点の中でもとりわけ、本目標を達成するために、本明細書に説明される実施形態による、A R システムのためのいくつかのディスプレイは、L i ベースの酸化物等、対応して高屈折率を伴う、その上に形成される個別の回折格子を有する比較的に高屈折率 (例えば、2 . 0 を上回るまたはそれに等しい) 材料を含む導波管を含む。例えば、回折格子は、直接、L i ベースの酸化物から形成される導波管の表面部分をパターン化することによって、L i ベースの酸化物導波管上に形成されてもよい。

【 0 0 4 6 】

内部結合または外部結合光学要素等のいくつかの高屈折率回折光学結合要素は、強い偏光依存性を有する。例えば、回折光学結合要素が高屈折率材料を含む光を導波管の中に内部結合するための内部結合格子 (I C G) は、所与の偏光の光を別の偏光の光より有意に多く受け入れ得る。そのような要素は、例えば、T E 偏光を伴う光の約 3 倍の率で、T M 偏光を伴う光を導波管の中に内部結合し得る。本種類の偏光依存性を伴う、回折光学結合要素は、低減された効率を有し得 (ある偏光の不良効率および全般的阻止に起因して)、また、コヒーレントアーチファクトを作成し、導波管から外に結合される光によって形成される、遠視野画像の均一性を低減させ得る。偏光に鈍感である、または少なくとも低減された偏光感度を有する (例えば、比較的に偏光から独立した効率を伴って、光を結合する)、回折光学結合要素を取得するために、本明細書に説明される種々の実装による、A R システムのためのいくつかのディスプレイは、ブレード幾何学形状とともに形成される、回折格子を伴う、導波管を含む。回折格子はまた、直接、高屈折率材料 (例えば、少なくとも 1 . 9、2 . 0、2 . 1、2 . 2、2 . 3、2 . 4、2 . 5、2 . 6、または最大 2 . 7、またはこれらの値のいずれかの間の任意の範囲内の値の屈折率を有する) を含み得る、導波管内に形成されてもよい。回折格子は、例えば、ブレード幾何学形状とともに高屈折率材料をパターン化することによって、例えば、ニオブ酸リチウム (L i N b O ₃) またはタンタル酸リチウム (L i T a O ₃) のような L i ベースの酸化物等、または酸化ジルコニウム (Z r O ₂)、二酸化チタン (T i O ₂)、または炭化ケイ素 (S i C) 等の高屈折率材料内に形成されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

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

【 0 0 4 8 】

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

10

【 0 0 4 9 】

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

20

【 0 0 5 0 】

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

30

【 0 0 5 1 】

図 3 A - 3 C を継続して参照すると、視認者の眼が固視しているオブジェクトからの光が、異なる波面発散度を有し得る。異なる波面発散量に起因して、光は、眼の水晶体によって異なるように集束され得、これは、ひいては、水晶体に、異なる形状をとり、合焦画像を眼の網膜上に形成することを要求し得る。合焦画像が、網膜上に形成されない場合、結果として生じる網膜ぼけは、合焦画像が網膜上に形成されるまで、眼の水晶体の形状に変化を生じさせる、遠近調節のためのキューとして作用する。例えば、遠近調節のためのキューは、眼の水晶体を囲繞する毛様筋の弛緩または収縮を誘起し、それによって、水晶体を保持する提鞅帯に印加される力を変調させ、したがって、固視されているオブジェクトの網膜ぼけが排除される、または最小限にされるまで、眼の水晶体の形状を変化させ、それによって、固視されているオブジェクトの合焦画像を眼の網膜（例えば、中心窩）上に形成し得る。眼の水晶体が形状を変化させるプロセスは、遠近調節と称され得、固視されているオブジェクトの合焦画像を眼の網膜（例えば、中心窩）上に形成するために要求

40

50

される眼の水晶体の形状は、遠近調節状態と称され得る。

【 0 0 5 2 】

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

10

【 0 0 5 3 】

理論によって限定されるわけではないが、オブジェクトの視認者は、輻輳・開散運動と遠近調節の組み合わせに起因して、オブジェクトを「3次元」として知覚し得ると考えられる。上記のように、相互に対する2つの眼の輻輳・開散運動（例えば、瞳孔が相互に向かって、またはそこから離れるように移動し、眼の視線を収束させ、オブジェクトを固視するような眼の回転）は、眼の水晶体の遠近調節と密接に関連付けられる。通常条件下、焦点を1つのオブジェクトから異なる距離における別のオブジェクトに変化させるための眼の水晶体の形状の変化は、自動的に、「遠近調節 - 輻輳・開散運動反射」として知られる関係下、同一距離への輻輳・開散運動の合致する変化を自動的に生じさせるであろう。同様に、輻輳・開散運動の変化は、通常条件下、水晶体形状における合致する変化を誘起するであろう。

20

【 0 0 5 4 】

ここで図 4 B を参照すると、眼の異なる遠近調節および輻輳・開散運動状態の実施例が、図示される。一対の眼 2 2 2 a が、光学無限遠におけるオブジェクトを固視する一方、一対の眼 2 2 2 b は、光学無限遠未満におけるオブジェクト 2 2 1 を固視する。着目すべきこととして、各対の眼の輻輳・開散運動状態は、異なり、一対の眼 2 2 2 a が、まっすぐ指向される一方、一対の眼 2 2 2 b は、オブジェクト 2 2 1 上に収束する。各対の眼 2 2 2 a および 2 2 2 b を形成する眼の遠近調節状態もまた、水晶体 2 1 0 a、2 2 0 a の異なる形状によって表されるように異なる。

30

【 0 0 5 5 】

望ましくないことに、従来の「3-D」ディスプレイシステムの多くのユーザは、これらのディスプレイにおける遠近調節と輻輳・開散運動状態との間の不一致に起因して、そのような従来のシステムを不快であると見出す、または奥行感を全く知覚しない場合がある。上記のように、多くの立体視または「3-D」ディスプレイシステムは、若干異なる画像を各眼に提供することによって、場面を表示する。そのようなシステムは、それらが、とりわけ、単に、場面の異なる提示を提供し、眼の輻輳・開散運動状態に変化を生じさせるが、それらの眼の遠近調節状態に対応する変化を伴わないため、多くの視認者にとって不快である。むしろ、画像は、眼が全ての画像情報を単一遠近調節状態において視認するように、ディスプレイによって眼から固定距離に示される。そのような配列は、遠近調節状態における合致する変化を伴わずに輻輳・開散運動状態に変化を生じさせることによって、「遠近調節 - 輻輳・開散運動反射」に逆らう。本不一致は、視認者の不快感を生じさせると考えられる。遠近調節と輻輳・開散運動との間のより良好な合致を提供する、ディスプレイシステムは、3次元画像のより現実的かつ快適なシミュレーションを形成し得

40

50

る。

【 0 0 5 6 】

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

【 0 0 5 7 】

図 4 B を継続して参照すると、眼 2 1 0、2 2 0 からの空間内の異なる距離に対応する、2 つの深度面 2 4 0 が、図示される。所与の深度面 2 4 0 に関して、輻輳・開散運動キューが、眼 2 1 0、2 2 0 毎に適切に異なる視点の画像を表示することによって提供されてもよい。加えて、所与の深度面 2 4 0 に関して、各眼 2 1 0、2 2 0 に提供される画像を形成する光は、その深度面 2 4 0 の距離におけるある点によって生成されたライトフィールドに対応する波面発散を有してもよい。

【 0 0 5 8 】

図示される実施形態では、点 2 2 1 を含有する、深度面 2 4 0 の z - 軸に沿った距離は、1 m である。本明細書で使用されるように、 z - 軸に沿った距離または深度は、ユーザの眼の射出瞳に位置するゼロ点を用いて測定されてもよい。したがって、1 m の深度に位置する深度面 2 4 0 は、眼が光学無限遠に向かって指向された状態でそれらの眼の光学軸上のユーザの眼の射出瞳から 1 m 離れた距離に対応する。近似値として、 z - 軸に沿った深度または距離は、ユーザの眼の正面のディスプレイから（例えば、導波管の表面から）測定され、デバイスとユーザの眼の射出瞳との間の距離に関する値が加えられてもよい。その値は、瞳距離と呼ばれ得、ユーザの眼の射出瞳と眼の正面のユーザによって装着されるディスプレイとの間の距離に対応する。実践では、瞳距離に関する値は、概して、全ての視認者に使用される、正規化された値であってもよい。例えば、瞳距離は、20 mm であると仮定され得、1 m の深度における深度面は、ディスプレイの正面の 980 mm の距離にあり得る。

【 0 0 5 9 】

ここで図 4 C および 4 D を参照すると、合致遠近調節 - 輻輳・開散運動距離および不一致遠近調節 - 輻輳・開散運動距離の実施例が、それぞれ、図示される。図 4 C に図示されるように、ディスプレイシステムは、仮想オブジェクトの画像を各眼 2 1 0、2 2 0 に提供してもよい。画像は、眼 2 1 0、2 2 0 に、眼が深度面 2 4 0 上の点 1 5 上に収束する、輻輳・開散運動状態をとらせ得る。加えて、画像は、その深度面 2 4 0 における実オブジェクトに対応する波面曲率を有する、光によって形成され得る。結果として、眼 2 1 0、2 2 0 は、画像がそれらの眼の網膜上で合焦する、遠近調節状態をとる。したがって、ユーザは、仮想オブジェクトを深度面 2 4 0 上の点 1 5 にあるものとして知覚し得る。

【 0 0 6 0 】

眼 2 1 0、2 2 0 の遠近調節および輻輳・開散運動状態はそれぞれ、 z - 軸上の特定の距離と関連付けられることを理解されたい。例えば、眼 2 1 0、2 2 0 からの特定の距離におけるオブジェクトは、それらの眼に、オブジェクトの距離に基づいて、特定の遠近調節状態をとらせる。特定の遠近調節状態と関連付けられる距離は、遠近調節距離 A_d と称され得る。同様に、特定の輻輳・開散運動状態または相互に対する位置における眼と関連付けられる特定の輻輳・開散運動距離 V_d が、存在する。遠近調節距離および輻輳・開散運動距離が合致する場合、遠近調節と輻輳・開散運動との間の関係は、生理学的に正しいと言える。これは、視認者にとって最も快適なシナリオであると見なされる。

【 0 0 6 1 】

しかしながら、立体視ディスプレイでは、遠近調節距離および輻輳・開散運動距離は、常に合致するわけではない場合がある。例えば、図 4 D に図示されるように、眼 2 1 0、2 2 0 に表示される画像は、深度面 2 4 0 に対応する波面発散を伴って表示され得、眼 2

10

20

30

40

50

10、220は、その深度面上の点15a、15bが合焦する、特定の遠近調節状態をとり得る。しかしながら、眼210、220に表示される画像は、眼210、220を深度面240上に位置しない点15上に収束させる、輻輳・開散運動のためのキューを提供し得る。結果として、遠近調節距離は、いくつかの実施形態では、眼210、220の射出瞳から深度面240への距離に対応する一方、輻輳・開散運動距離は、眼210、220の射出瞳から点15までのより大きい距離に対応する。遠近調節距離は、輻輳・開散運動距離と異なる。その結果、遠近調節・輻輳・開散運動の不一致が存在する。そのような不一致は、望ましくないと見なされ、不快感をユーザに生じさせ得る。不一致は、距離（例えば、 $V_d - A_d$ ）に対応し、ジオプタを使用して特性評価され得ることを理解されたい。

【0062】

10

いくつかの実施形態では、眼210、220の射出瞳以外の参照点も、同一参照点が遠近調節距離および輻輳・開散運動距離のために利用される限り、遠近調節・輻輳・開散運動の不一致を決定するための距離を決定するために利用され得ることを理解されたい。例えば、距離は、角膜から深度面まで、網膜から深度面まで、接眼レンズ（例えば、ディスプレイデバイスの導波管）から深度面まで等、測定され得る。

【0063】

理論によって限定されるわけではないが、ユーザは、不一致自体が有意な不快感を生じさせることなく、依然として、最大約0.25ジオプタ、最大約0.33ジオプタ、および最大約0.5ジオプタの遠近調節・輻輳・開散運動の不一致を生理学的に正しいと知覚し得ると考えられる。いくつかの実施形態では、本明細書に開示されるディスプレイシステム（例えば、ディスプレイシステム250、図6）は、約0.5ジオプタまたはそれ未満の遠近調節・輻輳・開散運動の不一致を有する、画像を視認者に提示する。いくつかの他の実施形態では、ディスプレイシステムによって提供される画像の遠近調節・輻輳・開散運動の不一致は、約0.33ジオプタまたはそれ未満である。さらに他の実施形態では、ディスプレイシステムによって提供される画像の遠近調節・輻輳・開散運動の不一致は、約0.1ジオプタまたはそれ未満を含む、約0.25ジオプタまたはそれ未満である。

20

【0064】

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

30

【0065】

いくつかの実施形態では、単一の導波管が、単一または限定数の深度面に対応する設定された波面発散量を伴う光を出力するように構成されてもよい、および/または導波管は、限定された範囲の波長の光を出力するように構成されてもよい。その結果、いくつかの実施形態では、複数またはスタックの導波管が、異なる深度面のための異なる波面発散量を提供する、および/または異なる範囲の波長の光を出力するために利用されてもよい。本明細書で使用されるように、深度面は、平坦、または湾曲表面の輪郭に追従し得ることを理解されたい。

40

【0066】

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

50

【 0 0 6 7 】

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

10

【 0 0 6 8 】

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

20

30

【 0 0 6 9 】

いくつかの実施形態では、画像投入デバイス 360、370、380、390、400 は、それぞれ、対応する導波管 270、280、290、300、310 の中への投入のための画像情報をそれぞれ生成する、離散ディスプレイである。いくつかの他の実施形態では、画像投入デバイス 360、370、380、390、400 は、例えば、1 つ以上の光学導管（光ファイバケーブル等）を介して、画像情報を画像投入デバイス 360、370、380、390、400 のそれぞれに送り得る、単一の多重化されたディスプレイの出力端である。画像投入デバイス 360、370、380、390、400 によって提供される画像情報は、異なる波長または色（例えば、本明細書に議論されるように、異なる原色）の光を含み得ることを理解されたい。

40

【 0 0 7 0 】

いくつかの実施形態では、導波管 270、280、290、300、310 の中に投入される光は、発光ダイオード（LED）等の光エミッタを含み得る、光モジュール 530 を備える、光プロジェクタシステム 520 によって提供される。光モジュール 530 からの光は、ビームスプリッタ 550 を介して、光変調器 540、例えば、空間光変調器に指向され、それによって修正されてもよい。光変調器 540 は、導波管 270、280、2

50

90、300、310の中に投入される光の知覚される強度を変化させ、光を画像情報でエンコードするように構成されてもよい。空間光変調器の実施例は、シリコン上液晶(LCOS)ディスプレイを含む、液晶ディスプレイ(LCD)を含む。画像投入デバイス360、370、380、390、400は、図式的に図示され、いくつかの実施形態では、これらの画像投入デバイスは、光を導波管270、280、290、300、310の関連付けられるものの中に出力するように構成される、共通投影システム内の異なる光経路および場所を表し得ることを理解されたい。いくつかの実施形態では、導波管アセンブリ260の導波管は、導波管の中に投入される光をユーザの眼に中継しながら、理想的レンズとして機能し得る。本概念では、オブジェクトは、空間光変調器540であってもよく、画像は、深度面上の画像であってもよい。

10

【0071】

いくつかの実施形態では、ディスプレイシステム250は、光を種々のパターン(例えば、ラスタ走査、螺旋走査、リサージュパターン等)で1つ以上の導波管270、280、290、300、310の中に、最終的には、視認者の眼210に投影するように構成される、1つ以上の走査ファイバを備える、走査ファイバディスプレイであってもよい。いくつかの実施形態では、図示される画像投入デバイス360、370、380、390、400は、光を1つまたは複数の導波管270、280、290、300、310の中に投入するように構成される、単一走査ファイバまたは走査ファイバの束を図式的に表し得る。いくつかの他の実施形態では、図示される画像投入デバイス360、370、380、390、400は、それぞれ、光を導波管270、280、290、300、310のうちの関連付けられるものの中に投入するように構成される、複数の走査ファイバまたは走査ファイバの複数の束を図式的に表し得る。1つ以上の光ファイバは、光を光モジュール530から1つ以上の導波管270、280、290、300、310に透過させるように構成され得ることを理解されたい。1つ以上の介在光学構造が、走査ファイバまたは複数のファイバと、1つ以上の導波管270、280、290、300、310との間に提供され、例えば、走査ファイバから出射する光を1つ以上の導波管270、280、290、300、310の中に再指向し得ることを理解されたい。

20

【0072】

コントローラ560は、画像投入デバイス360、370、380、390、400、光源530、および光変調器540の動作を含む、スタックされた導波管アセンブリ260のうちの1つ以上のものの動作を制御する。いくつかの実施形態では、コントローラ560は、ローカルデータ処理モジュール140の一部である。コントローラ560は、例えば、本明細書に開示される種々のスキームのいずれかに従って、導波管270、280、290、300、310への画像情報のタイミングおよび提供を調整する、プログラミング(例えば、非一過性媒体内の命令)を含む。いくつかの実施形態では、コントローラは、単一の一体型デバイスまたは有線または無線通信チャネルによって接続される分散型システムであってもよい。コントローラ560は、いくつかの実施形態では、処理モジュール140または150(図9D)の一部であってもよい。

30

【0073】

図6を継続して参照すると、導波管270、280、290、300、310は、全内部反射(TIR)によって各個別の導波管内で光を伝搬するように構成されてもよい。導波管270、280、290、300、310はそれぞれ、主要上部および底部表面およびそれらの主要上部表面と底部表面との間に延在する縁を伴う、平面である、または別の形状(例えば、湾曲)を有してもよい。図示される構成では、導波管270、280、290、300、310はそれぞれ、各個別の導波管内で伝搬する光を導波管から外に再指向させ、画像情報を眼210に出力することによって、光を導波管から抽出するように構成される、外部結合光学要素570、580、590、600、610を含んでもよい。抽出された光はまた、外部結合光と称され得、外部結合光学要素はまた、光抽出光学要素と称され得る。抽出された光のビームは、導波管によって、導波管内で伝搬する光が光抽出光学要素に衝突する場所において出力され得る。外部結合光学要素570、580、5

40

50

90、600、610は、例えば、本明細書にさらに議論されるような回折光学特徴を含む、格子であってもよい。説明を容易にし、図面を明確にするために、導波管270、280、290、300、310の底部主要表面に配置されて図示されるが、いくつかの実施形態では、外部結合光学要素570、580、590、600、610は、本明細書にさらに議論されるように、上部および/または底部主要表面に配置されてもよく、および/または導波管270、280、290、300、310の体積内に直接配置されてもよい。いくつかの実施形態では、外部結合光学要素570、580、590、600、610は、透明基板に取り付けられ、導波管270、280、290、300、310を形成する、材料の層内に形成されてもよい。いくつかの他の実施形態では、導波管270、280、290、300、310は、材料のモノリシック片であってもよく、外部結合光学要素570、580、590、600、610は、その材料片の表面上および/または内部に形成されてもよい。

10

【0074】

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

20

【0075】

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

30

40

【0076】

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

【0077】

図6を継続して参照すると、外部結合光学要素570、580、590、600、61

50

0 は、導波管と関連付けられる特定の深度面のために、光をそれらの個別の導波管から外に再指向し、かつ本光を適切な量の発散またはコリメーションを伴って出力するように構成されてもよい。その結果、異なる関連付けられる深度面を有する導波管が、関連付けられる深度面に応じて、異なる量の発散を伴う光を出力する、外部結合光学要素 570、580、590、600、610 の異なる構成を有してもよい。いくつかの実施形態では、光抽出光学要素 570、580、590、600、610 は、光を具体的角度で出力するように構成され得る、立体または表面特徴であってもよい。例えば、光抽出光学要素 570、580、590、600、610 は、立体ホログラム、表面ホログラム、および/または回折格子であってもよい。いくつかの実施形態では、特徴 320、330、340、350 は、レンズではなくてもよい。むしろ、それらは、単に、スペーサであってもよい（例えば、空隙を形成するためのクラディング層および/または構造）。

10

【0078】

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

20

【0079】

いくつかの実施形態では、1つ以上のDOEは、それらが能動的に回折する「オン」状態と有意に回折しない「オフ」状態との間で切替可能であり得る。例えば、切替可能なDOEは、微小液滴がホスト媒体内に回折パターンを備える、ポリマー分散液晶の層を備えてもよく、微小液滴の屈折率は、ホスト材料の屈折率に実質的に合致するように切り替えられてもよい（その場合、パターンは、入射光を著しく回折させない）、または微小液滴は、ホスト媒体のものに合致しない屈折率に切り替えられてもよい（その場合、パターンは、入射光を能動的に回折させる）。

【0080】

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

30

40

【0081】

ここで図 7 を参照すると、導波管によって出力される出射ビームの実施例が、示される。1つの導波管が図示されるが、導波管アセンブリ 260（図 6）内の他の導波管も同様に機能し得、導波管アセンブリ 260 は、複数の導波管を含むことを理解されたい。光 640 が、導波管 270 の入力表面 460 において導波管 270 の中に投入され、TIR によって導波管 270 内を伝搬する。光 640 が DOE 570 上に衝突する点では、光の一部は、導波管から出射ビーム 650 として出射する。出射ビーム 650 は、略平行として図示されるが、本明細書に議論されるように、それらはまた、導波管 270 と関連付けられる深度面に応じて、ある角度において眼 210 に伝搬する（例えば、発散出射ビームを形成する）ように再指向されてもよい。略平行出射ビームは、眼 210 からの遠距離（例

50

例えば、光学無限遠）における深度面上に設定されるように現れる画像を形成するように光を外部結合する、外部結合光学要素を伴う導波管を示し得ることを理解されたい。他の導波管または他の外部結合光学要素のセットが、より発散する、出射ビームパターンを出力してもよく、これは、眼 210 がより近い距離に遠近調節し、網膜上に合焦させることを要求し、光学無限遠より眼 210 に近い距離からの光として脳によって解釈されるであろう。

【0082】

いくつかの実施形態では、フルカラー画像が、原色、例えば、3つ以上の原色のそれぞれに画像をオーバーレイすることによって、各深度面において形成されてもよい。図8は、各深度面が、複数の異なる原色を使用して形成される画像を含む、スタックされた導波管アセンブリの実施例を図示する。図示される実施形態は、深度面 240a - 240f を示すが、より多いまたはより少ない深度もまた、検討される。各深度面は、第1の色Gの第1の画像、第2の色Rの第2の画像、および第3の色Bの第3の画像を含む、それと関連付けられる3つ以上の原色画像を有してもよい。異なる深度面が、文字G、R、およびBに続くジオプタ (dpt) に関する異なる数字によって図に示される。単なる実施例として、これらの文字のそれぞれに続く数字は、ジオプタ (1/m)、すなわち、視認者からの深度面の逆距離を示し、図中の各ボックスは、個々の原色画像を表す。いくつかの実施形態では、異なる波長の光の眼の集束における差異を考慮するために、異なる原色に関する深度面の正確な設置が、変動し得る。例えば、所与の深度面に関する異なる原色画像が、ユーザからの異なる距離に対応する深度面上に設置されてもよい。そのような配列は、視力およびユーザ快適性を増加させ得る、および/または色収差を減少させ得る。

【0083】

いくつかの実施形態では、各原色の光が、単一の専用導波管によって出力されてもよく、その結果、各深度面が、それと関連付けられる複数の導波管を有してもよい。そのような実施形態では、文字G、R、またはBを含む、図中の各ボックスが、個々の導波管を表すと理解され得、3つの導波管が、3つの原色画像が深度面毎に提供される、深度面毎に提供されてもよい。各深度面と関連付けられる導波管は、本図面では、説明を容易にするために相互に隣接して示されるが、物理的デバイスでは、導波管は全て、レベル毎に1つの導波管を伴うスタックで配列され得ることを理解されたい。いくつかの他の実施形態では、複数の原色が、例えば、単一の導波管のみが深度面毎に提供され得るように、同一導波管によって出力されてもよい。

【0084】

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

【0085】

本開示の全体を通した所与の光の色の言及は、視認者によってその所与の色であるものとして知覚される、光の波長の範囲内の1つ以上の波長の光を包含すると理解されるであろうことを理解されたい。例えば、赤色光は、約 620 ~ 780 nm の範囲内の1つ以上の波長の光を含んでもよく、緑色光は、約 492 ~ 577 nm の範囲内の1つ以上の波長の光を含んでもよく、青色光は、約 435 ~ 493 nm の範囲内の1つ以上の波長の光を含んでもよい。

【0086】

いくつかの実施形態では、光源 530 (図6) は、視認者の視覚的知覚範囲外の1つ以上の波長、例えば、赤外線および/または紫外線波長の光を放出するように構成されてもよい。加えて、ディスプレイ 250 の導波管の内部結合、外部結合、および他の光再指向構造は、例えば、結像および/またはユーザ刺激用途のために、本光をディスプレイからユーザの眼 210 に向かって指向および放出するように構成されてもよい。

【0087】

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

10

【0088】

スタックされた導波管の図示されるセット 660 は、導波管 670、680、および 690 を含む。各導波管は、関連付けられる内部結合光学要素 (導波管上の光入力面積とも称され得る) を含み、例えば、内部結合光学要素 700 は、導波管 670 の主要表面 (例えば、上側主要表面) 上に配置され、内部結合光学要素 710 は、導波管 680 の主要表面 (例えば、上側主要表面) 上に配置され、内部結合光学要素 720 は、導波管 690 の主要表面 (例えば、上側主要表面) 上に配置される。いくつかの実施形態では、内部結合光学要素 700、710、720 のうちの 1 つ以上のものは、個別の導波管 670、680、690 の底部主要表面上に配置されてもよい (特に、1 つ以上の内部結合光学要素が、反射性偏向光学要素である場合)。図示されるように、内部結合光学要素 700、710、720 は、特に、それらの内部結合光学要素が、透過性偏向光学要素である場合に、それらの個別の導波管 670、680、690 の上側主要表面 (または次の下側導波管の上部) 上に配置されてもよい。いくつかの実施形態では、内部結合光学要素 700、710、720 は、個別の導波管 670、680、690 の本体内に配置されてもよい。いくつかの実施形態では、本明細書に議論されるように、内部結合光学要素 700、710、720 は、他の光の波長を透過させながら、1 つ以上の光の波長を選択的に再指向するように、波長選択的である。それらの個別の導波管 670、680、690 の片側または角に図示されるが、内部結合光学要素 700、710、720 は、いくつかの実施形態では、それらの個別の導波管 670、680、690 の他の面積内に配置され得ることを理解されたい。

20

30

【0089】

図示されるように、内部結合光学要素 700、710、720 は、相互から側方にオフセットされてもよい。いくつかの実施形態では、各内部結合光学要素は、その光が別の内部結合光学要素を通して通過することなく、光を受光するようにオフセットされてもよい。例えば、各内部結合光学要素 700、710、720 は、図 6 に示されるように、光を異なる画像投入デバイス 360、370、380、390、および 400 から受光するように構成されてもよく、光を内部結合光学要素 700、710、720 の他のものから実質的に受光しないように、他の内部結合光学要素 700、710、720 から分離されてもよい (例えば、側方に離間される)。

40

【0090】

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

50

内の上部および底部主要表面のうちの異なるものの上に配置されてもよい。

【0091】

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

10

【0092】

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

20

【0093】

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

【0094】

いくつかの実施形態では、光線770、780、790は、異なる色に対応し得る、異なる性質、例えば、異なる波長または異なる波長範囲を有する。内部結合光学要素700、710、720はそれぞれ、光が、TIRによって、導波管670、680、690のうちの個別のものを通して伝搬するように、入射光を偏向させる。いくつかの実施形態では、内部結合光学要素700、710、720はそれぞれ、他の波長を下層導波管および関連付けられる内部結合光学要素に透過させながら、1つ以上の特定の光の波長を選択的に偏向させる。

30

【0095】

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

40

【0096】

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

50

を通して伝搬する。

【0097】

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

【0098】

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

【0099】

故に、図9Aおよび9Bを参照すると、いくつかの実施形態では、導波管のセット660は、原色毎に、導波管670、680、690と、内部結合光学要素700、710、720と、光分散要素(例えば、OPE)730、740、750と、外部結合光学要素(例えば、EP)800、810、820とを含む。導波管670、680、690は、各1つの間に空隙/クラディング層を伴ってスタックされてもよい。内部結合光学要素700、710、720は、(異なる波長の光を受光する異なる内部結合光学要素を用いて)入射光をその導波管の中に再指向または偏向させる。光は、次いで、個別の導波管670、680、690内にTIRをもたらすであろう角度で伝搬する。示される実施例では、光線770(例えば、青色光)は、前述に説明された様式において、第1の内部結合光学要素700によって偏光され、次いで、導波管を辿ってバウンスし続け、光分散要素(例えば、OPE)730、次いで、外部結合光学要素(例えば、EP)800と相互作用する。光線780および790(例えば、それぞれ、緑色および赤色光)は、導波管670を通して通過し、光線780は、内部結合光学要素710上に衝突し、それによって偏向される。光線780は、次いで、TIRを介して、導波管680を辿ってバウンスし、その光分散要素(例えば、OPE)740、次いで、外部結合光学要素(例えば、EP)810に進む。最後に、光線790(例えば、赤色光)は、導波管690を通して通過

10

20

30

40

50

し、導波管 690 の光内部結合光学要素 720 に衝突する。光内部結合光学要素 720 は、光線が、TIR によって、光分散要素（例えば、OPE）750、次いで、TIR によって、外部結合光学要素（例えば、EP）820 に伝搬するように、光線 790 を偏向させる。外部結合光学要素 820 は、次いで、最後に、光線 790 を視認者に外部結合し、視認者はまた、他の導波管 670、680 から外部結合された光も受光する。

【0100】

図 9C は、図 9A および 9B の複数のスタックされた導波管の実施例の上下平面図を図示する。図示されるように、導波管 670、680、690 は、各導波管の関連付けられる光分散要素 730、740、750 および関連付けられる外部結合光学要素 800、810、820 とともに、垂直に整合されてもよい。しかしながら、本明細書に議論されるように、内部結合光学要素 700、710、720 は、垂直に整合されない。むしろ、内部結合光学要素は、好ましくは、非重複する（例えば、上下図に見られるように、側方に離間される）。本明細書にさらに議論されるように、本非重複空間配列は、1対1ベースで異なるリソースから異なる導波管の中への光の投入を促進し、それによって、具体的光源が具体的導波管に一意に結合されることを可能にする。いくつかの実施形態では、非重複の空間的に分離される内部結合光学要素を含む、配列は、偏移瞳システムと称され得、これらの配列内の内部結合光学要素は、サブ瞳に対応し得る。

【0101】

図 9D は、本明細書に開示される種々の導波管および関連システムが統合され得る、ウェアラブルディスプレイシステム 60 の実施例を図示する。いくつかの実施形態では、ディスプレイシステム 60 は、図 6 のシステム 250 であって、図 6 は、そのシステム 60 のいくつかの部分をより詳細に図式的に示す。例えば、図 6 の導波管アセンブリ 260 は、ディスプレイ 70 の一部であってもよい。

【0102】

図 9D を継続して参照すると、ディスプレイシステム 60 は、ディスプレイ 70 と、そのディスプレイ 70 の機能をサポートするための種々の機械的および電子的モジュールおよびシステムとを含む。ディスプレイ 70 は、ディスプレイシステムユーザまたは視認者 90 によって装着可能であり、ユーザ 90 の眼の正面にディスプレイ 70 を位置付けるように構成される、フレーム 80 に結合されてもよい。ディスプレイ 70 は、いくつかの実施形態では、接眼レンズと見なされ得る。いくつかの実施形態では、スピーカ 100 が、フレーム 80 に結合され、ユーザ 90 の外耳道に隣接して位置付けられるように構成される（いくつかの実施形態では、示されない別のスピーカが、随意に、ユーザの他方の外耳道に隣接して位置付けられ、ステレオ/成形可能音制御を提供してもよい）。ディスプレイシステム 60 はまた、1つ以上のマイクロホン 110 または他のデバイスを含み、音を検出してもよい。いくつかの実施形態では、マイクロホンは、ユーザが入力またはコマンド（例えば、音声メニューコマンドの選択、自然言語質問等）をシステム 60 に提供することを可能にするように構成される、および/または他の人物（例えば、類似ディスプレイシステムの他のユーザ）とのオーディオ通信を可能にしてもよい。マイクロホンはさらに、オーディオデータ（例えば、ユーザおよび/または環境からの音）を収集するように、周辺センサとして構成されてもよい。いくつかの実施形態では、ディスプレイシステムはまた、フレーム 80 と別個であって、ユーザ 90 の身体に（例えば、ユーザ 90 の頭部、胴体、四肢等の上）に取り付けられ得る、周辺センサ 120a を含んでもよい。周辺センサ 120a は、いくつかの実施形態では、ユーザ 90 の生理学的状態を特性評価するデータを入力するように構成されてもよい。例えば、センサ 120a は、電極であってもよい。

【0103】

図 9D を継続して参照すると、ディスプレイ 70 は、有線導線または無線接続性などの通信リンク 130 によって、ローカルデータ処理モジュール 140 に動作可能に結合され、これは、フレーム 80 に固定して取り付けられる、ユーザによって装着されるヘルメットまたは帽子に固定して取り付けられる、ヘッドホンに内蔵される、または別様

10

20

30

40

50

にユーザ 90 に除去可能に取り付けられる（例えば、リュック式構成において、ベルト結合式構成において）等、種々の構成において搭載されてもよい。同様に、センサ 120a は、通信リンク 120b、例えば、有線導線または無線コネクティビティによって、ローカルプロセッサおよびデータモジュール 140 に動作可能に結合されてもよい。ローカル処理およびデータモジュール 140 は、ハードウェアプロセッサおよび不揮発性メモリ（例えば、フラッシュメモリまたはハードディスクドライブ）等のデジタルメモリを備えてもよく、その両方とも、データの処理、キャッシュ、および記憶を補助するために利用され得る。随意に、ローカルプロセッサおよびデータモジュール 140 は、1つ以上の中央処理ユニット（CPU）、グラフィック処理ユニット（GPU）、専用処理ハードウェア等を含んでもよい。データは、（a）画像捕捉デバイス（カメラ等）、マイクロホン、慣性測定ユニット、加速度計、コンパス、GPSユニット、無線デバイス、ジャイロスコープ、および/または本明細書に開示される他のセンサ等の（例えば、フレーム 80 に動作可能に結合される、または別様にユーザ 90 に取り付けられ得る）センサから捕捉されるデータ、および/または（b）可能性として、処理または読出後にディスプレイ 70 への通過のために、遠隔処理モジュール 150 および/または遠隔データリポジトリ 160（仮想コンテンツに関連するデータを含む）を使用して入手および/または処理されるデータを含んでもよい。ローカル処理およびデータモジュール 140 は、これらの遠隔モジュール 150、160 が、相互に動作可能に結合され、ローカル処理およびデータモジュール 140 へのリソースとして利用可能であるように、有線または無線通信リンク等を介して、通信リンク 170、180 によって、遠隔処理モジュール 150 および遠隔データリポジトリ 160 に動作可能に結合されてもよい。いくつかの実施形態では、ローカル処理およびデータモジュール 140 は、画像捕捉デバイス、マイクロホン、慣性測定ユニット、加速度計、コンパス、GPSユニット、無線デバイス、および/またはジャイロスコープのうちの1つ以上のものを含んでもよい。いくつかの他の実施形態では、これらのセンサのうちの1つ以上のものは、フレーム 80 に取り付けられてもよい、または有線または無線通信経路によってローカル処理およびデータモジュール 140 と通信する独立型構造であってもよい。

【0104】

図 9D を継続して参照すると、いくつかの実施形態では、遠隔処理モジュール 150 は、例えば、1つ以上の中央処理ユニット（CPU）、グラフィック処理ユニット（GPU）、専用処理ハードウェア等を含む、データおよび/または画像情報を分析および処理するように構成される、1つ以上のプロセッサを備えてもよい。いくつかの実施形態では、遠隔データリポジトリ 160 は、デジタルデータ記憶設備を備えてもよく、これは、インターネットまたは「クラウド」リソース構成における他のネットワーキング構成を通して利用可能であってもよい。いくつかの実施形態では、遠隔データリポジトリ 160 は、情報、例えば、拡張現実コンテンツをローカル処理およびデータモジュール 140 および/または遠隔処理モジュール 150 に生成するための情報を提供する、1つ以上の遠隔サーバを含んでもよい。いくつかの実施形態では、全てのデータが、記憶され、全ての算出が、ローカル処理およびデータモジュールにおいて実施され、遠隔モジュールからの完全に自律的な使用を可能にする。随意に、CPU、GPU 等を含む、外部システム（例えば、1つ以上のプロセッサ、1つ以上のコンピュータのシステム）が、処理（例えば、画像情報を生成する、データを処理する）の少なくとも一部を実施し、例えば、無線または有線接続を介して、情報をモジュール 140、150、160 に提供し、そこから情報を受信してもよい。

（低減された偏光感度を有する回折格子）

【0105】

上記に説明される仮想/拡張/複合ディスプレイ用途のために構成される種々のディスプレイシステム等の導波管ベースのディスプレイシステムのユーザに高品質の没入型の体験を提供することは、とりわけ、ディスプレイシステムの接眼レンズ内の導波管の中および/またはそこから外への光結合の種々の特性に依存する。例えば、高光内部結合および

10

20

30

40

50

外部結合効率を有する、仮想／拡張／複合ディスプレイは、ユーザの眼に指向される光の明度を増加させることによって、視認体験を向上させ得る。上記に議論されるように、内部結合回折格子等の内部結合光学要素が、全内部反射によって、光を導波管の中にその中で誘導されるように結合するために採用されてもよい。同様に、外部結合回折格子等の外部結合光学要素が、全内部反射によって、導波管内で誘導される光を導波管から外に結合するために採用されてもよい。

【0106】

例えば、図6および7を参照して上記に説明されるように、本明細書に説明される種々の実装による、ディスプレイシステムは、光学要素、例えば、内部結合光学要素、外部結合光学要素、光分散要素、および／または回折格子を含み得る、組み合わせられた瞳エク10
スパンダ - 抽出器 (CPE) を含んでもよい。本明細書に開示されるように、CPEは、光を導波管内で拡散または分散させ、可能性として、ビームサイズおよび／またはアイボックスを増加させる、光分散要素、および光を導波管から外に結合する、外部結合光学要素の両方として動作してもよい。

【0107】

例えば、図7を参照して上記に説明されるように、導波管270の入力表面460において導波管270の中に投入される、光640は、全内部反射 (TIR) によって、導波管270内を伝搬し、誘導される。種々の実装では、光640が外部結合光学要素570上に衝突する、点において、導波管内で誘導される光の一部は、ビームレット650として導波管から出射し得る。いくつかの実装では、内部結合光学要素、外部結合光学要素、20
配光要素、またはCPEのうちの1つ以上のものを含み得る、光学要素570、580、590、600、610のいずれかは、回折格子として構成されることができる。

【0108】

導波管270、280、290、300、310の中への光の内部結合 (またはそこからの光の外部結合) の望ましい特性を達成するために、回折格子として構成される、光学要素570、580、590、600、610は、好適な材料から形成され、偏光の関数としての回折効率等の回折性質を含む、種々の光学性質を制御するための好適な構造を有することができる。可能性として考えられる望ましい回折性質は、性質の中でもとりわけ、以下、すなわち、スペクトル選択性、角度選択性、偏光選択性 (または非選択性)、高30
スペクトル帯域幅、高回折効率、または広視野 (FOV) のうちの任意の1つ以上のものを含んでもよい。

【0109】

いくつかの回折格子は、強い偏光依存性を有し、したがって、比較的減少された全体的効率を有し得る (ある偏光の阻止に起因して)。そのような回折格子はまた、コヒーレントアーチファクトを作成し、遠視野画像の均一性を低減させ得る。低減された偏光感度を有する (例えば、比較的偏光から独立した効率を伴って、光を結合する)、回折格子を提供するために、本明細書に説明される実装による、ARシステムのためのいくつかのディスプレイは、その中に形成されるブレード回折格子を伴う、導波管を含む。ブレード格子は、例えば、「鋸歯」形状を有する、回折特徴を備えてもよい。いくつかの実装では、ブレード格子は、所与の回折次数に関して向上された格子回折効率を達成し得る40
一方、他の次数の回折効率は、低減または最小限にされる。結果として、より多くの光が、いくつかの実装における他の次数の任意の者は対照的に、特定の所与の回折次数の中に指向され得る。

【0110】

図10Aは、本明細書に説明されるいくつかの設計による、導波管1004と、導波管1004である、基板上に形成される、ブレード回折格子1008とを備える、接眼レンズ等のディスプレイデバイス1000の一部の断面図を図示する。示される実装では、ブレード回折格子1008は、基板／導波管1004 (本実施例では、平面である) 内に形成される。基板または導波管1004の表面は、回折格子1008とともに形成する、回折特徴を備える、表面トポグラフィを有する。ブレード回折格子1008は、その50

上に入射する光が、TIRによって、導波管1004内で誘導されるように、可視スペクトル内の波長を有する、光を回折するように構成される。導波管1004は、透明であってもよく、それを通してユーザの眼が見ることができる、接眼レンズの一部を形成してもよい。そのような導波管1004および接眼レンズは、拡張現実ディスプレイ等の頭部搭載型ディスプレイ内に含まれてもよい。導波管1004は、例えば、例えば、図9A-9Cに関して上記に説明される、導波管670、680、690のうちの1つに対応し得る。ブレード回折格子1008は、例えば、図9A-9Cに関して上記に説明される、内部結合光学要素700、710、720のうちの1つに対応することができる。光を導波管1004の中に内部結合するように構成される、ブレード回折格子1008は、本明細書では、内部結合格子(ICG)と称され得る。ディスプレイデバイス1000は、加えて、例えば、光分散要素(例えば、図9A-9Cに示される光分散要素730、740、750のうちの1つ)または外部結合光学要素(例えば、図9A-9Cに示される外部結合光学要素800、810、820のうちの1つ)に対応し得る、光学要素1012を含んでもよい。

【0111】

動作時、入射光ビーム1016、例えば、画像コンテンツを提供する、光投影システムから等の可視光が、ブレード回折格子または基板/導波管の延在される表面または平面および/または導波管1004の表面1004S、例えば、その上に格子が形成される、導波管の主要表面(y-x平面と平行に延在するように図10Aに示される)に対して法線方向である、またはそれに直交する、面法線1002に対して測定される入射角において、ブレード回折格子1008上に入射すると、ブレード回折格子は、少なくとも部分的に、回折光ビーム1024として、面法線1002に対して測定される回折角度において、入射光ビーム1016を回折する。回折光ビーム1024が、導波管1004内の全内部反射の発生のために、臨界角 θ_{TIR} を超える、回折角度において回折されると、回折光ビーム1024は、概して、x-軸と平行な方向に沿って、かつ導波管の長さに沿って、全内部反射(TIR)を介して、導波管1004内で伝搬および誘導される。導波管1004内で誘導される本光の一部は、光分散要素730、740、750のうちの1つまたは外部結合光学要素(800、810、820、図9A-9C)のうちの1つに到達し、例えば、再び、回折され得る。

【0112】

本明細書に説明されるように、図示される実装におけるように、面法線1002に対して時計回り方向(すなわち、面法線1002の右側)にある角度で入射する、光ビームは、負の(< 0)を有すると称される一方、面法線1002に対して反時計回り方向(すなわち、面法線の左側)にある角度で入射する、光ビームは、正の(> 0)を有すると称される。

【0113】

本明細書のいずれかにさらに説明されるように、回折格子1008の高屈折率材料および/または構造の好適な組み合わせは、本明細書では、受光角または視野(FOV)の範囲と称される、特定の範囲()の入射角をもたらし得る。ある範囲は、の負および/または正の値に及ぶ角度の範囲によって説明され得、その範囲外になると、回折効率は、 $\eta = 0$ またはある他の方向における回折効率に対して、10%超、25%超、50%超、または75%超、80%超、90%超、95%超、またはこれらの値のいずれかによって定義された範囲内の任意の値だけ低下する。いくつかの実装では、回折効率が、比較的が高く、一定である、範囲内の η を有することが、例えば、回折される光の均一強度が I_{avg} 内で所望される場合、望ましくあり得る。したがって、いくつかの実装では、 I_{avg} 内の入射光ビーム1016が、表面法線1002(例えば、y-z平面と平行な方向)に対して回折角度 θ において、回折格子1008によって効率的に回折されるように、回折格子1008の角度帯域幅と関連付けられ、 θ は、回折される光が全内部反射(TIR)下で導波管1004内で誘導されるように、 $\theta > \theta_{TIR}$ を超える。いくつかの実装では、本角度 θ 範囲は、ユーザによって見える視野に影響を及ぼし得る。種々の実装

10

20

30

40

50

では、光は、内部結合格子（ICG）上に両側から指向されることができることを理解されたい。例えば、光は、基板または導波管1004を通して指向され、図10Aに示されるもの等の反射性内部結合格子（ICG）1008上に入射することができる。光は、同一効果を受け、例えば、光が全内部反射によって基板または導波管内で誘導されるように、内部結合格子1008によって、基板または導波管1004の中に結合され得る。本明細書では、受光角または視野（FOV）の範囲と称される、入射角の範囲（ ）は、基板または導波管材料の屈折率によって影響され得る。図10Aでは、例えば、低減された角度の範囲（ ）は、内部結合格子（ICG）上に入射する光に及ぼされる高屈折率材料の屈折の効果を示す。しかしながら、角度（ ）またはFOVの範囲は、より大きい。

10

【0114】

図10Bは、例示的ブレード透過回折格子1008の断面図を図示する。格子1008は、突端1003と、溝1005とを有する、格子特徴を備える。ブレード透過格子1008は、示される断面から視認されるような「鋸歯」形状パターンを有する、基板または導波管1004Sの表面に対応する、表面を備える。パターン化された「鋸歯」は、表面1004Sの第1の傾きのある部分1007によって形成される。図10Bに示される実施例では、格子1008はまた、第2の（より急峻な）傾きのある部分1009を含む。示される実施例では、第1の傾きのある部分1007は、より急峻な傾きを有する、第2の傾きのある部分1009より浅い傾きを有する。第1の傾きのある部分1007はまた、本実施例では、第2の傾きのある部分1009より広い。

20

【0115】

突端1003は、溝1005の底部から突端1003の上部までの距離に対応する、高さHを有する。故に、本値は、本明細書では、突端高および/または溝深度、格子高または格子深度、または回折格子の回折特徴の高さと称され得る。図10Bに示される実施例では、溝1005の底部は、2つの隣接する突端1003の第1および第2の傾きのある部分1007、1009の交差部によって形成される。第1の傾きのある部分1007は、隣接する突端1003のうちの1つ上にあって、第2の傾きのある部分1009は、他の隣接する突端上にある。同様に、突端1003の上部は、突端1003の上部における第1および第2の傾きのある部分1007、1009の交差部によって形成される。しかしながら、他の構成も、可能性として考えられる。例えば、第1および第2の傾きのある部分は、例えば、下記に議論されるように、溝1005の底部が、平坦基部を有する場合、または突端1003の上部が、平坦平台を含む場合、必ずしも、交差するとは限らない。ブレード回折格子1008は、いくつかの実装では、一定であり得る、線間隔またはピッチdを有する。本線間隔またはピッチdは、例えば、図10Bに示されるものに類似する形状を有する、格子1008内の突端1003の頂点の分離の測定値であり得る。同様に、線間隔またはピッチdは、隣接する溝1005の最深場所の分離の測定値であり得る。線間隔またはピッチdは、格子特徴上の他の位置から測定されてもよい。

30

【0116】

傾きは、格子1008または導波管の表面（例えば、図10Aの格子とは対照的に、導波管の格子または表面1004S'を越えて延在し得る、導波管の表面1004S）と平行な平面に対して角度で傾斜され得る。第1の（より浅い）傾きのある部分1007の本角度は、本明細書では、ブレード角度と称され得る。

40

【0117】

図10Bに図示されるように、ブレード回折格子1008は、非対称形状を有する、例えば、非対称的に成形された突端1003および/または溝1005を備える、格子線または特徴を含むことができる。例えば、図10Bに示される回折格子では、回折特徴は、非対称三角形断面形状を有する、突端1003および/または溝1005を備える。上記に議論されるように、本非対称形状は、第1および第2の傾きのある部分1007、1009の異なる傾きおよび/または幅をもたらす。しかしながら、他の形状も、可能性として考えられる。

50

【 0 1 1 8 】

回折特徴が非対称である、例えば、第 1 の傾きのある部分の傾きが、より浅い一方、第 2 の傾きのある部分の傾きが、より急峻である、設計では、回折特徴は、繰り返される傾きおよび段から形成されると見なされ得る。そのような構造は、本明細書では、傾斜された段構造と称され得る。いくつかの実装では、第 2 の部分は、傾きがないほど急峻であってもよく、例えば、第 2 の部分は、法線 1 0 0 2 と平行であってもよい。

【 0 1 1 9 】

しかしながら、「鋸歯」パターンの他の実装では、突端 1 0 0 3 および / または溝 1 0 0 5 は、対称であってもよい。例えば、第 1 および第 2 の傾きのある部分 1 0 0 7、1 0 0 9 は、同一傾きを有し、同一幅であってもよい。

10

【 0 1 2 0 】

図 1 0 B に示される断面パターンは、本明細書では、下記に議論される、多段構造と比較して、単段幾何学形状と称され得る。多段構造は、例えば、図 1 1 D に示される。

【 0 1 2 1 】

回折特徴が、非対称または対称であるかどうかにかかわらず、いくつかの実装では、平台または平坦部分は、下記に議論されるように、突端 1 0 0 3 の上部に位置してもよい。平台または平坦部分を突端 1 0 0 3 の上部に有する、回折特徴を備える、回折格子 1 0 0 8 は、例えば、図 1 1 B および 1 1 D に示される。

【 0 1 2 2 】

図 1 0 B は、法線方向 1 0 0 2 に対して角度 で格子 1 0 0 8 上に入射する、入射光ビーム 1 0 1 6 を示す。(図 1 0 A に関して上記に議論されるように、光は、他の実施例では、基板または導波管 1 0 0 4 を通して通過し、回折格子 1 0 0 8 上に他側から入射することができる。) 上記に議論されるように、法線 1 0 0 2 は、ブレード回折格子 1 0 0 8 の延在される表面または格子または導波管の平面および / または導波管 1 0 0 4 の表面 1 0 0 4 S、例えば、その上に格子が形成される導波管の主要表面または対向平面表面 1 0 0 4 S' に対して法線方向である、またはそれに直交する。図 1 0 B では、回折格子 1 0 0 8 上に入射する光 1 0 1 6 は、法線方向 1 0 0 2 に対して角度 で回折されるように示される。

20

【 0 1 2 3 】

種々の実施形態によると、内部結合光学要素または内部結合回折格子として構成されると、回折格子 1 0 0 8 は、上記に説明されるように、導波管であり得る、基板 1 0 0 4 の中に入射する光を回折結合することができる。回折格子 1 0 0 8 は、所望に応じて、外部結合光学要素として構成されてもよく、そのような実施形態では、上記に説明されるように、同様に導波管であり得る、基板 1 0 0 4 からの光を回折結合することができる。

30

【 0 1 2 4 】

図 1 0 A および 1 0 B を参照すると、いくつかの実装では、基板 1 0 0 4 は、少なくとも 1 . 9 の屈折率を有する、高屈折率材料を含む。屈折率は、例えば、少なくとも 2 . 0、少なくとも 2 . 1、少なくとも 2 . 2、または少なくとも 2 . 3 であることができ、2 . 4 以下、2 . 5 以下、2 . 6 以下、2 . 7 以下、2 . 8 以下であってもよい、またはこれらの値のいずれかによって形成される任意の範囲内であってもよい、またはこれらの範囲外であってもよい。いくつかの実装では、例えば、基板は、Li ベースの酸化物を含む。本明細書に開示される種々の実施例では、回折格子 1 0 0 8 の回折特徴は、基板 1 0 0 4 の表面に形成されてもよい。回折特徴は、基板 1 0 0 4、例えば、導波管内、または基板 1 0 0 4、例えば、導波管にわたって形成され、基板 1 0 0 4 と光学的に連通する、例えば、光を基板 1 0 0 4 の中またはそこから外に結合するように構成される、別個の層内のいずれかに形成されてもよい。図示される実施例では、線等の回折格子 1 0 0 8 の回折特徴は、基板の表面内等、基板 1 0 0 4 内に形成される。回折特徴は、例えば、Li ベースの酸化物等の高屈折率材料を含む基板 1 0 0 4 の中にエッチングされてもよい。基板は、例えば、ニオブ酸リチウムを含んでもよく、回折格子は、基板の表面をエッチングまたはパターン化することによって、ニオブ酸リチウム基板内に形成されてもよい。高屈折率

40

50

を有する、他の材料もまた、使用されてもよい。例えば、リチウム酸化物、例えば、タンタル酸リチウム (LiTaO_3) 等のリチウムを含む、他の材料が、基板として採用されてもよい。炭化ケイ素 (SiC) は、基板材料のための別のオプションである。実施例は、そのように限定されない。他の実施例では、回折格子 1008 の回折特徴は、基板 1004 にわたって配置される、例えば、物理的に接触する、別個の層内に形成されてもよい。例えば、200 nm を下回る厚さの酸化亜鉛 (ZnO)、窒化ケイ素 (Si_3N_4)、二酸化ジルコニウム (ZrO_2)、二酸化チタン (TiO_2)、炭化ケイ素 (SiC) 等の薄膜コーティングが、既存の高屈折率基板にわたって配置されてもよい。薄膜コーティングは、パターン化され、回折特徴を形成してもよい。しかしながら、いくつかの実装では、回折格子 1008 の線等の回折特徴は、基板のものと異なる材料から形成されてもよい。基板は、例えば、 Li ベースの酸化物 (例えば、ニオブ酸リチウム LiNbO_3 またはタンタル酸リチウム LiTaO_3) 等の高屈折率材料を含んでもよいが、しかしながら、回折特徴は、酸化亜鉛 (ZnO)、二酸化ジルコニウム (ZrO_2)、二酸化チタン (TiO_2)、炭化ケイ素 (SiC)、または本明細書に説明される他の材料のコーティング等の異なる材料から形成されてもよい。いくつかの実装では、基板上に形成される、本他の材料は、より低い屈折率を有してもよい。ある場合には、基板 1004 は、例えば、シリカガラス (例えば、ドープされたシリカガラス)、酸窒化ケイ素、遷移金属酸化物 (例えば、酸化ハフニウム、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化アルミニウム (例えば、サファイア))、プラスチック、ポリマー、または Li ベースの酸化物特徴 1008 の材料と異なる、例えば、上記に説明されるような好適な屈折率を有する、可視光に対して実質的に光学的に透過性の他のものをベースとする材料等の材料 (非晶質高屈折率ガラス基板を含む) を含むことができる。

【0125】

しかしながら、上記に説明されるように、本明細書に説明される種々の実装では、回折格子 1008 および基板 1004 または導波管は両方とも、同一材料、例えば、 Li ベースの酸化物を含む。いくつかの実装では、回折格子 1008 は、回折格子 1008 および基板 1004 が単一部片またはモノリシック構造を形成するように、直接、基板 1004 の中にパターン化される。例えば、基板 1004 は、直接、導波管または基板の表面内に形成される、回折格子 1008 を有する、導波管を備える。これらの実装では、バルク Li ベースの酸化物材料が、表面 1004 S にパターン化され、回折格子 1008 を形成してもよい一方、回折格子 1008 の下方の Li ベースの酸化物材料が、導波管を形成してもよい。さらにいくつかの他の実装では、回折格子 1008 を形成するようにパターン化されたバルクまたは基板 1004 および表面 1004 S は、異なる Li ベースの酸化物を含む。例えば、表面領域にパターン化され、回折格子 1008 を形成する、バルク Li ベースの酸化物材料は、第 1 の Li ベースの酸化物材料から形成されてもよい一方、基板 1004 または基板領域を形成する、回折格子 1008 の下方の Li ベースの酸化物材料は、第 1 の Li ベースの酸化物材料と異なる、第 2 の Li ベースの酸化物材料から形成されてもよい。上記に議論されるように、いくつかの他の実装では、回折格子 1008 は、二酸化ジルコニウム (ZrO_2)、二酸化チタン (TiO_2)、炭化ケイ素 (SiC) 等の異なる高屈折率材料から成り、基板 1004 または基板領域を形成する、回折格子 1008 の下方の材料は、 LiTaO_3 、 LiNbO_3 等の、薄膜としてコーティングされる第 1 の材料と異なる、第 2 の材料から形成されてもよい。

【0126】

図 10A および 10B に図示される実施例では、回折格子 1008 は、第 1 の水平方向または y - 方向に伸長され、第 2 の水平方向または x - 方向に周期的に繰り返される、複数のブレード回折格子線を含み得る。回折格子線は、例えば、 y - 方向に延在する直線的かつ連続的な線であることができる。しかしながら、実施形態は、そのように限定されない。いくつかの実装では、回折格子線は、例えば、 y 方向における不連続的な線であることができる。いくつかの他の実装では、不連続的な線は、格子基板の表面から突出する、複数の柱を形成することができる。いくつかの実装では、回折格子線のうちの少なくと

10

20

30

40

50

もいくつかは、 x - 方向に異なる幅を有することができる。

【0127】

図示される実施例では、回折格子1008の回折格子線は、あるプロファイル、例えば、基板の平面に対して異なる角度を形成する非対称対向側表面を有する、鋸歯プロファイルを有する。しかしながら、実施形態は、そのように限定されず、他の実装では、回折格子線は、基板の平面に対して類似角度を形成する対称対向側表面を有することができる。

【0128】

種々の実施形態による、図10Aおよび10Bを参照すると、回折格子1008は、種々の寸法を有してもよい。例えば、回折格子1008の回折特徴は、実施形態によると、10nmまたは40nm~150nmまたは200nm、50nm~110nm、60nm~100nm、70nm~90nm、または約80nm、またはこれらの値のいずれかによって定義された範囲内の高さである、高さ(H)を有してもよい。本高さは、突端1003の高さおよび/または溝1005の深度に対応し得る。高屈折率材料内のブレース幾何学形状を伴うそのような高さは、低減された偏光感度を伴う回折格子を提供し得る。しかしながら、他の高さも、可能性として考えられ得る。

【0129】

回折格子1008は、種々の実施形態によると、250nm~350nm、300nm~400nm、250nm~450nmのピッチ、またはこれらの値のいずれかによって定義された任意の範囲内のピッチを有してもよい。他のピッチもまた、可能性として考えられる。

【0130】

回折格子1008は、約10~70度のブレース角度(浅いサイズ)および140~70度の逆ブレース角度(急峻な側)、またはこれらの値によって定義された範囲内の任意の値を有してもよい。これらの範囲外の値もまた、可能性として考えられる。

【0131】

図11A-11Dに示されるように、単段または多段のいずれかの幾何学形状のブレースド回折格子が、形成されてもよい。図11A-11Dに示される実施例では、格子は、ブレースドフォトレジストを堆積させ、次いで、フォトレジストをエッチングおよびパターン化することによって形成される。

【0132】

図11Aは、導波管1004(図10A)であり得る、基板1104内における単段ブレースド格子1106の形成を図示する。フォトレジスト1102等のパターン化可能材料は、導波管1004を備え得る、基板1104上に堆積されてもよい。パターン化可能材料/フォトレジスト1102は、ブレースド格子の形状を有するようにパターン化される。ブレースド幾何学形状をフォトレジスト1102内に形成するステップは、いくつかの実装では、単段「鋸歯」パターン等のパターンをフォトレジスト1102内にインプリントするステップ(例えば、フォトレジストを基板1104上に堆積させ、次いで、ブレースド幾何学形状をインプリントするステップ)を伴い得る。フォトレジスト1102は、硬質マスク等のマスクを備えてもよい。パターン化されたフォトレジスト1102および基板1104は、次いで、エッチングされ、ブレースドパターンを基板1106内に形成し得る。フォトレジスト1102および基板1104をエッチングするステップは、例えば、ドライプラズマまたは化学エッチングおよび/またはウェット化学エッチングを伴ってもよい。いくつかの実装では、図11Aに図示されるエッチングは、パターン化されたフォトレジストが最厚であった部分が、基板からの材料の比較的少量の除去、例えば、無視可能または無除去をもたらす一方、パターン化されたフォトレジストが最薄であった(または存在しなかった)部分が、基板からの材料の比較的少量の除去または基板の中への最深エッチングをもたらすように、材料を比較的一定率においてエッチング除去し得る。

【0133】

図11Bは、ブレースドフォトレジスト格子1112の走査電子顕微鏡写真であって、

10

20

30

40

50

ブレード格子パターンは、例えば、パターン化されたマスタを用いてフォトリソをインプリントすることによって、フォトリソ 1104 内に形成される。示される回折格子 1112 は、単段ブレード幾何学形状を有する。

【0134】

図 11C は、導波管 1004 (図 10A) であり得る、基板 1154 内における多段ブレード格子 1156 の形成を図示する。フォトリソ 1152 等のパターン化可能材料が、基板 1154 上に堆積され得る。パターン化可能材料/フォトリソ 1152 は、ブレード格子の形状を有するようにパターン化される。ブレードフォトリソ 1152 を形成するステップは、いくつかの実装では、多段「鋸歯」パターン等のパターンをフォトリソ 1152 内にインプリントするステップ (例えば、フォトリソを基板 1154 上に堆積させ、次いで、ブレード幾何学形状をインプリントするステップ) を伴い得る。パターン化されたフォトリソ 1152 および基板 1154 は、次いで、エッチングされ、多段ブレード基板 1156 を形成し得る。フォトリソ 1152 は、硬質マスク等のマスクを備えてもよい。パターン化されたフォトリソ 1152 および基板 1154 は、次いで、エッチングされ、ブレードパターンを基板 1156 内に形成し得る。フォトリソ 1152 および基板 1154 をエッチングするステップは、例えば、ドライプラズマまたは化学エッチングおよび/またはウェット化学エッチングを伴ってもよい。いくつかの実装では、図 11C に図示されるエッチングは、パターン化されたフォトリソが最厚であった部分が、基板からの材料の比較的少量の除去、例えば、無視可能または無除去をもたらす一方、ブレードフォトリソが最薄であった (または存在しなかった) 部分が、基板からの材料の比較的少量の除去または基板の中への最深エッチングをもたらすように、比較的一定率で材料をエッチング除去し得る。

【0135】

図 11D は、ブレードフォトリソ格子 1162 の走査電子顕微鏡写真であって、ブレード格子パターンは、例えば、パターン化されたマスタを用いてフォトリソをインプリントすることによって、フォトリソ 1164 上に形成される。回折格子 1162 は、多段ブレード幾何学形状を有してもよい。突端 1003 の幅は、約 200 nm であるように示される。

【0136】

図 11E に示されるように、図 10A および 10B の格子 1008 等の高屈折率基板内に形成される、回折格子のブレード幾何学形状は、異なる高さおよび/またはブレード角度を有するように変動されることができる。特に、図 11E は、第 1 の形状を有し、第 1 の高さ (いくつかの実装では、約 80 nm であってもよい) を有する、第 1 の回折格子 1170 (例えば、幾何学形状 1) を図示する。図 11E はまた、第 2 の形状を有し、第 2 の高さ (第 1 の高さより低くてもよく、いくつかの設計に関して、約 35 nm であってもよい) を有する、第 2 の回折格子 1180 (例えば、幾何学形状 2) を図示する。少なくとも図 13 に関連して議論されるであろうように、ブレード回折格子の幾何学形状を変動させることは、格子の性能特性を変動させ得る。例えば、80 nm の高さ (または深度) を伴う幾何学形状 1 は、35 nm の高さ (または深度) を伴う幾何学形状 2 より低い偏光感度を提供し得る。

【0137】

図 12A - 12F は、基板内に形成される種々のブレード回折格子の走査電子顕微鏡写真 (SEM) を示す。図 12A - 12F の基板および格子は、単に、例証的实施例であって、一般に、特徴サイズ、ピッチ、角度、および他の特性は、所望の性能特性を達成するために変動されてもよい。

【0138】

図 12A - 12C は、ブレード回折格子の形状 (例えば、ブレード幾何学形状) を有する、上側表面を有する、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) 基板を示す。図 12A は、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) 基板内に形成されるブレード回折格子の SEM 画像 1200 であって、ブレード格子の段高または突端の高さは、約 31.90 nm であ

10

20

30

40

50

ると測定される。基板の平面に対する第1の（より浅い）傾きのある表面の角度は、約12.1度である。（本角度は、本明細書では、ブレード角度と称され得る。）図12Bは、異なる視点からのブレード格子のSEM画像1202を示す。図12Bは、約331.8nmであると測定されたピッチ（例えば、突端または段または溝の最小値間の距離）を示す。図12Cに示されるSEM画像1204では、ニオブ酸リチウム（LiNbO₃）基板内に形成されるブレード格子は、約46.26nmであると測定される、突端または段高を有するように示される。基板の平面に対する第1の（より浅い）傾きのある表面の角度は、約19.5度である。（本角度は、本明細書では、ブレード角度と称され得る。）

【0139】

図12Dは、ブレード回折格子をその中に形成するようにエッチングされる、シリコン基板のSEM画像1206を示す。図12Dの実施例におけるブレード回折特徴の高さ、例えば、突端の高さまたは溝の深度は、約63.80nmであると測定される。突端の幅は、約167.5nmであると測定される。突端の「急峻な」角度、例えば、第2のより急峻な傾きのある部分の角度は、（基板の延在される平面に対して）約53.0度であると測定される。突端の「浅い」角度、例えば、第1のより浅い傾きのある部分（ブレード角度と称され得る）の角度は、約27.9度（基板の延在される平面に対して）であると測定される。

【0140】

図12Eは、多段ブレード回折格子をその中に形成するようにエッチングされる、シリコン基板のSEM画像1208を示す。図12Dの実施例における多段ブレード特徴の高さ、例えば、突端の高さまたは溝の深度は、約66.85nmであると測定される。多段ブレード特徴または突端の幅は、約206.9nmであると測定される（例えば、隣接する多段特徴間の任意の間隔を含まない幅）。突端の基部から突端の上部までの距離に対する突端の高さに基づいて決定される、突端の全体的「浅い」角度は、（基板の延在される平面に対して）約22.5度であると測定される。「急峻な」角度、例えば、突端の第2のより急峻な傾きのある部分の角度は、（基板の延在される平面に対して）約68.8度であると測定される。

【0141】

図12Fは、1.8の屈折率（RI）を有するガラスから形成される、基板のSEM画像1210を示す。撮像された基板は、約87.09nmの段または特徴高を有する、ブレード回折格子をその中に形成している。

【0142】

一般に、図10Aおよび10Bの格子1008等のブレード回折格子の幾何学形状を変動させることは、格子の性能特性を改変させ得る。少なくともいくつかの実装では、例えば、光の偏光にあまり敏感ではない、回折格子（例えば、比較的該光の偏光から独立して、光を内部結合または外部結合する、回折光学結合要素）が、格子の厚さまたは回折特徴の高さ等の格子のパラメータを好適に調節することによって取得され得る。低減された偏光感度を有する、回折格子は、より高い全体的効率を有し得（例えば、より偏光に敏感な格子より多くの光を結合し得）、偏光に敏感な格子が、望ましくないコヒーレントアーチファクトを導入し、例えば、頭部搭載型ディスプレイの接眼レンズによって生産された遠視野画像の均一性を低減させ得るため、視認者のためにより均一な画像を提供し得る。

【0143】

図13は、例えば、種々のブレード回折格子の偏光感度を図示する。特に、図13は、入射角の関数として、TM/TE内部結合格子回折効率（DE）比を図示する。TM/TE ICG DE比は、例えば、横方向電気（TE）偏光に関する内部結合効率によって除算される、横方向磁気（TM）偏光に関する内部結合効率に対応し得る。入射角は、例えば、図10Aおよび10Bにおいて参照されるように、入射角であり得る。

【0144】

プロット1300は、ニオブ酸リチウム基板上に配置されるフォトレジスト内に形成さ

10

20

30

40

50

れる、ブレード回折格子に関する入射角 θ の関数として、 $T M / T E$ 比を図示する。プロット 1300 に示されるように、ニオブ酸リチウム基板上のブレードフォトレジストから形成される、回折格子は、比較的偏光に敏感である、例えば、入射角の範囲内の $T E$ 偏光に関する格子の効率を 3 ~ 4 倍上回る、 $T M$ 偏光に関する効率を有し得る。

【0145】

プロット 1302 は、35 nm の特徴または突端高（または溝深度） H を有する、ニオブ酸リチウム基板内に形成される回折特徴を備える、ブレード回折格子（図 11E に示される幾何学形状 2 を有する、回折格子 1180 等）に関して、入射角 θ の関数として、 $T M / T E$ 比を図示する。プロット 1302 に示されるように、35 nm のエッチングされた特徴高を伴う回折格子は、ニオブ酸リチウム基板上に堆積されるフォトレジスト層内に形成される、ブレード格子ほど偏光に敏感ではない。測定された入射角の範囲の大部分にわたって、35 nm のエッチングされた特徴高を伴う回折格子は、わずかにのみ、約 1.5 ~ 2.0 または 2.2 の比率において、 $T E$ 偏光より $T M$ 偏光に有利に働く（例えば、格子は、したがって、わずかに低減された偏光感度を有する）。

【0146】

プロット 1304 は、80 nm の特徴または突端高（または溝深度） H を有する、ニオブ酸リチウム基板内に形成される回折特徴を備える、ブレード回折格子（図 11E に示される幾何学形状 1 を有する、回折格子 1170 等）に関して、入射角 θ の関数として、 $T M / T E$ 比を図示する。プロット 1304 に示されるように、80 nm のエッチングされた回折特徴高を伴う回折格子は、広範囲の入射角にわたって、約 1 の $T M / T E$ 回折効率比を有する（例えば、格子は、低減された偏光感度を有する、例えば、実質的に偏光に鈍感である）。

【0147】

図 14 は、異なる色光に関する（例えば、緑色光、青色光、および赤色光に関する）80 nm の特徴高を有するニオブ酸リチウム基板内に形成される、ブレード回折格子の $T M / T E$ 回折効率を図示する。図 14 に示されるように、（回折格子 1170 の） $T M / T E$ 回折効率比は、緑色および青色光の両方に関して、広範囲の入射角にわたって、約 1 である。加えて、赤色光に関して、 $T M / T E$ 回折効率比は、概して、約 1.5 であって、ある入射角に関しては、2 を上回って増加する（但し、2.5 未満である）。

【0148】

図 15 は、入射角の関数として、緑色、青色、および赤色光に関する、80 nm の特徴高を伴うニオブ酸リチウム内に形成される、ブレード回折格子の平均回折効率を図示する。平均回折効率は、例えば、内部結合（または外部結合）非偏光における回折格子の効率を示し得る。

【0149】

効率および明度における一般的低減に加え、ある高度に偏光に敏感な回折格子はまた、コヒーレントアーチファクトを作成し、画像コンテンツをユーザの眼に指向する、頭部搭載型ディスプレイ内の接眼レンズによって生産された遠視野画像の均一性を低減させ得る。

【0150】

図 16 は、光を導波管ベースの接眼レンズおよび光再指向要素（直交瞳エクспанダ）および外部結合光学要素（射出瞳エクспанダ）の中に内部結合するために、ニオブ酸リチウム基板上に堆積されるフォトレジスト内に形成されるブレード回折格子を備える、内部結合格子を備える、接眼レンズから出力された光の分布を示す。図 16 に示されるように、ニオブ酸リチウム基板上に堆積されるフォトレジスト内のブレード回折格子を備える内部結合光学要素を伴う、接眼レンズは、非偏光入力に関して約 9.45 % および線形偏光入力に関して約 11.3 % のコヒーレント均一性を生産し得る。図 16 のグラフおよび画像は、内部結合格子を形成するようにインプリントすることによってパターン化された、フォトレジストの層をその上に有する、500 ミクロン厚の Z - カットニオブ酸リチウム基板から取得されている。図 16 は、遠視野画像 1600 内の非均一性を示す。本実施例では、プロットされる、均一性スコアは、ある面積にわたって捕捉された画像のピ

10

20

30

40

50

クセル値を分析することから導出される、数学的値であって、画像にわたる異なるサンプリング空間周波数において捕捉された値内の非均一性のインジケーションを与える。より低い値は、捕捉または所望される画像の視野にわたって、より均一な色分布を示す。

【 0 1 5 1 】

図 1 7 は、光を導波管ベースの接眼レンズおよび光再指向要素（直交瞳エキスパンダ）および外部結合光学要素（射出瞳エキスパンダ）の中に内部結合するために、ニオブ酸リチウム基板内に形成されるブレード回折格子を備える、内部結合格子を備える、接眼レンズから出力された光の分布を示す。図 1 7 に示されるように、ニオブ酸リチウム基板の中にエッチングすることによって形成される 80 nm の特徴高（突端高または溝深度）を有する、ブレード回折格子を備える、内部結合光学要素は、非偏光入力に関して約 8 . 1 % および線形偏光入力に関して約 8 . 3 5 % のコヒーレント均一性等、改良されたコヒーレント均一性を有し得る。図 1 7 のグラフおよび画像は、基板の中にエッチングされるブレード回折格子を伴う、500 ミクロン厚の Z - カットニオブ酸リチウム基板から取得されている。E P E および O P E もまた、基板の中にエッチングされる。図 1 7 は、遠視野画像 1 6 0 0 に対する遠視野画像 1 7 0 0 内の非均一性における低減を示す。

【 0 1 5 2 】

故に、約 40 ~ 120、または 60 ~ 100、または 70 ~ 90、または 80 ナノメートル、またはこれらの値のいずれかの間の範囲内である任意の値の厚さ等のある寸法を有する、ニオブ酸リチウム等の高屈折率基板内に形成される、ブレード格子は、低減された偏光感度を提供し得る。

【 0 1 5 3 】

構造およびその製造方法は、上記に具体的に説明されるそれらの実施例と異なってもよい。例えば、ブレード格子は、外部結合光学要素（例えば、E P E）および/または光再指向光学要素（例えば、O P E）として使用されてもよい。加えて、回折格子の代わりに、他のタイプの回折光学要素が、例えば、高屈折率基板内に形成されてもよい。例えば、タンタル酸リチウム（例えば、 LiTaO_3 ）等の異なる高屈折率材料が、導波管およびその中に形成される回折特徴のために使用されてもよい。上記に議論されるように、いくつかの他の実装では、導波管およびその中に形成される回折特徴は、炭化ケイ素または高屈折率非晶質ガラス等の他の高屈折率材料を含んでもよい。加えて、いくつかの実装では、回折格子 1008 は、酸化亜鉛（ ZnO ）、窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）、二酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）、二酸化チタン（ TiO_2 ）、炭化ケイ素（ SiC ）等の異なる高屈折率材料またはコーティングを含み、基板 1004 または基板領域を形成するものの下方の材料は、 LiTaO_3 、 LiNbO_3 等の第 2 の高屈折率材料を含んでもよい。

（回折特徴の 2 次元（2D）アレイを有する回折格子）

【 0 1 5 4 】

低減された偏光感度を有する、回折格子の種々の実装は、回折特徴の 1 次元（1D）アレイ、例えば、上記に説明されるように、線として実装されることができ。例えば、図 10A は、傾きが付けられた側壁を有する、「鋸歯」形状を有し得、1つの方向（例えば、図 10A における第 1 の水平または x 方向）に側方に配列される、一連の回折特徴 1012 を有する、例示的デバイス 1000 の断面側面図を示す。回折特徴 1012 は、1つの方向（例えば、図 10A における第 1 の水平または x 方向）に起伏し、または 1つの方向（例えば、図 10A における第 2 の水平または y 方向）に伸長され、したがって、1D と称される。1D 回折特徴のさらなる実施例として、図 11B は、1D アレイとして構成される、ブレードフォトレジスト格子の斜視図を示す。回折特徴 1012（図 10A）は、1つの方向（例えば、図 10A における第 2 の水平または y 方向）に延在する線等の一連の伸長縦方向特徴を形成することができる。伸長縦方向特徴は、1つの方向（例えば、図 10A における第 1 の水平または x 方向）に沿って配列され、その方向に繰り返される。

【 0 1 5 5 】

いくつかの実施形態では、構造のアレイはまた、2つの方向に配列され、回折特徴の 2

10

20

30

40

50

次元（２Ｄ）アレイを形成することができる。回折特徴の２Ｄアレイは、起伏を２つの方向に含むことができる。いくつかのインスタンスでは、起伏は、周期的であることができる一方、他のインスタンスでは、起伏のピッチは、少なくとも１つの方向に変動し得る。本明細書に説明される種々の実施例によると、回折特徴は、非対称的に角度付けられる、または傾斜される、対向側壁を有する。本明細書に説明される種々の実施例によると、回折特徴は、テーパ状であってもよい。いくつかの実装では、回折特徴は、実質的に角度付けられる、または傾斜される、対向側壁を有することができる。いくつかの実装では、対向側壁は、同一方向に傾斜されてもよい一方、他の実装では、対向側壁は、対向方向に傾斜されてもよい。いくつかの他の実装では、回折特徴は、実質的に傾斜される、対向側壁のうちの一方を有しながら、水平軸に略垂直または直交する、または少なくとも他側壁未満だけ傾斜される、側壁の他方を有することができる。本明細書に説明される２Ｄ回折特徴の種々の実施例では、２Ｄ回折特徴は、１Ｄ回折特徴の種々の実施例に関して上記に説明されるように、導波管であり得る、下層基板内または上に形成されることができる。例えば、２Ｄ回折特徴は、下層基板の中にエッチングされる、またはその上に形成される別個の層をパターン化することによって形成されることができる。したがって、２Ｄ回折特徴は、種々の２Ｄ回折特徴に関して上記に説明されるものと同様に、基板の材料と同一または異なる材料から形成されることができる。他の変形例および構成も、可能性として考えられる。

【０１５６】

図１８は、回折特徴３６０３（例えば、２つの寸法または方向に側方に配列される、回折特徴３６０３）の２Ｄアレイを有する、例示的デバイス３６００を示す。本実施例では、アレイは、格子模様パターンに類似する。回折特徴３６０３は、突出部と称され得る。回折特徴は、対向方向に傾きが付けられる、傾きのある側壁を有する。側壁傾きのうちの一方は、側壁傾きの他方未満である、傾きを有してもよい。本構成の結果は、回折特徴がブレードされることになる。

【０１５７】

図１８の図示される実施例における回折特徴は、少なくとも１つの側方方向において非対称である。図１８Ａおよび１８Ｂは、それぞれ、非対称回折特徴の例示的アレイの断面側面図および上面図を示す。本２Ｄ回折格子は、ブレード回折格子を備える。回折特徴は、高さに伴って、例えば、厚さがテーパ状であってもよい。図１８に示される実施例では、回折特徴は、一方の傾きが、他方より大きく、対向方向に傾斜される、２つの対向する傾きのある側壁またはファセットを有する一方、図１８Ａおよび１８Ｂに示される実施例では、一方の側壁は、傾きが付けられる一方、他の対向側壁は、略垂直である、または傾きが付けられない、または無視可能である傾きを第２の側壁上に有する。両方の場合において、対向側壁のうちの一方の傾きは、回折特徴が、非対称であって、ブレードされるように、（該当する場合）対向側壁の他方のものを上回る。結果として、回折特徴は、１つの方向において、他の方向より優先的に光を回折する。そのような回折格子は、例えば、プロジェクタから受光された光を配光要素、外部結合光学要素、または配光要素と外部結合光学要素の組み合わせ、例えば、組み合わせられた瞳エクспанダ - 抽出器（ＣＰＥ）に向かって回折するように構成される、内部結合光学要素として、有用であり得る。そのような回折格子は、ユーザおよび頭部搭載型ディスプレイの正面の環境または世界と対向方向とは対照的に、光を眼に外部結合するために有用であり得る。側壁傾斜角度は、いくつかの実装では、片側において、水平軸に対して３０度未満であって、他側において、８０度を上回る（例えば、８０～９０度）。しかしながら、他の傾斜および傾斜角度も、可能性として考えられる。いくつかのインスタンスでは、回折特徴は、鋸歯ナノ構造等の鋸歯構造の２Ｄアレイを形成することができる。

【０１５８】

故に、種々の実装では、対称または非対称回折特徴の２Ｄアレイは、ブレード回折格子としての役割を果たすことができる。上記に議論されるように、回折格子の形状（例えば、側壁の傾斜角度）は、格子が光を指向する、または光をそれに向かって優先的に指向

10

20

30

40

50

する、方向を決定することができる。例えば、格子は、他の格子（例えば、E P E、O P E、またはC P E）に向かって、および／または視認者に向かって、より多くの光を指向してもよい。いくつかのインスタンスでは、回折特徴は、ファセット加工され、光の伝搬を2つ以上の方向にバイアスする（例えば、複数の方向にブレードされる）ことができる。例えば、図19Aは、基板3701内または上に形成される回折特徴3703の2Dアレイを有する、例示的デバイス3700を示す。回折特徴3703は、第1の側壁またはファセット3703b-1と、傾斜される、第2の側壁またはファセット3703b-2とを有する。故に、回折特徴は、高さに伴って、例えば、厚さがテーパ状である。回折特徴3703は、第1および第2の側壁またはファセット3703b-1、3703b-2の傾斜角度に基づく方向に優先的に光を指向するように構成されることができる。図19Bは、より多くの光を2つの特定の方向に指向する、例示的回折特徴を示す（右上向きにおよび左下向きに指向される2つの太実線矢印によって図示されるように）。他の実施例も、可能性として考えられる。

【0159】

故に、格子構造等の本明細書に説明される構造またはデバイスのいずれかは、1D格子を備えてもよい。同様に、格子構造等の本明細書に説明される構造またはデバイスのいずれかは、2D格子を備えてもよい。そのような2D格子は、光を拡散させ得る。これらの格子はまた、ブレード格子を備えてもよい。そのようなブレード格子は、優先的に、光をある方向に指向してもよい。いくつかの実装では、2D格子（例えば、1つの傾斜されたファセットを回折特徴上に有する）は、優先的に、光を1つの方向に指向する一方、他の実装では、2D格子（例えば、2つの傾斜されたファセットを回折特徴上に異なるように有する）は、優先的に、光を複数の方向に指向する。同様に、本明細書に説明される方法またはプロセスのいずれかは、1D格子のために使用されることができる。同様に、本明細書に説明される方法またはプロセスのいずれかは、2D格子のために使用されることができる。1Dまたは2Dのこれらの格子は、本明細書に開示されるように、基板および／または導波管内または上に含まれてもよく、接眼レンズ内に含まれ、可能性として、頭部搭載型ディスプレイの中に統合されてもよい。これらの格子は、入力格子（例えば、I C G）、出力格子（E P E）、配光格子（O P E）、または組み合わせられた配光格子／出力格子（例えば、C P E）として採用されてもよい。

【0160】

図20Aは、ブレード格子を形成する例示的方法3800を示す。方法3800は、テンプレートまたはマスタ3810を提供するステップを含む。回折特徴が、角度付けられた、傾けられる、または傾斜されるべきである場合、テンプレート3810は、パターン化され、角度付けられた構造を形成することができる。種々のプロセス、例えば、エッチングプロセスが、指向性にされ、角度付けられ、そのような角度付けられた構造を形成してもよい。角度付けエッチングプロセス等の角度付けプロセスのいくつかの実施例は、イオンビームミリング、角度付ドライエッチング、イオンエッチング、GLADエッチング、傾斜エッチング、ファラデーケージエッチング等を含む。いくつかの実装では、テンプレート3810のために採用される材料の選択は、テンプレート内に角度付けられた側壁を有する、角度付けられた構造を生産することを補助し得る。本実施例では、角度付けられた構造は、角度付けられた伸長突出部（例えば、1D格子のため）または角度付けられた柱（例えば、2D格子のため）を備える。これらの角度付けられた伸長突出部または角度付けられた柱は、同一方向に傾斜され、ある場合には、略平行であり得る、側壁を有してもよい。いったんテンプレート3810が、加工されると、パターン化可能材料（例えば、ポリマー、レジスト、フォトレジスト等）の層が、基板3801上に堆積されることができる。本層は、インプリントテンプレート3810を用いてインプリントされることができる。テンプレート3810は、基板3801上のパターン化可能材料（例えば、レジスト材料）3805の中にインプリントされ、基板のためのマスク3805を形成することができる。他の実装では、パターン化可能材料は、テンプレート上に堆積されることができる、基板は、パターン化可能材料をその上に伴った状態で、テンプレートに接触さ

ることができる。テンプレートは、除去されることができ、レジスト材料 3805 および下層基板 3801 は、ドライエッチングされ、回折特徴 3803 を基板 3801 内に形成することができる。種々の実装では、ドライエッチングが、示されるように採用される。エッチングは、指向性であってもよい。示される実施例では、エッチングプロセスは、角度付けられない。基板 3801 内（または基板 3801 上に配置される材料の層内）に形成される結果として生じる回折特徴 3803 は、ある形状を有してもよい、例えば、マスク 3805 内の角度付けられた特徴の結果として、ブレードされてもよい。示される実施例では、回折特徴の断面は、2つの傾きのある側を伴う、台形または略三角形形状を有する。側は、対向方向に傾く。示される実施例では、片側は、他方より傾きが付けられ、ブレード構造を作成する。本プロセスは、回折特徴の 1D または 2D アレイを形成するために使用されてもよい。

10

【0161】

図 20B は、ブレード回折特徴を形成する別の例示的方法 3850 を示す。マスク 3855 および下層基板 3851 は、ある角度でエッチング（例えば、ドライエッチング）され、回折特徴 3853 を基板 3851 内（または基板 3851 上に配置される材料の層内）に形成することができる。角度付けエッチングプロセスでは、エッチング液の方向は、エッチング液の流入角における傾斜または基板 3851 の表面における傾斜のいずれかに起因し得る、基板 3851 の表面法線方向に対して傾けられる角度を形成する。角度付け指向性エッチングプロセス（例えば、角度付けエッチング）のいくつかの実施例は、イオンビームミリング、角度付けドライエッチング、イオンエッチング、GLAD エッチング、傾斜エッチング、ファラデーケージエッチング等を含む。テンプレートは、台形または略三角形断面を備える、伸長突出部（例えば、1D 格子のため）またはテーパ状柱（例えば、2D 格子のため）を備えてもよい。これらの伸長突出部またはテーパ状柱は、対向方向に傾斜される、側壁を有してもよい。一方の側壁は、他方より傾斜されてもよい。角度付けエッチングプロセスをこれらの伸長突出部またはテーパ状柱に適用することは、材料、例えば、伸長突出部またはテーパ状柱の下層の基板または基板上に配置される材料の層内にブレード格子を生産し得る。同一方向に傾斜された側を有する、ブレード回折特徴が、生産されてもよい。種々の実装では、側のうちの一方は、他側より傾斜される。本プロセスは、回折特徴の 1D または 2D アレイを形成するために使用されてもよい。

20

【0162】

種々の実装では、結果として生じる回折特徴は、マスク内の角度付けられた特徴の結果として（例えば、図 20A に示されるように）、および/または角度付けプロセスを使用する結果として（例えば、図 20B に示されるように）、2つ以上の方向にブレードされてもよい（例えば、図 19A に示されるように）。2つ以上の方向にブレードされた回折特徴または格子は、2回、エッチングすることによって生産されてもよい。いくつかの実装では、例えば、2つ以上の方向にブレードされる、回折特徴または格子は、第1のマスクを用いてエッチングし、再び、第2の異なるマスクを用いてエッチングすることによって生産されてもよい。いくつかのインスタンスでは、図 21 に示されるように、マスク 3905 および基板 3901 は、エッチングされ、回折特徴 3903 の第1の側壁を基板 3901 内に形成してもよい。加えて、パターン化が、第2の側壁を形成するために提供されてもよい。種々の実装では、異なる配向および/または形状を有する、第2のマスクが、第2の側壁を形成するために使用されてもよい。（例えば、第1の側壁に対してある角度および/または異なる配向における）第2のマスクは、例えば、エッチングされ、第2の側壁を形成してもよい。いくつかの実装では、回折特徴 3903 の第1の側壁が、形成された後、平面化層 3907 が、中間回折特徴 3903 および基板 3901 に追加されてもよい。平面化層 3907、中間回折特徴 3903、および/または基板 3901 は、パターン化およびエッチングされ（例えば、第1の側壁に対してある角度で）、第2の側壁を形成してもよい。上記の実施例は、基板をパターン化するコンテキストにおいて議論されるが、いくつかの実装では、上記に説明されるプロセスは、基板ではなく、基板上に形成される層をパターン化するために採用されてもよい。代替として、いくつかの実装では

30

40

50

、上記に説明されるプロセスは、基板上に形成される層および基板をパターン化するために採用されてもよい。

【0163】

加えて、例示的方法3800、3850、3900は、非対称回折特徴の2Dアレイを形成するように例証されるが、本方法はまた、対称回折特徴の2Dアレイを形成するためにも使用されることができる（角度付けられた側壁の有無にかかわらず）。本方法はまた、回折特徴の1Dアレイを形成するためにも使用されることができる。いくつかのインスタンスでは、1Dアレイ内の回折特徴は、角度付けられた側壁の有無にかかわらず、対称であることができる。いくつかのインスタンスでは、1Dアレイ内の回折特徴は、例えば、角度付けられた側壁を伴って、非対称であることができる。故に、ある場合には、ブレード回折特徴が、形成されてもよい。

10

付加的実施例 - パートI：

(実施例1)

頭部搭載型ディスプレイシステムであって、
頭部搭載可能フレームと、
光を出力し、画像コンテンツを提供するように構成される、光投影システムと、
フレームによって支持される、導波管であって、導波管は、少なくとも1.9の屈折率を有する材料を含む基板と、該基板内に形成される、ブレード回折格子とを備え、該基板は、該光投影システムからの光の少なくとも一部を該導波管の中に結合されるように誘導するように構成される、導波管と、
を備え、ブレード回折格子は、その上に入射する光の角度の範囲にわたる第1の偏光のための第1の回折効率を有し、その上に入射する光の角度の範囲にわたる第2の偏光のための第2の回折効率を有し、第1の回折効率は、第2の回折効率の1~2倍である、頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

(実施例2)

少なくとも1.9の屈折率を有する、材料は、リチウムベースの酸化物を含む、実施例1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例3)

少なくとも1.9の屈折率を有する、材料は、ニオブ酸リチウムを含む、実施例1または2に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

30

(実施例4)

少なくとも1.9の屈折率を有する、材料は、タンタル酸リチウムを含む、実施例1または2に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例5)

少なくとも1.9の屈折率を有する、材料は、炭化ケイ素を含む、実施例1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例6)

少なくとも1.9の屈折率を有する、材料は、二酸化ジルコニウムを含む、実施例1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例7)

少なくとも1.9の屈折率を有する、材料は、二酸化チタンを含む、実施例1に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(実施例8)

材料は、少なくとも2.0~2.7の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例9)

材料は、少なくとも2.1~2.7の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例10)

材料は、少なくとも2.2~2.7の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の

50

頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 1)

材料は、少なくとも 2 . 3 ~ 2 . 7 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 2)

材料は、少なくとも 2 . 4 ~ 2 . 7 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 3)

材料は、少なくとも 2 . 5 ~ 2 . 7 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

(実施例 1 4)

材料は、少なくとも 2 . 6 ~ 2 . 7 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 5)

該ブレード回折格子は、その間の溝によって離間された突端を備える、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 6)

該ブレード回折格子は、複数の直線を備える、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 7)

該ブレード回折格子は、40 ~ 120 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

(実施例 1 8)

該ブレード回折格子は、60 ~ 100 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 9)

該ブレード回折格子は、70 ~ 90 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 0)

該ブレード回折格子は、約 80 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

30

(実施例 2 1)

該回折特徴は、非対称である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 2)

該ブレード回折格子は、250 ~ 350 nm のピッチを有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 3)

ブレード回折格子は、300 ~ 450 nm のピッチを有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(実施例 2 4)

該基板は、平面であって、該ブレード回折格子は、基板の平面に対して 10 ~ 30 度のブレード角度を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 5)

該基板は、平面であって、該ブレード回折格子は、基板の平面に対して 15 ~ 25 度のブレード角度を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 6)

該基板は、平面であって、該ブレード回折格子は、基板の平面に対して約 19 . 5 度

50

のブレイズ角度を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 27)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1～1.5倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 28)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1～1.4倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 29)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1～1.3倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

(実施例 30)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1～1.2倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 31)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1～1.1倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 32)

角度の範囲は、少なくとも6度である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

(実施例 33)

角度の範囲は、少なくとも12度である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 34)

角度の範囲は、少なくとも18度である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 35)

角度の範囲は、少なくとも22度である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 36)

角度の範囲は、基板の平面に対して±3度の間である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

30

(実施例 37)

角度の範囲は、基板の平面に対して±6度の間である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 38)

角度の範囲は、基板の平面に対して±9度の間である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 39)

角度の範囲は、基板の平面に対して±11度の間である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(実施例 40)

第1および第2の偏光は、異なる偏光角度を有する、第1および第2の線形偏光を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 41)

第1および第2の偏光は、直交方向に配向される、第1および第2の線形偏光を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 42)

第1および第2の偏光は、それぞれ、横方向磁気および横方向電気偏光を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

50

(実施例 4 3)

第 1 および第 2 の偏光は、それぞれ、横方向電気および横方向磁気偏光を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 4 4)

第 1 の回折効率は、可視光スペクトルを横断して平均された横方向磁気偏光のための回折効率を備え、第 2 の回折効率は、可視光スペクトルを横断して平均された横方向電気偏光のための回折効率を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 4 5)

第 1 の回折効率は、可視光スペクトルを横断して平均された横方向電気偏光のための回折効率を備え、第 2 の回折効率は、可視光スペクトルを横断して平均された横方向磁気偏光のための回折効率を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

(実施例 4 6)

ブレード回折格子は、第 2 の偏光を有する光の赤色波長のための回折効率の 1 ~ 2 倍である、第 1 の偏光を有する光の赤色波長のための回折効率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 4 7)

ブレード回折格子は、第 2 の偏光を有する光の緑色波長のための回折効率の 1 ~ 1 . 5 倍である、第 1 の偏光を有する光の緑色波長のための回折効率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

(実施例 4 8)

ブレード回折格子は、第 2 の偏光を有する光の青色波長のための回折効率の 0 . 7 ~ 1 倍である、第 1 の偏光を有する、光の青色波長のための回折効率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 4 9)

該導波管は、光を該頭部搭載型ディスプレイを装着しているユーザの眼に指向するように構成される、接眼レンズ内に含まれる、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 5 0)

30

該接眼レンズは、フレーム上に配置され、光投影システムからの光をユーザの眼の中に指向し、拡張現実画像コンテンツをユーザの視野に表示するように構成され、接眼レンズの少なくとも一部は、透明であって、ユーザが頭部搭載型ディスプレイシステムを装着すると、ユーザの眼の正面の場所に配置され、透明部分は、ユーザの正面の物理的環境の一部からの光をユーザの眼に透過させ、ユーザの正面の物理的環境の一部のビューを提供する、実施例 4 9 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 5 1)

該接眼レンズは、該少なくとも 1 つの導波管を備え、該少なくとも 1 つの導波管は、ユーザが導波管を通して見ることができるよう、可視光に対して透明である、実施例 4 9 または 5 0 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(実施例 5 2)

該導波管は、該光投影システムからの光を導波管の中にその中で誘導されるように結合するための内部結合光学要素を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 5 3)

該導波管は、該光投影システムからの光を導波管から外に結合し、該光をユーザの眼に指向し、該画像コンテンツを視認者に提示するための外部結合光学要素を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 5 4)

該ブレード回折格子は、該光投影システムからの光を該導波管の中に内部結合するよ

50

うに構成される、内部結合格子（ＩＣＧ）を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

（実施例５５）

該ブレード回折格子は、該導波管内で誘導される該光投影システムからの光を該導波管から外に外部結合するように構成される、外部結合格子（ＥＰＥ）を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

（実施例５６）

光学導波管であって、
少なくとも１．９の屈折率を有する材料を含む基板であって、全内部反射を介して、該導波管の中に結合される光を該導波管内で誘導するように構成される、基板と、
該基板内に形成される、ブレード回折格子と、
を備え、ブレード回折格子は、その上に入射する光のための角度の範囲にわたる第１の偏光のための第１の回折効率を有し、その上に入射する光のための角度の範囲にわたる第２の偏光のための第２の回折効率を有し、第１の回折効率は、第２の回折効率の１～２倍である、光学導波管。

10

（実施例５７）

１．９を上回る屈折率を有する、材料は、リチウムベースの酸化物を含む、実施例５６に記載の光学導波管。

（実施例５８）

１．９を上回る屈折率を有する、材料は、ニオブ酸リチウムを含む、実施例５６または５７に記載の光学導波管。

20

（実施例５９）

１．９を上回る屈折率を有する、材料は、タンタル酸リチウムを含む、実施例５６または５７に記載の光学導波管。

（実施例６０）

１．９を上回る屈折率を有する、材料は、炭化ケイ素を含む、実施例５６に記載の光学導波管。

（実施例６１）

１．９を上回る屈折率を有する、材料は、二酸化ジルコニウムを含む、実施例５６に記載の光学導波管。

30

（実施例６２）

１．９を上回る屈折率を有する、材料は、二酸化チタンを含む、実施例５６に記載の光学導波管。

（実施例６３）

該ブレード回折格子は、４０～１２０ｎｍの突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、実施例５６－６２のいずれかに記載の光学導波管。

（実施例６４）

該ブレード回折格子は、６０～１００ｎｍの突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、実施例５６－６３のいずれかに記載の光学導波管。

（実施例６５）

40

該ブレード回折格子は、７０～９０ｎｍの突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、実施例５６－６４のいずれかに記載の光学導波管。

（実施例６６）

該ブレード回折格子は、約８０ｎｍの突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、実施例５６－６５のいずれかに記載の光学導波管。

（実施例６７）

該回折特徴は、非対称である、実施例５６－６６のいずれかに記載の光学導波管。

（実施例６８）

ブレード回折格子は、１次元（１Ｄ）アレイ内に形成される、回折特徴を備える、実施例１－５５のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例５６－６

50

7のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例69)

ブレード回折格子は、2次元(2D)アレイ内に形成される、回折特徴を備える、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例70)

ブレード回折格子は、正方形アレイを備える2次元(2D)アレイ内に形成される回折特徴を備える、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例71)

ブレード回折格子は、2次元(2D)アレイ内に形成される、回折特徴を備え、ブレード回折格子は、1D格子を備える、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例72)

ブレード回折格子は、2次元(2D)アレイ内に形成される、回折特徴を備え、ブレード回折格子は、2D格子を備える、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例73)

ブレード回折格子は、2次元(2D)アレイ内に形成される、回折特徴を備え、ブレード回折格子は、正方形アレイを備える、2D格子を備える、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例74)

該ブレード回折格子は、光を優先的に少なくとも2つの方向に指向するように構成される、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例75)

該ブレード回折格子は、2つの方向にブレードされる、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例76)

該ブレード回折格子は、画像源からの光を受光し、該光を該基板の中にその中で誘導されるように結合するように配置される、内部結合光学要素を備える、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例77)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を外部結合光学要素に該基板から外に結合されるように指向するように配置される、光分散光学要素を備える、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例78)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を該導波管内で拡散させ、ビームサイズまたはアイボックスサイズを増加させるように配置される、光分散光学要素を備える、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例79)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を該基板から外に結合するように配置される、外部結合光学要素を備える、実施例1-55のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例56-67のいずれかに記載の光学導波管。

10

20

30

40

50

(実施例 80)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を少なくとも 2 つの方向に拡散させ、該光を該基板から外に結合するように配置される、組み合わせられた光分散 / 外部結合光学要素を備える、実施例 1 - 55 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 56 - 67 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 81)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を拡散させ、該光を該基板から外に結合するように配置される、組み合わせられた瞳エクспанダ - 抽出器を備える、実施例 1 - 55 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 56 - 67 のいずれかに記載の光学導波管。

10

付加的实施例 - パート II :

(実施例 1)

頭部搭載型ディスプレイシステムであって、
頭部搭載可能フレームと、
光を出力し、画像コンテンツを提供するように構成される、光投影システムと、
フレームによって支持される、導波管であって、導波管は、少なくとも 1.9 の屈折率を有する材料を含む基板を備え、該基板は、該光投影システムからの光の少なくとも一部を該導波管の中に結合されるように誘導するように構成される、導波管と、
該基板にわたって配置される、層と、
該層内に形成される、ブレード回折格子と、
を備え、ブレード回折格子は、その上に入射する光の角度の範囲にわたる第 1 の偏光のための第 1 の回折効率を有し、その上に入射する光の角度の範囲にわたる第 2 の偏光のための第 2 の回折効率を有し、第 1 の回折効率は、第 2 の回折効率の 1 ~ 2 倍である、頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

(実施例 2)

少なくとも 1.9 の屈折率を有する、基板材料は、リチウムベースの酸化物を含む、実施例 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 3)

少なくとも 1.9 の屈折率を有する、材料は、ニオブ酸リチウムを含む、実施例 1 または 2 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

30

(実施例 4)

少なくとも 1.9 の屈折率を有する、材料は、タンタル酸リチウムを含む、実施例 1 または 2 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 5)

1.9 を上回る屈折率を有する、材料は、炭化ケイ素を含む、実施例 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 6)

1.9 を上回る屈折率を有する、材料は、二酸化チタンを含む、実施例 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 7)

1.9 を上回る屈折率を有する、材料は、二酸化ジルコニウムを含む、実施例 1 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(実施例 8)

層は、酸化亜鉛を含む、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 9)

層は、窒化ケイ素を含む、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 10)

層は、二酸化ジルコニウムを含む、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイ

50

レイシシステム。

(実施例 1 1)

層は、二酸化チタンを含む、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 2)

層は、炭化ケイ素を含む、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 3)

層は、該基板より低い屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

(実施例 1 4)

基板材料は、少なくとも 2.0 ~ 2.7 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 5)

基板材料は、少なくとも 2.1 ~ 2.7 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 6)

基板材料は、少なくとも 2.2 ~ 2.7 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 7)

20

基板材料は、少なくとも 2.3 ~ 2.7 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 8)

基板材料は、少なくとも 2.3 ~ 2.4 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 1 9)

基板材料は、少なくとも 2.3 ~ 2.5 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 0)

基板材料は、少なくとも 2.6 ~ 2.7 の屈折率を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

30

(実施例 2 1)

該ブレード回折格子は、その間の溝によって離間された突端を備える、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 2)

該ブレード回折格子は、複数の直線を備える、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 3)

該ブレード回折格子は、40 ~ 120 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(実施例 2 4)

該ブレード回折格子は、60 ~ 100 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 5)

該ブレード回折格子は、70 ~ 90 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 6)

該ブレード回折格子は、約 80 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 2 7)

50

該回折特徴は、非対称である、上記実施例のいずれかに記載の導波管。

(実施例 28)

該ブレード回折格子は、250 ~ 350 nm のピッチを有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 29)

ブレード回折格子は、300 ~ 450 nm のピッチを有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 30)

該基板は、平面であって、該ブレード回折格子は、基板の平面に対して10 ~ 30度のブレード角度を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

(実施例 31)

該基板は、平面であって、該ブレード回折格子は、基板の平面に対して15 ~ 25度のブレード角度を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 32)

該基板は、平面であって、該ブレード回折格子は、基板の平面に対して約19.5度のブレード角度を有する、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 33)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1 ~ 1.5倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

(実施例 34)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1 ~ 1.4倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 35)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1 ~ 1.3倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 36)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1 ~ 1.2倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

30

(実施例 37)

第1の回折効率は、第2の回折効率の1 ~ 1.1倍である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 38)

角度の範囲は、少なくとも6度である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 39)

角度の範囲は、少なくとも12度である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(実施例 40)

角度の範囲は、少なくとも18度である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 41)

角度の範囲は、少なくとも22度である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 42)

角度の範囲は、基板の平面に対して±3度の間である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 43)

50

角度の範囲は、基板の平面に対して ± 6 度の間である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 4 4)

角度の範囲は、基板の平面に対して ± 9 度の間である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 4 5)

角度の範囲は、基板の平面に対して ± 11 度の間である、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 4 6)

第 1 および第 2 の偏光は、異なる偏光角度を有する、第 1 および第 2 の線形偏光を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

(実施例 4 7)

第 1 および第 2 の偏光は、直交方向に配向される、第 1 および第 2 の線形偏光を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 4 8)

第 1 および第 2 の偏光方向は、それぞれ、横方向磁気および横方向電気偏光を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 4 9)

第 1 および第 2 の偏光方向は、それぞれ、横方向電気および横方向磁気偏光を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

20

(実施例 5 0)

第 1 の回折効率は、可視光スペクトルを横断して平均された横方向磁気偏光のための回折効率を備え、第 2 の回折効率は、可視光スペクトルを横断して平均された横方向電気偏光のための回折効率を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 5 1)

第 1 の回折効率は、可視光スペクトルを横断して平均された横方向電気偏光のための回折効率を備え、第 2 の回折効率は、可視光スペクトルを横断して平均された横方向磁気偏光のための回折効率を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

30

(実施例 5 2)

該導波管は、光を該頭部搭載型ディスプレイを装着しているユーザの眼に指向するように構成される、接眼レンズ内に含まれる、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 5 3)

該接眼レンズは、フレーム上に配置され、光投影システムからの光をユーザの眼の中に指向し、拡張現実画像コンテンツをユーザの視野に表示するように構成され、接眼レンズの少なくとも一部は、透明であって、ユーザが頭部搭載型ディスプレイシステムを装着すると、ユーザの眼の正面の場所に配置され、透明部分は、ユーザの正面の物理的環境の一部からの光をユーザの眼に透過させ、ユーザの正面の物理的環境の一部のビューを提供する、実施例 5 2 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

40

(実施例 5 4)

該接眼レンズは、該少なくとも 1 つの導波管を備え、該少なくとも 1 つの導波管は、ユーザが導波管を通して見ることができるよう、可視光に対して透明である、実施例 5 2 または 5 3 に記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 5 5)

該導波管は、該光投影システムからの光を導波管の中にその中で誘導されるように結合するための内部結合光学要素を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 5 6)

50

該導波管は、該光投影システムからの光を導波管から外に結合し、該光をユーザの眼に指向し、該画像コンテンツを視認者に提示するための外部結合光学要素を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 57)

該ブレード回折格子は、該光投影システムからの光を該導波管の中に内部結合するように構成される、内部結合格子 (ICG) を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

(実施例 58)

該ブレード回折格子は、該導波管内で誘導される該光投影システムからの光を該導波管から外に外部結合するように構成される、外部結合格子 (EPE) を備える、上記実施例のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステム。

10

(実施例 59)

光学導波管であって、
少なくとも 1.9 の屈折率を有する材料を含む基板であって、全内部反射を介して、該導波管の中に結合される光を該導波管内で誘導するように構成される、基板と、
該基板にわたって配置される、層と、
該層内に形成される、ブレード回折格子と、
を備え、ブレード回折格子は、その上に入射する光のための角度の範囲にわたる第 1 の偏光のための第 1 の回折効率を有し、その上に入射する光のための角度の範囲にわたる第 2 の偏光のための第 2 の回折効率を有し、第 1 の回折効率は、第 2 の回折効率の 1 ~ 2 倍である、光学導波管。

20

(実施例 60)

1.9 を上回る屈折率を有する、材料は、リチウムベースの酸化物を含む、実施例 59 に記載の光学導波管。

(実施例 61)

1.9 を上回る屈折率を有する、材料は、ニオブ酸リチウムを含む、実施例 59 または 60 に記載の光学導波管。

(実施例 62)

1.9 を上回る屈折率を有する、材料は、タンタル酸リチウムを含む、実施例 59 または 60 に記載の光学導波管。

30

(実施例 63)

1.9 を上回る屈折率を有する、材料は、炭化ケイ素を含む、実施例 59 に記載の光学導波管。

(実施例 64)

1.9 を上回る屈折率を有する、材料は、二酸化チタンを含む、実施例 59 に記載の光学導波管。

(実施例 65)

1.9 を上回る屈折率を有する、材料は、二酸化ジルコニウムを含む、実施例 59 に記載の光学導波管。

(実施例 66)

40

層は、酸化亜鉛を含む、実施例 59 - 65 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 67)

層は、窒化ケイ素を含む、実施例 59 - 66 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 68)

層は、二酸化ジルコニウムを含む、実施例 59 - 67 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 69)

層は、二酸化チタンを含む、実施例 59 - 68 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 70)

層は、炭化ケイ素を含む、実施例 59 - 69 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 71)

50

層は、該基板より低い屈折率を有する、実施例 59 - 70 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 72)

該ブレード回折格子は、40 ~ 120 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、実施例 59 - 71 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 73)

該ブレード回折格子は、60 ~ 100 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、実施例 59 - 72 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 74)

該ブレード回折格子は、70 ~ 90 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、実施例 59 - 73 のいずれかに記載の光学導波管。

10

(実施例 75)

該ブレード回折格子は、約 80 nm の突端高または溝深度を有する、回折特徴を備える、実施例 59 - 74 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 76)

該回折特徴は、非対称である、実施例 59 - 75 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 77)

ブレード回折格子は、1次元(1D)アレイ内に形成される、回折特徴を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

20

(実施例 78)

ブレード回折格子は、2次元(2D)アレイ内に形成される、回折特徴を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 79)

ブレード回折格子は、正方形アレイを備える2次元(2D)アレイ内に形成される回折特徴を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 80)

ブレード回折格子は、2次元(2D)アレイ内に形成される、回折特徴を備え、ブレード回折格子は、1D格子を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

30

(実施例 81)

ブレード回折格子は、2次元(2D)アレイ内に形成される、回折特徴を備え、ブレード回折格子は、2D格子を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 82)

ブレード回折格子は、2次元(2D)アレイ内に形成される、回折特徴を備え、ブレード回折格子は、正方形アレイを備える、2D格子を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

40

(実施例 83)

該ブレード回折格子は、光を優先的に少なくとも2つの方向に指向するように構成される、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 84)

該ブレード回折格子は、2つの方向にブレードされる、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 85)

50

該ブレード回折格子は、画像源からの光を受光し、該光を該基板の中にその中で誘導されるように結合するように配置される、内部結合光学要素を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 86)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を外部結合光学要素に該基板から外に結合されるように指向するように配置される、光分散光学要素を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 87)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を該導波管内で拡散させ、ビームサイズまたはアイボックスサイズを増加させるように配置される、光分散光学要素を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 88)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を該基板から外に結合するように配置される、外部結合光学要素を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 89)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を少なくとも 2 つの方向に拡散させ、該光を該基板から外に結合するように配置される、組み合わせられた光分散 / 外部結合光学要素を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(実施例 90)

該ブレード回折格子は、該基板内で誘導される画像源からの光を受光し、該光を拡散させ、該光を該基板から外に結合するように配置される、組み合わせられた瞳エクспанダ - 抽出器を備える、実施例 1 - 58 のいずれかに記載の頭部搭載型ディスプレイシステムまたは実施例 59 - 76 のいずれかに記載の光学導波管。

(付加的考慮点)

【 0 1 6 4 】

前述の明細書では、本発明は、その具体的実施形態を参照して説明された。しかしながら、種々の修正および変更が、本発明のより広義の精神および範囲から逸脱することなくそこに行われ得ることが明白となるであろう。明細書および図面は、故に、限定的意味ではなく、例証と見なされるべきである。

【 0 1 6 5 】

実際、本開示のシステムおよび方法は、それぞれ、いくつかの革新的側面を有し、そのうちのいかなるものも、本明細書に開示される望ましい属性に単独で関与しない、またはそのために要求されないことを理解されたい。上記に説明される種々の特徴およびプロセスは、相互に独立して使用され得る、または種々の方法で組み合わせられ得る。全ての可能性として考えられる組み合わせおよび副次的組み合わせが、本開示の範囲内に該当することが意図される。

【 0 1 6 6 】

別個の実施形態の文脈において本明細書に説明されるある特徴はまた、単一の実施形態における組み合わせにおいて実装されてもよい。逆に、単一の実施形態の文脈において説明される種々の特徴もまた、複数の実施形態において別個に、または任意の好適な副次的組み合わせにおいて実装されてもよい。さらに、特徴がある組み合わせにおいて作用するものとして上記に説明され、さらに、そのようなものとして最初に請求され得るが、請求される組み合わせからの 1 つ以上の特徴は、ある場合には、組み合わせから削除されてもよく、請求される組み合わせは、副次的組み合わせまたは副次的組み合わせの変形例を対

10

20

30

40

50

象とし得る。いかなる単一の特徴または特徴の群も、あらゆる実施形態に必要または必須ではない。

【 0 1 6 7 】

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

【 0 1 6 8 】

したがって、請求項は、本明細書に示される実施形態に限定されることを意図されず、本明細書に開示される本開示、原理、および新規の特徴と一貫する最も広い範囲を与えられるべきである。

10

20

30

40

50

【図面】
【図 1】

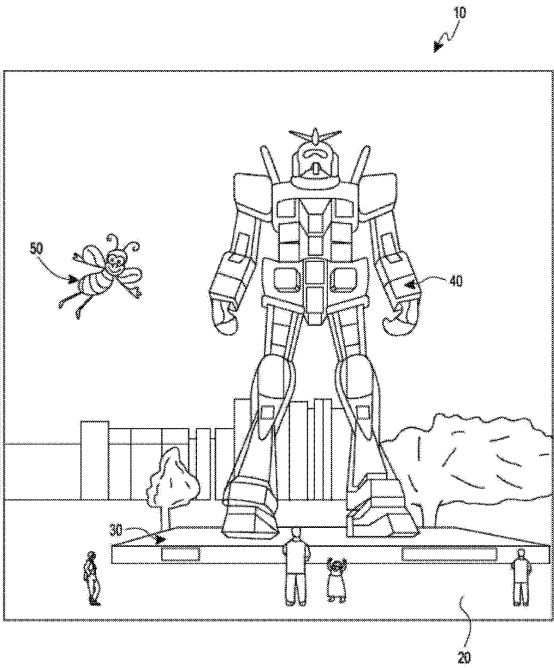


FIG. 1

【図 2】

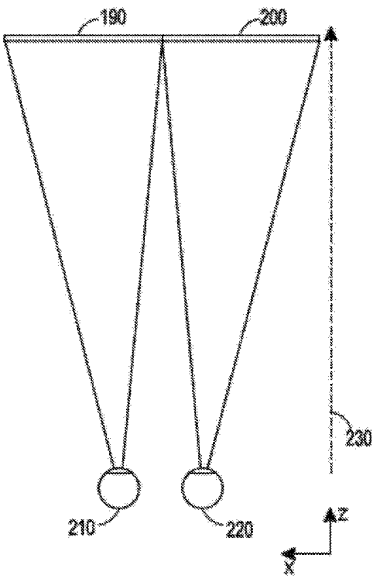


FIG. 2

【図 3 A】

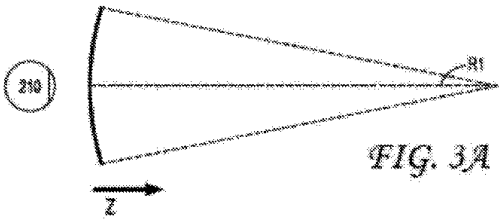


FIG. 3A

【図 3 B】

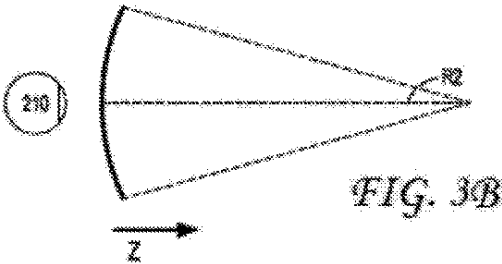


FIG. 3B

10

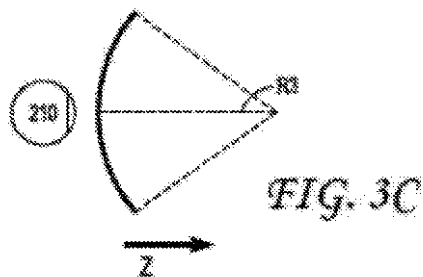
20

30

40

50

【図 3 C】



【図 4 A】

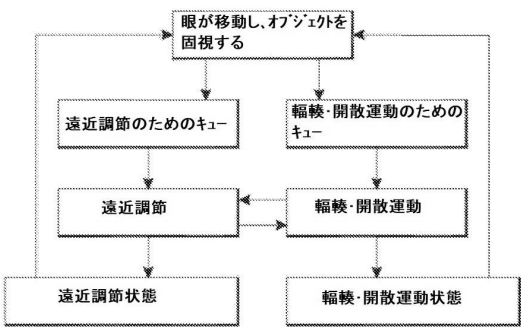
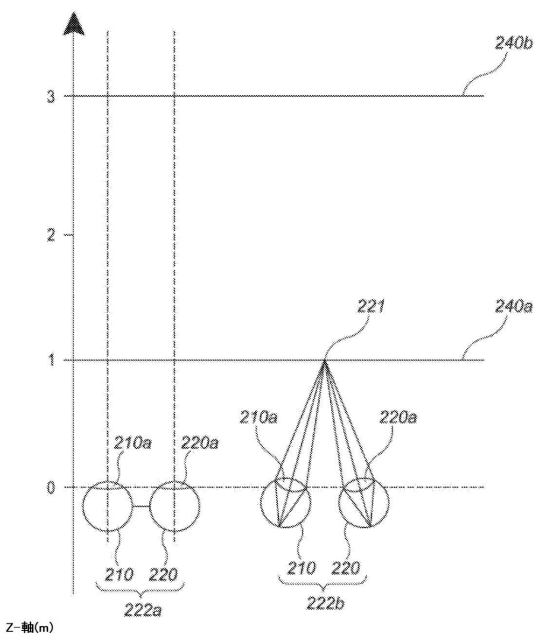


FIG. 4A

【図 4 B】



【図 4 C】

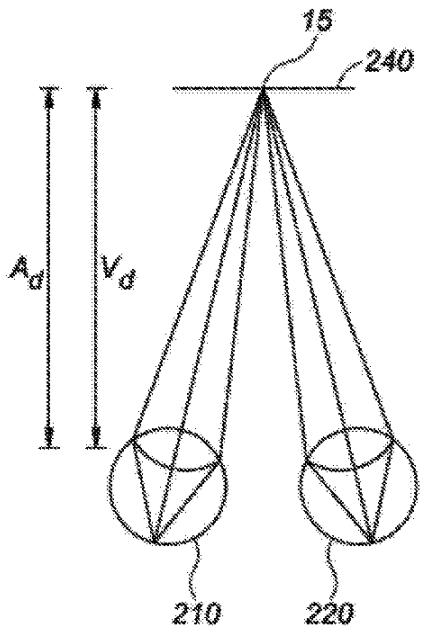


FIG. 4B

FIG. 4C

10

20

30

40

50

【図 8】

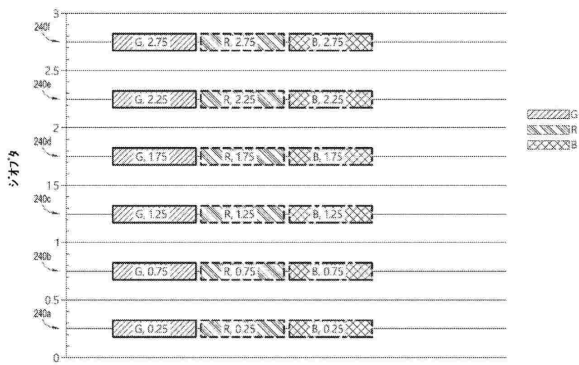


FIG. 8

【図 9 A】

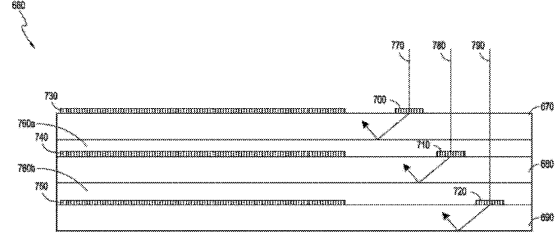


FIG. 9A

10

【図 9 B】

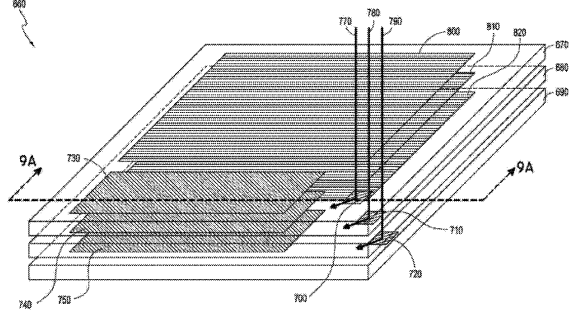


FIG. 9B

【図 9 C】

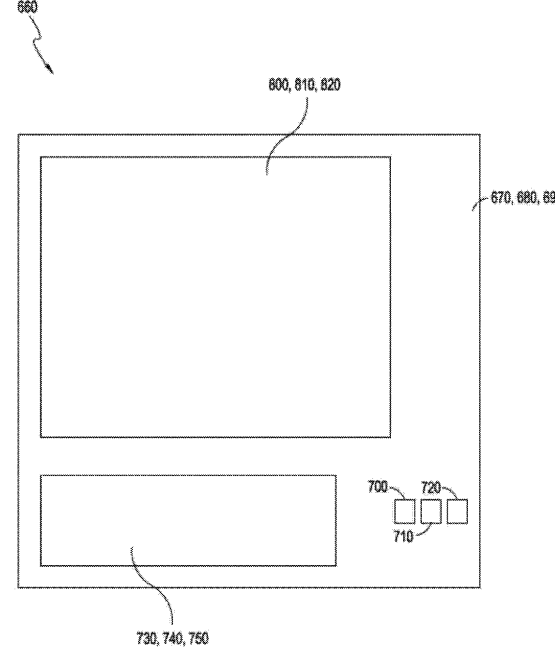


FIG. 9C

20

30

40

50

【図 1 1 B】

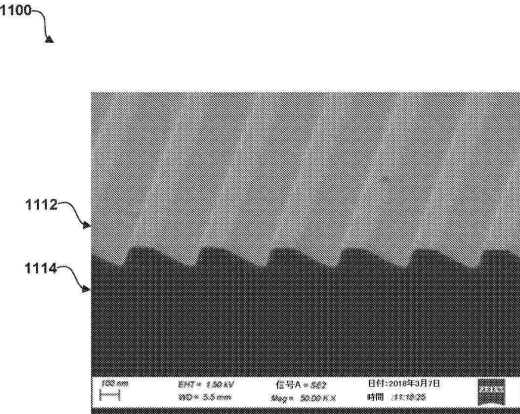


FIG. 11B

【図 1 1 C】

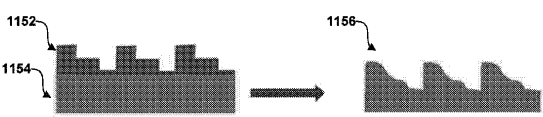


FIG. 11C

10

【図 1 1 D】

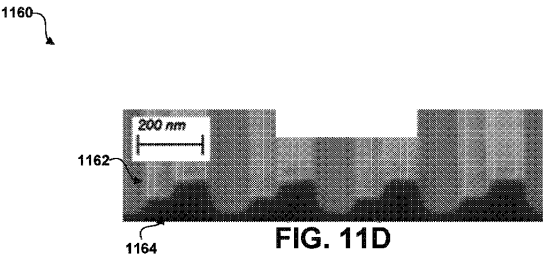


FIG. 11D

【図 1 1 E】

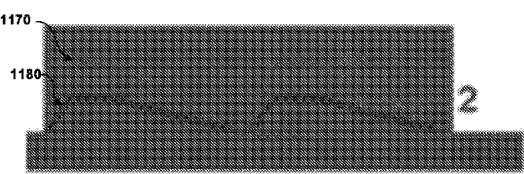


FIG. 11E

20

30

40

50

【図 12 A】

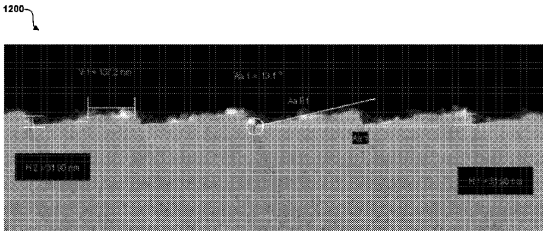


FIG. 12A

【図 12 B】

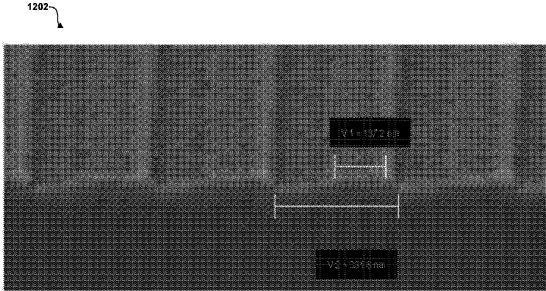


FIG. 12B

【図 12 C】

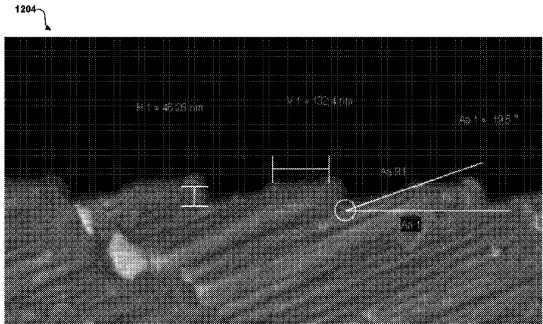


FIG. 12C

【図 12 D】

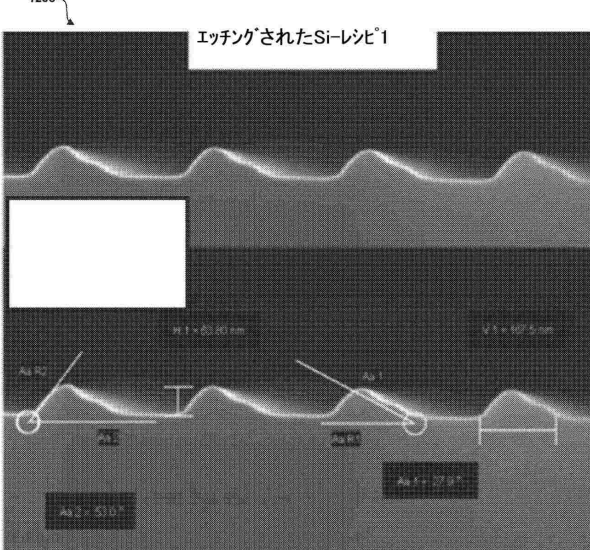


FIG. 12D

10

20

30

40

50

【図 1 2 E】

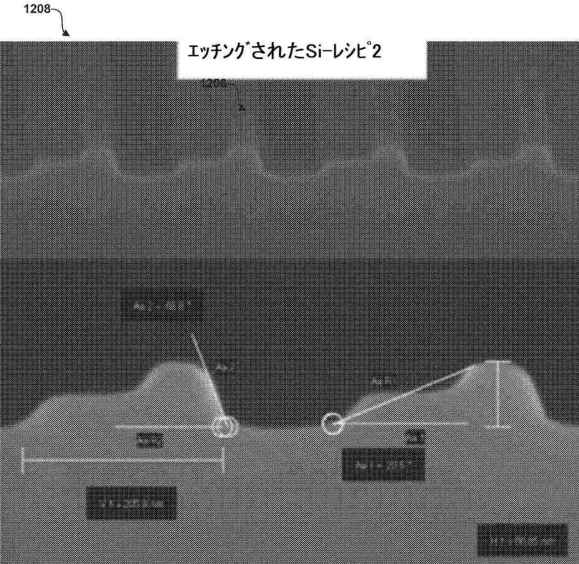


FIG. 12E

【図 1 2 F】

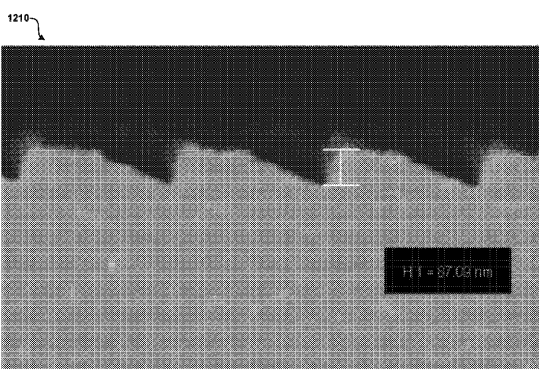


FIG. 12F

【図 1 3】

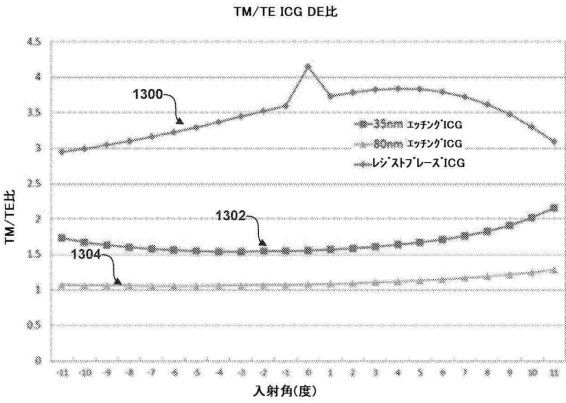


FIG. 13

【図 1 4】

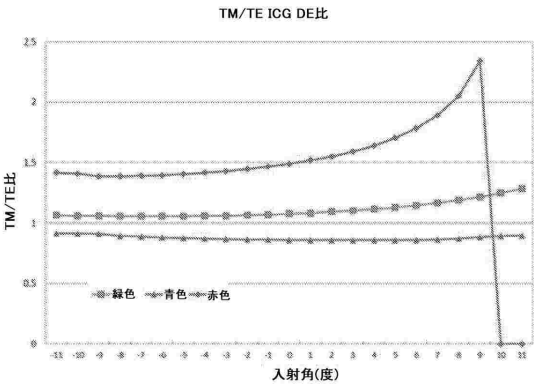


FIG. 14

【図 15】

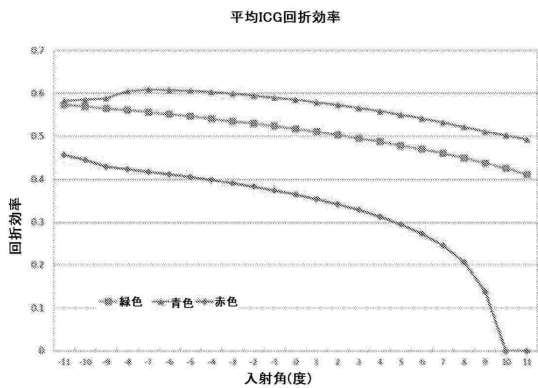


FIG. 15

【図 16】

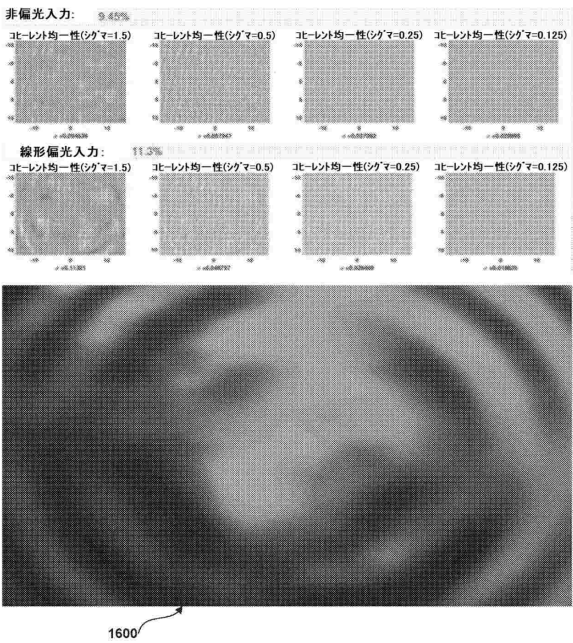


FIG. 16

【図 17】

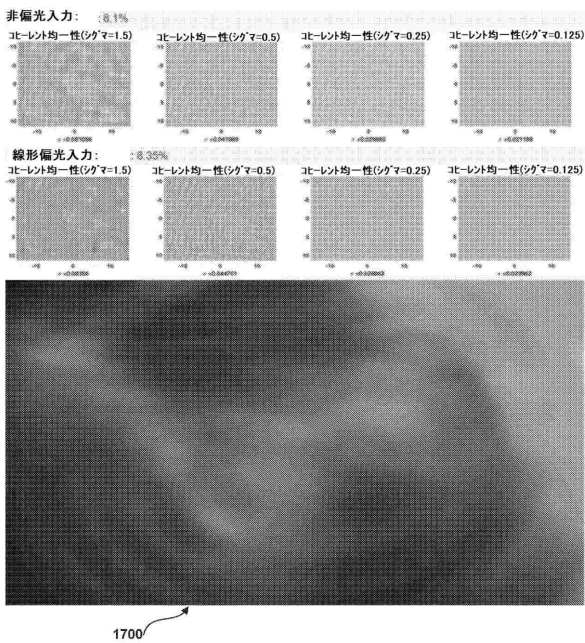


FIG. 17

【図 18】

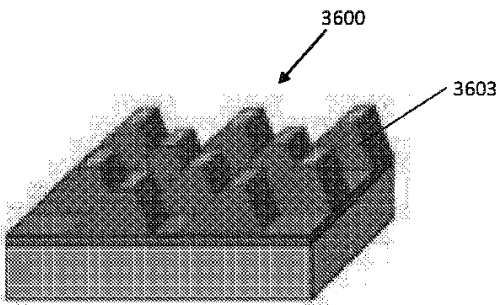
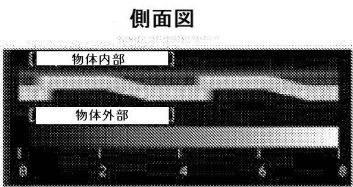


FIG. 18

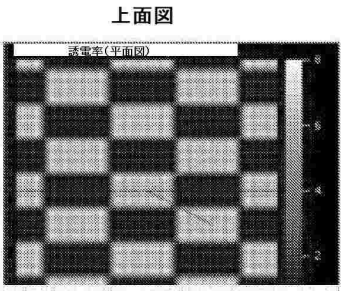
【図 18 A】

FIG. 18A



【図 18 B】

FIG. 18B



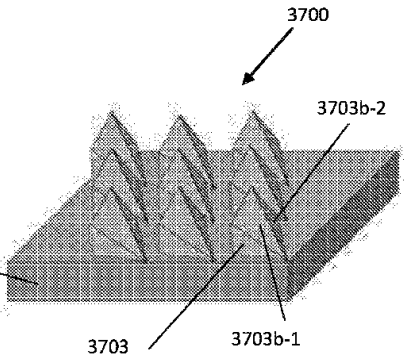
10

【図 19 A】

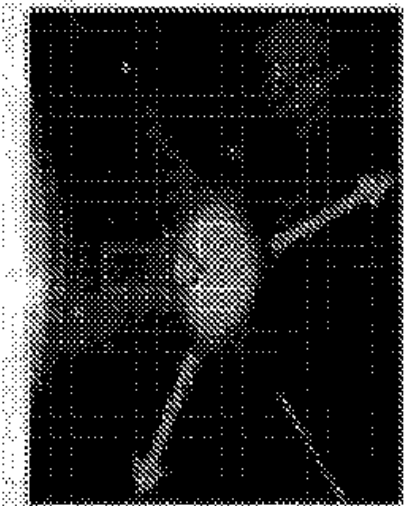
3701

3703

FIG. 19A



【図 19 B】



20

FIG. 19B

30

40

50

【図 20 A】

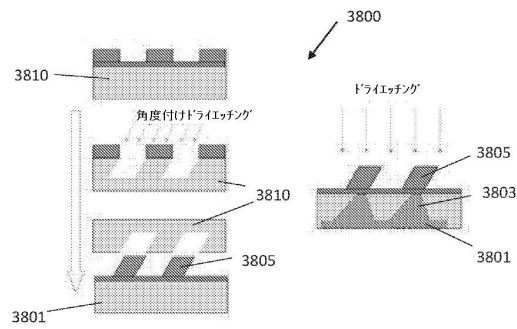


FIG. 20A

【図 20 B】

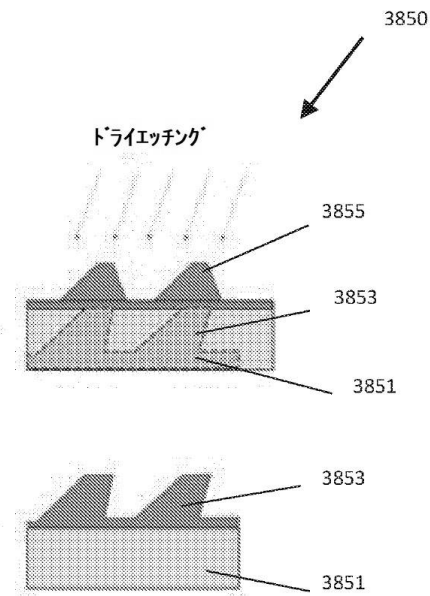


FIG. 20B

【図 21】

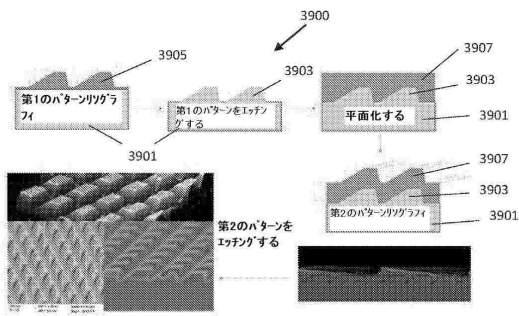


FIG. 21

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

早期審査対象出願

(74)代理人 100181641

弁理士 石川 大輔

(74)代理人 230113332

弁護士 山本 健策

(72)発明者 ルオ, カン

アメリカ合衆国 テキサス 78726, オースティン, サバンナ リッジ ドライブ 9413

(72)発明者 シン, ビクラムジト

アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー サンライズ ブールバード 7500

(72)発明者 ピ, ナイ-ウェン

アメリカ合衆国 テキサス 75023, プラノ, カプリオレ コート 3157

(72)発明者 ヤン, シューチャン

アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー サンライズ ブールバード 7500

(72)発明者 シュー, フランク ワイ.

アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー サンライズ ブールバード 7500

審査官 山本 貴一

(56)参考文献

中国特許出願公開第109445096(CN, A)

国際公開第2017/189288(WO, A1)

米国特許出願公開第2018/0052320(US, A1)

仏国特許出願公開第02942549(FR, A1)

特開2015-105990(JP, A)

国際公開第2019/107249(WO, A1)

特表2004-510172(JP, A)

米国特許出願公開第2018/0292654(US, A1)

米国特許出願公開第2010/0284085(US, A1)

中国特許出願公開第108873350(CN, A)

特表2008-546020(JP, A)

特表2019-510251(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G02B 27/01, 27/02

G02B 26/10

G02B 5/18

H04N 5/64