(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第6993405号
(P6993405)

(45)発行日　令和4年1月13日(2022.1.13)

(24)登録日　令和3年12月13日(2021.12.13)

(51)国際特許分類

Ｇ０２Ｂ　27/02　(2006.01)	Ｇ０２Ｂ	27/02	Ｚ
Ｇ０２Ｂ　5/18　(2006.01)	Ｇ０２Ｂ	5/18	
Ｇ０２Ｂ　5/32　(2006.01)	Ｇ０２Ｂ	5/32	
Ｇ０２Ｂ　5/30　(2006.01)	Ｇ０２Ｂ	5/30	
Ｇ０３Ｈ　1/22　(2006.01)	Ｇ０３Ｈ	1/22	

請求項の数　16　（全196頁）

(21)出願番号　特願2019-510406(P2019-510406)
(86)(22)出願日　平成29年8月22日(2017.8.22)
(65)公表番号　特表2019-534468(P2019-534468A)
(43)公表日　令和1年11月28日(2019.11.28)
(86)国際出願番号　PCT/US2017/048073
(87)国際公開番号　WO2018/039273
(87)国際公開日　平成30年3月1日(2018.3.1)
審査請求日　令和2年5月28日(2020.5.28)
(31)優先権主張番号　62/377,831
(32)優先日　平成28年8月22日(2016.8.22)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/447,608
(32)優先日　平成29年1月18日(2017.1.18)
最終頁に続く

(73)特許権者　514108838
マジック リープ，インコーポレイテッド
Ｍａｇｉｃ Ｌｅａｐ，Ｉｎｃ．
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２，プランテーション，ウエスト サンライズ ブールバード ７５００
７５００ Ｗ ＳＵＮＲＩＳＥ ＢＬＶＤ，ＰＬＡＮＴＡＴＩＯＮ，ＦＬ ３３３２２ ＵＳＡ
(74)代理人　100078282
弁理士　山本 秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下 夏樹
(74)代理人　100181674
弁理士　飯田 貴敏
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ウェアラブルディスプレイデバイスのためのディザリング方法および装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
デバイスであって、
格子パラメータの第１のセットによって特徴付けられる第１の格子構造を有する入力結合格子であって、前記入力結合格子は、光を光源から受光するように構成される、入力結合格子と、
少なくとも２つの次元において変動する格子パラメータの第２のセットによって特徴付けられる第２の格子構造を有する拡張格子であって、前記第２の格子構造は、光を前記入力結合格子から受光するように構成され、前記第２の格子構造は、前記第２の格子構造に沿って異なる部分における異なる位相を伴って光ビームを回折させる、連続位相変動パターンを有する、拡張格子と、
格子パラメータの第３のセットによって特徴付けられる第３の格子構造を有する出力結合格子であって、前記出力結合格子は、光を前記拡張格子から受光し、光を視認者に出力するように構成される、出力結合格子と
を備え、前記第２の格子構造は、第１の回折部分と、前記第１の回折部分に接している第２の回折部分とを備え、前記第１の回折部分は、第１の回折次数における第１の位相偏移を伴って、第１の光ビームを回折させるように構成され、前記第２の回折部分は、第２の回折次数における第２の位相偏移を伴って、第２の光ビームを回折させるように構成され、前記第２の回折次数は、前記第１の回折次数と同一であり、前記第２の位相偏移は、前記第１の位相偏移と異なり、前記第１の位相偏移と前記第２の位相偏移との間の差異は、

前記連続位相変動パターンと関連付けられる、デバイス。
【請求項２】
前記格子パラメータの第２のセットは、ピッチ、角度、頂角、屈折率、高さ、およびデューティサイクルのうちの少なくとも２つを含む、請求項１に記載のデバイス。
【請求項３】
前記第２の格子構造は、第１の屈折率によって特徴付けられる複数の第１の領域と、第２の屈折率によって特徴付けられる複数の第２の領域とを有する、フィルムを含み、前記第２の屈折率は、前記第１の屈折率より低い、請求項１に記載のデバイス。
【請求項４】
前記連続位相変動パターンは、周期的または段階的な周期的パターン、ヒューリスティックパターン、算出ホログラム、またはランダムパターンのうちの少なくとも１つを含む、請求項１に記載のデバイス。
【請求項５】
前記第２の格子構造は、周期的構造を有する、請求項１に記載のデバイス。
【請求項６】
前記第２の格子構造は、第２の屈折率を有する層によって被覆される、第１の屈折率を有する複数の領域を含み、前記第２の屈折率は、前記第１の屈折率より低い、請求項１に記載のデバイス。
【請求項７】
前記第１の回折部分は、前記第１の光ビームを前記第１の回折次数における第１の回折された光ビームに偏向するように構成され、前記第２の回折部分は、前記第１の回折された光ビームを前記第２の回折次数の負の次数における第２の回折された光ビームに偏向するように構成され、前記第２の回折された光ビームは、前記第１の光ビームと比較して、位相変化を有し、前記位相変化は、前記第１の位相偏移から前記第２の位相偏移を差し引いたものである、請求項１に記載のデバイス。
【請求項８】
光学構造であって、
少なくとも部分的に第１の次元および第２の次元によって画定された平面に存在する導波管層と、
前記導波管層に結合され、光を前記平面において回折するように動作可能である回折要素であって、前記回折要素は、少なくとも前記第１の次元および前記第２の次元において変動する回折パラメータのセットによって特徴付けられ、前記回折要素は、前記回折要素に沿って異なる部分における異なる位相を伴って光ビームを回折させる、連続位相変動パターンを有する、回折要素と
を備え、
前記回折要素は、光を入力結合格子から受光しかつ光を出力結合格子に出力するように構成されている拡張格子の一部であり、
前記回折要素は、第１の回折部分と、前記第１の回折部分に接している第２の回折部分とを備え、前記第１の回折部分は、第１の回折次数における第１の位相偏移を伴って、第１の光ビームを回折させるように構成され、前記第２の回折部分は、第２の回折次数における第２の位相偏移を伴って、第２の光ビームを回折させるように構成され、前記第２の回折次数は、前記第１の回折次数と同一であり、前記第２の位相偏移は、前記第１の位相偏移と異なり、前記第１の位相偏移と前記第２の位相偏移との間の差異は、前記連続位相変動パターンと関連付けられる、光学構造。
【請求項９】
前記回折パラメータのセットは、少なくとも前記第１の次元および前記第２の次元において連続的に変動する、請求項８に記載の光学構造。
【請求項１０】
前記回折パラメータのセットは、ピッチ、格子ベクトル角度、デューティサイクル、高さ変動、屈折率変動、またはブレーズ角または頂角のうちの少なくとも１つを備える、請求

項８に記載の光学構造。
【請求項１１】
前記回折要素は、前記第１の次元および前記第２の次元に直交する第３の次元において延在する突出部の高さおよび間隔におけるランダム変動によって特徴付けられる、請求項８に記載の光学構造。
【請求項１２】
前記回折要素は、第１の屈折率によって特徴付けられる複数の第１の領域と、第２の屈折率によって特徴付けられる複数の第２の領域とを有するフィルムを含み、前記第２の屈折率は、前記第１の屈折率より低い、請求項８に記載の光学構造。
【請求項１３】
前記連続位相変動パターンの周期は、１００μｍ～５ｃｍの範囲内である、請求項８に記載の光学構造。
【請求項１４】
前記連続位相変動パターンは、周期的または段階的な周期的パターン、ヒューリスティックパターン、算出ホログラム、またはランダムパターンのうちの少なくとも１つを含む、請求項８に記載の光学構造。
【請求項１５】
前記回折要素は、第２の屈折率を有する層によって被覆される、第１の屈折率を有する複数の領域を含み、前記第２の屈折率は、前記第１の屈折率より低い、請求項８に記載の光学構造。
【請求項１６】
前記第１の回折部分は、前記第１の光ビームを前記第１の回折次数における第１の回折された光ビームに偏向するように構成され、前記第２の回折部分は、前記第１の回折された光ビームを前記第２の回折次数の負の次数における第２の回折された光ビームに偏向するように構成され、前記第２の回折された光ビームは、前記第１の光ビームと比較して、位相変化を有し、前記位相変化は、前記第１の位相偏移から前記第２の位相偏移を差し引いたものである、請求項８に記載の光学構造。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
（関連出願の相互参照）
本願は、米国仮特許出願第６２／３７７，８３１号（出願日２０１６年８月２２日）、米国仮特許出願第６２／４４７，６０８号（出願日２０１７年１月１８日）、米国仮特許出願第６２／４４９，５２４号（出願日２０１７年１月２３日）、米国仮特許出願第６２／５０９，９６９号（２０１７年５月２３日）、米国仮特許出願第６２／５１９，５３６号（出願日２０１７年６月１４日）、米国仮特許出願第６２／５２１，８８９号（出願日２０１７年６月１９日）に対する優先権を主張するものである。これらの開示は、あらゆる目的のためにそれらの全体が参照により本明細書中に援用される。
【背景技術】
【０００２】
現代のコンピューティングおよびディスプレイ技術は、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、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いる。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の拡張として、デジタルまたは仮想画像情報の提示を伴う。
【０００３】
これらのディスプレイ技術において成された進歩にもかかわらず、当技術分野において、拡張現実システム、特に、ディスプレイシステムに関連する改良された方法およびシステ

ムの必要がある。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００４】
本開示は、仮想現実および拡張現実結像および可視化システムに関する。本開示は、概して、ウェアラブルディスプレイを含む、投影ディスプレイシステムに関連する方法およびシステムに関する。より具体的には、本開示の実施形態は、投影ディスプレイシステム内の光学アーチファクトを低減させるための方法およびシステムを提供する。本開示は、コンピュータビジョンおよび画像ディスプレイシステムにおける種々の用途に適用可能である。
【０００５】
いくつかの実施形態によると、光学デバイスは、一対の眼開口部を画定し、光学デバイスのユーザの耳にわたって延在するように構成される、一対のアームを含む、フレームと、フレーム内の熱の分布を監視するように構成される、温度監視システムと、コンテンツを光学デバイスのユーザに表示するように構成される、ディスプレイアセンブリと、温度データを温度監視システムから受信し、フレーム内の熱の分布の変動に基づいて、ディスプレイアセンブリの出力を調節するように構成される、プロセッサとを含む。
【０００６】
いくつかの実施形態によると、光学デバイスは、光学デバイスのユーザの耳にわたって延在し、第１の眼開口部および第２の眼開口部を画定するように構成される、一対のアームを含む、フレームアセンブリと、フレームアセンブリに結合される、第１および第２のプロジェクタと、第１および第２のプロジェクタによって放出される光を受光し、光をユーザの眼に向かって配向するように構成される、回折光学と、光学デバイスの温度プロファイルに従って、第１および第２のプロジェクタによって投影されるコンテンツを偏移させるように構成される、プロセッサとを含む。
【０００７】
いくつかの実施形態によると、光学デバイスは、正面バンドによってともに継合される一対のアームを含む、フレームアセンブリであって、一対のアームは、光学デバイスのユーザの耳および光学デバイスによって生成された熱を光学デバイスの放熱領域に指向するための熱分散システムに接触するように構成される、フレームアセンブリと、熱分散システムを経由して、フレームアセンブリと熱接触する、電子デバイスであって、熱分散システムは、複数の電子デバイスによって放出される熱を一対のアームおよび正面バンドに分散させるように構成される、電子デバイスと、ディスプレイアセンブリと、複数の電子デバイスの温度変化に従って、ディスプレイアセンブリの動作を調節するように構成される、プロセッサとを含む。
【０００８】
本発明のある実施形態によると、アーチファクト緩和システムが、提供される。アーチファクト緩和システムは、プロジェクタアセンブリと、プロジェクタアセンブリに光学的に結合される、結像光学のセットと、結像光学のセットに光学的に結合される、接眼レンズとを含む。接眼レンズは、内部結合界面を含む。アーチファクト緩和システムはまた、結像光学のセットと接眼レンズとの間に配置される、アーチファクト防止要素を含む。アーチファクト防止要素は、線形偏光器と、線形偏光器に隣接して配置される、第１の４分の１波プレートと、第１の４分の１波プレートに隣接して配置される、色選択コンポーネントとを含む。
【０００９】
本発明の別の実施形態によると、アーチファクト緩和システムが、提供される。アーチファクト緩和システムは、プロジェクタアセンブリと、プロジェクタアセンブリに光学的に結合される、結像光学のセットと、結像光学のセットに光学的に結合される、接眼レンズとを含む。接眼レンズは、第１の内部結合回折要素のセットと、第２の内部結合回折要素のセットとを有する、内部結合領域を含む。アーチファクト緩和システムはさらに、結像

光学のセットと接眼レンズとの間に配置される、カラーフィルタのセットを含む。カラーフィルタのセットは、第１の内部結合回折要素のセットに隣接して配置される、第１のフィルタと、第２の内部結合回折要素のセットに隣接して配置される、第２のフィルタとを含む。

【００１０】

本発明の具体的実施形態によると、プロジェクタアセンブリが、提供される。プロジェクタアセンブリは、偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）と、ＰＢＳに隣接して配置される、空間的に変位される光源のセットと、ＰＢＳに隣接して配置される、コリメータとを含む。空間的に変位される光源のセットは、異なる色を有する、３つのＬＥＤのセットを含むことができる。いくつかの実施形態では、空間的に変位される光源のセットは、ＰＢＳの第１の側に隣接する。コリメータは、第１の側に隣接するＰＢＳの第２の側に隣接することができる。

【００１１】

プロジェクタアセンブリはまた、ＰＢＳに隣接して配置される、ディスプレイパネル（例えば、ＬＣＯＳパネル）と、ＰＢＳに隣接して配置される、円形偏光器と、ＰＢＳに隣接して配置される、結像光学のセットとを含む。円形偏光器は、ＰＢＳと結像光学のセットとの間に配置されることができる。ディスプレイパネルは、ＰＢＳの第３の側に隣接して配置されることができ、第３の側は、第１の側に隣接し、第２の側と反対である。さらに、結像光学のセットは、ＰＢＳの第４の側に隣接して配置されることができ、第４の側は、第１の側と反対である。

【００１２】

ある実施形態では、結像光学のセットは、ディスプレイパネルの画像を内部結合界面に形成する。本実施形態では、プロジェクタアセンブリは、内部結合界面に位置付けられる、接眼レンズを含む。空間的に変位される光源のセットの光源はそれぞれ、内部結合界面の別個の部分において結像されることができる。接眼レンズは、複数の導波管層を含むことができる。

【００１３】

本発明のいくつかの実施形態は、接眼レンズ内にともに層化された１つ以上の導波管を使用して、画像をユーザの眼に投影させるための方法およびシステムを提供する。導波管は、導波管の１つ以上の表面内または該表面上に配置される、１つまたは格子および／または回折要素を含んでもよい。

【００１４】

いくつかの実施形態では、投影された画像を視認するための導波管が、提供される。導波管は、光を誘導するための基板を含んでもよい。導波管はまた、基板内または該基板上に配置され、投影された画像に関連する内部結合された光を基板の中に回折するように構成される、内部結合回折要素を含んでもよい。導波管はさらに、基板内または該基板上に配置され、投影された画像を倍増させ、倍増された投影画像を第２の格子に指向するように、内部結合回折要素からの回折された内部結合光を操作するように構成される、第１の格子を含んでもよい。いくつかの実施形態では、導波管は、基板内または該基板上に配置され、導波管からの操作された回折内部結合光を外部結合するように構成される、第２の格子を含む。いくつかの実施形態では、第１の格子および第２の格子は、導波管の同一領域を占有する。

【００１５】

いくつかの実施形態では、第１の格子および第２の格子は、第１の格子および第２の格子が相互上に重畳されるように、基板の同一側上または該同一側内に配置される。いくつかの実施形態では、第１の格子および第２の格子は、基板の異なる側上または該異なる側内に配置される。いくつかの実施形態では、導波管は、基板内または該基板上に配置され、投影された画像を倍増させ、倍増された投影画像を第２の格子に指向するように、内部結合回折要素からの回折された内部結合光を操作するように構成される、第３の格子を含んでもよい。いくつかの実施形態では、第１の格子は、倍増された投影画像を第２の格子へ

と第１の方向に指向するように構成される。いくつかの実施形態では、第３の格子は、倍増された投影画像を第２の格子へと第２の方向に指向するように構成され、第２の方向は、第１の方向と反対である。いくつかの実施形態では、第１の格子、第２の格子、および第３の格子は、第１の格子、第２の格子、および第３の格子が、相互上に重畳されるように、基板の同一側上または該同一側内に配置される。いくつかの実施形態では、第１の格子および第３の格子は、第１の格子および第３の格子が、相互上に重畳されるように、基板の同一側上または該同一側内に配置される。いくつかの実施形態では、第２の格子は、基板の反対側上または該反対側内に配置される。

【００１６】

いくつかの実施形態では、投影された画像を視認するための接眼レンズが、提供される。接眼レンズは、層化配列においてともに結合される、複数の導波管を含んでもよい。いくつかの実施形態では、複数の導波管の各導波管は、基板と、内部結合回折要素と、第１の格子と、第２の格子とを含む。

【００１７】

いくつかの実施形態では、投影された画像を視認するための導波管が、提供される。導波管は、光を誘導するための基板を含んでもよい。導波管はまた、基板内または該基板上に配置され、投影された画像に関連する内部結合された光を基板の中へと少なくとも第１の方向および第２の方向に回折するように構成される、内部結合回折要素を含んでもよい。導波管はさらに、基板内または該基板上に配置され、投影された画像を倍増させ、第１の倍増された投影画像を第３の格子に指向するように、回折された内部結合光を第１の方向に操作するように構成される、第１の格子を含んでもよい。いくつかの実施形態では、導波管は、基板内または該基板上に配置され、投影された画像を倍増させ、第２の倍増された投影画像を第３の格子に指向するように、回折された内部結合光を第２の方向に操作するように構成される、第２の格子を含む。いくつかの実施形態では、第３の格子は、基板内または該基板上に配置され、導波管からの第１の倍増された投影画像の少なくとも一部を外部結合し、導波管から第２の倍増された投影画像の少なくとも一部を外部結合するように構成される。

【００１８】

いくつかの実施形態では、内部結合回折要素は、投影された画像に関連する内部結合された光を基板の中へと第３の方向に回折するように構成される。いくつかの実施形態では、第３の格子は、回折された内部結合光の少なくとも一部を第３の方向に導波管から外部結合するように構成される。いくつかの実施形態では、第１の方向は、第２の方向と実質的に反対である。いくつかの実施形態では、第３の方向は、第１の方向および第２の方向と実質的に直交する。いくつかの実施形態では、内部結合回折要素は、相互に直交する、２つの重畳される回折格子を備える。いくつかの実施形態では、第１の方向は、第２の方向と１２０度の角度を形成する。いくつかの実施形態では、第３の方向は、第１の方向および第２の方向のそれぞれと６０度の角度を形成する。いくつかの実施形態では、内部結合回折要素は、六角形グリッドにレイアウトされる、複数の島を備える。いくつかの実施形態では、複数の導波管は、層化配列においてともに結合されてもよい。

【００１９】

いくつかの実施形態は、層化配列においてともに結合される、複数の導波管を含み、複数の導波管の各導波管は、光を誘導するための基板と、基板内または該基板上に配置され、投影された画像に関連する内部結合された光を基板の中に回折するように構成される、内部結合回折要素と、基板内または該基板上に配置され、投影された画像を倍増させ、倍増された投影画像を第２の格子に指向するように、内部結合回折要素からの回折された内部結合光を操作するように構成される、第１の格子と、基板内または該基板上に配置され、導波管からの操作された回折内部結合光を外部結合するように構成される、第２の格子とを含む。

【００２０】

本発明のある実施形態によると、画像を視認者の眼に投影させるための接眼レンズが、提

供される。接眼レンズは、正面表面および背面表面を有する、平面導波管を含み、平面導波管は、第１の波長範囲内の光を伝搬するように構成される。接眼レンズはまた、導波管の背面表面に結合され、導波管内を伝搬する光の第１の部分を導波管の平面から第１の方向に向かって回折し、導波管内を伝搬する光の第２の部分を導波管の平面から第１の方向と反対の第２の方向に向かって回折するように構成される、格子を含む。接眼レンズはさらに、導波管の正面表面に結合され、波長選択的反射体が光の第２の部分の少なくとも一部を第１の方向に向かって後方反射させるように、第１の波長範囲内の光を反射させ、第１の波長範囲外の光を透過させるように構成される、波長選択的反射体を含む。

【００２１】

本発明の別の実施形態によると、画像を視認者の眼に投影させるための接眼レンズが、提供される。接眼レンズは、第１の正面表面および第１の背面表面を有する、第１の平面導波管と、第１の平面導波管と略平行かつその正面に配置される、第２の平面導波管とを含む。第１の平面導波管は、第１の波長範囲内の第１の光を伝搬するように構成される。第２の平面導波管は、第２の正面表面および第２の背面表面を有し、第２の波長範囲内の第２の光を伝搬するように構成される。接眼レンズはまた、第２の平面導波管と略平行かつその正面に配置される、第３の平面導波管を含む。第３の平面導波管は、第３の正面表面および第３の背面表面を有し、第３の波長範囲内の第３の光を伝搬するように構成される。接眼レンズはさらに、第１の平面導波管の第１の背面表面に結合され、第１の平面導波管内を伝搬する第１の光の第１の部分を第１の平面導波管の平面から第１の方向に向かって回折し、第１の光の第２の部分を第１の平面導波管の平面から第１の方向と反対の第２の方向に向かって回折するように構成される、第１の格子を含む。接眼レンズは、加えて、第２の平面導波管の第２の背面表面に結合され、第２の平面導波管内を伝搬する第２の光の第１の部分を第２の平面導波管の平面から第１の方向に向かって回折し、第２の光の第２の部分を第２の平面導波管の平面から第２の方向に向かって回折するように構成される、第２の格子を含む。接眼レンズはまた、第３の平面導波管の第３の背面表面に結合され、第３の平面導波管内を伝搬する第３の光の第１の部分を第３の平面導波管の平面から第１の方向に向かって回折し、第３の光の第２の部分を第３の平面導波管の平面から第２の方向に向かって回折するように構成される、第３の格子を含む。

【００２２】

接眼レンズは、第１の平面導波管の第１の正面表面に結合され、第１の波長選択的反射体が第１の光の第２の部分の少なくとも一部を第１の方向に向かって後方反射させるように、第１の波長範囲内の光を反射させ、第１の波長範囲外の光を透過させるように構成される、第１の波長選択的反射体を含む。接眼レンズはまた、第２の平面導波管の第２の正面表面に結合され、第２の波長選択的反射体が第２の光の第２の部分の少なくとも一部を第１の方向に向かって後方反射させるように、第２の波長範囲内の光を反射させ、第２の波長範囲外の光を透過させるように構成される、第２の波長選択的反射体を含む。接眼レンズはさらに、第３の平面導波管の第３の正面表面に結合され、第３の波長選択的反射体が第３の光の第２の部分の少なくとも一部を第１の方向に向かって後方反射させるように、第３の波長範囲内の光を反射させ、第３の波長範囲外の光を透過させるように構成される、第３の波長選択的反射体を含む。

【００２３】

本発明の具体的実施形態によると、画像を視認者の眼に投影させるための接眼レンズが、提供される。接眼レンズは、第１の正面表面および第１の背面表面を有し、第１の波長範囲内の第１の光を伝搬するように構成される、第１の平面導波管を含む。接眼レンズはまた、第１の平面導波管と略平行かつその正面に配置される、第２の平面導波管を含む。第２の平面導波管は、第２の正面表面および第２の背面表面を有し、第２の波長範囲内の第２の光を伝搬するように構成される。接眼レンズはさらに、第２の平面導波管と略平行かつその正面に配置される、第３の平面導波管を含む。第３の平面導波管は、第３の正面表面および第３の背面表面を有し、第３の波長範囲内の第３の光を伝搬するように構成される。

【００２４】
加えて、接眼レンズは、第１の平面導波管の第１の正面表面に結合され、第１の平面導波管内を伝搬する第１の光の第１の部分を第１の平面導波管の平面から第１の方向に向かって回折し、第１の光の第２の部分を第１の平面導波管の平面から第１の方向と反対の第２の方向に向かって回折するように構成される、第１の格子を含む。接眼レンズはまた、第２の平面導波管の第２の正面表面に結合され、第２の平面導波管内を伝搬する第２の光の第１の部分を第２の平面導波管の平面から第１の方向に向かって回折し、第２の光の第２の部分を第２の平面導波管の平面から第２の方向に向かって回折するように構成される、第２の格子を含む。接眼レンズはさらに、第３の導波管の第３の正面表面に結合され、第３の平面導波管内を伝搬する第３の光の第１の部分を第３の平面導波管の平面から第１の方向に向かって回折し、第３の光の第２の部分を第３の平面導波管の平面から第２の方向に向かって回折するように構成される、第３の格子を含む。
【００２５】
さらに、接眼レンズは、第２の平面導波管の第２の背面表面に結合され、第１の波長選択的反射体が第１の光の第２の部分の少なくとも一部を第１の方向に向かって後方反射させるように、第１の波長範囲内の光を反射させ、第１の波長範囲外の光を透過させるように構成される、第１の波長選択的反射体を含む。接眼レンズはまた、第３の平面導波管の第３の背面表面に結合され、第２の波長選択的反射体が第２の光の第２の部分の少なくとも一部を第１の方向に向かって後方反射させるように、第２の波長範囲内の光を反射させ、第２の波長範囲外の光を透過させるように構成される、第２の波長選択的反射体を含む。接眼レンズはさらに、第３の平面導波管と略平行かつその正面に配置される、正面カバープレートを含み、第３の波長選択的反射体は、正面カバープレートの表面に結合される。第３の平面導波管は、第３の波長選択的反射体が第３の光の第２の部分の少なくとも一部を第１の方向に向かって後方反射させるように、第３の波長範囲内の光を反射させ、第３の波長範囲外の光を透過させるように構成される。
【００２６】
本開示のいくつかの実施形態は、投影ディスプレイシステムにおける品質および均一性を改良するための方法およびシステムを提供する。
【００２７】
いくつかの実施形態によると、バイナリ格子構造およびブレーズド格子構造の組み合わせを有する、導波管を製造する方法が、提供される。本方法は、基板を軸外で切断するステップを含む。本方法はさらに、第１の層を基板上に堆積させるステップを含む。本方法はさらに、レジスト層を第１の層上に堆積させるステップを含み、レジスト層は、パターンを含む。本方法はさらに、レジスト層をマスクとして使用して、第１の層をパターンでエッチングするステップを含み、パターンは、第１の領域と、第２の領域とを含む。本方法はさらに、レジスト層を除去するステップを含む。本方法はさらに、第１のポリマー層をパターンの第１の領域内にコーティングするステップを含む。本方法はさらに、パターンの第２の領域内の基板をエッチングし、バイナリ格子構造を第２の領域内の基板に作成するステップを含む。本方法はさらに、第１のポリマー層を除去するステップを含む。本方法はさらに、第２のポリマー層をパターンの第２の領域内にコーティングするステップを含む。本方法はさらに、パターンの第１の領域内の基板をエッチングし、ブレーズド格子構造を第１の領域内の基板に作成するステップを含む。本方法はさらに、第２のポリマー層を除去するステップを含む。本方法はさらに、第１の層を基板から除去するステップを含む。
【００２８】
いくつかの実施形態によると、多段階バイナリ格子構造を有する、導波管を製造する方法が、提供される。本方法は、第１のエッチング停止層を第１の基板上にコーティングするステップを含む。本方法はさらに、第２の基板を第１のエッチング停止層上に追加するステップを含む。本方法はさらに、第１のレジスト層を第２の基板上に堆積させるステップを含み、第１のレジスト層は、少なくとも１つの第１の開口部を含む。本方法はさらに、

第２のエッチング停止層を少なくとも１つの第１の開口部内の第２の基板上に堆積させるステップを含む。本方法はさらに、第１のレジスト層を第２の基板から除去するステップを含む。本方法はさらに、第３の基板を第２の基板および第２のエッチング停止層上に追加するステップを含む。本方法はさらに、第２のレジスト層を第３の基板上に堆積させるステップを含み、第２のレジスト層は、少なくとも１つの第２の開口部を含む。本方法はさらに、第３のエッチング停止層を少なくとも１つの第２の開口部内の第３の基板上に堆積させるステップを含む。本方法はさらに、第２のレジスト層を第３の基板から除去するステップを含む。本方法はさらに、第２の基板および第３の基板をエッチングし、第１の基板、第１のエッチング停止層、第２のエッチング停止層、および第２の基板を少なくとも１つの第１の開口部内に、第３のエッチング停止層および第３の基板を少なくとも１つの第２の開口部内に残すステップを含む。本方法はさらに、第１のエッチング停止層の露光される部分、第２のエッチング停止層の露光される部分、および第３のエッチング停止層をエッチングし、多段階バイナリ格子を形成するステップを含む。

【００２９】

いくつかの実施形態によると、ブレーズド格子構造を有する、導波管を製造する方法が、提供される。本方法は、基板を軸外で切断するステップを含む。本方法はさらに、レジスト層を基板上に堆積させるステップを含み、レジスト層は、パターンを含む。本方法はさらに、レジスト層をマスクとして使用して、基板をパターンでエッチングし、ブレーズド格子構造を基板内に作成するステップを含む。本方法はさらに、レジスト層を基板から除去するステップを含む。

【００３０】

いくつかの実施形態によると、接眼レンズ層によって光を操作する方法が、提供される。本方法は、光源からの光を格子パラメータの第１のセットによって特徴付けられる第１の格子構造を有する入力結合格子において受光するステップを含む。本方法はさらに、入力結合格子からの光を格子パラメータの第２のセットによって特徴付けられる第２の格子構造を有する拡張格子において受光するステップを含む。本方法はさらに、拡張格子からの光を格子パラメータの第３のセットによって特徴付けられる第３の格子構造を有する出力結合格子において受光するステップを含む。第１の格子構造、第２の格子構造、または第３の格子構造のうちの少なくとも１つは、段階的なデューティサイクルを有する。

【００３１】

本発明のいくつかの実施形態は、ウェアラブルディスプレイデバイスの接眼レンズ層をディザリングするための方法およびシステムを提供する。

【００３２】

いくつかの実施形態によると、デバイスが、提供される。本デバイスは、格子パラメータの第１のセットによって特徴付けられる第１の格子構造を有する、入力結合格子を備える。入力結合格子は、光を光源から受光するように構成される。本デバイスはさらに、少なくとも２次元において変動する格子パラメータの第２のセットによって特徴付けられる第２の格子構造を有する、拡張格子を備える。第２の格子構造は、光を入力結合格子から受光するように構成される。本デバイスはさらに、格子パラメータの第３のセットによって特徴付けられる第３の格子構造を有する、出力結合格子を備える。出力結合格子は、光を拡張格子から受光し、光を視認者に出力するように構成される。

【００３３】

いくつかの実施形態によると、光学構造が、提供される。光学構造は、少なくとも部分的に、第１の寸法および第２の寸法によって画定された平面にレイアウトされる、導波管層を備える。光学構造はさらに、導波管層に結合され、平面において光を回折するように動作可能である、回折要素を備える。回折要素は、少なくとも第１の寸法および第２の寸法において変動する、回折パラメータのセットによって特徴付けられる。

【００３４】

多数の利点が、従来の技法に優る本開示の方法によって達成される。例えば、本発明の実施形態は、拡張現実ディスプレイシステムの信頼性および性能を改良する、方法およびシ

ステムを提供する。ウェアラブルデバイスの動作に起因して生成された熱を分散および放熱させる、高効率熱拡散および放熱デバイスが、説明される。ウェアラブルデバイスのディスプレイシステムの出力に適合し、不均一な温度分布または温度負荷の急増から生じる、光学センサ、プロジェクタ、およびウェアラブルディスプレイ光学の相対的位置付けの変化を考慮するための方法およびシステムも、説明される。

【００３５】

本開示の他の実施形態は、投影ディスプレイシステムにおける残影画像を含む、アーチファクトを低減または排除する、方法およびシステムを提供する。加えて、本開示の実施形態は、眼精疲労を低減させ、迷光に起因するアーチファクトを低減させ、表示される画像またはビデオの分解能、ＡＮＳＩコントラスト、および一般的信号対雑音を改良する。

【００３６】

例えば、本発明の実施形態は、接眼レンズの寸法を減少させ、および／またはユーザのための視野を増加させる、または明度等のユーザに送達される光の光性質を改良することによって、拡張現実用途において使用するための接眼レンズのスケーラビリティを改良する、方法およびシステムを提供する。接眼レンズのより小さい寸法は、多くの場合、ユーザが特定のシステムを装着するときのユーザ快適性に重要である。本発明の実施形態はまた、接眼レンズ内の光出射点の広範囲および密度に起因して、高品質画像がユーザの眼に投影されることを可能にする。

【００３７】

他の本開示の実施形態は、投影ディスプレイシステム内の光の通過を改良する、格子を接眼レンズ層上に提供するための方法およびシステムを提供する。加えて、本開示のいくつかの実施形態は、視認者に投影されている出力画像を横断して、光強度の均一性の増加を提供し得る。いくつかの実施形態では、均一性は、平衡され、改良された製造可能性および設計のより優れた柔軟性をもたらし得る。本開示のこれらおよび他の実施形態は、その利点および特徴の多くとともに、以下の文章および添付の図と併せてより詳細に説明される。

【００３８】

本発明のいくつかの実施形態は、輝度の均一性、強度の均一性、回折効率、および／または出力光の明度を改良しながら、画像アーチファクト、波干渉、および／または反射を低減させる、方法およびシステムを提供する。

【００３９】

本明細書に説明される実施形態および実装のうちの１つ以上のものは、異なる実装の組み合わせによって可能にされる機能性を提供するために組み合わせられてもよいことに留意されたい。故に、本明細書に説明される実施形態は、特定の用途の必要に応じて、独立して、または組み合わせて、実装されることができる。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【００４０】

本開示のこれらおよび他の実施形態は、その利点および特徴の多くとともに、以下の文章および添付の図と併せてより詳細に説明される。

本願明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

（項目１）

デバイスであって、

格子パラメータの第１のセットによって特徴付けられる第１の格子構造を有する入力結合格子であって、前記入力結合格子は、光を光源から受光するように構成される、入力結合格子と、

少なくとも２つの次元において変動する格子パラメータの第２のセットによって特徴付けられる第２の格子構造を有する拡張格子であって、前記第２の格子構造は、光を前記入力結合格子から受光するように構成される、拡張格子と、

格子パラメータの第３のセットによって特徴付けられる第３の格子構造を有する出力結合格子であって、前記出力結合格子は、光を前記拡張格子から受光し、光を視認者に出力

するように構成される、出力結合格子と
を備える、デバイス。
（項目２）
前記少なくとも２つの次元は、ピッチ、角度、頂角、屈折率、高さ、およびデューティサイクルのうちの少なくとも２つを含む、項目１に記載のデバイス。
（項目３）
前記第２の格子構造は、第１の屈折率によって特徴付けられる複数の第１の領域と、第２の屈折率によって特徴付けられる複数の第２の領域とを有する、フィルムを含み、前記第２の屈折率は、前記第１の屈折率より低い、項目１に記載のデバイス。
（項目４）
前記第２の格子構造は、位相変動パターンまたは位相ディザリング格子のうちの少なくとも１つを有する、項目１に記載のデバイス。
（項目５）
前記位相変動パターンは、周期的または段階的な周期的パターン、ヒューリスティックパターン、算出ホログラム、またはランダムパターンのうちの少なくとも１つを含む、連続位相変動パターンを備える、項目４に記載のデバイス。
（項目６）
前記第２の格子構造は、周期的構造を有する、項目１に記載のデバイス。
（項目７）
前記第２の格子構造は、第２の屈折率を有する層によって被覆される、第１の屈折率を有する複数の領域を含み、前記第２の屈折率は、前記第１の屈折率より低い、項目１に記載のデバイス。
（項目８）
前記第２の格子構造は、第１の回折部分と、前記第１の回折部分に隣接する第２の回折部分とを備え、前記第１の回折部分は、第１の回折次数における第１の位相偏移を伴って、第１の光ビームを回折させるように構成され、前記第２の回折部分は、第２の回折次数における第２の位相偏移を伴って、第２の光ビームを回折させるように構成され、前記第２の回折次数は、前記第１の回折次数に類似し、前記第２の位相偏移は、前記第１の位相偏移と異なり、前記第１の位相偏移と前記第２の位相偏移との間の差異は、位相変動パターンと関連付けられる、項目１に記載のデバイス。
（項目９）
前記第１の回折部分は、前記第１の光ビームを前記第１の回折次数における第１の回折された光ビームに偏向させるように構成され、前記第２の回折部分は、前記第１の回折された光ビームを前記第２の回折次数の負の次数における第２の回折された光ビームに偏向するように構成され、前記第２の回折された光ビームは、前記第１の光ビームと比較して、位相変化を有し、前記位相変化は、前記第１の位相偏移から前記第２の位相偏移を差し引いたものである、項目８に記載のデバイス。
（項目１０）
光学構造であって、
少なくとも部分的に第１の次元および第２の次元によって画定された平面に存在する導波管層と、
前記導波管層に結合され、光を前記平面において回折するように動作可能である回折要素であって、前記回折要素は、少なくとも前記第１の次元および前記第２の次元において変動する回折パラメータのセットによって特徴付けられる、回折要素と
を備える、光学構造。
（項目１１）
前記回折パラメータのセットは、少なくとも前記第１の次元および前記第２の次元において連続的に変動する、項目１０に記載の光学構造。
（項目１２）
前記回折パラメータのセットは、ピッチ、格子ベクトル角度、デューティサイクル、高

さ変動、屈折率変動、またはブレーズ角または頂角のうちの少なくとも１つを備える、項目１０に記載の光学構造。

（項目１３）

前記回折要素は、前記第１の次元および前記第２の次元に直交する第３の次元において延在する突出部の高さおよび間隔におけるランダム変動によって特徴付けられる、項目１０に記載の光学構造。

（項目１４）

前記回折要素は、第１の屈折率によって特徴付けられる複数の第１の領域と、第２の屈折率によって特徴付けられる複数の第２の領域とを有するフィルムを含み、前記第２の屈折率は、前記第１の屈折率より低い、項目１０に記載の光学構造。

（項目１５）

前記回折要素は、位相ディザリング格子または位相変動パターンのうちの少なくとも１つを含む、項目１０に記載の光学構造。

（項目１６）

前記位相変動パターンの周期は、１００μｍ～５ｃｍの範囲内である、項目１５に記載の光学構造。

（項目１７）

前記位相変動パターンは、周期的または段階的な周期的パターン、ヒューリスティックパターン、算出ホログラム、またはランダムパターンのうちの少なくとも１つを含む、連続位相変動パターンを備える、項目１５に記載の光学構造。

（項目１８）

前記回折要素は、第２の屈折率を有する層によって被覆される、第１の屈折率を有する複数の領域を含み、前記第２の屈折率は、前記第１の屈折率より低い、項目１０に記載の光学構造。

（項目１９）

前記回折要素は、第１の回折部分と、前記第１の回折部分に隣接する第２の回折部分とを備え、前記第１の回折部分は、第１の回折次数における第１の位相偏移を伴って、第１の光ビームを回折させるように構成され、前記第２の回折部分は、第２の回折次数における第２の位相偏移を伴って、第２の光ビームを回折させるように構成され、前記第２の回折次数は、前記第１の回折次数に類似し、前記第２の位相偏移は、前記第１の位相偏移と異なり、前記第１の位相偏移と前記第２の位相偏移との間の差異は、位相変動パターンと関連付けられる、項目１０に記載の光学構造。

（項目２０）

前記第１の回折部分は、前記第１の光ビームを前記第１の回折次数における第１の回折された光ビームに偏向するように構成され、前記第２の回折部分は、前記第１の回折された光ビームを前記第２の回折次数の負の次数における第２の回折された光ビームに偏向するように構成され、前記第２の回折された光ビームは、前記第１の光ビームと比較して、位相変化を有し、前記位相変化は、前記第１の位相偏移から前記第２の位相偏移を差し引いたものである、項目１９に記載の光学構造。

【図面の簡単な説明】

【００４１】

【図１】図１は、本明細書に説明されるある実施形態による、ウェアラブルＡＲデバイスを通して視認されるような拡張現実（ＡＲ）場面を図示する、図面である。

【図２Ａ】図２Ａは、立体視３次元（３Ｄ）ディスプレイを図示する。

【図２Ｂ】図２Ｂは、可変深度平面遠近調節距離を図示する。

【図３Ａ】図３Ａは、所与の深度平面における遠近調節（ａｃｃｍｍｏｄａｔｉｏｎ）－輻輳・開散運動（ｖｅｒｇｅｎｃｅ）焦点を図示する。

【図３Ｂ】図３Ｂは、所与の深度平面に対する遠近調節－輻輳・開散運動不整合を図示する。

【図４】図４は、所与の深度平面を越える２つのオブジェクト間の比較の遠近調節－輻輳

・開散運動不整合を図示する。
【図５】図５は、いくつかの実施形態による、深度平面選択および遠近調節－輻輳・開散運動不整合に及ぼす影響を図示する。
【図６】図６Ａ－Ｂは、いくつかの実施形態による、ある深度平面を前提とした２つのオブジェクト間の比較の遠近調節－輻輳・開散運動不整合を図示する。
【図７】図７Ａ－Ｂは、いくつかの実施形態による、導波管を通したユーザの眼の中への光投影の断面図を図示する。
【図８】図８は、いくつかの実施形態による、導波管内の回折光学要素（ＤＯＥ）によってユーザの眼に投影されたライトフィールドを図示する。
【図９】図９は、いくつかの実施形態による、導波管内の複数のＤＯＥによってユーザの眼に投影された広ライトフィールドを図示する。
【図１０】図１０は、いくつかの実施形態による、導波管内のＤＯＥによってユーザの眼に外部結合された集束された光パターンを図示する。
【図１１】図１１は、いくつかの実施形態による、ユーザの眼の複数の副瞳（ｓｕｂｐｕｐｉｌ）の中に投入されたビームレットを図示する。
【図１２】図１２は、いくつかの実施形態による、集約ビームレットがより大きい直径の単一ビームであるかのように、あるコリメートされたビームレットを副瞳を通して集束させる様子を図示する。
【図１３】図１３は、いくつかの実施形態による、光をユーザの眼に外部結合しながら、また、世界光がスタックを通してユーザの眼に浸透することを可能にする、導波管のスタックを図示する。
【図１４】図１４は、いくつかの実施形態による、投入された光を、複数の導波管の中に、それを通して、そしてそこから再指向するように構成される、内部結合ＤＯＥ、直交ＤＯＥ、および出射ＤＯＥを図示する。
【図１５】図１５は、いくつかの実施形態による、ウェアラブル拡張現実ディスプレイシステムを図示する。
【図１６Ａ】図１６Ａは、いくつかの実施形態による、実世界環境と相互作用する拡張現実ディスプレイシステムのユーザの相互作用を図示する。
【図１６Ｂ】図１６Ｂは、いくつかの実施形態による、視認光学アセンブリのコンポーネントを図示する。
【図１７】図１７は、いくつかの実施形態による、あるコンポーネントを伴う頭部搭載型ディスプレイの分解図を図示する。
【図１８】図１８は、いくつかの実施形態による、視認光学アセンブリの分解図を図示する。
【図１９】図１９は、いくつかの実施形態による、世界カメラアセンブリを図示する。
【図２０】図２０は、本明細書に説明されるある実施形態による、デジタルまたは仮想画像を視認者に提示するために使用され得る、視認光学アセンブリ（ＶＯＡ）内の光経路を図式的に図示する。
【図２１】図２１は、本発明のある実施形態による、接眼レンズの実施例を図示する。
【図２２】図２２は、本発明のある実施形態による、接眼レンズのための導波管の層の実施例を図示する。
【図２３】図２３は、本発明のある実施形態による、接眼レンズの導波管の中に内部結合される光の単一ビームレットの経路の実施例を図示する。
【図２４】図２４は、本発明のある実施形態による、導波管のための上下トポロジの実施例を図示する。
【図２５】図２５は、本発明のある実施形態による、導波管のための重複トポロジの実施例を図示する。
【図２６】図２６は、本発明のある実施形態による、導波管のための一列トポロジの実施例を図示する。
【図２７】図２７は、本発明のある実施形態による、可変回折効率のゾーンを伴うＯＰＥ

の実施例を図示する。
【図２８】図２８は、本発明のある実施形態による、導波管のための先端およびクリップトポロジの実施例を図示する。
【図２９】図２９は、本発明のある実施形態による、導波管のための蝶ネクタイトポロジの実施例を図示する。
【図３０Ａ】図３０Ａは、本発明のある実施形態による、導波管のための蝶ネクタイトポロジの実施例を図示する。
【図３０Ｂ】図３０Ｂは、本発明のある実施形態による、導波管のための回折光学特徴の種々の拡大図を図示する。
【図３０Ｃ】図３０Ｃは、本発明のある実施形態による、導波管のためのＯＰＥ領域の光学動作を図示する。
【図３１Ａ】図３１Ａは、本発明のある実施形態による、２つの重畳される回折格子を有する入力結合器領域を含む、導波管の実施例を図示する。
【図３１Ｂ】図３１Ｂは、本発明のある実施形態による、２つの重畳される回折格子から成る入力結合器領域の実施例の斜視図を図示する。
【図３２Ａ】図３２Ａは、本発明のある実施形態による、コンパクトな形状因子を有する、導波管の実施例を図示する。
【図３２Ｂ】図３２Ｂは、本発明のある実施形態による、導波管の入力結合器領域の回折光学特徴の実施例を図示する。
【図３２Ｃ】図３２Ｃは、本発明のある実施形態による、導波管のＯＰＥ領域の回折光学特徴の実施例を図示する。
【図３３Ａ】図３３Ａは、本発明のある実施形態による、片側構成において組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域を有する、導波管の実施例を図示する。
【図３３Ｂ】図３３Ｂは、本発明のある実施形態による、ＳＥＭによって捕捉された片側構成において組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域の実施例を図示する。
【図３３Ｃ】図３３Ｃは、本発明のある実施形態による、導波管内の光経路の実施例を図示する。
【図３３Ｄ】図３３Ｄは、本発明のある実施形態による、導波管内の光経路の実施例の側面図を図示する。
【図３４Ａ】図３４Ａは、本発明のある実施形態による、両側構成において組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域を有する、導波管の実施例を図示する。
【図３４Ｂ】図３４Ｂは、本発明のある実施形態による、導波管および光経路の側面図を図示する。
【図３５Ａ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３５Ｂ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３５Ｃ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３５Ｄ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３５Ｅ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３５Ｆ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３５Ｇ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３５Ｈ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３５Ｉ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実

装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３５Ｊ】図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズにおける実装のための導波管の種々の設計を図示する。
【図３６－１】図３６Ａは、本発明のある実施形態による、周期的可変屈折率を伴う回折要素を図示する、簡略化された平面図略図である。図３６Ｂは、本発明のある実施形態による、屈折率における分散変動を伴う回折要素を図示する、簡略化された平面図略図である。図３６Ｃは、本発明のある実施形態による、可変屈折率を伴う回折要素のセットを図示する、簡略化された平面図略図である。図３６Ｄは、本発明のある実施形態による、異なる均一屈折率を有する回折要素のセットを図示する、簡略化された平面図略図である。
【図３６－２】図３６Ｅは、本発明のある実施形態による、可変屈折率を伴う回折要素を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。
【図３６－３】図３６Ｆは、本発明のある実施形態による、平面基板に当接する可変屈折率の膜を図示する、画像である。図３６Ｇは、本発明のある実施形態による、回折基板に当接する可変屈折率の膜を図示する、画像である。図３６Ｈは、本発明のある実施形態による、第１の回折要素内の可変屈折率の膜を図示する、画像である。図３６Ｉは、本発明のある実施形態による、第２の回折要素内の可変屈折率の膜を図示する、画像である。
【図３６－４】図３６Ｊは、本発明のある実施形態による、可変屈折率を伴う回折要素を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。
【図３６－５】図３６Ｋは、本発明のある実施形態による、回折要素のための可変屈折率構造を図示する、簡略化された側面図略図である。図３６Ｌは、本発明のある実施形態による、回折要素のための多層可変屈折率構造を図示する、簡略化された側面図略図である。
【図３７】図３７は、本発明のいくつかの実施形態による、基板上の回折構造を使用する、例示的光学システムの概略図である。
【図３８】図３８は、本発明のいくつかの実施形態による、導波管の異なる視野および異なる厚さに関する波干渉を呈する電場強度の写真を示す。
【図３９Ａ】図３９Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、ディザリングされていないＯＰＥおよびその出力画像を図示する、簡略化された略図である。
【図３９Ｂ】図３９Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、正弦波ディザリングされたＯＰＥおよびその出力画像を図示する、簡略化された略図である。
【図３９Ｃ】図３９Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、最適化された２Ｄディザリング　ＯＰＥおよびその出力画像を図示する、簡略化された略図である。
【図３９Ｄ】図３９Ｄは、本発明のいくつかの実施形態による、多くのアーチファクトを伴う画像とより少ないアーチファクトを伴う画像を比較する、写真を示す。
【図４０Ａ】図４０Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、連続位相変動パターンを回折構造に追加する実施例を示す。
【図４０Ｂ】図４０Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、位相変動の有無別の回折構造を有する光学システムからの出力画像を示す。
【図４０Ｃ】図４０Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、離散位相変動パターンを回折構造に追加する実施例を示す。
【図４１Ａ】図４１Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、格子のための異なる緩慢に変動するディザリングパターンを図示する、簡略化された略図を示す。
【図４１Ｂ】図４１Ｂ－Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、回折構造内に実装され得る、異なるタイプの離散位相変動パターンを示す。
【図４１Ｃ】図４１Ｂ－Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、回折構造内に実装され得る、異なるタイプの離散位相変動パターンを示す。
【図４２Ａ】図４２Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、格子のための付加的ディザリング変動パターンを図示する、簡略化された略図である。
【図４２Ｂ】図４２Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、位相摂動を回折格子内に実装するための可変格子高を伴う回折格子を加工する例示的方法を示す。
【図４２Ｃ】図４２Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、位相変動パターンを伴う

回折構造を加工する例示的方法のフロー図である。
【図４２Ｄ】図４２Ｄは、本発明のいくつかの実施形態による、ディザリングされた接眼レンズ層によって光を操作する例示的方法のフロー図である。
【図４３】図４３は、本発明のいくつかの実施形態による、回折構造を導波管内に含む例示的デバイス内で回折される、光の概略図である。
【図４４Ａ】図４４Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、ビーム倍増器を通る光経路を図示する、簡略化された略図である。
【図４４Ｂ】図４４Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、波干渉を操作する、ビーム倍増器を通る光経路を図示する、簡略化された略図である。
【図４５Ａ】図４５Ａ－Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、格子構造のディザリングを通した光経路を比較する、簡略化された略図である。
【図４５Ｂ】図４５Ａ－Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、格子構造のディザリングを通した光経路を比較する、簡略化された略図である。
【図４６】図４６は、本発明のいくつかの実施形態による、接眼ディスプレイデバイス内の視認光学システムを図示する、ブロック図である。
【図４７Ａ】図４７Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、導波管ディスプレイのブロック図である。
【図４７Ｂ】図４７Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、導波管ディスプレイを使用して生産された出力画像である。
【図４８Ａ】図４８Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、導波管ディスプレイの中への複数の入力を図示する、ブロック図である。
【図４８Ｂ】図４８Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、複数の入力を有する導波管ディスプレイからの出力画像である。
【図４８Ｃ】図４８Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、複数の入力光ビームを使用した導波管ディスプレイ内の複数のインコヒーレント画像の生成のための方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。
【図４９Ａ】図４９Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、回折ビームスプリッタを利用した導波管ディスプレイの中への単一入力を図示する、ブロック図である。
【図４９Ｂ】図４９Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、回折ビームスプリッタを使用した導波管ディスプレイ内の複数のインコヒーレント画像の生成のための方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。
【図５０Ａ】図５０Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、複数の回折ビームスプリッタを利用した導波管ディスプレイの中への単一入力を図示する、ブロック図である。
【図５０Ｂ】図５０Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、複数の回折ビームスプリッタを使用した導波管ディスプレイ内の複数のインコヒーレント画像の生成のための方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。
【図５１Ａ】図５１Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、テレセントリックプロジェクタシステムを図示する、ブロック図である。
【図５１Ｂ】図５１Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、非テレセントリックプロジェクタシステムを図示する、ブロック図である。
【図５２】図５２は、本発明のいくつかの実施形態による、接眼ディスプレイデバイス内のテレセントリックプロジェクタからの反射を抑制するためのシステムを図示する、ブロック図である。
【図５３Ａ】図５３Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、回折光学要素上の正方形ラティス状格子構造を図示する、ブロック図である。
【図５３Ｂ】図５３Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、回折光学要素上の円形の丸みを帯びた要素の格子構造を図示する、写真である。
【図５４Ａ】図５４Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、回折光学要素のバイナリ格子隆起の上面図である。
【図５４Ｂ】図５４Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、回折光学要素の横切バイ

ナリ格子隆起の上面図である。
【図５５】図５５は、本発明のいくつかの実施形態による、回折光学要素の横切斜向格子隆起の上面図である。
【図５６】図５６は、本発明のいくつかの実施形態による、回折光学要素上の三角形要素格子構造を図示する、写真である。
【図５７】図５７は、本発明のいくつかの実施形態による、回折光学要素上の卵形要素格子構造を図示する、写真である。
【図５８】図５８は、本発明のいくつかの実施形態による、接眼ディスプレイデバイス内のテレセントリックプロジェクタからの反射を抑制する方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。
【図５９Ａ】図５９Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、一定回折効率によって特徴付けられる回折構造の平面図を図示する、簡略化された概略図である。
【図５９Ｂ】図５９Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、異なる回折効率の領域によって特徴付けられる回折構造の平面図を図示する、簡略化された概略図である。
【図５９Ｃ】図５９Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、異なる回折効率の領域によって特徴付けられる回折構造の平面図を図示する、簡略化された概略図である。
【図６０－１】図６０Ａ－Ｈは、本発明のいくつかの実施形態による、グレースケールリソグラフィを使用して可変回折効率格子を加工するためのプロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図６０－２】図６０Ａ－Ｈは、本発明のいくつかの実施形態による、グレースケールリソグラフィを使用して可変回折効率格子を加工するためのプロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図６１】図６１Ａ－Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、異なる表面高を伴う領域を加工するためのプロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図６２】図６２Ａ－Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、異なる回折効率を有する格子を伴う領域を加工するためのプロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図６３－１】図６３Ａ－Ｈは、本発明のいくつかの実施形態による、異なる回折効率によって特徴付けられる領域を加工するための多段階エッチングプロセスの使用を図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図６３－２】図６３Ａ－Ｈは、本発明のいくつかの実施形態による、異なる回折効率によって特徴付けられる領域を加工するための多段階エッチングプロセスの使用を図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図６４－１】図６４Ａ－Ｈは、本発明のいくつかの実施形態による、可変回折効率格子を加工するための多段階エッチングプロセスの使用を図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図６４－２】図６４Ａ－Ｈは、本発明のいくつかの実施形態による、可変回折効率格子を加工するための多段階エッチングプロセスの使用を図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図６５】図６５は、本発明のいくつかの実施形態による、内部結合格子の簡略化された断面図である。
【図６６】図６６は、本発明のいくつかの実施形態による、可変回折効率を伴う回折構造を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。
【図６７】図６７は、本発明のいくつかの実施形態による、異なる回折効率の領域によって特徴付けられる回折構造を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。
【図６８】図６８Ａ－Ｄは、本発明のいくつかの実施形態による、グレースケールリソグラフィを使用して可変回折効率格子を加工するためのプロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図６９】図６９は、本発明のいくつかの実施形態による、可変回折効率を伴う回折構造

を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。
【図７０】図７０は、いくつかの実施形態による、接眼レンズの部分断面図を図式的に図示する。
【図７１】図７１は、いくつかの実施形態による、いくつかの波長選択的反射体の例示的反射率スペクトルを図式的に図示する。
【図７２】図７２は、いくつかの他の実施形態による、接眼レンズの部分断面図を図式的に図示する。
【図７３】図７３は、いくつかの他の実施形態による、接眼レンズの部分断面図を図式的に図示する。
【図７４】図７４は、いくつかの実施形態による、ロングパスフィルタおよびショートパスフィルタの例示的反射率スペクトルを図式的に図示する。
【図７５】図７５は、いくつかの実施形態による、メタ表面の実施例を図示する。
【図７６】図７６は、いくつかの実施形態による、図７５に示される一般的構造を有するメタ表面に関する透過および反射スペクトルのプロットを示す。
【図７７－１】図７７Ａおよび７７Ｂは、それぞれ、いくつかの実施形態による、１次元ナノビームによって形成されるメタ表面の上面図および側面図を示す。
【図７７－２】図７７Ｃおよび７７Ｄは、それぞれ、いくつかの他の実施形態による、１次元ナノビームによって形成されるメタ表面の平面図および側面図を示す。
【図７８－１】図７８Ａおよび７８Ｂは、それぞれ、いくつかの実施形態による、基板の表面上に形成される複数のナノアンテナによって形成される単層２次元メタ表面の上面図および側面図を示す。
【図７８－２】図７８Ｃおよび７８Ｄは、それぞれ、いくつかの実施形態による、多層２次元メタ表面の平面図および側面図を示す。
【図７９】図７９は、いくつかの実施形態による、ＴＥ偏光のための図７７Ｃおよび７７Ｄに図示されるメタ表面の緑色に対応する波長（実線）および赤色に対応する波長（破線）に関する入射角の関数としてシミュレートされた反射率のプロットを示す。
【図８０】図８０は、いくつかの実施形態による、ＴＥ偏光のための図７７Ｃおよび７７Ｄに図示されるメタ表面のシミュレートされた反射率スペクトル（実線）およびシミュレートされた透過スペクトル（破線）のプロットを示す。
【図８１】図８１は、いくつかの実施形態による、ＴＭ偏光のための図７７Ｃおよび７７Ｄに図示されるメタ表面の緑色に対応する波長（実線）および赤色に対応する波長（破線）に関する入射角の関数としてシミュレートされた反射率のプロットを示す。
【図８２】図８２は、いくつかの実施形態による、ＴＭ偏光のための図７７Ｃおよび７７Ｄに図示されるメタ表面のシミュレートされた反射率スペクトル（実線）およびシミュレートされた透過スペクトル（破線）のプロットを示す。
【図８３】図８３Ａ－８３Ｆは、いくつかの実施形態による、複合メタ表面が２つのサブメタ表面を交互配置することによって形成され得る方法を図式的に図示する。
【図８４】図８４Ａおよび８４Ｂは、それぞれ、いくつかの実施形態による、メタ表面の上面図および側面図を示す。図８４Ｃは、いくつかの実施形態による、入射角の関数として図８４Ａおよび８４Ｂに図示されるメタ表面の反射率スペクトルを図式的に図示する。
【図８５Ａ】図８５Ａは、いくつかの実施形態による、接眼レンズ８５００の部分的側面図を図式的に図示する。
【図８５Ｂ】図８５Ｂは、いくつかの実施形態による、図８５Ａに示される波長選択的反射体の上面図を図式的に図示する。
【図８６】図８６Ａは、いくつかの実施形態による、体積位相ホログラムの部分断面図を図式的に図示する。図８６Ｂは、いくつかの実施形態による、図８６Ａに図示される体積位相ホログラムの反射率スペクトルを図式的に図示する。図８６Ｃは、いくつかの実施形態による、体積位相ホログラムの部分断面図を図式的に図示する。図８６Ｄは、いくつかの実施形態による、図８６Ｃに図示される体積位相ホログラムの反射率スペクトルを図式的に図示する。図８６Ｅは、いくつかの実施形態による、複合体積位相ホログラムの部分

断面図を図式的に図示する。図８６Ｆは、いくつかの実施形態による、導波管上に形成される複合体積位相ホログラムの側面図を図式的に図示する。
【図８７】図８７は、一実施形態による、プロジェクタの実施例を図示する、概略図である。
【図８８】図８８は、一実施形態による、プロジェクタの実施例を図示する、概略図である。
【図８９】図８９は、一実施形態による、複数の色の光が各導波管内に配置される内部結合格子を使用して対応する導波管の中に結合される様子を図示する、概略図である。
【図９０】図９０Ａ－９０Ｃは、一実施形態による、分散型副瞳アーキテクチャの上面図である。
【図９１】図９１は、一実施形態による、複数の深度平面のための色の時間シーケンシャルエンコーディングを図示する、概略図である。
【図９２Ａ】図９２Ａは、一実施形態による、プロジェクタアセンブリを図示する、概略図である。
【図９２Ｂ】図９２Ｂは、図９２Ａに示されるプロジェクタアセンブリを図示する、展開された概略図である。
【図９３Ａ】図９３Ａは、一実施形態による、プロジェクタアセンブリ内のアーチファクト形成を図示する、概略図である。
【図９３Ｂ】図９３Ｂは、図９３Ａに示されるプロジェクタアセンブリ内のアーチファクト形成を図示する、展開された概略図である。
【図９４】図９４は、図９２Ａに図示されるプロジェクタアセンブリのためのある場面におけるアーチファクトの存在を図示する。
【図９５Ａ】図９５Ａは、一実施形態による、アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリを図示する、概略図である。
【図９５Ｂ】図９５Ｂは、一実施形態による、光学アーチファクトを低減させる方法を図示する、フローチャートである。
【図９６】図９６は、図９５Ａに示されるプロジェクタアセンブリを使用したアーチファクトの強度における低減を図示する。
【図９７Ａ】図９７Ａは、一実施形態による、投影ディスプレイシステム内の内部結合格子要素からの反射から生じるアーチファクト形成を図示する、概略図である。
【図９７Ｂ】図９７Ｂは、図９７Ａに示される投影ディスプレイシステム内の内部結合格子からの反射から生じるアーチファクト形成を図示する、展開された概略図である。
【図９８】図９８は、一実施形態による、内部結合格子要素からの反射を図示する、概略図である。
【図９９Ａ】図９９Ａは、別の実施形態による、アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリを図示する、概略図である。
【図９９Ｂ】図９９Ｂは、ある実施形態による、光学システム内のアーチファクトを低減させる方法を図示する、フローチャートである。
【図１００】図１００は、反射防止要素の不在下の接眼レンズにおける光の反射を図示する。
【図１０１Ａ】図１０１Ａは、一実施形態による、アーチファクト防止要素を使用した反射の遮断を図示する。
【図１０１Ｂ】図１０１Ｂは、一実施形態による、光学システム内のアーチファクトを低減させる方法を図示する、フローチャートである。
【図１０２】図１０２は、一実施形態による、代替幾何学形状アーチファクト防止要素を使用した反射の遮断を図示する。
【図１０３】図１０３は、一実施形態による、複数のアーチファクト防止要素を伴うプロジェクタアセンブリの概略図である。
【図１０４Ａ】図１０４Ａは、一実施形態による、カラーフィルタを使用したアーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリを図示する、概略図である。

【図１０４Ｂ】図１０４Ｂは、図１０４Ａに示されるプロジェクタアセンブリを図示する、展開された概略図である。
【図１０４Ｃ】図１０４Ｃは、一実施形態による、シアン色およびマゼンタ色カラーフィルタに関する透過プロットである。
【図１０４Ｄ】図１０４Ｄは、一実施形態による、カラーフィルタおよび副瞳の空間配列を図示する、概略図である。
【図１０４Ｅ】図１０４Ｅは、一実施形態による、光学システム内のアーチファクトを低減させる方法を図示する、フローチャートである。
【図１０５】図１０５は、一実施形態による、カラーフィルタシステムを図示する、概略図である。
【図１０６】図１０６は、一実施形態による、ワイヤ接合されたＬＥＤを図示する、概略図である。
【図１０７】図１０７は、一実施形態による、フリップチップ接合されたＬＥＤを図示する、概略図である。
【図１０８】図１０８は、一実施形態による、放物線ビームエクスパンダと統合されたＬＥＤを図示する、概略図である。
【図１０９】図１０９は、一実施形態による、プロジェクタアセンブリおよび接眼レンズを含む、単一瞳システムを図示する、概略図である。
【図１１０Ａ】図１１０Ａ－１１０Ｂは、光学デバイスの斜視図を示す。
【図１１０Ｂ】図１１０Ａ－１１０Ｂは、光学デバイスの斜視図を示す。
【図１１０Ｃ】図１１０Ｃは、複数の電子コンポーネントがそこに取り付けられている、光学デバイスの光学フレームの斜視図を示す。
【図１１０Ｄ】図１１０Ｄは、光学デバイスの正面バンドおよびセンサカバーの斜視図を示す。
【図１１０Ｅ】図１１０Ｅは、光学フレームおよび他の関連付けられたコンポーネントの分解斜視図を示す。
【図１１１－１】図１１１Ａ－１１１Ｄは、熱が光学デバイスの種々のコンポーネントに沿って分散される方法を示す。
【図１１１－２】図１１１Ａ－１１１Ｄは、熱が光学デバイスの種々のコンポーネントに沿って分散される方法を示す。
【図１１１－３】図１１１Ｅ－１１１Ｇは、前の実施形態に図示される受動対流とは対照的に強制対流を利用する、放熱システムの斜視および側面断面図を示す。
【図１１１－４】図１１１Ｅ－１１１Ｇは、前の実施形態に図示される受動対流とは対照的に強制対流を利用する、放熱システムの斜視および側面断面図を示す。
【図１１２Ａ】図１１２Ａは、ＰＣＢから伝導層を通して熱拡散層への熱の伝達を描写する、断面図を示す。
【図１１２Ｂ】図１１２Ｂは、伝導層の材料性質を列挙する、チャートを示す。
【図１１３－１】図１１３Ａ－１１３Ｄは、光学デバイスの部品上にオーバーレイされた種々の熱マップを示す。
【図１１３－２】図１１３Ａ－１１３Ｄは、光学デバイスの部品上にオーバーレイされた種々の熱マップを示す。
【図１１４－１】図１１４Ａは、１つのみのアームがフレームに対して移動可能である、光学デバイスの斜視図を示す。
【図１１４－２】図１１４Ｂは、相互に対して大部分を変形させる光学デバイスの部分を図示する、オーバーレイを示す。図１１４Ｃは、可撓性アームの運動範囲を示す、光学デバイスの上面図を示す。
【図１１４－３】図１１４Ｄは、両アームが撓曲する光学デバイスの部分が相互に対して移動する方法を図示する、オーバーレイを示す。
【図１１５】図１１５は、本発明のいくつかの実施形態による、視認光学アセンブリの接眼レンズのための最適化を図示する、簡略化された略図である。

【図１１６Ａ】図１１６Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、ＥＰＥ内のドーム頂点に関する視野歪曲に及ぼす総厚変動（ＴＴＶ）影響を図示する、グラフである。
【図１１６Ｂ】図１１６Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、平坦基板に関する視野歪曲に及ぼすＴＴＶ影響を図示する、グラフである。
【図１１６Ｃ】図１１６Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、測定されたＴＴＶを図示する、グラフである。
【図１１７Ａ】図１１７Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、ブレーズド格子構造のための製造プロセスを図示する、簡略化された略図である。
【図１１７Ｂ】図１１７Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、ブレーズド格子構造を図示する、写真を示す。
【図１１７Ｃ】図１１７Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、三角形格子構造とブレーズド格子構造の製造プロセスを比較する、簡略化された略図である。
【図１１７Ｄ】図１１７Ｄは、本発明のいくつかの実施形態による、先鋭上部ＩＣＧ構造と比較した平坦上部ＩＣＧ構造を図示する、簡略化された略図である。
【図１１８】図１１８は、本発明のいくつかの実施形態による、ブレーズド格子構造の製造プロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図１１９Ａ】図１１９Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、いったんウェットエッチングされたブレーズ幾何学形状の外観を図示する、写真を示す。
【図１１９Ｂ】図１１９Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、４つの異なる臨界寸法（ＣＤ）の例示的走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）画像を図示する、写真を示す。
【図１１９Ｃ】図１１９Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、高効率入力結合器（ＩＣ）を作成する、二酸化ケイ素におけるＩＣのＣＤの制御を示す。
【図１２０】図１２０は、本発明のいくつかの実施形態による、インプリントベースの製造を図示する、簡略化された略図である。
【図１２１Ａ】図１２１Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、導波管のためのパターン化された格子構造の製造プロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図１２１Ｂ】図１２１Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、ＰＶＤタイププロセスを使用して堆積されるＺｒＯｘ膜の屈折率を図示する、グラフである。
【図１２１Ｃ】図１２１Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、堆積パラメータおよびエッチングプロファイルに基づいて堆積される材料の可変プロファイルを図示する、簡略化された略図である。
【図１２１Ｄ】図１２１Ｄは、本発明のいくつかの実施形態による、基板上の大面積にわたってパターン化された高屈折率線の写真を示す。
【図１２２】図１２２は、本発明のいくつかの実施形態による、多段階バイナリ格子の写真を示す。
【図１２３】図１２３は、本発明のいくつかの実施形態による、停止層のスタックを使用した多段階バイナリ格子構造の製造プロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図１２４】図１２４は、本発明のいくつかの実施形態による、エッチングマスクを使用した多段階バイナリ格子構造の製造プロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。
【図１２５】図１２５は、本発明のいくつかの実施形態による、エッチングマスクの異なる堆積角度に起因して異なる格子構造を図示する、簡略化されたプロセスフロー図を示す。
【図１２６】図１２６Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、一定格子構造を図示する、簡略化された平面図略図である。図１２６Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、一定格子構造を通した光強度を図示する、グラフである。
【図１２７－１】図１２７Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、段階的なデューティサイクルを伴う格子構造を図示する、簡略化された平面図略図である。図１２７Ｂは、いくつかの実施形態による、段階的なデューティサイクルを伴う格子構造を通した光強度を図示する、グラフである。

【図１２７－２】図１２７Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、段階的なデューティサイクルを伴う格子構造を図示する、拡大され、簡略化された略図である。
【図１２８】図１２８は、本発明のいくつかの実施形態による、段階的なデューティサイクルを伴う格子構造を有する接眼レンズ層によって光を操作する例示的方法のフロー図である。
【発明を実施するための形態】
【００４２】
図１は、本明細書に説明されるある実施形態による、ウェアラブルＡＲデバイスを通して視認されるような拡張現実（ＡＲ）場面を図示する、図面である。図１を参照すると、拡張現実場面１００が、描写され、ＡＲ技術のユーザには、人々、木々、背景における建物、およびコンクリートプラットフォーム１２０を特徴とする、実世界公園状設定１０６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（１２０）上に立っている、ロボット像（１１０）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（１０２）とが「見える」と知覚するが、これらの要素（１０２、１１０）は、実世界には存在しない。ヒトの視知覚および神経系の極端な複雑性に起因して、他の仮想または実世界画像要素の中でもとりわけ、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、ＶＲまたはＡＲ技術を生産することは、困難である。
【００４３】
図２Ａは、３Ｄ画像をユーザに提示するための従来のディスプレイシステムを図示する。眼４および６毎に１つの２つの明確に異なる画像５および７が、ユーザに表示される。画像５および７は、視認者の視線と平行な光学軸またはｚ軸に沿って、距離１０だけ眼４および６から離間される。画像５および７は、平坦であって、眼４および６は、単一の遠近調節された状態をとり、輻輳・開散運動反射を誘起し、遠近調節された状態に合致させることによって、画像上に合焦させ得る。そのようなシステムは、ヒト視覚系が、画像５および７を組み合わせ、組み合わせられた画像に関する深度の知覚を提供することに依拠する。
【００４４】
しかしながら、ヒト視覚系は、より複雑であって、深度の現実的知覚を提供することは、より困難であることを理解されるであろう。例えば、図２Ａに描写される従来の３Ｄディスプレイシステムの多くの視認者は、そのようなシステムが不快であることを見出す、または遠近調節および輻輳・開散運動における不整合に起因して、深度の感覚を全く知覚しない場合がある、すなわち、特定の深度平面上のオブジェクトを見るための視線が、同一深度平面上に合焦させるために最適遠近調節距離ではない場合がある。図２Ｂに描写されるように、コンテンツを可変または複数の深度平面１２に表示し得る、システムは、眼の自然機能により類似する遠近調節－輻輳・開散運動状態を提供することができる。
【００４５】
例えば、図３Ａは、深度平面１４におけるコンテンツ１５を観察する、眼４および６を描写する。描写されるように、コンテンツ１５は、深度平面１４に位置し、深度平面１４は、立体視システム等の単一深度平面を伴う所与の３Ｄシステムの深度平面であり得る。眼４および６が合焦する距離である、遠近調節距離Ａｄは、眼４および６が見ている距離である、輻輳・開散運動距離Ｖｄと同一である。しかしながら、図３Ｂでは、コンテンツ１５ｙは、深度平面１４より遠くに知覚されることが意図され、例えば、立体視３Ｄシステムは、２メートルにおける深度平面のために構成されるが、コンテンツは、ユーザから３ｍ離れて現れるように意図される。描写されるように、眼４および６はそれぞれ、深度平面１４上に合焦するための遠近調節距離Ａｄを有するであろうが、眼４および６はそれぞれ、深度平面１４上の個別の輻輳・開散運動点１５ａおよび１５ｂおよび全体的輻輳・開散運動距離Ｖｄ１を有するであろう。Ｖｄ１対Ａｄの比は、「遠近調節－輻輳・開散運動不整合」（ＡＶＭ）と称され得、あるＡＶＭでは、ユーザは、もはやコンテンツ１５ｙの深度を知覚し得ない、または視覚系および神経系が大ＡＶＭを補正しようと試みるにつれ

て不快感を体験し得る。

【００４６】

次いで、従来の３Ｄ立体視ディスプレイは、遠近調節－輻輳・開散運動反射に不利に作用し、遠近調節－輻輳・開散運動不整合を誘発することを理解されるであろう。遠近調節と輻輳・開散運動との間のより良好な整合を提供する、ディスプレイシステムは、３Ｄ画像のより現実的かつ快適なシミュレーションを形成し得る。

【００４７】

図４は、複数の深度平面を使用して３次元画像をシミュレートすることの利点を図示する。図４を参照すると、コンテンツ１５ｙおよび１５ｚは、眼４および６から個別の輻輳・開散運動距離Ｖｄ２およびＶｄ３に設置されるが、システムは、１つのみの深度平面１４を有し、遠近調節距離Ａｄ２を作成する。眼４および６は、特定の遠近調節された状態をとり、１５ｙおよび１５ｚをｚ軸に沿って合焦させる。その結果、１５ｙ上に合焦するために、眼４および６は、深度平面１４上の１５ｃおよび１５ｄの輻輳・開散運動位置をとり、１５ｚ上に合焦するために、眼４および６は、深度平面１４上の１５ｅおよび１５ｆの輻輳・開散運動位置をとる。眼４および６は、１５ｙを観察するための輻輳・開散運動体勢１５ｃおよび１５ｄと比較して、１５ｚを観察するためのより広い輻輳・開散運動体勢１５ｅおよび１５ｆを有し、深度平面１４に関して、１５ｅおよび１５ｆが深度平面１４上に共存するような自然な視認が感じられるであろうことが容易に明白である。輻輳・開散運動体勢における本差異およびＶｄ３対Ａｄ２およびＶｄ２対Ａｄ２の比は全て、ＡＶＭの例証である。

【００４８】

可能な限り自然な３Ｄ体験を作成するために、いくつかの実施形態は、複数の深度平面を実装し、ＡＶＭが所与の閾値を下回るよう規制し、そうでなければＡＶＭから生じ得るユーザ不快感を低減させる。例えば、図５は、許容されるＡＶＭが０．３３３ジオプタとして構成される、一実施形態を描写する。本ジオプタ距離は、ユーザから３メートルに対応し、ＡＶＭは、その深度平面にレンダリングされるコンテンツに関してゼロとなるであろう。ジオプタ／距離は、反比例関係であるため、ＡＶＭは、コンテンツが光学無限遠に接近するにつれて、漸近的に接近するが、０．３３３ジオプタを決して上回らないであろう。コンテンツが３ｍよりユーザに近づいてレンダリングされるにつれて、第２の深度平面が、コンテンツが、０．３３３ジオプタＡＶＭを上回って上昇せず、その第２の深度平面に表示され得るように実装されることができる。コンテンツは、次いで、まさに眼に非常に近いオブジェクトで自然に生じるように、その第２の深度平面からさらに近づけられるにつれて、ＡＶＭが増加するであろう。例えば、指を腕の長さから眼に向かって持って来るとき、眼は、同一品質の焦点を眼上に維持することがますます困難になり、指は、ユーザの優勢および非優勢の眼または視野の焦点間を跳躍するように現れ得る、または２つの画像を完全に分裂させ得る。当業者は、付加的ＡＶＭ閾値も、可能性として考えられ、そのＡＶＭ閾値に対応する異なる距離における深度平面設置を誘発するであろうこと、またはコンテンツを特定のＡＶＭ閾値内で眼にさらにより近づけてレンダリングするためのさらに多くの深度平面も、可能性として考えられることを理解されるであろう。図５は、単に、７６センチメートルを超える全てのレンダリングされたコンテンツを０．３３３ジオプタのＡＶＭ閾値を下回るように維持するための０．３３３および１ジオプタ（それぞれ、３メートルおよび１メートル）における深度平面を伴う、一実施形態を図示する。

【００４９】

図６Ｂは、複数の深度平面の利点を描写する。図６Ａは、図４の複製であって、図６Ｂとの比較を容易にするために再表示される。図６Ｂでは、第２の深度平面１６が、眼４および６から遠近調節距離Ａｄ３に追加される。コンテンツ１５ｚ上に合焦するために、眼４および６は、もはや図６Ａにおけるような１５ｅおよび１５ｆの輻輳・開散運動体勢をとる必要がないが、代わりに、輻輳・開散運動体勢１５ｇおよび１５ｈをとり得る。Ｖｄ３対Ａｄ３の比が、図６ＡのＶｄ３対Ａｄ２と比較してより低い状態で、ユーザは、深度平面１４におけるより近いコンテンツ１５ｙ上に合焦するために要求されるほぼ同一視知覚

を用いて、深度平面１６におけるより遠いコンテンツ１５ｚ上に合焦することができる。言い換えると、１５ｇおよび１５ｈの輻輳・開散運動位置は、図６Ｂの複数の深度平面システムによって、同一コンテンツ１５ｚを視認するために、輻輳・開散運動位置１５ｅおよび１５ｆよりはるかに小さくかつより自然である。

【００５０】

図７Ａは、高レベルの画質および３Ｄ知覚を伴う、物理的現実に対する拡張として快適に知覚され得、かつ実世界光および画像を知覚させることが可能である、ヒトの眼に外部光パターンを提示するための簡略化されたディスプレイ構成を描写する。描写されるように、単一の少なくとも部分的に透明な導波管１０４が、光パターン１０６を受光し、導波管１０４内の回折格子１０２が、光を眼５８に外部結合する。いくつかの実施形態では、回折格子１０２は、水晶体４５が、遠近調節－輻輳・開散運動反射を通して、それが受光する光パターン上に合焦させるとき、網膜５４が、光パターンを構成される深度平面に位置する画像として処理するように、特定の深度平面のために構成される。いくつかの実施形態では、光パターン１０６は、水晶体４５が、遠近調節－輻輳・開散運動反射を通して、それが受光する光パターン上に合焦させるとき、網膜５４が、光パターンを構成される深度平面に位置する画像として処理するように、特定の深度平面のために構成される。

【００５１】

描写されるように、例証的目的のためだけに、光パターン１０６は、導波管１０４の中への光子ベースの放出パターンであるが、当業者は、光パターン１０６が、導波管１０４の中に投入され、眼５８に外部結合する前に、全内部反射によって、回折格子１０２に伝搬する、光の単一ビームであり得ることを容易に理解されるであろう。当業者はさらに、複数の回折格子１０２が、所望の様式において光パターン１０６を眼５８に指向するために採用され得ることを理解するであろう。

【００５２】

そのようなシステムのためのより豊かな視野を作成するために、図７Ｂは、図６Ａに描写されるものとほぼ同一方法において光パターン２０６を眼５８に外部結合するように構成される、第２の少なくとも部分的に透明な導波管２０４を描写する。第２の導波管２０４は、回折格子２０２によって、光パターン２０６を眼５８に外部結合する。眼５８は、光パターン２０６を網膜５４上で受光するが、水晶体４５は、光パターン１０６のために要求されるものと異なる遠近調節－輻輳・開散運動反射を通して、光２０６を異なる深度平面において知覚する。例えば、光パターン１０６は、第１の深度知覚５００を伴って、網膜５４の一部に集められる一方、光パターン２０６は、第２の深度知覚５０２を伴って、網膜５４の第２の部分に集められる。光パターン１０６および２０６が同一のレンダリングされる拡張現実コンテンツに対応する、インスタンスでは、深度の豊かさは、単に単一深度平面によって図６Ａに描写されるように生産されたものより現実的かつ快適な画像の知覚をもたらす。さらに、いくつかの実施形態では、光パターン１０６および２０６のフレームシーケンシャル構成は、複数の深度を横断して、眼５８に、単一コヒーレント拡張現実場面の知覚を提供する高周波数におけるフレームのシーケンス、または、動いている拡張現実コンテンツと、単一深度平面において網膜５４によって知覚される狭い投影より充実した視野とを提示し得る。

【００５３】

図８はさらに、平面導波管２１６の簡略化されたバージョンを描写し、特定の波長であるが、眼５８に対して異なる深度平面において光を伝搬するように構成される、少なくとも２つの導波管を備え得る。描写されるように、回折光学要素（ＤＯＥ）であり得る、回折格子２２０は、光パターンが平面導波管２１６に沿って全内部反射されるにつれて、複数の場所においてＤＯＥ２２０と交差するように、平面導波管２１６の垂直長全体に内蔵されている。それにもかかわらず、光が眼５８に外部結合されるにつれて、一部は、平面導波管２１６内のＤＯＥ２２０の回折効率に起因して、伝搬し続け得る。一部が平面導波管２１６を通して全内部反射し続けるにつれて、それらは、付加的ＤＯＥ２２０格子に遭遇し、眼に外部結合し得る、または他の部分は、平面導波管２１６の長さに沿って全内部反

射によって伝搬し続け得る。

【００５４】

好ましくは、ＤＯＥ２２０は、平面導波管２１６内を伝搬する光のパターンの一部のみが、ＤＯＥ２２０の任意の所与の交差点において眼５８に向かって回折される一方、残りが、全内部反射を介して、平面導波管２１６を通して移動し続けるように、比較的に低回折効率を有する。任意の画像情報を搬送する光パターンは、したがって、複数の場所において平面導波管２１６から出射する、いくつかの関連光ビームに分割され、結果として、眼５８に入射する外部結合された光の大パターンがもたらされ、豊かな画像知覚を単一光パターンから作成する。

【００５５】

図９は、複数の外部結合された光パターンを描写し、光が、眼５８に向かってｚ方向に外部結合する前に、ｘおよびｙ方向の両方において導波管を伝搬するときの、眼５８へのさらにより豊かなライトフィールド入射を図示する。一連のＤＯＥ２２０を伴う実施形態は、ｚ方向に外部結合された光パターンの部分的回折を可能にし、他の部分が、ｚ方向に外部結合する前に、ｘまたはｙ方向に全内部反射し、眼５８の網膜全体を横断して画像を作成することを可能にするように構成される。

【００５６】

図１０は、導波管１０６からの外部結合ＤＯＥ１１０からの複数の外部結合された光パターンの網膜パターンを描写する。描写されるように、図１０は、単一光パターン１０６によって活性化され、光パターンのより広い視野または時間シーケンシャルフレーム化が、網膜の異なる部分を励起させ、レンダリングされる拡張現実コンテンツの運動を知覚することを可能にし得る、複数の網膜面積を図示する。当業者は、図９に描写される豊かな視野パターンと組み合わせられると、網膜が、導波管１０６全体を通してＤＯＥ１１０によって大量の光パターンを受光し得ることを理解されるであろう。描写されるように、図１０は、全ての光が眼５８の水晶体４５内に集束するように図示する。図１１は、複数の入射光パターンビームレット３３２が離散垂直焦点において眼５８の別個の小射出瞳３３０を通して眼に進入する、「副瞳」系を図示する。そうすることによって、導波管を通して投影および回折することがより容易であり得る、または波長等の具体的光パターン性質を搬送し得る、光パターンのより小さいビームレットが、より大きい直径ビームとして知覚されるように集約されることができる。例えば、図７Ａの光パターンは、光パターン１０６から水晶体４５内に焦点を生産したが、ビームレット３３２は、複数の副瞳３３０を作成することによって、はるかに小さく、依然として、同一効果を生産し得る。

【００５７】

言い換えると、複数の狭ビームのセットは、より大きい直径の可変焦点ビームを用いて生じるものを模倣するために使用され得る。ビームレット直径が、最大約０．５ｍｍに保たれる場合、それらは、比較的に静的焦点レベルを維持し、所望に応じて焦点外の知覚を生産するために、ビームレット角度軌道が、より大きい焦点外ビームのような効果を作成するように選択されてもよい（そのような焦点ずれ処理は、より大きいビームに関するガウスぼかし処理と同一ではない場合があるが、ガウスぼかしと類似方式において解釈され得る、多様な点拡がり関数を作成するであろう）。

【００５８】

いくつかの実施形態では、ビームレットは、本集約焦点効果を形成するために機械的に偏向されず、むしろ、眼が、ビームレットが瞳孔と交差する複数の入射角および複数の場所の両方を含む、多くのビームレットの上位セットを受光する。特定の視認距離からの所与のピクセルを表すために、適切な入射角および瞳孔との交差点を備える上位セットからのビームレットの下位セット（それらが空間内の同一共有原点から放出されるかのように）が、その集約波面を表すための色および強度によって合致される一方、共有原点と一致しない上位セット内のビームレットは、その色および強度と合致されず、知覚されないであろう。

【００５９】

図１２は、眼５８の視野内の集約されたコリメートビーム３３４を表す、ビームレットの別の下位セットを示す。ここでは、眼５８は、無限遠に遠近調節され、コリメートされたビーム３３４を考慮し、したがって、コリメートされたビーム３３４内のビームレットは、網膜の同一スポット上に当たり、ビームレットによって作成されたピクセルは、合焦していると知覚される。同様に、コリメートされたビーム３２６は、網膜の異なる部分上に当たり、視野のその面積内のピクセルを知覚する。対照的に、ビームレットの異なる下位セットが、発散する扇状の光線として眼に到達されるように選定される場合、それらのビームレットは、網膜の同一場所上に当たらず、眼が遠近調節をその扇状の光線の幾何学的原点に合致する近傍点に偏移されることになるまで、合焦していると知覚されないであろう。

【００６０】

図１３は、平面導波管のスタック６６４を描写し、それぞれ、特定の波長の光をスタック６４４の平面導波管の中に回折する内部結合ＤＯＥ６９０によって、光パターンを給送する。各導波管は、個別の平面導波管を通して光を回折し、眼５８に向かって外部結合し、視野を横断して、または複数の深度平面において、拡張現実コンテンツの知覚を作成するように構成される、複数のＤＯＥ６８０、６８２、６８４、６８６、および６８８を備える。図１３は、例証的目的のためだけに、スタック６４４内の５つの導波管を描写し、好ましくは、スタック６６４は、赤色、緑色、および青色波長の光のそれぞれにおける深度平面と関連付けられた２つの導波管に対応する、６つの導波管を備える。世界光１４４もまた、スタック６４４内の各導波管が、少なくとも部分的に、透明であって、実世界環境の自然知覚と併せて、拡張現実コンテンツのレンダリングを可能にするため、スタック６４４を通して浸透および透過し得る。

【００６１】

いくつかの実施形態では、図１４に描写されるように、拡張現実ディスプレイシステムに対する接眼レンズ１２００は、導波管上に配置される複数のＤＯＥタイプを備え、特定の性質を伴う光をユーザの眼に指向し得る。複数の光パターン１２４０、１２４２、および１２４４が、導波管１２１０、１２２０、および１２３０を備える、導波管スタックの中に投入される。いくつかの実施形態では、複数の光パターン１２４０、１２４２、および１２４４は、共通光源から投入されるが、共通光源内の異なる波長を表す。いくつかの実施形態では、光パターン１２４０、１２４２、および１２４４はそれぞれ、特定の波長、例えば、赤色、緑色、および青色光内の別個の光ビームである。いくつかの実施形態では、光パターン１２４０、１２４２、および１２４４はそれぞれ、内部結合ＤＯＥ１２１２、１２２２、および１２３２によって、個別の導波管１２１０、１２２０、および１２３０に投入される。各内部結合ＤＯＥ１２１２、１２２２、および１２３２は、特定の波長の光パターン１２４０、１２４２、または１２４４の光の少なくとも一部を、内部結合ＤＯＥ１２１２、１２２２、および１２３２の同一波長の内部結合された光を伝搬するように構成される導波管１２１０、１２２０、または１２３０のうちの１つの中に回折する。いくつかの実施形態では、内部結合後、光パターン１２４０、１２４２、および１２４４は、それぞれ、ＯＰＥ１２１４、１２２４、および１２３４の中に伝搬する。ＯＰＥ１２１４、１２２４、および１２３４は、光の一部を、それぞれ、ＥＰＥ１２５０、１２５２、および１２５４の中に回折し、光パターン１２４０、１２４２、および１２４４は、ｚ方向にユーザの眼に向かって外部結合される。

【００６２】

いくつかの実施形態では、一連の導波管および複数のＤＯＥを通して回折され、次いで、ユーザの眼に外部結合される、複数の光パターンの正味効果は、ユーザによって快適に知覚される仮想または拡張現実コンテンツの視野レンダリングおよび深度平面設置をもたらす。

【００６３】

図１５は、ウェアラブルディスプレイシステム８０の実施例を図示する。ディスプレイシステム８０は、頭部搭載型ディスプレイ６２と、そのディスプレイ６２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なモジュールおよびシステムとを含む。ディスプレイ６２は、フレーム６４に結合されてもよく、これは、ディスプレイシステムユーザまたは視認者６０によって装着可能であって、頭部搭載型ディスプレイ６２をユーザ６０の眼の正面に位置付けるように構成される。いくつかの実施形態では、スピーカ６６が、フレーム６４に結合され、ユーザの外耳道に近接して位置付けられる（いくつかの実施形態では、示されない、別のスピーカが、ユーザの他方の外耳道に隣接して位置付けられ、ステレオ／成形可能音制御を提供する）。頭部搭載型ディスプレイ６２は、有線導線または無線コネクティビティ等によって、ローカルデータ処理モジュール７０に動作可能に結合６８され、これは、フレーム６４に固定して取り付けられる、ユーザによって装着されるヘルメットまたは帽子に固定して取り付けられる、ヘッドホンに内蔵される、または別様に、ユーザ６０に除去可能に取り付けられる（例えば、リュック式構成、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。

【００６４】

ローカルデータ処理モジュール７０は、プロセッサと、不揮発性メモリ（例えば、フラッシュメモリ）等のデジタルメモリとを備えてもよく、その両方とも、データの処理、キャッシュ、および記憶を補助するために利用され得る。データは、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、および／またはジャイロスコープ等のセンサ（例えば、フレーム６４に動作可能に結合されてもよい、または別様に、ユーザ６０に取り付けられてもよい）から捕捉されたデータ、および／または、ｂ）可能性として、処理または読出後、ディスプレイ６２への通過のために、遠隔処理モジュール７２および／または遠隔データリポジトリ７４を使用して入手および／または処理されるデータを含む。ローカルデータ処理モジュール７０は、これらの遠隔モジュール７２、７４が、相互に動作可能に結合され、ローカル処理およびデータモジュール７０へのリソースとして利用可能であるように、通信リンク７６、７８によって、有線または無線通信リンク等を介して、遠隔処理モジュール７２および遠隔データリポジトリ７４に動作可能に結合されてもよい。

【００６５】

いくつかの実施形態では、ローカルデータ処理モジュール７０は、データおよび／または画像情報を分析および処理するように構成される、１つ以上のプロセッサを備えてもよい。いくつかの実施形態では、遠隔データリポジトリ７４は、デジタルデータ記憶設備を備えてもよく、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、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内で実施され、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。

【００６６】

いくつかの実施形態では、ローカルデータ処理モジュール７０は、バッテリ８２に動作可能に結合される。いくつかの実施形態では、バッテリ８２は、市販のバッテリ等の可撤性電源である。他の実施形態では、バッテリ８２は、リチウムイオンバッテリである。いくつかの実施形態では、バッテリ８２は、ユーザが、より長い時間周期にわたって、電源に繋がれ、リチウムイオンバッテリを充電する必要なく、またはウェアラブルディスプレイシステムの電源を切り、バッテリを交換する必要なく、ウェアラブルディスプレイシステム８０を動作させ得るように、ウェアラブルディスプレイシステム８０の非動作時間の間にユーザ６０によって充電可能な内部リチウムイオンバッテリと可撤性バッテリとの両方を備える。

【００６７】

図１６Ａは、ユーザ１６６０が実世界環境１６００を通して移動するにつれて拡張現実コンテンツをレンダリングする、拡張現実ディスプレイシステムを装着する、ユーザ１６６０を描写する。ユーザは、拡張現実ディスプレイシステムを位置１６１０に位置付け、拡張現実ディスプレイシステムは、マッピングされた特徴または指向性オーディオ入力との姿勢関係等の位置１６１０に対するパス可能世界の周囲情報を記録する。位置１６１０は

、データ入力１６１２に集約され、少なくとも、図１５に描写される遠隔処理モジュール７２内等のパス可能世界モジュール１６２０によって処理される。パス可能世界モジュール１６２０は、固定要素１６３２（図１６Ａに描写されるようなテーブル）上、または視野１６４０内にまだない構造内、または実世界１６４２のマッピングされたメッシュモデルに対する等、入力１６１２から決定されるように、拡張現実コンテンツ１６３０が実世界内に設置され得る場所および方法を決定する。描写されるように、固定要素１６３２は、実世界内の任意の固定要素の代用品としての役割を果たし、これは、ユーザ１６６０が、ユーザ１６６０にそれが見える度に、テーブル１６３２をマッピングする必要なく、テーブル１６３２上のコンテンツを知覚し得るように、パス可能世界モジュール１６２０内に記憶されてもよい。固定コンテンツ１６３２は、したがって、以前のモデル化セッションからのマッピングされたメッシュモデルである、または別個のユーザから決定されるが、それにもかかわらず、複数のユーザによる将来的参照のために、パス可能世界モジュール１６２０上に記憶されてもよい。したがって、パス可能世界モデルは、ユーザのデバイスが環境１６００を最初にマッピングすることなく、以前にマッピングされた環境からの環境１６００を認識し、拡張現実コンテンツを表示し、算出プロセスおよびサイクルを節約し、任意のレンダリングされる拡張現実コンテンツの待ち時間を回避し得る。

【００６８】

同様に、実世界１６４２のマッピングされたメッシュモデルが、拡張現実ディスプレイシステムによって作成されることができ、拡張現実コンテンツ１６３０と相互作用し、それを表示するための適切な表面およびメトリックが、再マッピングまたはモデル化する必要なく、ユーザまたは他のユーザによる将来的読出のために、マッピングされ、パス可能世界モジュール１６２０内に記憶されることができる。いくつかの実施形態では、地理的場所、ユーザ識別、および現在のアクティビティ等の集約されたデータ入力１６１２が、パス可能世界モジュール１６２０に、利用可能な固定要素１６３２、固定要素１６３２上に最後に設置された拡張現実コンテンツ１６３０、およびその同一コンテンツを表示すべきかどうか（そのような拡張現実コンテンツは、ユーザが特定のパス可能世界モデルを視認するかどうかにかかわらず、「持続的」コンテンツである）を示すための入力である。

【００６９】

図１６Ｂは、視認光学アセンブリ１６６４および付帯コンポーネントの概略を描写する。いくつかの実施形態では、ユーザの眼１６６６に配向される、２つの眼追跡カメラ１６６２が、眼形状、眼瞼閉塞、瞳孔方向、およびユーザの眼１６６６上の閃光等のユーザの眼１６６６のメトリックを検出する。いくつかの実施形態では、飛行時間センサ等の深度センサ１６９０が、中継信号を世界に放出し、所与のオブジェクトまでの距離を決定する。いくつかの実施形態では、世界カメラ１６５０が、広域周辺視野を記録し、実世界環境をマッピングし、拡張現実コンテンツに影響を及ぼし得る入力を検出する。カメラ１６８０がさらに、ユーザ視野内の実世界画像の具体的タイムスタンプを捕捉し得る。世界カメラ１６５０、カメラ１６８０、および深度センサ１６９０はそれぞれ、１６５２、１６８２、および１６９２の個別の視野を有し、図１６Ａに描写される実世界環境１６００等の実世界場面からデータを収集および記録する。

【００７０】

慣性測定ユニット１６７０が、視認光学アセンブリ１６６４の移動および配向を決定してもよい。いくつかの実施形態では、各コンポーネントは、少なくとも１つの他のコンポーネントに動作可能に結合される。例えば、深度センサ１６９０が、ユーザの眼１６６６が見ている実際の距離に対して測定された遠近調節の確認として、追跡カメラ１６６２に動作可能に結合される。

【００７１】

図１７は、図１５に描写される頭部搭載型ディスプレイ６２等の頭部搭載型ディスプレイ１７００を描写する。視認光学アセンブリ１７０２は、剛性フレーム１７０８を備え、これにプロジェクタ１７０４が、結合される。いくつかの実施形態では、プロジェクタ１７０４は、ＬＥＤ照明器および空間光変調器を伴う、ＬＣＯＳ機構を備える。いくつかの実

施形態では、視認光学アセンブリ１７０２はさらに、接眼レンズ１７０６を備える。いくつかの実施形態では、接眼レンズ１７０６は、光をプロジェクタ１７０４から頭部搭載型ディスプレイ１７００のユーザの眼に指向するように構成される、複数の導波管を備える。いくつかの実施形態では、視認光学アセンブリ１７０２はさらに、眼瞼位置または瞳孔方向等の頭部搭載型ディスプレイ１７００の装着者の眼追跡データを収集するように構成される、眼追跡カメラ（描写せず）を備える。

【００７２】

いくつかの実施形態では、視認光学アセンブリ１７０２は、一次制御ボード（ＰＣＢ）１７１６等の剛性フレーム１７０８上に配列される付加的センサおよびコンポーネントを設ける。ＰＣＢ１７１６は、種々のプロセッサおよび回路を設け、視認光学アセンブリ１７０２および剛性フレーム１７０８内に組み立てられる種々のコンポーネントを動作させる。いくつかの実施形態では、世界カメラ１７１８は、視認光学アセンブリ１７０２の両端において剛性フレーム１７０８に取り付けられる。いくつかの実施形態では、世界カメラ１７１８は、代わりに、視認光学アセンブリ１７０２の接眼レンズ１７０６間に配置される。いくつかの実施形態では、深度センサ１７１９は、接眼レンズ１７０６間の剛性フレーム１７０８に取り付けられる。いくつかの実施形態では、深度センサ１７１９は、垂直共振器面発光レーザ（ＶＣＳＥＬ）であって、いくつかの実施形態では、深度センサ１７１９は、端面発光レーザまたは他の飛行時間センサである。当業者は、視認光学アセンブリ１７０２内に設けられ得、一次制御ボード１７１６によって動作可能に制御され得る、他のセンサおよびコンポーネント、例えば、ＩＭＵまたは写真カメラが、視認光学アセンブリ１７０２上に配置される、または剛性フレーム１７０８に取り付けられ得ることを理解するであろう。

【００７３】

いくつかの実施形態では、正面バンド１７１０が、視認光学アセンブリ１７０２に結合する。正面バンド１７１０は、視認光学アセンブリ１７０２のコンポーネントを外部要素から保護するだけではなく、また、頭部搭載型ディスプレイ１７００のユーザと視認光学アセンブリ１７０２との間の熱障壁としての役割も果たす。いくつかの実施形態では、センサカバー１７１２が、正面バンド１７１０に取り付けられ、視認光学アセンブリ１７０２およびその上のコンポーネントをさらに保護する。

【００７４】

いくつかの実施形態では、アーム１７１４が、剛性フレーム１７０８に結合され、頭部搭載型ディスプレイシステム１７００のユーザの頭部を横断し、接眼レンズ１７０６をユーザの眼の正面に維持するように構成される。いくつかの実施形態では、アーム１７１４は、ユーザの耳の上に静置するように構成される。いくつかの実施形態では、フレームアーム１７１４は、内向きに張力を留保し、ユーザの頭部を把持し、ユーザの頭部上の固着位置を維持するように構成される。いくつかの実施形態では、パッド１７１５が、アーム１７１４の内側に取り付けられる（内側は、ユーザと接触するアーム１７１４の側である）。いくつかの実施形態では、パッド１７１５は、熱拡散器を備え、頭部搭載型ディスプレイ１７００内の温度効果を緩和する。いくつかの実施形態では、パッド１７１５は、軟質発泡体から作製される、またはゴム界面でコーティングされ、アーム１７１４の内向き張力からのユーザの頭部に対する圧縮下に設置されるとき、半変形し、依然として、ユーザに快適性をもたらす。

【００７５】

いくつかの実施形態では、オーディオアセンブリ１７２０が、剛性フレーム１７０８に結合され、アーム１７１４のいずれかを横断し、スピーカ１７２２を頭部搭載型ディスプレイシステム１７００のユーザの耳に近接して設置する。いくつかの実施形態では、ＰＣＢ１７１６はさらに、オーディオアセンブリ１７２０へのオーディオ入力および出力を制御する。いくつかの実施形態では、オーディオアセンブリ１７２０は、マイクロホンを備え、外部世界からの音を記録し、それらを一次制御ボード１７１６に中継する。一次制御ボード１７１６は、そのようなオーディオ入力が与えられると、種々の機能を実施してもよ

い。例えば、マイクロホン入力がオーディオアセンブリ１７２０から与えられると、頭部搭載型ディスプレイ１７００は、将来的読出のためにそれらを記憶する（図１５に描写される遠隔データリポジトリ７４内等に）、所与のオーディオ入力に応答して、拡張現実コンテンツ性能を改変する（例えば、口頭「オフ」コマンドは、システム全体の電源を切り得る）、またはオーディオ入力を通信デバイスの他のユーザに伝送することができる（例えば、電話呼、電子送達のための音声メッセージング）。ケーブル１７２４は、頭部搭載型ディスプレイ１７００全体を通したコンポーネント間の通信および図１５に描写されるローカルデータ処理モジュール７０等のローカルデータ処理モジュールへの通信を促進する。

【００７６】

いくつかの実施形態では、内側カバー１７０７が、さらなる光学効果をユーザに提供し得る。例えば、内側カバー１７０７は、処方箋レンズを含み、ユーザの特定の視覚処方箋に対する拡張現実コンテンツの光学性質を調節する。そのような処方箋レンズは、ユーザの眼と頭部搭載型ディスプレイ１７００の接眼レンズ１７０６との間に配置されるであろう。いくつかの実施形態では、内側カバー１７０７は、偏光レンズ等の着脱可能光修正器を含み、ある光を反射または吸収させてもよい。

【００７７】

図１８は、視認光学アセンブリ１８００の分解図を描写する。剛性フレーム１８０８は、接眼レンズ１８０６を格納し、これは、光を、視認光学アセンブリ１８００がその一部である、頭部搭載型ディスプレイ１７００（図１７に描写される）のユーザの眼の中に内部結合するための複数の導波管を備えてもよい。断面図中の１８０４’に偏光ビームスプリッタおよび複数のレンズを伴うＬＣＯＳシステムとして描写される、プロジェクタ１８０４が、内部結合点１８０５において、接眼レンズ１８０６に光学的に結合する。いくつかの実施形態では、内部結合点１８０５は、接眼レンズ１８０６および接眼レンズ１８０６内の導波管の中への投入された光のための進入点である。

【００７８】

接眼レンズ１８０６は、剛性フレーム１８０８に添着される。剛性フレーム１８０８はさらに、搭載構造１８１１を格納する。搭載構造１８１１は、視認光学アセンブリ１８００の世界側上に配置される、カバーレンズ１８０９、または視認光学アセンブリのユーザ側上の図１７に描写される、内側カバー１７０７を格納してもよい。いくつかの実施形態では、カバーレンズ１８０９は、傷防止材料または他の保護被覆を備え、指先端からの油脂または外部環境からの埃および残骸等との接眼レンズ１８０６の接触を防止してもよい。いくつかの実施形態では、カバーレンズ１８０９は、偏光レンズ等の光修正器を含み、ある光を反射または吸収させてもよい。いくつかの実施形態では、接眼レンズ１８０６は、複数の導波管に加え、そのような保護カバーレンズを備える。いくつかの実施形態では、眼追跡システム１８０３は、搭載構造１８１１に結合し、一対の眼追跡カメラをユーザの眼の中に上向きに向くように搭載構造１８１１の底部に配置する。

【００７９】

図１９はさらに、頭部搭載型ディスプレイシステムの視認光学アセンブリまたは剛性フレームに取り付けられ得る、種々のセンサおよびコンポーネントをより詳細に描写する。深度センサ１９０３は、視認光学アセンブリまたは剛性フレームに取り付けられ得る深度センサとして、完全に組み立てられて示される。深度センサ１９０３はさらに、深度センサ筐体アセンブリ１９０５、垂直共振器面発光レーザ（ＶＣＳＥＬ）１９０２、および深度結像機１９０４から成ってもよい。

【００８０】

６自由度（６ＤｏＦ）センサ１９０６が、６ＤｏＦ筐体１９０７内に格納され、６ＤｏＦ撓曲部１９０９を通して、視認光学アセンブリ（または図１７に描写されるような一次制御ボード１７１６）に動作可能に結合される。６ＤｏＦセンサ１９０６は、慣性測定ユニット情報を頭部搭載型ディスプレイに提供し、頭部搭載型ディスプレイに対するユーザの場所、姿勢、および運動に関する情報を提供してもよい。いくつかの実施形態では、慣性

測定は、世界カメラアセンブリ１９１８に結合されるＩＭＵ１９２６によって提供される。ＩＭＵ１９２６は、加速度計およびジャイロスコープ測定を通して、位置情報を提供し、いくつかの実施形態では、６ＤｏＦセンサ１９０９に動作可能に結合し、視認光学アセンブリ内のセンサまたはコンポーネント位置に対する変化を開始する。例えば、ユーザが、頭部姿勢を回転させ、下を見ていることを示す、ＩＭＵ１９２６の測定は、６ＤｏＦセンサ１９０６に、ＩＭＵ１９２６測定と時間を合わせて、またはさらにその前に、深度センサ１９０２を再指向させ、同様に深度測定を下向きに調節し、測定における待ち時間を回避するようにプロンプトしてもよい。言い換えると、ＩＭＵ１９２６が、運動を検出する場合、６ＤｏＦセンサ１９０６は、視認光学アセンブリ内のセンサおよびコンポーネントのうちの任意の１つ以上のものを操作し、ユーザによって検出可能な拡張現実コンテンツにおける待ち時間を伴わずに、検出された運動に合致する正確なコンテンツをレンダリングし続けるように構成される。視認光学ディスプレイは、１つ以上の６ＤｏＦセンサ１９０６またはＩＭＵ１９２６を設けてもよい。

【００８１】

図１９はさらに、世界カメラアセンブリ１９１８を描写する。いくつかの実施形態では、世界カメラアセンブリ１９１８は、４つの世界カメラを備え、２つは、ユーザの視野に対して実質的に外向きに向くように配置され、２つは、実質的に斜めに向くように配置され、広域周辺視野情報を視認光学アセンブリに提供する。付加的またはより少ない世界カメラも、当然ながら、可能性として考えられる。写真カメラ１９２８が、世界カメラアセンブリ１９１８に結合され、ユーザまたは写真カメラ１９２８の視野内のリアルタイム画像またはビデオを捕捉してもよい。世界カメラアセンブリ１９１８は、視覚的情報を測定されたセンサ情報に提供する、またはあるセンサをアクティブ化してもよい。例えば、世界カメラは、世界カメラの視野内の情報のみを検出し、集めるような制約をセンサに提供してもよい、またはプロジェクタと通信し、プロセッサ電力のみを使用して、コンテンツを視野内にレンダリングしてもよい。例えば、図１５に描写されるようなローカルデータ処理モジュール７０内のグラフィックプロセッサユニット（ＧＰＵ）は、世界カメラがあるオブジェクトをある視野の中にもたらす場合のみ、拡張現実コンテンツをレンダリングするようにアクティブ化されてもよい。頭部搭載型ディスプレイまたはウェアラブルディスプレイシステム内の深度センサおよび加速度計およびジオロケータは、拡張現実コンテンツのレンダリングに対する環境への入力を記録してもよいが、ＧＰＵは、世界カメラが、実際に、そのような入力をユーザの視野の中にもたらすまで、アクティブ化されなくてもよい。

【００８２】

例えば、世界カメラアセンブリ１９１８の広域周辺視野は、コンテンツがユーザの視野内にまだない場合でも、ＧＰＵ内で拡張現実コンテンツの結像の処理を開始してもよい。他の実施形態では、広域周辺視野は、データおよび画像を実世界から捕捉し、世界カメラアセンブリ１９１８の視野内であるが、ユーザ視野外である、アクティビティのユーザの視野にプロンプトを表示してもよい。

【００８３】

図２０は、一実施形態による、デジタルまたは仮想画像を視認者に提示するために使用され得る、視認光学アセンブリ（ＶＯＡ）内の光経路を図式的に図示する。ＶＯＡは、プロジェクタ２００１と、視認者によって装着され得る、接眼レンズ２０００とを含む。いくつかの実施形態では、プロジェクタ２００１は、赤色ＬＥＤのグループと、緑色ＬＥＤのグループと、青色ＬＥＤのグループとを含んでもよい。例えば、プロジェクタ２００１は、２つの赤色ＬＥＤと、２つの緑色ＬＥＤと、２つの青色ＬＥＤとを含んでもよい。接眼レンズ２０００は、１つ以上の接眼レンズ層を含んでもよい。一実施形態では、接眼レンズ２０００は、３つの原色である、赤色、緑色、および青色毎に、１つの接眼レンズ層の３つの接眼レンズ層を含む。別の実施形態では、接眼レンズ２０００は、仮想画像を１つの深度平面に形成するために構成される３つの原色毎の１つの接眼レンズ層のセットと、仮想画像を別の深度平面に形成するために構成される３つの原色毎の別の接眼レンズ層の

セットとの６つの接眼レンズ層を含んでもよい。さらに別の実施形態では、接眼レンズ２０００は、３つ以上の異なる深度平面のための３つの原色毎の３つ以上の接眼レンズ層を含んでもよい。各接眼レンズ層は、平面導波管を含み、内部結合格子（ＩＣＧ）２００７と、直交瞳エクスパンダ（ＯＰＥ）領域２００８と、射出瞳エクスパンダ（ＥＰＥ）領域２００９とを含んでもよい。

【００８４】

プロジェクタ２００１は、画像光を接眼レンズ層２０００内のＩＣＧ２００７上に投影する。ＩＣＧ２００７は、プロジェクタ２００１からの画像光をＯＰＥ領域２００８に向かう方向に伝搬する平面導波管の中に結合する。導波管は、画像光を水平方向に全内部反射（ＴＩＲ）によって伝搬する。ＯＰＥ領域２００８はまた、ＩＣＧ２０７からの画像光を倍増および再指向させ、ＥＰＥ領域２００９に向かって導波管内を伝搬する、回折要素を含む。言い換えると、ＯＰＥ領域２００９は、ＥＰＥの異なる部分に送達される、直交方向におけるビームレットを倍増させる。ＥＰＥ領域２００９は、導波管内を伝搬する画像光の一部を外部結像し、視認者の眼２００２に向かって接眼レンズ層２０００の平面と略垂直方向に指向する、回折要素を含む。本方式では、プロジェクタ２００１によって投影される画像が、視認者の眼２００２によって視認され得る。

【００８５】

上記に説明されるように、プロジェクタ２００１によって生成された画像光は、３つの原色、すなわち、青色（Ｂ）、緑色（Ｇ）、および赤色（Ｒ）における光を含んでもよい。そのような画像光は、各成分色における画像光が接眼レンズ内の個別の導波管に結合され得るように、成分色に分離されることができる。本開示の実施形態は、図示されるプロジェクタの使用に限定されず、他のタイプのプロジェクタも、本開示の種々の実施形態において利用されることができる。

【００８６】

プロジェクタ２００１は、ＬＥＤ光源２００３と、シリコン上液晶（ＬＣＯＳ）空間光変調器（ＳＬＭ）２００４とを含むが、本開示の実施形態は、本プロジェクタ技術に限定されず、ファイバ走査プロジェクタ、変形可能ミラーデバイス、微小機械スキャナ、ＬＥＤではなくレーザ光源の使用、正面照明設計を含む、光学、導波管、およびビームスプリッタの他の配列、および同等物を含む、他のプロジェクタ技術を含むことができる。

【００８７】

図２１は、本発明のある実施形態による、接眼レンズ２１００の実施例を図示する。接眼レンズ２１００は、世界側カバーウィンドウ２１０２と、眼側カバーウィンドウ２１０６とを含み、世界側カバーウィンドウ２１０２と眼側カバーウィンドウ２１０６との間に位置付けられる、１つ以上の導波管２１０４を保護してもよい。いくつかの実施形態では、接眼レンズ２１００は、世界側カバーウィンドウ２１０２および眼側カバーウィンドウ２１０６の一方または両方を含まない。１つ以上の導波管２１０４は、各個々の導波管がその近隣導波管の一方または両方に結合されるように、層化配列においてともに結合されてもよい。いくつかの実施形態では、１つ以上の導波管２１０４は、１つ以上の導波管２１０４が相互に直接接触しないように、縁シール（図２２に示される縁シール２２０８等）を介してともに結合される。

【００８８】

図２２は、本発明のある実施形態による、接眼レンズ２２００のための導波管２２０４の層の実施例を図示する。図から分かるように、各導波管２２０４は、その間に配置される空気空間または別の材料を伴って、相互の上に整合されることができる。１つの例証的実施例では、世界側カバーウィンドウ２２０２および眼側カバーウィンドウ２２０６は、０．３３０ｍｍ厚であることができる。そのような実施例では、各導波管２２０４は、０．３２５ｍｍ厚であることができる。加えて、各層間には、０．０２７ｍｍ厚の空気空間があることができる。当業者は、寸法が異なり得ることを認識するであろう。図２２はまた、各導波管２２０４が色および深度平面と関連付けられ得ることを図示する。例えば、接眼レンズ２２００は、３ｍおよび１ｍ深度平面のための赤色導波管を含むことができる。

赤色導波管は、赤色光を中継し、赤色光をユーザの眼に指定される深度において外部結合することができる。接眼レンズはさらに、３ｍおよび１ｍ深度平面のための青色導波管を含むことができる。青色導波管は、青色光を中継し、青色光をユーザの眼に指定される深度において外部結合することができる。接眼レンズはさらに、３ｍおよび１ｍ深度平面のための緑色導波管を含むことができる。緑色導波管は、緑色光を中継し、緑色光をユーザの眼に指定される深度において外部結合することができる。当業者は、導波管が、図２２に図示されるものと異なる順序であり得ることを認識するであろう。深度平面は、その導波管のＥＰＥから外部結合された光が、発散し、ユーザによってユーザからある距離において生じるように知覚されるであろうように、個別の導波管の屈折力に関連する。当業者は、代替の指定される深度が、使用されてもよく、本明細書および図２２で使用される３ｍおよび１ｍ深度平面は、単に、例証目的のためのものであることを理解されるであろう。

【００８９】

図２３は、本発明のある実施形態による、接眼レンズ２３００の導波管２３１２の中に内部結合される光の単一ビームレットの経路の実施例を図示する。導波管２３１２は、ＩＣＧ２３２０と、ＯＰＥ２３３０と、ＥＰＥ２３４０とを含むことができ、それぞれ、全内部反射によって光学波を誘導可能な材料（典型的には、高誘電率を有する誘電材料）から成る、基板２３０２上または該基板内に配置される。いくつかの実施形態では、接眼レンズ２３００は、３つの導波管２３１２、２３１４、および２３１６を含むことができ、各導波管は、特定の波長の光に対応する。付加的またはより少ない導波管も、可能性として考えられる。導波管２３１４および２３１６はそれぞれ、導波管２３１２と同様に、ＩＣＧと、ＯＰＥと、ＥＰＥとを含むことができる。いくつかの実施形態では、投入された光２３２２は、図２３の描写に直交するｚ方向にＩＣＧ２３２０において接眼レンズ２３００に進入することができる。投入された光２３２２は、ＩＣＧ２３２０に進入することができ、ＩＣＧ２３２０内の格子は、内部結合された光２３２２内のある波長の光を回折させ得、内部結合された光２３２２の他の波長は、接眼レンズ２３１０の後続導波管層を通して継続する。いくつかの実施形態では、ＩＣＧ２３２０は、特定の波長に特有の複数の別個の格子である。

【００９０】

内部結合された光２３２２は、ＩＣＧ２３２０によって、略＋ｘ方向にＯＰＥ２３３０に向かう扇状パターン２３２４によって描写されるような範囲だけではなく、また、略－ｘ方向にＯＰＥ２３３０から離れる扇状パターン２３２６に及ぶ範囲にも及ぶ、導波管内のある方向に回折されることができる。他の扇状パターンに及ぶ他の光経路も、当然ながら、可能性として考えられ、投影光学およびＩＣＧ２３２０によって構成される特定の格子および回折パターンに依存する。すなわち、光は、発散するビームとして導波管の中に回折せず、いくつかの実施形態では、画像光の一部の徐々に分散されるサンプリングは、接眼レンズを横断して徐々に拡張するビームレットの分布パターンを作成し得る。描写される扇状パターン２３２４内で回折される、内部結合された光２３２２は、概して、光経路２３２８に追従し、ＯＰＥ２３３０に進入し、＋ｘ方向に横断し、ＯＰＥ２３３０を構成する回折格子に衝打するにつれて、ＯＰＥ２３３０を通して付帯分散サンプリングを伴い、一部は、周期的に、ユーザの眼に向かって－ｚ方向に外部結合する前に、ＥＰＥ２３４０へと下方に指向され、－ｙ方向に横断することができる。

【００９１】

図２３が描写するように、導波管２３１２に対応する波長内の光の多くは、扇状パターン２３２６に回折される光等の指向性損失または扇状パターン２３２４内の全ての光を捕捉するために不適正に位置付けられたまたは定寸されたＯＰＥ２３３０に起因する捕捉損失のいずれかに起因して、損失され得る。

【００９２】

図２４は、本発明のある実施形態による、導波管２４００のための上下トポロジの実施例を図示する。いくつかの実施形態では、光は、投影された画像と関連付けられる、またはそこから生じ得る。いくつかの実施形態では、接眼レンズおよび導波管（例えば、導波管

２４００）は、ユーザに接眼レンズを通して見えるように、少なくとも部分的に透明であることができる。いくつかの実施形態では、導波管２４００は、１つ以上の面積を含むことができ、各面積は、特定の格子を伴う。例えば、導波管２４００は、内部結合ＤＯＥ（例えば、ＩＣＧ２４２０）を伴う入力面積を含むことができる。内部結合ＤＯＥは、本説明全体を通して説明されるように、光をプロジェクタ中継器から受光することができる。光は、導波管２４００に直交する入力面積に入射することができる。ＩＣＧ２４２０は、光を導波管２４００（すなわち、基板２４０２）の中に内部結合することができる。

【００９３】

いくつかの実施形態では、導波管２４００はさらに、第１の格子を有する導波管の部分（例えば、直交瞳エクスパンダ２４３０）とも称される、第１の面積を含むことができる。第１の格子は、導波管２４００の平面表面内または該平面表面上に配置され、ＩＣＧ２４２０によって平面導波管の中に回折または内部結合した後、全内部反射によって、導波管２４００内を伝搬する光を操作することができる。いくつかの実施形態では、第１の格子の周期的構造は、第１の面積全体を通して、画像光を再指向する。そのような再指向は、内部結合された光ビームが第１の格子の周期的構造を通過するにつれて、内部結合された光ビームの回折サンプリングを通して生じる。故に、本明細書に説明される格子は、複数回、プロジェクタ瞳を構成するビームを回折し、導波管を通して伝搬する複数のビームレットを作成することによって、投影された画像の視認瞳を倍増（またはクローン化）し得る。多くのインスタンスでは、各ビームレットは、画像データを搬送し、複数のビームレットが、以下に説明されるように、最終的に導波管２４００から外部結合すると、ユーザの眼は、画像情報を伝達する拡大されたサンプリングされた瞳として出現する複数のビームレットを知覚する。いくつかの実施形態では、第１の格子は、光の少なくとも一部（例えば、クローン化またはサンプリングされたビームレット）を第２の面積（例えば、ＥＰＥ２４４０）に指向することができる。第２の面積または部分は、周期的構造を備える、第２の格子を有することができる。そのような実施形態では、第１の格子の周期的構造の配向は、ビームレットがその一部と相互作用するとき、サンプリングされたビームレットが、公称上直角に回折され、同時に、ビームレットをＥＰＥに向かって回折し、サンプルをＯＰＥを横断してさらに指向し、回折およびサンプリングを継続し、したがって、ＯＰＥ内の画像光を複製し、付加的ビームレットをＥＰＥ２４４０に向かって回折するようなものであることができる。格子が、いくつかの実施形態では、例示的回折光学構造として議論されるが、本発明は、回折格子に限定されず、他の回折構造（例えば、六角形グリッドにレイアウトされた複数の島）も、本発明の範囲内に含まれることができることを理解されるであろう。

【００９４】

したがって、いくつかの実施形態によると、光の任意の一部は、第１の格子によって、第１の面積（例えば、ＯＰＥ２４３０）を横断して、複数回、回折されることができることを理解されるであろう。例えば、図３０Ｃに関連してより詳細に以下に説明されるように、第１の格子内の周期的構造は、画像光の一部を所与の方向（ＥＰＥ２４４０に向かって等）に回折しながら、残りの部分を第２の方向に透過させることができる。光を徐々に回折することによって、光は、ＯＰＥ２４３０を横断して「段階的に」クローン化されたビームレット（すなわち、回折によって画像光の一部を倍増またはサンプリングする）と見なされ得る。例えば、光線が、回折されながら、略ｘ方向に進行する度に、光の一部は、ＥＰＥ２４４０に向かって回折されることができる。回折された光の一部は、再び、一部をＥＰＥ２４４０に向かって略ｙ方向に回折するまで、ＯＰＥ２４３０を通して略ｘ方向に継続し、残りの部分は、略ｘ方向に継続する。いくつかの実施形態では、光の中心光線は、ＩＣＧ２４２０によって導波管の中に内部結合され、ＯＰＥ２４３０に向かって指向されることができる。ＯＰＥ２４３０内を進行しながら、中心光線は、ＯＰＥ２４３０によって直角に回折され、ＥＰＥ２４４０に向かって指向されてもよい（または、他の実施形態では、鋭角に回折される）。

【００９５】

いくつかの実施形態では、ＥＰＥ２４４０は、光をＯＰＥ２４３０から受光することができる。いくつかの実施形態では、ＥＰＥ２４４０の第２の格子は、光がＯＰＥ２４３０に関連して略ｙ方向に進行した後、導波管２４００からのそのような光を外部結合することができる。そのような実施形態では、光は、接眼レンズに内部結合される元々の投影された画像がアイボックスを通してユーザの視野内のプロジェクタの拡大瞳として現れるように、ユーザの眼に指向されることができる。いくつかの実施形態では、第１の面積および第２の面積は、導波管２４００の別個の面積を占有することができる。

【００９６】

図２５は、本発明のある実施形態による、導波管２５００のための重複トポロジの実施例を図示する。図２５に図示されるような重複配列は、ＥＰＥ２５４０およびＯＰＥ２５３０が、直交ビューに対して類似領域を共有し得るとき、より小さい接眼レンズおよびより少ないサンプリングインスタンスが、光を分散方式においてユーザのアイボックスに指向することを可能にする（光干渉を低減させ得る）。当業者は、他の利点も理解するであろう。導波管２５００は、導波管２４００と同様に実施することができる。例えば、いくつかの実施形態では、導波管２５００は、ＩＣＧ２５２０と、ＯＰＥ２５３０と、ＥＰＥ２５４０とを含むことができ、それぞれ、基板２５０２に結合される。いくつかの実施形態では、ＯＰＥ２５３０の第１の領域は、ＥＰＥ２５４０の第１の領域と別個の導波管２５００の領域を占有することができる。加えて、ＯＰＥ２５３０の第２の領域は、ＥＰＥ２５４０の第２の領域もまた占有する、導波管２５００の重複された領域を占有することができる。言い換えると、ＯＰＥ２５３０の領域は、ＥＰＥ２５４０がある、導波管２５００の領域を共有することができる。いくつかの実施形態では、ＯＰＥ２５３０およびＥＰＥ２５４０が両方とも占有する、領域は、異なる平面（例えば、基板２５０２の異なる側）上にあることができる。いくつかの実施形態では、ＯＰＥ２５３０は、第１の平面上にあることができ、ＥＰＥ２５４０は、第２の平面上にあることができる。そのような実施形態では、光の一部は、重複された領域内のＯＰＥ２５３０を通して伝搬することができる一方、光の他の部分は、同一の重複された領域内のＥＰＥ２５４０によって導波管２５００から透過される。

【００９７】

いくつかの実施形態では、導波管２５００から外部結合された光は、透過方向に沿って伝搬することができる。ＯＰＥ２５３０は、透過方向に沿って測定された第１の位置に配置されることができる。加えて、ＥＰＥ２５４０は、透過方向に沿って測定された第２の位置に配置されることができる。そのような実施形態では、透過方向に沿って測定された第２の位置は、透過方向に沿って測定された第１の位置よりユーザの眼に近くあることができる。いくつかの実施形態では、ＯＰＥ２５３０の第１の位置は、導波管２５００の背面側上、すなわち、導波管２５００の世界側により近くあることができ、ＥＰＥ２５４０の第２の位置は、導波管２５００の正面側上、すなわち、ユーザの眼により近い側にあることができる。

【００９８】

いくつかの実施形態では、ＯＰＥ２５３０は、導波管２５００の正面側上にあることができ、ＥＰＥ２５４０は、導波管２５００の背面側上にあることができる。例えば、導波管２５００から外部結合された光は、透過方向に沿って伝搬することができる。ＯＰＥ２５３０は、透過方向に沿って測定された第１の位置に配置されることができる。加えて、ＥＰＥ２５４０は、透過方向に沿って測定された第２の位置に配置されることができる。そのような実施形態では、透過方向に沿って測定された第１の位置は、透過方向に沿って測定された第２の位置よりユーザの眼に近くあることができる。

【００９９】

いくつかの実施形態では、平面導波管層は、第１の瞳エクスパンダ（例えば、ＯＰＥ）と、第２の瞳エクスパンダ（例えば、ＥＰＥ）とを含むことができる。そのような実施形態では、第１の瞳エクスパンダの第１の平面は、第２の瞳エクスパンダの第２の平面とｚ方向において平行であることができる。そのような実施形態では、第１の平面の第１の領域

は、第１の領域上に配置される第１の格子を有することができ、第２の平面の第２の領域は、第２の領域上に配置される第２の格子を有することができる。そのような実施形態では、第１の領域は、第１の格子を使用して、光をｘ方向および／またはｙ方向に回折するように構成され、第２の領域は、第２の格子を使用して、光をユーザの眼に外部結合するように構成される。そのような実施形態では、第１の領域は、第２の領域と空間的に重複することができる。

【０１００】

前段落に説明される実施形態では、ユーザの眼に外部結合される光は、透過方向に沿って伝搬することができる。そのような実施例では、平面導波管層の第１の面積は、透過方向に沿って測定された第１の位置に配置されることができる。加えて、平面導波管層の第２の面積は、透過方向に沿って測定された第２の位置に配置されることができる。そのような実施形態では、透過方向に沿って測定された第２の位置は、図２５に図示されるように、透過方向に沿って測定された第１の位置よりユーザの眼に近くあることができる。他の実施形態では、透過方向に沿って測定された第１の位置は、透過方向に沿って測定された第２の位置よりユーザの眼に近くあることができる。

【０１０１】

上記に説明される実施形態では、ＩＣＧ２５２０、ＯＰＥ２５３０、およびＥＰＥ２５４０は、一列ではない。例えば、ＯＰＥ２５３０は、第１の方向（例えば、略ｘ方向）にＩＣＧ２５２０から変位されている一方、ＥＰＥ２５４０は、第１の方向と異なる第２の方向（例えば、略ｙ方向）にＩＣＧ２５２０から変位されている。

【０１０２】

図２６は、本発明のある実施形態による、導波管２６００のための一列トポロジの実施例を図示する。一列トポロジでは、ＯＰＥ２６３０およびＥＰＥ２６４０は両方とも、第１の方向にＩＣＧ２６２０から変位されることができる。言い換えると、光は、最終的に、ＯＰＥ上において第１の方向に、ＥＰＥ上において第２の方向に流動するのではなく、接眼レンズは、ＯＰＥが、光がＩＣＧによって平面導波管（すなわち、基板２６０２）の中に元々回折された方向と同一方向においてＥＰＥに給送するように構造化されることができる。いくつかの実施形態では、光は、依然として、上記に説明されるように、ＯＰＥ２６３０を通して段階的であることができる。そのような実施形態では、ＥＰＥ２６４０は、光がＯＰＥに進入した方法に対して直角ではなく、光が元々進んでいた方向と同一方向から光を受光することができる。

【０１０３】

いくつかの実施形態では、平面導波管層は、内部結合された光を受光するように構成される、内部結合ＤＯＥ（例えば、ＩＣＧ）を含むことができる。平面導波管層はさらに、第１の瞳エクスパンダと、第２の瞳エクスパンダとを含むことができる。第１の瞳エクスパンダは、光を内部結合ＤＯＥから受光し、光を第２の瞳エクスパンダに向かって回折するように構成されることができる。第２の瞳エクスパンダは、光を第１の瞳エクスパンダから受光し、光をユーザの眼に向かって外部結合するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、平面導波管層は、光が内部結合ＤＯＥから第１の瞳エクスパンダに第１の方向に流動するように構成されることができる。そのような実施形態では、平面導波管層はさらに、光が第１の瞳エクスパンダから第２の瞳エクスパンダに第１の方向に流動するように構成されることができる。

【０１０４】

いくつかの実施形態では、ＯＰＥ２６３０の回折効率は、光が、単に、任意の回折サンプリング（段階的効果）を伴わずに、ＯＰＥ２６３０を通してずっと浸透し得ないように構成され、ＥＰＥに向かってｙ方向に回折する、より均一な光の分布をｘ方向に作成するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、ＯＰＥ２６３０は、ＩＣＧ２６２０とＯＰＥ２６３０の近接度に対する格子の場所に基づいて、可変回折効率を有することができる。例えば、ＯＰＥ２６３０の一部の低回折効率は、ＩＣＧ２６２０のより近くで使用され、ＩＣＧ２６２０からより遠いより高い効率の回折格子が光をＥＰＥ２６４０

に指向する前に、光の一部をＥＰＥ２６４０に向かって指向するが、実質的部分がＯＰＥ２６３０を略ｘ方向に横断することを可能にすることができる。そのような実施例では、回折効率は、次いで、ＯＰＥ２６３０を横断して変動され、平衡と、ＩＣＧ２６２０によって平面導波管の中に回折される全ての光が、ＥＰＥ２６４０に直ちに指向されるわけではないこと、または、光が全内部反射によってＯＰＥ２６３０の遠端に到達する時間までに、ＯＰＥ２６３０によってＯＰＥ２６３０を横断してＥＰＥ２６４０に回折される量とほぼ同一量の光が存在することとを確実にすることができる。

【０１０５】

図２７は、本発明のある実施形態による、可変回折効率のゾーンを伴うＯＰＥ２７３０の実施例を図示する。第１のゾーン２７３２は、２０パーセントの回折効率を有することができる。第２のゾーン２７３４は、２５パーセントの回折効率を有することができる。第３のゾーン２７３６は、３３パーセントの回折効率を有することができる。第４のゾーン２７３８は、５０パーセントの回折効率を有することができる。第５のゾーン２７３９は、９９パーセントの回折効率を有することができる。光が、ＯＰＥ２７３０全体を通して伝搬し、各ゾーンに進入するにつれて、回折効率は、ほぼ等量の光を各ゾーン内のＥＰＥ２７４０に向かって回折し、ＯＰＥ２７３０を横断して平衡をもたらすであろう。回折効率が、高すぎる場合、例えば、第１のゾーン２７３２および第２のゾーン２７３４が、それぞれ、８０％の回折効率を有する場合、非常にわずかな光が、略ｘ方向に伝搬し、ユーザがコンテンツを視認するために得られるアイボックスは、外部結合するためにＥＰＥへの回折前により多くの光が伝搬することを可能にするためのその範疇を横断してより低い回折効率を伴うＯＰＥと比較して、非常に狭くなるであろう。当業者は、ＥＰＥの類似可変回折効率が、平面導波管からの光を外部結合するために、類似の望ましい効果を生産するであろうことを理解されるであろう。当業者はさらに、列挙されたパーセンテージが、例証にすぎず、ＩＣＧにより近いＯＰＥ端に向かった回折効率が、段階的効果が、おそらく、ＥＰＥに到達する前に、光をＩＣＧから離れるように回折し続けるであろうため、より高くある必要があり得ることを理解するであろう。

【０１０６】

図２８は、本発明のある実施形態による、導波管２８００のための先端およびクリップトポロジの実施例を図示する。導波管２８００は、本明細書に説明される導波管と類似コンポーネントを含むことができるが、導波管２８００のトポロジは、異なり得る。例えば、導波管２８００の１つ以上のコンポーネントは、内部結合格子２８２０からの光の開扇現象の縁が、第１の瞳エクスパンダ２８３０および第２の瞳エクスパンダ２８４０の共通界面と整合するように、平面導波管（すなわち、基板２８０２）の中への光の開扇現象の角度に追従するように先鋭化されることができる。比較のために、内部結合格子２３２０および得られた扇状パターン２３２４を描写する、図２３を参照すると、直交瞳エクスパンダ２３３０は、その独自の形状において扇状パターンの縁に実質的に追従するが、直交瞳エクスパンダ２３３０と射出瞳エクスパンダ２３４０との間に間隙を残す。図２８の先端およびクリップトポロジでは、図２３の間隙は、除去され、個別の瞳エクスパンダが、より少ない空間を占有し、より小さい形状因子をもたらし得る。いくつかの実施形態では、導波管２８００の開扇現象（ＩＣＧ２８２０の格子によって生じる）は、ＯＰＥ２８３０に関連して±２０度であることができる。導波管２８００の開扇現象は、開扇現象が第１の瞳エクスパンダ２８３０（図２４のＯＰＥ２４３０に対応し得る）に関連して＋３０度および－ゼロ度であり得るように変化されることができる。

【０１０７】

第１の瞳エクスパンダ２８３０は、図２４のＯＰＥ２４３０と同様に実施することができる。いくつかの実施形態では、第１の瞳エクスパンダ２８３０と関連付けられた平面導波管の平面表面内または該平面表面上に配置される、第１の格子は、略ｙ方向に第２の瞳エクスパンダ２８４０に向かって再指向するように、平面導波管の中に内部結合される光を鋭角（ｘ－ｙ平面において）で回折させることができる。当業者は、導波管２８００のトポロジが、瞳エクスパンダによってそのような中心光線から倍増される複数の光線に、図

２８に描写される光の光線と実質的に類似経路を追従させることができることを認識するであろう。光経路２８２８は、図２８では、ＩＣＧ２８２０によって導波管２８００の中に内部結合され、続いて、第１の瞳エクスパンダ２８３０によって倍増され、次いで、第２の瞳エクスパンダ２８４０に向かって回折される、光ビームの方向を示すように図示される。

【０１０８】

導波管のコンポーネントのトポロジを変化させることによって、導波管２８００は、図２４に図示されるように、ＯＰＥ２４３０とＥＰＥ２４４０との間の導波管２４００内に含まれる空間を排除することができる。加えて、第１の瞳エクスパンダ２８３０の一部（すなわち、除去される面積２８６０）が、除去され（図２４のＯＰＥ２４３０と比較して）、そうでなければ第２の瞳エクスパンダ２８４０に回折されるであろう、除去される面積２８６０からの余剰量の光に対して接眼レンズの重量およびサイズを最大限にすることができる。

【０１０９】

いくつかの実施形態では、第２の瞳エクスパンダ２８４０はまた、ある程度、傾斜されることができる。第２の瞳エクスパンダ２８４０は、ＩＣＧ２８２０および／または第１の瞳エクスパンダ２８３０が傾斜される量から独立した量で傾斜されることができる。いくつかの実施形態では、第２の瞳エクスパンダ２８４０は、アイボックスとして識別される部分を含むことができる。アイボックスは、ユーザの特定の眼に対するユーザの視野が導波管に対して位置すべき場所であることができる。前述のように、本説明では、ｘ方向におけるアイボックスの寸法のｘ軸は、概ね、ＯＰＥと略ｘ方向に平面導波管を伝搬する光の量の関数であって、ｙ方向におけるアイボックスの寸法は、概ね、ＥＰＥと略ｙ方向に平面導波管を伝搬する光の量の関数である。当業者は、本説明全体を通して説明される導波管のいずれかに適用されるように、かつその場合の、アイボックスの関連性および幾何学形状を理解するであろう。

【０１１０】

図２９は、本発明のある実施形態による、導波管２９００のための蝶ネクタイトポロジの実施例を図示する。導波管２９００は、典型的には、瞳エクスパンダから離れるように回折されるであろう、光を利用することによって、他の導波管設計に存在する損失を緩和し得る。得られた扇状パターンがｙ軸およびｘ軸と整合されるように（図２９に示されるように）、ＩＣＧ２９２０を配向することによって、導波管２９００は、はるかに多くの回折された内部結合光を捕捉する、第１の瞳エクスパンダ２９３０Ａと、第２の瞳エクスパンダ２９３０Ｂとを含むことができる。いくつかの実施形態では、第１の瞳エクスパンダ２９３０Ａおよび第２の瞳エクスパンダ２９３０Ｂは、ＯＰＥであることができる。いくつかの実施形態では、導波管２９００はさらに、ＥＰＥ等の第３の瞳エクスパンダ２９４０を含むことができる。

【０１１１】

導波管２９００は、導波管２９００が、２つのより小さい瞳エクスパンダ（例えば、第１の瞳エクスパンダ２９３０Ａおよび第２の瞳エクスパンダ２９３０Ｂ）を含み得るため、単一ＯＰＥ（上記に説明されるもの等）のサイズを低減させることができる。いくつかの実施形態では、第１の瞳エクスパンダ２９３０Ａおよび第２の瞳エクスパンダ２９３０Ｂは、ＯＰＥに類似することができるが、一部が、上記に説明されるように、除去される（例えば、除去される面積２９３２Ａおよび２９３２Ｂ）。第１の瞳エクスパンダ２９３０Ａおよび第２の瞳エクスパンダ２９３０Ｂは、受光された光を倍増させ、光を第３の瞳エクスパンダ２９４０（上記に説明されるものと同様）に指向することができる。いくつかの実施形態では、第１の瞳エクスパンダ２９３０Ａおよび第２の瞳エクスパンダ２９３０Ｂは、上記に説明されるように、略ｘ方向ではなく、ｘ－ｙ平面においてある角度で光を指向することができる。角度は、第１の瞳エクスパンダ２９３０Ａおよび２９３０Ｂに光経路２９２８によって図示されるように、光を第３の瞳エクスパンダ２９４０に送光させることができる。いくつかの実施形態では、導波管２９００は、本明細書に説明される他

の導波管と比較して、効率を約２倍にすることができる。
【０１１２】
いくつかの実施形態では、導波管２９００はさらに、１つ以上の拡散器（例えば、拡散器２９３２Ａおよび拡散器２９３２Ｂ）を含むことができる。１つ以上の拡散器は、ＩＣＧ２９２０から直接第３の瞳エクスパンダ２９４０の中心に透過する、光を捕捉することができる。１つ以上の拡散器は、本明細書に説明される１つ以上のＯＰＥに類似する格子を含むことができる。いくつかの実施形態では、１つ以上の拡散器の格子も同様に、第３の瞳エクスパンダ２９４０への光を段階的にすることができる。
【０１１３】
いくつかの実施形態では、接眼レンズは、平面導波管層を含むことができる。平面導波管層は、第１の瞳エクスパンダと、第２の瞳エクスパンダと、第３の瞳エクスパンダとを含むことができる。第１の瞳エクスパンダは、光を内部結合ＤＯＥ（例えば、ＩＣＧ）から受光するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、第１の瞳エクスパンダは、光を第３の瞳エクスパンダに向かって回折するように構成される、第１の格子を有することができる。第２の瞳エクスパンダは、光を内部結合ＤＯＥから受光するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、第２の瞳エクスパンダは、光を第３の瞳エクスパンダに向かって回折するための格子を有することができる。第２の瞳エクスパンダは、第１の瞳エクスパンダと反対の内部結合ＤＯＥの側上に位置することができる。いくつかの実施形態では、第３の瞳エクスパンダは、第２の格子を有することができる。第３の瞳エクスパンダは、光を第１の瞳エクスパンダおよび第２の瞳エクスパンダから受光するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、第３の瞳エクスパンダはまた、第２の格子を使用して、光をユーザの眼に外部結合するように構成されることができる。いくつかの実施形態では、平面導波管層はさらに、光を内部結合ＤＯＥから受光し、光を第３の瞳エクスパンダのアイボックスに透過させるように構成される、拡散器を含むことができる。いくつかの実施形態では、拡散器は、光を第３の瞳エクスパンダに指向する前に、複数回、光を回折するように構成される、第３の格子を有することができる。いくつかの実施形態では、拡散器は、第１の瞳エクスパンダおよび第２の瞳エクスパンダと異なる内部結合ＤＯＥの側上に位置することができる。
【０１１４】
図３０Ａは、本発明のある実施形態による、導波管３０００のための蝶ネクタイトポロジの実施例を図示する。導波管３０００は、入力結合器領域３０１０（ＩＣＧを含む）と、上側ＯＰＥ領域３０２０Ａと、下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂと、ＥＰＥ領域３０３０とを含むことができる。いくつかの実施形態では、導波管３０００はまた、上側拡散器領域３０４０Ａと、下側拡散器領域３０４０Ｂとを含むことができる。導波管３０００は、少なくとも部分的に透明である、基板材料から作製されてもよい。例えば、導波管３０００は、ガラス、プラスチック、ポリカーボネート、サファイア等の基板３００２から作製されることができる。選択された材料は、１を上回る屈折率、より好ましくは、１．４を上回る、またはより好ましくは、１．６を上回る、または最も好ましくは、１．８を上回る比較的に高屈折率を有し、光誘導を促進してもよい。基板３００２の厚さは、例えば、３２５ミクロンまたはそれ未満であってもよい。導波管３０００の説明される領域はそれぞれ、１つ以上の回折構造を導波管基板３００２上または該基板内に形成することによって作製されることができる。具体的回折構造は、領域毎に変動する。
【０１１５】
図３０Ａに示されるように、光線３０２４Ａおよび３０２４Ｂはそれぞれ、それに沿って、入力結合器領域３０１０の９時位置に投影された入力画像の４つの角に対応する入力光線が、上側ＯＰＥ領域３０２０Ａおよび下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂに向かって再指向される、経路を図示する。同様に、光線３０２６Ａおよび３０２６Ｂは、それぞれ、それに沿って、入力結合器領域３０１０の３時位置に投影された入力画像の４つの角に対応する入力光線が、上側ＯＰＥ領域３０２０Ａおよび下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂに向かって再指向される、経路を図示する。

【０１１６】
図３０Ｂは、本発明のある実施形態による、導波管３０００のための回折光学特徴の種々の拡大図を図示する。導波管３０００の回折光学特徴は、入力結合器領域３０１０において接眼レンズの中に投影された画像を導波管３０００を通して伝搬させ、ＥＰＥ領域３０３０からユーザの眼に向かって外に投影させる。概して、画像は、光の光線を介して、導波管３０００の中に投影され、これは、図示されるｚ軸に近似的に沿って進行し、基板３００２の外側から入力結合器領域３０１０上に入射する。入力結合器領域３０１０は、回折光学特徴を含み、これは、全内部反射を介して、導波管３０００の基板３００２の内側に伝搬するように、光の入力光線を再指向する。いくつかの実施形態では、入力結合器領域３０１０は、上側および下側ＯＰＥ領域３０２０間に対称的に位置する。入力結合器領域３０１０は、入力光を分割し、これらのＯＰＥ領域３０２０の両方に向かって再指向し得る。

【０１１７】
ＯＰＥ領域３０２０は、回折光学特徴を含み、これは、少なくとも２つの機能を実施する。すなわち、第１に、それらは、光の各入力光線を複数の多くの離間される平行光線に分割し、第２に、それらは、経路上の本複数の光の光線を、概して、ＥＰＥ領域３０３０に向かって再指向する。ＥＰＥ領域３０３０も同様に、回折光学特徴を含む。ＥＰＥ領域３０３０の回折光学特徴は、導波管３０００の基板３００２から出射し、ユーザの眼に向かって伝搬するように、ＯＰＥ領域３０２０から生じる光の光線を再指向する。ＥＰＥ領域３０３０の回折光学特徴はまた、ある程度の屈折力を光の出射ビームに付与し、本明細書のいずれかの場所に議論されるように、それらが所望の深度平面から生じるかのように現れさせ得る。導波管３０００は、光線がＥＰＥ領域３０３０によって出力される出射の角度が、入力結合器領域３０１０における対応する入力光線の入射の角度と一意に相関され、それによって、眼が入力画像を忠実に再現することを可能にする性質を有する。

【０１１８】
導波管３０００の光学動作が、ここで、より詳細に説明される。最初に、ＶＲ／ＡＲ／ＭＲ画像が、１つ以上の入力デバイスから入力結合器領域３０１０において導波管３０００の中に投影される。入力デバイスは、例えば、空間光変調器プロジェクタ（ユーザの顔に対して導波管３０００の正面または背後に位置する）、ファイバ走査プロジェクタ、または同等物であることができる。いくつかの実施形態では、入力デバイスは、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）、シリコン上液晶（ＬＣｏＳ）、またはファイバ走査ディスプレイ（ＦＳＤ）技術を使用してもよいが、その他もまた、使用されることができる。入力デバイスは、１つ以上の光の光線を入力結合器領域３０１０の下位部分上に投影することができる。

【０１１９】
入力結合器領域３０１０の異なる下位部分は、接眼レンズを構成する複数のスタックされた導波管毎に、画像を入力するために使用されることができる。これは、導波管３０００毎に、画像を接眼レンズのその導波管３０００の中に入力するために取って置かれている入力結合器領域３０１０の下位部分に、適切な回折光学特徴を提供することによって遂行されることができる。これらの下位部分は、特定の波長および／または深度平面における光を内部結合するための分離瞳と称され得る。例えば、１つの導波管３０００は、その入力結合器領域３０１０の中心に提供される回折特徴を有してもよい一方、その他は、その個別の入力結合器領域の周縁、例えば、３時または９時位置に提供される回折特徴を有してもよい。したがって、導波管３０００毎に意図される入力画像は、他の導波管の中に指向されずに、正しい画像が正しい導波管３０００の中に指向されるように、プロジェクタによって、入力結合器領域３０１０の対応する部分に照準化されることができる。

【０１２０】
プロジェクタは、光の入力光線が、概して、図示されるｚ方向に沿って基板３００２の入力結合器領域３０１０に接近するように、提供されてもよい（但し、典型的には、入力画像の異なる点に対応する光線が異なる角度に投影されるであろうことを前提として、ある程度の角度逸脱が存在する）。任意の所与の基板３００２の入力結合器領域３０１０は、

回折光学特徴を含み、これは、適切な角度において光の入力光線を再指向し、全内部反射を介して、導波管３０００の基板３００２内を伝搬させる。拡大図３０１２によって示されるように、いくつかの実施形態では、入力結合器領域３０１０の回折光学特徴は、多くの線から成る回折格子を形成し得、これは、図示されるｘ方向に水平に延在し、周期的に、図示されるｙ方向に垂直に繰り返される。いくつかの実施形態では、線は、導波管３０００の基板３００２の中にエッチングされてもよく、および／または基板３００２上に堆積される材料から形成されてもよい。例えば、入力結合器格子は、基板の背面表面（入力光線が進入する側と反対）の中にエッチングされ、次いで、金属等のスパッタリングされた反射材料で被覆される、線を備えてもよい。そのような実施形態では、入力結合器格子は、反射モードで作用するが、他の設計は、透過モードを使用することができる。入力結合器格子は、いくつかのタイプのいずれかであることができ、表面起伏格子、バイナリ表面起伏構造、体積ホログラフィック光学要素（ＶＨＯＥ）、切替可能ポリマー分散液晶格子等を含む。線の周期、デューティサイクル、深度、プロファイル等は、基板／導波管が設計される光の波長、格子の所望の回折効率、および他の要因に基づいて選択されることができる。

【０１２１】

本入力結合器回折格子上に入射する、入力光は、分裂され、上側ＯＰＥ領域３０２０Ａに向かって＋ｙ方向に上向きにと、下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂに向かって－ｙ方向に下向きにの両方において再指向される。具体的には、入力結合器領域３０１０の回折格子上に入射する、入力光は、正および負の回折次数に分離され、正の回折次数は、上側ＯＰＥ領域３０２０Ａに向かって上向きに指向され、負の回折次数は、下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂに向かって下向きに指向される、またはその逆である。いくつかの実施形態では、入力結合器領域３０１０における回折格子は、主に、入力光を＋１および－１回折次数の中に結合するように設計される。（回折格子は、０次回折次数および１次回折次数を超えるより高い回折次数を低減または排除させるように設計されることができる。これは、各線のプロファイルを適切に成形することによって遂行されることができる。）

【０１２２】

上側ＯＰＥ領域３０２０Ａおよび下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂはまた、回折光学特徴を含む。いくつかの実施形態では、これらの回折光学特徴は、導波管３０００の基板３００２上または該基板内に形成される線である。線の周期、デューティサイクル、深度、プロファイル等は、基板／導波管が設計される光の波長、格子の所望の回折効率、および他の要因に基づいて、選択されることができる。ＯＰＥ領域３０２０Ａおよび３０２０Ｂの具体的形状は、変動することができるが、一般に、入力画像の完全ビューを提供するように、入力画像の角に対応する光の光線およびその間の全ての光の光線を遠近調節するために必要とされるものに基づいて決定されてもよい。

【０１２３】

前述のように、ＯＰＥ領域３０２０Ａおよび３０２０Ｂ内のこれらの回折格子の１つの目的は、各入力光線を複数の多重離間平行光線に分裂させることである。これは、各格子線が光線の所望の部分のみを再指向する一方、残りの部分が同一方向に伝搬し続けるように、比較的に低回折効率を有するようにＯＰＥ回折格子を設計することによって遂行されることができる。（格子の回折効率に影響を及ぼすために使用され得る、１つのパラメータは、線のエッチング深度である。）ＯＰＥ領域３０２０Ａ、３０２０Ｂ内の回折格子の別の目的は、概して、ＥＰＥ領域３０３０に向かって、それらの光線を経路に沿って指向することである。すなわち、光線がＯＰＥ回折格子の線上に入射する度に、その一部は、ＥＰＥ領域３０３０に向かって偏向されるであろう一方、残りの部分は、ＯＰＥ領域内で次の線まで透過し続け、別の部分は、ＥＰＥ領域に向かって偏向される等となる。このように、各入力光線は、複数の平行光線に分割され、これは、概して、ＥＰＥ領域３０３０に向かって、経路に沿って指向される。これは、図３０Ｃに図示される。

【０１２４】

ＯＰＥ回折格子の配向は、概して、ＥＰＥ領域３０３０に向かって、それらの光線を偏向

するように、入力結合器領域３０１０から到着する光線に対して傾けられることができる。傾きの具体的角度は、導波管３０００の種々の領域のレイアウトに依存し得る。図３０Ｂに図示される実施形態では、上側ＯＰＥ領域３０２０Ａは、１８０°離れて配向されるように、＋ｙ方向に延在する一方、下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂは、－ｙ方向に延在する。一方、ＥＰＥ領域３０３０は、ＯＰＥ領域３０２０Ａおよび３０２０Ｂの軸に対して９０°に位置する。したがって、ＯＰＥ領域３０２０Ａおよび３０２０Ｂからの光をＥＰＥ領域３０３０に向かって再指向するために、ＯＰＥ領域の回折格子は、図示されるｘ軸に対して約＋／－４５°に配向されてもよい。具体的には、拡大図３０２２Ａによって示されるように、上側ＯＰＥ領域３０２０Ａの回折格子は、ｘ軸に対して約＋４５°に配向される線から成ってもよい。一方、拡大図３０２２Ｂによって示されるように、下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂの回折格子は、ｘ軸に対して約－４５°に配向される線から成ってもよい。

【０１２５】

図３０Ｃは、本発明のある実施形態による、導波管３０００のためのＯＰＥ領域内の段階的効果の光学動作を図示する。図３０Ｃに示されるＯＰＥ領域は、図３０Ａおよび３０ＢのＯＰＥ領域に対応し得る。図示されるように、入力光線３０１１は、入力結合器領域３０１０から上側ＯＰＥ領域３０２０Ａに進入する。各入力光線３０１１は、全内部反射を介して、導波管３０００を通して伝搬し、基板３００２の上部および底部表面間で繰り返し反射する。入力光線３０１１が、上側ＯＰＥ領域３０２０Ａ内に形成される回折格子の周期的構造を描写する、線３０２８のうちの１つ上に入射すると、光線の一部は、ＥＰＥ領域３０３０に向かって指向される一方、光線の別の部分は、ＯＰＥ領域３０２０Ａを通して、同一経路に沿って継続する。これは、回折格子の各線において生じ、これは、各入力光線３０１１がオリジナル光の複数の光線またはビームレットの中にサンプリングされることをもたらす。これらの光線の一部の経路は、矢印によって図３０Ｃに示される。

【０１２６】

図３０Ｂに戻って参照すると、いくつかの実施形態では、１つのＯＰＥ領域が入力結合器領域３０１０から正の回折次数を受光し、他のＯＰＥ領域が負の回折次数を受光するにつれて、導波管３０００が入力結合器領域３０１０からの正のおよび負の回折次数からの光を効率的に利用することを可能にするため、入力結合器領域３０１０が、２つのＯＰＥ領域間に位置することが有利であり得る。正のおよび負の回折次数からの光は、次いで、ＥＰＥ領域３０３０において再組み合わせされ、ユーザの眼に指向されることができる。上側および下側ＯＰＥ領域３０２０Ａと３０２０Ｂとの間の入力結合器領域３０１０の位置は、この点において有利であるが、入力結合器領域３０１０が、事実上、ＥＰＥ領域３０３０の中心部分を陰影化する結果をもたらし得る。すなわち、入力光線が、入力結合器によって正および負の回折次数に分離され、ＥＰＥ領域３０３０に向かって＋ｘ方向に再指向される前に、最初に、＋ｙ方向または－ｙ方向に指向されるため、より少ない光線が、図３０Ａおよび３０Ｂでは、入力結合器領域３０１０のすぐ左に位置する、ＥＰＥ領域の中心部分に到達し得る。これは、ＥＰＥ領域３０３０の中心がユーザの眼と整合される場合、より少ない光線が、ＯＰＥ領域３０２０間の入力結合器領域３０１０の位置によって生じる、本陰影効果に起因して、ユーザの眼に最終的に指向され得るため、望ましくあり得ない。本問題に対するソリューションとして、導波管３０００はまた、上側および下側拡散器領域３０４０Ａおよび３０４０Ｂを含んでもよい。これらの拡散器領域は、ＥＰＥ領域３０３０の中心部分を充填するように、ＯＰＥ領域からの光線を再指向することができる。上側および下側拡散器領域３０４０Ａおよび３０４０Ｂは、図３０Ｂに図示される回折特徴を用いて、本タスクを遂行する。

【０１２７】

拡大図３０４２Ａに示されるように、上側拡散器領域３０４０Ａは、回折格子を含むことができ、その格子線は、上側拡散器領域３０４０Ａが主に光を受光する、近隣上側ＯＰＥ領域３０２０Ａ内の格子線に直交する、ｘ軸に対して約－４５°で形成される。ＯＰＥ格子のように、拡散器領域内の格子の効率は、格子の各線上に入射する光線の一部のみが再指向されるように設計されることができる。上側拡散器領域３０４０Ａ内の回折格子線の

配向に起因して、上側ＯＰＥ領域３０２０Ａからの光線は、ＥＰＥ領域３０３０に向かって＋ｘ方向に継続する前に、略－ｙ方向に再指向される。したがって、上側拡散器領域３０４０Ａは、ＥＰＥ領域３０３０に対する入力結合器領域３０１０の位置によって生じる任意の陰影にもかかわらず、ＥＰＥ領域３０３０の中心部分に到達する、光線の数を増加させることに役立つ。同様に、拡大図３０４２Ｂに示されるように、下側拡散器領域３０４０Ｂは、格子線を含むことができ、これは、下側拡散器領域３０４０Ｂが主に光を受光する近隣下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂ内の格子線に直交する、ｘ軸に対して約＋４５°で形成される。下側拡散器領域３０４０Ｂ内の回折格子線は、ＥＰＥ領域３０３０に向かって＋ｘ方向に継続する前に、下側ＯＰＥ領域３０２０Ｂからの光線を略＋ｙ方向に再指向させる。したがって、下側拡散器領域３０４０Ｂもまた、ＥＰＥ領域３０３０の中心部分に到達する、光線の数を増加させることに役立つ。

【０１２８】

ＯＰＥ領域３０２０Ａおよび３０２０Ｂおよび拡散器領域３０４０Ａおよび３０４０Ｂからの光線は、ＥＰＥ領域３０３０に最終的に到達するまで、導波管３０００の基板３００２を通して伝搬する。ＥＰＥ領域３０３０は、回折光学特徴を含むことができ、これは、導波管３０００からの光線をユーザの眼に向かって再指向する。拡大図３０３２に示されるように、ＥＰＥ領域３０３０の回折光学特徴は、垂直格子線であることができ、これは、ｙ方向に延在し、ｘ方向に周期性を呈する。代替として、図３１Ａに示されるように、ＥＰＥ領域３０３０内の回折格子の線は、屈折力を画像に付与するために、幾分、湾曲されることができる。線の周期、デューティサイクル、深度、プロファイル等は、基板／導波管が設計される光の波長、格子の所望の回折効率、および他の要因に基づいて、選択されることができる。ＥＰＥ領域３０３０内のこれらの格子線のそれぞれ上に入射する、光線の一部は、導波管３０００の基板３００２から再指向される。各出力光線が導波管３０００のＥＰＥ領域３０３０から出射する、具体的角度は、入力結合器領域３０１０における対応する入力光線の入射角によって決定される。

【０１２９】

図３１Ａは、本発明のある実施形態による、導波管３１００の実施例を図示し、これは、２つの重畳される回折格子を有する、入力結合器領域３１１０を含む。導波管３１００は、基板３１０２とともに形成され、入力結合器領域３１１０と、上側ＯＰＥ領域３１２０Ａと、下側ＯＰＥ領域３１２０Ｂと、ＥＰＥ領域３１３０とを含む。別様に注記されない限り、導波管３１００は、図３０Ａ－３０Ｃに図示される導波管３０００と同様に機能することができる。導波管３１００の設計は、必ずしも、図３０Ａ－３０Ｃに関して議論される拡散器領域３０４０Ａおよび３０４０Ｂのタイプを使用せずに、ＥＰＥ領域３１３０の中心部分（入力結合器領域３１１０のすぐ左に位置する）に向かって指向される光の量を増加させるための別の方法を表す。

【０１３０】

図３０Ａ、３０Ｂ、および３０Ｃにおける導波管３０００と比較した図３１Ａにおける導波管３１００間の主な差異は、入力結合器領域３１１０の設計である。導波管３０００では、入力結合器領域３０１０は、入力光を主に上側および下側ＯＰＥ領域３０２０Ａおよび３０２０Ｂに再指向するように設計された。対照的に、図３１Ａに示される入力結合器領域３１１０は、入力光を上側および下側ＯＰＥ領域３１２０Ａおよび３１２０Ｂの両方に指向し、かつＥＰＥ領域３１３０に直接指向するように設計される。これは、２つの回折格子を入力結合器領域３１１０内で相互の上に重畳することによって遂行されることができる。

【０１３１】

図３１Ｂは、本発明のある実施形態による、２つの重畳される回折格子から成る入力結合器領域３１１０の実施例の斜視図を図示する。第１の回折格子３１４１は、図３０Ａ－３０Ｃに関して図示されるものと同様に形成されることができる。具体的には、２つの重畳される回折格子が相互に直交するように、ｘ方向に延在し、ｙ方向に周期的に繰り返される、線から成ることができる。本第１の回折格子３１４１は、入力光を正および負の回折

次数に分裂させ、これは、それぞれ、上側および下側ＯＰＥ領域３１２０Ａおよび３１２０Ｂに向かって指向される。第１の回折格子３１４１は、第１の回折効率を有し、ＯＰＥ領域３１２０Ａおよび３１２０Ｂに向かって再指向される、入力光の割合を制御することができる。

【０１３２】

第２の回折格子３１４２は、ｙ方向に延在し、ｘ方向に周期的に繰り返される、線から成ることができる。言い換えると、第２の回折格子１３４２は、第１の回折格子に対して約９０°に配向されることができる。第２の回折格子１３４２の本配向は、最初にＯＰＥ領域を通して通過せずに、光の入力光線を、本実施形態では、ＯＰＥ領域３１２０Ａおよび３１２０Ｂが入力結合器領域３１１０に対して位置する方向から略９０°方向に位置する、ＥＰＥ領域３１３０に向かって再指向させる。（第２の回折格子３１４２はまた、他の実施形態では、ＥＰＥ領域３１３０が位置する方向に応じて、他の配向を有し得る。）第２の回折格子３１４２は、第２の回折効率を有するように設計されることができ、これは、第１の回折効率と異なってもよい。いくつかの実施形態では、第２の回折格子３１４２は、第１の回折格子３１４１ほど効率的ではないように設計されることができる。これは、例えば、図３１Ｂに示されるように、第１の回折格子のものより浅く、第２の回折格子３１４２の線を作製し、入力光の大部分を第１の回折格子３１４１によって上側および下側ＯＰＥ領域３１２０Ａおよび３１２０Ｂに向かって再指向させる（それぞれ、光線３１１２Ａおよび３１１２Ｂによって表される）一方、入力光のより少ない部分が、第２の回折格子３１４２によってＥＰＥ領域３１３０に向かって直接再指向される（光線３１１４によって表される）ことによって遂行されることができる。入力結合器領域３１１０は、入力光の一部を直接ＥＰＥ領域３１３０に向かって再指向するため、入力結合器領域によるＥＰＥ領域の中心部分の前述の陰影は、低減されることができる。

【０１３３】

図３２Ａは、本発明のある実施形態による、上側および下側ＯＰＥ領域をＥＰＥ領域に向かって角度付けることによって、コンパクトな形状因子を有する、導波管３２００の実施例を図示する。導波管３２００は、基板３２０２とともに形成され、入力結合器領域３２１０と、上側ＯＰＥ領域３２２０Ａと、下側ＯＰＥ領域３２２０Ｂと、ＥＰＥ領域３２３０とを含む。別様に注記されない限り、図３２Ａに示される導波管３２００は、図３０Ａ－３０Ｃに図示される導波管と同様に機能することができる。

【０１３４】

図３０Ａ－３０Ｃにおける導波管３０００と比較した図３２Ａにおける導波管３２００間の主な差異は、ＯＰＥ領域３２２０Ａおよび３２２０Ｂが、ＥＰＥ領域３２３０に向かって角度付けられることである。図３２Ａに示される実施形態では、各ＯＰＥ領域は、約３０度ｙ軸から傾斜される。したがって、図３０Ａ－３０Ｃに図示される実施形態におけるように、約１８０度分離されるのではなく、上側ＯＰＥ領域３２２０Ａおよび下側ＯＰＥ領域３２２０Ｂは、約１２０度分離される。例えば、入力結合器領域３２１０は、第１の方向（ｙ軸から３０度上向き）、第２の方向（ｙ軸から３０度下向き）、および第３の方向（＋ｘ方向）を含む、複数の方向に、投影された画像に関連する内部結合された光を基板３２０２の中に回折するように構成されてもよい。いくつかの実施形態では、第１の方向は、第２の方向と１２０度の角度を形成する。いくつかの実施形態では、第３の方向は、第１の方向および第２の方向のそれぞれと６０度の角度を形成する。ＥＰＥ領域３２３０に向かったＯＰＥ領域３２２０Ａおよび３２２０Ｂの角度付けの精密な量は、変動し得るが、一般に、そのような角度付けは、導波管３２００が、よりコンパクトな設計を達成することを可能にし得る。これは、ＶＲ／ＡＲ／ＭＲシステムの頭部搭載型ディスプレイがあまり嵩張らないようにすることを可能にし得るため、有利であり得る。

【０１３５】

入力結合器領域３２１０内の回折特徴の設計は、入力光線が導波管３２００の基板３２０２の中に透過される角度に合致し、その結果、それらがＯＰＥ領域３２２０Ａおよび３２２０Ｂが入力結合器領域３２１０に対して位置する方向に対応するように修正されること

ができる。入力結合器領域３２１０の回折特徴の例示的実施形態は、図３２Ｂにおける拡大図３２１２に示される。

【０１３６】

図３２Ｂは、本発明のある実施形態による、図３２Ａに示される導波管３２００の入力結合器領域３２１０の回折光学特徴の実施例を図示する。図示される実施形態では、入力結合器領域３２１０は、六角形グリッド３２１６内にレイアウトされた複数の島３２１４を有する（各島３２１４の周囲の破線は、六角形グリッドを図示するために意図され、必ずしも、破線に沿った任意の物理的構造に対応しないことに留意されたい）。回折特徴の六角形グリッド３２１６は、入力結合器領域３２１０上に入射する光の入力光線を６０度間隔で複数の方向に導波管３２００の基板３２０２の中に透過させる。したがって、図３２Ａに示されるように、第１の入力光線のセットは、ｘ軸に対して約６０度で上側ＯＰＥ領域３２２０Ａに向かって発せられ、第２の入力光線のセットは、ｘ軸に対して約－６０度で下側ＯＰＥ領域３２２０Ｂに向かって発せられ、第３の入力光線のセットは、概して、ｘ軸に沿って、直接、ＥＰＥ領域３２３０に向かって発せられる。

【０１３７】

他のモザイク式構成もまた、導波管３２００の形状および入力結合器領域３２１０からＯＰＥ領域３２２０への方向に応じて、使用されることができる。島３２１４の具体的形状は、光がこれらの方向のそれぞれの中に再指向される、効率を決定する。図示される実施形態では、島３２１４はそれぞれ、菱形であるが、他の形状もまた、可能性として考えられる（例えば、円形、正方形、長方形等）。加えて、島３２１４は、単一段階または多段階であることができる。いくつかの実施形態では、入力結合器領域３２１０の回折特徴は、島３２１４を基板３２０２の背面表面（入力光線が入力デバイスから基板３２０２に進入する側と反対側）の中にエッチングすることによって形成される。基板３２０２の背面表面上にエッチングされた島は、次いで、コーティングされ、次いで、反射材料を追加することができる。このように、回折特徴が反射モードで動作するように、光の入力光線は、基板の正面表面に進入し、背面表面上にエッチングされた島から基板の表面に反射／回折する。上側ＯＰＥ領域３２２０Ａおよび下側ＯＰＥ領域３２２０Ｂは、前述のように、回折光学特徴を含んでもよい。上側ＯＰＥ領域３２２０Ａの回折特徴は、図３２Ｃにおける拡大図３２２２に図示される。

【０１３８】

図３２Ｃは、本発明のある実施形態による、図３２Ａに示される導波管３２００のＯＰＥ領域３２２０Ａの回折光学特徴の実施例を図示する。導波管３０００のＯＰＥ領域の回折特徴の場合のように、図３２Ａに示される導波管３２００のＯＰＥ領域３２２０Ａおよび３２２０Ｂの回折特徴も同様に、線のパターンを周期的に繰り返し、これは、回折格子を形成する。しかしながら、この場合、線が配向される角度は、依然として、光の光線をＥＰＥ領域３２３０に向かって再指向するように、ＯＰＥ領域３２２０Ａの傾けられた配向の観点から調節されている。具体的には、上側ＯＰＥ領域３２２０Ａ内の回折格子の線は、ｘ軸に対して約＋３０度に配向される。同様に、下側ＯＰＥ領域３２２０Ｂ内の回折格子の線は、ｘ軸に対して約－３０度に配向される。

【０１３９】

図３３Ａは、本発明のある実施形態による、片側構成において組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０を有する、導波管３３００の実施例を図示する。組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０は、ｘ方向およびｙ方向において空間的に重複する、ＯＰＥおよびＥＰＥの両方に対応する格子を含む。いくつかの実施形態では、ＯＰＥおよびＥＰＥの両方に対応する格子は、ＯＰＥ格子がＥＰＥ格子上に重畳されるか、またはＥＰＥ格子がＯＰＥ格子上に重畳されるかのいずれか（または両方）であるように、基板３３０２の同一側上に位置する。他の実施形態では、ＯＰＥ格子は、格子がｘ方向およびｙ方向に空間的に重複するが、ｚ方向（すなわち、異なる平面）において相互から分離されるように、ＥＰＥ格子と反対の基板３３０２の側上に位置する。したがって、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０は、片側構成または両側構成のいずれかで実装されることがで

きる。両側構成の一実施形態は、図３４Ａおよび３４Ｂを参照して示される。
【０１４０】
図３３Ｂは、本発明のある実施形態による、走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）によって捕捉された片側構成における組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の実施例を図示する。組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０は、３つの格子のセット、すなわち、第１のＯＰＥ格子３３５１と、第２のＯＰＥ格子３３５２と、ＥＰＥ格子３３５３とを含んでもよい。３つの格子のセットを相互上に重畳することによって、３つの格子のセットは、ともに統合され、杉綾模様隆起を伴う３Ｄ格子ナノ構造を形成する。図３３Ｂに表示される平行線は、３つの格子のセットの周期性を示す。いくつかの実施形態では、３つの格子のセットは、干渉リソグラフィ技法を使用して、基板３３０２上に生成される。いくつかのインスタンスでは、３つの格子のセットは、連続して生成される。例えば、干渉リソグラフィを使用して、第１のＯＰＥ格子３３５１が、最初に、生成されてもよい。第１のＯＰＥ格子３３５１の完成後、第２のＯＰＥ格子３３５２が、干渉リソグラフィを使用して、直接、仕上げられた第１のＯＰＥ格子３３５１の上部に生成されてもよい。最後に、第２のＯＰＥ格子３３５２の完成後、ＥＰＥ格子３３５３が、干渉リソグラフィを使用して、生成されてもよい。このように、３つの格子のセットは、相互上に重畳されてもよい。いくつかの実施形態では、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の性能は、第１のＯＰＥ格子３３５１および第２のＯＰＥ格子３３５２の完成後、ＥＰＥ格子３３５３を生成し、それによって、ＥＰＥ格子３３５３の機能性の大部分を留保することによって改良される。
【０１４１】
いくつかの実施形態では、３つの格子のセットは全て、干渉リソグラフィを使用して、単一処理の間、同時に生成される。例えば、干渉リソグラフィを実施することに先立って、所望の格子構造が、算出デバイスを使用して算出されてもよい。所望の格子構造は、３つの格子のセットの和または平均を含んでもよい。所望の格子構造を算出後、干渉リソグラフィが、所望の格子構造を基板３３０２上に生成するために使用されてもよい。このように、３つの格子のセットは、相互上に重畳されてもよい。いくつかの実施形態では、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の性能は、最初に、説明される技法を使用して、第１のＯＰＥ格子３３５１および第２のＯＰＥ格子３３５２の組み合わせを生成し、次いで、続いて、組み合わせられたＯＰＥ格子の完成後、ＥＰＥ格子３３５３を生成し、それによって、ＥＰＥ格子３３５３の機能性の大部分を留保することによって改良される。いくつかの実施形態では、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の性能は、ＥＰＥ格子３３５３の最小値または最大値を組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の縁に向かって増加させ、それによって、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の縁に沿って光を外部結合する確率を増加させることによって改良される。
【０１４２】
図３３Ｂでは図示されないが、いくつかの実施形態では、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０は、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の縁に沿って（例えば、４つの側に沿って）、回折ミラーを含む。回折ミラーは、光を組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の中に後方に回折し、そうでなければ導波管３３００から出射するであろう光を導波管３３００内で伝搬させ続けるために、一連の非常に細かいピッチの格子を含んでもよい。１つ以上の回折ミラーの含有は、射出瞳のよりランダムなアレイを作成することによって、導波管効率を増加させ、コヒーレント光アーチファクトを改良する。当業者に明白であろうように、本発明は、３つの格子構造の重畳に限定されず、例えば、他の数の格子または他の回折構造が、重畳されることができる。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。
【０１４３】
図３３Ｃは、本発明のある実施形態による、導波管３３００内の光経路３３２８の実施例を図示する。光経路３３２８は、ＩＣＧ３３２０において基板３３０２の中に結合される、入射光（３３２８Ａとして示される）を含む。内部結合された光（３３２８Ｂとして示

される）は、全内部反射によって、格子３３５１、３３５２、および３３５３に向かって伝搬する。これらの光線が、第１のＯＰＥ格子３３５１に遭遇すると、光は、＋ｙ方向に回折され（３３２８Ｃとして示される）、続いて、ＥＰＥ格子３３５３によって、導波管３３００からユーザの眼に向かって－ｚ方向に回折される（３３２８Ｄとして示される）。同様に、内部結合された光（３３２８Ｂとして示される）は、代替として、第２のＯＰＥ格子３３５２に遭遇し、－ｙ方向に回折されてもよい（３３２８Ｅとして示される）。－ｙ方向に回折される光（３３２８Ｅとして示される）は、ＥＰＥ格子３３５３によって、導波管３３００からユーザの眼に向かって回折されてもよい。光が＋ｙ方向（第１のＯＰＥ格子３３５１によって）に回折されるかまたは－ｙ方向（第２のＯＰＥ格子３３５２によって）に回折されるかは、確率論的であって、格子構造によって統制される。一般に、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の性能は、内部結合された光（３３２８Ｂとして示される）が＋ｙ方向または－ｙ方向のいずれかに回折する５０％の可能性を有するときに改良される。いくつかのインスタンスでは、これは、第１のＯＰＥ格子３３５１および第２のＯＰＥ格子３３５２が相互に垂直であるときに達成される。

【０１４４】

導波管３３００は、単一ＩＣＧ３３２０のみを有するように図示されるが、いくつかの実施形態では、導波管３３００は、第２のＩＣＧをＩＣＧ３３２０と反対の組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３３５０の側上に含むことが好ましくあり得る。第２のＩＣＧは、ＩＣＧ３３２０と形態および機能が同じであってもよく、ＩＣＧ３３２０の鏡映バージョンであってもよい。例えば、ＩＣＧ３３２０は、投影された画像に関連する内部結合された光を基板３３０２の中に回折するように構成される一方、第２のＩＣＧ３３２０は、投影された画像の鏡映バージョン（例えば、ｘ方向に反転される）に関連する内部結合された光を回折するように構成されてもよい。ＩＣＧ３３２０と関連付けられた光経路３３２８とは対照的に、第２のＩＣＧと関連付けられた光経路は、第２のＩＣＧにおいて基板３３０２の中に結合される、入射光を含んでもよい。内部結合された光は、全内部反射によって、格子３３５１、３３５２、および３３５３に向かって伝搬する。これらの光線が、第１のＯＰＥ格子３３５１に遭遇すると、光は、－ｙ方向に回折され、続いて、ＥＰＥ格子３３５３によって、導波管３３００からユーザの眼に向かって－ｚ方向に回折される。同様に、内部結合された光は、代替として、第２のＯＰＥ格子３３５２に遭遇し、＋ｙ方向に回折されてもよい。＋ｙ方向に回折される光は、ＥＰＥ格子３３５３によって、導波管３３００からユーザの眼に向かって回折されてもよい。

【０１４５】

図３３Ｄは、本発明のある実施形態による、図３３Ｃに示される導波管３３００内の光経路３３２８の実施例の側面図を図示する。内部結合された光（３３２８Ｂとして示される）が、格子３３５１、３３５２、および３３５３に向かって伝搬するにつれて、複数回、基板３３０２または他の導波管要素の底部側および上部側の一方または両方から反射し得る。

【０１４６】

図３４Ａは、本発明のある実施形態による、両側構成において組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３４５０を有する、導波管３４００の実施例を図示する。導波管３４００は、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３４５０内の３つの格子のセット（第１のＯＰＥ格子３４５１、第２のＯＰＥ格子３４５２、およびＥＰＥ格子３４５３）が、基板３４０２の両側間に分散されるという点において、図３３Ａ－３３Ｄを参照して示される導波管３３００と異なり得る。例えば、いくつかの実施形態では、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３４５０は、ＯＰＥコンポーネント３４５０Ａ（ＯＰＥ格子を含む）が基板３４０２の片側上に位置し、ＥＰＥコンポーネント３４５０Ｂ（ＥＰＥ格子を含む）が基板３４０２の他側上に位置するように、ＯＰＥコンポーネント３４５０Ａと、ＥＰＥコンポーネント３４５０Ｂとを含む。ＯＰＥコンポーネント３４５０Ａは、２つのＯＰＥ格子のセット（第１のＯＰＥ格子３４５１および第２のＯＰＥ格子３４５２）を連続して生成することによって、または導波管３３００を参照して説明される技法と同様に、２つのＯＰＥ格

子のセットを同時に生成することによって、干渉リソグラフィを使用して生成されてもよい。

【０１４７】

導波管３４００内の光経路３４２８の実施例は、図３４Ａを参照して示される。光経路３４２８は、ＩＣＧ３４２０において基板３４０２の中に結合される、入射光（３４２８Ａとして示される）を含む。内部結合された光（３４２８Ｂとして示される）は、全内部反射によって、格子３４５１、３４５２、および３４５３に向かって伝搬する。これらの光線が、第１のＯＰＥ格子３４５１に遭遇すると、光は、＋ｙ方向に回折され（３４２８Ｃとして示される）、続いて、ＥＰＥ格子３４５３によって、導波管３４００からユーザの眼に向かって－ｚ方向に回折される（３４２８Ｄとして示される）。同様に、内部結合された光（３４２８Ｂとして示される）は、代替として、または加えて、第２のＯＰＥ格子３４５２に遭遇し、－ｙ方向に回折されてもよい（３４２８Ｅとして示される）。－ｙ方向に回折される光（３４２８Ｅとして示される）は、ＥＰＥ格子３４５３によって、導波管３４００からユーザの眼に向かって回折されてもよい。

【０１４８】

図３４Ｂは、本発明のある実施形態による、図３４Ａに示される導波管３４００および光経路３４２８の側面図を図示する。いくつかの実施形態では、第１のＯＰＥ格子３４５１および第２のＯＰＥ格子３４５２は、それらが、相互上に重畳され、２Ｄ格子を基板３４０２の片側上に形成するように、基板３４０２の同一側上または該同一側内に配置される。いくつかの実施形態では、ＥＰＥ格子３４５３は、基板３４０２の反対側上に配置され、１Ｄ格子を形成する。内部結合された光（３４２８Ｂとして示される）が、格子３４５１、３４５２、および３４５３に向かって伝搬するにつれて、複数回、基板３４０２の底部側および上部側の一方または両方から反射し得る。いくつかのインスタンスでは、内部結合された光の光線が、第１のＯＰＥ格子３４５１によって＋ｙ方向に、第２のＯＰＥ格子３４５２によって－ｙ方向に回折されると、それらは、－ｚ方向に基板３４０２を横断して伝搬し得る（それぞれ、経路３４２８Ｃおよび３４２８Ｅによって示されるように）。

【０１４９】

図３５Ａ－３５Ｊは、本発明のある実施形態による、接眼レンズ内の実装のための導波管３５００の種々の設計を図示する。導波管３５００はそれぞれ、１つ以上の本明細書に説明される実施形態に類似してもよく、例えば、１つ以上のＩＣＧ３５２０、１つ以上のＯＰＥ３５３０、ＥＰＥ３５４０、および／または組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３５５０を含んでもよい。例えば、導波管３５００Ａ、３５００Ｂ、および３５００Ｃ（それぞれ、図３５Ａ、３５Ｂ、および３５Ｃに図示される）はそれぞれ、ＯＰＥ３５３０が光をＥＰＥ３５４０に向かってある角度で回折するように、ＥＰＥ３５４０の側に垂直方向上方に位置付けられる、単一ＩＣＧ３５２０を含む。導波管３５００Ａでは、ＯＰＥ３５３０Ａは、部分的に、ＥＰＥ３５４０Ａに重複してもよい一方、ＯＰＥは、導波管３５００Ｂおよび３５００Ｃでは、ＥＰＥに重複しなくてもよい。導波管３５００Ｄ、３５００Ｅ、および３５００Ｆ（図３５Ｄ、３５Ｅ、および３５Ｆに図示される）はそれぞれ、ＥＰＥ３５４０の両側のそれぞれに垂直方向上方に位置付けられる、２つのＩＣＧ３５２０を含み、また、ＥＰＥ３５４０の両側に沿って位置付けられる、２つのＯＰＥ３５３０を含む。ＯＰＥ３５３０はそれぞれ、内部結合された光をＥＰＥ３５４０に向かって内向きに回折してもよい。導波管３５００Ｅは、導波管３５００Ｄのクロッピングされたバージョンに対応し得る。

【０１５０】

導波管３５００Ｇ（図３５Ｇに図示される）は、図３３Ａ－３３Ｄを参照して説明される導波管３３００および／または図３４Ａおよび３４Ｂを参照して説明される導波管３４００に類似する、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３５５０Ｇの側面に対して側方に位置付けられる、単一ＩＣＧ３５２０Ｇを含んでもよい。導波管３５００Ｈおよび３５００Ｉ（それぞれ、図３５Ｈおよび３５Ｉに図示される）はそれぞれ、ＥＰＥ３５４０の垂直方向上方に位置付けられる、単一ＩＣＧ３５２０と、ＥＰＥ３５４０の側に垂直方向上方

に位置付けられる、２つのＯＰＥ３５３０とを含む。導波管３５００Ｉは、導波管３５００Ｈのクロッピングされたバージョンに対応し得る。導波管３５００Ｊ（図３５Ｊに図示される）は、９０度の回転を伴う、図３３Ａ－３３Ｄを参照して説明される導波管３３００および／または図３４Ａおよび３４Ｂを参照して説明される導波管３４００に類似する、組み合わせられたＯＰＥ／ＥＰＥ領域３５５０Ｊの垂直方向上方に位置付けられる、単一ＩＣＧ３５２０Ｊを含んでもよい。

（光学システム）

【０１５１】

画像プロジェクタは、ユーザが視認するための画像（または動画）を投影し得る、光学デバイスである。最近の進歩によって、頭部搭載型デバイス（すなわち、接眼ディスプレイデバイス）に画像プロジェクタを含めることが可能となった。そのような画像プロジェクタは、画像を頭部搭載型デバイスを装着するユーザの眼に投影することができる。しかしながら、そのような頭部搭載型デバイスは、波干渉ベースの画像アーチファクトおよびパターンを生じさせ得る。

【０１５２】

図３７は、基板（例えば、導波管）上または該基板内の回折構造（例えば、回折格子）を使用する、例示的光学システム３７００を示す。光学システム３７００は、仮想および拡張現実用途のために使用されることができる。いくつかの実装では、光学システム３７００は、内部結合格子（ＩＣＧ）要素３７０２と、回折光学要素（ＤＯＥ）３７０４とを含む、接眼レンズを有する。接眼レンズは、「Ｍｅｔｈｏｄｓ ａｎｄ ｓｙｓｔｅｍｓ ｆｏｒ ｇｅｎｅｒａｔｉｎｇ ｖｉｒｔｕａｌ ｃｏｎｔｅｎｔ ｄｉｓｐｌａｙ ｗｉｔｈ ａ ｖｉｒｔｕａｌ ｏｒ ａｕｇｍｅｎｔｅｄ ｒｅａｌｉｔｙ ａｐｐａｒａｔｕｓ」と題され、２０１５年５月２９日に出願された米国特許出願第１４／７２６，４２４号（参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる）に説明されるように実装されることができる。

【０１５３】

ＩＣＧ３７０２およびＤＯＥ３７０４は、基板３７１０内または該基板上に実装されることができる。基板３７１０は、ガラス、ポリマー、または結晶から作製されることができる。ある場合には、基板３７１０は、透明である。ある場合には、基板３７１０はまた、半透明であることができる。いくつかの実装では、基板３７１０は、スラブ導波管を含む。導波管は、約１．５～４の範囲内である屈折率を伴う材料から作製されることができる。導波管は、約１００ｎｍ～１ｍｍの厚さを有することができる。導波管は、任意の好適な２次元上面図形状、例えば、長方形、正方形、円形、または楕円形を有することができる。

【０１５４】

ＤＯＥ３７０４は、１つ以上の層を有することができ、各層は、直交瞳拡張（ＯＰＥ）回折要素３７０６と、射出瞳拡張（ＥＰＥ）回折要素３７０８とを含むことができる。ＩＣＧ要素３７０２は、入力光ビームを、例えば、プロジェクタから受光し、入力光ビームを基板３７１０内のＤＯＥ３７０４に透過させるように構成される。前述のように、基板３７１０は、導波管を含むことができ、ＩＣＧ要素３７０２は、入力光ビームをＤＯＥ３７０４に結合される導波管の中に透過させる。

【０１５５】

いくつかの実施例では、入力光ビームは、以下の性質、すなわち、１）約２００ｎｍ～２ｍｍのＦＷＨＭ（半値全幅）を伴う有限ビーム、２）約４００ｎｍ～２μｍの範囲内の波長、３）入力光ビームが導波管の内側で全内部反射されることを可能にする、入射極角（極角は、約３５～８９度の範囲内であることができる）、および／または４）入力光ビームが導波管内で－３０～３０度の範囲内で伝搬することを可能にする、方位角角度を有する。

【０１５６】

入力光ビームは、全内部反射（ＴＩＲ）によって、導波管内を進行することができる。層

上のＯＰＥ回折要素３７０６は、入力光ビームの一部を、順に、偏向された光ビームの一部を基板３７１０から、例えば、ユーザの眼に向かって偏向するように構成される、ＥＰＥ回折要素３７０８に偏向するように構成される。ユーザの眼内で均一輝度を伴う出力画像を得るために、ＥＰＥ回折要素３７０８からの複数の出力された偏向光ビームは、均一強度を有し得る。

【０１５７】

ＯＰＥ回折要素３７０６およびＥＰＥ回折要素３７０８は、同一平面にまたは同一層上で横並に配列されることができる。光ビームを基板から得るために、ＤＯＥ３７０４は、例えば、選択的回折分布を用いて、光ビームをＤＯＥ３７０４を横断して回折するように構成される。いくつかの実施形態では、回折された光の分布は、実質的に均一である。いくつかの実施形態では、回折された光の量は、例えば、上昇勾配またはランダム方式において、ＤＯＥ３７０４のプロファイルを横断して可変である。例えば、光ビームが、ＤＯＥ３７０４内で伝搬し、ＯＰＥ回折要素３７０６およびＥＰＥ回折要素３７０８によって徐々に偏向されるとき、光ビームの強度が減少するにつれて、ＤＯＥ３７０４の回折効率は、光ビームの伝搬経路に沿って徐々に増加するように構成されることができる。

【０１５８】

いくつかの実装では、ＯＰＥ回折要素３７０６は、例えば、図３７に示されるように、底部から上部へと第１の方向に沿って位置付けられる、第１の回折格子を含む。ＥＰＥ回折要素３７０８は、例えば、図３７に示されるように、左から右へと第２の方向に沿って位置付けられる、第２の回折格子を含む。第１の方向と第２の方向との間の角度は、０～９０度の範囲内であることができる。ある場合には、角度は、４５度～９０度である。ある場合には、角度は、８０度～９０度である。特定の実施例では、第２の方向は、第１の方向と垂直である。第１の回折格子は、第１の方向に沿って線形に変動する深度を伴う回折格子であることができ、したがって、第１の回折格子は、第１の方向に沿って徐々に増加する回折効率を有することができる。第２の回折格子は、第２の方向に沿って線形に変動する深度を伴う回折格子であることができ、したがって、第２の回折格子は、第２の方向に沿って徐々に増加する回折効率を有することができる。

【０１５９】

いくつかの実装では、ＯＰＥ回折要素３７０６およびＥＰＥ回折要素３７０８は、線形回折構造、円形回折構造、半径方向に対称回折構造、または任意のそれらの組み合わせを含む。ＯＰＥ回折要素３７０６およびＥＰＥ回折要素３７０８は、線形格子構造と、円形または半径方向に対称な回折要素の両方を含み、光ビームの偏向および集束の両方を行うことができる。

【０１６０】

ＤＯＥ３７０４内の回折構造は、約５０ｎｍ～５００ｎｍの範囲内の周期を有することができる。いくつかの実施例では、回折構造は、０．１～３の誘電率差を有する、屈折率の周期的発振を有する。いくつかの実施例では、回折構造は、周期的金属パターンを伴う誘電材料から作製されることができる。誘電材料は、約１．５～４の屈折率を有することができる。いくつかの実装では、ＯＰＥ回折要素３７０６およびＥＰＥ回折要素３７０８を含む、回折光学要素（ＤＯＥ）３７０４は、約０．１ｍｍ^2～１ｍ^{2}の領域の面積を有し、これは、より小さいディスプレイシステムまたはより大きいディスプレイシステム等の任意の好適なサイズディスプレイシステムのために使用されることができる。

【０１６１】

前述のように、ユーザの眼内で均一輝度を伴う出力画像または他の視認画面を得るために、ＥＰＥ回折要素３７０８からの複数の出力された偏向光ビームは、均一強度を有する必要があり得る。ＯＰＥ回折要素３７０６は、基板３７１０内を伝搬する入力光ビームを複数の出力光ビームに偏向するように構成される、第１の周期的構造を有する、第１の回折構造を含むことができる。出力光ビームは、相互から離間される個別の位置において、ＯＰＥ回折要素３７０６から偏向される。離間される出力光ビームはそれぞれ、入力光ビームから生成され、第１の回折構造によって、ＯＰＥ回折要素３７０６から個別の位置にお

いて偏向される、複数の同時入射光ビーム間の干渉の結果であり得る。ＯＰＥ回折要素３７０６からの出力光ビームは、相互から離間され、したがって、相互に干渉しない。離間される出力光ビームは、ＥＰＥ回折要素３７０８の中に進入し、ＥＰＥ回折要素３７０８内の第２の回折構造によって、同様に相互から離間される個別の位置において基板３７１０からさらに偏向される。したがって、ＥＰＥ回折要素９０８からの出力光ビームもまた、空間内の異なる位置にあって、相互にインコヒーレントである。故に、ＥＰＥ回折要素３７０８からのこれらの出力光ビーム間には、干渉が存在しない。したがって、ＥＰＥ回折要素３７０８からの出力光ビームの性質は、ＯＰＥ回折要素３７０８からの出力光ビームの性質に実質的に依存し得る。

【０１６２】

いくつかの実装では、ＯＰＥ回折要素３７０６内の回折構造は、周期的構造を有し、これは、例えば、図４３および４４Ａに図示されるように、出力される回折光ビームの位相を操作せずに、出力される回折光ビームの振幅を操作し得る。これらの場合、出力光ビーム毎に、出力光ビームを形成する個別の複数の同時入射光ビーム間には、建設的干渉または破壊的干渉が存在し得る。

（ディザリング）

【０１６３】

回折導波管は、均一格子をＯＰＥ内に含んでもよい。理想的出力画像は、一定輝度を有する。しかしながら、ＯＰＥ内の格子は、均一であるため、実際の出力画像は、非均一輝度を有し得る。

【０１６４】

図３８は、ＯＰＥ内の均一格子によって生じる波干渉を呈する、射出瞳エクスパンダ（ＥＰＥ）内のシミュレートされた電場強度を図示する。電場強度３８０５は、薄い導波管および大視野（例えば、４０度×４０度）のために設計されるＯＰＥの結果として観察される。電場強度３８０５から分かるように、不良輝度アーチファクトが、強い波干渉と併せて観察され得る。電場強度３８１０は、厚い導波管および大視野のために設計されるＯＰＥの結果として観察される。厚い導波管は、弱い波干渉を呈する。電場強度３８１５は、薄い導波管および小視野（例えば、５度×５度）のために設計されるＯＰＥの結果として観察される。薄い導波管は、強い波干渉を呈する。電場強度３８２０は、厚い導波管および小視野のために設計されるＯＰＥの結果として観察される。厚い導波管は、弱い波干渉を呈する。

【０１６５】

図３８におけるシミュレートされた結果は、基板としてのより薄い導波管の使用がより厚い導波管の使用より強い波干渉を生じさせることを示す。図３８におけるシミュレートされた結果はまた、より大きいＦＯＶ、例えば、Ｙ軸に沿ってより長い幅のために設計されるＯＰＥ回折要素が、より小さいＦＯＶ、例えば、Ｙ軸に沿ってより短い幅のために設計されるＯＰＥ回折要素より強い波干渉を生じさせることを示す。基板としてより薄い導波管を伴うより大きいＦＯＶのために設計されるＯＰＥは、図３８に示される４つのシナリオ間で最強波干渉を生じさせる。電場強度における強い波干渉は、輝度アーチファクトまたは非均一性を視認画面、例えば、ユーザの眼上に生じさせ得、これは、光学システムの性能に影響を及ぼし得る。言い換えると、波干渉問題は、シースルー複合現実ディスプレイのために最も望ましい、大視野の極薄ディスプレイにおいて最悪である。

【０１６６】

波干渉は、例えば、パターンを導波管上の格子内に作成することによって、減少され得、出力画像の輝度均一性は、増加され得る。これらのパターンは、光の拡散を改良し、したがって、出力画像内の均一性を増加させる。例えば、ビームスプリッタが、レーザビームを２つの成分ビームに分裂させながら、経路長を保存するために使用されてもよい。２つの成分ビームが、再組み合わせされる場合、破壊的干渉が、生じ、２つのビームは、相互に相殺される。本アプローチは、輝度変調器を作成するために使用されてもよい。しかしながら、一方のレーザビームの他方に対する経路長の非常にわずかな変化をもたらすこと

によってさえ、２つのビームは、それらが相互に相殺するように、完璧な位相、すなわち、９０度の位相ずれがもたらされ得る。

【０１６７】

Ｍａｃｈ－Ｚｅｈｎｄｅｒ干渉計は、一方のビームの経路長を操作し、出力ビーム（すなわち、再組み合わせされたビーム）の強度を変動させる。均一４５度格子を用いると、ＯＰＥは、光線が、ＯＰＥを通して段階的となり、ＯＰＥに沿って伝搬するため、Ｍａｃｈ－Ｚｅｈｎｄｅｒ構造として作用する。言い換えると、複数のクローン化されたビームが、全て相互に対して位相関係を有し、全て同一のオリジナルエミッタから生じるように作成される。ＯＰＥからＥＰＥの中に下方に流動する恣意的ビームは、実際には、独立経路を通してその点まで到達した複数の回折されたビームの複合である。ビームの一部は、ＯＰＥを通して段階的にされ、その一部は、ＯＰＥを横断して直線に進み、下向きに直角に曲がる。それらのビームは、それらが下向きに伝搬するにつれて再組み合わせされる。

【０１６８】

ＯＰＥの対称性を破壊する１つの方法は、ＯＰＥ構造自体をディザリングすることである。１つの例示的ディザリングは、空間を横断した構造の正弦波ディザリングである。構造化された変動は、低点では、エッチング深度が非常に狭くなり、高点では、完全エッチング深度が存在し、したがって、分画効率を増加させるであろうように、ＯＰＥのエッチング深度を変化させることによって作成されてもよい。

【０１６９】

例証目的のみのために、以下では、位相変動パターンをＯＰＥ回折要素の回折構造、例えば、回折格子に追加することによる、位相摂動方法の実施例が、光学システムのための輝度均一性を改良し、および／または輝度アーチファクトを排除するために図示される。位相変動パターンは、ＯＰＥ格子の周期より実質的に大きい周期を有する。例えば、ＯＰＥ格子の周期は、いくつかの実施形態では、約５０ｎｍ～５００ｎｍの範囲内であることができ、位相変動パターンの周期は、約１００μｍ～５ｃｍの範囲内であることができる。

【０１７０】

図３９Ａは、ディザリングされていないＯＰＥ３９０５Ａと、ディザリングされていないＯＰＥ３９０５Ａからの出力画像３９１０Ａとを図示する。出力画像３９１０Ａは、いくつかのばらばらの条痕パターンを含む、かなりの量の非均一性を有する。理想的には、出力画像は、均一であるべきである。図３９Ｂは、正弦波ディザリング３９０５Ｂを伴うＯＰＥと、ディザリングされたＯＰＥ３９０５Ｂからの出力画像３９１０Ｂとを図示する。出力画像３９１０Ｂは、改良された輝度均一性を有する。図３９Ｃは、半ランダム化された（例えば、最適化された）２Ｄディザリング３９０５Ｃを伴うＯＰＥと、ディザリングされたＯＰＥ３９１０Ｃからの出力画像３９１０Ｃとを図示する。出力画像３９１０Ｃはまた、全体的輝度均一性を増加させている。図３９Ｄは、視認者が、アイボックス内で良好に心合される場合、視認者は、ディザリングと関連付けられた任意のアーチファクトを観察しない、または低減された数のアーチファクトを観察するであろうことを図示する。いくつかの実施形態では、ディザリングは、画像の輝度均一性と最終鮮明度とコントラスト効率との間のトレードオフを検討して選択されてもよい。

【０１７１】

図４０Ａは、連続位相変動パターンをＯＰＥ回折要素の回折構造、例えば、回折格子、すなわち、ＯＰＥ格子４０００Ａに追加する実施例を示す。ＯＰＥ格子４０００Ａは、第１の方向に沿って縦方向に延在する周期的構造を有する。パターン４００２Ａは、第２の方向に沿って縦方向に延在する周期的パターンを有する、例示的連続位相変動パターンである。第１の方向と第２の方向との間には、ある角度が存在する。位相変動パターン４００２Ａが、ＯＰＥ格子４０００Ａに追加されると、ＯＰＥ格子４０００Ａは、波状格子形状を有し、ＯＰＥ格子４０００Ａと異なる、格子４００４Ａとなる。

【０１７２】

パターン４００６Ａは、第３の方向に沿って縦方向に延在する周期的パターンを有する、別の実施例の連続位相変動パターンである。第３の方向は、第１の方向と略平行である。

位相変動パターン４００６Ａが、ＯＰＥ格子４０００Ａに追加されると、ＯＰＥ格子４０００Ａは、変調された格子構造を有し、ＯＰＥ格子４０００Ａと異なる、格子４００８Ａになる。

【０１７３】

図４０Ｂは、上部においてディザリングされていないＯＰＥ４００５Ｂと、ディザリングされていないＯＰＥ４００５Ｂからの出力画像４０１０Ｂとを図示する。ディザリングされていないＯＰＥ４００５Ｂは、例えば、バイナリ多段階格子を有してもよい。出力画像４０１０Ｂは、強い低周波数アーチファクトおよび／または輝度非均一性を有する。

【０１７４】

図４０Ｂは、下部においてディザリングされたＯＰＥ４０１５Ｂと、ディザリングされたＯＰＥ４０１５Ｂからの出力画像４０２０Ｂとを図示する。ディザリングされたＯＰＥ４０１５Ｂは、格子角度（すなわち、傾斜とは対照的に、格子の回転）およびピッチの低周波数空間変動を有する。したがって、出力画像４０２０Ｂは、位相変調され、ディザリングされたＯＰＥ４０１５Ｂが、光学システム内に実装されるとき、より少ない低周波数アーチファクトを有し、輝度均一性は、実質的に改良される。

【０１７５】

図４０Ｃは、離散位相変動パターン４００２ＣをＯＰＥ回折要素の回折構造、例えば、回折格子、すなわち、ＯＰＥ格子に追加する実施例を示す。離散位相変動パターン４００２Ｃが、ＯＰＥ格子に追加されると、ＯＰＥ格子は、変化された構造を有し、ＯＰＥ格子４０００Ａの周期的構造と異なる、格子４００４Ｃになる。

【０１７６】

画像４００６Ｃは、位相変動を伴わないＯＰＥ格子を有する光学システムからの出力画像を示す一方、画像４００８Ｃは、位相変動を伴う変調されたＯＰＥ格子４００４Ｃを有する光学システムからの出力画像を示す。２つの画像は、低周波数アーチファクトが、位相変動をＯＰＥ格子の周期的構造に追加することによって、実質的に除去または排除されることができ、輝度均一性もまた、実質的に改良されることができることを示す。

【０１７７】

いくつかの実装では、ＯＰＥ回折要素は、位相ディザリングされた格子を含む。ＥＰＥ回折要素はまた、位相ディザリングされた格子を含むことができる。いくつかの実装では、位相摂動または変動方法、例えば、ＯＰＥ回折要素のためのものもまた、ＥＰＥ回折要素の回折構造内に実装され、光学システムのための輝度均一性を改良し、および／または輝度アーチファクトを排除する。

（例示的位相変動パターン）

【０１７８】

回折構造（例えば、回折ビーム倍増器または回折格子）の回折領域（例えば、周期的構造）内の位相変動（または摂動）は、位相変動パターンを回折構造の回折領域の中に実装することによって達成されることができる。本明細書にさらに詳細に議論されるように、位相変動パターンは、回折構造の性質および／または性能に基づいて、設計または決定されることができる。位相変動パターンは、回折構造の周期より実質的に大きい周期を有することができる。いくつかの実施例では、回折格子は、約５０ｎｍ～５００ｎｍの範囲内である格子周期を有する一方、位相変動パターンは、約１００ｐｍ～５ｃｍの範囲内である周期を有する。

【０１７９】

図４１Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、ディザリングを格子構造内に作成するために使用され得る、緩慢変動パターンを図示する。緩慢変動は、例えば、１ｍｍにわたって２０ｎｍの変動、すなわち、０．０２％未満の変動であり得る。変動パターン４１０５Ａは、異なる位相変動または摂動を周期的構造上に生じさせる、第１および第２の部分の交互対を含む、格子構造内の周期的ディザリングを図示する。各対は、同一周期を有する。第１および第２の部分は、同一幅および／または長さを有することができる。変動パターン４１１０Ａは、格子構造内の段階的な周期的ディザリングを図示する。変動パター

ン４１０５Ａと比較して、変動パターン４１１０Ａ内の位相変動は、ある方向、例えば、左から右に沿って周期を増加させている。変動パターン４１１５Ａは、格子構造内の算出上最適化されたディザリングを図示する。パターンの異なる部分は、異なる位相変動または摂動を周期的構造上に生じさせ得る。本パターンは、位相起因アルゴリズムまたは算出ホログラフィによって設計および／または生成されることができる。いくつかの実施例では、最適化された位相変動パターンは、算出ホログラムである。変動パターン４１２０Ａは、格子構造内のランダムディザリングを図示する。ランダムパターンは、ランダムアルゴリズムによって設計および／または生成されることができる。ランダムパターンは、拡散器として作用することができる。

【０１８０】

図４１Ｂ－Ｃは、回折構造内に実装され、位相変動または摂動を回折構造の周期的構造の一部上に生じさせ、それによって、周期的構造の一部によって回折される光ビームの位相偏移に影響を及ぼすことができる、異なるタイプの離散位相変動パターンを図示する。連続位相変動パターンと異なり、離散位相変動パターンは、位相変動または摂動を周期的構造の一部上に生じさせない部分と、位相摂動を周期的構造の他の部分上に生じさせる部分とを含む。

【０１８１】

図４１Ｂは、第１のパターン部分４１０２Ｂと、第２のパターン部分４１０４Ｂと、ブランク部分４１０６Ｂとを含む、例示的離散位相変動パターン４１００Ｂを示す。第１のパターン部分４１０２Ｂおよび第２のパターン部分４１０４Ｂは、位相摂動を周期的構造上に生じさせることができる一方、ブランク部分４１０６Ｂは、位相摂動を周期的構造上に生じさせない。第１のパターン部分４１０２Ｂはそれぞれ、相互から離散または分離されることができ、第２のパターン部分４１０４Ｂはそれぞれ、相互から離散または分離されることができる。第１のパターン部分４１０２Ｂはそれぞれ、第２のパターン部分４１０４Ｂのそれぞれから分離されることができる。

【０１８２】

図４１Ｃは、複数の離散パターン部分４１５２Ｃと、１つ以上のブランク部分４１５４Ｃとを含む、別の例示的離散位相変動パターン４１５０Ｃを示す。離散パターン部分４１５２Ｃは、位相摂動を周期的構造上に生じさせ得る、異なるまたは同一サイズの円形または他の形状を含むことができる。

【０１８３】

位相変動パターンを回折構造の周期的構造の中に実装することに加え、回折構造の周期的構造内の位相変動または摂動もまた、他の位相変動方法によって達成されることができる。これらの方法は、個々に、または相互および／または任意の好適な位相変動パターンとの任意の好適な組み合わせにおいて、位相変動または摂動を回折構造の周期的構造上に実装するために使用されることができる。

【０１８４】

いくつかの実装では、自由形態回折レンズが、例えば、回折構造の前および／または後または回折構造内に位置付けられる、回折構造のために使用される。回折レンズは、例えば、最大±１／３度の小角度変動、および／または例えば、最大±１％の小ピッチ変動を含むことができ、これは、位相摂動を回折構造の周期的構造によって回折される光ビーム上に生じさせ得る。

【０１８５】

いくつかの実装では、回折構造の周期的構造の直接修正が、位相摂動を周期的構造上に生成するために使用される。図４２Ａは、例示的回折格子の周期的構造を変化させることによる、種々の位相変動方法を示す。４２０５Ａ、４２１０Ａ、４２１５Ａ、４２２０Ａ、および４２２５Ａによって参照される回折格子は、バイナリ格子であることができ、４２３０Ａによって参照される回折格子は、非バイナリ格子であることができる。

【０１８６】

変動パターン４２０５Ａは、格子デューティサイクルにおける変動を図示する。変動パタ

ーン４２０５Ａは、例えば、各線が多角形として処理される、幾何学的ファイルに従って作成されてもよい。デューティサイクルの変動は、いくつかの実施形態では、１～９９％以内であることができる。変動パターン４２１０Ａは、格子高における変動を図示する。格子高は、いくつかの実施形態では、１０～２００ｎｍに変動してもよい。変動パターン４２１０Ａは、例えば、可変エッチング率、可変ドーピング、および／または可変レジスト高を格子の上部で使用することによって作成されてもよい。変動パターン４２１５Ａは、格子内の屈折率における変動を図示する。屈折率は、いくつかの実施形態では、１．５～４に変動してもよい。変動パターン４２１５Ａは、例えば、異なる屈折率を伴う材料の連続堆積を用いて作成されてもよい。変動パターン４２２０Ａは、基板上の下層薄膜厚変動を図示する。下層薄膜は、回折格子と基板との間に配列されてもよい（位置付けられるまたは加工される）。薄膜は、例えば、１．５～４の範囲内の屈折率を有することができる。回折格子に沿った薄膜の厚さは、いくつかの実施形態では、１ｎｍ～１０μｍ以内で変動してもよい。変動パターン４２２５Ａは、正面上の格子が均一である、基板の背面上の薄膜変動を図示する。薄膜は、例えば、１．５～４の範囲内の屈折率を有することができる。回折格子に沿った薄膜の厚さは、いくつかの実施形態では、１ｎｍ～１０μｍ以内で変動してもよい。変動パターン４２２０Ａおよび／または変動パターン４２２５Ａは、例えば、ウエハ上へのポリマーのインクジェット堆積によって作成されてもよい。変動パターン４２３０Ａは、格子のブレーズまたは頂角（すなわち、格子を傾斜させる）、ピッチ、および／または幅における変動を図示する。変動パターン４２３０Ａは、非バイナリ格子であってもよい。変動パターン４２３０Ａは、例えば、ウエハの一部をマスクし、残りの部分をウエハを横断して種々の角度でエッチングすることによって作成されてもよい。いくつかの実施例では、回折格子は、周期的構造を含み、回折格子の位相変動パターンは、周期的構造のピッチの変動または周期的構造の格子ベクトル角度の変動に基づくことができる。

【０１８７】

図４２Ｂは、可変格子高を伴う回折格子を加工し、位相変動または摂動を回折格子の周期的構造内に実装する、例示的方法を示す。いくつかの実施例では、加工方法は、多高さレベル製造方法を含む。回折格子内の多数（Ｎ）の高さレベル（Ｎ）は、Ｎ＝２ⁿを伴う限定数（ｎ）のリソグラフィステップを用いて達成されることができる。他の方法もまた、高さの多段階を作成するために使用されることができる。

【０１８８】

図４２Ｂに示されるように、格子内の４つの異なる高さレベルは、２つのリソグラフィステップ、すなわち、第１に、第１のパターン化された保護層が基板上に形成され、第２に、材料の第１の層が、基板上の保護されていない面積上に選択的に堆積され、格子構造を形成し、第３に、第１のパターン化された保護層が、除去され、第４に、第２のパターン化された保護層が、基板および格子構造上に形成され、第５に、材料の第２の層が、保護されていない面積上に選択的に堆積され、第６に、第２のパターン化された保護層が、除去され、４つの高さレベルを伴う回折格子を得ることを用いて達成されることができる。

【０１８９】

図４２Ｃは、位相変動パターンを伴う回折構造を加工する、例示的方法のフロー図４２００Ｃである。回折構造は、回折格子または回折ビーム倍増器であることができる。回折構造は、ディスプレイシステムまたは光学システム内に適用されることができる。位相変動パターンは、本明細書に図示および説明される位相変動パターンのようなものであることができる。

【０１９０】

本方法は、回折構造のための位相変動パターンを決定するステップ（４２０２Ｃ）を含む。回折構造は、入力光ビームを複数の出力光ビームに偏向するように構成される、周期的構造を有してもよい。各出力光ビームは、入力光ビームから生成され、回折構造によって偏向される、複数の同時入射光ビーム間の干渉の結果であり得る。位相変動パターンは、周期的構造の周期より実質的に大きい周期を有してもよい。位相変動パターンは、出力光

ビーム毎に、複数の同時入射光ビーム間の干渉が、活用され得、出力光ビームの少なくとも屈折力または位相が、調節され得るように、位相摂動を周期的構造上に生じさせるように構成されてもよい。

【０１９１】

いくつかの実装では、回折構造のための位相変動パターンを決定するステップは、回折構造の１つ以上の性質に基づいて、位相変動パターンを設計するステップを含んでもよい。回折構造の１つ以上の性質は、周期的構造の周期、デューティサイクル、周期的構造の高さ、ブレーズまたは頂角、および／または周期的構造からの出力光ビームの干渉パターンを含んでもよい。位相帰属アルゴリズムまたは算出ホログラフィによって、パターン変動パターンは、干渉パターン内の波におけるアーチファクト、例えば、低周波数アーチファクトが、緩和または排除され得るように、設計または決定されてもよい。

【０１９２】

いくつかの実装では、回折構造は、第１の回折部分と、第１の回折部分に隣接する第２の回折部分とを含んでもよい。第１の回折部分は、第１の回折次数における第１の位相偏移を伴って、第１の光ビームを回折させるように構成され、第２の回折部分は、第２の回折次数における第２の位相偏移を伴って、第２の光ビームを回折させるように構成されてもよい。第２の回折次数は、第１の回折次数と同一であってもよいが、第２の位相偏移は、第１の位相偏移と異なる。第１の位相偏移と第２の位相偏移との間の差異は、位相変動パターンと関連付けられてもよい。

【０１９３】

いくつかの実装では、第１の回折部分は、第１の光ビームを第１の回折次数において第１の回折された光ビームに偏向するように構成されてもよい。第２の回折部分は、第１の回折された光ビームを第２の回折次数の負の次数において第２の回折された光ビームに偏向するように構成されてもよく、第２の回折された光ビームは、第１の光ビームと比較して位相変化を有してもよく、位相変化は、第１の位相偏移から第２の位相偏移を差し引いたものである。

【０１９４】

いくつかの実施例では、周期的構造の周期は、５０ｎｍ～５００ｎｍの範囲内であってもよく、位相変動パターンの周期は、１００μｍ～５ｃｍの範囲内であってもよい。

【０１９５】

いくつかの実施例では、位相変動パターンは、連続位相変動パターンであるように設計されてもよい。連続位相変動パターンは、周期的または段階的な周期的パターン、ヒューリスティックパターン、算出ホログラム、または拡散器のようなランダムパターンのうちの少なくとも１つを含むことができる。

【０１９６】

いくつかの実施例では、位相変動パターンは、離散位相変動パターンであるように設計されてもよい。離散位相変動パターンは、少なくとも第１の部分と、第２の部分とを含んでもよい。第１の部分は、位相摂動を周期的構造上に生じさせるように構成されてもよく、第２の部分は、位相摂動を周期的構造上に生じさせないように構成されてもよい。

【０１９７】

いくつかの実施例では、位相変動パターンは、周期的構造のピッチの変動、周期的構造の格子ベクトル角度の変動、周期的構造のデューティサイクルの変動、周期的構造の高さ変動、周期的構造の屈折率変動、または周期的構造のブレーズまたは頂角変動のうちの少なくとも１つに基づくように設計されてもよい。

【０１９８】

本方法はさらに、決定された位相変動パターンを伴う回折構造を基板内または該基板上に加工するステップ（４２０４Ｃ）を含む。加工方法は、リソグラフィ、ホログラフィ、ナノインプリント、および／または他の好適な方法を含んでもよい。

【０１９９】

いくつかの実施形態では、加工された回折構造は、試験されてもよい。例えば、入力光が

、加工された回折構造上に投入されてもよく、出力光ビームが、視認画面上に表示されることができる。出力光ビームの干渉パターンの性質、例えば、低周波数アーチファクトが存在するかどうかに基づいて、位相変動パターンは、再設計されることができる。プロセスは、いくつかの実施形態では、ステップ４２０２Ｃに戻ることができる。

【０２００】

いくつかの実装では、本方法は、導波管を基板として加工するステップを含んでもよい。導波管は、全内部反射を介して、入力光ビームを回折構造の中に誘導するように構成されてもよい。導波管は、スラブ導波管であってもよく、１００ｎｍ～１ｍｍの範囲内である厚さを有することができる。導波管は、透明ガラス、ポリマー、または結晶から作製されてもよい。

【０２０１】

いくつかの実装では、本方法はさらに、第２の周期的構造を基板内または該基板上に有する第２の回折構造を加工するステップを含んでもよい。第２の回折構造は、基板からの回折構造からの複数の出力光ビームを偏向させるように構成される。回折構造は、ＯＰＥ回折要素であることができ、第２の回折構造は、ＥＰＥ回折要素であってもよい。回折構造の位相変動パターンは、回折構造から、その結果、第２の回折構造からの複数の出力光ビームが、等しい屈折力を有するように設計または決定されることができる。

【０２０２】

ある場合には、加工された第１の回折構造および加工された第２の回折構造を含む、基板は、試験され、その結果、第２の回折構造から生じる、出力光ビームの実際の性質を決定してもよい。新しい位相変動パターンは、実際の出力光ビームの１つ以上の性質に基づいて、回折構造のために決定されてもよい。

【０２０３】

図４２Ｄは、本発明のいくつかの実施形態による、ディザリングされた接眼レンズ層によって光を操作する、例示的方法のフロー図４２００Ｄである。本方法は、光源からの光を入力結合格子における格子パラメータの第１のセットによって特徴付けられる第１の格子構造を有する入力結合格子において受光するステップ（４２１０Ｄ）を含む。

【０２０４】

本方法はさらに、入力結合格子からの光を少なくとも２次元において変動する格子パラメータの第２のセットによって特徴付けられる第２の格子構造を有する拡張格子において受光するステップ（４２２０Ｄ）を含む。いくつかの実施形態では、少なくとも２次元は、ピッチ、頂角、屈折率、高さ、およびデューティサイクルのうちの少なくとも２つを含む。いくつかの実施形態では、第２の格子構造は、位相変動パターンを有する。いくつかの実施形態では、位相変動パターンの周期は、１００μｍ～５ｃｍの範囲内である。いくつかの実施形態では、位相変動パターンは、周期的または段階的な周期的パターン、ヒューリスティックパターン、算出ホログラム、およびランダムパターンのうちの少なくとも１つを含む、連続位相変動パターンを備える。いくつかの実施形態では、第２の格子構造は、周期的構造を有する。いくつかの実施形態では、周期的構造の周期は、５０ｎｍ～５００ｎｍの範囲内である。いくつかの実施形態では、第２の格子構造は、位相ディザリングされた格子を含む。

【０２０５】

いくつかの実施形態では、第２の格子構造は、第１の回折部分と、第１の回折部分に隣接する第２の回折部分とを備え、第１の回折部分は、第１の回折次数における第１の位相偏移を用いて、第１の光ビームを回折させるように構成され、第２の回折部分は、第２の回折次数における第２の位相偏移を用いて、第２の光ビームを回折させるように構成され、第２の回折次数は、第１の回折次数に類似し、第２の位相偏移は、第１の位相偏移と異なり、第１の位相偏移と第２の位相偏移との間の差異は、位相変動パターンと関連付けられる。いくつかの実施形態では、第１の回折部分は、第１の光ビームを第１の回折次数において第１の回折された光ビームに偏向するように構成され、第２の回折部分は、第１の回折された光ビームを第２の回折次数の負の次数において第２の回折された光ビームに偏向

するように構成され、第２の回折された光ビームは、第１の光ビームと比較して、位相変化を有し、位相変化は、第１の位相偏移から第２の位相偏移を差し引いたものである。

【０２０６】

本方法はさらに、拡張格子からの光を格子パラメータの第３のセットによって特徴付けられる第３の格子構造を有する出力結合格子において受光するステップ（４２３０Ｄ）を含む。本方法はさらに、光を視認者に出力するステップ（４２４０Ｄ）を含む。

【０２０７】

図４３－４５はさらに、高レベルから本発明の実施形態を説明する。図４３は、導波管内の回折ビーム倍増器を図示する、簡略化された略図である。光４３１０は、導波管の内側で全内部反射される、コリメートされたビームとして入力される。入力光４３１０は、回折構造４３２０に進入し、入力ビームの複数のコピーとして出力される４３３０。入力角度と出力角度の１対１の伝達関数が、存在する。

【０２０８】

回折構造４３２０は、ともに隣接する複数の部分Ｐ１、Ｐ２、…、Ｐｎを画定する、周期的構造を有する。部分Ｓ１－Ｓｎは、回折格子４３２０の縦方向にわたって傾斜角度を有することができる。いくつかの実装では、導波管は、空気の屈折率、例えば、ｎ＝１より高い屈折率、例えば、ｎ＝１．５～４を有する材料から作製される。導波管は、１００ｎｍ～１ｍｍの厚さを有することができる。回折格子４３２０は、５０ｎｍ～５００ｎｍの周期を有することができる。

【０２０９】

図４３のデバイスは、空気中で動作されることができる。入力光ビーム４３１０、例えば、レーザ源からのコリメートされた光ビームは、空気中から導波管の中に伝搬することができる。入力光ビーム４３１０は、例えば、全内部反射（ＴＩＲ）を介して、導波管内を進行することができる。入力光ビーム４３１０が、回折格子４３２０を通して進行すると、入力光ビーム４３１０は、回折格子４３２０の部分Ｐ１、Ｐ２、…、Ｐｎによって偏向（例えば、分裂および回折）されることができる。各部分では、入力光ビーム４３１０は、例えば、０、＋１、＋２の異なる次数の回折された光ビームに分裂および回折されることができる。入力光４３１０の、０次数の回折された光ビームは、縦方向に沿ったシーケンシャル部分によってさらに偏向されることができる。入力光ビームの高次、例えば、＋１または－１次数の回折された光ビームは、回折格子４３２０の周期的構造から回折されることができる。

【０２１０】

図４４Ａは、回折効率を操作するビーム倍増器を通した光の経路を図示する、簡略化された略図である。入力光４４１０Ａは、振幅を操作し、入力光４４１０Ａの複数のコピーを含む、出力光４４３０Ａをもたらす、回折コンポーネント４４２０Ａを通して送光される。

【０２１１】

図４４Ａは、周期的構造を伴う回折格子４４２０Ａが回折された光ビームの振幅を操作する方法を図示する。入力光４４１０Ａは、回折格子４４２０Ａの一部において偏向される。図４４Ａが示すように、単位セル毎に、例えば、各部分において、入力光Ｅｉｎの電場振幅が１であって、格子の一部が回折効率ｄを有すると仮定すると、高次回折された光ビームは、振幅Ｅｏｕｔ＝ｄを有し、０次数の回折された光ビームは、振幅Ｅｏｕｔ＝１－ｄを有する。このようなシステムでは、入力光ビーム４４１０Ａの出力コピーを生産する際、波干渉効果が存在しない。

【０２１２】

本開示では、回折構造は、入力光の振幅および位相の両方を操作し、それによって、出力光ビームの波干渉を操作することができるように提示される。回折構造は、回折構造の周期的構造にわたって位相変動パターンを有することができる。位相変動パターンは、周期的構造の性質が全く変化を有していない、またはわずかな変化を有するが、波干渉パターンにおけるアーチファクトまたは非均一性が、実質的に低減または排除され得るように、周期的構造の周期より実質的に大きい周期を有することができる。

【０２１３】
図４４Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、波干渉を操作するビーム倍増器を通した光の経路を図示する、簡略化された略図である。入力光４４１０Ｂは、振幅および位相を操作し、入力光の複数のコピーを含む、出力光４４３０Ｂをもたらす、回折コンポーネント４４２０Ｂを通して送光される。
【０２１４】
図４４Ｂは、回折格子４４２０Ｂが回折された光ビームの振幅および位相の両方を操作する方法を図示する。図４４Ｂに示されるように、入力光ビーム４４１０Ｂは、第１の方向に沿った回折格子４４２０Ｂの第１の下位区分において、第１の偏向（または回折）された光ビームに偏向（例えば、分裂および回折）されることができる。第１の下位区分は、異なる位相偏移を第１の偏向された光ビーム間に生じさせるように構成される。次いで、各第１の下位区分における第１の偏向された光ビームはさらに、第２の方向に沿った回折格子の第２の下位区分において、第２の偏向された光ビームに偏向されることができる。第２の下位区分は、異なる位相偏移を第２の偏向された光ビーム間に生じさせるように構成される。第２の方向は、第１の方向と垂直であることができる。第２の偏向された光ビームはさらに、回折格子４４２０Ｂの他の下位区分において偏向されることができる。最終的に、複数の出力光ビーム４４３０Ｂが、相互から離間される個別の位置から回折構造４４２０Ｂから偏向される。各出力光ビーム４４３０Ｂは、入力光ビーム４４１０Ｂから生成され、回折格子４４２０Ｂによって偏向される、複数の同時入射光ビーム間の干渉の結果であり得る。すなわち、各出力光ビーム４４３０Ｂは、格子４４２０Ｂ内で繰り返される回折事象を通したいくつかの経路からの複数の同時入射光ビームの重畳であり得る。
【０２１５】
図４４Ｂは、Ｍａｃｈ－Ｚｅｎｄｅｒ状干渉の１つの単位セルの光学変換関数を示し、これは、光学位相が出力光ビーム振幅に影響を及ぼし得る様子を数学的に説明し得る。図４４Ｂに示される実施例として、回折格子の各単位セルは、４つの下位区分Ｓ１１、Ｓ１２、Ｓ２１、およびＳ２２を含む。各下位区分は、同じ格子ピッチおよび角度を有するが、異なる振幅および位相偏移を用いて、光を回折し得る。
【０２１６】
入力光ビームは、４つの下位区分Ｓ１１、Ｓ１２、Ｓ２１、およびＳ２２において、４つの光ビームに偏向される。２つの光ビームは、同時入射され、出力光ビーム、例えば、出力光ビームを形成する。光ビームはそれぞれ、異なる光経路を被る。例えば、入力光ビームは、最初に、下位区分Ｓｌｌにおいて、第１の０次数光ビームおよび第１のより高い次数の回折された光ビームに偏向される。第１の０次数光ビームはさらに、下位区分Ｓ１２において偏向され、第２のより高い次数の回折された光ビームを形成し、これはさらに、下位区分Ｓ２２において、第３のより高い次数の回折された光ビームおよび第３の０次数光ビームに偏向される。第１のより高い次数の回折された光ビームはさらに、下位区分Ｓ２１において偏向され、第４のより高い次数の回折された光ビームを形成し、これはさらに、下位区分Ｓ２２において、第５の０次数光ビーム３５２および第５のより高い次数の回折された光ビームに偏向される。
【０２１７】
入力光の電場が、入力振幅Ｅｉｎ＝１および入力位相φ０＝０を有すると仮定すると、４つの出力光ビームの電場は、それぞれ、$E_1 e^{i\phi_l}$、$E_2 e^{i\phi_2}$、$E_3 e^{i\phi_3}$、および$E_4 e^{i\phi_4}$となり得、Ｅｌ、Ｅ２、Ｅ３、およびＥ４は、出力光ビームの振幅であって、φ１、φ２、φ３、およびφ４は、出力光ビームの位相であって、これはまた、４つの異なる光経路の位相変化でもある。回折された光ビームのうちの２つを含む、第１の出力光は、電場$E_{out} = E_1 e^{i\phi_l} + E_2 e^{i\phi_2}$を有し、回折された光ビームのうちの他の２つを含む、第２の出力光は、電場$E_{out} = E_3 e^{i\phi_3} + E_4 e^{i\phi_4}$を有する。したがって、例えば、回折格子の周期的構造の位相変動をエンジニアリングすることによって、回折格子内の下位区分の位相偏移を制御することは、回折された光ビームの振幅および位相を制御することを可能にし、故に、同時入射される複数の回折された光ビ

ーム間の干渉が、活用されることができ、かつ出力光の屈折力および／または位相が、制御または調節されることができる。

【０２１８】

図４５Ａ－Ｂは、１つの単位セル内の単純位相変動パターンの実施例を示す。図４５Ａは、同時入射出力ビーム間にゼロ相対的位相差を生産する、例示的位相変動パターンを示す。図４５Ｂは、相互に干渉する２つの同時入射出力光ビーム間に異なる非ゼロ位相を生産する、例示的位相変動パターンを示す。したがって、図４５Ｂは、格子構造の位相変動が出力光ビームの振幅を制御可能に操作し得る方法を示す。

【０２１９】

位相ディザリングされた格子は、０次数を伴う回折された光に対して位相偏移を生じさせず、正の次数を伴う回折された光に対して正の位相偏移を生じさせ、負の次数を伴う回折された光に対して負の位相偏移を生じさせることができる。例えば、図４５Ａが示すように、格子の１つの単位セル４５００Ａは、第１の格子部分４５１０Ａと、第１の格子部分４５１０Ａに隣接する第２の格子部分４５２０Ａとを含むことができる。第１の格子部分４５１０Ａ内の下位区分は、それぞれ、０次数、正の次数、および負の次数に対して０、＋ϕ_1、－ϕ_1位相偏移を生じさせるように構成される。第２の格子部分４５２０Ａ内の下位区分は、それぞれ、０次数、正の次数、および負の次数に対して０、＋ϕ_2、－ϕ_2位相偏移を生じさせるように構成される。ディザリングに起因して、第１の格子部分４５１０Ａおよび第２の格子部分４５２０Ａは、位相変動を有し、位相偏移ϕ_1は、位相偏移ϕ_2と同じではない。

【０２２０】

入力光４５０１Ａは、単位セル４５００Ａ上に法線方向に入射することができ、第１の格子部分４５１０Ａ内の下位区分によって、０次数におけるゼロ位相変化を伴う回折されたビーム４５０２Ａと、正の次数における＋ϕ_1位相変化を伴う回折されたビーム４５０５Ａとに偏向されることができる。回折されたビーム４５０２Ａはさらに、第１の格子部分４５１０Ａ内の下位区分において偏向され、＋ϕ_1位相変化を伴う回折ビーム４５０３Ａを得る。回折ビーム４５０３Ａはさらに、第２の格子部分４５１０Ａ内の下位区分において偏向され、ϕ_2位相変化を伴う回折ビーム４０４を得る。入力光４５０１Ａが０である入力位相を有すると仮定すると、回折ビーム４５０４Ａは、入力光４５０１Ａと比較して、位相変化ϕ_1－ϕ_2を有し、したがって、出力位相ϕ_1－ϕ_2を有する。同様に、回折ビーム４５０５Ａは、第２の格子部分４５２０Ａ内の下位区分によって偏向され、ϕ_2位相変化を伴う回折ビーム４５０６Ａを得る。回折ビーム４５０６Ａは、下位区分によって偏向され、ゼロ位相変化を伴う回折ビーム４５０７Ａを得る。したがって、回折ビーム４５０７Ａはまた、入力光４５０１Ａと比較して、位相変化ϕ_1－ϕ_2を有し、したがって、回折ビーム４５０５Ａと同一である出力位相ϕ_1－ϕ_2を有する。すなわち、回折ビーム４５０４Ａと４５０７Ａとの間の位相差Δφは、０である。

【０２２１】

図４５Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、正しくディザリングされた格子構造を通した光の経路を図示する、簡略化された略図である。図４５Ｂでは、対称性は、破壊され、出力は、変化される。出力は、非ゼロかつ制御可能である。本実施形態では、回折領域内のエンジニアリングされた位相摂動は、制御可能な建設的または破壊的干渉を可能にし、これは、出力ポートの出力輝度を制御する。

【０２２２】

図４５Ｂは、位相ディザリングされた格子の別の単位セル４５５０Ｂを示す。単位セル４５５０Ｂは、２つの第１の格子部分４５１０Ｂと、１つの第２の格子部分４５２０Ｂとを含む。第２の格子部分４５２０Ｂは、２つの第１の格子部分４５１０Ｂによって狭入される（またはその間に位置付けられる）。第１の格子部分４５１０Ｂ内の下位区分は、それぞれ、０次数、正の次数、および負の次数に対して０、ϕ_1、ϕ_2位相偏移を生じさせるように構成される。第２の格子部分４５２０Ｂ内の下位区分は、それぞれ、０次数、正の次数、および負の次数に対して０、＋ϕ_2、－ϕ_2位相偏移を生じさせるように構成され

る。
【０２２３】
入力光４５５１Ｂは、傾斜角度を伴って、単位セル４５５０Ｂ上に入射することができる。入力光４５５１Ｂは、第１の格子部分４５１０Ｂ内の下位区分によって、０次数におけるゼロ位相変化を伴う回折されたビーム４５５２Ｂと、正の次数における＋φ１位相変化を伴う回折されたビーム４５５５Ｂとに偏向されることができる。回折されたビーム４５５２Ｂはさらに、第２の格子部分４５２０Ｂ内の下位区分において偏向され、＋φ２位相変化を伴う回折ビーム４５５３Ｂを得る。回折ビーム４５５３Ｂはさらに、他の第１の格子部分４５１０Ｂ内の下位区分において偏向され、－φ１位相変化を伴う回折ビーム４５５４Ｂを得る。入力光４５５１Ｂが０である入力位相を有すると仮定すると、回折ビーム４５５４Ｂは、入力光４５５１Ｂと比較して、位相変化φ２－φ１を有し、したがって、回折ビーム４５５４Ｂは、出力位相φ２－φ１を有する。
【０２２４】
同様に、回折ビーム４５５５Ｂは、第２の格子部分４５２０Ｂ内の下位区分によって偏向され、－φ２位相変化を伴う回折ビーム４５５６Ｂを得る。回折ビーム４５５６Ｂは、下位区分によって偏向され、ゼロ位相変化を伴う回折ビーム４５５７Ｂを得る。したがって、回折ビーム４５５７Ｂは、入力光４５５１Ｂと比較して、位相変化φ１－φ２を有し、したがって、出力位相φ１－φ２を有する。その結果、回折ビーム４５５４Ｂと４５５７Ｂとの間の位相差は、Δφ＝２（φ２－φ１）である。格子は、ディザリングされる、すなわち、第１の格子部分４５１０Ｂが、第２の格子部分４５２０Ｂと異なる位相偏移を生じさせる。すなわち、
【化１】

$$\phi_1 \neq \phi_2.$$

となる。したがって、出力回折ビーム４５５４Ｂと４５５７Ｂとの間には、非ゼロ位相差が存在する。
【０２２５】
φ１とφ２との間の位相変動が、制御され得る場合、出力回折ビーム４５５４Ｂと４５５７Ｂとの間の位相差は、制御可能であることができ、故に、出力回折ビーム４５５４Ｂと４５５７Ｂとの間の干渉もまた、制御可能であることができる。すなわち、回折構造の回折領域内のエンジニアリングされた位相変動（または摂動）は、制御可能な建設的または破壊的干渉、したがって、制御可能出力輝度を可能にする。
【０２２６】
本発明の実施形態はさらに、規定された連続位相関数によって摂動される格子パターンのためのＧＤＳファイルを生産する方法を提供する。格子ベクトル
【化２】

$$\vec{k}\ \left(\left|\vec{k}\right| = 2\pi/\Lambda \text{かつ}\ \ \Lambda \text{は格子ピッチである}\right)$$

を伴う線形格子は、空間のスカラー関数の等輪郭として規定されることができる。
【化３】

方程式 1: $$\phi_0(\vec{r}) = \vec{k} \cdot \vec{r}$$

【０２２７】
５０％デューティサイクル線形格子に関して、格子の線内の点は、以下によって画定される。

【化４】

方程式 12: $$\bigcup_j \text{line}_j, \text{ここに} \quad \text{line}_j = \{\vec{r} : 2\pi j \leq \phi_0(\vec{r}) \leq 2\pi(j + 0.5)\}$$

【０２２８】
包括的に摂動される格子に関して、線は、以下によって画定される。
【化５】

方程式 13: $$\bigcup_j \text{line}_j \qquad \text{line}_j = \{\vec{r} : 2\pi j \leq \phi_0(\vec{r}) + \nabla\phi(\vec{r}) \leq 2\pi[j + d(\vec{r})]\}$$,

式中、
【化６】

$$\phi(\vec{r}) : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$$

は、摂動を表す空間のスカラー関数であって、
【化７】

$$d(\vec{r})$$

は、（０，１）の範囲内である格子の（可能性として空間的に変動する）デューティサイクルである。
【０２２９】
射出瞳エクスパンダ（ＥＰＥ）内の深度関数は、以下の形態の均一非球面レンズ関数摂動によって実装される。
【化８】

方程式 14: $$\phi(\vec{r}) = c_1\rho^2 + c_2\rho^4 + \ldots ,$$

式中、
【化９】

$$\rho = |\vec{r}|$$

であって、原点は、ＥＰＥ格子領域の中心にある。係数ｃ１、ｃ２、…は、概して、色および深度平面毎に異なる。
【０２３０】
正弦波ディザリング関数は、以下によって実装される。
【化１０】

方程式 15: $$\phi(\vec{r}) = a\sin\left(\frac{2\pi}{p}\vec{r}\cdot\hat{u}\right),$$

式中、ａは、ディザリング関数の振幅であって、ｐは、正弦波の周期であって、

【化１１】

$\hat{u}$

は、正弦波が変動する方向を規定する、単位ベクトルである。典型的には、周期は、有意な量の青色を生産された画像の中に導入しないために、約０．１ｍｍを上回るように限定されなければならない。

【０２３１】

前述と同様に、チャープ正弦波に関して、あるプロトタイプにおいて使用される関数は、以下である。

【化１２】

方程式 6: $$\phi(\vec{r}) = a\sin\left(\frac{2\pi x}{1+x/43.6}\right),$$

式中、ｘは、ミリメートル単位における、ＩＣＧから最も遠いおよびＯＰＥに最も近いＯＰＥの角に原点を伴う、局所座標系のｘ座標である。

【０２３２】

任意関数に関して、前述と同様に、

【化１３】

$\phi(\vec{r})$

は、空間の任意関数であることが可能となる。典型的には、最高空間周波数は、約０．１ｍｍの周期に対応することが要求される。実際は、これらの「帯域限定」関数はフィルタリングを通して任意関数から生産され得る。

【化１４】

方程式 7: $$\phi_{\text{filtered}} = \mathcal{F}^{-1}\left\{\text{circ}_{1/p_{\min}}\left[\mathcal{F}\phi\right]\right\},$$

式中、Ｆは、フーリエ変換を表し、ｐｍｉｎは、可能にされる空間周波数の最小周期性である。

【０２３３】

格子隆起領域は、関数の等値面輪郭として画定されるため、パターン生成の直接アプローチは、使用されることができない。

【化１５】

$|\vec{k}|$

は、（圧倒的に）最も高い空間周波数であると仮定されるため、サンプリングは、

【化１６】

$\vec{k}$

の方向に沿って実施され、全ての格子隆起の各縁を決定することができる。いったん本場所のセットが、決定されると、サンプリングは、

【化１７】

の方向と垂直にインクリメント式に実施され、新しい格子隆起縁のセットを取得することができ、これらの２つの縁座標のセットは、ともにスティッチングされ、近似的インクリメントの長さだけ各隆起領域を成長させる、平行四辺形のセットを形成することができる。

【０２３４】

サンプリングでは、大定数の線形項は、因数分解されることができ、周期性からの摂動は、いくつかのニュートン反復によって迅速に決定されることができる。これは、加えて、これらの摂動の空間変動が緩慢であると仮定されるため、隣接する摂動からウォームスタートされ得る。

（複数のインコヒーレント画像の生成）

【０２３５】

本発明のいくつかの実施形態は、導波管ベースの接眼ディスプレイ内における複数のインコヒーレント画像の生成のためのシステムおよび方法に関する。導波管ベースのディスプレイは、複数のインコヒーレント光学画像を重畳し、導波管ディスプレイの性能に悪影響を及ぼす、波干渉ベースの画像アーチファクトを低減させ得る。導波管ディスプレイは、典型的には、注意を逸らす干渉パターンを生産する。しかしながら、本発明のいくつかの実施形態によると、導波管ディスプレイは、多くの出力画像を投影するように提供され、各個々の出力画像は、一意の干渉パターンを有し、全てのパターンの総和は、より高い輝度均一性を伴う画像として現れる。これは、（Ａ）それぞれ所望の出力画像のコピーで照明される複数の内部結合要素を伴う、導波管ディスプレイ、および／または（Ｂ）複数のインコヒーレントコピーを導波管自体内に生成する単一内部結合要素を伴う、導波管ディスプレイによって遂行され得る。

【０２３６】

多数の利点が、従来の技法に優る本発明の方法によって達成される。例えば、本発明の実施形態は、導波管ディスプレイ内の波干渉ベースの画像アーチファクトを低減させながら、薄い導波管内で大視野の高鮮明度画像を達成するための方法を提供する。他の波干渉ベースの画像アーチファクトを低減させる方法は、他の重要な接眼ディスプレイメトリックとの厳しいトレードオフを有し得る。深刻な波干渉ベースの画像アーチファクトは、直交瞳エクスパンダ（ＯＰＥ）の機能性を実施する回折構造内の光の自己干渉から生じ得る。典型的には、波干渉の大きさは、導波管ディスプレイ内の光のバウンス間隔に対するＯＰＥ下位要素のサイズに比例する。バウンス間隔に対するＯＰＥサイズを低減させるいくつかの方法が、存在する、すなわち、（１）導波管厚を増加させること（これは、接眼ディスプレイを快適に装着するには重すぎするものにし、ディスプレイ明度を低減させる）、（２）ＯＰＥの空間２次元占有面積を低減させること（これは、導波管ディスプレイによってサポートされる最大視野を低減させる）、および／または（３）屈折率を大幅に増加させること（これは、一般的透明ガラス、ポリマー、および結晶内では不可能である）である。これらのトレードオフのため、いくつかの回折導波管ディスプレイは、厚く、低視野画像のみをサポートし得る。

【０２３７】

高視野画像をサポートする薄い導波管ディスプレイにおいてさえ、波干渉ベースの画像アーチファクトを低減させるためのより複雑な方法は、干渉パターンをスクランブリングする試みとして、典型的には、ＯＰＥ内で空間的に変動する位相または振幅摂動の形態において、摂動を回折構造に追加することである。本方法は、波干渉ベースのアーチファクトを正常に除去することができるが、回折構造内の摂動はまた、導波管ディスプレイの内側で伝搬する光ビームの歪曲および波面収差を生じさせ得る。故に、回折摂動方法は、画像鮮明度と厳しいトレードオフを有し、本技法を使用して接眼ディスプレイを通して視認可能なデジタルオブジェクトは、ユーザにぼけて現れ得る。

【０２３８】
本発明の実施形態は、他の技法のトレードオフをもたらし得ない。波干渉で干渉される以前の技法は、必然的に、光を摂動させ、他の望ましくない画像アーチファクトにつながった。本発明の実施形態は、多くの出力画像の重畳を使用し、各個々の画像は、強い摂動されていない波干渉を呈するが、ユーザの眼によるこれらの画像のインコヒーレント総和は、その中の輝度アーチファクトを擬装させる。本開示のいくつかの実施形態は、多くのインコヒーレント出力画像を重畳する一般的方略だけではなく、また、インコヒーレント出力画像を単一導波管ディスプレイ内に生産する具体的方法も説明する。
【０２３９】
図４６は、いくつかの実施形態による、ＶＯＡシステム４６００を図示する、ブロック図である。システム４６００は、プロジェクタ４６０１と、導波管ディスプレイ要素とを含んでもよい。導波管ディスプレイ要素は、本明細書にさらに説明されるように、回折光学要素４６４０と、直交瞳エクスパンダ（ＯＰＥ）４６０８と、射出瞳エクスパンダ（ＥＰＥ）４６０９とを含んでもよい。ＯＰＥ４６０８および／またはＥＰＥ４６０９はまた、いくつかの実施形態では、回折光学要素であると見なされ得る。プロジェクタ４６０１および導波管ディスプレイ要素は、いくつかの実施形態では、接眼ディスプレイデバイス内に含まれてもよい。ＶＯＡに関連する付加的説明は、図２０に関連して提供される。
【０２４０】
図４７Ａは、導波管ディスプレイ４７００Ａのブロック図である。導波管ディスプレイ４７００Ａは、ＯＰＥ４７０８と、ＥＰＥ４７０９とを含んでもよく、これらはともに、瞳拡張デバイスを形成する。導波管ディスプレイ４７００Ａ内の瞳拡張は、出力光ビーム４７２０の２次元アレイ（例えば、数平方センチメートルを被覆する）を作成し、画像をユーザの眼に向かって投影するために、典型的には、入力光ビーム４７１５（例えば、直径１００μｍ～１０ｍｍ）の複数回のクローン化を介して実施され得る。
【０２４１】
本発明者らは、導波管ディスプレイ４７００Ａ等の導波管ディスプレイにおいて、出力光ビーム４７２０のアレイが均一輝度を有し得ないと決定した。さらに、導波管ディスプレイ４７００Ａ内の干渉効果のため、出力光ビーム４７２０のアレイは、ランダム干渉パターンに類似する無秩序輝度プロファイルを有し得る。本タイプの例示的干渉パターンは、光の単一の特定の投影角度に関してＥＰＥから出射する光の空間分布を示す、図４７Ｂに図示される。本空間分布は、本明細書では、「近距離パターン」と称され得る。図４７Ｂは、非均一であって、水平方向、すなわち、ＯＰＥの中に伝搬する光の方向に実質的に沿った方向における強度変調によって特徴付けられる、複数の条痕を含む。
【０２４２】
大視野を提供するために、導波管ディスプレイ４７００Ａ上の回折領域は、面積がより大きくある必要があり得る。しかしながら、これは、導波管ディスプレイ４７００Ａ内の投影された光と回折コンポーネントとの間のより多くの相互作用につながり得る。回折コンポーネントを伴うより多くの相互作用は、干渉効果の増加をもたらし得る。
【０２４３】
波干渉からの画質問題を緩和することは、小視野導波管ディスプレイ（例えば、２０×２０度）では必要がない場合があるが、大視野導波管ディスプレイ（例えば、４０×４０度またはより大きい）では、重要となり得る。したがって、導波管ディスプレイ４７００Ａ等の回折導波管ディスプレイ内の干渉効果を緩和させるために使用され得る、１つのアプローチは、視野を低減させることを含む。干渉を緩和させる別のアプローチは、導波管厚を増加させることを含む。しかしながら、複合現実および／または拡張現実接眼ディスプレイ用途では、低重量と組み合わせて、またはそれに加え、大視野を達成することが、望ましくあり得る。故に、これらのアプローチは、望ましくあり得ない。
【０２４４】
干渉を緩和する別のアプローチは、位相変動を回折領域に追加することを含み、これは、必然的に、位相誤差を光ビームの波面を横断して生じさせる。そのような位相変動は、干

渉パターンを「スクランブリング」させ、干渉効果を除去し得る。しかしながら、画像鮮明度は、低減され、出力画像をぼけてまたは焦点外に現れさせ得る。

【０２４５】

本発明のいくつかの実施形態は、干渉パターンをスクランブリングすることを目的とはせず、むしろ、導波管ディスプレイに複数のインコヒーレント入力を給送する。各入力と関連付けられた出力画像は、依然として、干渉パターンを出力画像内に作成し得る。しかしながら、多くの一意の干渉パターンの重畳は、入力の数が増加するにつれて、ますます均一に現れ得る。

【０２４６】

図４８Ａは、いくつかの実施形態による、導波管ディスプレイ４８００Ａの中への複数の入力を図示する、ブロック図である。導波管ディスプレイ４８００Ａは、ＯＰＥ４８０８Ａと、ＥＰＥ４８０９Ａとを含んでもよく、これらはともに、瞳拡張デバイスを形成する。ＯＰＥ４８０８ＡおよびＥＰＥ４８０９Ａのみを有するように示されるが、導波管ディスプレイ４８００Ａは、２～２０等の任意の数の内部結合要素（例えば、回折格子）を含んでもよいことが検討される。導波管ディスプレイ４８００Ａは、複数の光ビーム４８１０Ａ、４８１５Ａ、４８２０Ａを入力として受光してもよい。光ビーム４８１０Ａ、４８１５Ａ、４８２０Ａは、複数の光源（例えば、複数のプロジェクタ）から受光されてもよい。さらに、光ビーム４８１０Ａ、４８１５Ａ、４８２０Ａは、空間的に変位されてもよく、異なる近距離パターンを有してもよい。

【０２４７】

導波管ディスプレイ４８００Ａ内の瞳拡張は、多くの出力光ビーム４８２５Ａを作成し、画像をユーザの眼に向かって投影するために、入力光ビーム４８１０Ａ、４８１５Ａ、４８２０Ａの複数回のクローン化を介して実施されてもよい。出力光ビーム４８２５Ａは、干渉パターンを出力画像内に作成し得る。しかしながら、多くの出力光ビーム４８２５Ａによって作成された多数の一意の干渉パターンの重畳は、実質的に均一に現れ得る。図４８Ｂは、いくつかの実施形態による、複数の入力光ビームを有する導波管ディスプレイからの出力画像である。図４７Ｂと比較して、図４８Ｂは、より均一であって、殆ど条痕を呈さない。

【０２４８】

図４８Ｃは、いくつかの実施形態による、複数の入力光ビームを使用した導波管ディスプレイ内における複数のインコヒーレント画像の生成のための方法４８００Ｃを図示する、簡略化されたフローチャートである。本方法は、複数の光ビームをプロジェクタから投影させるステップ（４８１０Ｃ）を含む。いくつかの実施形態では、複数の光ビームは、代わりに、複数のプロジェクタから投影される。いくつかの実施形態では、複数の光ビームは、単一プロジェクタ内の複数の光源から投影される。

【０２４９】

本方法はまた、プロジェクタからの複数の光ビームを回折光学要素において受光するステップ（４８２０Ｃ）を含む。回折光学要素は、図４６の回折光学要素４６４０であってもよい。回折光学要素は、複数の光ビームをＯＰＥ（例えば、ＯＰＥ４６０８）に向かって回折する、格子（例えば、内部結合格子）を含んでもよい。いくつかの実施形態では、格子はさらに、複数の光ビームのクローン化を生じさせ、より多数の光ビームをＯＰＥの中に送光させてもよい。

【０２５０】

本方法はさらに、回折光学要素からの複数の光ビームをＯＰＥにおいて受光するステップ（４８３０Ｃ）を含む。ＯＰＥはまた、複数の光ビームをＥＰＥ（例えば、ＥＰＥ４６０９）に向かって回折する、格子を含んでもよい。格子はさらに、複数の光ビームのクローン化を生じさせ、より多数の光ビームをＥＰＥの中に送光させてもよい。加えて、本方法は、ＯＰＥからの複数の光ビームをＥＰＥにおいて受光するステップ（４８４０Ｃ）を含む。

【０２５１】

本方法はまた、複数の光ビームの少なくとも一部を投影された画像として投影させるステップ（４８５０Ｃ）を含む。出力光ビームとも称され得る、複数の光ビームは、干渉パターンを投影された画像内に作成し得る。しかしながら、多くの出力光ビームによって作成された多数の一意の干渉パターンの重畳は、実質的に均一に現れ得る。多くの出力光ビームは、複数の入力光ビームおよび複数の入力光ビームのクローン化の結果であり得る。

【０２５２】

図４８Ｃに図示される具体的ステップは、本発明のある実施形態による、複数のインコヒーレント画像を接眼ディスプレイデバイス内に生成する特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本発明の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図４８Ｃに図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０２５３】

図４９Ａは、いくつかの実施形態による、回折ビームスプリッタ４９１５Ａを利用して導波管ディスプレイ４９００Ａの中に入力される単一光ビーム４９１０Ａを図示する、ブロック図である。導波管ディスプレイ４９００Ａは、ＯＰＥ４９０８Ａと、ＥＰＥ４９０９Ａとを含んでもよく、これらはともに、瞳拡張デバイスを形成する。ＯＰＥ４９０８ＡおよびＥＰＥ４９０９Ａのみを有するように示されるが、導波管ディスプレイ４９００Ａは、任意の数の内部結合要素を含んでもよいことが検討される。導波管ディスプレイ４９００Ａは、単一光ビーム４９１０Ａを入力として受光してもよい。光ビーム４９１０Ａは、単一プロジェクタ（図示せず）から入力として受光されてもよい。

【０２５４】

回折ビームスプリッタ４９１５Ａは、内部結合要素４９０７Ａの下流に設置されてもよく、単一光ビーム４９１０Ａを複数のコピーに分裂させてもよい。回折ビームスプリッタ４９１５Ａは、空間的に分離される、単一光ビーム４９１０Ａのインコヒーレントコピーを生産してもよい。したがって、単一光ビーム４９１０Ａのインコヒーレントコピーは、ともにインコヒーレントに総和され得る、一意の干渉パターンを生産し得る。いくつかの実施形態では、回折ビームスプリッタ４９１５Ａは、ピッチ５０ｎｍ～５００ｎｍの周期的パターンを含んでもよい。

【０２５５】

図４９Ｂは、いくつかの実施形態による、回折ビームスプリッタを使用した導波管ディスプレイ内における複数のインコヒーレント画像の生成のための方法を図示する、簡略化されたフローチャート４９００Ｂである。本方法は、プロジェクタ（例えば、プロジェクタ４６０１）から入力された光を投影させるステップ（４９１０Ｂ）を含む。いくつかの実施形態では、光入力は、単一プロジェクタからの単一光ビームを含んでもよい。

【０２５６】

本方法はさらに、プロジェクタから入力された光を回折ビームスプリッタ（例えば、回折ビームスプリッタ４９１５Ａ）において受光するステップ（４９２０Ｂ）を含む。本方法はさらに、回折ビームスプリッタにおいて光入力を複数の光ビームに分裂させるステップ（４９３０Ｂ）を含む。具体的には、回折ビームスプリッタは、空間的に分離される、光ビームのインコヒーレントコピーを生産し得る。したがって、光ビームのインコヒーレントコピーは、ともにインコヒーレントに総和され得る、一意の干渉パターンを生産し得る。

【０２５７】

本方法はさらに、回折ビームスプリッタからの複数の光ビームをＯＰＥ（例えば、ＯＰＥ４６０８）において受光するステップ（４９４０Ｂ）を含む。ＯＰＥは、複数の光ビームをＥＰＥ（例えば、ＥＰＥ４６０９）に向かって回折する、格子を含んでもよい。格子はさらに、複数の光ビームのクローン化を生じさせ、より多数の光ビームをＥＰＥの中に送光させてもよい。本方法はさらに、ＯＰＥからの複数の光ビームをＥＰＥにおいて受光す

るステップ（４９５０Ｂ）を含む。
【０２５８】
本方法はさらに、複数の光ビームの少なくとも一部を投影された画像として投影させるステップ（４９６０Ｂ）を含む。出力光ビームは、干渉パターンを投影された画像内に作成し得る。しかしながら、多くの出力光ビームによって作成された多数の一意の干渉パターンの重畳は、実質的に均一に現れ得る。多くの出力光ビームは、単一入力光ビームの分裂およびクローン化の結果であり得る。
【０２５９】
図４９Ｂに図示される具体的ステップは、本発明のある実施形態による、接眼ディスプレイデバイス内において複数のインコヒーレント画像を生成する特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本発明の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図４９Ｂに図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。
【０２６０】
いくつかの実施形態では、導波管ディスプレイは、複数の回折要素を含み、入力光ビームを分裂させてもよい。図５０Ａは、いくつかの実施形態による、２つの回折ビームスプリッタ５０１５Ａ、５０２０Ａを利用して導波管ディスプレイ５０００Ａの中に入力された単一光ビーム５０１０Ａを図示する、ブロック図である。２つの回折ビームスプリッタ５０１５Ａ、５０２０Ａを有するように図示および説明されるが、任意の数の回折ビームスプリッタが、本明細書で議論される実施形態に従って使用されてもよいことが検討される。導波管ディスプレイ５０００Ａは、ＯＰＥ５００８Ａと、ＥＰＥ５００９Ａとを含んでもよく、これらはともに、瞳拡張デバイスを形成する。ＯＰＥ５００８ＡおよびＥＰＥ５００９Ａのみを有するように示されるが、導波管ディスプレイ５０００Ａは、任意の数の内部結合要素を含んでもよいことが検討される。導波管ディスプレイ５０００Ａは、単一光ビーム５０１０Ａを入力として受光してもよい。光ビーム５０１０Ａは、単一プロジェクタ（図示せず）から入力として受光されてもよい。
【０２６１】
２つの回折ビームスプリッタ５０１５Ａ、５０２０Ａは、内部結合要素５００７Ａの下流に設置されてもよく、それぞれ、単一光ビーム５０１０Ａを複数のコピーに分裂させてもよい。回折ビームスプリッタ５０１５Ａ、５０２０Ａは、空間的に分離される、単一光ビーム５０１０Ａのインコヒーレントコピーを生産してもよい。したがって、光ビームのインコヒーレントコピー５０１０Ａは、ともにインコヒーレントに総和され得る、一意の干渉パターンを生産し得る。いくつかの実施形態では、回折ビームスプリッタ５０１５Ａ、５０２０Ａは、ピッチ５０ｎｍ～５００ｎｍの周期的パターンを含んでもよい。
【０２６２】
図５０Ｂは、いくつかの実施形態による、複数の回折ビームスプリッタを使用した導波管ディスプレイ内における複数のインコヒーレント画像の生成のための方法を図示する、簡略化されたフローチャート５０００Ｂである。本方法は、プロジェクタ（例えば、プロジェクタ４６０１）から入力された光を投影させるステップ（５０１０Ｂ）を含む。いくつかの実施形態では、光入力は、単一プロジェクタからの単一光ビームを含んでもよい。
【０２６３】
本方法はさらに、プロジェクタから入力された光を第１の回折ビームスプリッタ（例えば、回折ビームスプリッタ５０１５Ａ）において受光するステップ（５０２０Ｂ）を含む。本方法はさらに、第１の回折ビームスプリッタにおいて、光入力を複数の第１の光ビームに分裂させるステップを含む（５０３０Ｂ）。具体的には、第１の回折ビームスプリッタは、空間的に分離される、光ビームのインコヒーレントコピーを生産し得る。したがって、光ビームのインコヒーレントコピーは、ともにインコヒーレントに総和され得る、一意

の干渉パターンを生産し得る。
【０２６４】
本方法はさらに、プロジェクタから入力された光を第２の回折ビームスプリッタ（例えば、回折ビームスプリッタ５０２０Ａ）において受光するステップ（５０４０Ｂ）を含む。本方法はさらに、第２の回折ビームスプリッタにおいて、光入力を複数の第２の光ビームに分裂させるステップ（９５０）を含む。具体的には、第２の回折ビームスプリッタは、空間的に分離される、光ビームのインコヒーレントコピーを生産し得る。したがって、光ビームのインコヒーレントコピーは、ともにインコヒーレントに総和され得る、一意の干渉パターンを生産し得る。
【０２６５】
本方法はさらに、それぞれ、第１および第２の回折ビームスプリッタからの複数の第１の光ビームおよび複数の第２の光ビームをＯＰＥ（例えば、ＯＰＥ５００８Ａ）において受光するステップ（５０６０Ｂ）を含む。ＯＰＥは、複数の第１の光ビームおよび複数の第２の光ビームをＥＰＥ（例えば、ＥＰＥ５００９Ａ）に向かって回折する、格子を含んでもよい。格子はさらに、複数の第１の光ビームおよび複数の第２の光ビームのクローン化を生じさせ、より多数の光ビームをＥＰＥの中に送光してもよい。本方法はさらに、ＯＰＥからの複数の第１の光ビームおよび複数の第２の光ビームをＥＰＥにおいて受光するステップ（５０７０Ｂ）を含む。
【０２６６】
本方法はさらに、複数の第１の光ビームおよび複数の第２の光ビームの少なくとも一部を投影された画像として投影させるステップ（５０８０Ｂ）を含む。出力光ビームは、干渉パターンを投影された画像内に作成し得る。しかしながら、多くの出力光ビームによって作成された多数の一意の干渉パターンの重畳は、実質的に均一に現れ得る。多くの出力光ビームは、単一入力光ビームの分裂およびクローン化の結果であり得る。
【０２６７】
図５０Ｂに図示される具体的ステップは、本発明のある実施形態による、接眼ディスプレイデバイス内において複数のインコヒーレント画像を生成する特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本発明の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図５０Ｂに図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。
【０２６８】
上記に説明される種々の実施形態は、単独で、または任意の組み合わせにおいて実装されてもよいことが検討される。例えば、複数の入力光ビームが、１つ以上の回折ビームスプリッタと組み合わせて、導波管ディスプレイ内で使用されてもよいことが検討される。さらに、接眼ディスプレイ（例えば、複合現実、仮想現実、および／または拡張現実ウェアラブルデバイス）に適用可能であるように本明細書に説明されるが、本発明の実施形態は、遠眼ディスプレイ（例えば、車のフロントガラス）、眼追跡のための赤外線照明器、３次元深度感知、および／または他のコンピュータビジョンシステムにおいて利用されてもよいことが検討される。
（テレセントリックプロジェクタからの反射の抑制）
【０２６９】
いくつかの実施形態によると、接眼ディスプレイデバイス内のテレセントリックプロジェクタからの反射を抑制するためのシステムおよび方法が、提供される。回折光学要素が、テレセントリックプロジェクタからの光を導波管ベースの接眼ディスプレイデバイスの中に結合するために使用されてもよい。反射は、格子を回折光学要素上に実装すること等による、種々の技法のうちの１つ以上のものを通して、テレセントリックプロジェクタに向かって後方に伝搬することを防止されてもよい。

【０２７０】
テレセントリックプロジェクタは、大視野接眼ディスプレイを可能にするために望ましいが、典型的には、プロジェクタと導波管ディスプレイとの間の往復反射から得られる「残影」画像アーチファクトに悩まされる。他の光学システム内の反射を除去するための２つの従来の技法が存在するが、これは、接眼ディスプレイでは、不良な選択肢である。第１に、非テレセントリックプロジェクタが、使用され得るが、これは、ディスプレイアセンブリのサイズおよび重量を増加させ、ディスプレイの最大視野を有意に限定し得る。第２に、光学アイソレータが、円形偏光器に基づいて使用され得る。円形偏光器は、ベアガラスまたは部分的ミラーからの光の反射のように、ナノパターン化を伴わない、デバイスからの後方反射を防止するために良好に機能する。しかしながら、円形偏光器を備える、光学アイソレータは、従来の接眼ディスプレイにおいて使用される１Ｄ格子のような回折光学要素の偏光応答と互換性がない場合がある。導波管ディスプレイにおいて典型的に使用される１Ｄ格子のような回折コンポーネントは、高偏光感度を呈し、ナノパターン化を伴わないベアガラスの偏光応答とは非常に異なる。本発明の実施形態は、円形偏光器と併せて、導波管ディスプレイとプロジェクタとの間の反射を正常に除去し得る、ベアガラスのものを模倣する対称偏光応答を有する、回折光学要素を使用し得る。さらに、本発明の実施形態において使用される一意の回折光学要素は、非対称内部結合効率を有し、導波管ディスプレイ内の後続光学要素への高効率の光学結合を可能にする。
【０２７１】
図５１Ａは、いくつかの実施形態による、テレセントリックプロジェクタシステム５１００Ａを図示する、ブロック図である。テレセントリックプロジェクタシステム５１００Ａは、プロジェクタ５１０１と、導波管ディスプレイ要素５１５０とを含んでもよい。導波管ディスプレイ要素５１５０は、本明細書にさらに説明されるように、内部結合格子と、ＯＰＥ領域と、ＥＰＥ領域とを含んでもよい。プロジェクタ５１０１および導波管ディスプレイ要素５１５０は、いくつかの実施形態では、接眼ディスプレイデバイス内に含まれてもよい。
【０２７２】
図５１Ａのプロジェクタ５１０１は、プロジェクタ５１０１の光学軸が後続光操作デバイス（例えば、導波管ディスプレイ要素５１５０）の光学軸と一致するという点においてテレセントリックである。例えば、図５１Ａでは、プロジェクタ５１０１は、光５１０７Ａを導波管の平面ディスプレイ要素５１５０に対して垂直に投影し得る。テレセントリック配向のため、光５１０７Ａの反射５１０７Ｂは、導波管ディスプレイ要素５１５０からプロジェクタ５１０１の中に後方伝搬し得る。これは、反射５１０７Ｂがプロジェクタ５１０１から再び出射すると、画像アーチファクトを生じさせ得る。これらの画像アーチファクトは、意図される画像上にオーバーレイされた意図される画像の偏移、鏡映、またはコピーとして現れ得る、「残影」画像として露見し得る。これらの画像アーチファクトは、注意を逸らし、全体的ディスプレイシステムのコントラストを低下させ得る。
【０２７３】
画像アーチファクトと関連付けられた問題を解法する１つのアプローチは、非テレセントリック構成の使用を伴う。図５１Ｂは、いくつかの実施形態による、非テレセントリックプロジェクタシステム５１１０Ｂを図示する、ブロック図である。非テレセントリックプロジェクタシステム５１１０Ｂは、プロジェクタ５１０１と、導波管ディスプレイ要素５１５０とを含んでもよい。プロジェクタ５１０１および導波管ディスプレイ要素５１５０は、いくつかの実施形態では、接眼ディスプレイデバイス内に含まれてもよい。
【０２７４】
図５１Ｂのプロジェクタ５１０１は、プロジェクタ５１０１の光学軸が後続光操作デバイス（例えば、導波管ディスプレイ要素５１５０）の光学軸と整合されないという点において非テレセントリックである。例えば、図５１Ｂでは、プロジェクタ５１０１は、導波管ディスプレイ要素５１５０に対する垂直方向に対してある角度で配向されてもよい。非テレセントリック配向のため、光５１０７Ａの反射５１０７Ｂは、導波管ディスプレイ要素

５１５０によって、部分的または完全に、プロジェクタ５１０１から離れるように伝搬され得る。しかしながら、非テレセントリック構成は、色分散および像面湾曲等の収差がより顕著になり得るため、プロジェクタ５１０１の設計をより複雑にし得る。加えて、非テレセントリック構成におけるプロジェクタ５１０１は、テレセントリック構成におけるプロジェクタより大きくある必要があり得、接眼レンズに対する視野を限定し得る。

【０２７５】

したがって、接眼ディスプレイデバイス内のテレセントリックプロジェクタからの反射を抑制するためのシステムおよび方法が、必要とされる。本発明の実施形態は、円形偏光器をテレセントリックプロジェクタと後続光操作デバイス（例えば、回折内部結合要素、導波管瞳エクスパンダ等）との間に実装することによって、本必要性およびその他を満たす。さらに、本発明の実施形態は、非常に低効率を同一方向に伴って、特定の偏光掌性（例えば、右回りまたは時計回り、左回りまたは反時計回り）において円形偏光の反射を呈する、回折内部結合要素を実装してもよい。

【０２７６】

図５２は、いくつかの実施形態による、接眼ディスプレイデバイス内のテレセントリックプロジェクタ５２０１からの反射を抑制するためのシステム５２００を図示する、ブロック図である。システム５２００は、プロジェクタ５２０１と、円形偏光器５２１０と、回折光学要素５２４０と、直交瞳エクスパンダ５２０８と、射出瞳エクスパンダ５２０９とを含んでもよい。回折光学要素５２４０は、本明細書にさらに説明されるように、内部結合格子を含んでもよい。いくつかの実施形態では、システム５２００は、頭部搭載型デバイス等の接眼ディスプレイデバイス内に含まれてもよい。プロジェクタ５２０１の外部にあるように図示および説明されるが、円形偏光器５２１０は、いくつかの実施形態では、プロジェクタ５２０１の内部に位置付けられてもよいことが検討される。いくつかの実施形態では、プロジェクタ５２０１は、偏光回転ベースの空間光変調器を含んでもよい。

【０２７７】

システム５２００は、テレセントリックに投影するように設計され、直交瞳エクスパンダ５２０８および射出瞳エクスパンダ５２０９の１つ以上の表面に位置する回折光学要素５２４０を介して、直交瞳エクスパンダ５２０８および射出瞳エクスパンダ５２０９と結合される、プロジェクタ５２０１を含んでもよい。これらの要素は、本明細書にさらに説明されるように、導波管ディスプレイ要素の要素であってもよい。図５２では、直交瞳エクスパンダ５２０８および射出瞳エクスパンダ５２０９の１つの表面上のみに位置するように示されるが、回折光学要素５２４０は、直交瞳エクスパンダ５２０８および射出瞳エクスパンダ５２０９の２つ以上の表面上に位置してもよいことが検討される。さらに、直交瞳エクスパンダ５２０８および射出瞳エクスパンダ５２０９の１つの表面を完全に被覆するように示されるが、回折光学要素５２４０は、代替として、または加えて、直交瞳エクスパンダ５２０８および射出瞳エクスパンダ５２０９の１つ以上の表面の一部を被覆してもよいことが検討される。

【０２７８】

プロジェクタ５２０１の光学軸は、回折光学要素５２４０および／または直交瞳エクスパンダ５２０８および射出瞳エクスパンダ５２０９に対する面法線と整合されてもよい。円形偏光器５２１０は、回折光学要素５２４０とプロジェクタ５２０１との間に挿入されてもよい。プロジェクタ５２０１は、光５２０７を円形偏光器５２１０上に投影してもよい。円形偏光器５２１０は、光５２０７を受光し、光５２０７を円形に偏光された光に円形に偏光し、特定の掌性（例えば、右回りまたは時計回り、左回りまたは反時計回り）において円形に偏光される、光５２１５を放出してもよい。いくつかの実施形態では、円形に偏光された光５２１５は、複数の視野方向のために円形に偏光されてもよい。回折光学要素５２４０は、本円形に偏光された光５２１５を直交瞳エクスパンダ５２０８および射出瞳エクスパンダ５２０９の全内部反射モードに結合するように設計されてもよい。

【０２７９】

円形偏光器５２１０は、高消光比を有する、種々のコンポーネントのいずれかによって実

装されてもよく、透明および／または吸収材料を含んでもよい。例えば、円形偏光器５２１０は、線形偏光器と、４分の１波プレートとを含んでもよい。別の実施例では、円形偏光器５２１０は、ゼロ次またはより高い次数のダイクロイック偏光器を含んでもよい。別の実施例では、円形偏光器は、複屈折材料の薄膜スタックを含んでもよい。仮に、直交瞳エクスパンダ５２０８、射出瞳エクスパンダ５２０９、および回折光学要素５２４０が、その面法線がプロジェクタ５２０１の軸と整合された状態で配向される、完璧な平面ミラーによって置換される場合、円形偏光器５２１０から出現する円形に偏光された光５２１５は、ミラーから反射し、プロジェクタ５２０１に向かって後方伝搬し、反射は、円形に偏光された光５２１５と反対偏光掌性（例えば、時計回りおよび反時計回り）を有するであろう。したがって、円形偏光器５２１０は、反対偏光掌性を有する入射光を吸収するように選択または構成され得る。

【０２８０】

回折光学要素５２４０は、円形偏光器５２１０から出現する円形に偏光された光５２１５が低効率で同一偏光掌性に反射し、任意の反射が存在する場合、それが反対偏光掌性によって特徴付けられ、回折光学要素５２４０、直交瞳エクスパンダ５２０８、および／または射出瞳エクスパンダ５２０９からの反射後、円形偏光器５２１０によって吸収され得るように設計されてもよい。回折光学要素５２４０の幾何学的構造は、所望の偏光特性を達成するように設計されてもよい。いくつかの実施形態では、回折光学要素５２４０は、格子を含んでもよい。例えば、平坦上部または底部を伴うブレーズド格子または交差格子構造が、本明細書にさらに説明されるように、回折光学要素５２４０上に実装されてもよい。１次元周期性を伴うバイナリ層状またはブレーズド格子は、格子溝に沿って、またはそれと垂直に線形に偏光された光に対して偏光選択的であり得る。

【０２８１】

いくつかの実施形態では、回折光学要素５２４０は、偏光に鈍感なラティス対称性を含んでもよい。完全偏光鈍感性は、高度な対称性を伴う格子を用いて達成され得る。これらの格子は、単位セルが正方形または正六角形である、正方形または三角形対称性を伴うラティスを含んでもよい。各単位セル内の散乱要素は、正方形ラティス実施例におけるＣ４対称性を有する、正方形、十字形、八角形、または任意の他の形状によって形成されてもよい。三角形ラティス実施例では、散乱要素は、Ｃ６対称性を有し得る。これらの格子は、平坦平面界面のものに類似する、反射特性を有し得る。円形偏光器の使用に関連する付加的説明は、図９５Ａおよび関連付けられた説明に関連して提供される。

【０２８２】

図５３Ａは、いくつかの実施形態による、回折光学要素上の正方形ラティス格子構造を図示する、ブロック図である。正方形ラティス格子構造は、複数の正方形ラティス要素５３００Ａを含んでもよい。正方形ラティス要素５３００Ａは、Ｃ４対称性を有し得る。さらに、正方形ラティス要素５３００Ａは、矢印方向（例えば、水平および垂直）に実質的に等しく光を回折し得る。

【０２８３】

図５３Ｂは、いくつかの実施形態による、回折光学要素上の円形の丸みを帯びた要素の格子構造を図示する、写真である。円形の丸みを帯びた要素の格子構造は、複数の円形ラティス要素５３００Ｂを含んでもよい。円形ラティス要素５３００Ｂは、Ｃ４対称性を有し得る。さらに、円形ラティス要素５３００Ｂは、矢印方向（例えば、水平および垂直）に実質的に等しく光を回折し得る。

【０２８４】

いくつかの実施形態では、回折光学要素は、バイナリ、多段階、またはブレーズド格子を含んでもよい。格子は、「交差」または「横切」されてもよい。例えば、ブレーズド格子は、ブレーズ溝と垂直にエッチングされた溝を有してもよい。回折効率を最適化するために、垂直溝の周期は、光の波長を下回り、垂直方向に沿った回折を抑制し得る。周期の正確な値は、接眼ディスプレイデバイスの設計される視野に依存し得るが、一次格子ピッチ未満であり得る。

【０２８５】
図５４Ａは、いくつかの実施形態による、回折光学要素５４１０Ａのバイナリ格子隆起５４２０Ａの上面図である。バイナリ格子隆起５４２０Ａは、光５４３０Ａを矢印方向に等しく回折し得る。図５４Ｂは、いくつかの実施形態による、回折光学要素５４１０Ｂの横切バイナリ格子隆起５４２０Ｂの上面図である。図５４Ｂの横切バイナリ格子隆起５４２０Ｂは、細線を図５４Ａのバイナリ格子隆起５４２０Ａに切り込むことによって生産されてもよい。横切バイナリ格子隆起５４２０Ｂは、低減された偏光感度を有するが、依然として、光５４３０Ｂを矢印方向に等しく回折し得る。さらに、横切バイナリ格子隆起５４２０Ｂは、回折を抑制しながら、同時に、反射を投入された光と同一偏光状態に低減させ得る。図５４Ａおよび５４Ｂに示される格子は、高対称性を伴うラティスに対して、４つまたは６つではなく、２つの方向のみに等しく回折させ得る。
【０２８６】
いくつかの実施形態では、回折光学要素は、１つの方向において他方の方向より強く回折するように設計される、格子を有してもよい。これは、望ましくない方向における回折に対して損失する実質的量の光が存在するので、高度なラティス対称性を伴う格子の使用を排除し得る。図５５は、いくつかの実施形態による、回折光学要素５５１０の横切斜向格子隆起５５２０の上面図である。図５５では、格子５５２０は、格子を構成する散乱要素の形状を最適化することによって、２つの方向のうちの１つ（例えば、右方向５５３０Ｂとは対照的に、左方向５５３０Ａ）に向かって斜向を導入するように精緻化されている。例えば、図５４Ｂの長方形要素は、三角形要素と置換され、１つの方向により強く回折する格子を生産してもよい。図５６は、いくつかの実施形態による、回折光学要素５６１０上の三角形要素格子構造５６２０を図示する、写真である。図５６は、加工されたままの状態の図５５に図示される格子構造を表し得る。図５７は、いくつかの実施形態による、回折光学要素５７１０上の卵形要素格子構造５７２０を図示する、写真である。
【０２８７】
種々のプロセスが、本明細書に説明される格子を加工するために使用されてもよい。例えば、電子ビームリソグラフィが、使用されてもよい。電子ビームリソグラフィに従って、電子ビームレジストが、ウエハ上に吐出され、電子ビームが、パターン面積にわたって走査され、レジストが、現像され、次いで、エッチングプロセスが、パターンをウエハに転写するために使用されてもよい。代替として、レジストは、直接、表面起伏パターンとして使用されてもよい。レジストは、正または負であってもよい（すなわち、露光される面積は、ピットまたはメサのいずれかであってもよい）。エッチングプロセスは、ドライ（例えば、反応性イオンエッチング、化学支援イオンビームエッチング等）またはウェット（例えば、水酸化カリウム浴）であってもよい。本プロセスは、高分解能パターンを生産し得、したがって、鮮明な幾何学的特徴が、生産され得る（例えば、２０ｎｍ分解能まで）。
【０２８８】
別の実施例では、レチクルフォトマスクを伴う走査紫外線（ＵＶ）リソグラフィが、使用されてもよい。レチクルフォトマスクは、周期的格子パターンから、いくつかの実施形態では、ある拡大係数（例えば、４または５倍）で作製されてもよい。レチクルは、ＵＶリソグラフィシステム内のマスクとして使用され、ウエハ上に吐出されたフォトレジストを露光し得る。レジストは、現像されてもよく、パターンが、上記に説明されるもの等のエッチングプロセスを介して、ウエハに転写されてもよい。本プロセスは、数十ナノメートルの分解能に限定され得る。多重露光もまた、本明細書にさらに説明されるように、採用されてもよい。
【０２８９】
別の実施例では、二光子重合が、使用されてもよい。液相レジストが、基板上に吐出されてもよく、非共線形低エネルギー（すなわち、重合閾値エネルギーの半分を下回るエネルギー）光子の２つのビームが、パターン場所に指向される。ビームが交差する場所において、二光子化学プロセスが、レジストを重合し、それを架橋結合された固体に変える。レ

ジストは、現像されてもよく、重合され、パターン化された面積は、残り得る。パターンは、直接、使用される、または上記に説明されるもの等のエッチングプロセスを使用して、基板に転写されてもよい。本プロセスは、緩慢であり得るが、非常に高い分解能であることが可能である。

【０２９０】

別の実施例では、多重露光干渉リソグラフィが、使用されてもよい。非共線形コヒーレント光の２つのビームが、レジストコーティングされた基板に指向されてもよい。ビームが、建設的に干渉する場所において、レジストは、露光されてもよく、ビームが、破壊的に干渉する場所において、レジストは、露光されなくてもよい。ビームは、同一方向に偏光される近似平面波であって、線の周期的アレイから成る干渉パターンをもたらし得る。本プロセスは、線から成る１次元の周期的格子のために使用されてもよい。本プロセスは、線が相互に垂直ではない多重露光を実施し、例えば、正方形または六角形単位セルを伴う２次元の周期的格子を画定することによって拡張され得る。

【０２９１】

別の実施例では、集束イオンビームミリングが、使用されてもよい。例えば、ガリウムイオンのビームが、基板に衝打し、材料を物理的にスパッタリングし、アブレートして除去するように加速されてもよい。パターンは、基板から「掘設」されてもよい。本プロセスは、緩慢であるが、高分解能であり得る。しかしながら、アブレートされた材料は、再堆積する傾向にあり得る。

【０２９２】

別の実施例では、自己集合マスクが、使用されてもよい。懸濁液中の（例えば、ポリスチレン）ビーズまたは粒子のセットが、基板上に設置されてもよい。蒸発を通して、粒子が、表面張力に起因して、規則的周期的アレイに自己集合する傾向にあり得る。これらの自己集合パターンは、正しい周期性を保有し、回折構造自体またはパターン転写のための物理的エッチングマスクのいずれかとして作用し得る。これらの自己集合構造はまた、それらが集合解除することを防止するために固定を要求し得る。

【０２９３】

格子はまた、大量生産されてもよい。種々の技法が、格子を大量生産するために使用されてもよい。例えば、ナノインプリントリソグラフィが、使用されてもよい。マスタテンプレート表面起伏パターンが、複製物を刻設するために使用されてもよい。本マスタテンプレートは、堅性（直接、エッチングされたシリコンウエハを使用して、付加的ウエハを刻設する等）、または可撓性（ポリマー基板のロール上の表面起伏パターン等）であってもよい。加えて、いくつかの回折構造は、新しいパターンをリソグラフィで露光させるために使用され得る、近距離または空中回折パターンを生産するために照明されてもよい。

【０２９４】

図５８は、本発明のある実施形態による、接眼ディスプレイデバイス内のテレセントリックプロジェクタからの反射を抑制する方法を図示する、簡略化されたフローチャート５８００である。本方法は、光をプロジェクタから投影させるステップ（５８１０）を含む。プロジェクタは、例えば、本明細書に説明されるプロジェクタのいずれかであってもよい。プロジェクタは、光を回折光学要素と垂直に投影するように構成されてもよい。プロジェクタは、偏光回転ベースの空間光変調器を含んでもよい。

【０２９５】

本方法はさらに、投影された光を円形偏光器において受光するステップを含む（５８２０）。いくつかの実施形態では、円形偏光器は、線形偏光器と、４分の１波プレートとを含んでもよい。いくつかの実施形態では、円形偏光器は、ゼロ次またはより高い次数のダイクロイック偏光器を含んでもよい。いくつかの実施形態では、円形偏光器は、薄膜スタックまたは複屈折材料を含んでもよい。円形偏光器は、例えば、本明細書に説明される円形偏光器のいずれかであってもよい。

【０２９６】

本方法はさらに、投影された光を、第１の偏光掌性によって特徴付けられる円形に偏光さ

れた光に円形に偏光するステップ（５８３０）を含む。第１の偏光掌性は、右回り（すなわち、時計回り）または左回り（すなわち、反時計回り）であってもよい。円形に偏光された光は、複数の視野方向のために円形に偏光されてもよい。

【０２９７】

本方法はさらに、円形偏光器からの円形に偏光された光を回折光学要素において受光するステップ（５８４０）を含む。回折光学要素は、例えば、本明細書に説明される回折光学要素のいずれかであってもよい。回折光学要素は、例えば、内部結合格子等の格子を含んでもよい。格子は、バイナリ格子、多段階格子、またはブレーズド格子のうちの少なくとも１つを含んでもよい。格子は、偏光に鈍感なラティス対称性を含んでもよい。偏光に鈍感なラティス対称性は、正方形ラティス対称性または三角形ラティス対称性のうちの少なくとも１つを含んでもよい。

【０２９８】

本方法はさらに、回折光学要素からの円形に偏光された光を直交瞳エクスパンダにおいて受光するステップ（５８５０）を含む。直交瞳エクスパンダは、例えば、本明細書に説明されるＯＰＥのいずれかであってもよい。いくつかの実施形態では、回折光学要素および／または直交瞳エクスパンダは、第１の偏光掌性と反対の第２の偏光掌性において円形に偏光された光の反射を反射させてもよい（すなわち、第１の掌性は、右回りであってもよい一方、第２の掌性は、左回りであってもよい、またはその逆であってもよい）。回折光学要素は、第１の偏光掌性において円形に偏光された光の任意の反射を抑制しながら、第２の偏光掌性において円形に偏光された光の反射を円形偏光器に通過させるように構成されてもよい。これらの実施形態では、円形偏光器は、第２の偏光掌性において円形に偏光された光の反射を吸収し得る。本方法はさらに、直交瞳エクスパンダからの円形に偏光された光を射出瞳エクスパンダにおいて受光するステップ（５８６０）を含む。本方法はさらに、円形に偏光された光の少なくとも一部を投影された画像として投影させるステップ（５８７０）を含む。

【０２９９】

図５８に図示される具体的ステップは、本発明のある実施形態による、接眼ディスプレイデバイス内のテレセントリックプロジェクタからの反射を抑制する特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本発明の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図５８に図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

（可変幾何学形状回折光学要素）

【０３００】

本発明のいくつかの実施形態によると、バイナリ格子高の空間変調を介して、回折構造（例えば、回折格子領域）の回折効率および／または光学位相を変調することによって、ライトフィールド導波管ディスプレイの画質を改良する、方法およびシステムが、提供される。格子高変調を利用することによって、本発明の実施形態は、性能導波管ディスプレイに悪影響を及ぼす、１つ以上の画像アーチファクト、すなわち、Ａ）多くの場合、出力画像内の暗色帯域または条痕として現れる、干渉ベースの画像アーチファクト、およびＢ）眼位置に対する画像明度における変動を緩和させる。本明細書に説明されるように、光学構造を加工する方法は、グレースケールリソグラフィ、多重リソグラフィ露光とエッチングプロセスの使用、および同等物の使用を含むことができる。

【０３０１】

多数の利点が、従来の技法に優る本発明の方法によって達成される。例えば、本発明の実施形態は、格子高の空間変調を介して、格子領域の回折効率および／または光学位相を変調することによって、ライトフィールド導波管ディスプレイの画質を改良する、方法およびシステムを提供する。格子のための典型的トップダウン加工プロセスでは、格子高は、

リソグラフィにおいて規定されることができず、故に、本発明の実施形態は、格子高の空間変動を作成するために好適な高度な後処理技法を提供する。故に、格子を利用する典型的ライトフィールド導波管ディスプレイは、１つのみまたは少数の格子高を有するように設計が限定される。導波管ディスプレイ内の異なる格子領域間の可変回折効率および／または光学位相は、高明度、高輝度均一性、高色均一性、高鮮明度、および低干渉ベースの画像アーチファクトを伴う画像を生産するために望ましい。本明細書に説明される実施形態とは対照的に、典型的導波管ディスプレイは、格子デューティサイクル、ピッチ、および角度を変動させることによって、異なる格子領域間の回折効率および／または光学位相のみを操作する。可変格子デューティサイクルは、回折効率および光学位相の非常にわずかな調整範囲を可能にする。可変格子ピッチおよび角度は、光学位相の大きな調整範囲を可能にするが、導波管ディスプレイ内の歪曲およびぼけを犠牲にする。可変格子高は、無視可能な歪曲およびぼけを伴って、回折効率および光学位相の大きな調整範囲を可能にする。

【０３０２】

本発明のいくつかの実施形態は、回折効率を変調し、および／または複数の伝搬経路の相対的位相をランダム化し、これらの干渉効果を低減または排除させることによって、画像アーチファクトを低減させる。本明細書に説明されるように、ランダム化は、所望に応じて、回折効率における変動をもたらす、位置の関数として格子高を変調することによって達成されることができる。例えば、ＯＰＥの各領域または下位区分内の格子高の可変分布は、光学位相を摂動させ、ＯＰＥ内の全ての可能性として考えられる光学経路間のコヒーレンスが低減されるため、出力画像の干渉ベースの画像アーチファクトを低減させるであろう。さらに、ＥＰＥ内の格子の高さの段階的な変動は、出力画像内の視野を横断した明度均一性および異なる眼位置を横断した明度均一性を増加させるであろう。

【０３０３】

図５９Ａは、本発明のある実施形態による、一定回折効率によって特徴付けられる回折構造の平面図を図示する、簡略化された概略図である。図５９Ａでは、本明細書に説明されるようなＯＰＥまたはＥＰＥの要素であり得る、回折構造５９３０、または光をプロジェクタから接眼レンズ層の中に結合する、内部結合格子（ＩＣＧ）は、側方（すなわち、接眼レンズ層の平面と平行な）位置の関数として、回折効率が均一である。実施例として、位置の関数として均一格子深度を有する、ＯＰＥは、ＯＰＥを横断して一定回折効率をもたらし得る。

【０３０４】

図５９Ｂは、本発明のある実施形態による、異なる回折効率の領域によって特徴付けられる回折構造の平面図を図示する、簡略化された概略図である。図５９Ａに図示される位置の関数としての一定回折効率とは対照的に、図５９Ｂは、位置の関数としての異なる回折効率を図示する。図５９Ｂに図示される実施例では、４つの異なる回折効率が、灰色の４つの異なる陰影（すなわち、白色（５９４２）、薄灰色（５９４４）、濃灰色（５９４６）、および黒色（５９４８））によって表される領域によって図示される。実施例として、白色領域５９４２は、最低回折効率を表し得、黒色領域５９４８は、最高回折効率を表し得、薄灰色５９４４および濃灰色５９４６領域は、中間回折効率を表す。

【０３０５】

領域間の回折効率の差異は、特定の用途に応じて、一定または変動し得る。さらに、異なる回折効率によって特徴付けられる４つの領域が、図５９Ｂに図示されるが、これは、本発明のいくつかの実施形態によっては、要求されず、より多数の領域またはより少数の領域が、利用されることができる。本明細書により完全に説明されるように、特定の実施形態では、第１の領域（例えば、白色領域５９４２）は、第１の格子深度を有し、第２の領域（例えば、黒色領域５９４８）は、第１の格子深度を上回る第２の格子深度を有し、それによって、白色領域のために達成されるものより高い回折効率を黒色領域に提供する。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３０６】

図５９Ｂに図示される実施形態では、各領域において、回折効率は、一定である。領域のサイズは、特定の用途に応じて、変動し得、例えば、約１０μｍ～数ミリメートルの寸法を伴う。実施例として、ＯＰＥのサイズが、一辺が約３ｍｍであって、領域のサイズが、一辺が約０．３ｍｍである場合、ＯＰＥは、約１００の領域を含み得る。図５９Ｂに図示される実施例では、異なる回折効率によって特徴付けられる領域は、ランダムに分散されるが、これは、本発明によって要求されるものではない。他の実装では、隣接する領域間の回折効率の差異は、所定の閾値を下回るように設定される、正弦波パターンに追従する、単調に増加または減少する、単調増加または減少関数にランダム性が付与される、算出ホログラム設計によって決定される、自由形態レンズ設計によって決定される、または同等物であり得る。

【０３０７】

したがって、図５９Ｂに図示されるように、本発明のいくつかの実施形態は、側方位置の関数として格子構造の高さレベルを、空間的に変動させ、位置の関数として回折効率を修正する。いくつかの異なる加工アプローチが、本明細書により完全に説明されるように、回折効率および／または光学位相を空間的に制御し、導波管ディスプレイの画質を改良するために使用されることができる。実施例として、導波管ディスプレイでは、ＯＰＥおよび／またはＥＰＥ格子領域は、多くの領域に分割されることができ、各領域は、ＯＰＥおよび／またはＥＰＥを構成する１つ以上の他の領域と異なる格子高を有する。

【０３０８】

図５９Ｃは、本発明の別の実施形態による、異なる回折効率の領域によって特徴付けられる回折構造の平面図を図示する、簡略化された概略図である。図５９Ｃに図示される実施形態では、領域サイズは、図５９Ｂに図示されるものより小さく、増加数の領域をもたらす。例えば、一辺が約３ｍｍであって、領域サイズが約０．１ｍｍのＯＰＥに関して、ＯＰＥは、約９００の領域を含み得る。当業者に明白であろうように、特定の領域サイズは、特定の用途に応じて選択されることができる。異なる回折効率の数は、図５９Ｂに図示されるように、４つの異なる回折効率であることができる、またはより多数または少数であることができる。図５９Ｃに図示される実施形態では、回折効率は、各領域において一定であって、領域間の差異は、位置の関数として回折効率における変動を提供する。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３０９】

図６０Ａ－Ｈは、本発明のいくつかの実施形態による、グレースケールリソグラフィを使用して可変回折効率格子を加工するためのプロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。

【０３１０】

図６０Ａ－Ｈに図示されるように、グレースケールリソグラフィは、位置の関数として可変回折効率を伴う回折構造（例えば、回折格子）を形成するために利用される。当業者に明白であろうように、グレースケールリソグラフィは、現像後のフォトレジスト（すなわち、レジスト）の厚さが局所露光用量によって決定される、リソグラフィ技法である。用量の空間分布は、透過率が異なる領域内で変動する、フォトマスクによって達成されることができる。図６０Ａを参照すると、マスク６００７は、入射光６００５に露光される。マスク６００７は、位置の関数として段階的な透過率、例えば、第１の側（例えば、左側）上に高透過率、第２の側（例えば、右側）上に低透過率を有する。透過率は、線形または非線形に段階的であることができる。グレースケールリソグラフィに加え、電子ビームリソグラフィまたはレーザ書込等の他の直接書込技法も、用量分布を空間的に制御するために使用されることができ、本発明の実施形態に適用可能である。

【０３１１】

基板６０１０（例えば、シリコン、シリカ、または同等物）は、硬質マスク層６０１２およびレジスト層６０１４でコーティングされる。ある実施形態では、硬質マスク層は、SiO_2または他の好適な材料を使用して形成される。いくつかの実施形態では、硬質マスク層は、酸化プロセスを使用して形成されることができ、したがって、用語「コーティン

グされた」の使用は、堆積以外のプロセスを含む。マスク６００７を使用した露光に応じて、高透過率（例えば、左側）を伴うマスクの部分に隣接するレジストは、より低い透過率（例えば、右側）を伴うマスクの部分に隣接するレジストより高い用量を受光する。

【０３１２】

図６０Ｂは、露光および現像後のレジストプロファイルを図示する。より高い用量が高透過率を伴うマスクの部分に隣接して受光されることに起因して、レジスト層６０１４の高さは、位置の関数として薄い値からより厚い値にテーパ状にされる。レジスト／硬質マスク層のエッチングが、次いで、実施される。

【０３１３】

図６０Ｃは、図６０Ｂに図示されるレジストプロファイルを使用してエッチング後のエッチングプロファイルを図示する。レジストプロファイルは、本実施形態では、「比例ＲＩＥ」によって硬質マスク層に転写される。本プロセスでは、レジストは、下層材料のエッチングを遅延させ、遅延は、エッチング厚に比例するであろう。レジストのエッチング率と下層材料のエッチング率との間の比率は、レジストプロファイルとエッチングプロファイルとの間の垂直比例性を決定する。図６０Ｃに示されるように、レジストプロファイル内に存在する高さ差異は、硬質マスク層６０２５に転写され、硬質マスク層の厚さが位置の関数として変動するため、テーパ状プロファイルを伴う硬質マスク層をもたらしている。図６０Ｄは、テーパ状硬質マスク層６０２５上のレジスト層６０３０内に画定される回折構造の形成を図示する。例えば、パターン化されたレジスト層は、当業者に明白であろうように、レジストの吐出およびパターン化によって形成されることができる。ＵＶ、ＥＢＬ、またはナノインプリントを含む、リソグラフィプロセスは、所望の回折構造を伴う硬質マスク層をパターン化するために使用されることができることに留意されたい。

【０３１４】

図６０Ｅは、硬質マスク層内の回折構造の形成を図示し、これは、続いて、格子構造を基板内に形成するために使用される、テーパ状エッチングマスクを提供するであろう。図６０Ｅでは、エッチングプロセスが、硬質マスク材料（例えば、SiO_2）内の高エッチング率および基板材料（例えば、シリコン）の低エッチング率によって特徴付けられるように利用される。本エッチングプロセスは、位置の関数として厚さが変動する、テーパ状エッチングマスク材料内の格子構造の周期性を含む、テーパ状エッチングマスクを形成する。

【０３１５】

図６０Ｆは、レジスト層６０３０の除去と、テーパ状エッチングマスクおよび比例エッチングプロセスを使用した基板の初期エッチングとを図示する。図６０Ｇは、マスタ６０４５と、図６０Ｆに図示されるテーパ状エッチングマスクを使用してエッチング後のエッチングプロファイルとを図示する。図６０Ｇに示されるように、テーパ状エッチングマスク内に存在する高さ差異が、基板に転写されており、領域６０５０（グレースケールマスクのより高い透過率領域と関連付けられる）内のより浅いエッチング（すなわち、より低い格子高）と、領域６０５２内のより深いエッチング（すなわち、より高い格子高）とを伴う。実施例として、格子歯間の高さにおける変動は、所定の範囲、例えば、５ｎｍ～５００ｎｍにわたって変動することができる。したがって、図６０Ｇに図示されるように、本発明の実施形態は、グレースケールリソグラフィプロセスを利用して、位置の関数として変動する格子高、その結果、可変回折効率を伴う回折構造を有する、マスタを形成する。グレースケールマスク内の線形透過率変動の結果として、格子高における線形増加が、図６０Ｇに図示されるが、本発明は、本線形プロファイルに限定されず、所定の高さ変動を有する他のプロファイルも、本発明の範囲内に含まれる。単一可変高領域が、図６０Ｇに図示されるが、本単一領域は、複数の異なる回折効率の領域を図示する、図５９Ｂに照らして検討されるべきであることに留意されたい。格子高のテーパ状は、したがって、特定の領域と関連付けられた所定の格子高と組み合わせられ、領域内および領域間の両方の回折効率における変動を提供することができる。さらに、本明細書に議論されるように、図６０Ｇに図示される可変高領域のサイズ未満の長さスケールで透過率が変動する、グレースケールマスクの使用は、格子歯の周期性のスケールで異なる量の光を通過させ、歯毎に

変動する格子高プロファイルをもたらす、グレースケールマスクの使用を可能にする。したがって、離散領域に加え、本発明の実施形態は、連続変動実装も含む。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３１６】

図６０Ｈは、マスタ６０４５を使用して加工する、サブマスタ６０６０を図示し、これは、付加的コピーをインプリントするための複製プロセスにおいて使用されることができる。サブマスタ６０６０によって図示されるように、マスタ内に存在する所定のパターン化された構造の補完物を有するであろう。例えば、図６０Ｇに図示されるマスタは、格子構造の底部と整合される平面表面６０６２を有するため、サブマスタ６０６０は、平面表面６０６４と整合される格子構造の上部を有する。

【０３１７】

図６０Ｈに図示される実施形態では、回折光学要素は、平面上部表面６０６２によって特徴付けられ、回折構造は、基板内の可変距離まで延在する。言い換えると、格子線の上部は、同一平面である。対照的に、図６２Ｃに図示される実施形態では、回折光学要素は、基板内の一定深度まで延在し、回折効率における差異は、一定深度平面に対する回折要素高における差異から生じる。言い換えると、格子線の底部は、同一平面である。

【０３１８】

複製プロセスは、格子の上部が同一平面である回折構造を格子の底部が同一平面である回折構造に変換することができることに留意されたい。付加的複製プロセスは、反対の変換を提供することができる。図６０Ｇおよび６０Ｈを参照すると、図６０Ｇでは、格子線の底部は、平面６０６１と同一平面である。図６０Ｇに図示される構造が、複製される場合、図６０Ｈに図示される構造は、格子線の上部が上部表面６０６２と同一平面であるように生産される。当業者に明白であろうように、図６０Ｈに図示される構造の複製は、図６０Ｇに図示される構造の生産をもたらすであろう。したがって、２つの複製プロセスは、オリジナル金型のコピーを生産することができる。

【０３１９】

図６１Ａ－Ｃは、本発明のある実施形態による、異なる表面高を伴う領域を加工するためのプロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。本明細書に説明されるように、グレースケールリソグラフィが、異なる表面高を伴う領域を形成するために利用されることができる。図６１Ａを参照すると、マスク６１１０が、入射光６１０５に露光される。マスク６１１０は、第１の透過率によって特徴付けられる第１の領域６１１２と、第１の透過率を上回る第２の透過率によって特徴付けられる第２の領域６１１４とを有する。基板６１２０は、レジスト層６１２２でコーティングされる。マスク６１１０を使用した露光に応じて、第２の領域６１１４に隣接するレジストは、第１の領域６１１２に隣接するレジストより高い用量を受光する。

【０３２０】

図６１Ｂは、露光および現像後のレジストプロファイルを図示する。より高い用量が第２の領域６１１４に隣接して受光されることに起因して、領域６１３２内のレジストの高さは、領域６１３０内のレジストの高さ未満である。

【０３２１】

図６１Ｃは、図６１Ｂに図示されるレジストプロファイルを使用したエッチング後のエッチングプロファイルを図示する。図６１Ｃに示されるように、レジストプロファイル内に存在する高さ差異が、基板に転写されており、領域６１４２内のより深いエッチング（すなわち、より低い表面高）と、領域６１４０内のより浅いエッチング（すなわち、より高い表面高）とを伴う。したがって、本発明の実施形態は、グレースケールリソグラフィプロセスを利用して、グレースケールマスク内に存在するグレースケールパターンの関数として変動する高さを伴う表面プロファイルを形成する。

【０３２２】

図６２Ａ－Ｃは、本発明のある実施形態による、異なる回折効率を有する格子を伴う領域を加工するためのプロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。図６２Ａ

－Ｃに図示される実施形態では、基板６２１０は、回折光学要素の一部を形成するように処理される、格子構造６２１５を含む。

【０３２３】

図６２Ａでは、加工プロセスは、平面かつ平行な上部および底部表面によって特徴付けられる基板から開始する、すなわち、上部表面は、底部表面に対して傾斜されない。回折構造は、格子線の上部が、平面であって、格子高における変動が、格子要素が基板の中に延在する距離における差異と関連付けられるように、基板の中にエッチングされる。

【０３２４】

基板６２１０は、支持表面６２０１と、支持表面と反対の格子表面６２０３とを含む。格子表面６２０３は、本実施形態では、均一格子高によって特徴付けられる、格子構造の上部と整合される。格子構造６２１５は、図６２Ａでは、基板材料内に加工されるように図示されるが、これは、本発明によって要求されないものであって、格子構造は、図６３Ａおよび図６４Ａに図示されるように、基板と異なる材料から作製され、いくつかの実施形態では、マスクとして使用されることができる。

【０３２５】

図６２Ａを参照すると、マスク６２０７は、入射光６２０５に露光される。マスク６２０７は、第１の透過率によって特徴付けられる第１の領域６２１２と、第１の透過率を上回る第２の透過率によって特徴付けられる第２の領域６２１４とを有する。基板６２１０は、レジスト層６２２０でコーティングされる。マスク６２０７を使用した露光に応じて、第２の領域６２１４に隣接するレジストは、第１の領域６２１２に隣接するレジストより高い用量を受光する。

【０３２６】

図６２Ｂは、露光および現像後のレジストプロファイルを図示する。より高い用量が第２の領域６２１４に隣接して受光されることに起因して、領域６２３２内のレジストの高さは、領域６２３０内のレジストの高さ未満である。

【０３２７】

図６２Ｃは、図６２Ｂに図示されるレジストプロファイルを使用したエッチング後のエッチングプロファイルを図示する。図６２Ｃに示されるように、レジストプロファイル内に存在する高さ差異は、格子構造６２１５に転写されており、格子構造の一部は、領域６２４２内で除去され、オリジナル格子構造は、領域６２４０内に保存される。格子歯間のレジストの存在は、格子構造の上部のエッチングを可能にしながら、格子構造の底部のエッチングを防止する。故に、図６２Ｃに図示されるように、領域６２４２内の格子の高さは、領域６２４０内の格子の高さ未満であって、格子が異なる回折効率を有する領域をもたらす。

【０３２８】

図６２Ｃに図示される実施形態では、異なる格子高を伴う２つの領域６２４０および６２４２が、図示されるが、本発明は、２つの領域に限定されず、異なる高さを伴う付加的領域が、加工されることができる。図５９Ｂを参照すると、４つの異なるタイプの領域が、回折構造を横断してランダムに分散されるように図示される。いくつかの実施形態では、４つより少ないまたはより多い異なる領域が、利用される。単一露光を使用して、位置の関数として変動する高さを伴うレジストの領域の形成が、遂行されることができ、レジスト変動が、次いで、可変高および対応する回折効率の格子に転写される。本明細書に議論されるように、領域間の回折効率の変動は、ランダム、単調に増加または減少する、単調増加または減少関数にランダム性が付与される、正弦波パターン、算出ホログラム設計によって決定される、自由形態レンズ設計によって決定される、または同等物であり得る。

【０３２９】

図６２Ｃに図示される領域は、各領域６２４０および６２４２内に均一格子高を有するが、これは、本発明によって要求されるものではないことに留意されたい。領域サイズ未満の長さスケールで変動するグレースケールマスクを利用して、領域内の格子高における変動および領域間の格子高における変動が、実装されることができる。最も一般的場合では

、グレースケールマスクは、格子歯の周期性のスケールで異なる量の光を通過させ、歯毎に変動する格子高プロファイルをもたらすように使用されることができる。したがって、離散領域に加え、本発明の実施形態は、連続変動実装を含む。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３３０】

図６３Ａ－Ｈは、本発明のある実施形態による、異なる回折効率によって特徴付けられる領域を加工するための多段階エッチングプロセスの使用を図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。図６３Ａを参照すると、加工プロセスは、基板６３０２から開始し、その上には、パターン化された硬質マスク６３０４（例えば、SiO_2硬質マスク）が存在する。実施例として、パターン化された硬質マスク６３０４は、所定の周期性（例えば、約２００ｎｍ～４００ｎｍ）および高さ（例えば、約１０μｍ～５００μｍ）を伴う回折格子であり得る、回折光学要素と関連付けられたパターンを有することができる。以下に説明されるように、エッチング率を含む、異なる性質を伴う材料の使用は、マスクする材料としてのパターン化された硬質マスクの使用を可能にする。基板６３０２とパターン化された硬質マスク６３０４の組み合わせは、基板構造６３０６と称され得る。図６３Ｂは、レジスト層６３１０での基板構造６３０６のコーティングを図示する。第１のリソグラフィプロセスは、図６３Ｃに図示され、これは、レジスト層６３１０によって被覆される領域６３１２と、レジストが、除去され、パターン化された硬質マスク６３０４の一部を露光させる、領域６３１４とを画定する。２つのみの領域が、図６３Ｃに図示されるが、本発明は、単に、２つの領域に限定されず、付加的領域が、特定の用途の必要に応じて提供されることができることを理解されるであろう。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３３１】

図６３Ｄは、露光される部分内の格子特徴を第１の距離D_1だけ基板の中に延在させるために使用される、第１のエッチングプロセス（レベル１エッチング）を図示する。本明細書に図示されるように、概して、複数のエッチングプロセスステップのため、パターン化された硬質マスクと基板との間の選択性を提供する、選択的エッチングプロセスを使用することが望ましい。

【０３３２】

第２のリソグラフィプロセスは、図６３Ｅに図示され、これは、レジストによって被覆される領域６３２２（本第２のリソグラフィプロセスのためのレジストでのコーティングは、利便性の目的のために図示されない）と、レジストが、除去され、第１のリソグラフィプロセスの間に露光された部分と異なる、パターン化された硬質マスク６３０４の一部を露光させる、領域６３２４とを画定する。図６３Ｆは、露光される部分内の格子特徴を第２の距離D_2だけ基板の中に延在させるために使用される、第２のエッチングプロセス（レベル２エッチング）を図示する。図６３Ｃおよび６３Ｆを参照すると、領域６３１４および６３２４が重複する、基板の面積が、第１および第２のエッチングプロセスの両方においてエッチングされ、D_1+D_2の距離まで延在する、格子特徴をもたらす。

【０３３３】

図６３Ｇは、レジストの除去を図示し、図６３Ｈは、所定のパターン化された構造を伴うマスタを提供するためのパターン化された硬質マスクの除去を図示する。

【０３３４】

本発明の実施形態は、所定の高さ変動およびその結果としての回折効率を含む、格子プロファイルを形成するために、最初は均一な格子構造を使用して、所定のプロファイルの転写を可能にする。本プロセスは、ブール論理項では、「ＡＮＤ」演算としてグレースケールマスクと関連付けられたプロファイルが格子構造と組み合わせられる、「ＡＮＤ」演算を効果的に実施すると見なされ得る。

【０３３５】

いくつかの実施形態では、付加的エッチングプロセスが、レジストコーティング（図示せず）およびＮの付加的リソグラフィプロセス（図示せず）が実施された後に実施され、Ｎ

の付加的距離（すなわち、Ｄ３、Ｄ４、…、ＤＮ）を基板の中に延在させる、格子特徴を形成する。Ｎは、これらの実施形態では、３を上回るまたはそれと等しくあることができる。故に、本発明の実施形態は、格子特徴の深度がエッチングレベルの数の関数として変動し、リソグラフィプロセスがエッチングされる面積を画定するために使用される、Ｎレベルのエッチングプロセスを提供する。

【０３３６】

マスタは、コピーをインプリントするために、複製プロセスにおいて使用されることができる。コピーは、所定のパターン化された構造の補完物を有するであろう。例えば、図６３Ｈに図示されるマスタは、パターン化された構造の上部と整合される平面表面を有するため、コピーは、整合されるパターン化された構造の底部を有するであろう。

【０３３７】

実施例として、複製プロセスは、サブマスタ（相補的パターン化された構造を伴う）を作成するために使用され得、これは、次いで、所定のパターン化された構造をマスタから再現するコピーを作成するために使用されることができる。

【０３３８】

図６４Ａ－Ｈは、本発明のある実施形態による、可変回折効率格子を加工するための多段階エッチングプロセスの使用を図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。

【０３３９】

図６４Ａを参照すると、加工プロセスは、基板６４０２から開始し、その上には、パターン化された硬質マスク６４０４（例えば、SiO_2硬質マスク）が存在する。実施例として、パターン化された硬質マスク６４０４は、所定の周期性（例えば、約２００ｎｍ～４００ｎｍ）および高さ（例えば、約１０μｍ～５００μｍ）を伴う回折格子であり得る、回折光学要素と関連付けられたパターンを有することができる。以下に説明されるように、エッチング率を含む、異なる性質を伴う材料の使用は、マスク材料としてのパターン化された硬質マスクの使用を可能にする。基板６４０２とパターン化された硬質マスク６４０４の組み合わせは、基板構造６４０６と称され得る。図６４Ｂは、レジスト層６４１０での基板構造６４０６のコーティングを図示する。第１のリソグラフィプロセスは、図６４Ｃに図示され、レジスト層６４１０よって被覆される領域６４１２と、レジストが、除去され、パターン化された硬質マスク６４０４の一部を露光させる、領域６４１４とを画定する。

【０３４０】

図６４Ｄは、露光される部分内の格子特徴を第１の距離D_1だけ基板の中に延在させるために使用される、第１のエッチングプロセス（レベル１エッチング）を図示する。本明細書に図示されるように、概して、複数のエッチングプロセスステップのため、パターン化された硬質マスクと基板との間の選択性を提供する、選択的エッチングプロセスを使用することが望ましい。第２のリソグラフィプロセスは、図６４Ｅに図示され、これは、レジストによって被覆される領域６４２２（本第２のリソグラフィプロセスのためのレジストでのコーティングは、利便性の目的のために図示されない）と、レジストが、除去され、第１のリソグラフィプロセスの間に露光される部分と異なる、パターン化された硬質マスク６４０４の一部を露光させる、領域６４２４とを画定する。図６４Ｆは、露光される部分内の格子特徴を第２の距離D_2だけ基板の中に延在させるために使用される、第２のエッチングプロセス（レベル２エッチング）を図示する。図６４Ｆを参照すると、領域６４１４および６４２４が重複する、基板の面積は、第１および第２のエッチングプロセスの両方においてエッチングされ、D_1+D_2の距離まで延在する、格子特徴をもたらす。

【０３４１】

図６４Ｇは、第３のエッチングプロセスの完了を図示し、レジストコーティング（図示せず）および第３のリソグラフィプロセス（図示されないレベル３エッチング）が実施された後、基板内に付加的距離D_3延在する、格子特徴を形成する。図６４Ｈは、所定のパターン化された構造を伴うマスタを提供するためのパターン化された硬質マスク６４０４の除去を図示する。故に、本発明の実施形態は、格子特徴の深度がエッチングレベルの数の

関数として変動し、リソグラフィプロセスがエッチングされる面積を画定するために使用される、Ｎレベルのエッチングプロセスを提供する。

【０３４２】

マスタは、コピーをインプリントするために、複製プロセスにおいて使用されることができる。コピーは、所定のパターン化された構造の補完物を有するであろう。例えば、図６４Ｈに図示されるマスタは、パターン化された構造の上部と整合される平面表面を有するため、コピーは、整合されるパターン化された構造の底部を有するであろう。

【０３４３】

実施例として、複製プロセスは、サブマスタ（相補的パターン化された構造を伴う）を作成するために使用され得、これは、次いで、所定のパターン化された構造をマスタから再現するコピーを作成するために使用されることができる。

【０３４４】

均一回折効率のために、回折光学要素は、空間的に不変である。本発明の実施形態は、側方位置の関数として異なる回折効率を導入することによって、空間不変性を破壊する。故に、望ましくない効果につながり得る、空間コヒーレンスは、低減されることができる。言い換えると、空間的に非均一回折効率を導入することによって、光が被る干渉効果が、異なる領域内で異なり、それによって、干渉効果を修正し、空間コヒーレンスを低減させるであろう。

【０３４５】

格子の深度を調節することによって、回折効率を調節し、位置の関数として所定の様式で変動する回折効率によって特徴付けられる回折光学要素を生産することが可能である。本発明の実施形態は、振幅変動または位相変動のいずれかを利用し、回折効率における差異をもたらすことができる。

【０３４６】

ある実施形態では、位置の関数としての回折効率は、単調に変動される、例えば、光がさらに回折光学要素の中に伝搬するにつれて、回折効率が増加する。本実施形態では、回折光学要素内を伝搬する光の強度は、光が回折光学要素によって回折される結果として、位置の関数として減少するため、回折効率の増加は、出力均一性における改良をもたらすことができる。したがって、本発明の実施形態は、特定の用途に応じて、単調変動または非単調変動のいずれかを提供する。特定の実施例として、ランダム変動が、単調に増加する回折効率プロファイルに付与され得る。したがって、回折効率は、概して、光が回折光学要素の中に伝搬するにつれて増加するであろうが、ランダム変動が、非単調な回折効率プロファイルをもたらすであろう。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３４７】

いくつかの実施形態では、回折効率における変動は、回折効率（例えば、領域サイズ）における変動が、平面導波管内を伝搬する光のほぼバウンス間隔であるように、所定の様式で実装される。したがって、いくつかの実施形態では、約０．３ｍｍの導波管厚に関して、バウンス間隔は、約０．６ｍｍであろう。故に、領域寸法が、約０．６ｍｍである場合、光は、約２つのバウンス間隔の距離分、伝搬後、異なる回折効率を被るであろう。光が、平面導波管を通して伝搬し、伝搬の間、回折光学要素から部分的に回折するにつれて、可変回折効率は、伝搬が生じるにつれて、構造によって回折される異なる強度をもたらすであろう。空間非均質性が、本発明の実施形態を使用して生産され、これは、ランダムであって、したがって、望ましくないコヒーレンス効果を低減させることができる。

【０３４８】

図６５は、本発明のある実施形態による、内部結合格子の簡略化された断面図である。本明細書に議論されるように、ＩＣＧは、プロジェクタからの画像光を平面導波管の中に結合する。図６５に図示される実施形態では、光は、ＩＣＧからＯＰＥに向かって伝搬する。図６５に図示されるように、ＩＣＧのために利用される格子構造は、位置の関数としての可変回折効率、例えば、領域６５２０内のより低い回折効率および領域６５２２内のよ

り高い回折効率によって特徴付けられ、ＩＣＧにＩＣＧを横断して段階的な回折効率を提供する。

【０３４９】

図６５を参照して、ＯＰＥから最も遠いＩＣＧの側、すなわち、領域６５２２上に入射する光を検討する。本領域内に入射する光は、導波管光線６５３０によって図示されるように、格子領域から離れる前に、複数回、ＩＣＧに再遭遇する。本光が、ＩＣＧに再遭遇する度に、光の一部は、光線６５３２によって図示されるように、ＩＣＧによって回折され、導波管から出射する。本効果は、ＯＰＥ、最終的に、ユーザに向かって伝搬する光の量を減少させるであろう。

【０３５０】

故に、本発明の実施形態は、可変回折効率、例えば、ＯＰＥの近傍のＩＣＧの側（すなわち、領域６５２０）上のより低い回折効率およびＯＰＥから最も遠いＩＣＧの側（すなわち、領域６５２２）上のより高い回折効率を伴うＩＣＧを利用する。光が、領域６５２２からＯＰＥに向かって導波管内で伝搬するにつれて、光が領域６５２０に接近するにつれたＩＣＧの回折効率の減少は、より少ない光が格子領域から回折されることをもたらすであろう。ＯＰＥへのより高いスループットに加え、いくつかの実施形態はまた、ある入射角がより高い正味内部結合効率を被るであろうため、増加される均一性を提供し得る。入射角の関数としての内部結合が、変動するにつれて、ＩＣＧの総均一性は、改良するであろう。一実装では、格子高（または深度）は、段階的であって、ＯＰＥの近傍の領域６５２０内のより低い格子高およびＯＰＥからより遠い領域６５２２内のより高い格子深度を伴うであろう。

【０３５１】

図６６は、本発明のある実施形態による、可変回折効率を伴う回折構造を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。本方法は、硬質マスク層およびレジスト層でコーティングされた基板と併用される。方法６６００は、段階的な透過率マスクを通して、レジスト層を入射光に露光させるステップ（６６１０）を含む。マスクは、位置の関数として段階的な透過率、例えば、第１の側（例えば、左側）上の高透過率および第２の側（例えば、右側）上の低透過率を有する。透過率は、線形または非線形に段階的であることができる。

【０３５２】

グレースケールリソグラフィに加え、電子ビームリソグラフィまたはレーザ書込等の他の直接書込技法も、用量分布を空間的に制御するために使用されることができ、本発明の実施形態に適用可能であることに留意されたい。これらの代替アプローチでは、６６１０は、段階的なプロファイルを伴うレジスト層を提供するための適切な技法によって置換されることができる。

【０３５３】

本方法はまた、レジスト層を現像するステップ（６６１２）を含む。段階的な透過率マスクを使用した露光の結果、露光および現像後のレジストプロファイルは、位置の関数として薄い値からより厚い値にテーパ状になる、高さによって特徴付けられるであろう。本方法はさらに、レジスト／硬質マスク層のエッチング（６６１４）を含む。テーパ状レジストプロファイルは、本実施形態では、「比例ＲＩＥ」によって硬質マスク層に転写される。本プロセスでは、レジストは、下層材料のエッチングを遅延させ、遅延は、エッチング厚に比例する。レジストのエッチング率と下層材料のエッチング率との間の比率は、レジストプロファイルとエッチングプロファイルとの間の垂直比例性を決定する。したがって、レジストプロファイル内に存在する高さ差異は、硬質マスク層に転写され、硬質マスク層の厚さが位置の関数として変動するにつれてテーパ状プロファイルを伴う硬質マスク層をもたらすであろう。

【０３５４】

本方法はまた、テーパ状硬質マスク層上に堆積される第２のレジスト層内に画定される回折構造を形成するステップ（６６１６）を含む。本方法はさらに、格子構造の周期性を含

む、テーパ状エッチングマスクを形成するステップ（６６１８）を含む。本テーパ状エッチングマスク材料は、位置の関数として厚さが変動するであろう。本方法は、テーパ状エッチングマスクを使用した基板のエッチング（６６２０）を含む。当業者に明白であろうように、レジスト層は、基板のエッチング前に除去されることができる。したがって、本発明の実施形態を使用して、マスタが、１つの領域（例えば、グレースケールマスクのより高い透過率領域と関連付けられる）内のより浅いエッチング（すなわち、より低い格子高）と、第２の領域（グレースケールマスクのより低い透過率領域と関連付けられる）内のより深いエッチング（すなわち、より高い格子高）とを伴う、テーパ状エッチングマスク内に存在する高さ差異を基板に転写することによって形成される。

【０３５５】

したがって、図示されるように、例えば、図６０Ｇでは、本発明の実施形態は、グレースケールリソグラフィプロセスを利用して、位置の関数として変動する格子高、その結果、可変回折効率を伴う回折構造を有する、マスタを形成する。

【０３５６】

代替実施形態では、マスタは、サブマスタを加工するために使用され（６６２２）、これは、コピーをインプリントするために、複製プロセスにおいて使用されることができる。

【０３５７】

図６６に図示される具体的ステップは、本発明のある実施形態による、可変回折効率を伴う回折構造を加工する特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本発明の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図６６に図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３５８】

図６７は、本発明のある実施形態による、異なる回折効率の領域によって特徴付けられる回折構造を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。方法６７００は、基板構造と称され得る、基板にパターン化された硬質マスクを提供するステップ（６７１０）を含む。実施例として、パターン化された硬質マスクは、所定の周期性（例えば、約２００ｎｍ～４００ｎｍ）および高さ（例えば、約１０μｍ～５００μｍ）を伴う回折格子であり得る、回折光学要素と関連付けられたパターンを有することができる。ある実施形態では、パターン化された硬質マスクは、SiO_2を含む。本方法はまた、基板構造をレジスト層でコーティングし、レジスト層の少なくとも一部を除去し、パターン化された硬質マスクの露光される部分を形成するステップを含む、第１のリソグラフィプロセスを実施するステップ（６７１２）を含む。

【０３５９】

本方法はさらに、第１のエッチングプロセスを実施し、格子特徴を第１の所定の距離だけ基板の露光される部分の中に延在させるステップ（６７１４）を含む。概して、以下に議論されるように、利用される複数のエッチングプロセスステップのため、パターン化された硬質マスクと基板との間の選択性を提供する、選択的エッチングプロセスを使用することが望ましい。

【０３６０】

本方法は、第２のリソグラフィプロセスを実施し、第１のリソグラフィプロセスの間に露光される部分と異なる、パターン化された硬質マスクの一部を露光させるステップ（６７１６）を含む。露光される部分は、異なるが、共通面積を共有する。本方法はまた、第２のエッチングプロセスを実施し、格子特徴を第２の所定の距離だけ基板の露光される部分の中に延在させるステップ（６７１８）を含む。第１のリソグラフィプロセスにおいて露光された部分および第２のリソグラフィプロセスにおいて露光された部分が重複する、基板の面積では、格子特徴は、第１の所定の距離および第２の所定の距離の和と等しい距離

まで延在する。
【０３６１】
本方法はさらに、いくつかの実施形態では、第３のリソグラフィプロセスを実施し、第２のリソグラフィプロセス（および／または第１のリソグラフィプロセス）の間に露光される部分と異なる、パターン化された硬質マスクの一部を露光させるステップ（６７２０）と、第３のエッチングプロセスを実施し、格子特徴を第３の所定の距離だけ基板の露光される部分の中に延在させるステップ（６７２２）とを含む。
【０３６２】
パターン化された硬質マスクの除去は、所定のパターン化された構造を伴うマスタ（６７２４）を提供する。故に、本発明の実施形態は、格子特徴の深度がエッチングするレベルの数の関数として変動し、リソグラフィプロセスがエッチングされる面積を画定するために使用される、Ｎレベルのエッチングプロセスを提供する。
【０３６３】
図６７に図示される具体的ステップは、本発明のある実施形態による、異なる回折効率の領域によって特徴付けられる回折構造を加工する特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本発明の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図６７に図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。
【０３６４】
図６８Ａ－Ｄは、本発明の別の実施形態による、グレースケールリソグラフィを使用して可変回折効率格子を加工するためのプロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。図６８Ａ－Ｄに図示されるように、グレースケールリソグラフィは、位置の関数として可変回折効率を伴う回折構造（例えば、回折格子）を形成するために利用される。図６８Ａを参照すると、マスク６８０７が、入射光６８０５に露光される。マスク６８０７は、位置の関数として段階的な透過率、例えば、第１の側（例えば、左側）上の高透過率および第２の側（例えば、右側）上の低透過率を有する。透過率は、線形または非線形に段階的であることができる。グレースケールリソグラフィに加え、電子ビームリソグラフィまたはレーザ書込等の他の直接書込技法も、用量分布を空間的に制御するために使用されることができ、本発明の実施形態に適用可能である。
【０３６５】
図６８Ａを参照すると、基板６８１０およびパターン化された硬質マスク６８２０（例えば、SiO_2硬質マスク）は、基板構造を形成する。実施例として、パターン化された硬質マスク６８２０は、所定の周期性（例えば、約２００ｎｍ～４００ｎｍ）および高さ（例えば、約１０μｍ～５００μｍ）を伴う回折格子であり得る、回折光学要素と関連付けられたパターンを有することができる。以下に説明されるように、エッチング率を含む、異なる性質を伴う材料の使用は、マスク材料としてのパターン化された硬質マスクの使用を可能にする。基板構造は、レジスト層６８１４でコーティングされる。
【０３６６】
マスク６８０７を使用した露光に応じて、高透過率を伴うマスクの部分（例えば、左側）に隣接するレジストは、より低い透過率を伴うマスクの部分（例えば、右側）に隣接するレジストより高い用量を受光する。図６８Ｂは、露光および現像後のレジストプロファイル６８１６を図示する。より高い用量が高透過率を伴うマスクの部分に隣接して受光されることに起因して、レジスト層６８１６の高さは、位置の関数として薄い値からより厚い値にテーパ状になる。レジスト／パターン化された硬質マスク層のエッチングが、次いで、実施される。
【０３６７】
図６８Ｃは、図６８Ｂに図示されるレジストプロファイルを使用したエッチング後のエッ

チングプロファイルを図示する。レジストプロファイルは、本実施形態では、「比例ＲＩＥ」によってパターン化された硬質マスク層に転写される。本プロセスでは、レジストは、下層材料のエッチングを遅延させ、遅延は、エッチング厚に比例するであろう。レジストのエッチング率と下層材料のエッチング率との間の比率は、レジストプロファイルとエッチングプロファイルとの間の垂直比例性を決定する。図６８Ｃに示されるように、レジストプロファイル内に存在する高さ差異は、パターン化された硬質マスク層に転写され、テーパ状硬質マスク６８３０、すなわち、硬質マスク層の厚さが位置の関数として変動するため、テーパ状プロファイルを伴う硬質マスク層を生産している。

【０３６８】

図６８Ｄは、テーパ状硬質マスク層を使用した比例エッチングプロセスを介した基板６８４５内の回折構造の形成を図示する。本エッチングプロセスは、位置の関数として厚さが変動する、テーパ状エッチングマスク材料内の格子構造の周期性を含む、テーパ状エッチングマスクを形成する。図６８Ｄに示されるように、テーパ状硬質マスク層内に存在する高さ差異は、基板に転写されており、領域６８５０（グレースケールマスクのより高い透過率領域と関連付けられる）内のより浅いエッチング（すなわち、より低い格子高）と、領域６８５２内のより深いエッチング（すなわち、より高い格子高）とを伴う。実施例として、格子歯間の高さの変動は、所定の範囲、例えば、５ｎｍ～５００ｎｍにわたって変動することができる。したがって、図６８Ｄに図示されるように、本発明の実施形態は、グレースケールリソグラフィプロセスを利用して、位置の関数として変動する格子高、その結果、可変回折効率を伴う回折構造を有する、マスタを形成する。格子高における線形増加は、グレースケールマスクにおける線形透過率変動の結果として図６８Ｄに図示されるが、本発明は、本線形プロファイルに限定されず、所定の高さ変動を有する他のプロファイルも、本発明の範囲内に含まれる。

【０３６９】

単一可変高さ領域が、図６８Ｄに図示されるが、本単一領域は、複数の異なる回折効率の領域を図示する、図５９Ｂに照らして検討されるべきであることに留意されたい。格子高のテーパ状は、したがって、特定の領域と関連付けられた所定の格子高と組み合わせられ、領域内および領域間の両方の回折効率における変動を提供することができる。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３７０】

図６８Ｄを参照すると、格子線の底部は、平面６８６１と同一平面である。故に、サブマスタは、図６８Ｄに図示されるマスタを使用して加工されることができ、マスタ内に存在する格子線の補完物を有するであろう。故に、サブマスタは、格子構造の上部と整合される平面表面を用いて作成されることができる。

【０３７１】

図６９は、本発明の別の実施形態による、可変回折効率を伴う回折構造を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャートである。方法６９００は、基板構造と称され得る、基板にパターン化された硬質マスクを提供するステップ（６９１０）を含む。実施例として、パターン化された硬質マスクは、所定の周期性（例えば、約２００ｎｍ～４００ｎｍ）および高さ（例えば、約１０μｍ～５００μｍ）を伴う回折格子であり得る、回折光学要素と関連付けられたパターンを有することができる。ある実施形態では、パターン化された硬質マスクは、SiO_2を含む。

【０３７２】

本方法はまた、段階的な透過率マスクを通して、レジスト層を入射光に露光させるステップ（６９１２）を含む。マスクは、位置の関数として段階的な透過率、例えば、第１の側（例えば、左側）上の高透過率および第２の側（例えば、右側）上の低透過率を有する。透過率は、線形または非線形に段階的であることができる。

【０３７３】

グレースケールリソグラフィに加え、電子ビームリソグラフィまたはレーザ書込等の他の直接書込技法も、用量分布を空間的に制御するために使用されることができ、本発明の実

施形態に適用可能であることに留意されたい。これらの代替アプローチでは、６９１２は、段階的なプロファイルを伴うレジスト層を提供するための適切な技法によって置換されることができる。

【０３７４】

本方法はまた、レジスト層を現像するステップ（６９１４）を含む。段階的な透過率マスクを使用した露光の結果、露光および現像後のレジストプロファイルは、位置の関数として薄い値からより厚い値にテーパ状になる、高さによって特徴付けられるであろう。本方法はさらに、レジスト／パターン化された硬質マスク層のエッチング（６９１６）を含む。テーパ状レジストプロファイルは、本実施形態では、「比例ＲＩＥ」によってパターン化された硬質マスク層に転写される。本プロセスでは、レジストは、下層材料のエッチングを遅延させ、遅延は、エッチング厚に比例するであろう。レジストのエッチング率と下層材料のエッチング率との間の比率は、レジストプロファイルとエッチングプロファイルとの間の垂直比例性を決定する。したがって、レジストプロファイル内に存在する高さ差異は、パートナーの硬質マスク層に転写され、硬質マスク層の厚さが位置の関数として変動するため、テーパ状プロファイルを伴うパターン化された硬質マスク層をもたらすであろう。

【０３７５】

本方法はさらに、テーパ状硬質マスク層を使用して基板をエッチングするステップ（６９１８）を含む。したがって、本発明の実施形態を使用して、マスタは、テーパ状のパターン化された硬質マスク層内に存在する高さ差異を基板に転写することによって形成され、１つの領域（例えば、グレースケールマスクのより高い透過率領域と関連付けられる）内のより浅いエッチング（すなわち、より低い格子高）と、第２の領域（グレースケールマスクのより低い透過率領域と関連付けられる）内のより深いエッチング（すなわち、より高い格子高）とを伴う。

【０３７６】

したがって、図示されるように、例えば、図６８Ｄでは、本発明の実施形態は、グレースケールリソグラフィプロセスを利用して、位置の関数として変動する格子高、その結果、可変回折効率を伴う回折構造を有する、マスタを形成する。

【０３７７】

代替実施形態では、マスタは、サブマスタを加工するために使用され（６９２０）、これは、コピーをインプリントするために、複製プロセスにおいて使用されることができる。

【０３７８】

図６９に図示される具体的ステップは、本発明の別の実施形態による、可変回折効率を伴う回折構造を加工する特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本発明の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図６９に図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

（可変屈折率）

【０３７９】

本発明のいくつかの実施形態によると、本明細書に説明されるような回折要素と併用するために好適である、可変屈折率を伴う膜が、ドロップ・オン・デマンドプロセス、例えば、ＵＶ硬化性有機ポリマー等の液体のインクジェット印刷を使用して、例えば、ジェットおよびフラッシュインプリントリソグラフィ（Ｊ－ＦＩＬ）プロセスを使用して形成される。可変屈折率を伴うこれらの膜は、２Ｄアレイの形態で液体を空間的に分注した後、起伏特徴と称され得る、回折構造、例えば、回折格子構造を用いてパターン化することによって形成されることができる。本明細書に開示される実施形態は、マスタテンプレートによって画定され得る、所望の導波管回折構造パターンと組み合わせて、可変屈折率および

制御された体積のインプリントされた材料を利用することによって、回折構造を通して伝搬する光の振幅および位相を変調する際に柔軟性を提供する。

【０３８０】

一実施形態では、液体は、典型的には、体積２～１００ピコリットルおよび直径約１０μｍ～約５００μｍを有する、液滴として分注される。これらの液滴は、次いで、数百ミクロンの面積に拡散され、約５ｎｍ～約５μｍの範囲内である厚さを伴う膜をもたらす。いくつかの実施形態では、１つを上回る液体が、基板上に選択的に滴下されてもよい。例えば、本明細書にさらに詳細に説明されるであろうように、異なる屈折率を有する、複数の異なる液体が、使用されてもよい。光が、そのように形成される可変屈折率を伴う膜を通して進行するにつれて、回折構造との相互作用（例えば、高屈折率導波管層を通したＴＩＲの間）は、本明細書に議論されるように、光に振幅および位相における変調を受けさせ得る。屈折率の本ディザリングは、回折構造から結合されるにつれて、光の拡散を促進し、それによって、増加されたコヒーレンスを伴う仮想画像を制御可能に形成する。可変屈折率を伴う膜を達成するための本明細書に説明される方法およびシステムは、屈折率の空間制御を可能にすることに留意されたい。異なる面積にわたって屈折率を選択的に変動させることは、表示されている画像のコントラストを含む、回折構造の他の光学性質に及ぼされる位相および振幅変調の潜在的負の影響を低減させながら、全体的均一性および明度を改良し得る。

【０３８１】

図３６Ａは、本発明のある実施形態による、周期的に変動する屈折率を伴う回折要素を図示する、簡略化された平面図略図である。図３６Ａでは、回折要素３６０２は、ＩＣＧ３６０１と、ＥＰＥ３６０３とを含む、接眼レンズのＯＰＥであることができる。図３６Ａに図示されるように、回折要素３６０２の異なる領域は、回折要素３６０２を通して変調された光の振幅をもたらす、異なる屈折率によって特徴付けられる。領域３６０５は、高屈折率（例えば、ｎ＝１．６５）によって特徴付けられ、領域３６０６は、低屈折率（例えば、ｎ＝１．５２）によって特徴付けられる。これらの領域は、２Ｄ空間パターン内に高および低屈折率を伴う、制御された体積液滴の材料を分注し、続いて、回折格子パターン等の回折構造を用いてインプリントされる、層を形成することによって形成されることができる。インプリントに応じて、可変屈折率の層は、いくつかの実施形態では、約５ｎｍ～約５μｍに及ぶ所定の残留層厚（ＲＬＴ）を有するであろう。

【０３８２】

図３６Ａでは、領域３６０５は、インプリント後、領域３６０５の境界が略長方形レイアウト内に形成されるように、ドロップ・オン・デマンドプロセスを使用して、高屈折率材料の液滴を設置することによって形成されることができる。領域３６０６は、類似様式において、ドロップ・オン・デマンドプロセスを使用して、低屈折率材料の液滴を設置することによって形成されることができる。より高い屈折率材料（例えば、ｎ＝１．６５）から成る液滴のアレイは、直径約１０μｍ～約１００μｍの液滴寸法を有することができ、領域３６０５が寸法約０．５ｍｍ～５ｍｍを有するようにアレイ化されることができる。より低い屈折率材料領域（例えば、ｎ＝１．５２）のアレイも、類似様式において形成される。インプリントされると、アレイのセット内の液滴は、拡散され、隣接するアレイの境界に接合され、可変屈折率の領域を伴う連続膜を形成する。ドロップ・オン・デマンドプロセスは、回折構造がインプリントされる、体積および膜厚の制御を可能にする。本発明の実施形態は、可変屈折率膜内の回折構造のインプリントの観点から議論されるが、本発明は、本設計に限定されず、平面表面は、図３６Ｅに関連して議論されるように、可変屈折率膜に当接することができることに留意されたい。回折構造は、格子、孔、柱、および同等物を含む、ナノ特徴を含むことができる。

【０３８３】

回折要素３６０２の実施例は、ＯＰＥであるが、屈折率における変動は、ＩＣＧおよびＥＰＥまたは他の回折要素を含む、接眼レンズを構成する付加的回折要素内で利用されることができる。例えば、ＯＰＥでは、変動は、ランダムであってもよい一方、ＥＰＥでは、

具体的面積が、屈折における変動のために指定されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。さらに、２つのみの屈折率材料が、本実施形態および他の実施形態に示されるが、本発明は、２つのみの材料の使用に限定されず、可変屈折率を伴う付加的数の材料を利用することができる。実施例として、３つまたは４つの異なる材料が、いくつかの実施形態では、利用されることができる。典型的には、使用される利用材料の実施形態は、約１．４９～約１．７に及ぶ屈折率を有する。

【０３８４】

図３６Ｋは、本発明のある実施形態による、回折要素のための可変屈折率構造を図示する、簡略化された側面図略図である。図３６Ｋに図示されるように、高屈折率３６０５の複数の領域が、高屈折率の領域に関連した低屈折率３６０６の複数の領域とともに、基板３６０９上に介在される。例えば、複数の回折要素３６０８（例えば、格子要素）を含み得る、回折構造３６０７が、領域３６０５および３６０６に隣接して配置される。いくつかの実施形態では、回折構造をインプリントするために使用されるテンプレートが、図３６Ａに関連して議論されるように、領域３６０５および３６０６を平面化し、約数ナノメートル～数千ナノメートル、例えば、５ｎｍ～１，０００ｎｍ、例えば、１０ｎｍ～１００ｎｍの均一厚膜Ｔを位置の関数として基板上に提供する。

【０３８５】

当業者に明白であろうように、図面は、領域３６０５および３６０６の幅Ｗが、約０．５ｍｍ～５ｍｍであり得る一方、格子要素３６０８のピッチが、約３００ｎｍ～１５００ｎｍであり得るため、正確な縮尺ではない。加えて、当業者に明白であろうように、本発明の実施形態は、２つの異なる屈折率に限定されず、異なる屈折率の領域は、３つ以上の異なる屈折率から成ることができる。さらに、回折構造は、異なる屈折率の領域上にインプリントされるが、回折構造は、平面構造と置換されることができる。両実装では、本発明の実施形態は、制御可能膜厚を伴う可変屈折率の所定の幾何学形状を提供する。回折構造のピッチは、本発明の他の実施形態において議論されるように、位置の関数として変動されることができる。

【０３８６】

図３６Ｂは、本発明のある実施形態による、屈折率における分散変動を伴う回折要素を図示する、簡略化された平面図略図である。図３６Ａにおけるアレイ化された領域とは対照的に、図示される実施形態は、低屈折率材料３６１２の背景内に介在される高屈折率島３６１１のセットを有する、回折要素３６１０を含む。前述のように、高屈折率島３６１１および周囲低屈折率材料３６１２のセットは、位置の関数としての均一厚によって特徴付けられ、均一厚の膜を提供するが、位置の関数として変動する屈折率を有することができる。屈折率における変動は、一貫した分布（例えば、高屈折率島３６１１を均一に離間させることによって）または非一貫した分布（例えば、高屈折率島のランダムまたは半ランダム間隔によって）によって特徴付けられることができる。前述のように、２つのみの屈折率材料が、本実施形態では図示されるが、本発明は、２つのみの材料の使用に限定されず、可変屈折率を伴う付加的数の材料を利用することができる。実施例として、２つ以上の異なる材料が、周囲材料内に分散される島を形成するために利用されることができる。

【０３８７】

いくつかの実施形態によると、図の平面において測定された高屈折率島３６１１の側方寸法は、約数十ミクロン～数千ミクロン、例えば、０．５ｍｍ～５ｍｍである。図３６Ｋに関連して議論されるように、高屈折率島３６１１および周囲低屈折率材料３６１２の厚さＴは、約数ナノメートル～数千ナノメートル、例えば、５ｎｍ～１，０００ｎｍ、例えば、１０ｎｍ～１００ｎｍである。

【０３８８】

図３６Ｃは、本発明のある実施形態による、可変屈折率の回折要素のセットを図示する、簡略化された平面図略図である。図３６Ｂに図示されるものに類似する様式において、回折要素３６１０は、周囲低屈折率材料３６１２とともに介在される、高屈折率島３６１１のセットを含む。回折要素３６１０内に存在する屈折率の変動に加え、付加的回折要素３

６１５は、異なる屈折率を伴う領域を含んでもよい。例えば、図３６Ｃは、低屈折率中心領域３６１６と、高屈折率周辺領域３６１７のセットとを含む、付加的回折要素２６１５を示す。実施例として、回折要素３６１０は、接眼レンズのＯＰＥであることができ、付加的回折要素３６１５は、ＥＰＥであることができる。

【０３８９】

いくつかの回折要素設計では、要素の縁または角で外部結合された光の強度は、要素の中心部分で外部結合された強度未満であって、それによって、画質に影響を及ぼし得る。高屈折率によって特徴付けられる、周辺領域３６１７のセットは、中心部分に対して回折構造の結合係数を増加させ、これらの周辺領域３６１７内に増加された外部結合をもたらし、これは、画像均一性を改良することができる。いくつかの実施形態では、高屈折率を有する領域は、非対称であってもよい。例えば、いくつかの実施形態では、より大きいまたは異なるように成形された領域が、光源から最も遠い回折要素の面積内に高屈折率を有するように使用されてもよい。

【０３９０】

回折要素３６１０および付加的回折要素３６１５は、同時に、インプリントされることができ、異なる回折構造、例えば、異なる周期性および配向を伴う回折格子を有することができる。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３９１】

図３６Ｄは、本発明のある実施形態による、異なる均一屈折率を有する回折要素のセットを図示する、簡略化された平面図略図である。本実施形態では、第１の回折要素３６２０（例えば、ＩＣＧ）は、均一高屈折率を有することができる一方、第２および第３の回折要素３６２１および３６２２（例えば、それぞれ、ＯＰＥおよびＥＰＥ）は、均一低屈折率を有する。本設計では、これらの３つの回折要素を含む、接眼レンズは、同一平面上に、異なる屈折率、その結果、異なる結合係数を伴う回折要素を有するであろう。本実施例では、ＩＣＧ内の高屈折率材料は、プロジェクタから接眼レンズの中への高結合効率と、ＯＰＥおよびＥＰＥのために異なる（例えば、より低い）結合効率とを提供するであろう。全３つの回折要素は、並行してインプリントされることができるため、膜厚は、位置の関数として均一であって、従来の技法を使用して利用不可能な異なる屈折率の結果として、高明度を含む、一意の利点を提供することができる。

【０３９２】

本発明の実施形態は、本明細書に説明される技法の組み合わせを提供することに留意されたい。実施例として、位置の関数として均一空間プロファイルを伴う高屈折率材料が、回折結合を増加させるためにＩＣＧ内に提供されることができ、位置の関数として変動される屈折率空間プロファイルが、ディザリング効果を提供するためにＯＰＥ内に提供されることができ、位置の関数としての均一空間プロファイルが、ＥＰＥ内に提供されることができる。他の組み合わせもまた、本発明の範囲内に含まれる。故に、接眼レンズの要素はそれぞれ、本発明の実施形態を使用して、その特定の機能のために最適化されることができる。

【０３９３】

図３６Ｅは、本発明のある実施形態による、可変屈折率を伴う回折要素を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャート３６３０である。本方法は、基板を提供するステップ（３６３２）を含む。本方法はさらに、少なくとも１つの第１の領域および少なくとも１つの第２の領域を基板上に画定するステップ（３６３４）を含む。

【０３９４】

本方法はさらに、第１の材料を第１の領域上に滴下するステップ（３６３６）を含む。本方法はさらに、第２の材料を第２の領域上に滴下するステップ（３６３８）を含む。第１の材料および第２の材料は、いくつかの実施形態では、制御された体積の小液滴として滴下されてもよい。第２の材料は、第１の材料より低い屈折率を有してもよい。例えば、第１の材料は、屈折率ｎ＝１．６５を有してもよい一方、第２の材料は、屈折率ｎ＝１．５２を有してもよい。いくつかの実施形態では、第１の材料および第２の材料は、基板より

低い屈折率を有してもよい。

【０３９５】

本方法はさらに、第１の材料および第２の材料を回折構造とともにインプリントし、回折要素を形成するステップ（３６３９）を含む。回折要素は、例えば、ＯＰＥ、ＥＰＥ、および／またはＩＣＧである、またはそれを含んでもよい。しかしながら、異なる回折要素に関して、屈折率における変動は、異なり得る。例えば、ＯＰＥでは、変動は、ランダムであってもよい一方、ＥＰＥでは、具体的面積が、屈折における変動のために指定されてもよい。いくつかの実施形態では、１つを上回る回折要素は、単一プロセスにおいて加工されてもよい。

【０３９６】

回折構造は、例えば、１つ以上の格子パターン、孔、および／または柱パターン（すなわち、一定、可変、またはランダムパターン）を含んでもよい。インプリントされると、第１の材料の液滴および第２の材料の液滴は、拡散され、隣接する液滴の境界に接合し、可変屈折率の領域を伴う連続膜を形成し得る。インプリントに応じて、第１の材料および第２の材料は、いくつかの実施形態では、約５ｎｍ～約５μｍに及ぶ所定の残留層厚（ＲＬＴ）を有してもよい。

【０３９７】

フローチャート３６３０に関して説明される方法に従って、可変屈折率を有する回折要素が、取得されてもよい。可変屈折率を実装することによって、回折要素を通してより均一な光の拡散が、取得され、所望の視野にわたって画像コヒーレンスの制御を可能にし得る。さらに、本製造方法は、接触ナノインプリントリソグラフィプロセスより安価かつあまり時間がかからなくあり得る。

【０３９８】

図３６Ｅに図示される具体的ステップは、本発明のある実施形態による、可変屈折率を伴う回折要素を加工する特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本発明の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図３６Ｅに図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０３９９】

可変屈折率膜を形成するための別の方法も、本明細書に開示される。その中にナノ粒子を有する液体レジストが、基板上に滴下されてもよい。レジストの液体コンポーネントは、ナノ粒子コンポーネントより低い粘度を有し、インプリントが生じるとき、レジスト成分間の異なる拡散率を可能にし得る。

【０４００】

図３６Ｆは、本発明のある実施形態による、平面基板に当接する可変屈折率の膜を図示する、画像である。図３６Ｆに図示される膜は、高および低屈折率材料の複数の領域を含む。本膜を加工するために、可変屈折率の成分を含む、高屈折率液体が、提供された。実施例として、流体の屈折率より高い屈折率を有する、ナノ粒子（例えば、酸化チタン、酸化ジルコニウム、または同等物）を含む、流体（例えば、フォトレジスト）が、使用されることができる。例えば、流体は、屈折率１．５０を伴うフォトレジストであってもよく、流体中のナノ粒子は、屈折率２．０を有してもよい。高屈折率ナノ粒子は、好ましくは、流体中に均一に分散され、最小限の凝集を伴い、インクジェット分注および回折構造を伴う後のインプリントを促進する。高屈折率ナノ粒子の存在は、流体コンポーネント単独より高い屈折率を有する、流体／ナノ粒子混合物をもたらす。代替として、異なる組成を伴う流体が、使用されることができる。いくつかの実施形態では、組成は、高屈折率を伴う、長分子鎖ポリマーまたは高度に官能化されたポリマーを含んでもよく、より低い屈折率を伴う、より短い分子鎖ポリマーまたは低度に官能化されたポリマーも、利用されること

ができる。いくつかの実施形態では、材料の表面張力が、異なる屈折率をもたらすために変動される。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０４０１】

ドロップ・オン・デマンドプロセスによる初期堆積後、最初に、直径１０μｍ～１００μｍを有し得る、液滴が、拡散され、数百ノメートルまたはそれ未満の範囲を伴う膜を形成するであろう。液滴が拡散するにつれて、屈折率変動が、作成され、これは、本発明を限定するわけではないが、液相クロマトグラフィプロセスに類似する液相拡散プロセスに関連し得る。言い換えると、液滴が、側方寸法（例えば、ミクロンスケール）と比較して小さい（例えば、ナノメートルスケール）厚さを伴う薄膜に拡散するにつれて、初期液滴の中心が拡散後の液滴の周辺部分より高い濃度のナノ粒子によって特徴付けられるように、材料の位相分離が生じる。故に、周辺部分は、より低い濃度のナノ粒子によって特徴付けられる。体積分画としてのナノ粒子の非均一分布は、拡散後、位置の関数としての非均一屈折率を液滴中にもたらす。膜中の材料が、硬化されると、可変屈折率の固体のパターン化された膜が、したがって、形成される。回折構造は、本明細書に説明されるように、固体のパターン化された膜上にインプリントされることができる。

【０４０２】

図３６Ｆを参照すると、画像は、厚さ９０ｎｍの膜と関連付けられる。中心部分３６４２は、液滴が最初に堆積された場所と関連付けられ、周辺部分３６４４は、液滴が拡散する場所と関連付けられる。液相拡散プロセスの結果、より高い濃度のナノ粒子を含む、中心部分３６４２内の屈折率は、１．６９である一方、隣接する液滴が融合し、ナノ粒子の濃度がより低い、周辺部分３６４４では、屈折率は、１．６１である。最初は、液滴の屈折率は、１．６４であった。可変屈折率膜に当接する平面基板は、概して、液滴の均一拡散をもたらし、これは、拡散後、略円形形状である。当業者に明白であろうように、膜の上部にインプリントされた回折構造は、回折構造上の周期性がサブミクロンスケールであるため、画像スケールでは不可視である。

【０４０３】

可変屈折率の領域の位置の制御は、制御された体積の液滴の所定の設置によって提供される。位置は、特定の用途の必要に応じて、均一にアレイ化される、またはランダムまたは半ランダム様式において変動されることができる。いくつかの実装では、均一アレイおよびランダムまたは半ランダム分布は両方とも、組み合わせられ、位置の関数として屈折率の所望の変動を提供することができる。相互に近接する液滴の設置は、いくつかの液滴が組み合わせられる、融合領域をもたらし、所定の寸法の領域を可能にすることができる。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０４０４】

図３６Ｇは、本発明のある実施形態による、回折基板に当接する可変屈折率の膜を図示する、画像である。図３６Ｇでは、ＩＣＧは一辺が数百ミクロンの領域の中に拡散された液滴とともに図示される。液滴が最初に堆積された場所と関連付けられた中心部分３６４６は、高屈折率によって特徴付けられ、液滴が拡散し、隣接する液滴が融合する場所と関連付けられた周辺部分３６４８は、より低い屈折率によって特徴付けられる。膜の上部にインプリントされた回折構造は、回折構造上の周期性がサブミクロンスケールであるため、画像スケールでは不可視である。しかしながら、回折構造の存在は、回折要素（例えば、格子線）が、回折要素（例えば、格子線）と垂直な流体流動に対して、回折要素（例えば、格子線）の方向と平行な流体流動を優先的にサポートするため、拡散後の液滴の略卵形形状によって図示される。図示される実施形態では、回折構造は、略垂直方向にアレイ化された回折要素を有し、水平方向より垂直方向に高い流体流動を可能にする。

【０４０５】

図３６Ｈは、本発明のある実施形態による、第１の回折要素内の可変屈折率の膜を図示する、画像である。図３６Ｈでは、ＯＰＥは、一辺が数百ミクロンの領域の中に拡散された液滴とともに図示される。液滴が最初に堆積された場所と関連付けられた中心部分３６５２は、高屈折率によって特徴付けられ、液滴が拡散され、隣接する液滴が融合する場所と

関連付けられた周辺部分３６５４は、より低い屈折率によって特徴付けられる。回折構造の存在は、回折要素（例えば、格子線）が、格子線と垂直な流体流動に対して、回折要素格子線の方向と平行な流体流動を優先的にサポートするため、拡散後の液滴の略卵形形状によって図示される。図示される実施形態では、回折構造は、垂直方向に対して角度約４５度にアレイ化された回折要素を有し、垂直方向に対して約４５度の方向に沿ってより高い流体流動を可能にする。

【０４０６】

図３６Ｉは、本発明のある実施形態による、第２の回折要素内の可変屈折率の膜を図示する、画像である。図３６Ｈでは、ＥＰＥは、一辺が数百ミクロンの領域の中に拡散された液滴とともに図示される。液滴が最初に堆積された場所と関連付けられた中心部分３６５６は、高屈折率によって特徴付けられ、液滴が拡散され、隣接する液滴が融合する場所と関連付けられた周辺部分３６５８は、より低い屈折率によって特徴付けられる。回折構造の存在は、回折要素（例えば、格子線）が、格子線と垂直な流体流動に対して、格子線の方向と平行な流体流動を優先的にサポートするため、拡散後の液滴の略卵形形状によって図示される。図示される実施形態では、回折構造は、略水平方向にアレイ化された回折要素を有し、垂直方向より水平方向に高い流体流動を可能にする。

【０４０７】

図３６Ｊは、本発明のある実施形態による、可変屈折率を伴う回折要素を加工する方法を図示する、簡略化されたフローチャート３６６０である。本方法は、基板を提供するステップ（３６６２）を含む。いくつかの実施形態では、基板は、高または低屈折率（例えば、ｎ＝１．８またはｎ＝１．５）を有してもよい。本方法はさらに、少なくとも１つの領域を基板上に画定するステップ（３６６４）を含む。

【０４０８】

本方法はさらに、液体レジスト材料を提供するステップ（３６６６）を含む。本方法はさらに、粒子を液体レジスト材料の中に分散させ、溶液を形成するステップ（３６６８）を含む。粒子は、液体レジスト材料中に均一に分散され得、液体レジスト材料内に凝集し得ない。いくつかの実施形態では、溶液は、ｎ＝１．６５またはより高い屈折率を有してもよい。粒子は、例えば、酸化チタンナノ粒子等のナノ粒子であってもよい。

【０４０９】

本方法はさらに、溶液を基板上の少なくとも１つの領域内に滴下するステップ（３６７０）を含む。溶液は、いくつかの実施形態では、制御された体積の小液滴として滴下されてもよい。液滴は、例えば、４ｐＬ（約１０μｍ直径）液滴であってもよい。いくつかの実施形態では、溶液は、基板より高い屈折率を有してもよい。

【０４１０】

本方法はさらに、溶液を回折要素を形成するための回折構造とともにインプリントするステップ（３６７２）を含む。いくつかの実施形態では、溶液の液滴は、ある残留層厚（例えば、１００ｎｍ）にインプリントされ、位相分離を生じさせてもよい。本インプリントプロセスは、溶液が別個のゾーンに分離されるように、溶液に液体クロマトグラフィを被らせ得る。個々のゾーンは、拡散するにつれた各液滴中の屈折率変動に起因して、他のゾーンよりナノ粒子が豊富であり得る。

【０４１１】

回折要素は、例えば、ＯＰＥ、ＥＰＥ、および／またはＩＣＧである、またはそれを含んでもよい。しかしながら、異なる回折要素に関して、屈折率における変動は、異なり得る。例えば、ＯＰＥでは、変動は、ランダムであってもよい一方、ＥＰＥでは、具体的面積が、屈折における変動のために指定されてもよい。いくつかの実施形態では、１つを上回る回折要素は、単一プロセスにおいて加工されてもよい。

【０４１２】

回折構造は、例えば、１つ以上の格子パターン（すなわち、一定、可変、またはランダム格子パターン）を含んでもよい。インプリントされると、溶液の液滴は、拡散され、隣接する液滴の境界に接合し、可変屈折率の領域を伴う連続膜を形成し得る。

【０４１３】
フローチャート３６６０に関して説明される方法に従って、可変屈折率を有する回折要素が、取得されてもよい。位相変動パターンは、光が、回折要素の表面を通して出射する、またはそこで相互作用するために作成されてもよい。可変屈折率を実装することによって、回折要素を通してより均一な光の拡散が、取得され、所望の視野にわたって画像コヒーレンスの制御を可能にし得る。さらに、本製造方法は、接触ナノインプリントリソグラフィプロセスより安価かつあまり時間がかからなくあり得る。
【０４１４】
図３６Ｊに図示される具体的ステップは、本発明のある実施形態による、可変屈折率を伴う回折要素を加工する特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本発明の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図３６Ｊに図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。
【０４１５】
図３６Ｌは、本発明のある実施形態による、回折要素のための多層可変屈折率構造を図示する、簡略化された側面図略図である。図３６Ｌを参照すると、高屈折率材料３６８２の複数の領域が、基板３６８０上に配置される。高屈折率材料の複数の領域が、本明細書で議論されるドロップ・オン・デマンドプロセスを使用して形成されることができる。低屈折率材料３６８４の付加的層が、高屈折率材料３６８２の複数の領域にわたって堆積される。回折構造３６８６は、低屈折率材料の付加的層内にインプリントされる。いくつかの実施形態では、高屈折率材料の複数の領域の厚さは、例えば、液滴に当接する平面表面を使用して、初期液滴を拡散させ、膜を形成することによって、所定の厚さに制御される。他の実施形態では、単一インプリントプロセスが、高屈折率材料の複数の領域および低屈折率材料の付加的層の両方の厚さを制御するために使用される。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。
【０４１６】
図７０は、本発明のいくつかの実施形態による、接眼レンズ７０００の構造の部分断面図を図式的に図示する。断面図に示される領域は、図２０に図示されるような接眼レンズ２０００のＥＰＥ領域２００９に対応する。図７０に示されるように、接眼レンズ７０００は、第１の平面導波管７０２０と、第２の平面導波管７０３０と、第３の平面導波管７０４０とを含んでもよい。各導波管７０２０、７０３０、または７０４０は、図７０に図示されるように、デカルト座標系内のＸ－Ｙ平面にあってもよい（Ｙ軸は、ページの中に向かう方向を指す）。各導波管７０２０、７０３０、または７０４０は、視認者の眼７００２に面した背面表面と、反対方向に面した正面表面とを有する。接眼レンズ７０００はまた、背面カバー７０１０と、正面カバー７０５０とを含んでもよい。
【０４１７】
接眼レンズ７０００はまた、第１の導波管７０２０の背面表面上に配置される、第１の格子７０２４と、第２の導波管７０３０の背面表面上に配置される、第２の格子７０３４と、第３の導波管７０４０の背面表面上に配置される、第３の格子７０４４とを含んでもよい。第１の格子７０２４は、第１の導波管７０２０内を視認者の眼７００２に向かって（例えば、正のＺ軸に実質的に沿って）伝搬する光の第１の部分を回折するように構成されてもよい。同様に、第２の格子７０３４は、第２の導波管７０３０内を視認者の眼７００２に向かって伝搬する光の第１の部分を回折するように構成されてもよく、第３の格子７０４４は、第３の導波管７０４０内を視認者の眼７００２に向かって伝搬する光の第１の部分を回折するように構成されてもよい。本構成では、第１の格子７０２４、第２の格子７０３４、および第３の格子７０４４はそれぞれ、視認者の眼に向かって指向される透過回折次数であるため、透過モードで動作していると言え得る。

【０４１８】
第１の格子７０２４はまた、第１の導波管７０２０（すなわち、反射回折次数）内を視認者の眼７００２から離れるように（例えば、負のＺ軸に実質的に沿って）伝搬する光の第２の部分を回折してもよい。同様に、第２の格子７０３４は、第２の導波管７０３０内を視認者の眼７００２から離れるように伝搬する光の第２の部分を回折してもよく、第３の格子７０４４は、第３の導波管７０４０内を視認者の眼７００２から離れるように伝搬する光の第２の部分を回折してもよい。
【０４１９】
図７０は、それぞれ、導波管の背面表面７０２０、７０３０、および７０４０上に形成される、格子７０２４、７０３４、および７０４４を図示するが、これは、本発明によって要求されるものではない。いくつかの実施形態では、回折光学要素を含む、格子または他の回折構造が、背面表面の内側、背面表面の外側上に形成される、または導波管の内側に配置され、背面表面から所定の距離に位置付けられる。故に、背面表面上に形成される回折構造を参照するとき、これは、背面表面に隣接する導波管の内側に形成される回折構造を含むと理解されるべきである。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。
【０４２０】
いくつかの実施形態では、各導波管７０２０、７０３０、または７０４０、および各格子７０２４、７０３４、または７０４４は、所与の波長範囲内で光を選択的に伝搬または回折するように、波長選択的であってもよい。いくつかの実施形態では、導波管７０２０、７０３０、および７０４０はそれぞれ、個別の原色のために構成されてもよい。例えば、第１の導波管７０２０は、赤色（Ｒ）光を伝搬するために構成されてもよく、第２の導波管７０３０は、緑色（Ｇ）光を伝搬するために構成されてもよく、第３の導波管７０４０は、青色（Ｂ）光を伝搬するために構成されてもよい。接眼レンズ７０００は、上記に説明されるように、異なる深度平面のために、赤色光のための２つ以上の導波管と、緑色光のための２つ以上の導波管と、青色光のための２つ以上の導波管とを含んでもよいことを理解されるであろう。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、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、またはそれと置換されてもよい。当業者はまた、導波管７０２０、７０３０、および７０４０の代替順序を理解するであろう。
【０４２１】
本開示における光の所与の色の言及は、その所与の色であるように視認者によって知覚される波長の範囲内の１つ以上の波長の光を包含するものと理解されるであろうことを認識されるであろう。例えば、赤色光は、約６２０～７８０ｎｍの波長範囲内の光を含んでもよく、緑色光は、約４９２～５７７ｎｍの波長範囲内の光を含んでもよく、青色光は、約４３５～４９３ｎｍの波長範囲内の光を含んでもよい。
【０４２２】
いくつかの実施形態では、各格子７０２４、７０３４、または７０４４は、バイナリまたは２段階メタ表面位相格子または同等物等の表面起伏格子を備えてもよい。２段階位相格子に関して、透過次数における回折効率は、反射次数における回折効率と実質的に同一であり得る。したがって、ほぼ等量の仮想画像光が、各導波管７０２０、７０３０、または７０４０から視認者の眼７００２に向かってと、視認者の眼７００２から離れるように外部結合され得る。さらにブレーズド格子（例えば、３段階メタ表面位相格子）に関しても、実質的量の仮想画像光が、依然として、視認者の眼７００２から離れるように外部結合され得る。したがって、仮想画像の明度を向上させるために、視認者の眼７００２から離れるように指向される仮想画像光の少なくとも一部を視認者の眼７００２に向かって後方再指向することが望ましくあり得る。同時に、可能な限り多くの自然光を世界から視認者の眼７００２に向かって透過させることが望ましくあり得る。
【０４２３】
いくつかの実施形態によると、接眼レンズ７０００は、第１の格子７０２４によって視認

者の眼７００２から離れるように回折される、仮想画像光の少なくとも一部を視認者の眼に向かって後方反射させるために、第１の導波管７０２０の正面表面に配置される、第１の波長選択的反射体７０２６を含んでもよい。同様に、接眼レンズ７０００は、第２の導波管７０３０の正面表面に配置される、第２の波長選択的反射体７０３６と、第３の導波管７０４０の正面表面に配置される、第３の波長選択的反射体７０４６とを含んでもよい。

【０４２４】

各波長選択的反射体７０２６、７０３６、または７０４６は、所与の色の光を反射させ、他の波長における光を透過させるように構成されてもよい。例えば、第１の波長選択的反射体７０２６は、赤色光を反射させるように構成されてもよく、第２の波長選択的反射体７０３６は、緑色光を反射させるように構成されてもよく、第３の波長選択的反射体７０４６は、青色光を反射させるように構成されてもよい。したがって、第１の格子７０２４によって視認者の眼７００２から離れるように（すなわち、実質的に負のＺ軸に）回折される赤色光内の仮想画像の一部は、第１の波長選択的反射体７０２６によって、視認者の眼７００２に向かって後方（すなわち、実質的に正のＺ軸に）反射されてもよい。同様に、第２の格子７０３４によって視認者の眼７００２から離れるように回折される緑色光内の仮想画像の一部は、第２の波長選択的反射体７０３６によって、視認者の眼７００２に向かって後方反射されてもよく、第３の格子７０４４によって視認者の眼７００２から離れるように回折される青色光内の仮想画像の一部は、第３の波長選択的反射体７０４６によって、視認者の眼７００２に向かって後方反射されてもよい。

【０４２５】

前述のように、波長選択的反射体７０２６、７０３６、および７０４６が、格子７０２４、７０３４、および７０４４に対して適切に整合される場合（各導波管７０２０、７０３０、および７０４０の正面表面および背面表面が相互に平行である場合、達成され得る）、残影画像は、回避され得、仮想画像の明度は、向上され得る。

【０４２６】

図７１は、本発明のいくつかの実施形態による、第１の波長選択的反射体７０２６、第２の波長選択的反射体７０３６、および第３の波長選択的反射体７０４６のいくつかの例示的反射率スペクトルを図式的に図示する。図示されるように、第１の波長選択的反射体７０２６は、赤色波長領域内に反射率ピークを有する、第１の反射率スペクトル７１２２によって特徴付けられ得、第２の波長選択的反射体７０３６は、緑色波長領域内に反射率ピークを有する、第２の反射率スペクトル７１３２によって特徴付けられ得、第３の波長選択的反射体７０４６は、青色波長領域内に反射率ピークを有する、第３の反射率スペクトル７１４２によって特徴付けられ得る。

【０４２７】

波長選択的反射体７０２６、７０３６、および７０４６の比較的に狭い反射率帯域のため、接眼レンズ７０００は、選択された波長範囲内で仮想画像光を強く反射させ、全ての他の波長範囲内で光を透過させ得る。したがって、波長選択的反射体の反射率帯域外の世界からの自然光は、依然として、視認者の眼に到達することができる。例えば、第１の波長選択的反射体７０２６は、赤色波長範囲内の仮想画像光を強く反射させ、他の波長内の世界からの自然光と、それぞれ、第２の格子７０３４および第３の格子７０４４によって回折される、緑色および青色仮想画像光とを含む、他の波長内の光を透過させ得る。同様に、第２の波長選択的反射体７０３６は、緑色波長範囲内の仮想画像光を強く反射させ、他の波長内の世界からの自然光と、第３の格子７０４４によって回折される、青色仮想画像光とを含む、他の波長内の光を透過させ得、第３の波長選択的反射体７０４６は、青色波長範囲内の仮想画像光を強く反射させ、他の波長内の世界からの自然光を含む、他の波長内の光を透過させ得る。

【０４２８】

いくつかの実施形態では、１００％もの反射率が、選択されたスペクトル帯域内で達成され得る。したがって、反射体を伴わずに、仮想画像の強度を約２倍にすることが可能である。加えて、仮想画像の波長範囲内の世界光が、視認者の眼７００２から離れるように反

射されるにつれて、仮想画像は、より高いコントラストを伴って視認者によって知覚され得る。

【０４２９】

いくつかの実施形態では、各波長選択的反射体７０２６、７０３６、または７０４６は、有利には、その反射率スペクトルの帯域幅が図２０に図示されるプロジェクタ２００１内の対応するＬＥＤのスペクトル幅に実質的に合致するように設計され得る。いくつかの他の実施形態では、プロジェクタ２００１は、ＬＥＤの代わりに、レーザ源を使用してもよい。レーザ源は、ＬＥＤのものよりはるかに狭い放出帯域を有し得る。それらの場合では、各波長選択的反射体７０２６、７０３６、または７０４６は、図７１に図示される反射率曲線７１２４、７１３４、または７１４４によって表されるもの等のより狭い帯域幅を有するように構成されてもよい。

【０４３０】

波長選択的反射体の反射率スペクトルは、入射角の関数として偏移し得るため、波長スペクトル幅と角度スペクトル幅との間には、トレードオフが存在し得る。いくつかの実施形態では、各波長選択的反射体７０２６、７０３６、または７０４６は、より広い視野を遠近調節するために、より広い帯域幅を有するように構成されてもよい。

【０４３１】

図７２は、本発明のいくつかの他の実施形態による、接眼レンズ７２００の構造の部分断面図を図式的に図示する。接眼レンズ７０００と同様に、接眼レンズ７２００は、第１の導波管７２２０と、第２の導波管７２３０と、第３の導波管７２４０と、背面カバー７２１０と、正面カバー７２５０とを含んでもよい。

【０４３２】

接眼レンズ７２００はさらに、第１の導波管７２２０の正面表面上に配置される、第１の格子７２２４と、第２の導波管７２３０の正面表面上に配置される、第２の格子７２３４と、第３の導波管７２４０の正面表面上に配置される、第３の格子７２４４とを含む。本構成では、第１の格子７２２４、第２の格子７２３４、および第３の格子７２４４はそれぞれ、視認者の眼に向かって指向される反射回折次数であるため、反射モードで動作していると言え得る。

【０４３３】

接眼レンズ７２００はさらに、第２の導波管７２３０の背面表面上に配置される、第１の波長選択的反射体７２２６を含んでもよい。第１の波長選択的反射体７２２６は、第１の格子７２２４によって視認者の眼７２０２から離れるように回折される赤色光内の仮想画像の一部が、第１の波長選択的反射体７２２６によって、視認者の眼７２０２に向かって後方反射され得るように、赤色光のために最適化されてもよい。同様に、接眼レンズ７２００はさらに、第３の導波管７２４０の背面表面上に配置される、緑色光のために最適化される第２の波長選択的反射体７２３６と、正面カバー７２５０の背面表面上に配置される、青色光のために最適化される第３の波長選択的反射体７２４６とを含んでもよい。当業者は、特定の導波管またはカバー上の波長選択的反射体の代替対または組み合わせを理解するであろう。

【０４３４】

本構成では、波長選択的反射体７２２６、７２３６、および７２４６が、残影画像を回避するために、それぞれ、格子７２２４、７２３４、および７２４４に対して適切に整合されることを確実にすることがより重要であり得る。

【０４３５】

図７３は、本発明のいくつかの他の実施形態による、接眼レンズ７３００の構造の断面図を図式的に図示する。接眼レンズ７０００と同様に、接眼レンズ７３００は、第１の導波管７３２０と、第２の導波管７３３０と、第３の導波管７３４０と、背面カバー７３１０と、正面カバーとを含んでもよい。接眼レンズ７３００はさらに、第１の導波管７３２０の背面表面上に配置される、第１の格子７３２４と、第２の導波管７３３０の背面表面上に配置される、第２の格子７３３４と、第３の導波管７３４０の背面表面上に配置される

、第３の格子７３４４とを含んでもよい。
【０４３６】
ここでは、波長選択的反射体を導波管の７３２０、７３３０、および７３４０のそれぞれ上に有する代わりに、接眼レンズ７３００は、正面カバー７３５０の背面表面に配置される、波長選択的反射体７３５６を含んでもよい。波長選択的反射体７３５６は、図７１に図示されるように、赤色光、緑色光、および青色光に対応する波長範囲内の３つの反射率ピークを呈する、反射率スペクトルを有するように構成されてもよい。代替として、波長選択的反射体７３５６は、第３の導波管７３４０の正面表面上に配置されてもよい。
【０４３７】
いくつかの他の実施形態では、ロングパスフィルタおよびショートパスフィルタが、狭帯域反射体の代わりに使用されてもよい。図７４は、ロングパスフィルタおよびショートパスフィルタの例示的反射率スペクトルを図式的に図示する。反射率曲線７４５０は、ロングパスフィルタを表し、これは、約４７０ｎｍを下回る光の大部分を反射させ、約４７０ｎｍを上回る光の大部分を透過させる。したがって、ロングパスフィルタは、青色光を反射させ、緑色および赤色光を透過させ得る。反射率曲線７４５２は、ショートパスフィルタを表し、これは、約５９０ｎｍを上回る光の大部分を反射させ、約５９０ｎｍを下回る光の大部分を透過させる。したがって、ショートパスフィルタは、赤色光を反射させ、緑色および青色光を透過させ得る。ロングパスフィルタおよびショートパスフィルタは、適切な導波管７３２０、７３３０、および７３４０、および／または正面カバー７３５０上に配置され、所望の波長選択性を達成し得る。当業者は、ロングパスまたはショートパスフィルタを通して反射または透過させるための種々の組み合わせまたは代替波長閾値を理解するであろう。
【０４３８】
いくつかの実施形態では、各波長選択的反射体７０２６、７０３６、または７０４６（図７０に図示されるように）、７２２６、７２３６、または７２４６（図７２に図示されるように）、または７３５６（図７３に図示されるように）は、偏光依存反射率スペクトルを呈し得る。プロジェクタ２００１内のＬＥＤまたはレーザによって提供される光が、実質的に線形に偏光または円形に偏光される場合、波長選択的反射体は、その偏光状態の光のために高反射率を有し、直交偏光状態の光を透過させ、したがって、直交偏光状態における世界からの自然光が、接眼レンズ７０００、７２００、または７３００を通り抜けることを可能にするように設計されてもよい。
【０４３９】
種々の実施形態によると、図７０、７２、および７３に図示される各波長選択的反射体は、多層薄膜またはメタ表面を備えてもよい。多層薄膜は、２つの材料から成る周期的層システムを備えてもよく、一方は、高屈折率を伴い、他方は、低屈折率を伴う。本周期的システムは、所望の波長範囲内の反射率を有意に向上させるようにエンジニアリングされてもよく、その幅は、２つの屈折率の比率のみによって決定される一方、最大反射率は、スタック内の層の数の増加に伴って、最大約１００％まで増加され得る。層の厚さは、概して、反射されたビームが、相互に建設的に干渉し、反射を最大限にし、透過を最小限にするように設計される、４分の１波である。
【０４４０】
メタ表面は、光学的に薄いサブ波長構造化界面である。メタ表面は、概して、小型の異方性光散乱器（すなわち、光学アンテナ等の共振器）のアレイを組み立てることによって作成される。アンテナ間の間隔およびその寸法は、波長よりはるかに小さい。メタ表面は、Ｈｕｙｇｅｎｓの原理を根拠として、空間変動を光散乱器の光学応答に導入することによって、光学波面をサブ波長分解能を伴う恣意的形状に成型することが可能である。メタ表面は、光の偏光、位相、および振幅を制御することを可能にし得る。光の波面を操作するために使用され得る、要因は、ナノ構造の材料、サイズ、幾何学形状、および配向を含む。
【０４４１】
メタ表面の共振波長は、その成分ナノ構造の幾何学的サイズを変化せ、それによって、波

長選択性を提供することによって、エンジニアリングされることができる。例えば、メタ表面は、光を再指向する際、高度に波長選択的であるようにエンジニアリングされてもよい。したがって、メタ表面は、波長選択的内部結合光学要素および外部結合光学要素として使用されることができる。同様に、メタ表面はまた、可視波長領域内に顕著な反射率ピークを呈する、反射率スペクトルを有するようにエンジニアリングされてもよい。

【０４４２】

レンズおよび波プレート等の従来の光学要素では、波面は、波長よりはるかに厚い媒体中の伝搬位相を介して制御される。従来の光学要素と異なり、メタ表面が、代わりに、サブ波長サイズの共振器を位相偏移要素として使用して、光の位相変化を誘発する。メタ表面は、比較的に薄く、厚さが均一である、特徴から形成されるため、それらは、半導体処理技法等の薄膜処理技法およびナノインプリント技法等の直接印刷技法を使用して、表面を横断してパターン化されることができる。

【０４４３】

図７５は、米国特許出願第２０１７／０１３１４６０号（その内容は、あらゆる目的のために全体として本明細書に組み込まれる）により詳細に説明されるような、いくつかの実施形態による、メタ表面の実施例を図示する。基板７５００は、表面７５００ａを有し、その上には、メタ表面７５１０が、堆積される。メタ表面７５１０は、多段階の光学的透過性材料を含む。図示されるように、いくつかの実施形態では、メタ表面は、第１の段階７５１２と、第２の段階７５１４とを有する、２段階構造である。第１の段階７５１２は、第１の光学的透過性材料から形成される、複数の突出部７５２０と、突出部間の第２の光学的透過性材料の集塊７５３０ａとを含む。第２の段階７５１４は、突出部上にあって（第１の段階によって基板から離間および分離され）、突出部７５２０上に形成される、第２の光学的透過性材料の第２の段階の集塊７５３０ｂを含む。突出部７５２０は、隆起（またはナノワイヤ）であってもよく、これは、ページの中へおよびそこから側方に伸長であって、近隣突出部間にトレンチを画定する。図示されるように、第２の段階７５１４上には、第２の光学的透過性材料の集塊７５３０ｂが、突出部７５２０の表面上に局所化され、第２の光学的透過性材料の他の局所化された堆積物（または平坦部）から離間された材料の平坦部を形成し得る。

【０４４４】

好ましくは、集塊７５３０ａ、７５３０ｂを形成する、第２の光学的透過性材料の屈折率は、突出部７５２０を形成する第１の光学的透過性材料および基板７５００を形成する材料の両方の屈折率より高い。いくつかの実施形態では、第１の光学的透過性材料の屈折率は、基板７５００を形成する材料の屈折率より低い、またはそれに類似する。基板７５００は、導波管であってもよく、導波管７０２０、７０３０、７０４０（図７０）、７２２０、７２３０、７２４０、（図７２）、および／または導波管７３２０、７３３０、および７３４０、（図７３）に対応してもよいことを理解されるであろう。そのような用途では、基板は、好ましくは、例えば、１．５、１．６、１．７、１．８、または１．９より高い、相対的高屈折率を有し、これは、その基板７５００からの光を出力し、画像を形成する、ディスプレイの視野を増加させる利点を提供することができる。いくつかの実施形態では、基板７５００は、ガラス（例えば、ドープされたガラス）、ニオブ酸リチウム、プラスチック、ポリマー、サファイア、または他の光学的透過性材料から形成される。好ましくは、ガラス、プラスチック、ポリマー、サファイア、または他の光学的透過性材料は、高屈折率、例えば、１．５、１．６、１．７、１．８、または１．９より高い屈折率を有する。

【０４４５】

図７５を継続して参照すると、突出部７５２０の第１の光学的透過性材料は、好ましくは、例えば、リソグラフィおよびエッチングプロセスによってパターン化され得る、材料である。より好ましくは、第１の光学的透過性材料は、ナノインプリントによってパターン化され得る、ナノインプリントレジストである。本明細書に議論されるように、集塊７５３０ａ、７５３０ｂを形成する、第２の光学的透過性材料は、突出部７５２０の第１の光

学的透過性材料および基板７５００を形成する材料の両方より高い屈折率を有する。いくつかの実施形態では、第２の光学的透過性材料の屈折率は、１．６、１．７、１．８、または１．９より高い。第２の光学的透過性材料のための材料の実施例は、シリコン含有材料および酸化物を含む、半導体材料を含む。シリコン含有材料の実施例は、窒化ケイ素および炭化ケイ素を含む。酸化物の実施例は、酸化チタン、酸化ジルコニウム、および酸化亜鉛を含む。いくつかの実施形態では、第２の光学的透過性材料は、より低い光学透明性を有してもよい。例えば、第２の光学的透過性材料は、シリコンまたはその誘導体であってもよい。いくつかの実施形態では、第１および第２の光学的透過性材料７５２０、７５３０は、非晶質固体材料または結晶性固体材料である。非晶質材料は、より低い温度で、かついくつかの結晶性材料より広範囲の表面にわたって形成され得るため、いくつかの用途では望ましくあり得る。いくつかの実施形態では、特徴７５２０、７５３０ａ、７５３０ｂを形成する、第１および第２の光学的透過性材料はそれぞれ、非晶質または結晶性半導体材料のうちの１つであってもよい。

【０４４６】

図７５を継続して参照すると、突出部は、ピッチ７５４０を有する。本明細書で使用されるように、ピッチは、２つの直接近隣構造上の類似点間の距離を指す。類似点は、それらが実質的に同じである構造の類似部分（例えば、左または右縁）にあるという点において類似することを理解されるであろう。例えば、突出部７５２０のピッチは、突出部７５２０およびその突出部と直接近隣類似突出部７５２０との間の直接近隣分離によって画定された総幅と等しい。換言すると、ピッチは、それらの突出部７５２０によって形成される特徴のアレイの反復単位（例えば、突出部７５２０および集塊７５３０ａの幅の和）の幅に対応する周期であると理解され得る。

【０４４７】

図示されるように、異なる波長の（異なる色に対応する）光が、メタ表面上に衝突し得、本明細書に議論されるように、メタ表面は、具体的波長の光を再指向する際に高度に選択的である。本選択性は、本明細書に議論されるように、第１および第２のレベル７５１２、７５１４の特徴のピッチおよび物理的パラメータに基づいて達成されてもよい。突出部７５２０のピッチは、いくつかの実施形態では、ゼロ次数の反射の光再指向のために望ましい光の波長未満である。いくつかの実施形態では、幾何学的サイズおよび周期性は、波長がより長くなるにつれて増加し、突出部７５２０および集塊７５３０ａ、７５３０ｂの一方または両方の高さまたは厚さもまた、波長がより長くなるにつれて増加する。図示される光線７５５０ａ、７５５０ｂ、および７５５０ｃは、いくつかの実施形態では、異なる波長および色の光に対応する。図示される実施形態では、メタ表面は、光線７５５０ｂを反射させながら、光線７５５０ａおよび７５５０ｃを基板７５００およびメタ表面７５１０を通して伝搬させる、ピッチを有する。

【０４４８】

有利には、多段階メタ表面は、特定の波長の光のために高度に選択的である。図７６は、いくつかの実施形態による、図７５に示される一般的構造を有するメタ表面に関する透過および反射スペクトルのプロットを示す。本実施例では、突出部７５２０は、幅１２５ｎｍ、厚さ２５ｎｍを有し、レジストから形成され、材料７５３０ａおよび７５３０ｂの集塊は、厚さ７５ｎｍを有し、窒化ケイ素から形成され、ピッチは、３４０ｎｍであって、空気間隙が、集塊７５３０ｂを分離する。水平軸は、波長を示し、垂直軸は、法線入射（すなわち、ゼロ度の入射角）に関する透過率（無反射から完全反射の０－１．００のスケール）を示す。着目すべきこととして、反射R_0（５１７ｎｍ時）における顕著なピークおよび透過率T_0における付随低減が、狭帯域の波長に関して認められる一方、他の波長は、透過される。光は、波長が共振波長（本実施例では、約５１７ｎｍ）と合致されるときに反射される。突出部７５２０および上層構造７５３０は、サブ波長間隔を伴って配列され、ゼロ次数の反射および透過のみが、存在する。図７６に示されるように、反射スペクトルは、可視波長領域を横断して顕著なピークを示し、これは、光学共振の特徴である。

【０４４９】

メタ表面は、１次元（１Ｄ）ナノ構造または２次元（２Ｄ）ナノ構造において形成されてもよい。図７７Ａおよび７７Ｂは、それぞれ、いくつかの実施形態による、１次元ナノビーム７７１４によって形成されるメタ表面７７１０の上面図および側面図を示す。図示されるように、複数のナノビーム７７１４が、基板７７１２（例えば、導波管）の表面上に形成される。各ナノビーム７７１４は、Ｙ軸に沿って側方に延在し、負のＺ方向に沿って基板７７１２の表面から突出する。複数のナノビーム７７１４が、Ｘ軸に沿って周期的アレイとして配列される。いくつかの実施形態では、ナノビーム７７１４は、シリコン（例えば、非晶質シリコン）、TiO_2、Si_3N_4、または同等物を含んでもよい。メタ表面７７１０は、基板７７１２上に形成されるナノ構造の単層を含むため、単一層メタ表面と称され得る。

【０４５０】

図７７Ｃおよび７７Ｄは、それぞれ、いくつかの他の実施形態による、１次元ナノビーム７７２４によって形成される、メタ表面７７２０の平面図および側面図を示す。複数のナノビーム７７２４が、基板７７２２（例えば、導波管）の表面上に形成される。各ナノビーム７７２４は、Ｙ軸に沿って側方に延在し、負のＺ方向に沿って基板７７２２の表面から突出する。複数のナノビーム７７２４は、Ｘ軸に沿って周期的アレイとして配列される。いくつかの実施形態では、ナノビーム７７２４は、シリコン（例えば、非晶質シリコン）、TiO_2、Si_3N_4、または同等物を含んでもよい。

【０４５１】

メタ表面７７２０はさらに、ナノビーム７７２４間の領域を充填し、ナノビーム７７２４を被覆する、第１の誘電層７７２５と、第１の誘電層７７２５にわたって配置される、第２の誘電層７７２６と、第２の誘電層７７２６にわたって配置される、第３の誘電層７７２７と、第３の誘電層７７２７にわたって配置される、第４の誘電層７７２８とを含んでもよい。いくつかの実施形態では、ナノビーム７７２４は、シリコン（例えば、非晶質シリコン）を含んでもよく、第１の誘電層７７２５および第３の誘電層７７２７は、フォトレジストまたは同等物を含んでもよく、第２の誘電層７７２６および第４の誘電層７７２８は、TiO_2および同等物を含んでもよい。いくつかの実施形態では、第１の誘電層７７２５および第３の誘電層７７２７は、１．４～１．５の範囲内の屈折率を有する材料を含んでもよい。第２の誘電層７７２６および第４の誘電層７７２８は、メタ表面７７２０の反射率を増加させる役割を果たし得る。いくつかの実施形態では、第２の誘電層７７２６および第４の誘電層７７２８はそれぞれ、厚さ約１６０ｎｍを有してもよく、第１の誘電層７７２５は、厚さ約６０ｎｍを有してもよい。メタ表面７７２０は、基板７７２２上に形成される複数の層を含むため、多層メタ表面と称され得る。

【０４５２】

図７８Ａおよび７８Ｂは、それぞれ、いくつかの実施形態による、基板７８１２（例えば、導波管）の表面上に形成される複数のナノアンテナ７８１４によって形成される、単層２次元メタ表面７８１０の上面図および側面図を示す。複数のナノアンテナ７８１４は、Ｘ－Ｙ平面における２次元アレイとして配列される。いくつかの実施形態では、各ナノアンテナ７８１４は、図７８Ａに図示されるように、長方形形状を有してもよい。ナノアンテナ７８１４は、種々の他の実施形態によると、円形、楕円形、および同等物等の他の形状を有してもよい。

【０４５３】

図７８Ｃおよび７８Ｄは、それぞれ、いくつかの実施形態による、多層２次元メタ表面７８２０の平面図および側面図を示す。複数のナノアンテナ７８２４は、基板７８２２（例えば、導波管）の表面上のＸ－Ｙ平面に２次元アレイとして配列される。メタ表面７８２０はさらに、ナノアンテナ７８２４間の領域を充填し、ナノアンテナ７８２４を被覆する、第１の誘電層７８２５と、第１の誘電層７８２５にわたって配置される、第２の誘電層７８２６と、第２の誘電層７８２６にわたって配置される、第３の誘電層７８２７と、第３の誘電層７８２７にわたって配置される、第４の誘電層７８２８とを含んでもよい。いくつかの実施形態では、ナノアンテナ７８２４は、シリコン（例えば、非晶質シリコン）

を含んでもよく、第１の誘電層７８２５および第３の誘電層７８２７は、フォトレジストまたは同等物を含んでもよく、第２の誘電層７８２６および第４の誘電層７８２８は、TiO_2および同等物を含んでもよい。第２の誘電層７８２６および第４の誘電層７８２８は、メタ表面７８２０の反射率を増加させる役割を果たし得る。

【０４５４】

図７７Ａおよび７７Ｂに図示される単層１次元メタ表面７７１０は、図７６に図示されるものに類似する、所与の入射角に関してある波長において顕著な反射率ピークを呈し得る。しかしながら、ピーク波長は、入射角が変動されるにつれて偏移し得る。本角度依存性は、有効角度視野を限定し得る。誘電材料の付加的層をナノ構造の上部に追加することは、反射スペクトルを調整するための別の自由度を与えることができる。例えば、図７７Ｃおよび７７Ｄに図示される多層１次元メタ表面７７２０は、さらに以下に議論されるように、入射角範囲に関して実質的に角度に鈍感な反射率スペクトルを有するように構成されてもよい。図７８Ｃおよび７８Ｄに図示される多層２次元メタ表面７８２０はまた、反射スペクトルを調整するための付加的自由度を提供することができる。

【０４５５】

図７９は、いくつかの実施形態による、ＴＥ偏光に関して図７７Ｃおよび７７Ｄに図示される、多層１次元メタ表面７７２０の緑色に対応する波長（例えば、約５２０ｎｍ）（実線）および赤色に対応する波長（例えば、約６５０ｎｍ）（破線）に関する入射角の関数としてのシミュレートされた反射率のプロットを示す。図示されるように、緑色波長に関する反射率は、約－３０度～約３０度の角度範囲に関して非常に平坦（例えば、約７０％）のままである。同一角度範囲では、赤色波長に関する反射率は、非常に低いままである（例えば、約１０％を下回る）。

【０４５６】

図８０は、いくつかの実施形態による、ＴＥ偏光に関して図７７Ｃおよび７７Ｄに図示される、多層１次元メタ表面７７２０のシミュレートされた反射率スペクトル（実線）およびシミュレートされた透過スペクトル（破線）のプロットを示す。図示されるように、反射率スペクトルは、約４８０ｎｍ～約５７０ｎｍの広ピークを示す。対応して、透過スペクトルは、同一波長範囲内で広い谷を示す。したがって、角度鈍感性は、反射率スペクトルのより広い帯域幅を犠牲にして達成され得る。拡張現実システムに関して、より広い反射率帯域幅は、世界からのより多くの自然光が、波長選択的反射体によって反射され得、したがって、視認者の眼に到達し得ないことを意味する。

【０４５７】

図８１は、いくつかの実施形態による、ＴＭ偏光に関して図７７Ｃおよび７７Ｄに図示される、多層１次元メタ表面７７２０の緑色に対応する波長（例えば、約５２０ｎｍ）（実線）および赤色に対応する波長（例えば、約６５０ｎｍ）（破線）に関する入射角の関数としてシミュレートされた反射率のプロットを示す。図示されるように、緑色波長に関する反射率は、約－３０度～約３０度の角度範囲に関して非常に平坦（例えば、約７５％）のままである。同一角度範囲では、赤色波長に関する反射率は、非常に低い（例えば、約５％を下回る）ままである。図７９と比較して、緑色波長に関するピーク反射率値は、ＴＥ偏光（例えば、約７０％）に関するその対応物よりＴＭ偏光（例えば、約７５％）に関して若干高い。

【０４５８】

図８２は、いくつかの実施形態による、ＴＭ偏光に関して図７７Ｃおよび７７Ｄに図示される、多層１次元メタ表面７７２０のシミュレートされた反射率スペクトル（実線）およびシミュレートされた透過スペクトル（破線）のプロットを示す。図示されるように、反射率スペクトルは、約４８０ｎｍ～約５７０ｎｍの広ピークを示す。対応して、透過スペクトルは、同一波長範囲内の広い谷を示す。図８０と比較して、ＴＭ偏光に関する反射率スペクトルは、ＴＥ偏光に関するその対応物より丸みを帯びたピークを呈する。また、ＴＭ偏光に関する透過スペクトルは、ＴＥ偏光に関するその対応物と比較して、反射率帯域外のより高い値を呈する。一般に、共振波長（例えば、反射ピークが生じる波長）は、ナ

ノ構造の幾何学形状サイズを増加させるために、より長い波長に偏移し得る。反射率スペクトルの帯域幅および角度スペクトルの角度幅は、ナノ構造の縦横比を減少させるために増加し得る。

【０４５９】

いくつかの実施形態では、複数のメタ表面が、交互配置され、複合メタ表面を形成し、所望のスペクトル性質を達成してもよい。図８３Ａ－８３Ｆは、いくつかの実施形態による、複合メタ表面が２つのサブメタ表面を交互配置することによって形成され得る方法を図式的に図示する。

【０４６０】

図８３Ａは、基板８３０２上に形成される複数の第１のナノアンテナ８３１４を含む、第１のサブメタ表面８３１０の上面図を示す。各第１のナノアンテナ８３１４は、第１の縦横比を伴う長方形形状を有する。図８３Ｂは、入射角の関数として、第１のサブメタ表面８３１０の反射率スペクトルを図式的に図示する。図示されるように、第１のナノアンテナ８３１４の幾何学形状は、反射率スペクトルが第１の入射角においてピークを呈するように設計されてもよい。

【０４６１】

図８３Ｃは、基板８３０４上に形成される、複数の第２のナノアンテナ８３２４を含む、第２のサブメタ表面８３２０の上面図を示す。各第２のナノアンテナ８３２４は、第１の縦横比を上回る（例えば、より伸長である）、第２の縦横比を伴う長方形形状を有する。図８３Ｄは、入射角の関数として、第２のサブメタ表面８３２０の反射率スペクトルを図式的に図示する。図示されるように、第２のナノアンテナ８３２４の幾何学形状は、反射率スペクトルが第１の入射角と異なる第２の入射角においてピークを呈するように設計されてもよい。

【０４６２】

図８３Ｅは、基板８３０６上に形成される、複数の第１のナノアンテナ８３１４と、複数の第２のナノアンテナ８３２４と、複数の第３のナノアンテナ８３３４と、複数の第４のナノアンテナ８３４４と、複数の第５のナノアンテナ８３５４とを含む、複合メタ表面８３３０の上面図を示す。複合メタ表面８３３０は、第１のサブメタ表面８３１０、第２のサブメタ表面８３２０等の複合と見なされ得る。各サブメタ表面のナノアンテナは、相互にランダムに交互配置されてもよい。図８３Ｆは、入射角の関数として、複合メタ表面８３３０の反射率スペクトルを図式的に図示する。図示されるように、複合メタ表面８３３０は、複数の入射角における複数の反射率ピーク８３１６、８３２６、８３３６、８３４６、および８３５６によって特徴付けられ得、各反射率ピークは、個別の成分サブメタ表面に対応する。複合メタ表面８３３０は、種々の実施形態による、５つより多いまたはより少ないサブメタ表面を含んでもよい。いくつかの実施形態では、サブメタ表面毎の波長の関数としての反射率スペクトルは、比較的に狭帯域幅を伴う反射率ピークを呈し得、複数のサブメタ表面は、ほぼ同一波長範囲における反射率ピークを呈するように構成されてもよい。

【０４６３】

複数のメタ表面は、多重化され、所望のスペクトル性質を伴う複合メタ表面を形成してもよい。図８４Ａおよび８４Ｂは、それぞれ、いくつかの実施形態による、メタ表面８４００の上面図および側面図を示す。メタ表面８４００は、基板８４０２の表面上の第１の側方領域内に配列される、第１のナノアンテナ８４１０の第１のアレイと、第１の側方領域に隣接する第２の側方領域内に配列される、第２のナノアンテナ８４２０の第２のアレイと、第２の側方領域に隣接する第３の側方領域内に配列される、第３のナノアンテナ８４３０の第３のアレイと、第３の側方領域に隣接する第４の側方領域内に配列される、第４のナノアンテナ８４４０の第４のアレイと、第４の側方領域に隣接する第５の側方領域内に配列される、第５のナノアンテナ８４５０の第５のアレイと、第５の側方領域に隣接する第６の側方領域内に配列される、第６のナノアンテナ８４６０の第６のアレイとを含んでもよい。

【０４６４】
各第１のナノアンテナ８４１０は、図８４Ｃに図示されるように、第１のナノアンテナ８４１０の第１のアレイが第１の入射角８４１２においてピークを有する、第１の反射率スペクトル８４１２によって特徴付けられるように設計される、第１の縦横比を伴う長方形形状を有してもよく、各第２のナノアンテナ８４２０は、第１のナノアンテナ８４２０の第２のアレイが第２の入射角８４２２におけるピークを有する第２の反射率スペクトル８４２２によって特徴付けられるように設計される、第２の縦横比を伴う長方形形状を有してもよい等となる。このように、ナノアンテナ８４１０、８４２０、８４３０、８４４０、８４５０、または８４６０の各アレイは、図８４Ｂに図示されるように、視認者の眼８４０１に到達し得る、光線ために最適化される。

【０４６５】
図８５Ａは、いくつかの実施形態による、接眼レンズ８５００の部分的側面図を図式的に図示する。接眼レンズは、導波管８５１０と、導波管８５１０の背面表面上に形成される、格子８５２０と、導波管８５１０の正面表面上に形成される、波長選択的反射体８５３０とを含む。図８５Ｂは、いくつかの実施形態による、波長選択的反射体８５３０の上面図を図式的に図示する。波長選択的反射体８５３０は、複数の重複領域８５３２を含んでもよい。各領域８５３２は側方（例えば、Ｙ軸に沿って）および垂直（例えば、図８５Ａに図示されるように、Ｘ軸に沿って）の両方において、視認者の眼８５０１に到達し得る光線に対応する個別の入射角において反射率ピークを有するように最適化されたメタ表面を備えてもよい。例えば、各領域８５３２は、ナノアンテナのアレイを含んでもよく、個別の縦横比は、図８４Ａに図示されるように、第１のアンテナ８４１０の第１のアレイ、第２のアンテナ８４２０の第２のアレイ、第３のアンテナ８４３０の第３のアレイ、第４のアンテナ８４４０の第４のアレイ、第５のアンテナ８４５０の第５のアレイ、または第６のアンテナ８４６０の第６のアレイに類似する。いくつかの実施形態では、各領域８５３２のサイズは、有利には、視認者の眼８５０１の瞳孔の直径に所定のマージンを加えたものに合致するように設計されてもよい。

【０４６６】
いくつかの実施形態では、波長選択的反射体は、体積位相ホログラム（体積位相格子とも称され得る）を備えてもよい。体積位相ホログラムは、透過媒体、通常、二色性ゼラチンまたはホログラフィックフォトポリマーの層内に形成される、周期的位相構造であって、これは、概して、二色性ゼラチンの場合、クリアガラスまたは融合シリカの２つの層の間にシールされる。入射光の位相は、周期的屈折率を有する光学的に厚い膜を通して通過させるにつれて変調され、故に、「体積位相」と称される。これは、表面起伏パターンの深度が入射光の位相を変調させる、従来の格子とは対照的である。体積位相ホログラムは、屈折率変調の周期および媒体の屈折率変調深度（すなわち、高屈折率値と低屈折率値との間の差異）を調節することによって、異なる波長で機能するように設計されることができる。反射体積位相ホログラムの周期は、記録レーザおよび記録幾何学形状の波長によって決定される。変調深度（回折効率および有効スペクトル帯域幅の両方に影響を及ぼす）は、記録媒体の材料性質および総露光（典型的には、ｍＪ／ｃｍ^{2}として表される）によって決定され得る。体積位相ホログラムのスペクトルおよび角度選択性は、記録媒体の厚さによって決定され得る。これらのパラメータの全ての間の関係は、Ｋｏｇｅｌｎｉｋの結合波方程式によって表され、これは、文献（例えば、Ｈ．　Ｋｏｇｅｌｎｉｋ、Ｂｅｌｌ　Ｓｙｓｔ．　Ｔｅｃｈ．　Ｊ．４８、２９０９、１９６９参照）から利用可能である。体積位相ホログラムの角度および波長性質は、概して、文献では、「Ｂｒａｇｇ選択性」と称される。Ｂｒａｇｇ選択性のため、体積位相ホログラムは、所望の入射角において所望の波長に関して高反射率効率を有するように設計されることができる。拡張現実システムのための接眼レンズにおいて使用され得る体積位相ホログラムについてのさらなる詳細は、米国仮特許出願第６２／３８４，５５２号（その内容は、あらゆる目的のために、全体として本明細書に組み込まれる）に提供される。

【０４６７】

図８６Ａは、いくつかの実施形態による、基板８６０２（例えば、導波管）上に形成される第１の体積位相ホログラム８６１０の部分断面図を図式的に図示する。第１の体積位相ホログラム８６１０は、図８６Ｂに図式的に図示されるように、第１の入射角において高反射率ピークを生産するように設計される、第１の変調された屈折率パターン８６１２を有してもよい。例えば、第１の変調された屈折率パターン８６１２は、光を具体的波長範囲内および所定の角度範囲にわたって視認者に向かって後方反射させるために、Ｚ軸に対して第１の傾斜角度でタイル化された周期的屈折率ストライプを備えてもよい。この場合、反射される光の角度範囲は、屈折率変調平面の傾斜に関連する。体積位相ホログラムは、適切な材料厚を選定することによって、非常に選択的にされることができる。いくつかの実施形態では、媒体厚は、約８ミクロン～約５０ミクロの範囲内であって、所望の角度およびスペクトル選択性を達成し得る。

【０４６８】

図８６Ｃは、いくつかの実施形態による、第２の体積位相ホログラム８６２０の部分断面図を図式的に図示する。第２の体積位相ホログラム８６２０は、図８６Ｄに図式的に示されるように、第１の入射角と異なる第２の入射角において高反射率ピークを生産するように設計される、第２の変調された屈折率パターン８６２２を有してもよい。例えば、第２の変調された屈折率パターン８６２２は、図８６Ａおよび８６Ｃに図示されるように、第１の傾斜角度を上回るＺ軸に対して第２の傾斜角度でタイル化された周期的屈折率ストライプを備えてもよい。

【０４６９】

図８６Ｅは、いくつかの実施形態による、複合体積位相ホログラム８６３０の部分断面図を図式的に図示する。図８６Ｆは、いくつかの実施形態による、導波管８６０２の表面上に形成される、複合体積位相ホログラム８６３０の側面図を図式的に図示する。（図８６Ｅおよび図８６Ｆは、Ｚ軸に沿って異なるスケールを有することに留意されたい）。複合体積位相ホログラム８６３０は、複数の領域８６３１－８６３７を含んでもよい。各領域８６３１－８６３７は、図８６Ｆに図示されるように、視認者の眼８６０１に到達し得る光線に対応する個別の入射角のために最適化されてもよい。例えば、各領域８６３１－８６３７は、Ｚ軸に対して個別の傾斜角度で傾斜される周期的屈折率ストライプを備えてもよく、複数の領域８６３１－８６３７の傾斜角度は、図８６Ｅに図示されるように、相互に異なる。

【０４７０】

いくつかの実施形態では、また、同一体積位相ホログラム内の複数の屈折率変調プロファイルを多重化することが可能である。各別個の変調プロファイルは、適切な露光波長を選定することによって、ホログラム記録の間、狭波長範囲内で光を反射させるように設計されることができる。好ましくは、対応する露光は、同時に実施される（別個のレーザを使用して）。また、格子を連続して記録することも可能である。そのような多重化された体積位相ホログラムは、図７３に図示される波長選択的反射体７３５６のために使用されてもよい。

【０４７１】

図８５Ａおよび８５Ｂに図示されるメタ表面と同様に、複合体積位相ホログラムは、いくつかの実施形態では、２次元アレイとして配列される重複領域を備えてもよい。各領域は、側方（例えば、Ｙ軸に沿って）および垂直（例えば、Ｘ軸に沿って）の両方において視認者の眼に到達し得る光線に対応する個別の入射角においてピークを呈する、反射率スペクトルを有するように最適化されてもよい。

【０４７２】

図８７は、一実施形態による、プロジェクタ８７００を図示する、概略図である。プロジェクタ８７００は、図９０Ａ－９０Ｃに関連して以下に議論されるように、所定の分布を伴う具体的配向に位置付けられる、空間的に変位された光源８７０５（例えば、ＬＥＤ、レーザ等）のセットを含む。光源８７０５は、単独で、または、例えば、光パイプまたはミラー等の集光光学を形成し、より多くの光を集光し、副瞳を光パイプまたは集光ミラー

の端部に形成する、副瞳と併用されることができる。明確性目的のために、３つの光源のみが、図示される。いくつかの実施形態では、準コリメーション光学８７２５が、光がよりコリメートされた様式で偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）８７１０に進入し、より多くの光がディスプレイパネル８７０７に辿り着くように、光源８７０５から放出される光を準コリメートするために利用される。他の実施形態では、コリメート要素（図示せず）が、ＰＢＳ８７１０の一部を通して伝搬後、光源から放出される光をコリメートするために利用される。いくつかの実施形態では、前置偏光器が、準コリメート光学８７２５とＰＢＳ８７１０との間にあって、ＰＢＳ８７１０の中に進む光を偏光させてもよい。前置偏光器はまた、光の一部を再循環させるために使用されてもよい。ＰＢＳ８７１０に進入する光は、反射し、ディスプレイパネル８７０７上に入射し、そこで場面が、形成される。いくつかの実施形態では、時間シーケンシャルカラーディスプレイが、カラー画像を形成するために使用されることができる。

【０４７３】

ディスプレイパネル８７０７から反射された光は、ＰＢＳ８７１０を通して通過し、結像光学または結像光学のセットとも称される、プロジェクタレンズ８７１５を使用して結像され、場面の画像を遠距離に形成する。プロジェクタレンズ８７１５は、ディスプレイパネル８７０７の大まかなフーリエ変換を接眼レンズ８７２０上または中に形成する。プロジェクタ８７００は、光源８７０５および集光光学によって形成される副瞳の反転画像である、副瞳を接眼レンズ内に提供する。図８７に図示されるように、接眼レンズ８７２０は、複数の層を含む。例えば、接眼レンズ８７２０は、６つの層または導波管を含み、それぞれ、色（例えば、３つの色）および深度平面（例えば、色毎に２つの深度平面）と関連付けられる。色および深度層の「切替」は、オンにされる光源を切り替えることによって実施される。その結果、シャッタまたはスイッチは、図示されるシステムでは、色と深度平面との間で切り替えるために利用されない。

【０４７４】

プロジェクタ８７００およびプロジェクタ８７００のアーキテクチャに関する変形例に関連する付加的議論は、本明細書で議論される。

【０４７５】

図８８は、別の実施形態による、プロジェクタ８８００を図示する、概略図である。図８８に図示される実施形態では、ディスプレイパネル８８２０は、ＬＣＯＳパネルであるが、本開示は、本実装に限定されない。他の実施形態では、正面照明ＬＣＯＳ（ＦＬＣＯＳ）、ＤＬＰ、および同等物を含む、他のディスプレイパネルが、利用されることができる。いくつかの実施形態では、カラーシーケンシャルＬＣＯＳ設計が、図９１に関連して議論される時間シーケンシャルエンコーディングに関連して議論されるように利用されるが、全ての色（例えば、ＲＧＢ）が並行して表示される、他の設計も、実装されることができる。カラーフィルタは、性能を改良し、ピクセルサイズが、減少されるため、システム性能が、改良し、本開示の実施形態は、そのような改良から利点を享受するであろう。したがって、いくつかの反射または透過ディスプレイパネルが、本明細書に開示される分散型副瞳アーキテクチャと併せて利用されることができる。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０４７６】

いくつかの実施形態では、集光光学を含む、光源８８１０によって放出され、前置偏光器８８２５によって偏光される、光は、偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）８８３０を通して伝搬し、４分の１波プレート８８２７を通して通過し、例えば、ミラーレンズ、反射レンズ、または湾曲反射体として実装され得る、コリメータ８８３２上に衝突する。光源８８１０間の空間分離は、分散型副瞳アーキテクチャを可能にする。いくつかの実施形態では、反射コリメータである、コリメータ８８３２は、光源８８１０によって放出されるビームを準コリメートまたは集光し、コリメートされたビームを、４分の１波プレート８８２７を通して、再び、光をディスプレイパネル８８２０上に指向するように変化された偏光状態を伴うＰＢＳ８８３０の中に後方指向する。

【０４７７】
コリメートされたビームが、ＰＢＳ８８３０を通して伝搬するにつれて、それらは、界面８８３１において反射され、ディスプレイパネル８８２０に向かって指向される。ディスプレイパネル８８２０は、場面または一連の場面を形成し、これは、続いて、接眼レンズ上に結像されることができる。いくつかの実施形態では、異なる色および深度平面のための時間シーケンシャル画像形成は、ディスプレイパネルの動作と併せて、光源８８１０を連続して動作させることによって遂行される。いくつかの実施形態では、補償要素が、ＰＢＳ８８３０に設置される、またはディスプレイパネル８８２０に取り付けられ、ディスプレイパネル８８２０の性能を改良する。ディスプレイパネル８８２０からの反射後、光は、界面８８３１を通して伝搬し、側８８０４においてＰＢＳ８８３０から出射する。プロジェクタレンズ８８４０とも称される、光学レンズ８８４０が、次いで、利用され、ディスプレイのフーリエ変換を形成し、コリメータ８８３２と併せて、光源８８１０の副瞳の反転画像を接眼レンズまたはその中に形成する。界面８８３１は、偏光膜、ワイヤグリッド偏光器、誘電スタックコーティング、それらの組み合わせ、および同等物を使用して実装されることができる。

【０４７８】
いくつかの実施形態によると、プロジェクタアセンブリが、提供される。プロジェクタアセンブリは、ＰＢＳ（例えば、ＰＢＳ８８３０）を含む。プロジェクタアセンブリはまた、ＰＢＳ８８３０に隣接する空間的に変位される光源（例えば、光源８８１０）のセットを含む。光源８８１０は、異なる色ＬＥＤ、レーザ、または同等物であり得る。いくつかの実施形態では、空間的に変位される光源８８１０は、ＰＢＳ８８３０の第１の側８８０１に隣接する。ＰＢＳ８８３０は、第１の通過の間、光源８８１０によって放出される光を通過させる。

【０４７９】
反射ミラーであり得る、コリメータ８８３２は、ＰＢＳ８８３０に隣接して配置され、光を受光し、最初に、ＰＢＳ８８３０を通して通過させる。コリメータ８８３２は、空間的に変位される光源８８１０に隣接する第１の側８８０１の反対である、ＰＢＳ８８３０の第２の側８８０２に隣接する。コリメータ８８３２は、放出される光をコリメートおよび集光し、コリメートされた光をＰＢＳ８８３０の第２の側８８０２の中に後方指向する。

【０４８０】
プロジェクタアセンブリはまた、第１の側８８０１と第２の側８８０２との間に位置付けられるＰＢＳ８８３０の第３の側８８０３に隣接する、ディスプレイパネル８８２０を含む。ディスプレイパネルは、ＬＣＯＳパネルであることができる。ＰＢＳ８８３０を通した第２の通過の間、コリメートされた光は、４分の１波プレート８８２７を２回通過することによって生じるその偏光状態の変化に起因して、ＰＢＳ８８３０内の内部界面から反射し、ディスプレイパネルに向かって指向される。

【０４８１】
プロジェクタアセンブリはさらに、第１の側８８０１と第２の側８８０２との間かつ第３の側８８０３と反対に位置付けられる、ＰＢＳ８８３０の第４の側８８０４に隣接する、プロジェクタレンズ８８４０を含む。ＰＢＳ８８３０と投影ディスプレイアセンブリによって形成される最終的画像との間のプロジェクタレンズ８８４０の位置は、図示されるシステムがＰＢＳ８８３０をプロジェクタアセンブリの背面において利用することを示す。

【０４８２】
プロジェクタアセンブリは、画像場所における副瞳の画像およびディスプレイパネル８８２０のフーリエ変換を形成する。接眼レンズとの内部結合界面は、画像場所の近傍に位置付けられる。空間的に変位される光源８８１０によって放出される光は、プロジェクタアセンブリ内の異なる経路を通して伝搬するため、システムの画像平面において空間的に変位される、光源８８１０の各光源と関連付けられた画像は、接眼レンズを構成する異なる導波管の中に結合することを可能にする。

【０４８３】

図８９は、一実施形態による、各導波管内に配置される内部結合要素を使用して対応する導波管の中に結合されている複数の色の光を図示する、概略図である。第１の導波管８９１０、第２の導波管８９２０、および第３の導波管８９３０は、平行配列において相互に隣接して位置付けられる。ある実施例では、第１の導波管８９１０は、第１の波長範囲８９０１（例えば、赤色波長）内の光を受光および伝搬するように設計されることができ、第２の導波管８９２０は、第２の波長範囲８９０２（例えば、緑色波長）内の光を受光および伝搬するように設計されることができ、第３の導波管８９３０は、第３の波長範囲８９０３（例えば、青色波長）内の光を受光および伝搬するように設計されることができる。

【０４８４】

全３つの波長範囲８９０１、８９０２、および８９０３内の光は、ほぼ同一平面上のプロジェクタレンズ８９４０のフーリエ変換力に起因して集束されるが、大まかには、光モジュール内の副瞳の間隔と、該当する場合、光学システムの拡大とによって、平面に表示される。個別の層８９１０、８９２０、および８９３０の内部結合格子８９１２、８９２２、および８９３２は、ビームの一部を捕捉し、個別の導波管層の中に結合させるように、正しいカラー副瞳に対応する経路内に設置される。

【０４８５】

内部結合格子であり得る、内部結合要素は、内部結合回折光学要素（ＤＯＥ）の要素であることができる。所与の光源が、オンにされると、その光源からの光は、対応する平面において結像される（例えば、第１の深度平面における赤色ＬＥＤ＃１、第１の導波管８９１０）。これは、単に、光源のオフおよびオンを切り替えることによって、色の間の切替を可能にする。

【０４８６】

残影画像または他の反射とも称される、アーチファクトの発生および／または影響を低減させるために、本開示の実施形態は、ある偏光フィルタおよび／またはカラーフィルタを利用する。フィルタは、単一瞳システムにおいて使用されてもよい。

【０４８７】

図９０Ａ－９０Ｃは、いくつかの実施形態による、分散型副瞳アーキテクチャの上面図である。分散型副瞳は、異なる副瞳と関連付けられることができ、異なる波長および異なる位置で動作する、異なる光源（例えば、ＬＥＤまたはレーザ）と関連付けられる。図９０Ａを参照すると、本第１の実施形態または配列は、２つの深度平面および深度平面あたり３つの色と関連付けられる、６つの副瞳を有する。例えば、２つの副瞳９０１０および９０１２は、第１の色と関連付けられ（例えば、赤色副瞳）、２つの副瞳９０２０および９０２２は、第２の色と関連付けられ（例えば、緑色副瞳）、２つの副瞳９０３０および９０３２は、第３の色と関連付けられる（例えば、青色副瞳）。これらの副瞳は、放出平面において空間的にオフセットされる、６つの光源に対応する。図示される６つの副瞳実施形態は、３色の２深度平面アーキテクチャにおいて使用するために好適であり得る。分散型副瞳アーキテクチャに関連する付加的説明は、２０１６年１１月１０日に公開された米国特許出願公開第２０１６／０３２７７８９号（本開示は、あらゆる目的のために、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる）に提供される。

【０４８８】

実施例として、２つの光源が、光学軸に対して相互に反対に位置付けられる場合、光源のうちの１つ（すなわち、第１の光源）からの光は、光学システムを通して伝搬し、接眼レンズ、例えば、内部結合格子または接眼レンズの他の表面から反射し、光学システムを通して後方伝搬し、次いで、再び、ディスプレイパネルにおいて反射し、その場所に再び現れ得ることが可能性として考えられる。別の副瞳の場所に現れる、本二重反射は、光が第１の光源によって元々放出されたため、残影画像を作成するであろう。図９０Ａに図示される配列では、副瞳９０１０／９０１２、９０２０／９０２２、および９０３０／９０３２は、光学軸および副瞳分布の中心に対して相互に反対に位置付けられるため、副瞳９０１０からの光は、副瞳９０１２に、９０２０から９０２２に、および９０３０から９０３２に結合され得る。この場合、残影画像とも称される、アーチファクトが、光学システム

内に形成され得る。代替配列では、光源は、異なるカラー副瞳が、光学軸に対して相互に反対に位置するように位置付けられることができることに留意されたい。

【０４８９】

図９０Ｂを参照すると、９つの副瞳実施形態が、図示され、これは、３色の３深度平面アーキテクチャにおいて使用するために好適であろう。本実施形態では、第１の色と関連付けられた副瞳９０４０、９０４２、および９０４４を含む、第１の副瞳のセット（例えば、赤色副瞳）は、相互に対して１２０°に位置付けられる。第２の色（例えば、緑色）と関連付けられた副瞳９０５０、９０５２、および９０５４を含む、第２の副瞳のセットは、相互に対して１２０°に位置付けられ、その分布は、第１の色から６０°回転される。故に、副瞳９０４０からの光が、システム内で反射される場合、副瞳９０４０と反対の副瞳９０５４に再び現れ、色の重複は、存在しないであろう。第３の色（例えば、青色）と関連付けられた副瞳９０６０、９０６２、および９０６４を含む、第３の副瞳のセットは、第１および第２の副瞳の分布の内側に位置付けられ、相互に対して１２０°に位置付けられる。

【０４９０】

図９０Ｃは、６つの副瞳配列を図示し、第１の色（例えば、赤色）と関連付けられた副瞳９０７０および９０７２は、副瞳分布の２つの角に位置付けられ、第２の色（例えば、緑色）と関連付けられた副瞳９０８０および９０８２は、副瞳分布の他の２つの角に位置付けられ、第３の色（例えば、青色）と関連付けられた副瞳９０９０および９０９２は、長方形副瞳分布の側面に沿って位置付けられる。したがって、図９０Ｂ－９０Ｃに図示されるような副瞳配列は、残影画像からの影響を低減させるために利用されることができる。例えば、異なる色の副瞳が光学軸を横断して相互に反対である、副瞳配列等、代替副瞳配列もまた、利用されてもよい。残影は、色選択的要素（例えば、色選択的回転子）またはカラーフィルタを各個別の内部結合格子において使用することによって、低減されることができる。

【０４９１】

図９１は、一実施形態による、複数の深度平面のための色の時間シーケンシャルエンコーディングを図示する、概略図である。図９１に図示されるように、深度平面（本例証では、３つ）は、シェーダを介して、ピクセルあたり最下位ビット（ＬＳＢ）にエンコードされる。本明細書で議論されるプロジェクタアセンブリは、所望の深度平面に色毎のピクセルの精密な設置を提供する。３つの色は、連続して、深度平面（平面０のためのＲ０、Ｇ０、Ｂ０）９１０２、（平面１のためのＲ１、Ｇ１、Ｂ１）９１０４、および（平面２のためのＲ２、Ｇ２、Ｂ２）９１０６毎にエンコードされる。１．３９ｍｓに関する各色の照明は、７２０Ｈｚの照明フレームレート９１０８と、８０Ｈｚの全３つの色および３つの深度平面のためのフレームレート９１１０（全ての色および平面をリフレッシュするための１２．５ｍｓに基づいて）とを提供する。いくつかの実施形態では、フレームあたり単一深度平面のための単一色が、その特定の深度平面のためのその特定の色と関連付けられた光源のみを使用することによって使用されてもよい。

【０４９２】

いくつかの実施形態では、複数の深度平面が、コード化された色を連続して受光する、可変焦点レンズの使用を通して実装されることができる。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０４９３】

図９２Ａは、一実施形態による、プロジェクタアセンブリを図示する、概略図である。図９２Ｂは、図９２Ａに示されるプロジェクタアセンブリを図示する、展開された概略図である。図９２Ａに図示されるように、プロジェクタアーキテクチャ９２００は、照明源９２１０を含み、これは、例えば、レーザ等のコリメートされた光ビームのセットを放出することができる。本実施形態では、システムの光がすでにコリメートされているため、コリメータは、光学設計から省略されることができる。照明源９２１０は、偏光された、偏光されない、または部分的に偏光された光を放出することができる。図示される実施形態

では、照明源９２１０は、ｐ偏光で偏光される光９２１２を放出する。第１の光学要素９２１５（例えば、前置偏光器）は、ｐ偏光を伴う光を偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）９２２０に通過させるように整合される。最初に、光は、ＰＢＳ９２２０の界面９２２２（例えば、偏光界面）を通して通過し、空間光変調器（ＳＬＭ）９２３０上に衝突する。ＳＬＭ９２３０は、空間変調を信号に付与し、画像を提供する。オン状態では、ＳＬＭ９２３０は、明状態（例えば、白色ピクセル）が示されるように、入力光を第１の偏光状態（例えば、ｐ偏光状態）から第２の偏光状態（例えば、ｓ偏光状態）に変調させる。第２の偏光状態は、９０°変調（例えば、偏移）された第１の偏光状態であってもよい。オン状態では、第２の偏光状態を有する光は、界面９２２２によって反射され、プロジェクタレンズ９２４０へと下流に進む。オフ状態では、ＳＬＭ９２３０は、入力光を第１の偏光状態から回転させず、したがって、暗状態（例えば、黒色ピクセル）が、示される。オフ状態では、第１の偏光状態を有する光は、界面９２２２を通して透過され、照明源９２１０へと上流に進む。中間状態では、ＳＬＭ９２３０は、入力光を第１の偏光からある楕円形偏光状態に変調させる。中間状態では、楕円形偏光状態（例えば、ｐ偏光状態）を有する光の一部は、界面９２２２によって反射され、照明源９２１０へと上流に進み、楕円形偏光状態（例えば、ｓ偏光状態）を有する光の一部は、界面９２２２を通して透過され、プロジェクタレンズ９２４０へと下流に進む。

【０４９４】

ＳＬＭ９２３０からの反射後、反射された光９２１４は、界面９２２２から反射され、ＰＢＳ９２２０から出射する。放出される光は、プロジェクタレンズ９２４０を通して通過し、接眼レンズ（図示せず）の内部結合格子９２５０上に結像される。

【０４９５】

図９２Ｂは、接眼レンズの内部結合格子９２５０上の照明源９２１０の第１の副瞳９２１１と関連付けられた光の結像を図示する。光は、ＰＢＳ９２２０の中への進入前に集光され、ＳＬＭ９２３０から反射し、プロジェクタレンズ９２４０を通して通過し、内部結合格子９２５０上に中継される。光学軸９２０５は、図９２Ｂに図示される。

【０４９６】

図９３Ａは、プロジェクタアセンブリ内の後方反射を図示する、概略図である。明確性目的のために、図９２Ａにおいて使用される参照番号はまた、図９３Ａでも使用される。図９３Ａを参照すると、図９２Ａにおけるプロジェクタアセンブリ９２００の動作に類似する様式において、ディスプレイパネルとも称される、空間光変調器（ＳＬＭ）９２３０からのｓ偏光は、ＰＢＳ９２２０の内側の界面９２２２において反射される。界面９２２２からの反射後の光線の傾斜は、単に、明確性目的のために提供されることに留意されたい。ＰＢＳ９２２０から放出される光の大部分は、プロジェクタレンズ９２４０を通して通過し、プロジェクタレンズ９２４０によって中継され、副瞳の画像を接眼レンズの内部結合格子９２５０に提供する。

【０４９７】

ＰＢＳ９２２０から放出される光の一部は、プロジェクタレンズ９２４０の１つ以上の表面９２４２において反射され、ＰＢＳ９２２０に向かって後方伝搬する。本反射された光９３０２は、再度、界面９２２２、ＳＬＭ９２３０、界面９２２２から反射し、プロジェクタレンズ９２４０を通して通過し、プロジェクタレンズ９２４０によって中継され、副瞳の画像を、側方にオフセットされ、光学軸に対して内部結合格子９２５０と反対に位置付けられる、接眼レンズの第２の内部結合格子９２５２に提供する。内部結合格子９２５０および９２５２の両方における光源は、同一であるため、内部結合格子９２５２における光は、ＳＬＭ９２３０から生じるように現れ、それによって、アーチファクトまたは残影画像を生産する。

【０４９８】

図９３Ｂは、図９３Ａに示されるプロジェクタアセンブリ内のアーチファクト形成を図示する、展開された概略図である。照明源９２１０の第１の副瞳９２１１からの光は、第１の光学要素９２１５によって集光され、ＰＢＳ９２２０を通して伝搬し、ＳＬＭ９２３０

から反射し、ＰＢＳ９２２０を通して再び通過し、界面９２２２（図示せず）から反射し、光源の副瞳をＩＧ９２５０（図示せず）に結像する、プロジェクタレンズ９２４０を通して通過させる。

【０４９９】

プロジェクタレンズ９２４０の１つ以上の表面から反射された光は、ＰＢＳ９２２０を通して通過し、ＳＬＭ９２３０から反射する。ＰＢＳ９２２０内の反射後、光は、プロジェクタレンズ９２４０を通して下流経路内を伝搬し、プロジェクタレンズ９２４０によって中継され、副瞳の焦点ぼけ画像を、側方にオフセットされ、光学軸に対して第１の内部結合格子９２５０と反対に位置付けられる、接眼レンズの第２の内部結合格子９２５２に提供する。この場合、内部結合格子９２５０および９２５２の両方における光源は、同一であるため、内部結合格子９２５２における光は、ＳＬＭ９２３０から生じるように現れ、それによって、アーチファクトまたは残影画像を生産する。

【０５００】

図９４は、図９３Ａに図示されるプロジェクタアセンブリに関する場面内のアーチファクトの存在を図示する。図９４に見られるように、テキスト「９：４５ＡＭ」が、プロジェクタによる表示のために意図される。意図されるテキスト９４１０に加え、アーチファクト９４２０も、表示される。アーチファクト９４２０もまた、テキスト「９：４５ＡＭ」を有するが、低減された強度を伴い、意図されるテキスト９４１０に対して反転される。

【０５０１】

図９５Ａは、一実施形態による、残影画像防止とも称される、アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリ９５００を図示する、概略図である。図９５Ａに図示されるプロジェクタアセンブリは、いくつかの共通要素を図９２Ａに図示されるプロジェクタアセンブリと共有し、図９２Ａに提供される説明は、必要に応じて、図９５Ａにおけるプロジェクタアセンブリに適用可能である。本明細書に説明されるように、アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリ９５００は、プロジェクタレンズ９２４０から反射され得る具体的偏光における上流経路内を伝搬する光の減衰または遮断を可能にする、円形偏光器９５１０を含む。

【０５０２】

プロジェクタアセンブリからの光は、画像平面、例えば、接眼レンズが位置付けられる、接眼レンズの内部結合格子９２５０に画像を作成する。プロジェクタアセンブリからの光の一部は、プロジェクタレンズ９２４０の要素９２４２から反射され、プロジェクタアセンブリに向かって上流に戻ることができる。反射された光９５０２が、遮断されない場合、ＳＬＭ９２３０に進行し、そこから反射し、例えば、内部結合格子９２５２に向かって下流に進み、接眼レンズ内で生産される、アーチファクトまたは残影画像をもたらし得る。これらの残影画像の強度を防止または低減させるために、本開示の実施形態は、反射された光の大部分または全てを遮断し、反射された光の大部分または全てがＳＬＭ９２３０上に衝突することを防止する。

【０５０３】

アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリ９５００は、線形偏光器９５１２と、４分の１波プレート９５１４とを組み込む、円形偏光器９５１０を含む。円形偏光器９５１０は、ＰＢＳ９２２０とプロジェクタレンズ９２４０との間に位置付けられる。図９５Ａにおける挿入図に図示されるように、円形偏光器９５１０は、ｓ偏光された光をＰＢＳ９２２０から受光し、円形に偏光された光（例えば、左回りに円形に偏光された（ＬＨＣＰ）光）を下流経路内に生成する。円形偏光器９５１０の１つの利点は、プロジェクタアセンブリ９５００のためのクリーンアップ偏光器として作用し、これが、コントラストを改良することである。

【０５０４】

図９５Ａに図示されるように、下流光は、ＬＨＣＰ偏光され、プロジェクタレンズ９２４０の１つ以上の表面９２４２からの反射は、反射された光が対向掌性を伴って円形に偏光されるように（例えば、右回りに円形に偏光された（ＲＨＣＰ））、位相偏移を導入する

であろう。挿入図を参照すると、ＲＨＣＰ光は、４分の１波プレート９５１４によって、線形に偏光された光に変換される。線形に偏光された光は、４分の１波プレート９５１４を通して通過させるにつれて、線形偏光器９５１２の透過軸に直交する方向に偏光され、したがって、線形偏光器９５１２によって遮断される。したがって、プロジェクタレンズ９２４０から反射された光は、ＳＬＭ９２３０上に衝突しないように遮断および防止される。したがって、本開示の実施形態は、円形偏光器９５１０の使用を通して、これらの望ましくないアーチファクトまたは残影画像の強度を防止または低減させる。いくつかの実施形態では、反射された光の一部９５０４は、４分の１波プレート９５１４から反射されることができる。４分の１波プレート９５１４から反射された光の本部分９５０４は、４分の１波プレートから離れるように結像光学９２４０のセットに向かって伝搬するであろう。

【０５０５】

図９５Ｂは、一実施形態による、光学アーチファクトを低減させる方法９５５０を図示する、フローチャートである。方法９５５０は、照明源によって生成された光ビームを偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）の中に投入するステップ（９５５２）と、光ビームの空間的に画定された部分をディスプレイパネルから反射させるステップ（９５５４）とを含む。光ビームは、光ビームのセットのうちの１つであることができる。実施例として、光ビームのセットは、空間的に変位される光源、例えば、ＬＥＤのセットを含むことができる。

【０５０６】

方法９５５０はまた、ＰＢＳ内の界面において、光ビームの空間的に画定された部分をプロジェクタレンズに向かって反射させるステップ（９５５６）と、光ビームの空間的に画定された部分の少なくとも一部をＰＢＳとプロジェクタレンズとの間に配置される円形偏光器を通して通過させるステップ（９５５８）とを含む。光ビームの空間的に画定された部分は、線形偏光によって特徴付けられ得る。方法９５５０はさらに、プロジェクタレンズの１つ以上の要素によって、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を反射させるステップ（９５６０）と、円形偏光器において、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を減衰させるステップ（９５６２）とを含む。光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分は、円形偏光によって特徴付けられ得る。

【０５０７】

図９５Ｂに図示される具体的ステップは、一実施形態による、光学アーチファクトを低減させる特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本開示の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図９５Ｂに図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０５０８】

図９６は、図９５Ａに示されるプロジェクタアセンブリを使用したアーチファクトの強度における低減を図示する。図９４に図示されるアーチファクト９４２０は、強度が低減され、例えば、排除され、反射低減システムの有効性を実証する。

【０５０９】

図９７Ａは、一実施形態による、投影ディスプレイシステム内の接眼レンズの内部結合格子要素または基板表面からの反射から生じるアーチファクト形成を図示する、概略図である。図９７Ｂは、図９７Ａに示される投影ディスプレイシステム内の接眼レンズの内部結合格子または基板表面からの反射から生じるアーチファクト形成を図示する、展開された概略図である。図９７Ａおよび９７Ｂに図示されるプロジェクタアセンブリは、図９３Ａおよび９３Ｂに図示されるプロジェクタアセンブリといくつかの共通要素を共有し、図９３Ａおよび９３Ｂに提供される説明は、必要に応じて、図９７Ａおよび９７Ｂにおけるプロジェクタアセンブリに適用可能である。いくつかの実施形態では、図９７Ａに図示されるプロジェクタアセンブリは、ＰＢＳ９２２０とプロジェクタレンズ９２４０との間の円

形偏光器（例えば、図９５Ａの円形偏光器９５１０）を含んでもよい。
【０５１０】
明確性目的のために、図９３Ａにおいて使用される参照番号はまた、図９７Ａでも使用される。図９７Ａを参照すると、図９２Ａにおけるプロジェクタアセンブリ９２００の動作に類似する様式において、ディスプレイパネルとも称される、ＳＬＭ９２３０からのｓ偏光９７０２は、ＰＢＳ９２２０の内側の界面９２２２において反射される。界面９２２２からの反射後の光線の傾斜は、単に、明確性目的のために提供されることに留意されたい。ＰＢＳ９２２０から放出される光の大部分は、プロジェクタレンズ９２４０を通過し、プロジェクタレンズ９２４０によって中継され、副瞳の画像を接眼レンズの内部結合格子９２５０に提供する。
【０５１１】
内部結合格子９２５０上に入射する光の一部は、内部結合格子９２５０によって反射される。図９７Ａに図示されるように、内部結合格子９２５０上に入射する光は、単一偏光（例えば、ｓ偏光）内にあることができるが、内部結合格子９２５０から反射された光は、偏光の混合（Ａ＊ｓ＋Ｂ＊ｐ）９７０４を有することができ、式中、ＡおよびＢは、ゼロ～１の係数である。接眼レンズの平面内に段階を伴う回折光学内部結合格子に関して、反射は、主に、反転された円形偏光である。しかしながら、内部結合格子が、接眼レンズの平面から傾けられる場合、他の偏光状態が、反射されるであろう。反射された光９７０４は、プロジェクタレンズ９２４０を通して通過し、ＰＢＳ９２２０に向かって後方伝搬するにつれて、偏光の混合（Ｃ＊ｓ＋Ｄ＊ｐ）９７０６として出現し、式中、ＣおよびＤは、ゼロ～１の係数である。概して、内部結合格子９２５０の特性の結果、Ａ＞ＣおよびＢ＞Ｄである。
【０５１２】
界面の偏光（Ｃ＊ｓ）９７０８と適切に整合される、上流経路内の光は、界面９２２２、ＳＬＭ９２３０、界面９２２２から反射し、プロジェクタレンズ９２４０を通して通過し、プロジェクタレンズ９２４０によって結像され、画像を接眼レンズ（Ｅ＊ｓ）９７１２の第２の内部結合格子９２５２に提供する。内部結合格子９２５０および９２５２の両方における光源は、同一であるため、内部結合格子９２５２における光は、ＳＬＭ９２３０から生じるように現れ、それによって、アーチファクトまたは残影画像を生産する。
【０５１３】
図９７Ｂを参照すると、光学軸９２０５の周囲の対称性は、ＰＢＳ９２２０およびプロジェクタレンズ９２４０を通した第１の通過後の内部結合格子９２５０における結像と、反射された光９７０４が再度ＳＬＭ９２３０から反射された後の内部結合格子９２５２における結像とによって実証される。
【０５１４】
図９８は、一実施形態による、内部結合格子要素からの反射を図示する、概略図である。接眼レンズは、カバーガラス９８１０と、内部結合格子９８２０とを含むことができる。入射光は、ＬＨＣＰ入力光９８０１として図示される。円形偏光を伴う入力光が、図示されるが、本開示の実施形態は、円形に偏光された光に限定されず、入力光は、所定の長軸および短軸を伴う楕円形に偏光されることができる。接眼レンズからの反射は、カバーガラス９８１０の正面表面９８１２からの反射９８０３と、カバーガラス９８１０の背面表面９８１４からの反射９８０５とを含むことができる。加えて、内部結合格子９８２０からの反射９８０７も、図示される。本実施例では、反射９８０３および９８０５は、ＲＨＣＰであって、反射９８０７は、ＬＨＣＰである。これらの反射の和は、ＰＢＳ９２２０に向かって上流に伝搬する、混合された偏光状態をもたらす。故に、図９７Ａでは、内部結合格子９２５０からの反射は、Ａ＊ｓ＋Ｂ＊ｐとして図示されるが、反射された光の偏光状態が、線形偏光の組み合わせに限定されず、楕円形偏光も同様に含むことができることが、当業者に明白となるであろう。特に、内部結合格子９２５０の回折要素が、ブレーズド格子特徴を含むとき、反射された光の偏光状態は、複雑な楕円形偏光によって特徴付けられる。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０５１５】
図９９Ａは、一実施形態による、残影画像防止とも称される、アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリを図示する、概略図である。図９９Ａに図示されるプロジェクタアセンブリは、いくつかの共通要素を図９２Ａに図示されるプロジェクタアセンブリと共有し、図９２Ａに提供される説明は、必要に応じて、図９９Ａにおけるプロジェクタアセンブリに適用可能である。
【０５１６】
上記に説明されるように、プロジェクタアセンブリからの光は、画像平面、例えば、接眼レンズが位置付けられる、接眼レンズの内部結合格子に画像を作成する。プロジェクタアセンブリからの光の一部は、内部結合格子を含む、接眼レンズの要素から反射され、プロジェクタアセンブリに向かって上流に戻ることができる。反射された光が、遮断されない場合、ディスプレイパネルに進行し、そこから反射され、接眼レンズ内に生産される、アーチファクトまたは残影画像をもたし得る。これらの残影画像の強度を防止または低減させるために、本開示の実施形態は、反射された光の大部分または全てを遮断し、反射された光の大部分または全てがディスプレイパネル上に衝突することを防止する。
【０５１７】
アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリ９９００は、コリメートされた光ビームのセットであり得る、照明源９９１０を含む。照明源９９１０は、偏光された、偏光されない、または部分的に偏光された光を放出することができる。図示される実施形態では、照明源９９１０は、ｐ偏光を用いて偏光された光を放出する。第１の光学要素９９１５（例えば、前置偏光器）は、ｐ偏光を伴う光を偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）９９２０に通過させるように整合される。最初に、光は、ＰＢＳ９９２０の界面９９２２を通して通過し、空間光変調器（ＳＬＭ）９９３０上に衝突する。ＳＬＭ９９３０からの反射およびｓ偏光への偏光の変化後、反射された光は、界面９９２２から反射され、ＰＢＳ９９２０から出射する。放出された光は、プロジェクタレンズ９９４０を通して通過し、接眼レンズ（図示せず）の内部結合格子９９５０上に結像される。
【０５１８】
入射光の一部は、反射された光線９９０２によって図示されるように、内部結合格子９９５０から反射し、プロジェクタアセンブリに向かって後方伝搬するであろう。アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリは、内部結合格子９９５０からの反射を減衰させ、好ましくは、プロジェクタアセンブリに戻ることを防止する、アーチファクト防止要素９９６０を含む。図９９Ａに図示されるように、内部結合格子９９５０からの反射は、下流経路内のアーチファクト防止要素９９６０を通して通過させるが、上流経路内では減衰または遮断される。アーチファクト防止要素９９６０に関連する付加的説明は、図１０１および１０２に関連して説明される。
【０５１９】
図９９Ｂは、一実施形態による、光学システム内のアーチファクトを低減させる方法９９５１を図示する、フローチャートである。方法９９５１は、照明源によって生成された光ビームを偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）の中に投入するステップ（９９５２）と、光ビームの空間的に画定された部分をディスプレイパネルから反射させるステップ（９９５４）とを含む。方法（９９５１）はまた、ＰＢＳ内の界面において、光ビームの空間的に画定された部分をプロジェクタレンズに向かって反射させるステップ（９９５６）と、光ビームの空間的に画定された部分の少なくとも一部をプロジェクタレンズを通して通過させるステップ（９９５８）とを含む。
【０５２０】
方法（９９５１）はさらに、プロジェクタレンズによって、接眼レンズの内部結合格子に画像を形成するステップ（９９６０）と、接眼レンズの内部結合格子によって、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を反射させるステップ（９９６２）とを含む。いくつかの実施形態では、接眼レンズの１つ以上の層は、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を可変強度で反射させることができる。接眼レンズの１つ以上の層から反射さ

れた光は、概して、接眼レンズの内部結合格子によって反射された光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分より低い強度である。また、アーチファクト防止要素において、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を減衰させるステップ（９９６４）も含む。画像を形成するステップは、光ビームの空間的に画定された部分の少なくとも一部を下流アーチファクト防止要素を通して通過させるステップを含むことができる。一実施形態では、アーチファクト防止要素は、プロジェクタレンズと内部結合格子との間に配置される。

【０５２１】

アーチファクト防止要素は、第１の４分の１波プレートと、第１の４分の１波プレートに隣接して配置される、線形偏光器と、線形偏光器に隣接して配置される、第２の４分の１波プレートと、第２の４分の１波プレートに隣接して配置される、色選択コンポーネントとを含むことができる。実施例として、第１の４分の１波プレートは、光ビームの空間的に画定された部分を線形に偏光された光に変換するように動作可能である、アクロマート４分の１波プレートを含むことができる。さらに、線形偏光器は、線形に偏光された光を第２の４分の１波プレートへと下流に通過させることができる。

【０５２２】

ある実施形態では、第２の４分の１波プレートは、線形に偏光された光を楕円形に偏光された光に変換するように動作可能である。色選択コンポーネントは、楕円形に偏光された光を波長依存楕円形に偏光された光に変換するように動作可能であることができる。例えば、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分は、色選択コンポーネント上に衝突することができる。この場合、色選択コンポーネントは、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を楕円形に偏光された戻り部分に変換するように動作可能である。第２の４分の１波プレートは、楕円形に偏光された戻り部分を線形に偏光された戻り部分に変換するように動作可能であることができる。この場合、線形偏光器は、画定された偏光と垂直である、線形に偏光された戻り部分を減衰させる。

【０５２３】

いくつかの実施形態では、アーチファクト防止要素は、第１の４分の１波プレートを含まなくてもよく、線形偏光器と、線形偏光器に隣接して配置される、第２の４分の１波プレートと、第２の４分の１波プレートに隣接して配置される、色選択コンポーネントとを含んでもよい。

【０５２４】

図９９Ｂに図示される具体的ステップは、一実施形態による、光学システム内のアーチファクトを低減させる特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本開示の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図９９Ｂに図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０５２５】

いくつかの実施形態では、接眼レンズは、副瞳毎に、内部結合格子を含み、これはそれぞれ、図９０Ａ－９０Ｃに図示される空間的に分散される光源と関連付けられる。いくつかの実装では、内部結合格子は、金属化されることができ、これは、投影ディスプレイアセンブリに向かった後方反射をもたらすことができる。加えて、多層接眼レンズ内の表面からの反射も、後方反射に寄与し得る。

【０５２６】

分離された副瞳照明システムとＰＢＳベースのプロジェクタアセンブリの統合は、従来の設計より小さく、かつより軽量である、コンパクト設計を可能にする。したがって、本開示の実施形態によって提供されるＰＢＳベースのプロジェクタアセンブリは、ウェアラブルデバイスの中への統合のために好適なコンパクト設計を利用する。

【０５２７】
放出型ディスプレイパネル、例えば、ＯＬＥＤディスプレイパネルが利用される、実施形態では、誘電フィルタが、所与の導波管のために適切な色を選択するために導波管上で利用されることができる。実施例として、ＯＬＥＤディスプレイからの放出は、導波管上に結像され、導波管毎の光は、フィルタを通して導波管の中に通過するであろう一方、他の導波管と関連付けられた波長は、反射されるであろう。
【０５２８】
いくつかの実施形態では、画像分解能が画像を横断して変動する、中心窩化ディスプレイが、ディスプレイ平面として利用される。中心窩化ディスプレイに関連する付加的説明は、米国特許出願公開第２０１４／０２１８４６８号（本開示は、あらゆる目的のために、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる）に提供される。
【０５２９】
本開示の実施形態によると、コンテンツが、所望の深度平面において、また、所望の分解能においてレンダリングされることができる。実施例として、画像の周辺部分は、より低い（またはより高い）分解能で表示されることができ、近傍深度平面では、画像の中心部分は、より高い（またはそれより低い）分解能で表示され得るが、より遠い深度平面では、より高い分解能の中心（または周辺）部分の明確性を強調する。したがって、実施形態は、それらが中心窩化画像を３次元で提供し得るため、単一平面のみに異なる分解能を有する中心窩化ディスプレイに優る改良を提供する。本明細書に説明される実施形態は、複数の深度平面を利用し、場面を表すため、中心窩化ディスプレイは、中心窩化画像を各深度平面に提供し、単一平面における中心窩化画像を使用して利用不可能な３次元中心窩化をもたらすことができる。
【０５３０】
本開示の実施形態は、非常に高速の切替速度、例えば、７２０Ｈｚフレームレート更新を提供し、これは、色割れ効果を有意に低減または排除させる。実施例として、ディスプレイは、１２０Ｈｚフレームレートにおける最大２つの同時深度平面および８０Ｈｚフレームレートにおける３つの深度平面を可能にする。他の実施形態では、これらのレートまたはより高いまたはより低いレートにおける付加的深度平面が、実装されることができる。加えて、本開示の実施形態は、深度混成を提供し、６４の仮想深度平面をサポートする。他の実施形態では、６４より多いまたはより少ない仮想深度平面が、実装されることができる。線形および非線形の両方の混成モードが、ルックアップテーブルを介した調節とともにサポートされる。深度混成に加え、スケーラサポートが、光学に起因した深度平面歪曲／拡大変化のためのスケール調節を含め、提供される。
【０５３１】
水平／垂直偏移サポートに関連して、本明細書に説明される実施形態は、層あたりおよびフレームあたりＨ／Ｖ偏移サポートを可能にし、頭部移動および角膜位置における視差効果に起因する変化を可能にする。加えて、実施形態は、色あたりおよび層あたりレンズ歪曲補正を提供する。第１の行フレーム更新は、第１の行上のフレームあたりディスプレイデータおよびパラメータの変化を可能にし、かつタイムスタンプ情報の通信を可能にする。さらに、垂直同期可視性が、提供され、往復測定および光子間測定を可能にする。
【０５３２】
図１００は、反射防止要素の不在下の接眼レンズの内部結合格子における光の反射を図示する。内部結合格子を含む導波管を伴う接眼レンズに関して、内部結合格子に指向される光の一部は、導波管の中に発せられ、光の一部は、反射（例えば、鏡面反射）されるであろう。内部結合格子内の格子の設計、加工、および製造感度に応じて、反射された光は、光の掌性を完全に逆転させない場合がある。ある場合には、掌性を全く修正しない場合がある。したがって、いくつかの要素が、導波管および回折要素のスタック内に存在する場合、プロジェクタに後方反射される光は、混合された偏光状態のセットを含み得る。
【０５３３】
図１００を参照すると、円形に偏光された光（例えば、ＲＨＣＰ）１００１０は、接眼レ

ンズの内部結合格子１００００５から反射し、回転された楕円形戻り状態によって特徴付けられる。内部結合格子１００００５が、導波管に取り付けられる場合、状態の混合が存在し得（内部結合格子１００００５および導波管から）、状態の混合内には、優勢状態が存在する。本実施例では、内部結合格子１００００５からの反射のみを検討すると、第１の波長の反射された光１００２０は、負の傾きを伴って傾斜される長軸を有する、左回りの楕円形偏光状態を有し得る。第２の波長の反射された光１００３０は、正の傾きを伴って傾斜される長軸を有する、左回りの楕円形偏光状態を有し得る。故に、内部結合格子１００００５の固有値は、波長の関数である、異なる所定の楕円形偏光状態への入力光の変換を定義する。

【０５３４】

したがって、本開示の実施形態は、内部結合格子１００００５、例えば、ブレーズド格子の格子構造の固有値が、反射された光の偏光状態に及ぼす影響に対処する。単に、入力光の掌性を反転させる、平面反射表面とは対照的に、ブレーズド格子は、図１００に図示されるように、異なる波長における入力光を所定の楕円形偏光状態に変換する。接眼レンズからの反射である、図９８に関連して議論されるように、接眼レンズを構成する種々の光学要素およびブレーズド格子の利用を含むＩＣＧの特性のため、反射された光の偏光は、容易に特徴付けられない。むしろ、反射された光の偏光状態は、複雑な楕円形偏光によって特徴付けられ得る。

【０５３５】

図１０１Ａは、一実施形態による、アーチファクト防止要素を使用した反射の遮断を図示する。光が、アーチファクト防止要素１０１００上に衝突する。一実施形態では、円形偏光器（例えば、円形偏光器９５１０）が、ＰＢＳ（例えば、ＰＢＳ９２２０）とプロジェクタレンズ（例えば、プロジェクタレンズ９２４０）との間に存在してもよい。本実施形態では、アーチファクト防止要素１０１００上に衝突する光は、図１０１Ａに描写されるように、円形に偏光される。円形に偏光された光１００１０が、アーチファクト防止要素１０１００上に衝突するにつれて、アクロマート４分の１波プレート１０１１２が、円形に偏光された光１００１０を線形に偏光された光１００１１に変換する。アクロマート４分の１波プレート１０１１２は、全ての色を線形に偏光された光１０１１１に変換し、線形偏光器１０１１４を通して高透過効率を達成する。別の実施形態では、円形偏光器（例えば、円形偏光器９５１０）は、ＰＢＳ（例えば、ＰＢＳ９２２０）とプロジェクタレンズ（例えば、プロジェクタレンズ９２４０）との間に存在しなくてもよい。本実施形態では、アーチファクト防止要素１０１００上に衝突する光は、線形に偏光され、アーチファクト防止要素１０１００は、アクロマート４分の１波プレート１０１１２を含まない。線形に偏光された光１０１１１は、線形偏光器１０１１４を通して通過し、第２の４分の１波プレート１０１１６によって、楕円形に偏光された光１０１１８に変換される。必ずしもアクロマートではない、第２の４分の１波プレート１０１１６は、所定の楕円形偏光を伴う、楕円形に偏光された光１０１１８を出力する。色選択コンポーネント１０１２２は、色選択コンポーネント１０１２２が波長の関数として偏光を回転させるにつれて、楕円形に偏光された光１０１１８の種々の波長特有成分を異なる楕円形偏光状態に変換する。言い換えると、色選択コンポーネント１０１２２は、波長の関数として量を変動させることによって、位相を遅らせる。例えば、色選択コンポーネント１０１２２は、第１の色帯域の偏光状態を９０度回転させる一方、相補的第２の色帯域は、その入力偏光状態を留保する。例示的色選択コンポーネントは、色選択的回転子である。

【０５３６】

図１０１Ａに図示されるように、第１の波長１０１３０における光は、楕円形に偏光された光１０１１８から負の傾きの長軸を伴う右回りの楕円形に偏光された光に変換される。第２の波長１０１４０における光は、楕円形に偏光された光１０１１８から若干正の傾きの長軸を伴う右回りの楕円形に偏光された光に変換される。内部結合格子１００００５からの反射後、第１の波長１０１３０における光は、正の傾きの長軸を伴う左回りの楕円形（１０１３２）に偏光され、第２の波長１０１４０おける光は、若干負の長軸を伴う左回り

の楕円形（１０１４２）に偏光された。

【０５３７】

内部結合格子１０００５の固有値を前提として、１０１３０の偏光状態から１０１３２への変換が、決定される。故に、色選択コンポーネント１０１２２の性質は、楕円形に偏光された光１０１１８を前提として、所望の偏光状態１０１３０を提供するように決定される。色選択コンポーネント１０１２２は、内部結合格子１０００５の固有値および内部結合格子１０００５からの反射から生じる変換を前提として、反射された偏光状態（色毎）が、楕円形に偏光された光１０１１８に合致するが、反対回りを伴う、楕円形に偏光された光１０１２０に変換されるであろうように、楕円形に偏光された光１０１１８から第１の／第２の波長１０１３０／１０１４０における光への所定の変換を提供する。

【０５３８】

色選択コンポーネント１０１２２を通して通過後、両波長における光は、楕円形に偏光された光１０１１８と合致される（掌性以外）、楕円形に偏光された光１０１２０の左回りの円形に偏光された光に変換される。第２の４分の１波プレート１０１１６は、楕円形に偏光された光１０１２０を、線形に偏光された光１０１１１に対して直交に回転され、したがって、線形偏光器１０１１４によって遮断される、線形に偏光された光１０１１３に変換する。

【０５３９】

楕円形の長軸の具体的掌性および回転角度が、説明目的のために、図１０１Ａに関連して議論されたが、本開示の実施形態は、これらの特定の実装に限定されず、他の掌性および楕円形特性も、本開示の範囲内内に含まれる。加えて、２つのみの色が、図示されるが、実施形態は、特定の用途の必要に応じて、３つ以上の色にも適用可能である。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０５４０】

言い換えると、接眼レンズ、具体的には、内部結合格子１０００５からの反射後、光は、色選択コンポーネント１０１２２を通して通過し、第２の４分の１波プレート１０１１６によって、線形に偏光された光に逆変換される。掌性が、反射に応じて回転されるため、線形に偏光された光は、上流通過に応じて回転され、線形偏光器１０１１４によって遮断され、それによって、ディスプレイパネル上の残影画像を防止する。

【０５４１】

図１０１Ｂは、一実施形態による、光学システム内のアーチファクトを低減させる方法１０１５０を図示する、フローチャートである。方法１０１５０は、照明源によって生成された光ビームを偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）の中に投入するステップ（１０１５２）と、光ビームの空間的に画定された部分をディスプレイパネルから反射させるステップ（１０１５４）とを含む。方法１０１５０はまた、ＰＢＳ内の界面において、光ビームの空間的に画定された部分をプロジェクタレンズに向かって反射させるステップ（１０１５６）と、光ビームの空間的に画定された部分の少なくとも一部をプロジェクタレンズを通して通過させるステップ（１０１５８）とを含む。

【０５４２】

方法１０１５０はさらに、プロジェクタレンズによって、画像を接眼レンズの内部結合格子に形成するステップ（１０１６０）と、接眼レンズの内部結合格子によって、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を反射させるステップ（１０１６２）とを含む。方法１０１５０はまた、第１の光学要素によって、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を第２の光学要素に通過させるステップ（１０１６４）を含む。第１の光学要素は、戻り部分を第１の偏光（例えば、円形偏光）に変換するように動作可能である。第１の光学要素は、色選択コンポーネントを含むことができる。方法１０１５０はさらに、第２の光学要素によって、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を第３の光学要素に通過させるステップ（１０１６６）を含む。第２の光学要素は、戻り部分を第２の偏光（例えば、線形偏光）に変換するように動作可能である。加えて、方法１０１５０は、第３の光学要素において、第２の偏光と関連付けられた光ビームの空間的に画定された部分の

戻り部分を減衰させるステップ（１０１６８）を含む。

【０５４３】

図１０１Ｂに図示される具体的ステップは、一実施形態による、光学システム内のアーチファクトを低減させる特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本開示の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図１０１Ｂに図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０５４４】

図１０２は、別の実施形態による、アーチファクト防止要素１０２００を使用した反射の遮断を図示する。本実装では、第２の４分の１波プレート１０１１６および色選択コンポーネント１０１２２の位置は、線形システムに類似する様式において入れ替えられ、動作の順序も、相互に交換されることができる。色選択コンポーネント１０１２２は、波長の関数として、線形に偏光された光１０１１１を異なる線形偏光１０２１０および１０２２０に変換する。第２の４分の１波プレート１０１１６は、次いで、図１０１Ａに関連して議論されるように、これらの異なる線形偏光を所望の偏光状態１０１３０／１０１４０に変換する。第２の４分の１波プレート１０１１６は、異なる波長における反射された楕円形に偏光された光を、線形に偏光された光１０２１０／１０２２０に直交に回転される、線形に偏光された光１０２１２／１０２２２に変換する。図示されるように、類似結果が、図１０１Ａに関連して議論されるように達成され、反射された光は、線形偏光器１０１１４によって遮断される。

【０５４５】

図１０３は、一実施形態による、複数のアーチファクト防止要素を伴うプロジェクタアセンブリの概略図である。本実施形態では、線形偏光器１０３２１と、アクロマート波プレート１０３２３とを含む、円形偏光器１０３２０が、ＰＢＳ１０３１０と、プロジェクタレンズ１０３３０との間に位置付けられ、プロジェクタレンズ１０３３０からの反射を遮断または低減させる。図１０３に図示される円形偏光器１０３２０はまた、内部結合格子１０３５２からの反射を遮断または低減させ得る。代替実施形態では、円形偏光器１０３２０は、プロジェクタレンズ１０３３０と接眼レンズ１０３５０との間に位置付けられ、内部結合格子１０３５２からの反射を遮断または低減させる。代替実施形態は、プロジェクタレンズ１０３３０が十分な反射防止コーティングを有する場合、使用されてもよい。

【０５４６】

加えて、第２のアーチファクト防止要素１０３６０は、接眼レンズ１０３５０、具体的には、接眼レンズ１０３５０の内部結合格子１０３５２に隣接して位置付けられる。第２のアーチファクト防止要素１０３６０は、内部結合格子１０３５２からの反射を遮断または低減させる。第２のアーチファクト防止要素１０３６０は、アクロマート４分の１波プレート１０３６１と、線形偏光器１０３６３と、第２の４分の１波プレート１０３６５と、特定の内部結合格子１０３５２および関連付けられた導波管（図示せず）と関連付けられた色に合致される、図１０１Ａに関連して議論されるような色選択コンポーネント１０３６７とを含む。

【０５４７】

図１０４Ａは、一実施形態による、カラーフィルタを使用した、アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリを図示する、概略図である。図１０４Ａに図示されるプロジェクタアセンブリは、図９９Ａに図示されるプロジェクタアセンブリといくつかの共通要素を共有し、図９９Ａに提供される説明は、必要に応じて、図１０４Ａにおけるプロジェクタアセンブリに適用可能である。

【０５４８】

アーチファクト防止を伴うプロジェクタアセンブリ１０４００は、コリメートされた光ビ

ームのセットであり得る、照明源９９１０を含む。照明源９９１０は、偏光された、偏光されない、または部分的に偏光された光を放出することができる。図示される実施形態では、照明源９９１０は、ｐ偏光を用いて偏光される光を放出する。第１の光学要素９９１５（例えば、前置偏光器）が、ｐ偏光を伴う光を偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）９９２０に通過させるように整合される。最初に、光は、ＰＢＳ９９２０の界面９９２２を通して通過し、空間光変調器（ＳＬＭ）９９３０上に衝突する。ＳＬＭ９９３０からの反射およびｓ偏光への偏光の変化後、反射された光は、界面９９２２から反射され、ＰＢＳ９９２０から出射する。放出された光は、プロジェクタレンズ９９４０を通して通過し、接眼レンズ（図示せず）の内部結合格子９９５０上に結像される。

【０５４９】

リターダスタック膜（ＲＳＦ）フィルタ１０４１０、１０４１２のセットが、それぞれ、内部結合格子９９５０および内部結合格子９９６０に隣接して配置される。ＲＳＦフィルタ１０４１０および１０４１２は、偏光器間に設置された複数の層のポリマー膜を含み、波長の関数として変動する透過率を含む、スペクトル性質を提供する。ＲＳＦフィルタの付加的議論は、図１０４Ｃに関連して提供される。

【０５５０】

図１０４Ｄに図示されるように、ＲＳＦフィルタは、第１の波長のセットを通過させる第１の領域と、第２の波長のセットを通過させる第２の領域とを伴う、分裂フィルタであることができる。下流経路では、内部結合格子９９５０に向かって指向される光は、ＲＳＦフィルタ１０４１０を通して通過し、内部結合格子９９５０上に衝突する。

【０５５１】

入射光の一部は、内部結合格子９９５０から反射し、プロジェクタアセンブリに向かって後方伝搬するであろう。図１０４Ａに図示されるように、内部結合格子９９５０上に入射する光は、単一偏光（例えば、ｓ偏光）内にあることができるが、内部結合格子９９５０から反射された光は、偏光の混合（Ａ＊ｓ＋Ｂ＊ｐ）１０４０２を有することができ、式中、ＡおよびＢは、ゼロ～１の係数である。反射された光は、プロジェクタレンズ９９４０を通して通過し、ＰＢＳ９９２０に向かって後方伝搬するにつれて、偏光の混合（Ｃ＊ｓ＋Ｄ＊ｐ）１０４０４を伴って出現し、式中、ＣおよびＤは、ゼロ～１の係数である。概して、プロジェクタレンズ９９４０の特性の結果、Ａ＞ＣおよびＢ＞Ｄとなる。

【０５５２】

界面の偏光（Ｃ＊ｓ）１０４０６と適切に整合される、上流経路内の光は、界面９９２２、ＳＬＭ９９３０、界面９９２２から反射し、プロジェクタレンズ９９４０を通して通過させる。ＲＳＦフィルタ１０４１０、１０４１２の不在下では、プロジェクタレンズ９９４０を通して通過させる光（Ｅ＊ｓ）１０４０８は、接眼レンズの第２の内部結合格子９９６０において結像されるであろう。しかしながら、ＲＳＦフィルタ１０４１２の存在は、第２の内部結合格子１０４５２における画像を減衰または排除し、それによって、アーチファクトまたは残影画像の形成を低減または防止する。

【０５５３】

図１０４Ｂは、図１０４Ａに示されるプロジェクタアセンブリを図示する、展開された概略図である。照明源９９１０からの光は、第１の光学要素９９１５によってコリメートされ、ＰＢＳ９９２０を通して伝搬し、ＳＬＭ９９３０から反射し、ＰＢＳ９９２０を通して再度通過し、界面９９２２（図示せず）から反射し、プロジェクタレンズ９９４０を通して通過させる。下流経路内の光は、ＲＳＦフィルタ１０４１０を通して通過し、内部結合格子９９５０において結像される。

【０５５４】

反射された光は、ＲＳＦフィルタ１０４１０を通して通過し、プロジェクタレンズ９９４０を通して通過し、ＰＢＳ９９２０を通してその中に通過し、界面９９２２（図示せず）から反射し、ＳＬＭ９９３０から反射する。ＰＢＳ９９２０を通してその中に通過する光は、界面９９２２から反射し、プロジェクタレンズ９９４０を通して下流経路内を伝搬し、ＲＳＦフィルタ１０４１２によって遮断または減衰される。

【０５５５】
図１０４Ｃは、一実施形態による、シアン色およびマゼンタ色カラーフィルタに関する透過率プロットである。シアンカラーフィルタ１０４１０に関する透過率値は、例えば、青色および緑色波長に関しては、約１００％または１００％と高く、例えば、赤色波長に関しては、約ゼロまたはゼロまで減少する。対照的に、マゼンタカラーフィルタ１０４１２に関する透過率値は、例えば、青色波長に関しては、約１００％または１００％と高く、例えば、緑色波長に関しては、約ゼロまたはゼロまで減少し、例えば、赤色波長に関しては、約１００％または１００％と高い。
【０５５６】
図１０４Ｄは、一実施形態による、カラーフィルタおよび副瞳の空間配列を図示する、概略図である。図１０４Ｄに図示されるように、緑色内部結合格子１０４７０のために意図される光は、光学軸に対して緑色内部結合格子１０４７０と反対に配置される、赤色内部結合格子１０４７２においてアーチファクトとして現れるであろう。同様に、緑色内部結合格子１０４７４のために意図される光は、光学軸に対して緑色内部結合格子１０４７４と反対に配置される、赤色内部結合格子１０４７６においてアーチファクトとして現れるであろう。緑色内部結合格子１０４７０のために意図される光は、シアンカラーフィルタ１０４１０が緑色波長に関して高透過率を有するため、プロジェクタレンズから接眼レンズへの初期通過の間、シアンカラーフィルタ１０４１０を通して通過させるであろう。しかしながら、アーチファクトは、緑色波長に関して低透過率を有する、マゼンタカラーフィルタ１０４１２によって遮断または減衰されるであろう。故に、緑色内部結合格子１０４７０のために意図される光は、通過されるであろうが、赤色内部結合格子１０４７２上に衝突するであろう、関連付けられたアーチファクトは、遮断または減衰されるであろう。類似議論は、緑色内部結合格子１０４７４および赤色内部結合格子１０４７６を含む、対にも適用される。
【０５５７】
赤色内部結合格子１０４７２のために意図される光を検討すると、マゼンタカラーフィルタ１０４１２は、意図される光を通過させるであろう一方、アーチファクトは、シアンカラーフィルタ１０４１０によって遮断されるであろう。ＲＳＦフィルタを利用する本開示の実施形態は、それらが吸光プロセスを利用し、改良された色平衡および増加されるスループットのためのカットオフ波長のカスタム化を可能にするため、反射を低減させる。さらに、いくつかの実施形態は、好ましくは、内部結合格子の中への光の結合を最大限にするために線形に偏光される、内部結合格子に送達される光の偏光を保存する。いくつかの実施形態では、図１０４Ｄにおける６つの副瞳（赤色内部結合格子１０４７６および１０４７２、緑色内部結合格子１０４７０および１０４７４、および青色内部結合格子１０４８０および１０４８２）が、同一平面、例えば、内部結合格子平面１０４８４上またはその近傍に位置することができる。内部結合格子平面は、接眼レンズにおける平面上に位置することができる。ＲＳＦフィルタ、シアンカラーフィルタ１０４１０、およびマゼンタカラーフィルタ１０４１２は、プロジェクタレンズと内部結合格子平面１０４８４との間の平面上に位置することができる。
【０５５８】
図１０４Ｅは、一実施形態による、光学システム内のアーチファクトを低減させる方法１０４５０を図示する、フローチャートである。方法１０４５０は、照明源によって生成された光ビームを偏光ビームスプリッタ（ＰＢＳ）の中に投入するステップ（１０４５２）と、光ビームの空間的に画定された部分をディスプレイパネルから反射させるステップ（１０４５４）とを含む。方法１０４５０はまた、ＰＢＳ内の界面において、光ビームの空間的に画定された部分をプロジェクタレンズに向かって反射させるステップ（１０４５６）と、光ビームの空間的に画定された部分の少なくとも一部をプロジェクタレンズを通して通過させるステップ（１０４５８）とを含む。
【０５５９】
方法１０４５０はさらに、光ビームの空間的に画定された部分の少なくとも一部をＲＳＦ

フィルタの第１の領域を通して通過させるステップ（１０４６０）と、プロジェクタレンズによって、画像を接眼レンズの内部結合格子に形成するステップ（１０４６２）と、接眼レンズの内部結合格子によって、光ビームの空間的に画定された部分の戻り部分を反射させるステップ（１０４６４）とを含む。方法１０４５０はまた、ＲＳＦフィルタの第２の領域において、戻り部分の少なくとも一部を減衰させるステップステップ（１０４６８）を含む。

【０５６０】

図１０４Ｅに図示される具体的ステップは、一実施形態による、光学システム内のアーチファクトを低減させる特定の方法を提供することを理解されたい。他のステップのシーケンスもまた、代替実施形態に従って実施されてもよい。例えば、本開示の代替実施形態は、上記に概略されたステップを異なる順序で実施してもよい。さらに、図１０４Ｅに図示される個々のステップは、個々のステップの必要に応じて種々のシーケンスで実施され得る、複数のサブステップを含んでもよい。さらに、付加的ステップが、特定の用途に応じて、追加または除去されてもよい。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０５６１】

図１０５は、一実施形態による、カラーフィルタシステム１０５００を図示する、概略図である。図１０５に図示されるように、カラーフィルタシステム１０５００は、反射防止コーティングを含み得る、カバーガラス１０５１０と、線形偏光器１０５１２と、二重カラーＲＳＦフィルタ１０４１０／１０４１２と、二重偏光器１０５１６とを含む。線形偏光器１０５１２は、ＰＢＳ９９２０およびレンズ９９４０から受光された第１の偏光、例えば、ｓ偏光された光を通過させるように整合される。二重カラーフィルタ１０５１４は、図１０４Ｃおよび１０４Ｄに関してさらに詳細に説明される。二重偏光器１０５１６は、第１の領域１０５１７と、第２の領域１０５１８とを含む。第１の領域１０５１７は、シアンカラーフィルタ１０４１０に隣接して配置され、第１の偏光における光（例えば、ｓ偏光された光）を通過させる。第２の領域１０５１８は、マゼンタカラーフィルタ１０４１２に隣接して配置され、第１の偏光に直交する第２の偏光（例えば、ｐ偏光された光）における光を通過させる。図１０５に図示されるように、シアンカラーフィルタ１０４１０を通して通過させる、光はまた、緑色内部結合格子１０４７０、１０４７４および青色内部結合格子１０４８０に到達するために、第１の領域１０５１７を通して通過させるであろう。マゼンタカラーフィルタ１０４１２を通して通過させる、光はまた、赤色内部結合格子１０４７２、１０４７６および青色内部結合格子１０４８２に到達するために、第２の領域１０５１８を通して通過させるであろう。

【０５６２】

いくつかの実施形態では、例えば、図８９および９０に図示されるように、副瞳が側方（例えば、ｘ、ｙ方向）および縦方向（例えば、ｚ方向）の両方に空間的に分離される、多重瞳システムが、利用される。他の実施形態では、図１０９に図示されるように、単一瞳システムが、利用される。図１０９は、一実施形態による、プロジェクタアセンブリと、接眼レンズとを含む、単一瞳システムを図示する、概略図である。アーチファクト防止要素１０１００は、プロジェクタレンズ１０９３０と接眼レンズ１０９１０との間に配置されるように図示される。

【０５６３】

図１０９に図示されるように、瞳は、側方（例えば、ｘ、ｙ方向）に複製され、縦方向（例えば、ｚ方向）にのみ空間的に分離される。プロジェクタレンズ１０９３０は、光を、本実施例では、それぞれ、赤色、緑色、および青色波長のための３つの導波管層１０９２０、１０９２２、および１０９２４を含む、接眼レンズ１０９１０に向かって指向する。緑色、青色、赤色を含む、他の順序も、本開示の範囲内に含まれることを理解されるであろう。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。導波管層毎の内部結合格子は、導波管の平面と平行方向に重複し、単一瞳システムをもたらす。当業者に明白であろうように、導波管を通して移動するにつれた光の集束は、正確な縮尺ではない。

【０５６４】
したがって、本明細書で議論される本開示の実施形態は、多重瞳および単一瞳システムの両方と併用するために好適である。瞳が側方に複製される、実施形態では、本明細書に説明されるアーチファクト防止システムは、光が光学システムを通して接眼レンズに向かって伝搬するにつれて、これらの単一瞳システムのためのアーチファクトを低減または排除させるであろう。その結果、本開示の実施形態は、単一瞳および多重瞳システムの両方に適用可能である。
【０５６５】
本開示の実施形態は、ディスプレイパネルを利用する、投影ディスプレイシステムに関連して説明されたが、本開示の実施形態は、これらの特定の投影ディスプレイシステムに限定されず、ファイバスキャナをプロジェクタのコンポーネントとして利用する、ファイバ走査システムにも適用可能である。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。
【０５６６】
いくつかの実施形態では、光源（例えば、ＬＥＤ源）によって放出された光が、集光され、プロジェクタアセンブリによって利用される、集光効率は、光源の設計によって影響され得る。特に、いくつかのＬＥＤ光源に関して、コリメート光学を可能な限りＬＥＤ光源の放出平面に近接して設置することが有益である。
【０５６７】
図１０６は、一実施形態による、ワイヤ接合されたＬＥＤを図示する、概略図である。ワイヤ接合されたＬＥＤパッケージ１０６００は、サファイア基板１０６１０を含み、これは、金属反射体１０６２０と統合されることができる。ＧａＮ　ＬＥＤ１０６３０が、放出表面の一部にわたって透明電極１０６４０を具備し、ワイヤ接合部１０６５０が、別の部分にわたって接合パッド１０６６０に取り付けられる。サファイア基板１０６１０を通した放熱１０６７０および透明電極１０６４０を通した光放出１０６９０が、図示される。ＬＥＤによって放出される光の一部は、ワイヤ接合部１０６５０および／またはワイヤ接合部が接合される接合パッド１０６６０上に衝突し、それによって遮断１０６８０され、ワイヤ接合部が照明表面を覆い隠すため、非均一照明パターンを作成する。非均一照明に加え、ワイヤ接合された構造は、プロジェクタアセンブリの移動に応答したワイヤ接合部の潜在的運動／振動と関連付けられた信頼性問題を提示し得る。加えて、環境劣化が、問題として提示される。ワイヤ接合部のカプセル化は、運動／振動を阻止し得るが、また、放出される光の強度に悪影響を及ぼし得る。
【０５６８】
図１０７は、一実施形態による、フリップチップ接合されたＬＥＤ１０７００を図示する、概略図である。本実装では、ＧａＮ　ＬＥＤ１０７１０が、反射構造１０７２０上に配置され、これは、銀反射体であって、サファイアキャップ１０７３０でシールされることができる。基板１０７５０を通した放熱１０７４０およびサファイアキャップ１０７３０を通した光放出が、図示される。ワイヤ接合された構造とは対照的に、フリップチップ幾何学形状は、複合放物面型集光器（ＣＰＣ）等のコリメートまたはビーム成形光学を含む、光学が、放出表面により近接して設置され、それによって、光集光効率およびシステム明度を増加させることを可能にする。図１０７に図示されるように搭載されるフリップチップＬＥＤは、図８８に図示される変位された光源としての使用のために好適である。
【０５６９】
図１０８は、本明細書に説明されるある実施形態による、放物線ビームエクスパンダと統合されるＬＥＤを図示する、概略図である。図１０８に示されるように、フリップチップ接合されたＬＥＤ１０８１０は、ビームエクスパンダ構成内で利用される、ＣＰＣ１０８２０の入口開口１０８２２に位置付けられる。ＬＥＤからの光は、発散ビームプロファイルによって特徴付けられ、これは、ＣＰＣ１０８２０によって集光および拡張される。故に、ＣＰＣ１０８２０と図１０７に図示されるフリップチップＬＥＤ設計の併用は、ワイヤ接合部の除去およびＣＰＣをＬＥＤパッケージの放出表面により近い位置に位置付ける

能力の結果として、ＬＥＤの光放出効率を改良する。

【０５７０】

図１１０Ａ－１１０Ｂは、光学デバイス１１０００の斜視図を示す。図１１０Ａは、完全に組み立てられた状態における光学デバイス１１０００を示す。光学デバイス１１０００は、２つの開口部を画定し、その中に２つの接眼レンズ１１００１が、相互および光学デバイス１１０００の他のコンポーネントに対して精密に位置合わせされて保持されることができる。これを遂行するために、剛性内部フレームが、精密な位置合わせを維持するために利用される。内部フレームは、次いで、ユーザの頭部への光学デバイス１１０００の固着を促進する、より可撓性の正面バンド１１００４に結合されることができる。

【０５７１】

図１１０Ｂは、光学デバイス１１０００の選択コンポーネントの分解図を示す。当業者は、付加的コンポーネントおよび／または任意の特定のコンポーネントの代替場所も、当然ながら、可能性として考えられるが、本発明を理解する目的のために描写される必要はないことを理解するであろう。光学デバイス１１０００は、ユーザの耳を越えて延在し、少なくとも部分的に、ユーザの頭部の周囲に巻着するように構成される、アーム１１００２を有するように描写される。いくつかの実施形態では、光学デバイス１１０００に類似する光学デバイスは、より従来のアームまたはつる１１００２を有し得ることを理解されたい。描写されるように、アーム１１００２は、正面バンド１１００４と協働し、光学デバイス１１０００をユーザの頭部に固着させる。正面バンド１１００４は、正面バンド１１００４が、光学フレーム１１００８を変形させずに、少なくとも部分的に、ユーザの顔に共形化可能であるように、変形可能な材料から形成されることができる。熱拡散器１１００６が、正面バンド１１００４と光学フレーム１１００８との間のロバストな温度界面を作成するために使用されることができる。熱拡散器１１００６は、光学フレーム１１００８に搭載される電子コンポーネントによって生成された熱を正面バンド１１００４に伝達するために、ロバストな熱的に伝導性の経路を確立することができる。このように、アルミニウム合金から形成され得る、正面バンド１１００４は、光学デバイス１１０００の電気コンポーネントの少なくともいくつかによって生成された熱を受け取るための放熱板として作用することができる。

【０５７２】

図１１０Ｂはまた、プロジェクタ１１０１０および光学フレーム１１００８に対するその位置を描写するが、プロジェクタ１１０１０の他の構成も、可能性として考えられる。例えば、プロジェクタ１１０１０は、接眼レンズ１１００１間に位置付けられ得る。光学フレーム１１００８は、いくつかの実施形態では、外部要因が、光学フレーム１１００８を変形させずに、正面バンド１１００４を変形させ得るように、可撓性の正面バンド１１００４を形成するために使用される材料よりはるかに強く、より高い弾性率を伴う材料から作製されることができる。そのような実施形態では、正面バンド１１００４は、温度効果または負荷効果等のこれらの外部要因を吸収し、光学フレーム１１００８の材料ステータスおよびそれが格納するコンポーネントの安定性を保存するものとして特徴付けられ得る。例えば、正面バンド１１００４は、機械加工されたアルミニウム合金から形成されることができる一方、光学フレーム１１００８は、マグネシウムまたはチタン合金から形成されることができる。いくつかの実施形態では、正面バンド１１００４は、両アーム１１００２に結合され、光学フレーム１１００８の中心領域に取り付けられることができる。本理由から、正面バンド１１００４またはアーム１１００２に適用される任意の対称力は、光学フレーム１１００８の変形を殆どまたは全くもたらし得ない。本構成は、本質的に、光学フレーム１１００８が、正面バンド１１００４およびアーム１１００２内に浮設され、それによって保護されることを可能にする。

【０５７３】

図１１０Ｂの分解図はまた、プロジェクタ１１０１０を示し、これは、光学フレーム１１００８に固着され、接眼レンズ１１００１によって占有される眼開口部のそれぞれを通して、画像を投影するように構成される。センサカバー１１０１２は、光学フレーム１１０

０８と結合され、視認光学１１０１２の周囲にまたはそれに隣接して分散されたセンサを被覆するように構成されることができる。センサカバー１１０１２は、正面バンド１１００４と異なるタイプの材料から構築されることができる。いくつかの実施形態では、センサカバー１１０１２は、光学フレーム１１００８から受け取られた任意の熱から実質的変形を受ける可能性が低い、低熱膨張係数を伴うポリマーまたは別の材料から形成されることができる。いくつかの実施形態では、センサカバー１１０１２は、正面バンド１１００４からある間隙だけ物理的に分離され、センサカバー１１０１２の過熱を回避することができる。残りの図はそれぞれ、多重フレーム実施形態を図示するであろうが、一体型フレームを伴う実施形態もまた、可能性として考えられることに留意されたい。変形可能正面バンドを有する代わりに、剛性光学フレーム１１００８が、一対のアームに可撓性に結合されることができる。アームは、剛性光学フレームを屈曲させずに、アームをユーザの頭部上でさらに後方に移動させるために、蝶着され、および／またはばねおよび／またはレールを含むことができる。このように、一体型フレームの歪曲は、別個の正面バンドを利用せずに回避されることができる。

【０５７４】

図１１０Ｃは、複数の電子コンポーネントがそこに取り付けられている、光学フレーム１１００８の斜視図を示す。電子コンポーネントは、中心印刷回路基板（ＰＣＢ）１１０１４を含み、これは、光学フレーム１１００８のブリッジ領域に添着される。いくつかの実施形態では、中心ＰＣＢ１１０１４は、光学デバイス１１０００を動作させるための命令を実行するように構成される、１つ以上のプロセッサを含むことができる。例えば、プロセッサは、命令をプロジェクタ１１０１０に提供するように構成されることができる。多くの他の電子デバイスもまた、光学フレーム１１００８に結合されることができる。センサは、光学フレーム１１００８の剛性が、光学デバイス１１０００の動作の間、他のセンサまたは接眼レンズ１１００１と精密に整合されたセンサの位置を維持可能であることを根拠として、特に、光学フレーム１１００８に結合されることから利点を享受し得る。センサは、限定ではないが、深度センサ１１０１６、正面に面した世界カメラ１１０１８、側方に面した世界カメラ１１０２０、および光カメラ１１０２２を含むことができる。いくつかの実施形態では、世界カメラは、接眼レンズ１１００１を通して投影された拡張現実画像が、より現実的に表示され、ある場合には、その周囲の実世界と相互作用し得るように、光学デバイス１１０００のユーザの周囲の面積を特徴付けることに役立つように構成される、外向きに向いたビデオカメラである。その結果、外側世界を特徴付けるセンサの任意の不整合はプロジェクタ１１０１０によって投影された拡張現実画像が対応する実世界オブジェクトに対して定位置からずれて著しく偏移される結果をもたらし得る。さらに、使用の間の相互に対する接眼レンズ１１００１のピッチ、ヨー、またはロールにおける任意の変化も、両眼較正を大幅に劣化させ、深刻な結像問題をもたらし得る。

【０５７５】

いくつかの実施形態では、種々の温度センサおよび歪みセンサは、光学フレーム１１００８、正面バンド１１００４、および／またはアーム１１００２を横断して分散されることができる。温度および歪みセンサは、複数の機能を果たすように構成されることができる。例えば、温度センサは、光学デバイス１１０００が所定の温度快適性レベルを超えると、警告をトリガするように構成されることができる。加えて、歪みセンサおよび温度センサは両方とも、センサのうちの１つ以上のものが、整合から偏移されるときを決定するように構成されることができる。例えば、ＰＣＢ１１０１４搭載プロセッサは、熱膨張または収縮の量を示すテーブルを含み、所与の温度変化を予期することができる。いくつかの実施形態では、温度または歪み読取値が、整合状態からずれていることを示すとき、プロジェクタ１１０１０は、信号出力を調節する、またはある場合には、一時的に、光学デバイス１１０００を再較正し、偏移に適応させるように指示されることができる。

【０５７６】

大きな温度変化が概して生じる、１つの一般的シナリオは、室温まで冷却するために十分に長く使用されずにおいた後のウェアラブルデバイスの始動の際である。大きな温度変化

を考慮するための１つの方法は、始動の際および電子機器がデバイスの温度を通常動作と関連付けられた定常状態温度まで上昇させる機会を有する前に、そのコンテンツを偏移させ、プロジェクタの出力に適応させ、フレーム内に存在する実質的により低い温度を考慮するようにプロジェクタを構成することである。いくつかの実施形態では、始動時の温度変化は、剛性フレームの変形を生じさせ、プロジェクタと剛性フレームとの間の整合問題をもたらすために十分であり得る。プロジェクタが添着される、剛性フレームの領域は、プロジェクタによって放出される光をユーザの眼に向かって再配向する回折光学と関連付けられた入力結合格子を含み得るため、プロジェクタと入力結合格子との間の結果として生じる不整合は、提示されている画像の実質的歪曲を生じさせ得る。その結果、プロジェクタのコンテンツ出力は、変形を考慮するために偏移されることができる。温度が定常状態に接近するにつれて、温度センササンプリング周波数は、低減されることができる。いくつかの実施形態では、温度センササンプリング周波数は、ウェアラブルデバイスが、長時間使用中であるとき、または温度がウェアラブルデバイスの正常定常状態温度を上回って増加することが予期され得る任意の時間に増加され得る。

【０５７７】

他の電子コンポーネントもまた、図１１０Ｃに描写される。例えば、いくつかの回路基板およびフレキシブル回路が、光学フレーム１１００８の両側から延在するように描写され、アーム１１００２のうちの個別の１つによって画定された内部体積内にフィットするように配列される。

【０５７８】

光学デバイス１１０００の使用の間、熱が、図１１０Ｄに描写される熱拡散器１１００６によって、ＰＣＢ１１０１４から消散されることができる。熱拡散器１１００６は、光学フレーム１１００８に結合される種々の電子デバイスによって放出される熱を正面バンド１１００４に伝達可能である。熱拡散器１１００６は、特に、高熱伝導性を有する、材料のシートから形成されることができる。いくつかの実施形態では、熱分解グラファイトシート（ＰＧＳ）が、使用されることができ、これは、特に、その優れた面内熱伝達特性を前提として、熱を拡散させる際に効果的であり得る。高熱伝導性材料から形成される他の材料もまた、可能性として考えられる。図１１０Ｄはまた、センサカバー１１０１２を描写し、これは、種々の開口部を含み、それを通して、正面に向いたセンサは、ユーザの視線内のオブジェクトを監視することができる。例えば、開口部１１０２４および１１０２６は、深度センサ１１０１６および正面に面した世界カメラ１１０１８が、センサカバー１１０１２の正面の視野を特徴付けることを可能にするように構成されることができる。センサカバー１１０１２が、直接、光学フレーム１１００８に結合されるとき、光学フレーム１１００８に搭載されるコンポーネントによって生成された熱の大部分を受け取るために使用されている、正面バンド１１００４の任意の熱的に誘発される膨張または収縮は、センサカバー１１０１２に応じて、最小限の影響を有することができる。

【０５７９】

図１１０Ｅは、光学フレーム１１００８の斜視図を示す。特に着目すべきこととして、プロジェクタ１１０１０は、接眼レンズ１１００１とともに全体図として描写される。接眼レンズ１１００１およびプロジェクタ１１０１０は、光学デバイス１１０００のディスプレイアセンブリの少なくとも一部を形成する。接眼レンズ１１００１は、光をプロジェクタ１１０１０から受光し、プロジェクタ１１０１０によって光学デバイス１１０００のユーザの眼の中に放出される画像を再指向するように構成される。

【０５８０】

図１１１Ａ－１１１Ｄは、熱が光学デバイス１１０００に沿って拡散される方法を示す。図１１１Ａは、プロジェクタ１１０１０および周囲回路の背面部分の斜視図を示す。特に、熱拡散器１１１０２の一端は、プロジェクタ１１０１０の背面に面した表面に添着されて示される。このように位置付けられると、熱拡散器１１１０２は、熱をプロジェクタ１１０１０の光源から受け取るように構成される。熱拡散器１１１０２は、プロジェクタ１１０１０の真下に、次いで、光学デバイス１１０００のバンドまたはつるの内部表面に沿

って配索される、熱分解グラファイトシートの形態をとることができる（以下の図１１１Ｃの説明参照）。熱拡散器１１１０２が、電気的に伝導性材料から形成されるとき、プロジェクタ１１０１０は、電気絶縁パック１１１０４によって熱拡散器１１１０２から電気的に絶縁されることができる。いくつかの実施形態では、電気絶縁パック１１１０４は、良好な熱伝導性を伴う窒化アルミニウムまたは他の電気絶縁材料から形成されることができる。

【０５８１】

図１１１Ｂは、プロジェクタ１１０１０および周囲回路の背面部分の別の斜視図を示す。特に、熱拡散器１１１０６の第１の端部は、プロジェクタ１１０１０の上部に位置付けられるドライバボードによって生成された熱と、また、プロジェクタ１１０１０の光源からの熱とを受け取るように描写され、位置付けられる。熱拡散器１１１０６の第２の端部は、次いで、熱拡散器１１１０２と反対のアーム１１００２（描写せず）の側に沿って配索される。このように、アーム１１００２の内部および外部側は両方とも、プロジェクタ１１０１０によって生成された熱を分散させる際に使用されることができる。このように、アーム１１００２はまた、光学デバイス１１０００によって生成された熱を受け取り、分散させるために、放熱板としても機能することができる。

【０５８２】

図１１１Ｃは、光学デバイス１１０００の片側の斜視図を示す。特に、本図は、熱拡散器１１１０２がアームの長さに延在する方法を示す。このように、アーム１１００２の実質的に全体が、プロジェクタ１１０１０等の光学デバイス１１０００のコンポーネントによって生成された熱を吸収するための放熱板として作用することができる。

【０５８３】

図１１１Ｄは、光学デバイス１１０００の正面斜視図を示す。伝導層１１１０８は、ＰＣＢ１１０１４の表面上にオーバーレイされて示され、ＰＣＢ１１０１４を横断して分散される種々の熱生成コンポーネントからの熱を熱拡散器１１００６に伝達するように構成され、これは、上記に説明されるように、熱を正面バンド１１００４を横断して分散させる。いくつかの実施形態では、正面バンド１１００４およびアーム１１００２は、アーム内の放熱が、主に、プロジェクタ１１０１０から受け取られた熱に限定され、正面バンド１１００４が、光学デバイス１１０００の他の電子コンポーネントによって生成された熱の残りを消散させることに関与するように、少なくとも部分的に、ゴムガスケットによって熱的に隔離されることができる。ゴムガスケットが加熱するにつれて、熱は、アーム１１００２とバンド１１００４との間により容易に伝達され得ることに留意されたい。いくつかの実施形態では、熱伝達経路が、種々の熱伝達コンポーネントによって、正面バンド１１００４とアーム１１００２との間に確立されることができる。例えば、熱拡散器１１１０２に類似する熱パイプまたは付加的熱拡散器が、利用され、熱を熱負荷の実質的量を受ける光学デバイス１１０００の部分から分散させることができる。いくつかの実施形態では、アーム１１００２への熱の直接伝達は、特に、アーム１１００２が、光学フレーム１１００８に取り付けられるものより熱損傷を受けにくい電気コンポーネントを含むとき、熱を正面バンド１１００４に放つために好ましくあり得る。議論される種々の熱伝達機構は、約７Ｗの総電力出力を消散させるように構成されることができる。

【０５８４】

図１１１Ｅ－１１１Ｇは、前の実施形態に図示される受動対流とは対照的に、強制対流を利用する、放熱システムの斜視および側面断面図を示す。図１１１Ｅは、熱をＰＣＢ１１０１４上に搭載される種々の熱生成コンポーネント１１１６８（図１１１Ｇ参照）から引き出すように構成される、放熱システム１１１５０を示す。熱生成コンポーネント１１１６２は、例えば、論理チップ等の電子コンポーネントを含むことができ、コンピュータビジョンまたは他の高需要高出力プロセスに関わり得る。熱生成コンポーネント１１１６８の過熱を防止するために、第１の熱拡散器１１１５２は、熱生成コンポーネント１１１６８のうちの１つ以上のものに熱的に結合されることができる。いくつかの実施形態では、金属遮蔽体または温度接着剤等の温度界面１１１７０（図１１１Ｇ参照）が、熱生成コン

ポーネント１１１６２と第１の熱拡散器１１１５２との間に配置され、より効率的熱伝達を促進してもよい。当技術分野において公知の他のタイプの温度界面または伝導層もまた、使用されてもよく、種々の温度界面が、組み合わせて使用されてもよい。

【０５８５】

熱生成コンポーネント１１１６２からの熱は、放熱システム１１１５０の一部にわたる温度勾配の存在に起因する伝導によって、温度界面１１１６４を横断して第１の熱拡散器１１１５２の中に移動する。熱パイプ１１１５４は、第１の熱拡散器１１１５２から熱パイプ１１１５４の両端に位置付けられる第２の熱拡散器１１１５６に向かって熱の伝導を促進するために使用されてもよい。第１の熱拡散器１１１５２から熱パイプ１１１５４の中への熱の配索は、熱パイプ１１１５４の一部である、暴露金属または別様に伝導性の材料が、熱接着剤によって第１の熱拡散器１１１５２に熱的に結合されるとき、伝導によって生じ得る。熱パイプ１１１５４は、作業流体を熱パイプ１１１５４と第１の熱拡散器１１１５２との間の温度界面から、熱パイプ１１１５４が第２の熱拡散器１１１５６と界面接触する、熱パイプ１１１５４の端部間の温度界面に循環させる、内部ウィッキング構造を含むことができる。第２の熱拡散器１１１５６は、同様に、熱パイプ１１１５４の両端において、熱パイプ１１１５４に熱的に結合されてもよい。第２の熱拡散器１１１５６は、放熱板またはファン１１１５８等の強制対流デバイスに熱的に結合されてもよい。いくつかの実施形態では、熱拡散器１１１５６は、冷却フィンのアレイを含み、それを横断してファン１１１５８が空気の冷却を強制する、有効表面積を増加させることができる。

【０５８６】

図１１１Ｆは、ウェアラブルデバイス１１１６０の中に組み込まれる、放熱システム１１１５０の斜視図を示す。ヘッドセットアーム１１１０２の内部に面した壁は、除去され、ヘッドセットアーム１１１０２内の簡略化された内部図を示す。いくつかの実施形態では、図１１１Ｆに示されるように、冷却空気１１１６２が、ヘッドセットアーム１１１０２によって画定された通気口１１１６４を通して、ヘッドセットアーム１１１０２の中に引き込まれることができる。いったん冷却空気１１１６２が、熱を第２の熱拡散器１１１５６から対流消散させると、冷却空気１１１６２は、ヘッドセットアームの端部が、付加的退出通気口を含むとき、ヘッドセットアーム１１１０２の端部に進行し得る。このように、ロバストな空気流動が、ヘッドセットアーム１１１０２を通して、確立され、加熱された冷却空気に、ヘッドセットアーム１１１０２から退出すべきロバストなルートを与えることができる。他の実施形態では、通気口１１１６０は、代わりに、加熱された空気がヘッドセットアーム１１１０２から退出するための排出ルートを提供してもよい。

【０５８７】

いくつかの実施形態では、熱パイプ１１１５４は、ポリマー材料等の可撓性の材料から作製されてもよい。可撓性の熱パイプ材料は、最小限またはゼロ負荷が、ＰＣＢ１１０１４または正面バンド１１００４に結合される熱生成コンポーネント１１１６２または他のコンポーネントに伝達されるように、システム内の機械的歪みまたは振動を吸収するように構成されてもよい。示されるような熱パイプ１１１５４は、平坦断面を有する。しかしながら、円形、丸形、卵形、または伸長等の任意の他の断面形状が、熱伝達および歪み緩和を促進するために使用されてもよい。いくつかの実施形態では、断面形状またはサイズは、熱パイプの一部にわたって可変であって、所望の熱伝達特性を達成してもよい。

【０５８８】

熱パイプ１１１５４を正面バンド１１００４に締結し、固着させる形態をとり得る、アンカポイント１１１６６は、熱パイプ１１１５４の撓曲に適応するように構成されてもよい。例えば、熱パイプ１１１５４を過度に拘束することを回避するために、アンカポイント１１１６６の数を最小限にすることが望ましくあり得る。熱パイプ１１１５４が歪みに応答して撓曲することを可能にすることは、電気コンポーネントに伝達される負荷を低減させ得る。アンカポイントの数に加え、アンカポイントの場所も、検討されてもよい。例えば、アンカポイントを最小限の撓曲が予期されるフレーム負荷条件に応答して生じる可能性が高い場所に熱パイプ１１１５４に沿って設置することが有利であり得る。また、熱パ

イプ１１１５４をフレームの最も堅性部分に沿って配索し、フレーム上に搭載の敏感なコンポーネントへのモーメント負荷をさらに低減させることが有利であり得る。さらに、熱パイプ１１１５４内でＵ形状の屈曲の形態をとる、サービスループ１１１６７が、正面バンド１１００４に対するヘッドセットアーム屈曲および撓曲から生じる応力の任意の伝達を最小限にするために配列されることができる。熱を両ヘッドセットアーム１１１０２に分散させる、二重ファン実施形態が、描写されるが、いくつかの実施形態では、熱パイプ１１１５６は、ヘッドセットアーム１１１０２のうちの１つのみに延在し得ることを理解されたい。

【０５８９】

図１１１Ｇは、熱分散システム１１１５０の側面図を示し、特に、熱パイプ１１１５２が、温度界面１１１７０および熱拡散器１１１５２を経由して、熱生成コンポーネント１１１６８およびＰＣＢ１１０１４と熱接触する方法を示す。このように、熱パイプ１１１５４は、熱を熱生成コンポーネント１１１６８から効率的に取り除くことが可能であって、ウェアラブルデバイス１１１６０のより高い性能を可能にする。

【０５９０】

図１１２Ａは、ＰＣＢ１１０１４から伝導層１１１０８を通した熱拡散器１１００６への熱の伝達を描写する、断面図を示す。伝導層１１１０８は、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）パウチ内に配置される半シール材料から形成されることができる。半シール材料は、変形し、複雑な幾何学形状に適応可能である、非常に低い接触熱抵抗を伴う熱可塑性樹脂である。伝導層１１１０８は、そうでなければ、ＰＣＢ１１０１４に搭載される異なる電気コンポーネントの可変高さに起因して生じるであろう、熱拡散器１１００６とＰＣＢ１１０１４との間の任意の間隙を充填する。このように、熱伝導層１１１０８は、熱をＰＣＢ１１０１４に搭載されるチップおよびＰＣＢ１１０１４自体のそれぞれから効率的に除去するためのロバストな熱伝達経路を作成する。図１１２Ａはまた、伝導層１１１０８の表面が、ＰＣＢ１１０１４に沿って配列される電子コンポーネントの種々の形状に適応するための領域を画定する方法を示す。図１１２Ｂは、１つの特定のタイプの伝導層１１１０８の種々の厚さの材料性質を示す。

【０５９１】

図１１３Ａ－１１３Ｄは、光学デバイス１１０００の部品の上にオーバーレイされた種々の熱マップを示す。熱マップは、光学デバイス１１０００の動作の間のより高い熱負荷の領域を識別する。熱マップは、より明るい色がより高い温度に対応するようにコード化される。凡例が、各熱マップの側面に示され、示される領域毎に度数℃の範囲を識別する。熱負荷は、３０℃の周囲温度を有する部屋内で分析された。図１１３Ａ－１１３Ｂは、光学フレーム１１００８の熱マップを示す。図１１３Ａは、光学フレーム１１００８を描写し、熱負荷が光学フレーム１１００８の中心において最強であることを示す。これは、主に、ＰＣＢ１１０１４によって生成された熱によって生じ得る。図１１３Ｂでは、光学フレーム１１００８およびＰＣＢ１１０１４は、熱マップを使用して特徴付けられ、光学フレーム１１００８およびＰＣＢ１１０１４内の熱分布を識別する。ＰＣＢ１１０１４の最も高温部分は、概して、１つ以上のプロセッサを含み得る、Ｃ形状の領域１１３０１に対応する。熱の具体的分布が、本明細書に描写されるが、光学デバイス１１０００を横断した熱の分布は、異なるタイプの使用、使用の持続時間、および他の環境要因に従って変化し得ることを理解されたい。

【０５９２】

図１１３Ａ－１１３Ｂに描写されるような光学フレーム１１００８内の熱の分布は、多くの方法で制御されることができる。いくつかの実施形態では、光学フレーム１１００８の厚が、変動されることができる。例えば、一般に平均量を上回る熱負荷を受ける、光学フレーム１１００８の部分は、厚化され、光学フレーム１１００８のその部分が熱を吸収および消散させる能力を増加させることができる。いくつかの実施形態では、光学フレーム１１００８の厚化部分はまた、光学フレーム１１００８と正面バンド１１００４との間の任意の空気間隙のサイズを低減させ得るため、有益であり得る。これらのタイプの調節は

また、熱に敏感なコンポーネントが、低減された機能性の過熱保護モードに移行する必要なく、より長い時間周期にわたって動作し得るように、熱に敏感なコンポーネントを囲繞する光学フレーム１１００８の面積上でも実施されることができる。いくつかの実施形態では、光学フレーム１１００８は、異なる材料を組み込み、熱をフレームを横断して拡散させることに役立つ、熱分散システムの形態をとることができる。例えば、光学フレーム１１００８の外部表面を銅合金または別の高度に熱的に伝導性の材料で鍍着することもまた、銅合金が大部分のマグネシウムまたはチタン合金より実質的に高い熱伝導性を有することを根拠として、熱をより均一に分散させることに役立ち得る。いくつかの実施形態では、熱分解グラファイトシートが、熱を光学フレーム１１００８を横断してより均一に分散させるために、光学フレーム１１００８の両側に接着され得る。他のソリューションは、ＡｌＳｉＣ等の熱的に伝導性の複合材料を光学フレーム１１００８の中に組み込むことを伴い得る。ＡｌＳｉＣの１つの利点は、その合金が、その熱膨張性質が他の材料の温度に合致するように調節され得ることである。

【０５９３】

図１１３Ｃ－１１３Ｄは、正面バンド１１００４の正面および背面表面を横断した熱の分布を特徴付ける、熱マップを示す。図１１３Ｃは、正面バンド１１００４のブリッジ領域１１３０２が、光学フレーム１１００４の部分と関連付けられた９０＋度の温度より実質的に低い、わずか約６５℃の温度に到達する様子を示す。図１１３Ｄは、正面バンド１１００４が光学フレーム１１００８より低温に留まり得る程度を図示する。温度の本著しい低減は、光学デバイス１１０００のユーザが、正面バンド１１００４およびアーム１１００２の一部と直接接触する可能性が最も高いため、ユーザ快適性および光学デバイス１１０００の長時間の使用にとって重要であり得る。本特定の例証はまた、正面バンド１１００４が、円筒形突出部として描写される、構造部材１１３０４によって、光学フレーム１１００８に結合され得る方法を示す。構造部材１１３０４は、任意の好適な機械的コネクタの形態をとることができる。例えば、突出部は、ねじを受容するためのボス構造の形態をとることができる。構造部材１１３０４の中心場所は、任意の実質的曲げモーメントが光学フレーム１１００８に伝達されることを防止し、それによって、光学フレーム１１００８に実質的に影響を及ぼすことなく、正面バンド１１００４がアーム１１００２との相互接続の近傍で屈曲および撓曲することを可能にする。

【０５９４】

図１１４Ａは、光学デバイス１４０００の斜視図を示す。光学デバイス１４０００は、アーム１４００４が正面バンド１４００６に固定して結合され得る間、より大きい頭部を伴うユーザに適応するために、矢印１４００３の方向に回転するように構成される、アーム１４００２を有する。図１４０Ｂ－１４０Ｃは、光学デバイス１４０００の上面斜視図および上面図を示す。図１４０Ｂは、最も変形する光学デバイス１４０００の部分を図示する、オーバーレイを示す。アーム１４００２に対する変形を限定することによって、正面バンド１４００６に対するアーム１４００４の位置は、光学デバイス１４０００が使用中のとき、実質的に不変のままであることができる。いくつかの実施形態では、本タイプの構成は、アーム撓曲に起因するセンサの配向における実質的偏移を心配する必要なく、アーム１４００４の中への種々の光学センサの統合を可能にし得る。図１４０Ｃは、光学デバイス１４０００の上面図およびアーム１４００２の運動範囲を示す。図１４０Ｄは、図１４０Ｂとの比較のために提供され、両アーム１４００２および１４００４が屈曲および／または撓曲を可能にされるときに生成される、相対的移動の量を図示する。

（格子構造）

【０５９５】

いくつかの実施形態は、ナノ格子状接眼レンズ層（例えば、ＩＣＧ、ＯＰＥ、および／またはＥＰＥ）を使用して、画像を視認者の眼に通過させてもよい。図１１５は、本発明のいくつかの実施形態による、視認光学アセンブリの接眼レンズのための最適化を説明する、簡略化された略図である。例証は、バイナリ「トップハット」構造と比較して、回折効率を増加させる、多段階階段ＥＰＥ１１５００を示す。いくつかの実施形態では、階段構

造は、鋸歯構造に類似する、ブレーズド格子を含む。いくつかの実施形態では、構造は、バイナリ格子およびブレーズド格子の両方と関連付けられた特徴を組み込む。バイナリ格子は、光を両方向に等しく回折する。ブレーズド格子は、接眼レンズの対称性を破壊し得、したがって、光は、所望の方向に進行し、効率および全体的明度を増加させる。図１１５に図示される多段階階段構造は、その選択性に起因して、視認者の眼と反対の世界に向かって進行する光を減少させ、実世界から接眼レンズの中に結合する光を抑制する。

【０５９６】

ＥＰＥ格子構造の回折効率、輝度、および均一性はまた、空間にわたるエッチング深度を調節することによって増加されてもよい。したがって、画像を横断した良好な均一性が、達成され得る。加えて、接眼レンズの増加される効率が、実際に瞳孔に到達するように進んでいる光を偏光させることによって達成され得る。増加される効率はまた、接眼レンズ構造内のガラス基板の上部に設置されたフォトレジストにより良好に合致させることによって達成され得る。一般に、レジストの屈折率は、基板の高ｎに合致するように増加され、レジストの界面からの反射の欠如に起因してより良好な効率をもたらし得る。

【０５９７】

ＥＰＥに関して説明されたが、本明細書に説明される最適化された格子構造は同様に、ＯＰＥおよび／またはＩＣＧ上に実装されてもよいことが検討される。例えば、増加される効率はまた、光が後方バウンスする必要がある機会を最小限にすることにより、ＩＣＧ内の再バウンス結合解除を低減させることによって達成され得る。

（接眼レンズ層の性質）

【０５９８】

視認光学アセンブリの接眼レンズに関する基板性質は、本発明のいくつかの実施形態によると、変動してもよい。いくつかの実施形態では、非常に低い粗度および低総厚変動（ＴＴＶ）を伴う、非常に平坦なガラス基板が、利用されてもよい。低粗度は、散乱を最小限にし、したがって、画像コントラストを維持し得る。低ＴＴＶは、ＯＰＥディザリング（本明細書にさらに説明される）を用いた予測性能を可能にし得る。低ＴＴＶはまた、そうでなければ、算出および分解能損失費用を伴って、ソフトウェア内で補正された必要があるであろう、仮想画像歪曲を低減させ得る。

【０５９９】

いくつかの実施形態では、接眼レンズ層（基板を含む）の厚さも同様に、最適化されてもよい。例えば、一実施形態では、各接眼レンズ層は、厚さ３００～３４０μｍであってもよい。適正に外部結合される光線サンプルは、ヒトの眼のための所望の密度を提供し得る。さらに、接眼レンズ層の厚さは、接眼レンズのためのバウンスの総数を低減させ得る。適正な全内部反射（ＴＩＲ）バウンス間隔（および適正に外部結合された光線間隔）は、均一光分布を視認者の瞳孔内に作成し得る。加えて、接眼レンズ層の厚さは、接眼レンズの剛性に影響を及ぼし得る。

【０６００】

図１１６Ａは、いくつかの実施形態による、ＥＰＥ内のドーム頂点に関する視野歪曲に及ぼす総厚変動（ＴＴＶ）影響を図示する、グラフである。図１１６Ｂは、いくつかの実施形態による、平坦基板に関する視野歪曲に及ぼすＴＴＶ影響を図示する、グラフである。図１１６Ｃは、いくつかの実施形態による、測定されたＴＴＶを図示する、グラフである。

（ブレーズド格子のための製造プロセス）

【０６０１】

いくつかの実施形態では、ある製造プロセスが、格子を入力結合格子（ＩＣＧ）上に実装するために使用されてもよい。ＩＣＧに関して説明されるが、類似方法が類似格子をＯＰＥおよび／またはＥＰＥ上に実装するために使用されてもよいことが検討される。いくつかの実施形態では、組み合わせられたブレーズドおよびバイナリ格子が、ＩＣＧのために使用される。例えば、３－１－１に切断されたシリコンウエハが、ウェットエッチングプロセスと併用され、ブレーズを生産してもよい。他の実施例では、イオンビームミリングおよび／またはバイナリ段階プロファイルを伴う区分的ブレーズドプロファイルが、使用

されてもよい。

【０６０２】

図１１７Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、ブレーズド格子構造のための製造プロセスを図示する、簡略化された略図である。本明細書に説明されるブレーズド格子構造は、例えば、ＩＣＧ、ＯＰＥ、および／またはＥＰＥ上で使用されてもよい。図１１７Ａに示されるように、シリコンウエハまたは他の好適な材料が、ある角度にスライスされ、次いで、エッチングマスク（例えば、SiO_2）を用いて堆積されてもよい。ウエハは、次いで、例えば、ＫＯＨを用いてエッチングされてもよい。ウエハは、ある角度でスライスされるため、生じる異方性エッチングは、ブレーズド格子をシリコンウエハ内にもたらす（例えば、一実施例では、７０．５度の開口部を有する、シリコンウエハ内の三角形開口部）。図１１７Ｂは、例えば、図１１７Ａのプロセス等によって生産される、本発明のいくつかの実施形態による、ＩＣＧのためのブレーズド格子を図示する、写真を示す。図１１７Ｂに図示されるように、格子と関連付けられた角度は、部分的に、エッチングされている基板の結晶学によって決定されることができ、例えば、ブレーズド格子は、７０．５度の角度を伴い、１つの表面は、基板表面に対して３０度で傾斜される。いくつかの実施形態では、＜２１１＞および／または＜３１１＞結晶平面が、例えば、シリコン基板内で利用され、それによって、利用可能な基板の数の増加を可能にする。

【０６０３】

図１１７Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、三角形格子構造とブレーズド格子構造の製造プロセスを比較する、簡略化された略図である。両プロセスにおいて、基板およびエッチングマスクは、１１７０１Ｃに図示されるように開始する。ウエハが、エッチングに先立ってスライスされない場合、ウエハは、１１７０２Ｃに図示されるように、三角形方式でエッチングされるであろう。ウエハがエッチングに先立ってスライスされる場合、ウエハは、１１７０３Ｃに図示されるように、ブレーズド格子とともにエッチングされるであろう。故に、所定の角度における基板のスライスは、基板表面に対して４５度以外の角度で角度付けられ、ブレーズド格子構造をもたらす、シリコン基板の＜１１１＞平面をもたらす。

【０６０４】

図１１７Ｄは、本発明のいくつかの実施形態による、先鋭上部ＩＣＧ構造１１７２０Ｄと比較した平坦上部ＩＣＧ構造１１７１０Ｄを図示する、簡略化された略図である。ブレーズドＩＣＧは、平均して、約５０％の１次入力結合効率を提供する一方、バイナリＩＣＧは、約２０％を与える。加えて、平坦上部ＩＣＧ構造４４１０は、先鋭上部ＩＣＧ構造１１７２０Ｄによって図示されるような鋭的上部を伴う真のブレーズに対して、より高い１次回折効率を与える。ブレーズド格子は、いくつかの実施形態では、ＩＣＧに関連して議論されるが、本発明の実施形態はまた、ＥＰＥおよびＯＰＥを含む、他の回折構造にも適用可能である。当業者は、多くの変形例、修正、および代替を認識するであろう。

【０６０５】

図１１８は、本発明のいくつかの実施形態による、ブレーズド格子構造の製造プロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。図１１８は、制御され、かつ最適な幾何学形状を加工し、シリコン基板内に高効率導波管デバイステンプレートを達成する際に関わるステップを示す。一実施形態では、シリコン基板は、軸外で切断されたシリコンであってもよい。本テンプレートは、例えば、ＩＣＧ、ＯＰＥ、および／またはＥＰＥを加工するために使用されてもよい。

【０６０６】

図１１８の加工方法は、個々のフィールド毎に、所定の（例えば、最も最適な）ナノまたはマイクロ構造を伴う導波管デバイスの異なるコンポーネント（すなわち、フィールド）のパターン化を可能にし、高効率のデバイスを任意の大または小ウエハスケールフォーマット上に可能にする。加工方法は、所望の基板または材料層の中への正方形、長方形、またはブレーズド格子等の種々のナノおよびマイクロパターンのパターン転写と組み合わせて、ウェットおよびドライプラズマエッチングステップを使用する。犠牲ダミーフィール

ド（同一臨界寸法およびより大きいピッチまたは同一ピッチおよびより小さい臨界寸法を伴う）の含有および使用は、ウェットおよびドライプロセスの臨界エッチングタイミングの正確度を改良する。上部平坦臨界寸法を制御する本側面は、ブレーズド格子深度を制御し、光トラッピングを回避するための方法であって、導波管パターンのための所定の（例えば、最大）量の効率を達成するために行われる。エッチングされた基板は、次いで、デバイス生産プロセスにおいてインプリントリソグラフィを使用したパターン転写のためのテンプレートとして使用されることができる。

【０６０７】

光導波管デバイスは、種々の機能のために、異なるナノおよびマイクロパターンを利用することができる。種々のフィールド内およびその間でパターンを変動させる能力は、本発明のいくつかの実施形態によって、デバイス加工プロセスの特徴として提供される。加工ステップはまた、従来のプロセス機器を利用して、生産のために十分な量において、大ウエハスケールでこれを達成する。標準的材料、パターン化、プロセスツール、および機器は、典型的には、それ自体の上へのそのようなデバイスの加工を可能にしない。しかしながら、加工は、あるプロセス、犠牲パターン、および処理シーケンスと組み合わせて、ある材料を使用して達成されることができる。

【０６０８】

本明細書に説明される加工方法に従って、リソグラフィプロセス（例えば、フォトリソグラフィ、インプリントリソグラフィ等）を使用して、一次パターンが、ステップ１１８０１において、接着層および所望のシリコン結晶ラティス軸との１度未満のパターン整合の有無にかかわらず、シリコン上の二酸化ケイ素にわたって加工される。ステップ１１８０２では、プラズマプロセスが、使用され、インプリントの残留層厚（ＲＬＴ）を除去し（インプリントリソグラフィが、最初に使用される場合）、および／または続いて、ドライエッチングが、使用され、二酸化ケイ素層の中にパターン転写する。ステップ１１８０３では、ポリマー（厚い）層が、入力結合器（ＩＣ）フィールドにわたってコーティングされ、基板は、１１８０４において、ドライエッチングされ、他のフィールドを通して、シリコンの中にパターン転写する。ポリ（ビニルアルコール）、ＰＭＭＡ、ＰＡＡｃ等のポリマーが、使用されてもよい。本ポリマー層は、ＩＣフィールドを通したエッチング転写を防止する。

【０６０９】

ステップ１１８０５では、エッチングパターンが、剥離および清掃され、他のフィールド（非ＩＣ）が、ステップ１１８０６Ａおよび１１８０６Ｂにおいて、マスクの使用を用いて、チタン金属および第２のポリマー層で被覆される。チタン層は、他のフィールドをシャドーマスクしながら、ＰＶＤタイププロセスを使用して堆積される。他のパターン化されたフィールドとのＩＣ近接度およびフィールドサイズに基づいて、チタン金属層堆積は、回避されることができる。第２のポリマー層は、ＰＶＡ、ＰＭＭＡ、ＰＡＡｃ等であってもよい。

【０６１０】

ステップ１１８０７では、ＩＣフィールドシリコンが露光された状態で、ウェットエッチングステップ（例えば、ＫＯＨ）は、所望のブレーズド幾何学形状を｛１１１｝シリコン結晶ラティス平面に沿って作成する。ウェットエッチング率は、パターン密度（ピッチ変動のように）、シリコンドーピング等を変動させることによって変動し得る。エッチング率は、例えば、ＫＯＨの異なる濃度を使用することによって制御されてもよい。

【０６１１】

第６段階として、所望の（例えば、最適）ＩＣ効率を得るために、二酸化ケイ素の中にエッチングされたＩＣ格子は、ステップ１１８０８において、臨界寸法（ＣＤ）幅にトリミングされ、より広いかつより深いブレーズドパターンを促進することができる。図１１９Ａは、いったんウェットエッチングされた後の本ブレーズ幾何学形状の特性を図示する。図１１９Ｃは、高効率ＩＣを作成する際の二酸化ケイ素内のＩＣのＣＤの制御を示す。図１１９Ｂは、４つの異なるＣＤの例示的ＳＥＭを図示する。ブレーズド深度を制御し、光

トラッピングを回避するための方法として、上部平坦ＣＤを制御する本側面は、導波管パターンのための所定の（例えば、最大）量の効率を達成するために行われる。所望のＣＤをＩＣフィールド内に作成するためのウェットエッチングは、適切に希釈されたＢＯＥ溶液を使用して行われることができる。希釈率は、二酸化ケイ素のエッチングを制御するように選定されることができる。例えば、３５秒のウェットエッチングプロセスウィンドウは、６：１から２０：１　ＢＯＥ溶液に切り替えることによって、２分まで増加されることができる。ＩＣフィールド内の所望のＣＤが、達成されると、上記に説明される第５のステップは、導波管デバイスのための適切な高効率ブレーズプロファイルを作成する。ウエハウェットエッチングプロセス制御のため、より小さいＣＤ、同一ＩＣピッチまたは同一ＣＤ、より大きいＩＣピッチを伴う、ダミーフィールドが、ウェットエッチングタイミング目的のために、デバイスパターン面積の外側に存在することができる。例えば、回折パターン可視性が、ウェットエッチングの間、ダミーフィールドから消失する場合、これは、ウェットエッチングの完了を信号伝達し、後続シリコンウェットエッチングのために適切なＣＤを二酸化ケイ素内に開放することができる。

【０６１２】

マスクおよびパターン化ステップは、交互され、繰り返され、任意のウエハフォーマットにわたるフィールド毎のパターン転写プロファイルにおける変動を達成してもよい。第８段階として、残りのポリマーおよび／または金属層が、剥離され、基板は、清掃され、本パターンが大面積１１８０８にわたって高スループットで複製される、テンプレートとしての使用のための準備ができる。

（インプリントベースの製造およびリフトオフ）

【０６１３】

いくつかの実施形態によると、インプリントベースの製造が、実装されてもよい。本タイプの製造は、低残留層厚およびより高い接眼レンズ効率をもたらし得る。ジェットおよびフラッシュインプリントが、使用されてもよく、高速で複製し得る。レジスト調合は、高均一性を伴ってジェット噴霧を可能にするように実装されてもよい。インプリントベースの製造は、ポリマーおよびガラス基板を含む、種々の基板上に実装されてもよい。

【０６１４】

図１２０は、本発明のいくつかの実施形態による、インプリントベースの製造を図示する、簡略化された略図である。ステップ１２００５では、精密な流体レジスト液滴が、基板上に設置される。ステップ１２０１０では、マスクが、流体レジスト液滴と接触して基板上に設置される。ステップ１２０１５では、流体レジストは、紫外線光源を使用して重合化される。ステップ１２０２０では、マスクは、基板から分離され、強い基板接着力に起因して、重合化されたレジストを基板上に残す。結果として生じる表面は、表面１２０２５として図示され、５０ｎｍ線および線間の５０ｎｍ空間を伴う。

【０６１５】

図１２１Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、導波管のためのパターン化された格子構造の製造プロセスを図示する、簡略化されたプロセスフロー図である。本明細書に説明されるパターン化された格子構造は、例えば、ＯＰＥおよび／またはＥＰＥ上で使用されてもよい。いくつかの実施形態では、パターン化された格子構造は、インプリントおよびリフトオフを使用して、高屈折率無機材料から構築される。高屈折率無機材料は、産業において現在使用されているプラズマエッチングプロセスを介してエッチングすることが困難であり得る。したがって、本発明のいくつかの実施形態は、そうでなければ、ＣｕおよびＡｇ等の材料をエッチングすることが困難である、エッチングを回避するためのプロセスを実装する。リフトオフプロセスが、使用され、その場合、高屈折率無機材料のみが、堆積され（ＰＶＤ）、事前にパターン化されたリフトオフ（溶媒可溶性）層を使用して、高屈折率ガラスまたはプラスチック等の所望の基板にわたってパターン化される。

【０６１６】

図１２１Ａは、リフトオフプロセスを図示し、これは、TiO_2、ＺｎＯ、HfO_2、ZrO_2等の無機高屈折率材料のパターン化を可能にする（すなわち、ｎ＞１．６を伴う、

金属酸化物または無機材料）。そのような材料は、従来のイオンプラズマエッチングツールを使用してエッチングすることが非常に困難であり得る。ステップ１２１０１Ａでは、可溶性層が、基板上にコーティングされる。可溶性層は、一実施形態では、水溶性ポリマー層であってもよい。水溶性層は、大規模加工のための生産ラインにおいて、かつ水以外の溶媒がポリマー基板と反応し得るポリマー基板の使用に関して、より柔軟性があり得る。

【０６１７】

ステップ１２１０２Ａでは、パターンは、可溶性層内にインプリントされる。一括大面積パターン化が、一実施形態では、Ｊ－ＦＩＬを使用して、堆積されるポリマー層上に使用されてもよい。これは、接着剤層の使用を回避し、より小さい面積上の光学リソグラフィの限界と、反応性溶媒を使用して光学リソグラフィレジストを現像する必要性とを克服する。

【０６１８】

ステップ１２１０３Ａでは、エッチングは、可溶性層を通して、そしてその中で完了される。底部犠牲ポリマー層にわたるインプリントされた硬化ポリマーは、単一エッチング化学性質を伴って、異なる率でエッチングされる。これは、リフトオフプロセスのために必要なアンダーカットを生産する。これはまた、エッチングプロファイルを作成するための二次硬質マスクの使用を回避する。

【０６１９】

ステップ１２１０４Ａでは、高屈折率材料が、可溶性層および基板上に堆積される。高屈折率材料は、離線が存在し、断続高屈折率層を形成することを可能にする、蒸着技法（例えば、ＰＶＤ）を使用して堆積されてもよい。堆積パラメータは、エッチングプロファイルとともに、いくつかの実施形態では、図１２１Ｃに図示されるように、台形または三角形プロファイルのいずれかを得るように制御されることができる。図１２１Ｃは、本発明のいくつかの実施形態による、堆積パラメータおよびエッチングプロファイルに基づいて堆積される材料の可変プロファイルを図示する、簡略化された略図である。三角形プロファイルは、例えば、パターンおよび基板を通して透過される光のヘイズを低減させ得る。

【０６２０】

図１２１Ａに戻ると、ステップ１２１０５Ａでは、可溶性層および可溶性層上の高屈折率材料は、リフトオフされ、パターン化された高屈折率材料を基板上に残す。本プロセスは、そうでなければ、高屈折率金属酸化物、無機、金属酸化物－ポリマーハイブリッド、金属等のように容易にパターン化されることができない、材料が、例えば、ガラスまたはポリマー基板にわたって高正確度を伴って、１００ｎｍスケールでパターン化されることを可能にする。図１２１Ｄは、＞５０ｍｍ×５０ｍｍパターン面積にわたってポリカーボネート膜上にパターン化された１００ｎｍ～２００ｎｍＡｇ線を図示する。

【０６２１】

言い換えると、パターン化は、可溶性犠牲層をエッチングし、次いで、堆積技法を使用して、高屈折率材料を堆積させることによって可能となる。図１２１Ａの写真１２１０６Ａ、１２１１０Ａ、１２１１５Ａは、上記に説明されるプロセスによって形成される、パターン化された幅１９０ｎｍおよび高さ２８０ｎｍのＡｇ線を示す、ＳＥＭ画像である。図１２１Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、ＰＶＤタイププロセスを使用して堆積される、ＺｒＯｘ膜の屈折率を図示する、グラフである。最終的パターン化された高屈折率材料は、基板上に組み込まれると、機能導波管の要素として使用されることができる。

（多段階格子）

【０６２２】

いくつかの実施形態によると、多段階バイナリ格子が、導波管のための格子構造上で使用されることができる。本明細書に説明される多段階バイナリ格子構造は、例えば、ＩＣＧ、ＯＰＥ、および／またはＥＰＥ上で使用されてもよい。多段階（すなわち、３－Ｄ）マイクロまたはナノ構造の加工は、いくつかのリソグラフィステップを使用し、１００ｎｍを下回るパターンおよび非常に高いオーバーレイ正確度に依拠し得るため、困難であり得る。本発明のいくつかの実施形態は、図１２２に示されるもの等の複数のバイナリステッ

プを用いて、高分解能多段階マイクロまたはナノ構造および回折格子を加工する方法を提供する。本発明のこれらの実施形態は、多段階構造の全体的加工プロセスを簡略化し、直接、光学コンポーネントを加工する、またはナノインプリント金型を作成するために使用されることができる。

【０６２３】

光学デバイスに関して、三角形格子が、光を操作するその能力に起因して、望ましくあり得る。ナノレベルでは、三角形パターンは、達成することが困難である。したがって、一連の段階的格子が、三角形パターンを模倣するように作成されてもよい。各段階の高さおよび段階の数は、現在の加工技法に基づいて固定されてもよい。しかしながら、本発明のいくつかの実施形態によると、段階の数は、増加されてもよく、高さは、段階間で変動され、所望の三角形パターンにより近似して類似かつ模倣する、所望の格子パターンを作成してもよい。

【０６２４】

多段階バイナリ格子の加工は、典型的には、高整合正確度を伴う、複数のリソグラフィステップによって達成され得る。概して、ｎ数のリソグラフィステップを用いて生成され得る、最大段階数（ｍ）は、ｍ＝２ⁿによって与えられる。プロセスは、リソグラフィツールおよびエッチングプロセスの整合精度によって限定される。両方とも、特徴の寸法が、１００ｎｍを下回るとき、困難であって、通常、光学用途のための多段階バイナリ格子の低品質につながる。

【０６２５】

本発明のいくつかの実施形態は、側壁およびエッチング深度の両方の観点から高品質を伴う、多段階格子を加工するプロセスを提供する。いくつかの実施形態によると、「停止層」のスタックが、多段階格子を作成するために使用される。いくつかの実施形態では、第１の停止層は、随意である。他の２つの停止層は、格子内の各段階の深度の精密な画定を可能にし、角の品質を増加させ、エッチングプロセスを１つのステップに簡略化し、高垂直プロファイルを可能にする。言い換えると、いくつかの実施形態は、各サブ格子のプロファイルおよび深度にわたって精密な制御を可能にし、１つのみのエッチングプロセスを利用する。

【０６２６】

図１２３は、反復プロセスを図示し、各サイクルにおいて、基板およびマスクの層が、連続して堆積される。全てのサイクルは、段階を生成する。図１２３では、２つのサイクルプロセスが、示される（サイクル１：ステップ１２３０３、１２３０４、１２３０５；サイクル２：ステップ１２３０６、１２３０７、１２３０８）。いくつかの実施形態では、最終エッチング停止層の堆積は、ステップ１２３０２において行われる。３Ｄエッチングマスクの作成後、単一エッチングプロセスが、３Ｄプロセスをもたらし得る（ステップ１２３０９）。いくつかの実施形態では、最終エッチング停止層は、選択的にエッチング除去されてもよい（ステップ１２３１０）。ステップ１２３０１に示される開始基板は、例えば、シリコン、石英、または任意の他の材料であってもよい。

【０６２７】

サイクル（例えば、サイクル１および２）は、（Ｉ）追加基板層を堆積させるステップ（ステップ１２３０３および１２３０６）と、（ＩＩ）エッチング停止層を堆積させるステップ（ステップ１２３０４および１２３０７）と、（ＩＩＩ）リフトオフを実施するステップ（ステップ１２３０５および１２３０８）とを含む。ステップ１２３０３および１２３０６では、追加基板層が、堆積されてもよい。本層は、種々の方法（例えば、スパッタリング、蒸発、ＡＬＤ等）によって堆積されてもよく、停止層を用いて良好なエッチング選択性を有する、材料の膜を備えてもよい。いくつかの実施形態では、シリコン、二酸化ケイ素、窒化ケイ素、および同等物が、使用されてもよい。転写層の厚さは、サブ格子の高さに対応してもよい。

【０６２８】

ステップ１２３０４および１２３０７では、リソグラフィは、完了されてもよく、マスク

（すなわち、エッチング停止層）が、堆積されてもよい。リソグラフィは、ＵＶ、電子ビームリソグラフィ、ＮＩＬ、または他の技法を用いて、実施されてもよい。エッチング停止層は、種々の方法（例えば、スパッタリング、蒸発、ＡＬＤ等）によって堆積されてもよい。エッチング停止層は、金属（例えば、Ａｕ、Ａｌ、Ａｇ、Ｎｉ、Ｃｒ等）または金属酸化物（例えば、SiO_2、TiO_2等）またはシリコン、窒化ケイ素、および同等物等の他の材料を含んでもよい。いくつかの実施形態では、エッチング停止層の厚さは、２ｎｍ～４０ｎｍである。

【０６２９】

ステップ１２３０５および１２３０８では、リフトオフが、実施される。リソグラフィプロセスにおいて使用されるレジストに応じて、具体的溶媒が、レジストを溶解し、エッチング停止層のみを残してもよい。いくつかの実施形態では、本ステップは、堆積およびエッチングによって置換されてもよい。

【０６３０】

いくつかの実施形態では、エッチングマスクの「シャドー」堆積が、図１２４に図示されるように、多段階格子を作成するために使用される。これらの実施形態は、低減された数のリソグラフィステップを有するプロセスを可能にする。例えば、図１２４に示されるように、１つのみのリソグラフィステップが、利用され、３つの段階構造を作成する。開始構造は、バイナリ格子であって、これは、ステップ１２４０１において、リソグラフィおよびエッチング等の任意の公知のプロセスによって加工されることができる。金属または誘電マスク層が、ステップ１２４０２において、ある角度で格子にわたって堆積されてもよく、金属膜の格子の堆積の指向性およびシャドーイングは、部分的に、トレンチの底部を被覆するであろう。いくつかの実施形態では、スパッタリング、蒸発、または任意の他の指向性堆積技法が、マスク層を堆積させるために使用されてもよい。いくつかの実施形態では、ＡＬＤは、マスク層を堆積させるために使用されない。清浄面積ｗは、方程式

【化１８】

$$W = \frac{h}{\tan(\theta)}$$

によって与えられ、式中、ｈは、トレンチの高さであって、シータは、堆積角度である。同一方程式は、任意の所望の幅のための堆積角度を見出すことを可能にする。トレンチの高さへの依存性に起因して、本アプローチの制御および再現性は、縦横比に伴って減少する。構造は、次いで、マスク層をマスクとして使用してエッチングされてもよく、マスク層は、除去され、ステップ１２４０３において示される多段階バイナリ格子構造を形成することができる。プロセスは、反復され、複数の層を生成してもよい。

【０６３１】

図１２５は、異なる堆積角度が第２の段階の異なる幅をもたらす方法を図示する。例えば、プロセスＡでは、５５度堆積角度が、ステップ１２５０１Ａにおいて使用され、ステップ１２５０２Ａにおいて、７０％清浄面積をもたらし、ステップ１２５０３Ａにおいて、狭い第２の段階をもたらす。プロセスＢでは、６５度堆積角度が、ステップ１２５０１Ｂにおいて使用され、ステップ１２５０２Ｂにおいて、４７％清浄面積をもたらし、ステップ１２５０３Ｂにおいて、中間幅の第２の段階をもたらす。プロセスＣでは、８０度堆積角度が、ステップ１２５０１Ｃにおいて使用され、ステップ１２５０２Ｃにおいて、１８％清浄面積をもたらし、ステップ１２５０３Ｃにおいて、広い第２の段階をもたらす。（段階的な格子デューティサイクル）

【０６３２】

いくつかの実施形態では、本明細書に説明される格子は、段階的なデューティサイクルを有し、段階的な様式で光を反射させてもよい。これは、接眼レンズから出力される画像を横断して均一強度をもたらし得る。さらに本明細書に説明されるように、接眼レンズは、入力光をＩＣＧから受光してもよい。光は、ＯＰＥに結合され、拡張され、ＥＰＥに伝搬され、視認者の眼に反射されてもよい。光が、これらの回折要素のうちの１つ以上のもの

の格子面積を通して伝搬するにつれて、典型的には、光が回折の結果として格子によって外部結合されるため、強度が減少するであろう。したがって、回折要素、例えば、ＥＰＥによって出力される画像は、位置の関数としての明度における勾配によって特徴付けられ得る。

【０６３３】

いくつかの実施形態によると、格子のデューティサイクルは、位置の関数として調節されてもよい。これは、接眼レンズ層内の光がより強い強度を有する領域では、低減された光回折をもたらし、接眼レンズ層内の光がより低い強度を有する領域では、増加された光回折をもたらし得る。したがって、均一明度を有する画像が、段階的なデューティサイクル格子構造の使用を通してもたらされ得る。

【０６３４】

図１２６Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、一定格子構造を図示する、簡略化された平面図略図である。図１２６Ａによると、光１２６１０は、接眼レンズ層１２６２０の中に縦方向（すなわち、ｚ方向）に沿って入力されてもよい。接眼レンズ層１２６２０は、例えば、本明細書にさらに説明されるように、ＩＣＧ、ＯＰＥ、および／またはＥＰＥであってもよい。接眼レンズ層１２６２０は、縦方向に沿ってアレイ化された複数の格子１２６３０を有してもよい。格子１２６３０は、それらが中実かつ縦方向に沿って相互に対して均一に離間されるという意味において、一定であり得る。

【０６３５】

図１２６Ｂは、本発明のいくつかの実施形態による、図１２６Ａに図示される一定格子構造から出力される光強度を図示する、グラフである。図１２６Ｂに示されるように、一定格子１２６３０は、光が格子を通して伝搬するにつれて、接眼レンズ層１２６２０の上部表面１２６０２と接眼レンズ層１２６２０の底部表面１２６０４との間に光強度の連続減少をもたらし得る。これは、より離れた縦方向位置（すなわち、より大きなｚ値）と関連付けられた格子構造の部分から視認者に投影されるために利用可能な光の減少をもたらし得る。

【０６３６】

図１２７Ａは、本発明のいくつかの実施形態による、段階的なデューティサイクルを伴う格子構造を図示する、簡略化された平面図略図である。図１２７Ａによると、光１２７１０は、接眼レンズ層１２７２０の中に入力され、縦方向（すなわち、ｚ方向）に沿って伝搬し得る。接眼レンズ層１２７２０は、例えば、本明細書にさらに説明されるように、ＩＣＧ、ＯＰＥ、および／またはＥＰＥであってもよい。接眼レンズ層１２７２０は、縦方向に沿ってアレイ化された複数の格子１２７３０を有してもよい。格子１２７３０は、各格子１２７３０の個々の部分が側方方向（すなわち、ｙ方向）に離間され得るという意味において、段階的なデューティサイクルを有し得る。デューティサイクルは、低デューティサイクル（すなわち、格子材料と格子部分間の間隔の低比率）から高デューティサイクル（すなわち、格子材料と格子部分間の間隔の高比率）に変動し得る。いくつかの実施形態では、格子１２７３０は、接眼レンズ層１２７２０内への精密な書込を可能にする、走査ツールを使用して製造されてもよい。図１２７Ｂに図示されるように、接眼レンズ層１２７２０は、進入表面１２７０２および終端表面１２７０４によって特徴付けられ得る。

【０６３７】

図１２７Ｃは、接眼レンズ層１２７２０の拡大図を図示する。図１２７Ａおよび１２７Ｃに示されるように、各格子１２７３０の部分１２７３２間の側方方向における間隔１２７３４は、縦方向位置（例えば、接眼レンズ層１２７２０の進入表面１２７０２および終端表面１２７０４に対する格子１２７３０の位置）に依存し得る。したがって、図１２６Ａと比較して、格子１２７３０は、側方方向に中実ではなくてもよく、異なる間隔１２７３４を個々の部分１２７３２間に有してもよい。図１２７Ａに示される実施形態では、格子１２７３０は、光の伝搬経路１２７１０に沿って（すなわち、縦方向に）デューティサイクルが増加するように配列されてもよい。言い換えると、格子１２７３０の部分１２７３２の側方サイズと隣接する部分間の間隔１２７３４の比率は、進入表面１２７０２から終

端表面１２７０４までの縦方向位置の関数として増加し得る。

【０６３８】

縦方向位置の関数としてのデューティサイクルにおける変動は、接眼レンズ層１２７２０によって放出される強度が接眼レンズ層１２７２０全体を通して縦方向位置の関数として均一または実質的に均一であるように、実装されてもよい。いくつかの実施形態では、デューティサイクルは、接眼レンズ層１２７２０の進入表面１２７０２から終端表面１２７０４まで０％～１００％に変動してもよい。いくつかの実施形態では、デューティサイクルは、接眼レンズ層１２７２０の進入表面１２７０２から終端表面１２７０４まで５０％～９０％に変動してもよい。接眼レンズ層１２７２０がＥＰＥである、いくつかの実施形態では、進入表面１２７０２は、ＯＰＥの最も近くに位置付けられる表面であってもよい一方、終端表面１２７０４は、ＯＰＥから最も遠くに位置付けられる表面であってもよい。

【０６３９】

図１２７Ａに示されるもの等のいくつかの実施形態では、格子１２７３０は、縦方向に沿って相互に対して均一に離間されてもよい。しかしながら、他の実施形態では、格子１２７３０は、縦方向に沿って相互に対して可変に離間されてもよい。いくつかの実施形態では、本明細書に説明されるディザリング技法は、図１２７Ａに示される段階的なデューティサイクルと組み合わせられ、視認者に出力される光の強度の均一性を増加させてもよい。

【０６４０】

図１２７Ｂは、いくつかの実施形態による、図１２７Ａに図示される段階的なデューティサイクルを伴う格子構造から出力される光強度を図示する、グラフである。図１２７Ｂに示されるように、段階的なデューティサイクル格子１２７３０は、接眼レンズ層１２７２０の進入表面１２７０２と接眼レンズ層１２７２０の終端表面１２７０４との間に出力される一定光強度をもたらし得る。本一定強度出力は、次いで、光経路をさらに辿って視認者に投影されるために利用可能である、より均一な光プロファイルをもたらし得る。

【０６４１】

図１２８は、本発明のいくつかの実施形態による、段階的なデューティサイクルを伴う格子構造を有する接眼レンズ層によって光を操作する例示的方法のフロー図１２８００である。本方法は、光源からの光を格子パラメータの第１のセットによって特徴付けられる第１の格子構造を有する入力結合格子において受光するステップ（１２８１０）を含む。

【０６４２】

本方法はさらに、入力結合格子からの光を格子パラメータの第２のセットによって特徴付けられる第２の格子構造を有する拡張格子において受光するステップ（１２８２０）を含む。本方法はさらに、拡張格子からの光を格子パラメータの第３のセットによって特徴付けられる第３の格子構造を有する出力結合格子において受光するステップ（１２８３０）を含む。第１の格子構造、第２の格子構造、および第３の格子構造のうちの少なくとも１つは、段階的なデューティサイクルを有する。格子構造のデューティサイクルは、光を受光する接眼レンズ層の表面から光を出力する接眼レンズ層の表面まで増加してもよい。格子パラメータの第１のセット、格子パラメータの第２のセット、および／または格子パラメータの第３のセットは、接眼レンズ層を横断したデューティサイクルおよびデューティサイクルの段階化を規定してもよい。接眼レンズ層を通した光強度は、一定であってもよい。本方法はさらに、光を視認者に出力するステップ（１２８４０）を含む。

【０６４３】

また、本明細書に説明される実施例および実施形態は、例証的目的のためだけのものであって、それに照らして、種々の修正または変更が、当業者に示唆され、本願の精神および権限および添付の請求項の範囲内に含まれるべきであることを理解されたい。

【図面】

【図１】

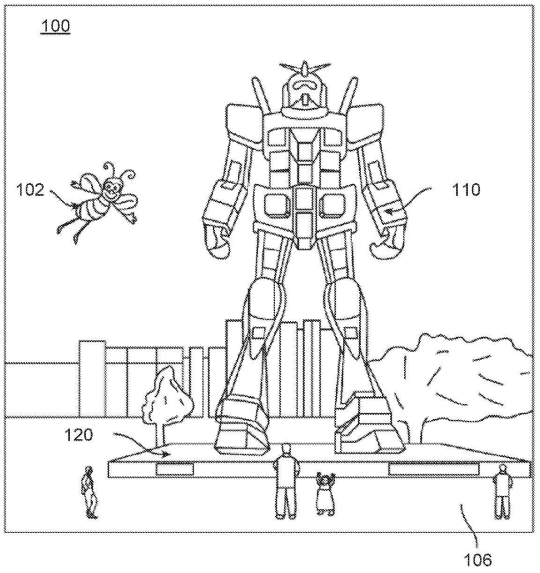


FIG. 1

【図２Ａ】

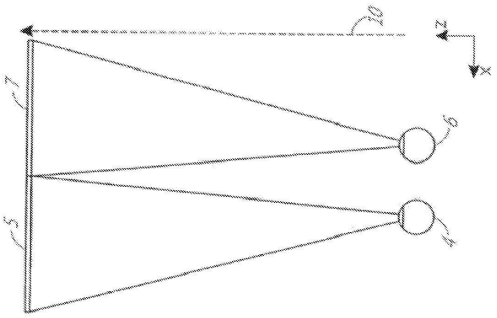


FIG. 2A

【図２Ｂ】

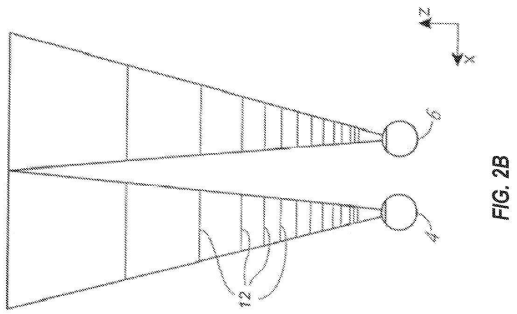


FIG. 2B

【図３Ａ】

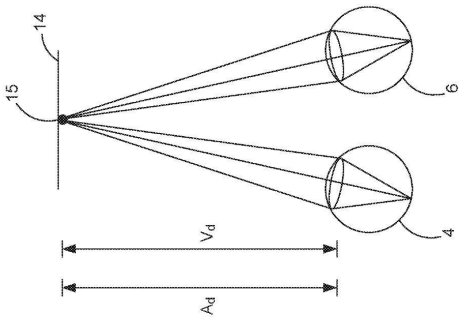


FIG. 3A

【図３Ｂ】

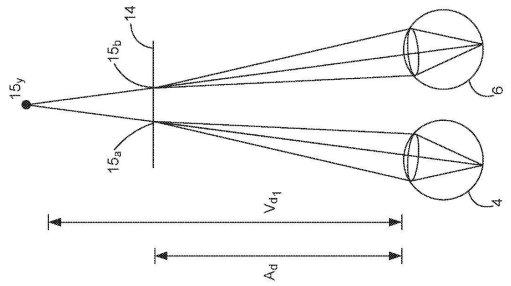


FIG. 3B

【図４】

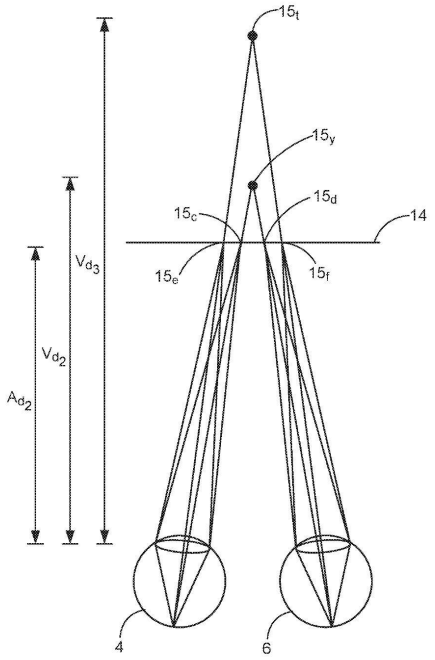


FIG. 4

【図５】

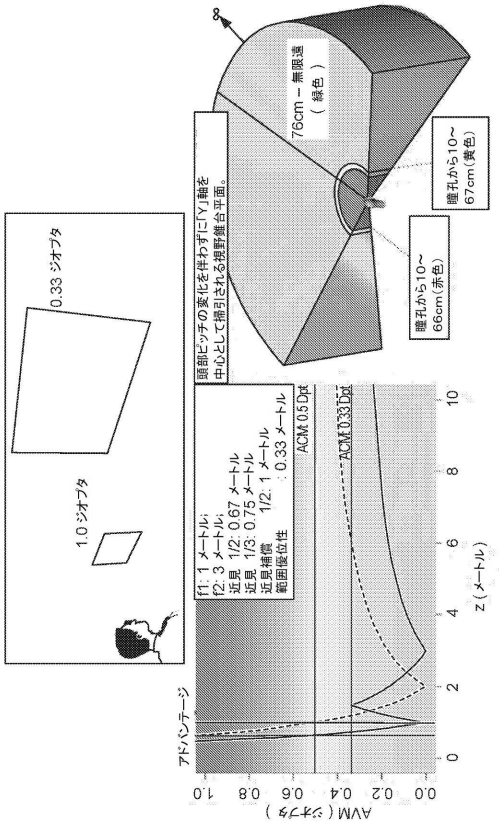


FIG. 5

【図６】

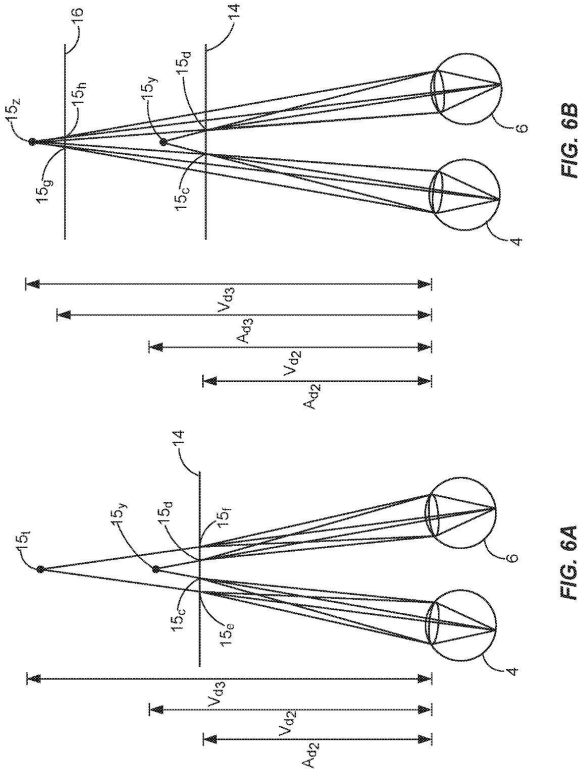


FIG. 6B

FIG. 6A

【図７】

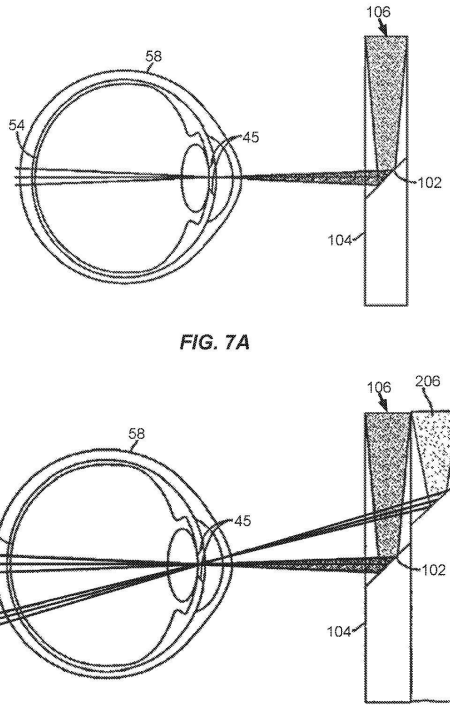


FIG. 7A

FIG. 7B

【図８】

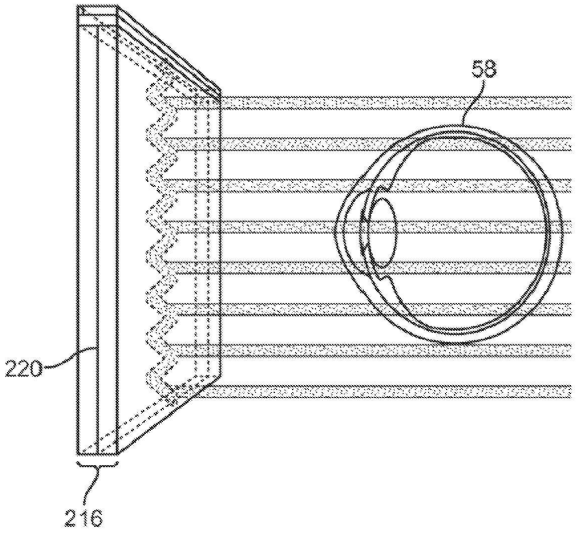


FIG. 8

【図９】

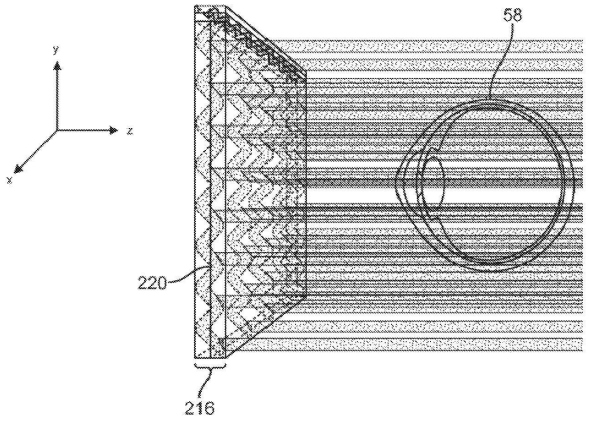


FIG. 9

【図１０】

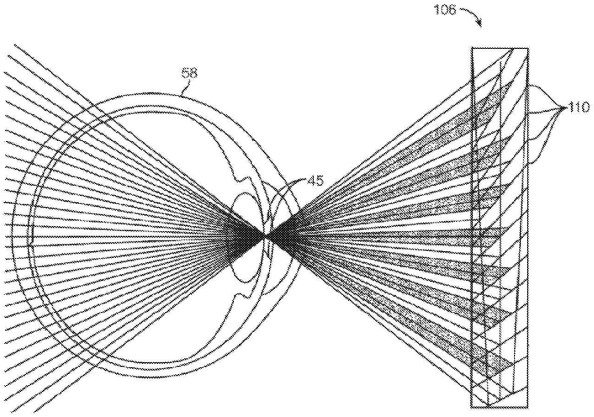


FIG. 10

【図１１】

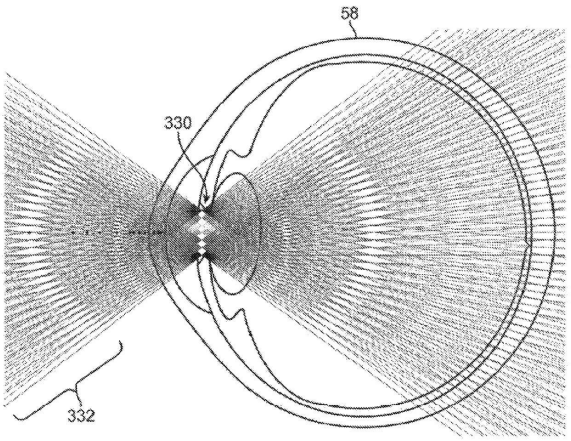


FIG. 11

【図１２】

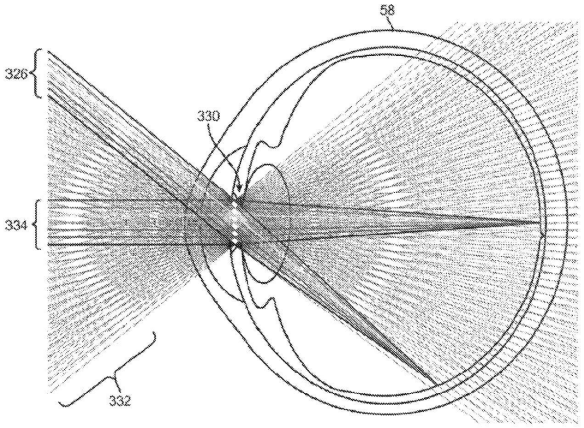


FIG. 12

【図１３】

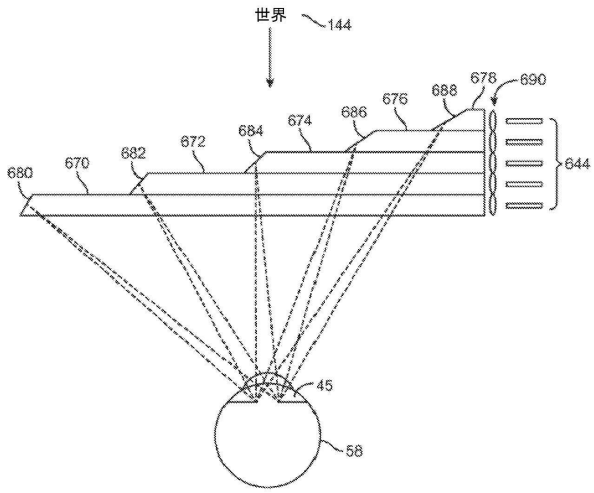


FIG. 13

【図１４】

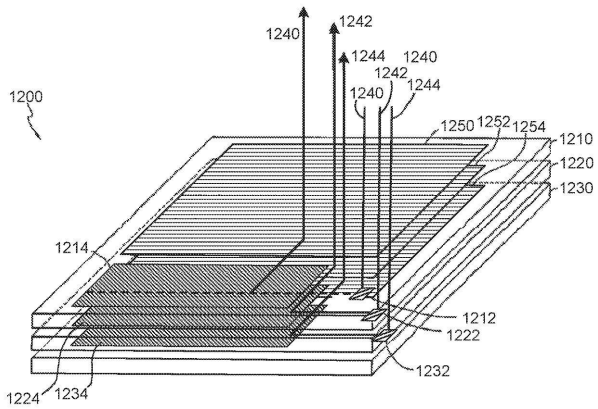


FIG. 14

【図１５】

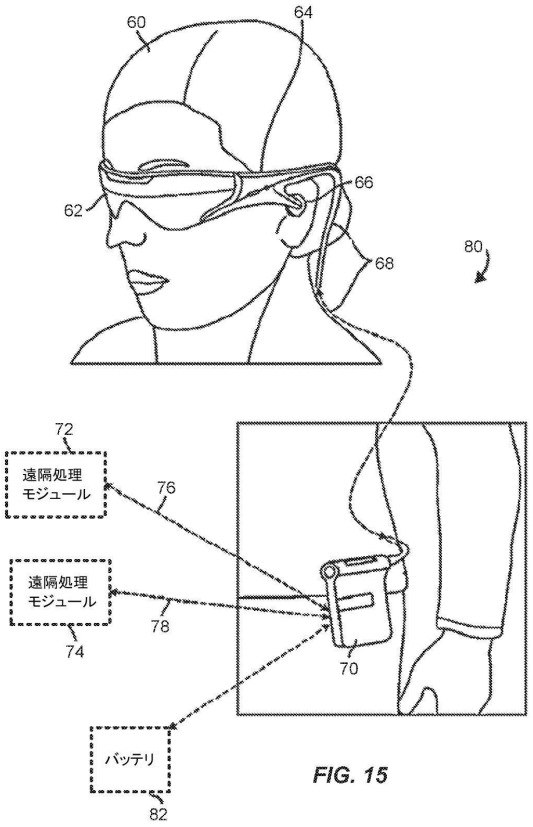


FIG. 15

【図１６Ａ】

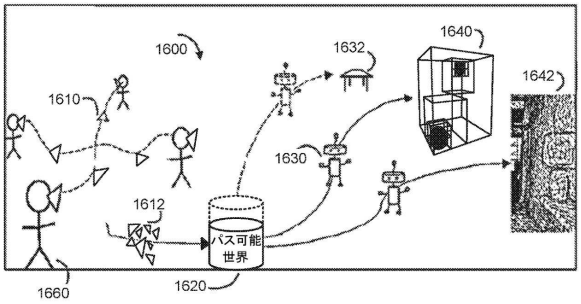


FIG. 16A

【図１６Ｂ】

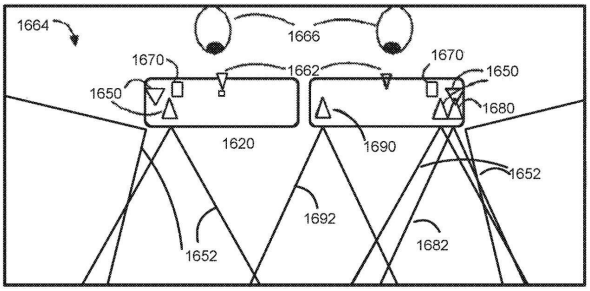


FIG. 16B

【図１７】

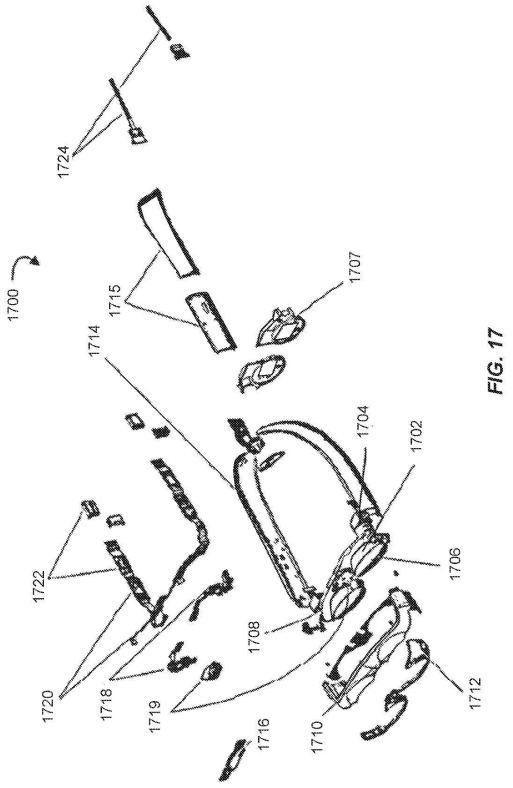


FIG. 17

【図１８】

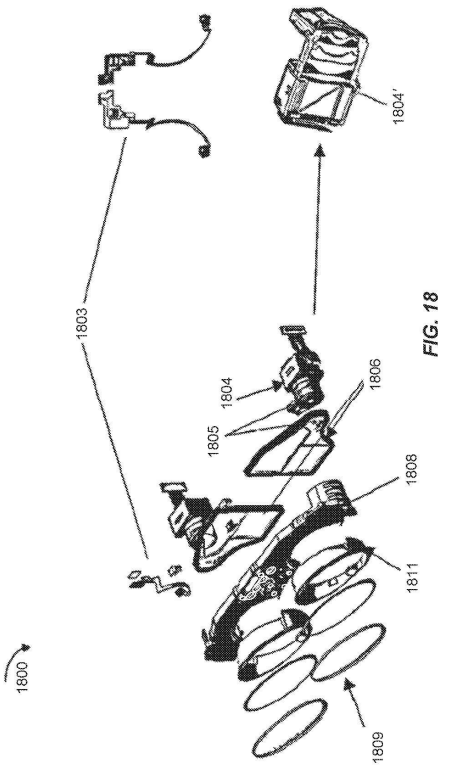


FIG. 18

【図１９】

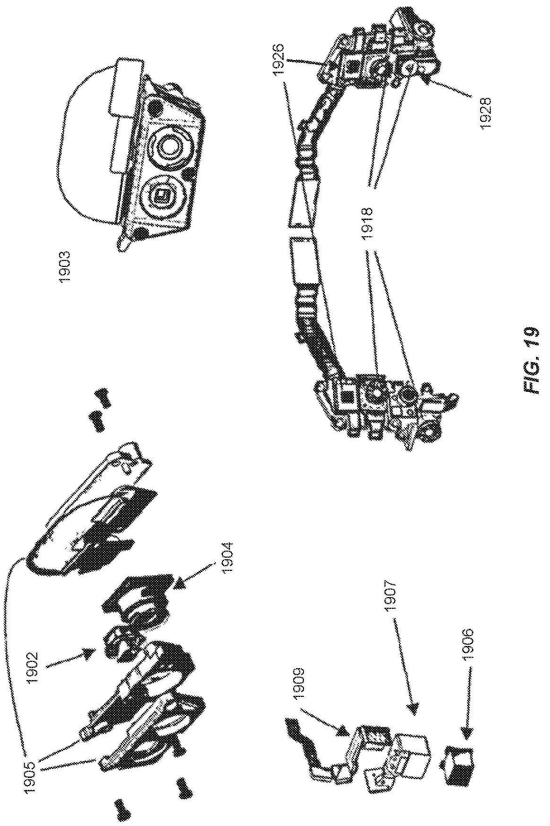


FIG. 19

【図２０】

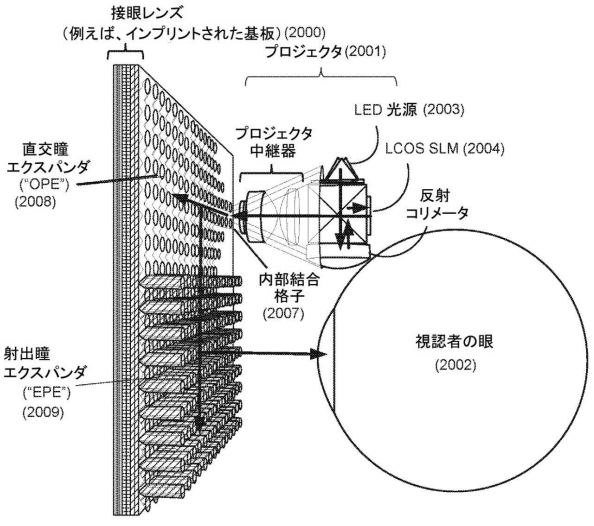


FIG. 20

【図２１】

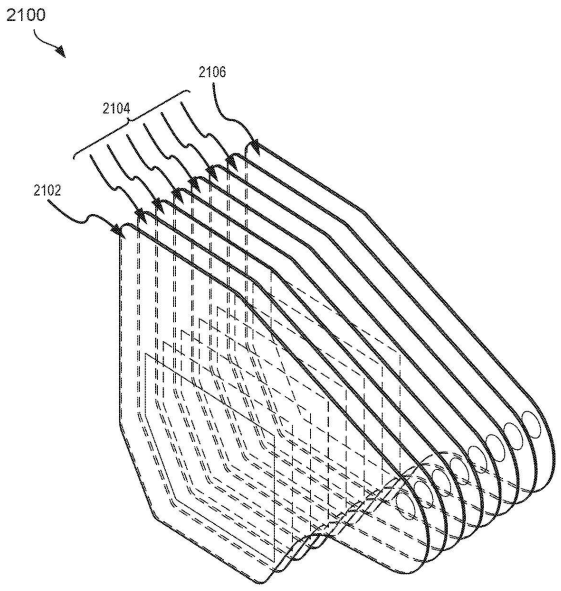


FIG. 21

【図２２】

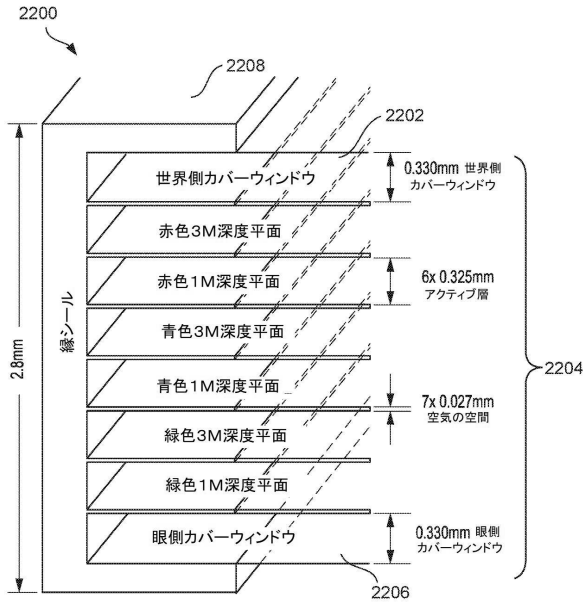


FIG. 22

【図２３】

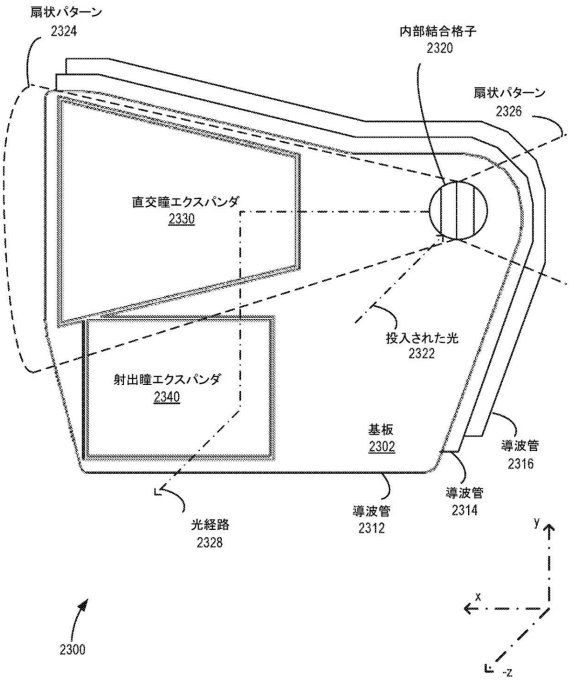


FIG. 23

【図２４】

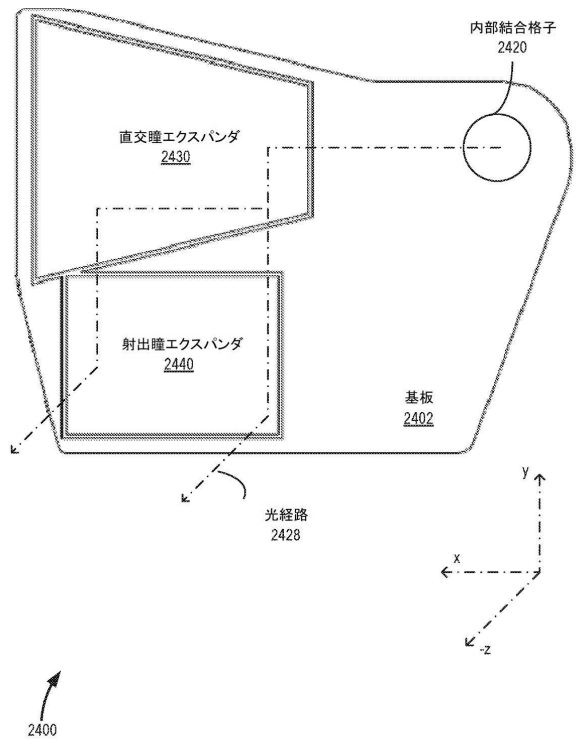


FIG. 24

【図２５】

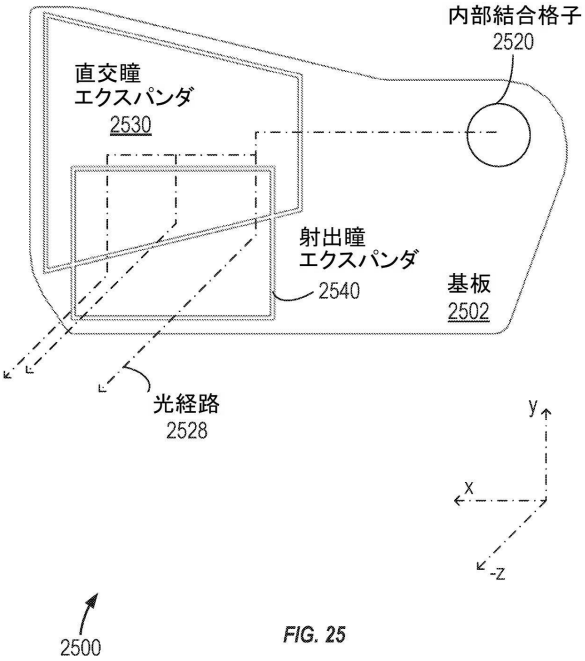


FIG. 25

【図２６】

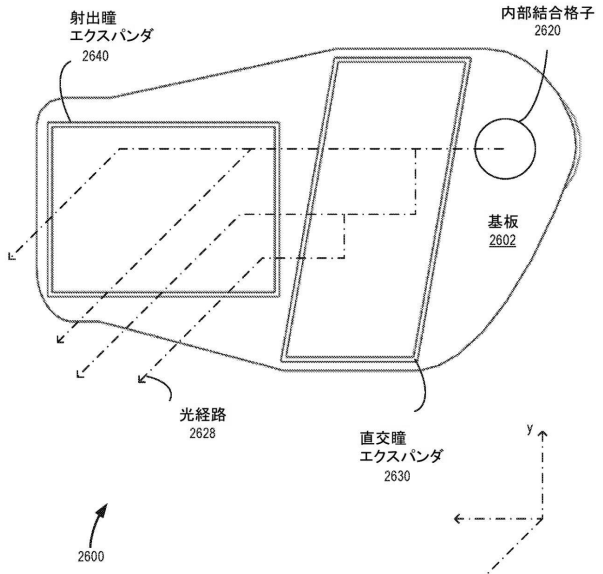


FIG. 26

【図２７】

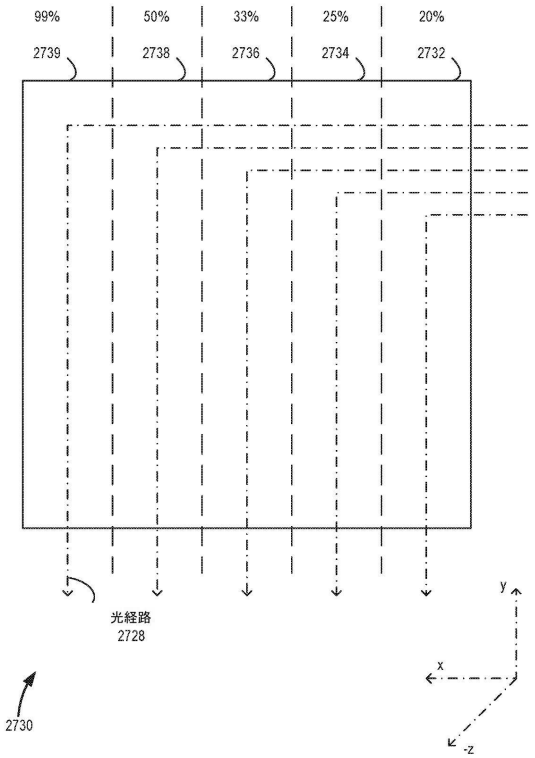


FIG. 27

【図２８】

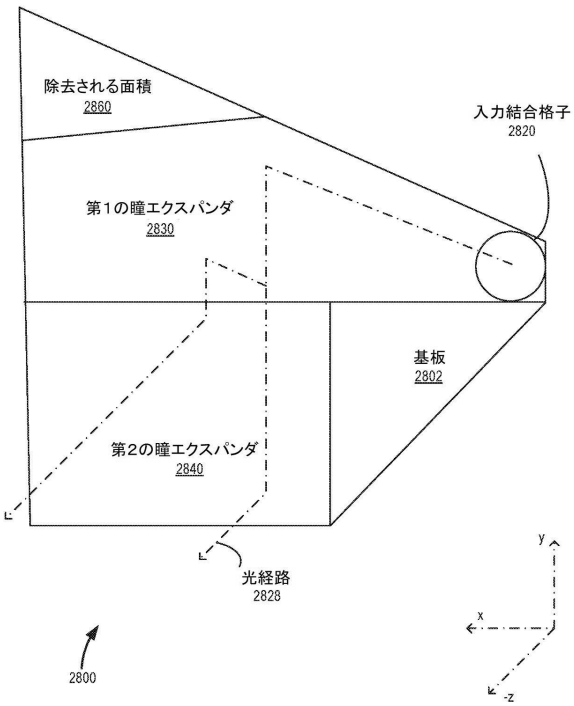


FIG. 28

【図２９】

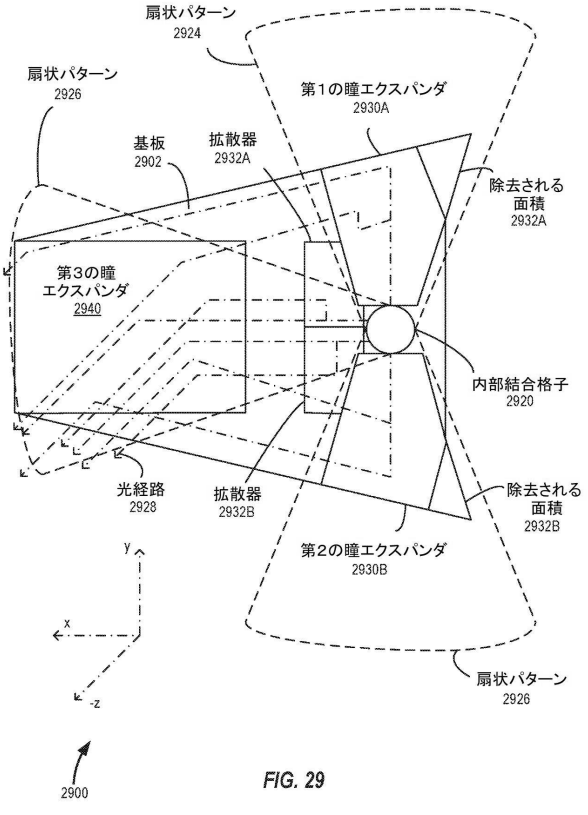


FIG. 29

【図３０Ａ】

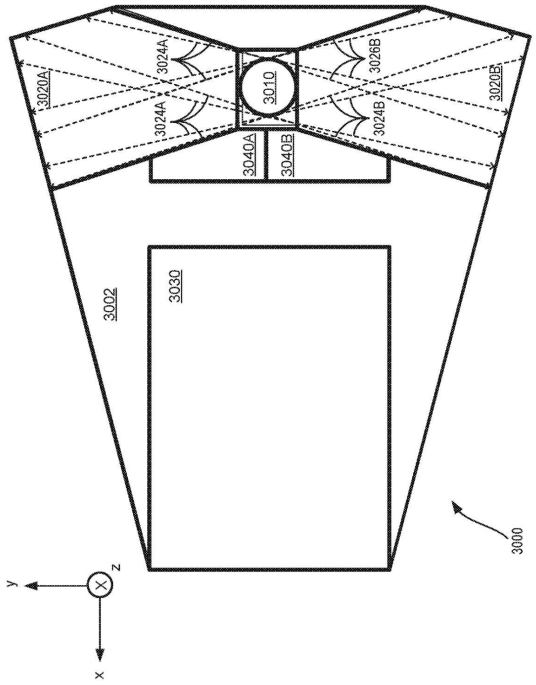


FIG. 30A

【図３０Ｂ】

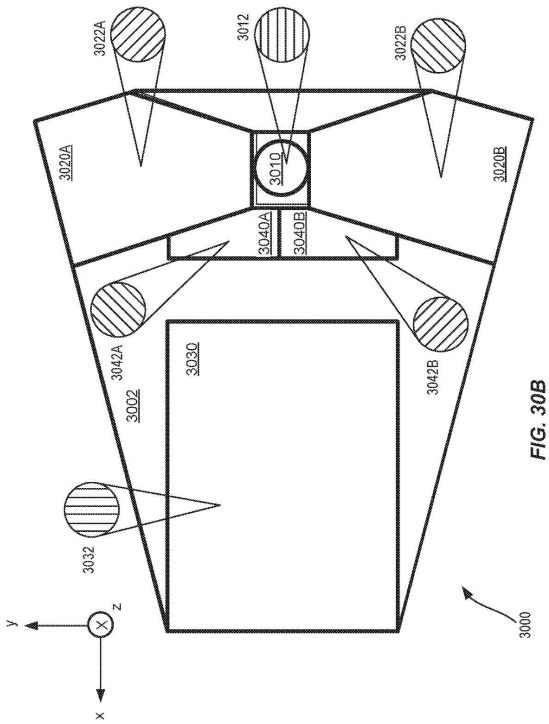


FIG. 30B

【図３０Ｃ】

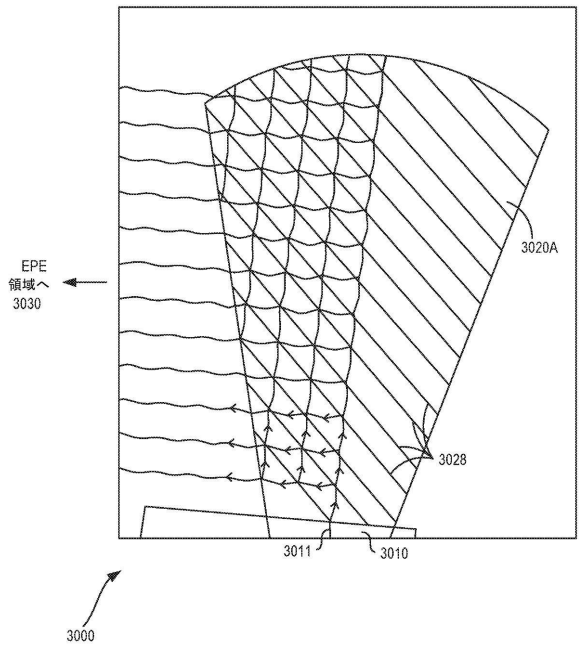


FIG. 30C

【図３１Ａ】

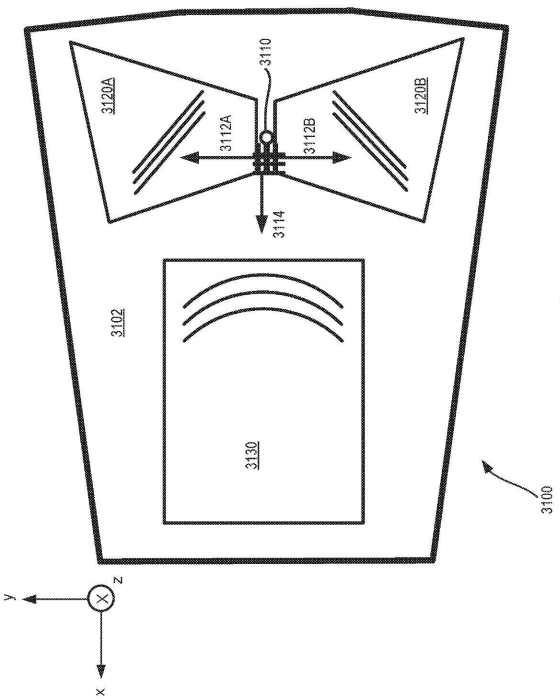


FIG. 31A

【図３１Ｂ】

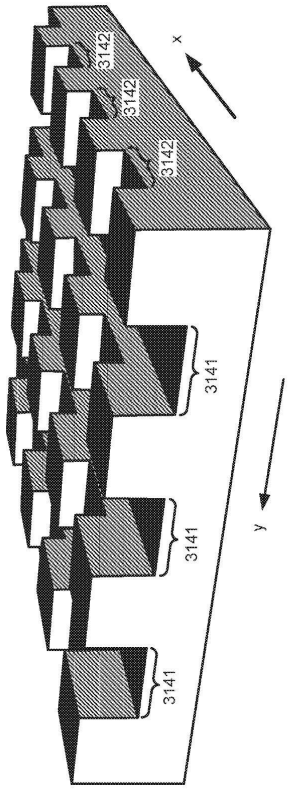


FIG. 31B

【図３２Ａ】

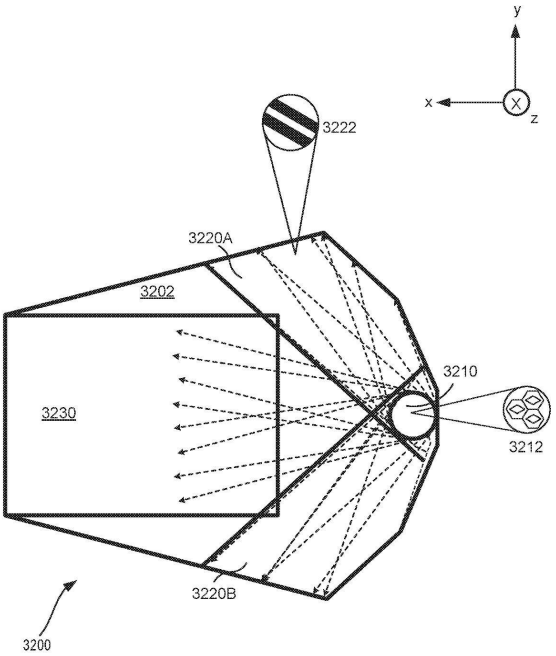
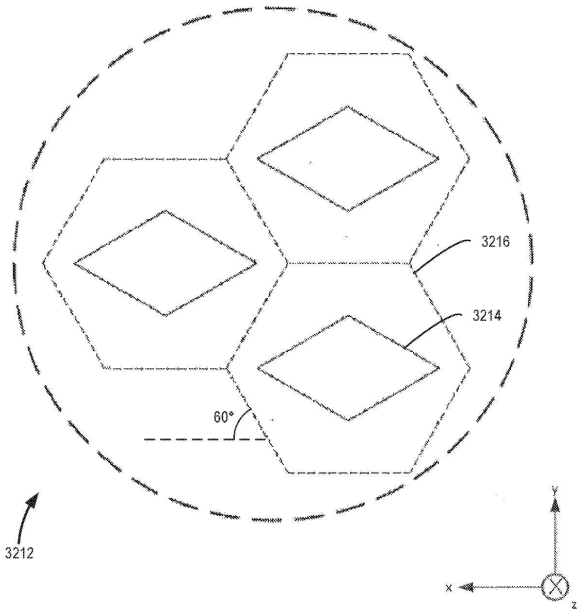


FIG. 32A

【図３２Ｂ】



【図３２Ｃ】

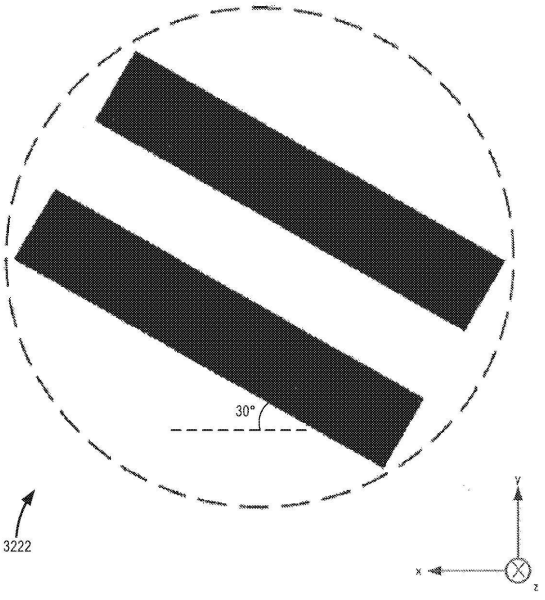


FIG. 32B

FIG. 32C

【図３３Ａ】

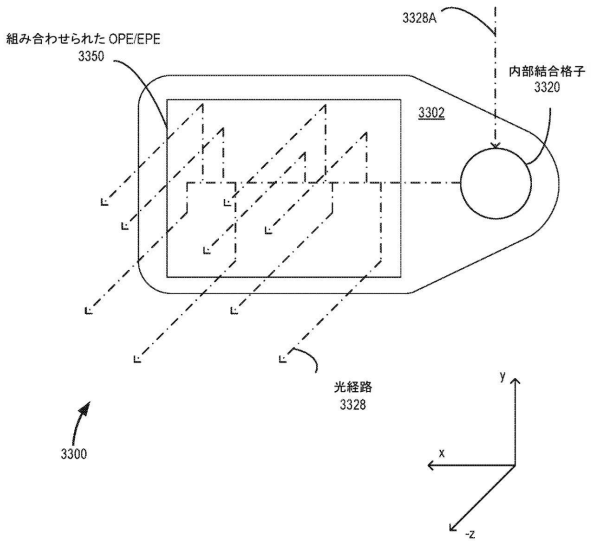


FIG. 33A

【図３３Ｂ】

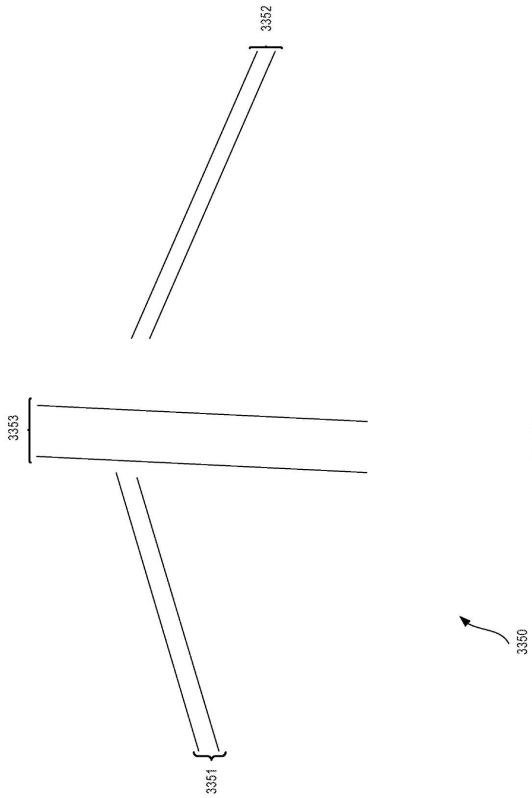


FIG. 33B

【図３３Ｃ】

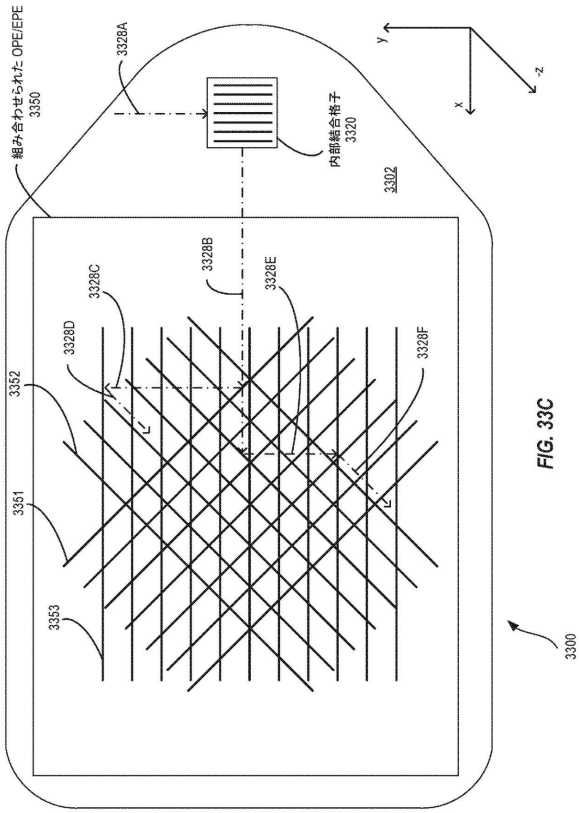


FIG. 33C

【図３３Ｄ】

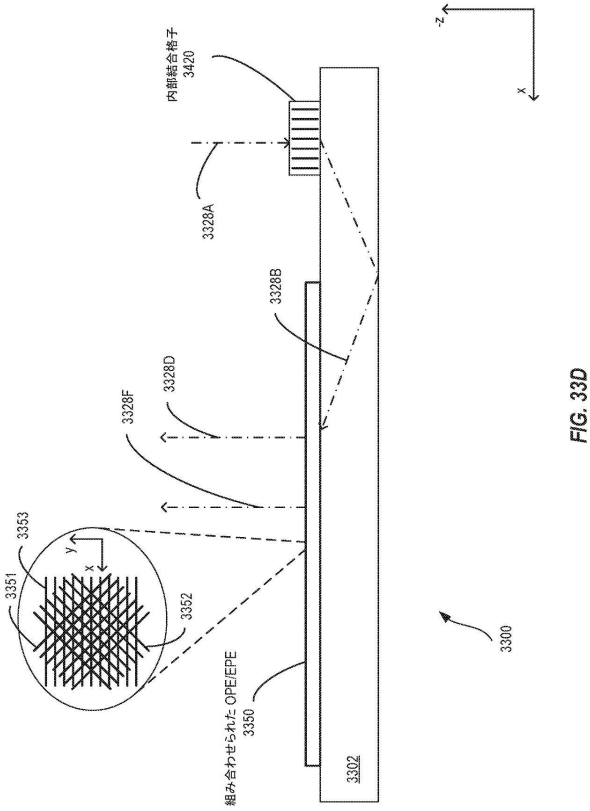


FIG. 33D

【図３４Ａ】

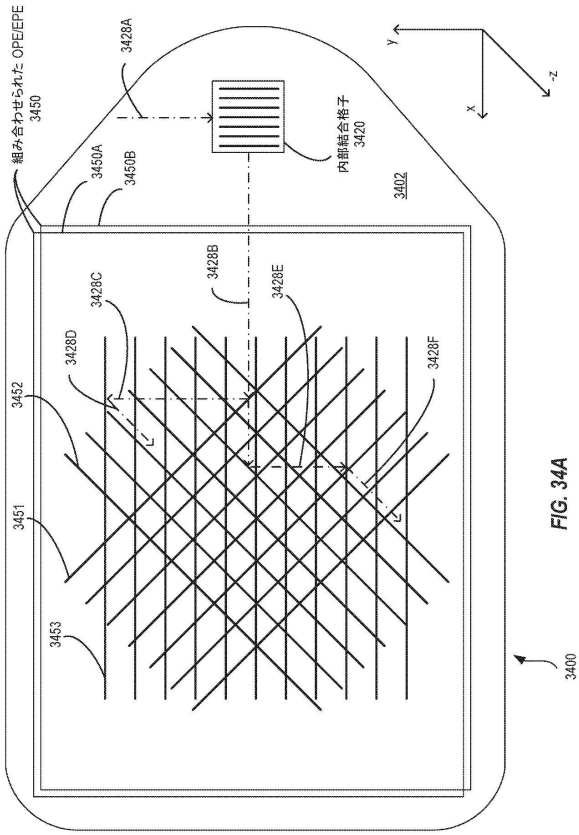


FIG. 34A

【図３４Ｂ】

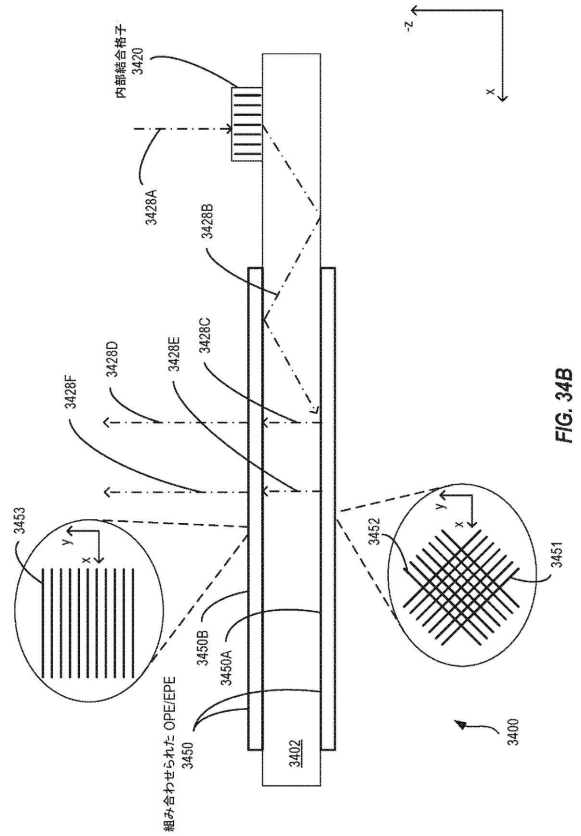


FIG. 34B

【図３５Ａ】

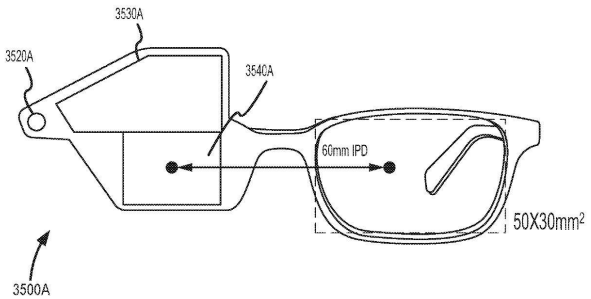


FIG. 35A

【図３５Ｂ】

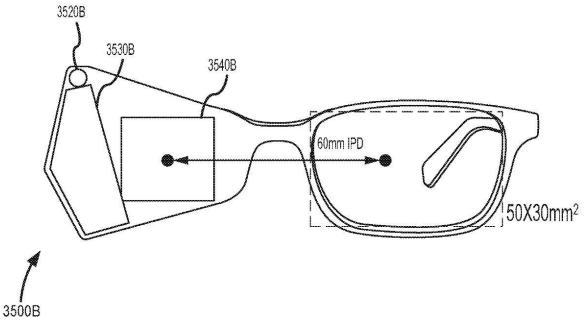


FIG. 35B

【図３５Ｃ】

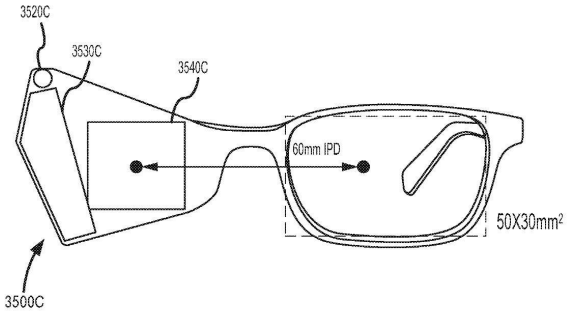


FIG. 35C

【図３５Ｄ】

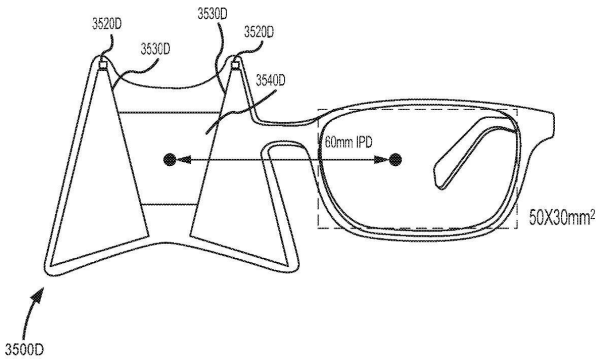


FIG. 35D

【図３５Ｅ】

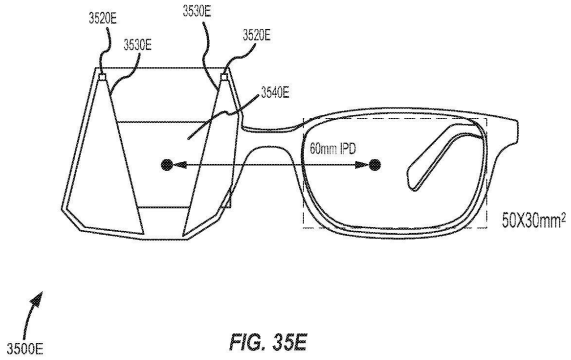


FIG. 35E

【図３５Ｆ】

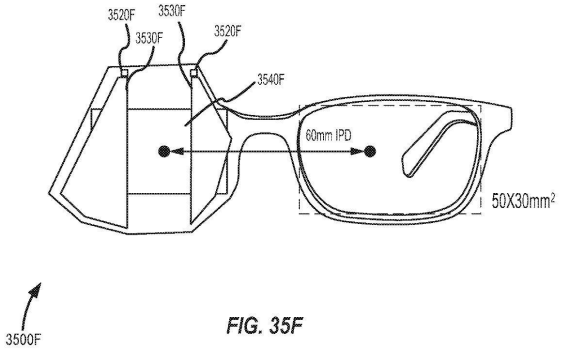


FIG. 35F

【図３５Ｇ】

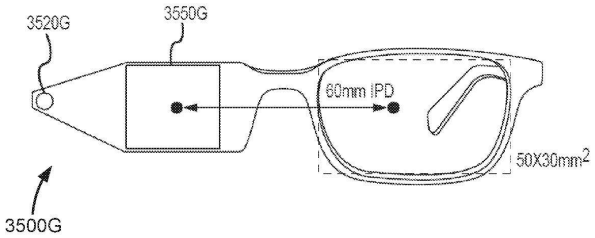


FIG. 35G

【図３５Ｈ】

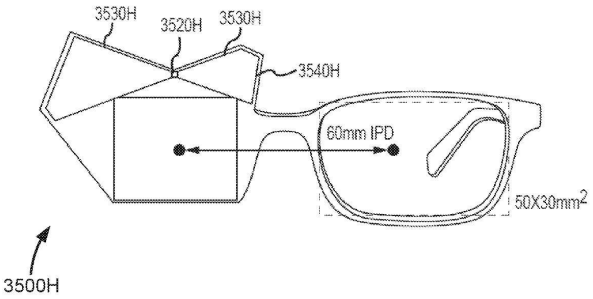


FIG. 35H

【図３５Ｉ】

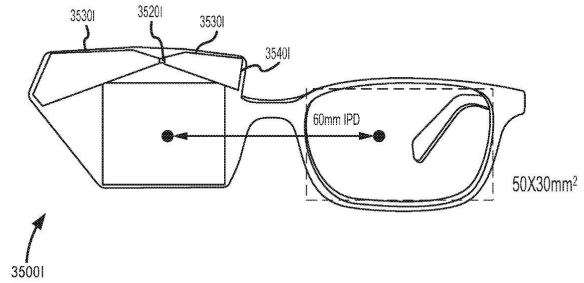


FIG. 35I

【図３５Ｊ】

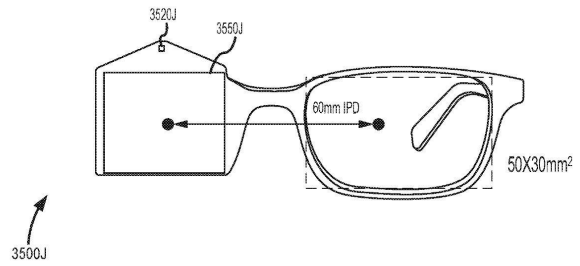


FIG. 35J

【図３６－１】

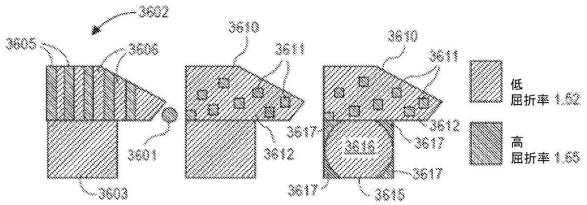


FIG. 36A FIG. 36B FIG. 36C

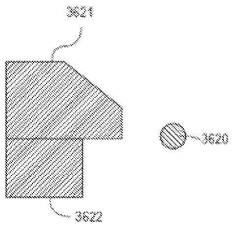


FIG. 36D

【図３６－２】

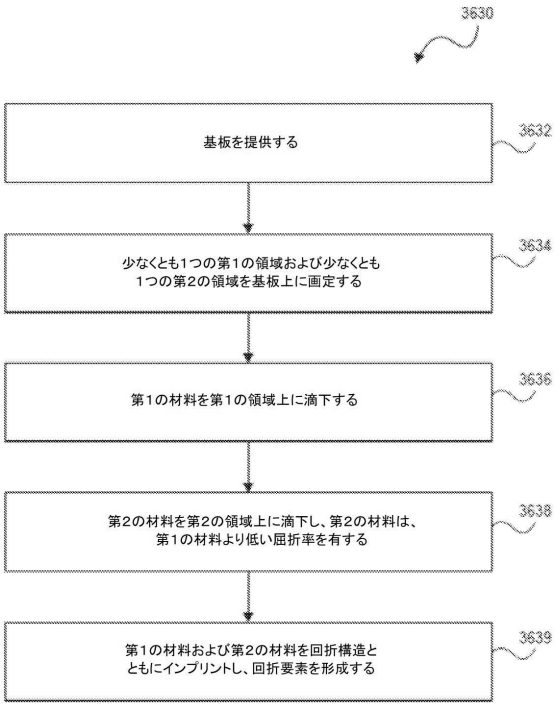


FIG. 36E

【図３６－３】

FIG. 36H

FIG. 36F FIG. 36G

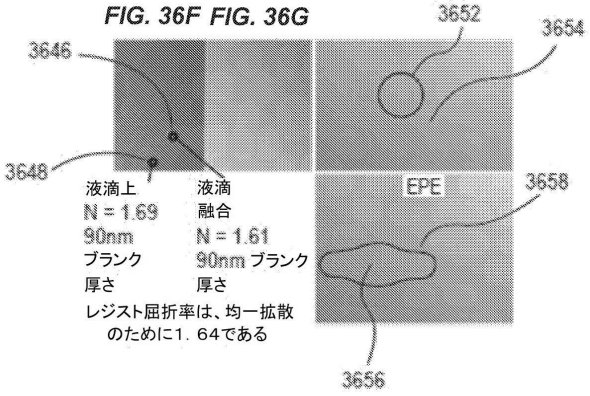


FIG. 36I

【図３６－４】

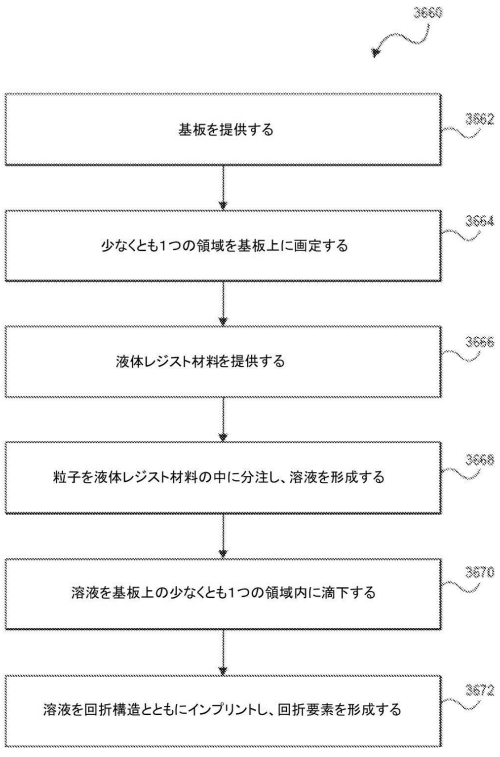


FIG. 36J

【図３６－５】

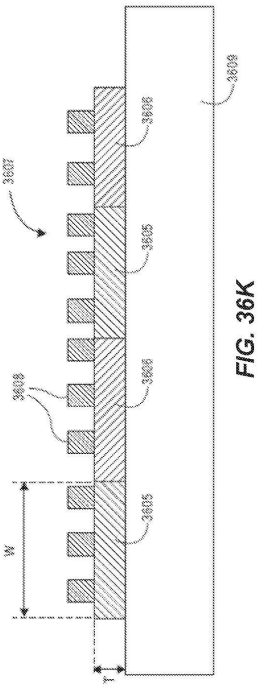


FIG. 36K

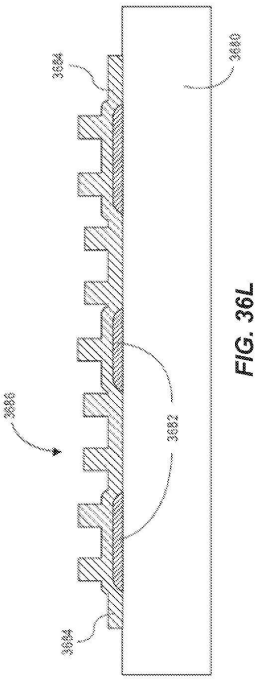


FIG. 36L

【図３７】

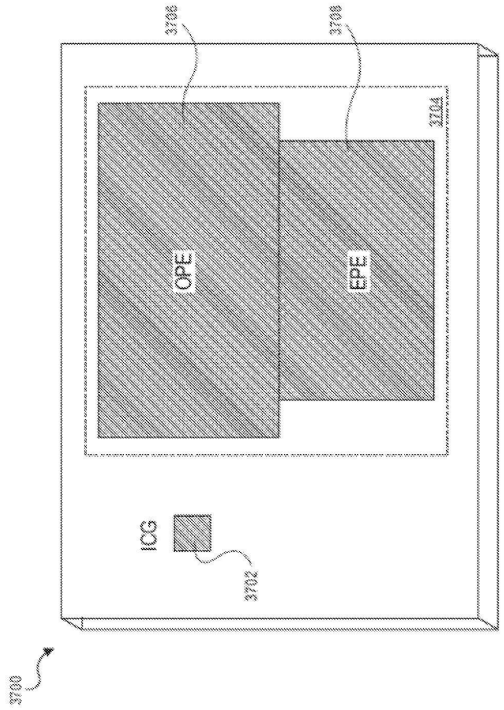


FIG. 37

【図３８】

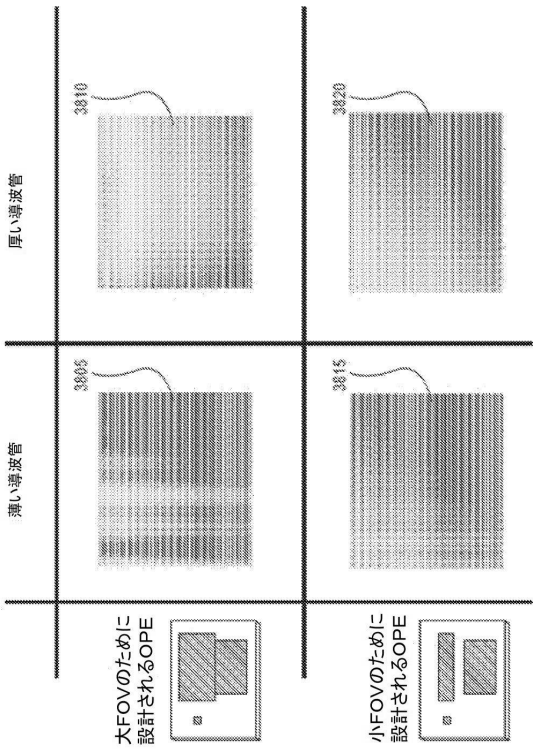


FIG. 38

【図３９Ａ】

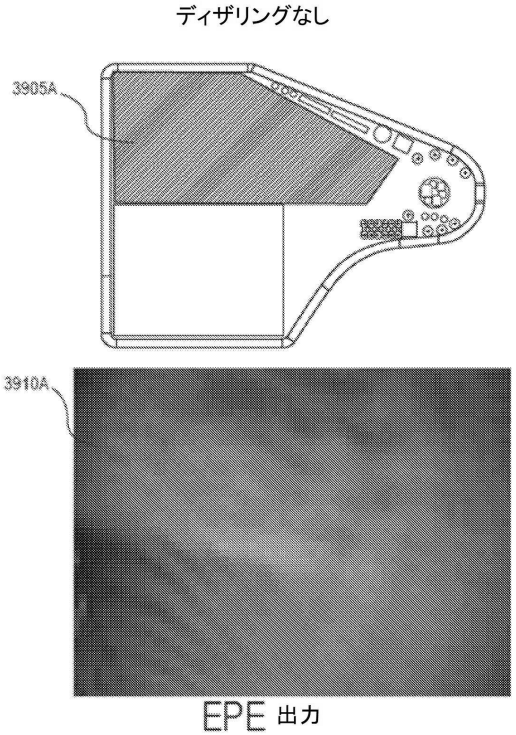


FIG. 39A

【図３９Ｂ】

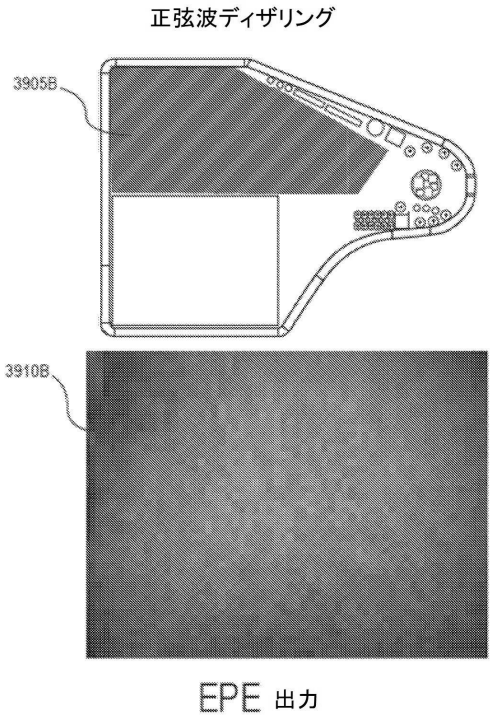


FIG. 39B

【図３９Ｃ】

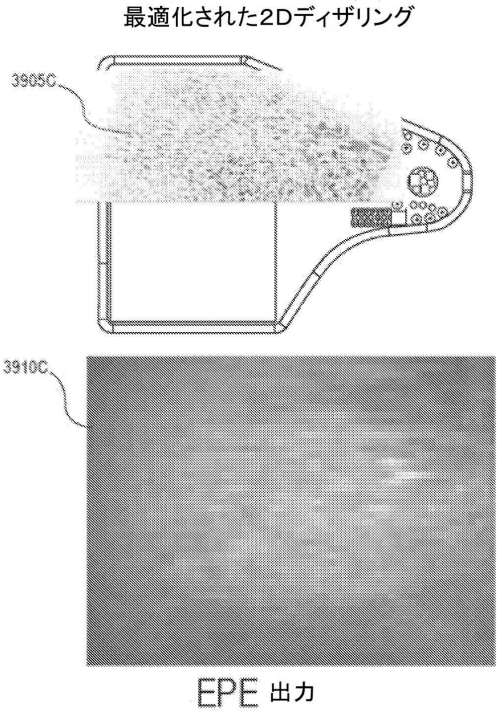


FIG. 39C

【図３９Ｄ】

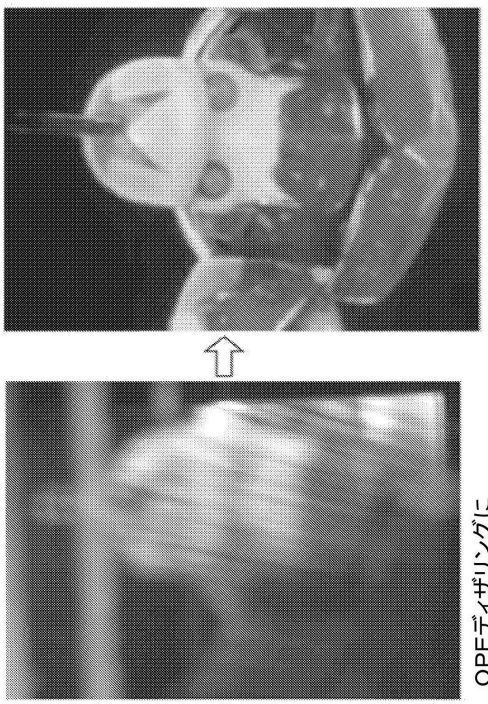


FIG. 39D

【図４０Ａ】

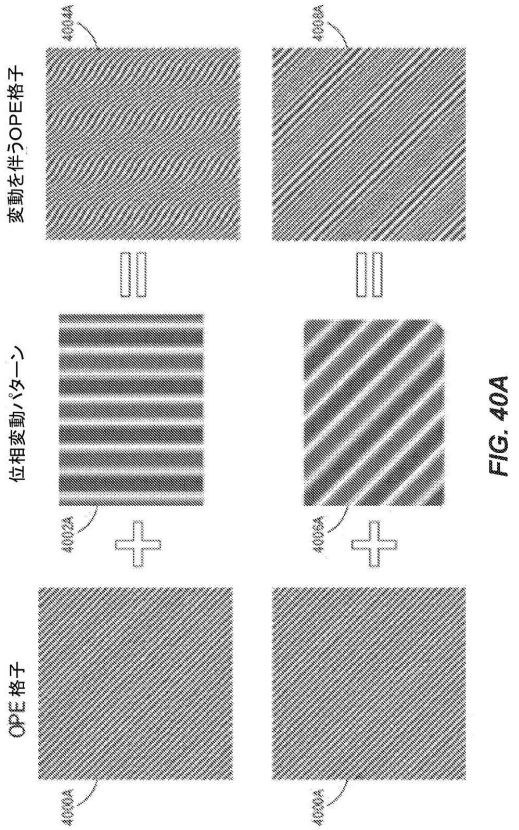


FIG. 40A

【図４０Ｂ】

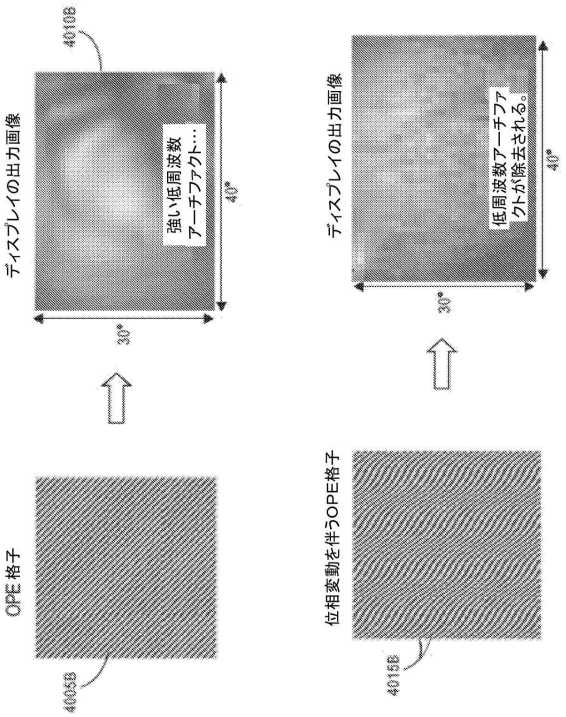


FIG. 40B

【図４０Ｃ】

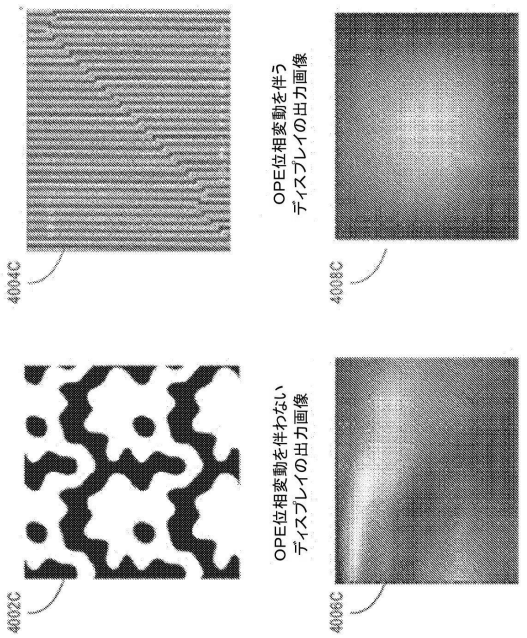


FIG. 40C

【図４１Ａ】

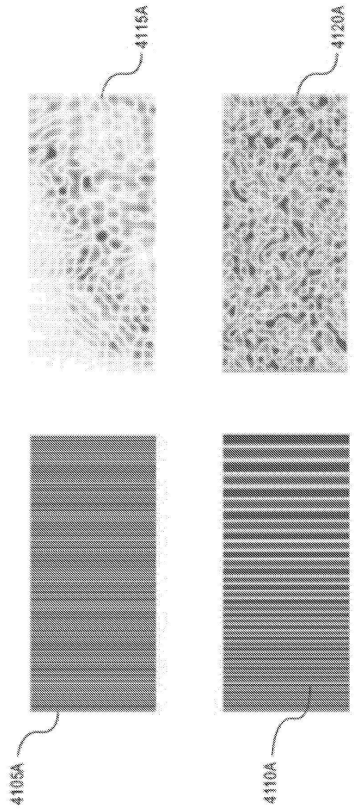


FIG. 41A

【図４１Ｂ】

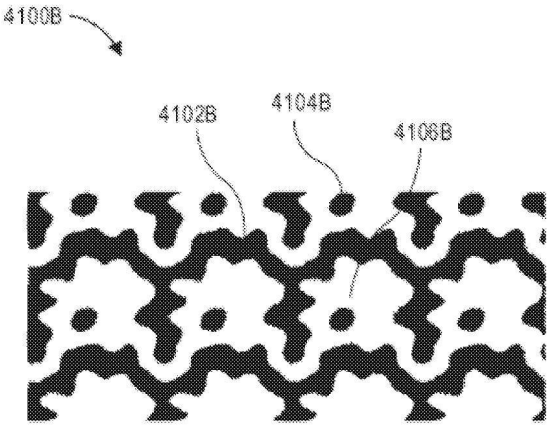


FIG. 41B

【図４１Ｃ】

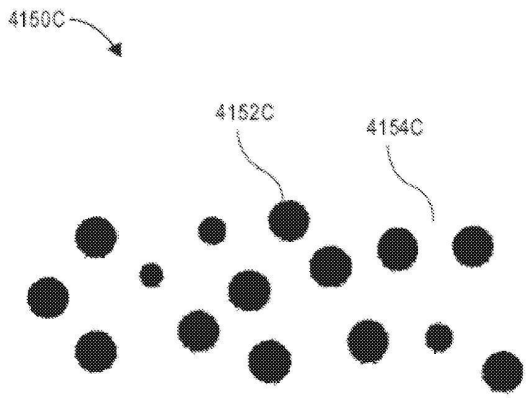


FIG. 41C

【図４２Ａ】

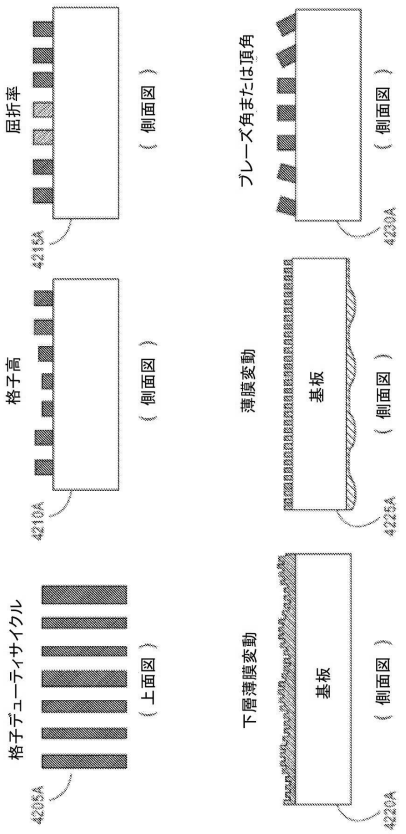


FIG. 42A

【図４２Ｂ】

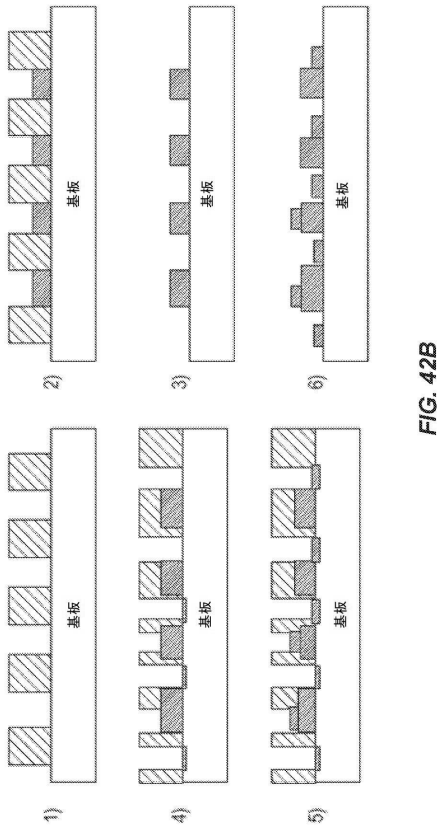


FIG. 42B

【図４２Ｃ】

FIG. 42C

【図４２Ｄ】

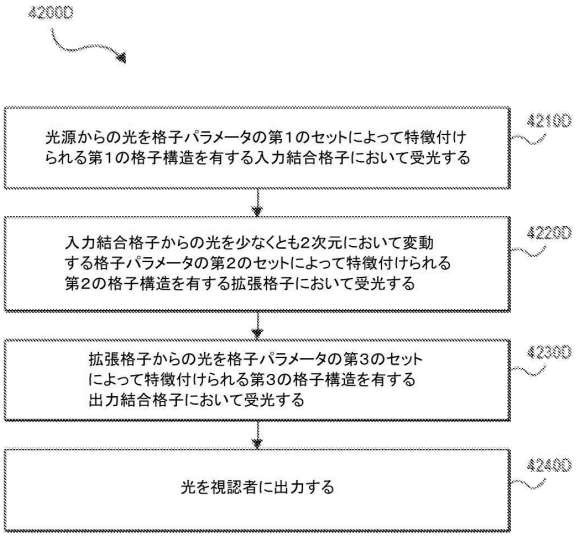


FIG. 42D

【図４３】

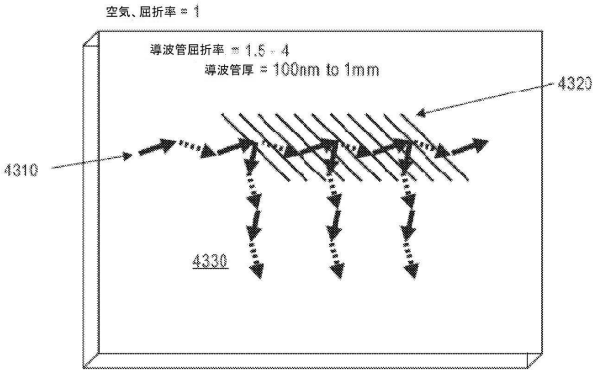


FIG. 43

【図４４Ａ】

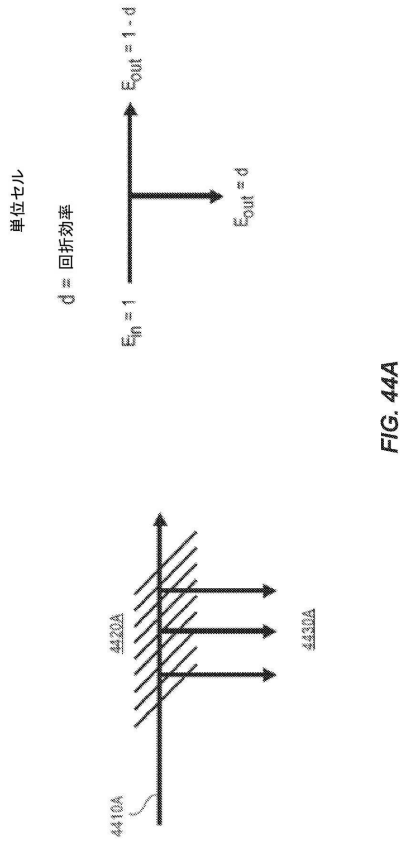


FIG. 44A

【図４４Ｂ】

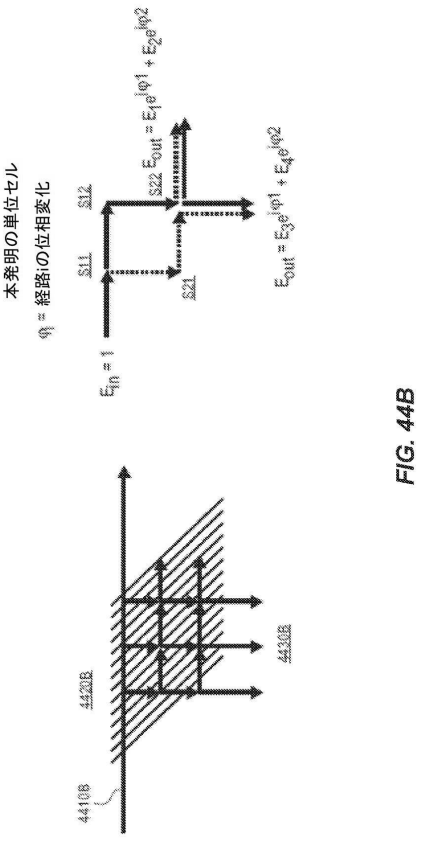


FIG. 44B

【図４５Ａ】

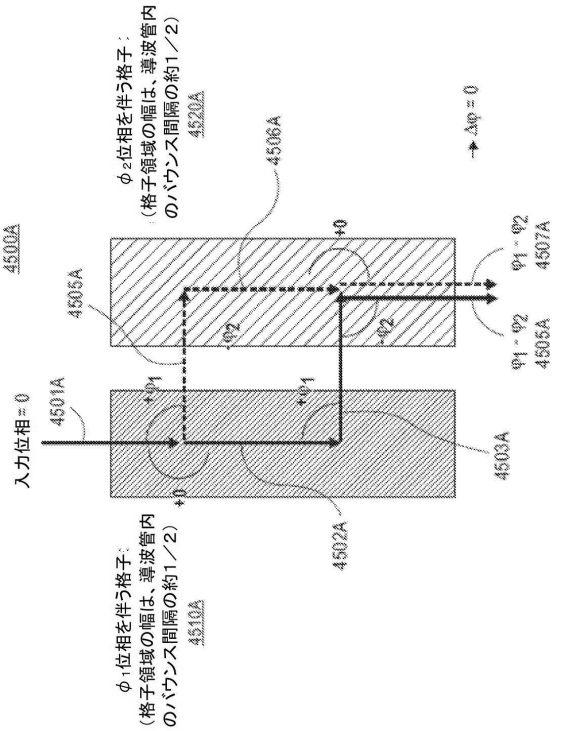


FIG. 45A

【図４５Ｂ】

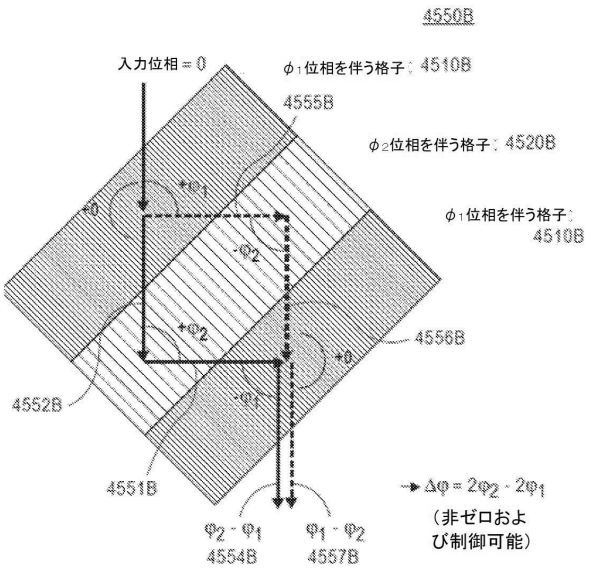


FIG. 45B

【図４６】

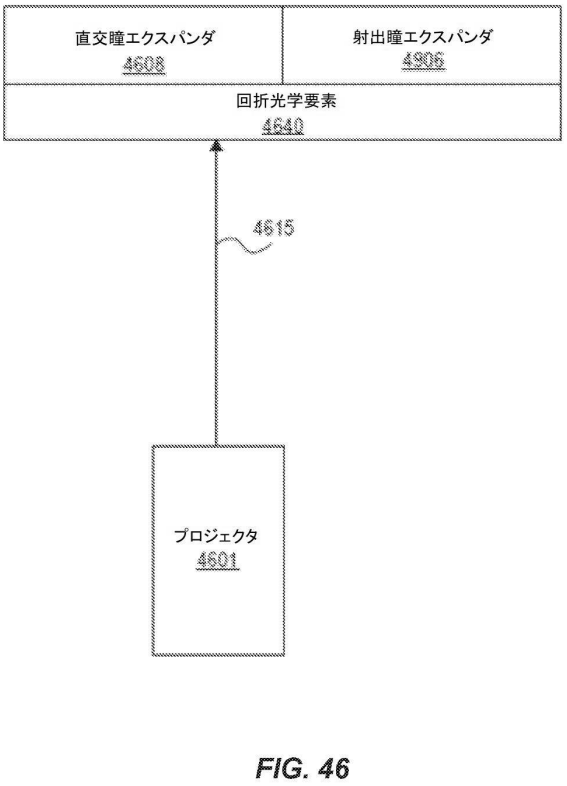


FIG. 46

【図４７Ａ】

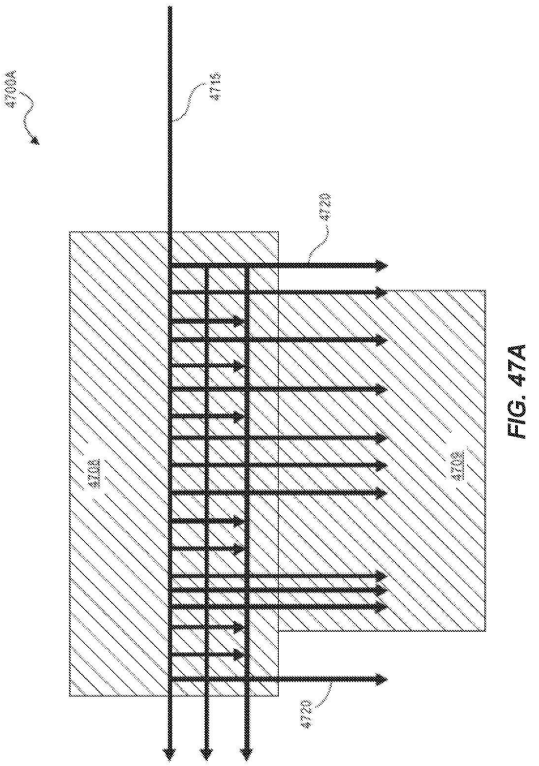


FIG. 47A

【図４７Ｂ】

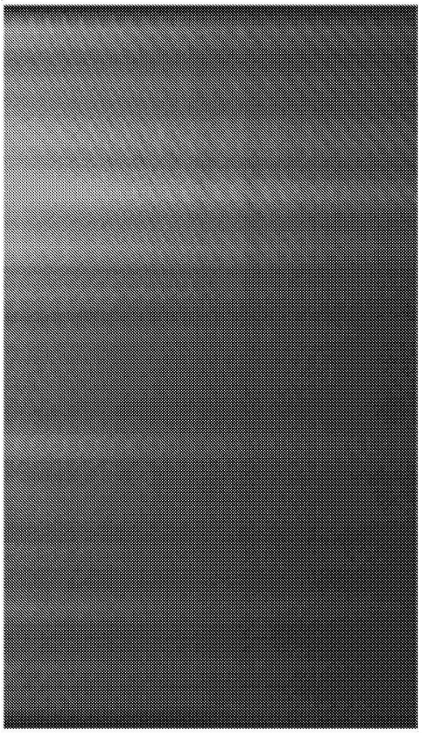


FIG. 47B

【図４８Ａ】

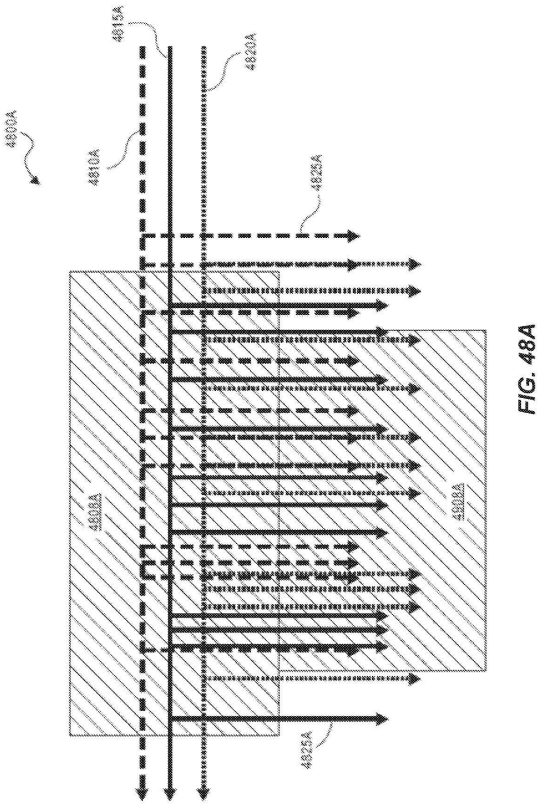


FIG. 48A

【図４８Ｂ】

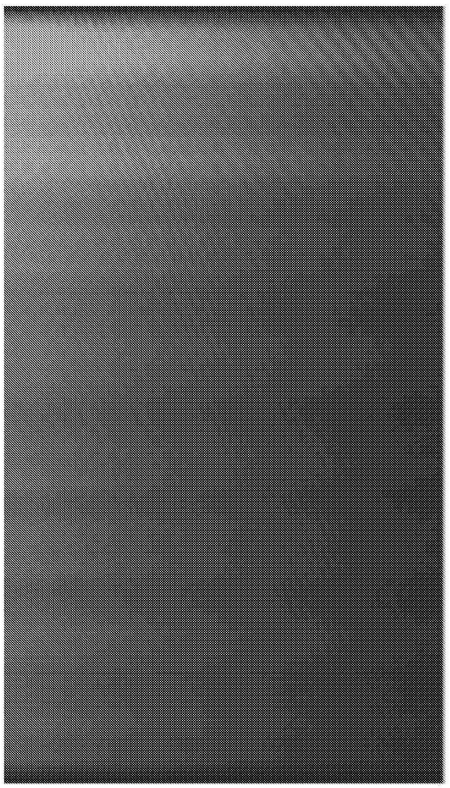


FIG. 48B

【図４８Ｃ】

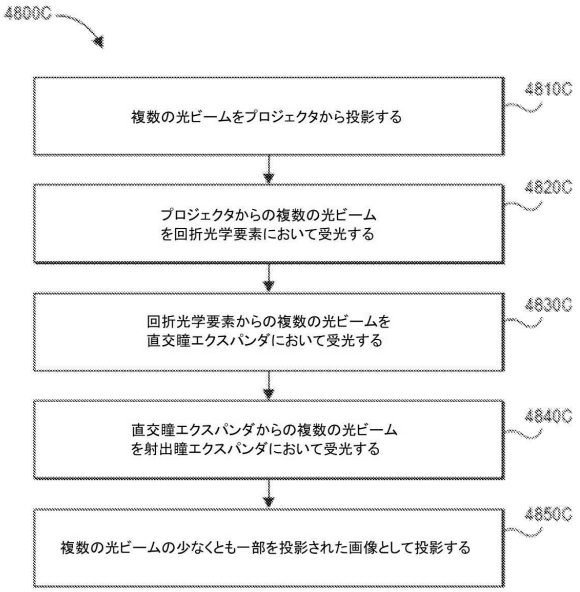


FIG. 48C

【図４９Ａ】

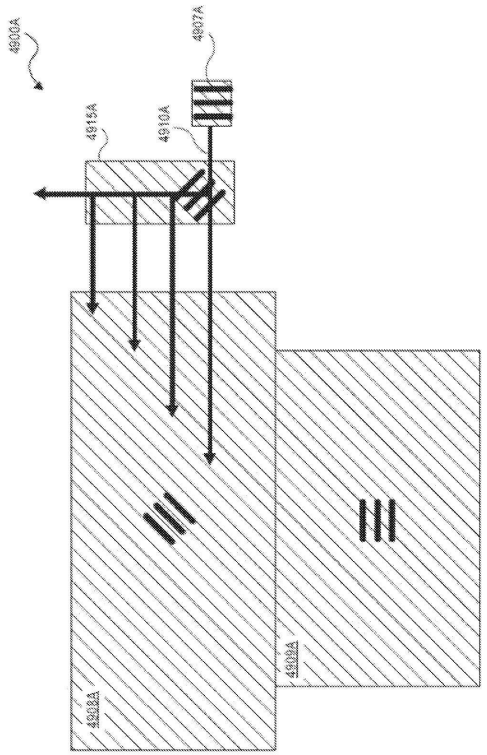


FIG. 49A

【図４９Ｂ】

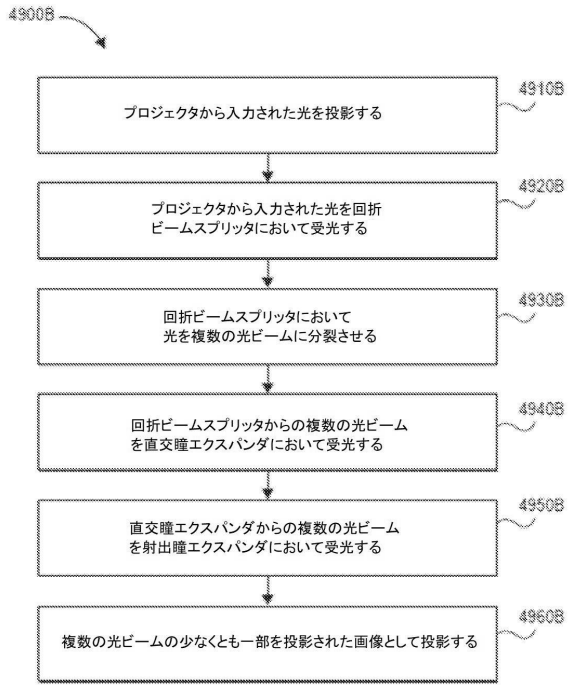


FIG. 49B

【図５０Ａ】

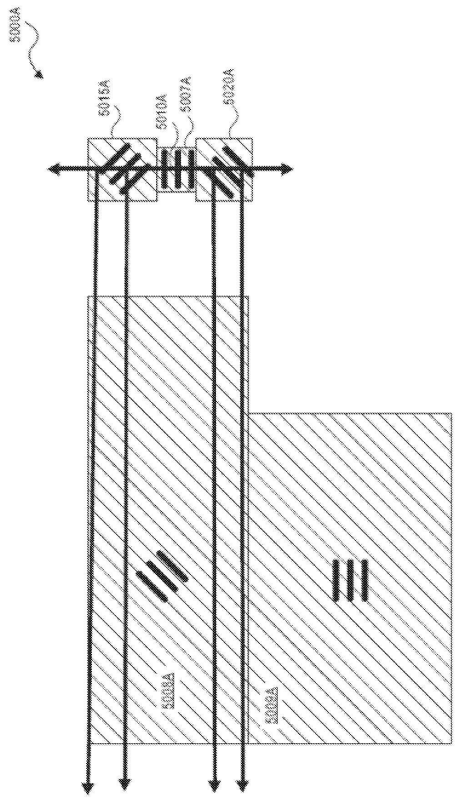


FIG. 50A

【図５０Ｂ】

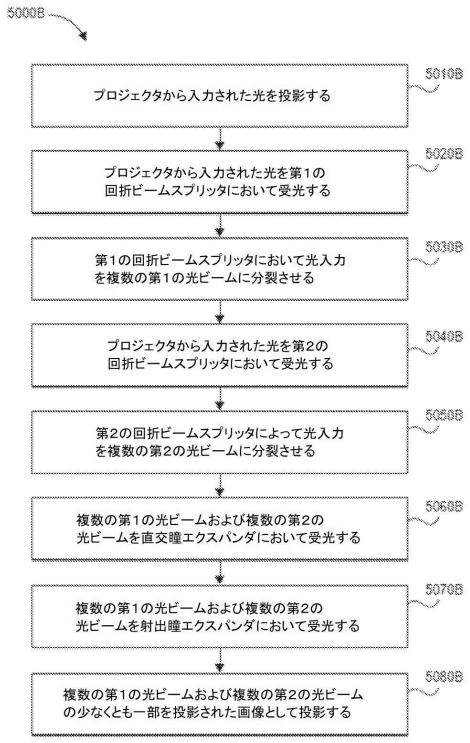


FIG. 50B

【図５１Ａ】

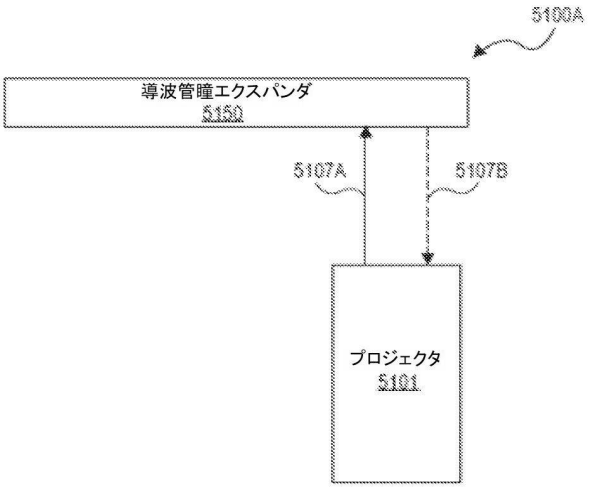


FIG. 51A

【図５１Ｂ】

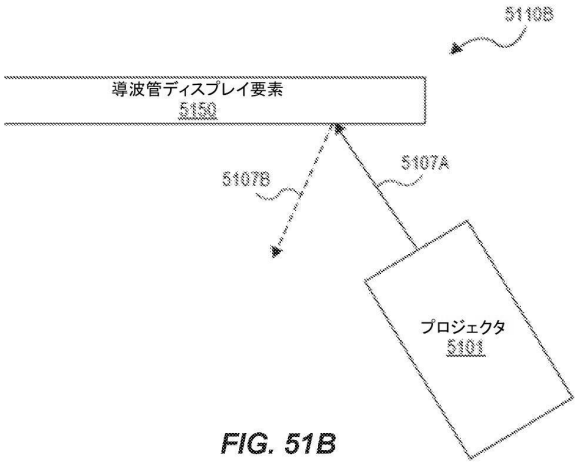


FIG. 51B

【図５２】

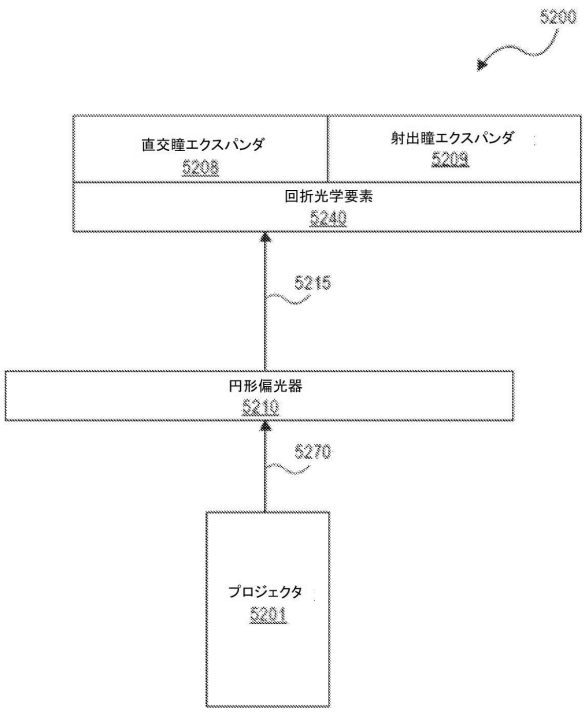


FIG. 52

【図５３Ａ】

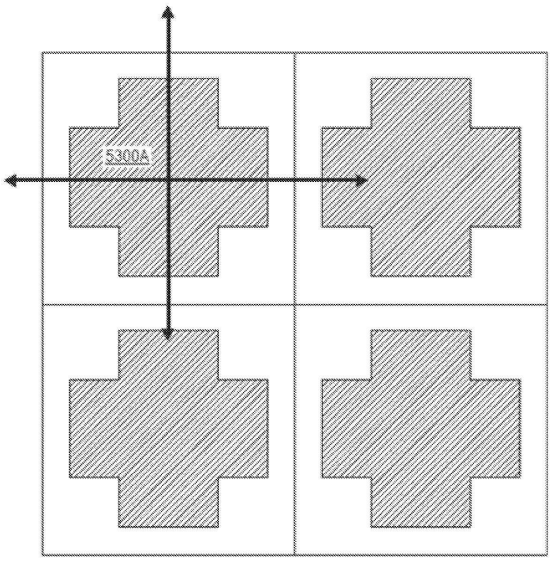


FIG. 53A

【図５３Ｂ】

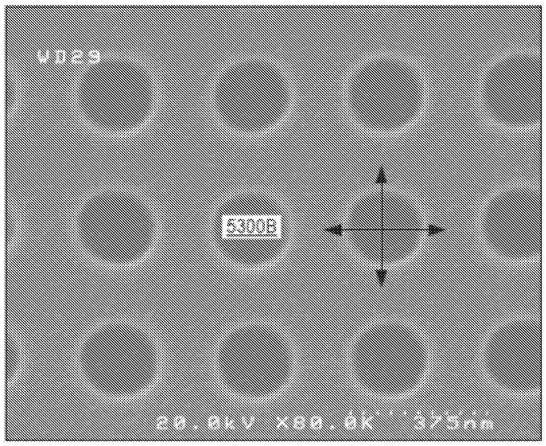


FIG. 53B

【図５４Ａ】

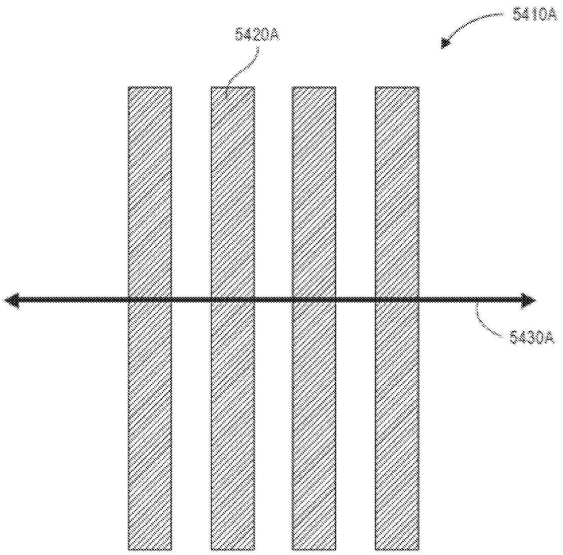


FIG. 54A

【図５４Ｂ】

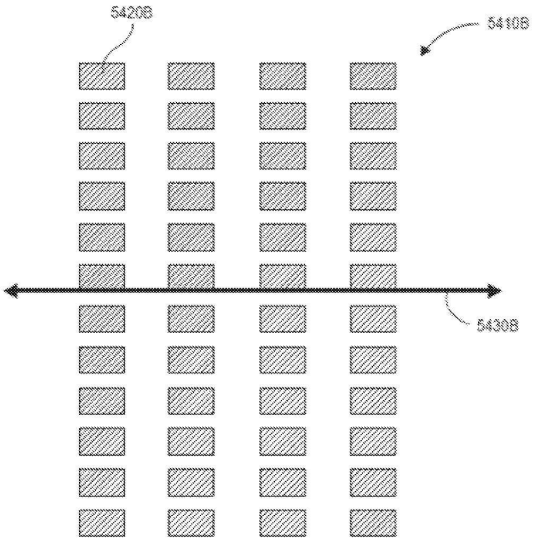


FIG. 54B

【図５５】

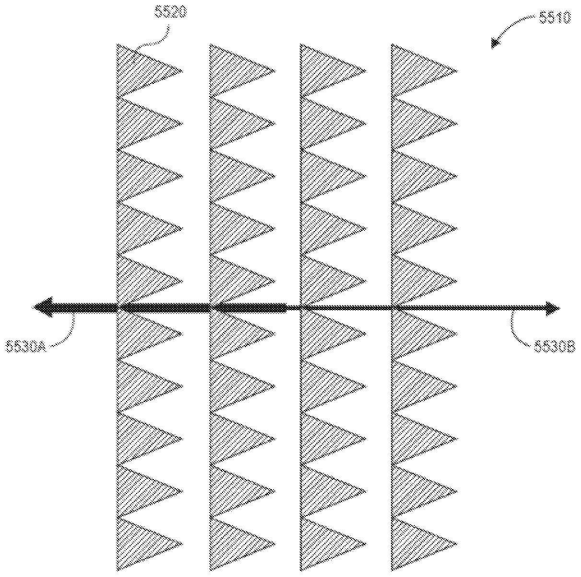


FIG. 55

【図５６】

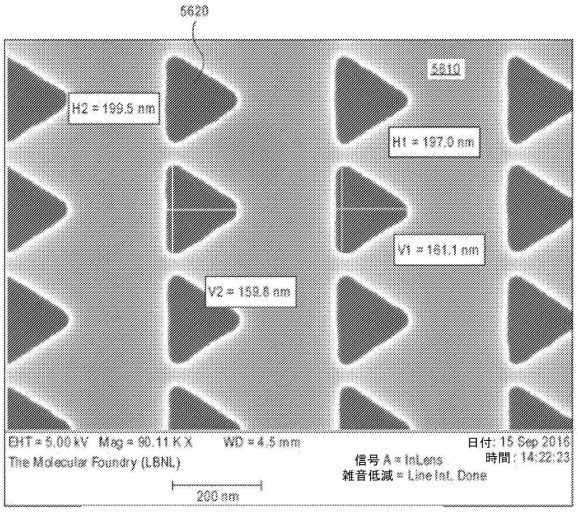


FIG. 56

【図５７】

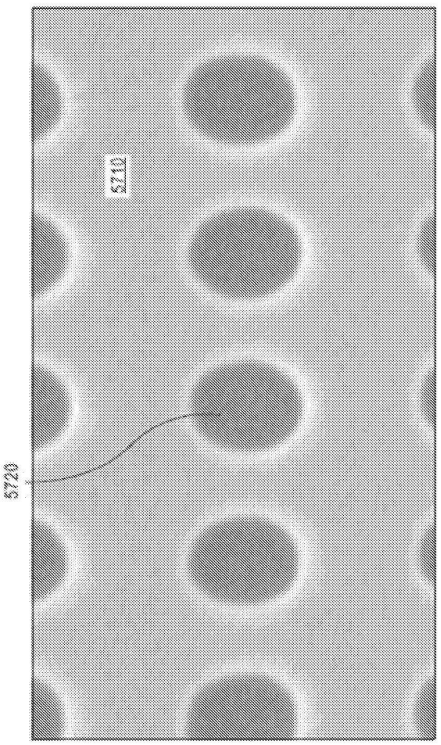


FIG. 57

【図５８】

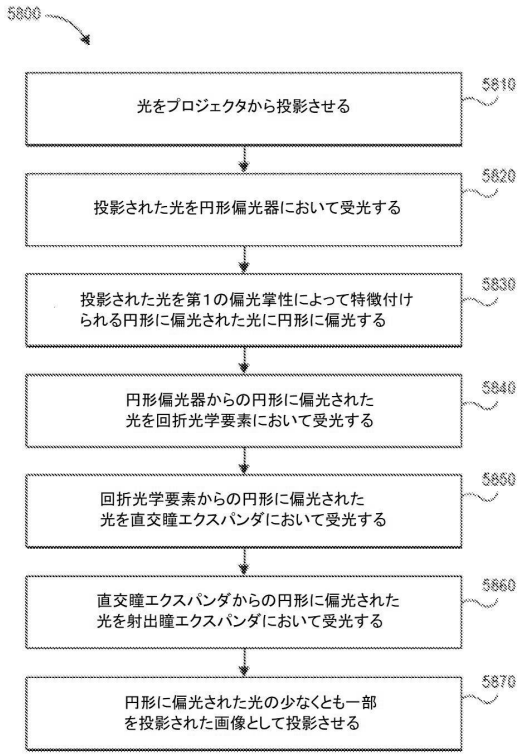


FIG. 58

【図５９Ａ】

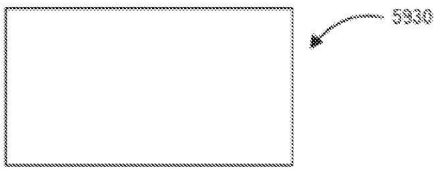


FIG. 59A

【図５９Ｂ】

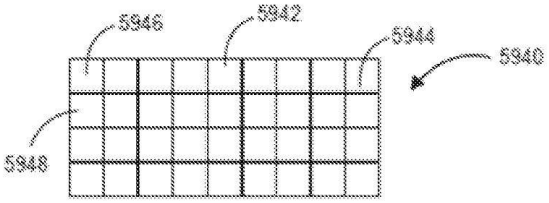


FIG. 59B

【図５９Ｃ】

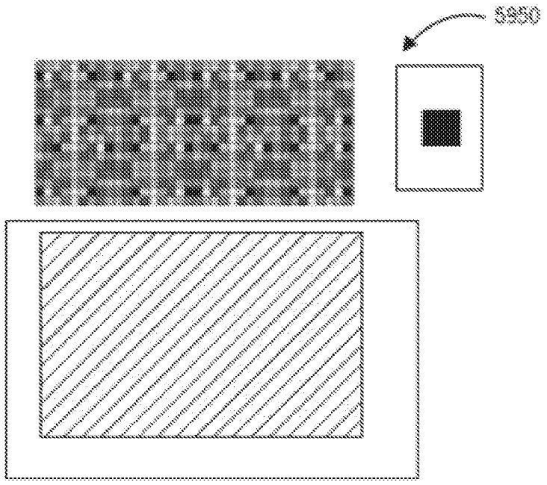


FIG. 59C

【図６０－１】

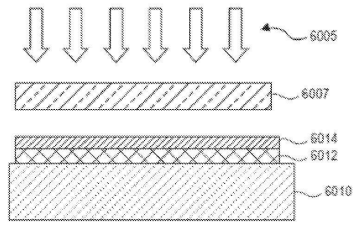


FIG. 60A

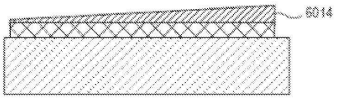


FIG. 60B

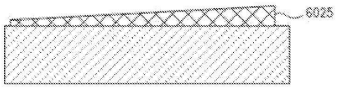


FIG. 60C

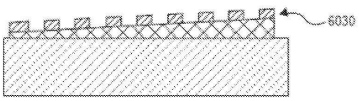


FIG. 60D

【図６０－２】

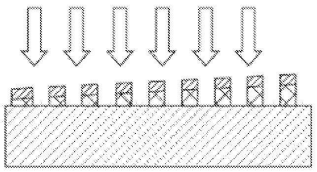


FIG. 60E

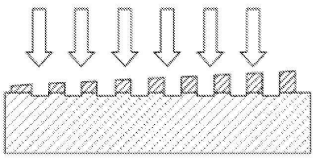


FIG. 60F

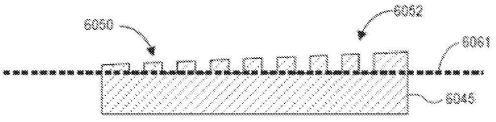


FIG. 60G

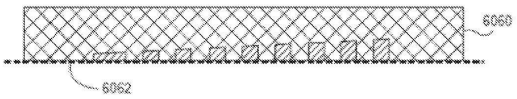


FIG. 60H

【図６１】

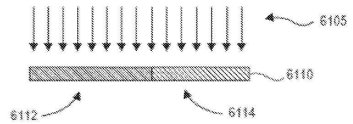
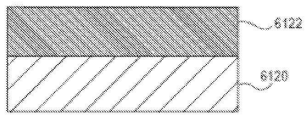


FIG. 61A



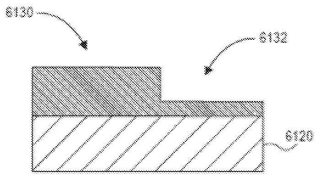


FIG. 61B

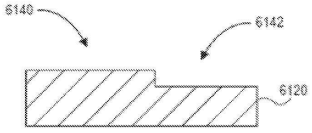


FIG. 61C

【図６２】

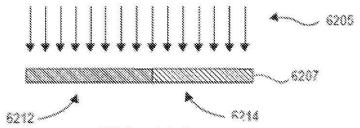
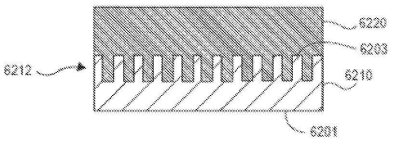


FIG. 62A



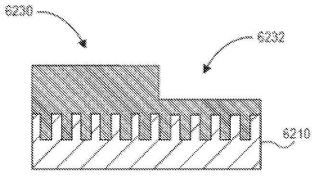


FIG. 62B

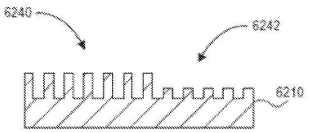


FIG. 62C

【図６３－１】

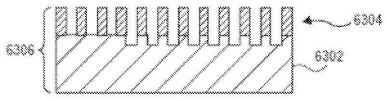


FIG. 63A

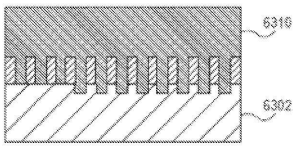


FIG. 63B

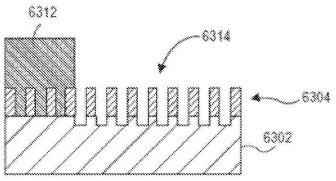


FIG. 63C

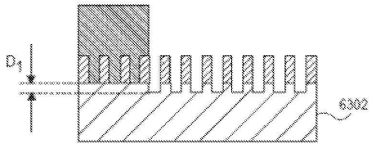


FIG. 63D

【図６３－２】

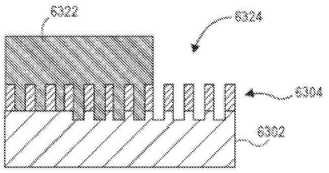


FIG. 63E

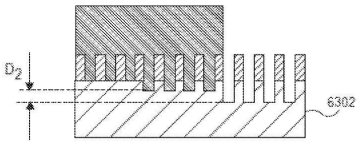


FIG. 63F

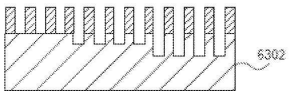


FIG. 63G

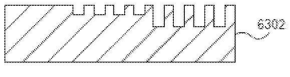


FIG. 63H

【図６４－１】

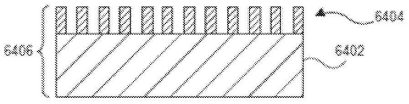


FIG. 64A

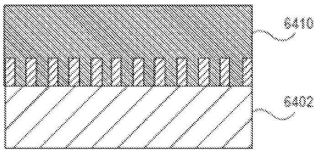


FIG. 64B

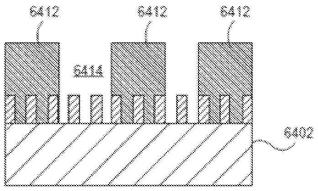


FIG. 64C

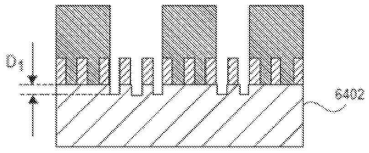


FIG. 64D

【図６４－２】

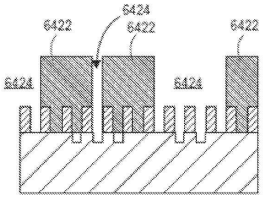


FIG. 64E

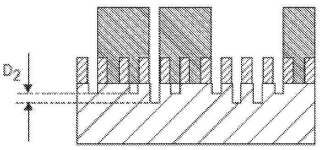


FIG. 64F

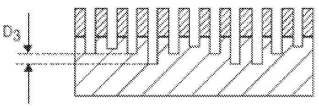


FIG. 64G

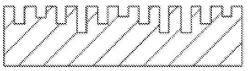


FIG. 64H

【図６５】

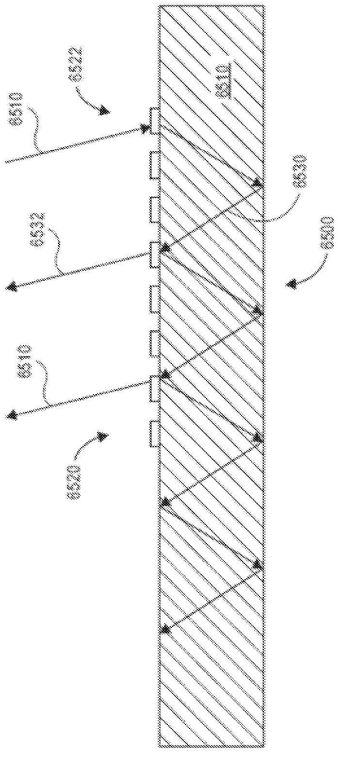


FIG. 65

【図６６】

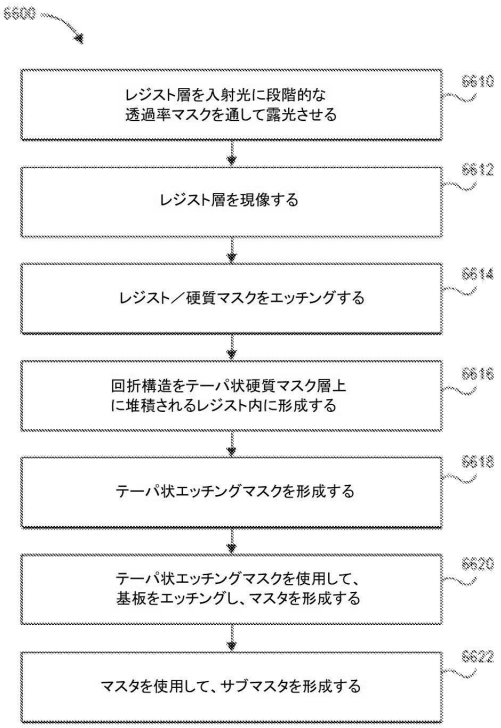


FIG. 66

【図６７】

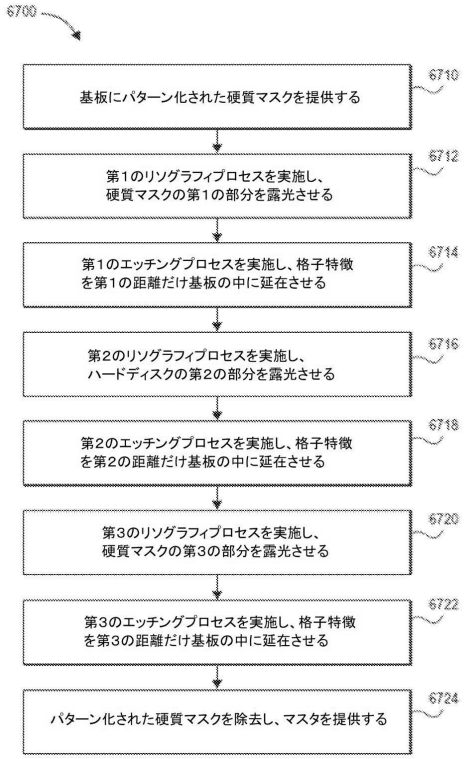


FIG. 67

【図６８】

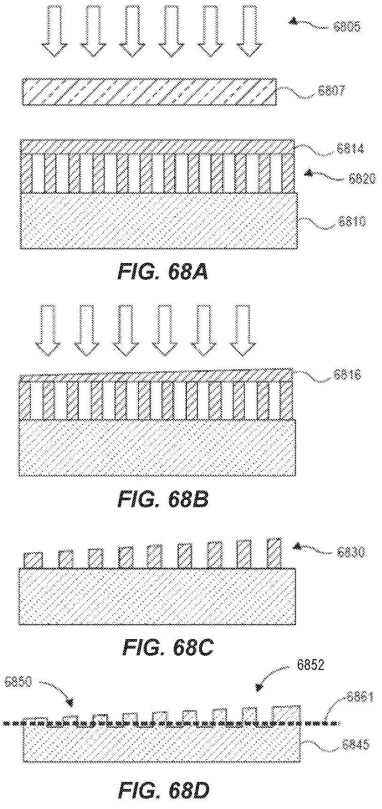


FIG. 68A

FIG. 68B

FIG. 68C

FIG. 68D

【図６９】

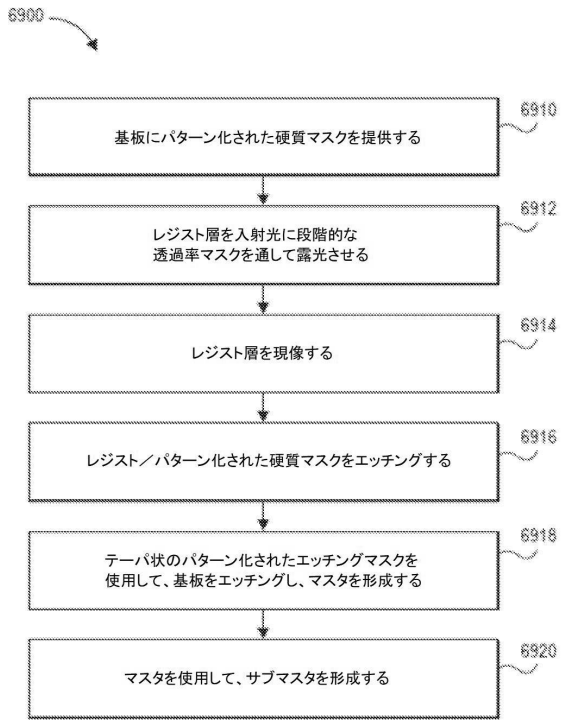


FIG. 69

【図７０】

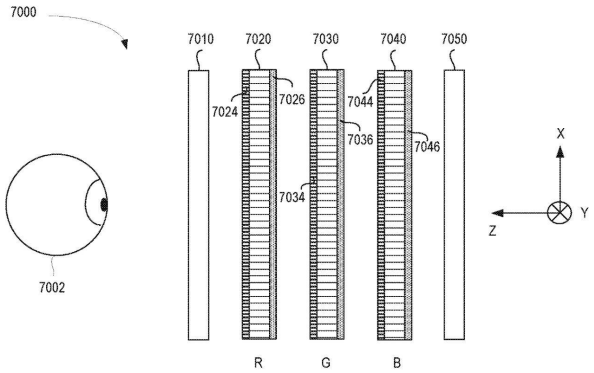


FIG. 70

【図７１】

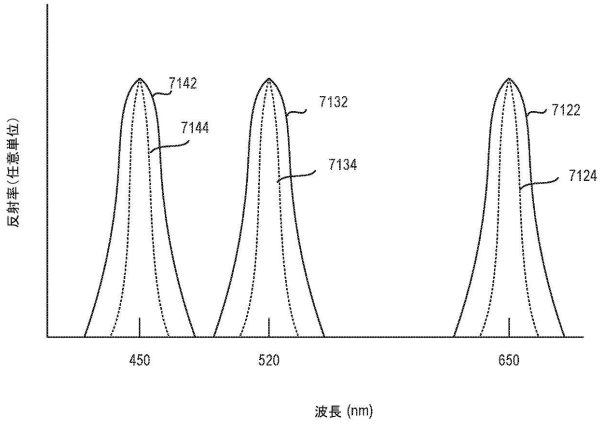


FIG. 71

【図７２】

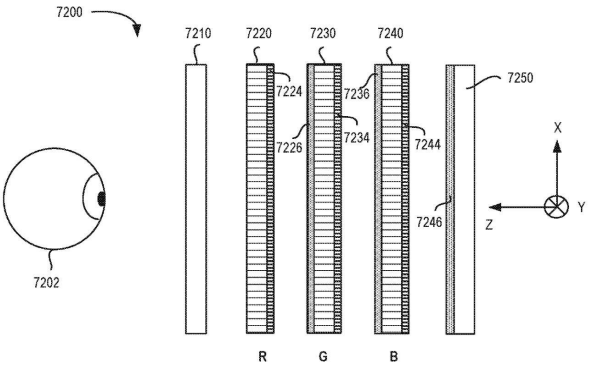


FIG. 72

【図７３】

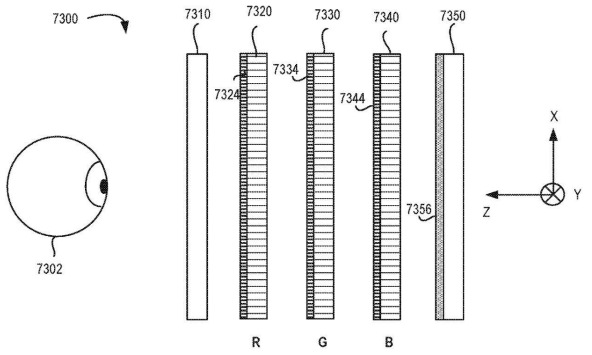


FIG. 73

【図７４】

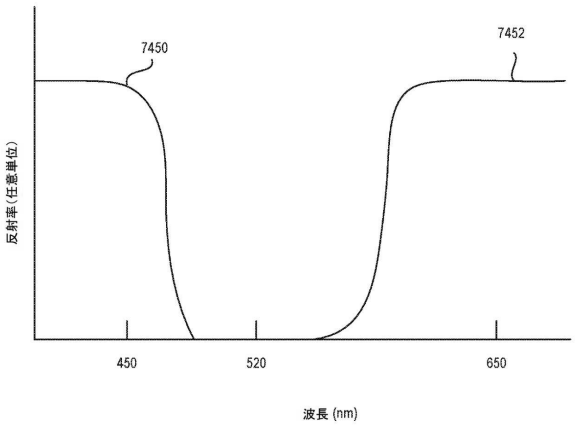


FIG. 74

【図７５】

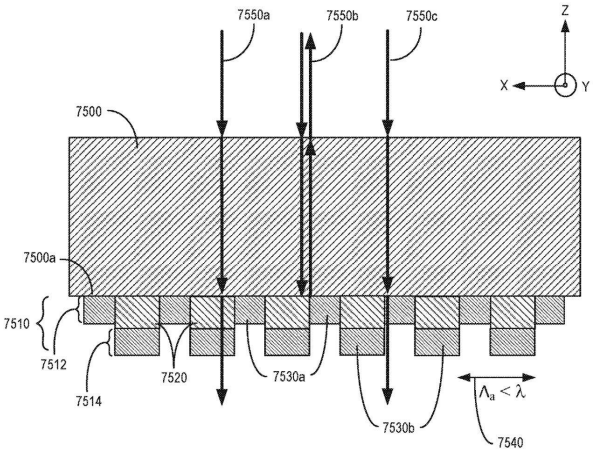


FIG. 75

【図７６】

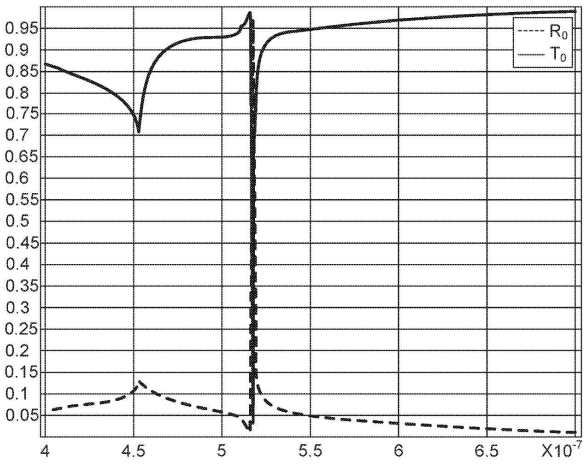


FIG. 76

【図７７－１】

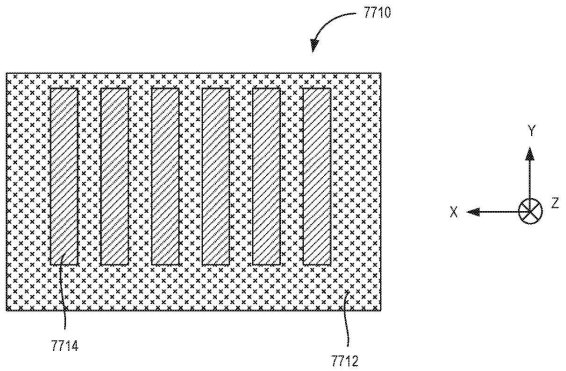


FIG. 77A

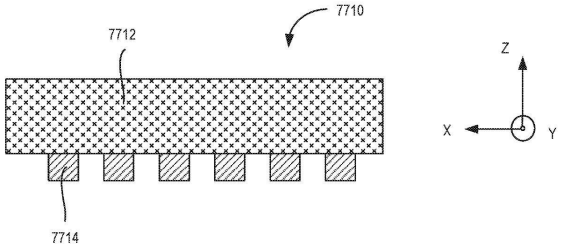


FIG. 77B

【図７７－２】

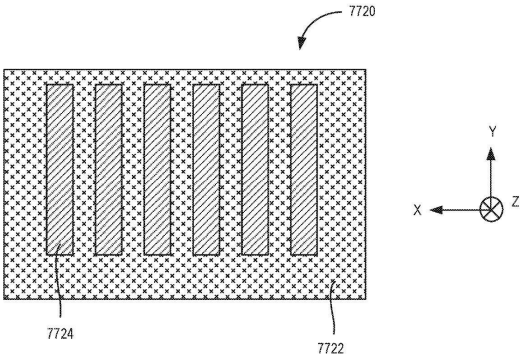


FIG. 77C

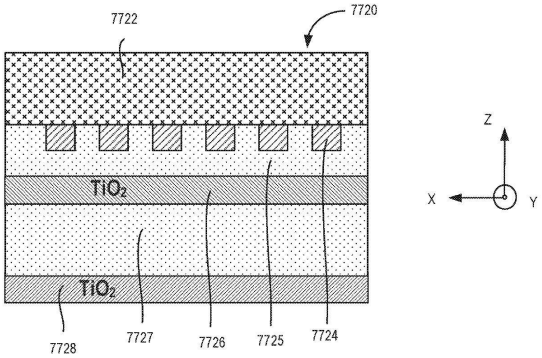


FIG. 77D

【図７８－１】

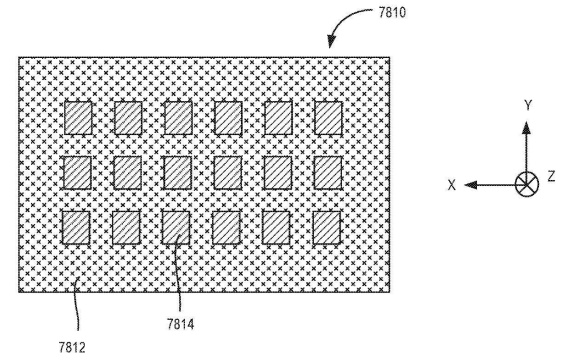


FIG. 78A

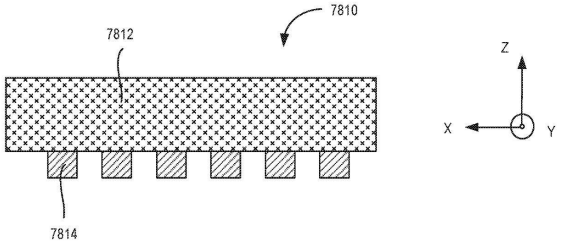


FIG. 78B

【図７８－２】

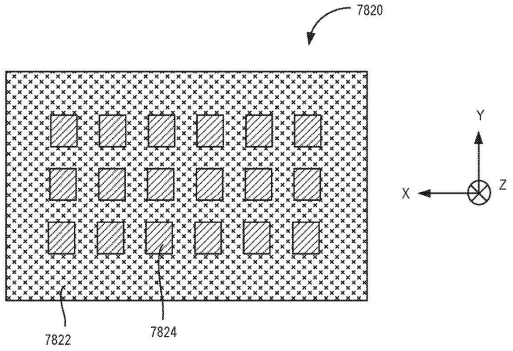


FIG. 78C

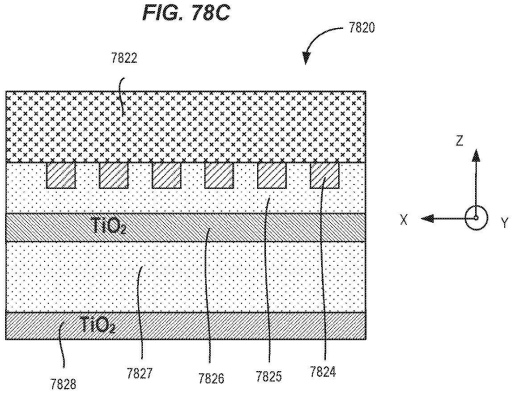


FIG. 78D

【図７９】

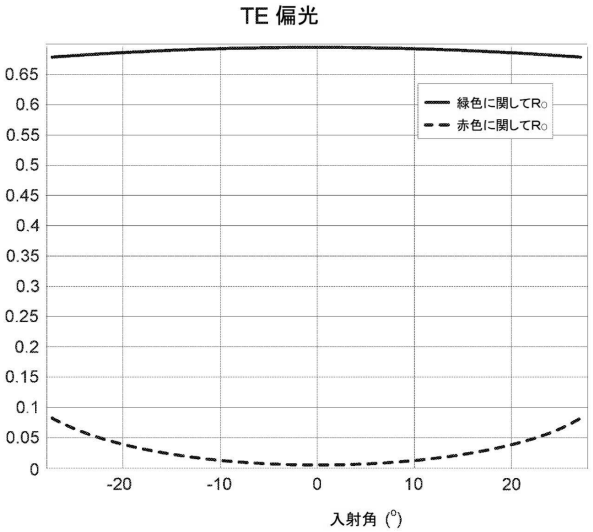


FIG. 79

【図８０】

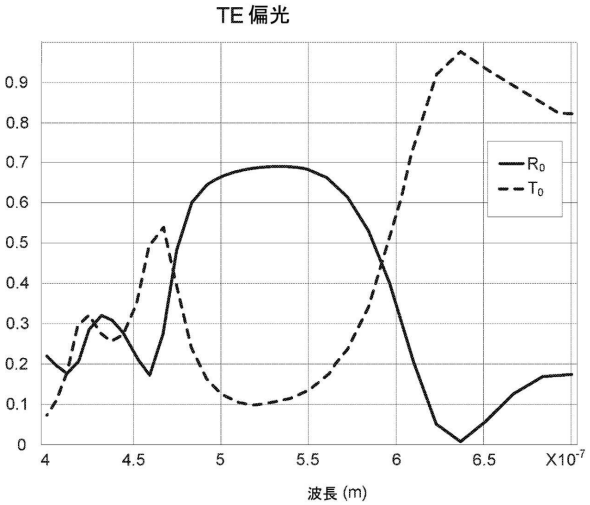


FIG. 80

【図８１】

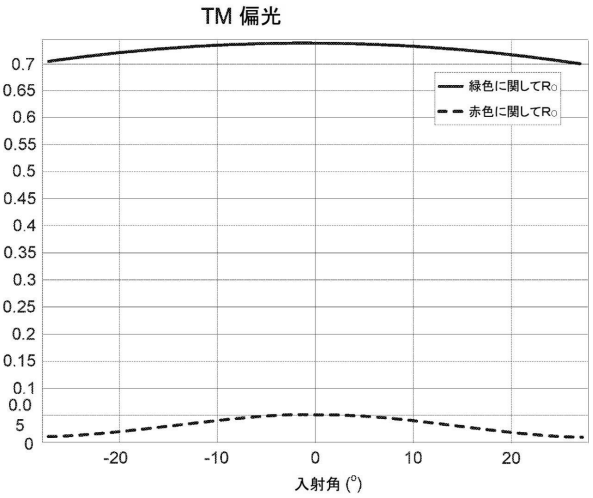


FIG. 81

【図８２】

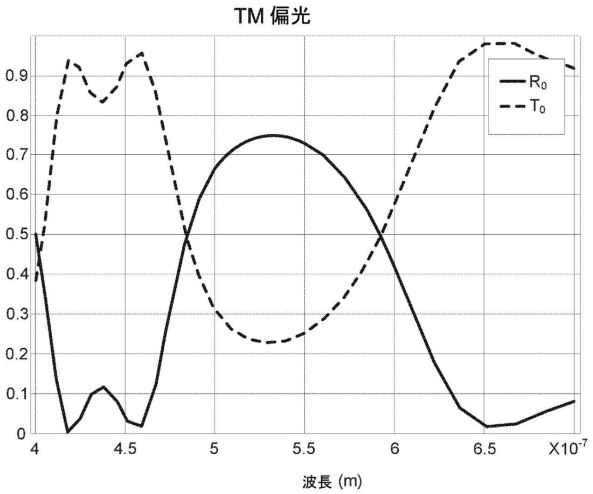
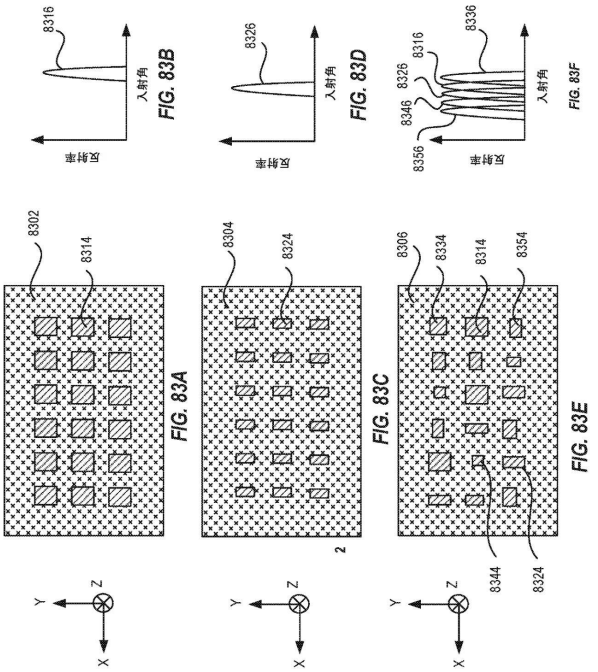
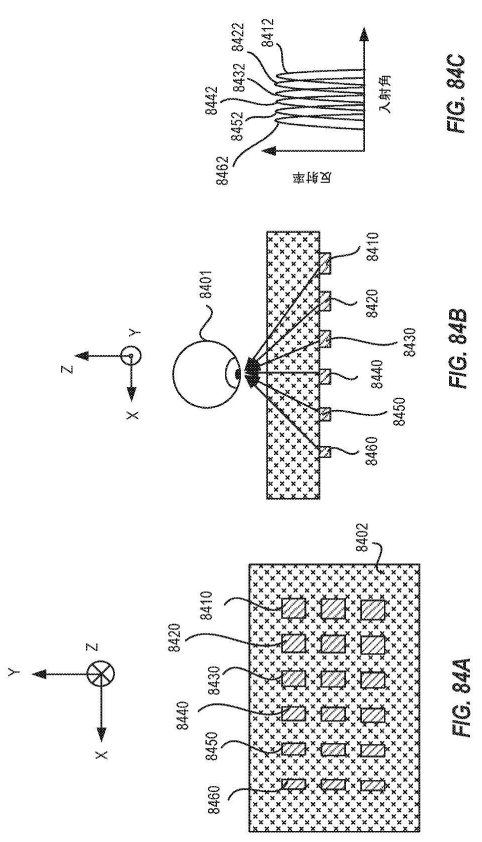


FIG. 82

【図８３】



【図８４】



【図８５Ａ】

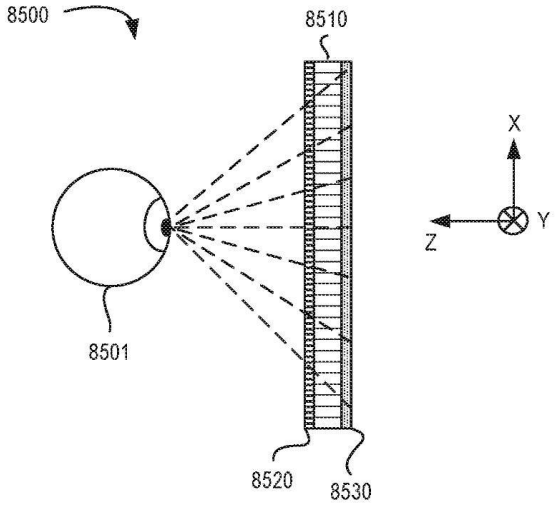


FIG. 85A

【図８５Ｂ】

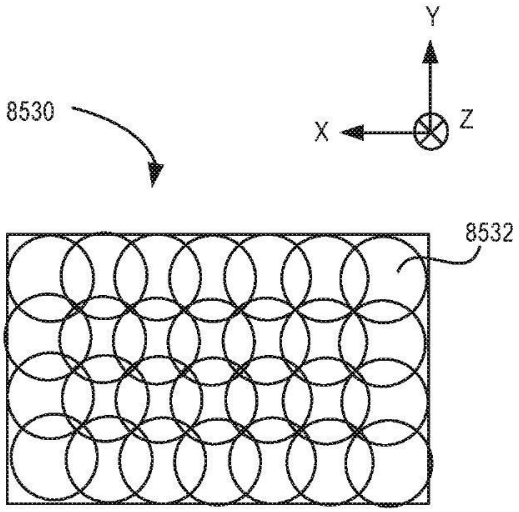
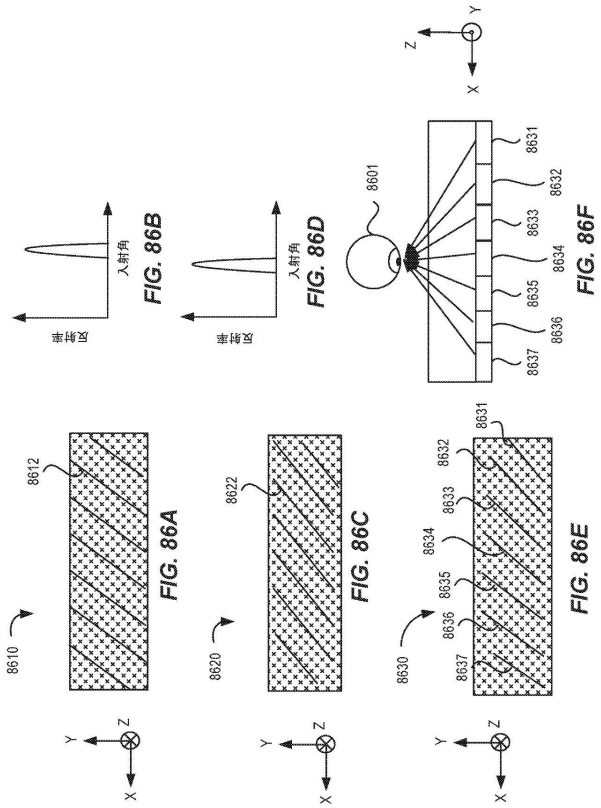


FIG. 85B

【図８６】



【図８７】

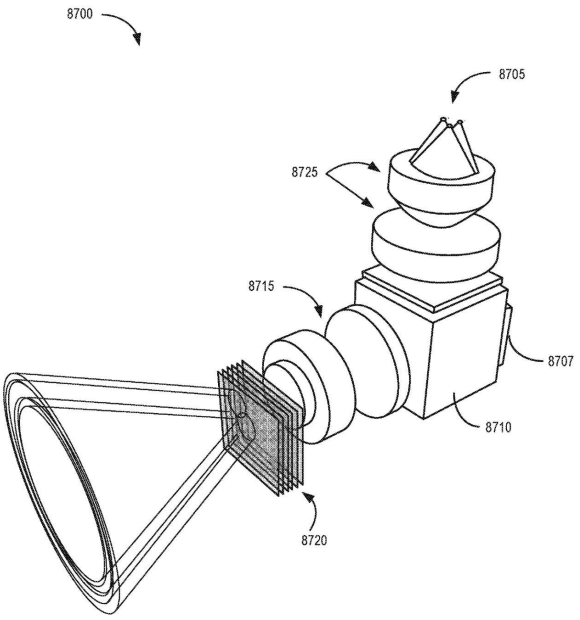


FIG. 87

【図８８】

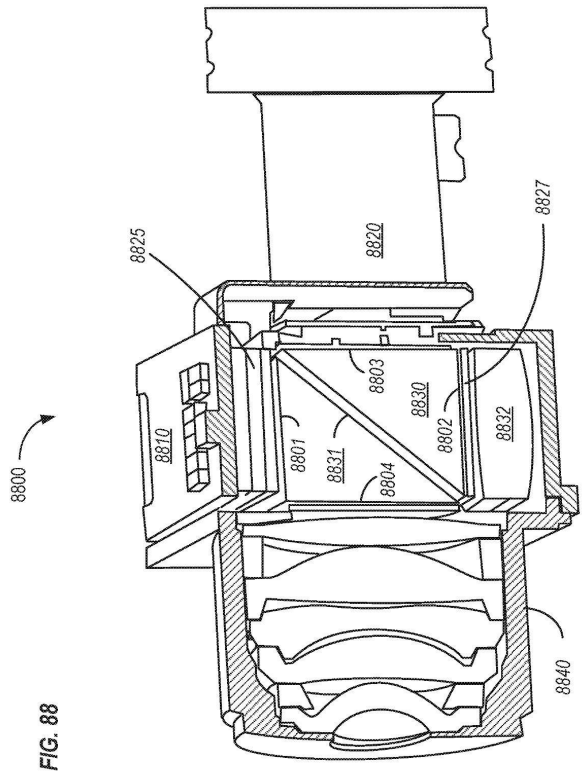


FIG. 88

【図８９】

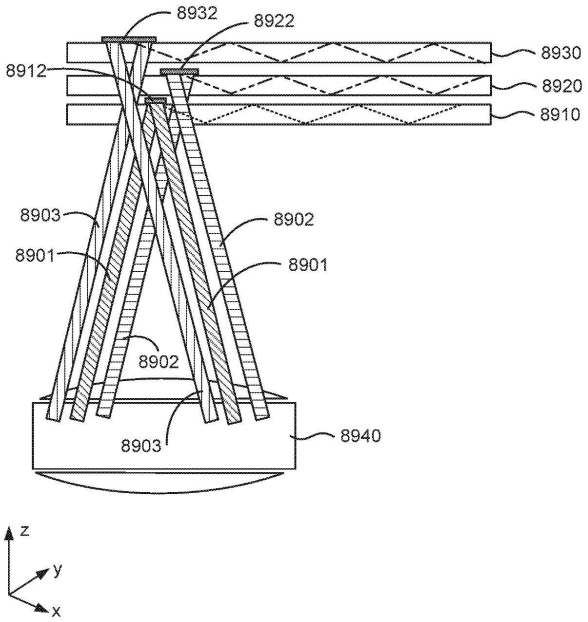


FIG. 89

【図９０】

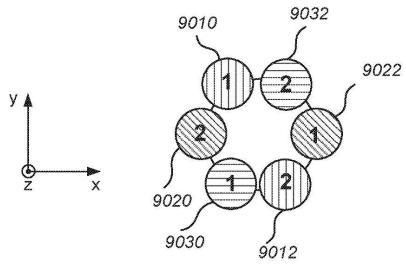


FIG. 90A

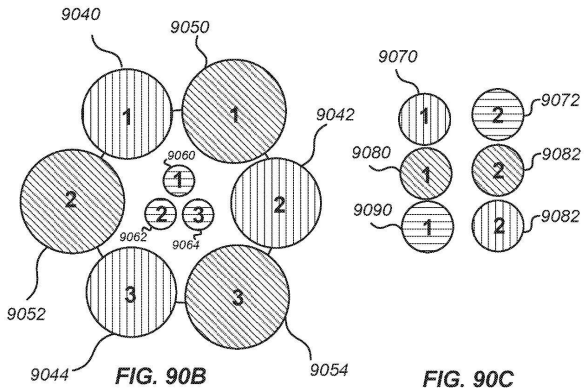


FIG. 90B

FIG. 90C

【図９１】

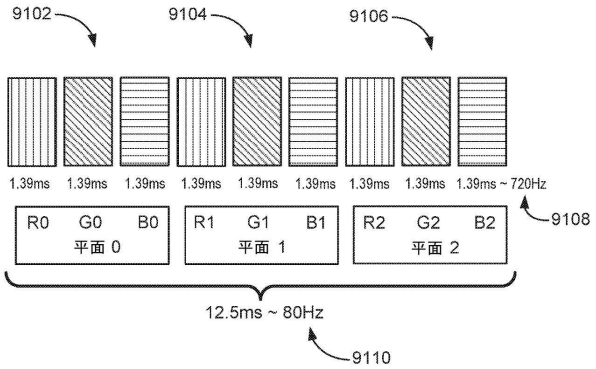


FIG. 91

【図９２Ａ】

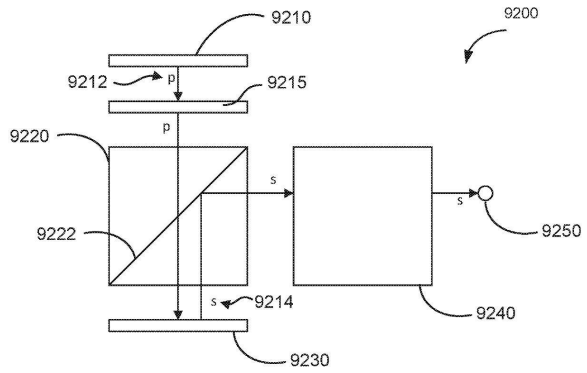


FIG. 92A

【図９２Ｂ】

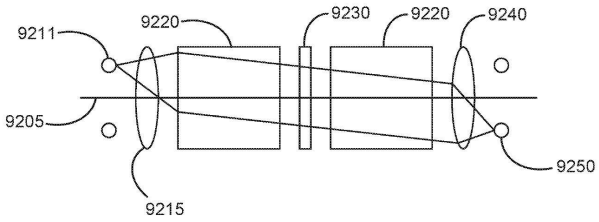


FIG. 92B

【図９３Ａ】

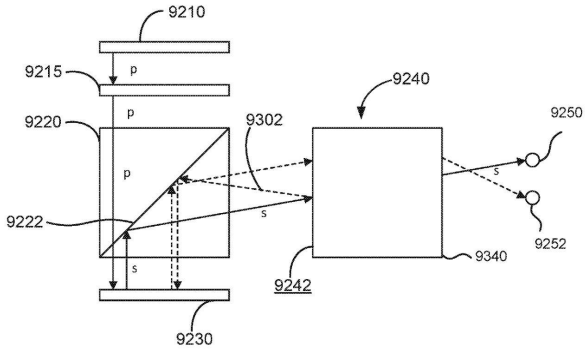


FIG. 93A

【図９３Ｂ】

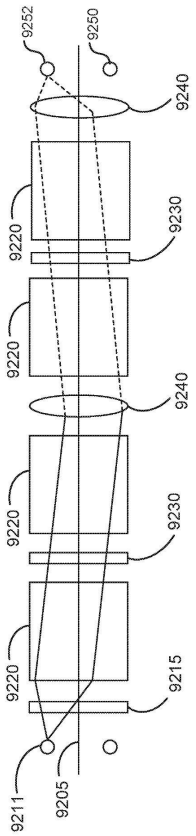


FIG. 93B

【図９４】

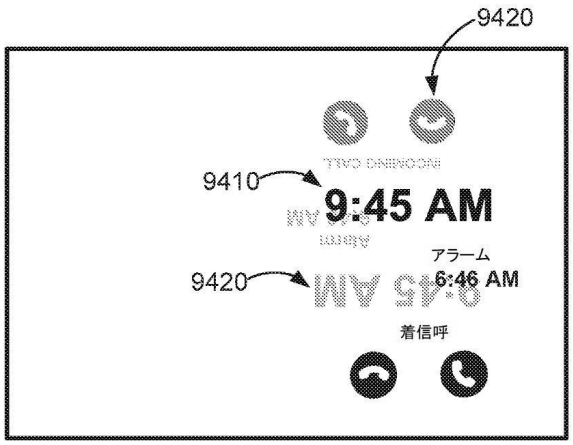


FIG. 94

【図９５Ａ】

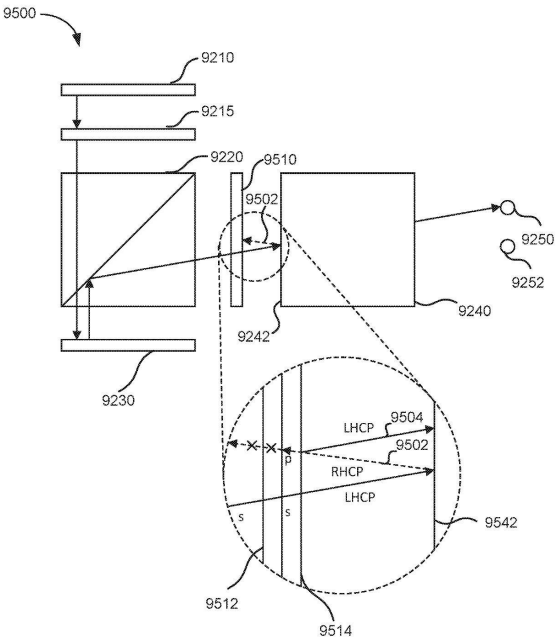


FIG. 95A

【図９５Ｂ】

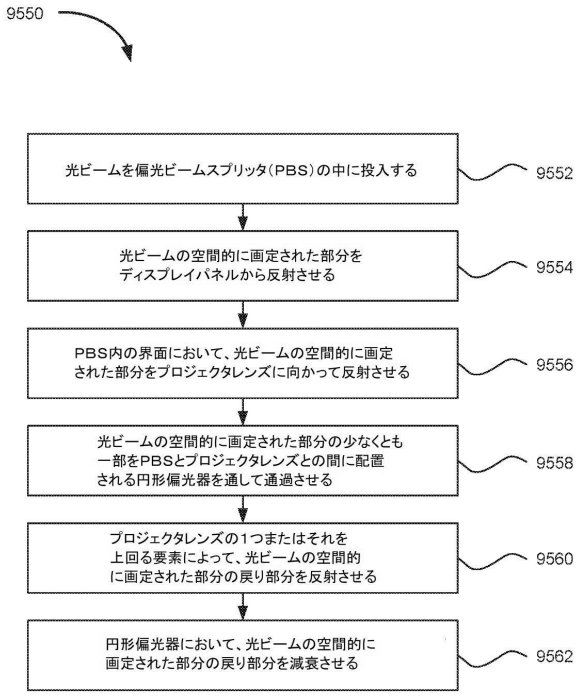


FIG. 95B

【図９６】

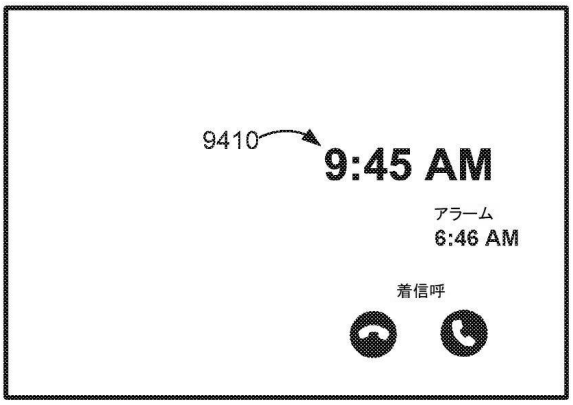


FIG. 96

【図９７Ａ】

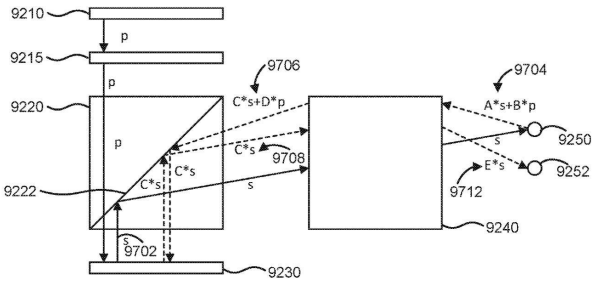


FIG. 97A

【図９７Ｂ】

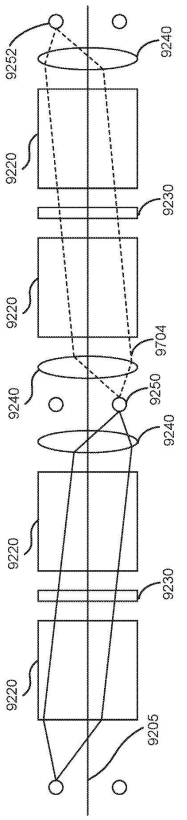


FIG. 97B

【図９８】

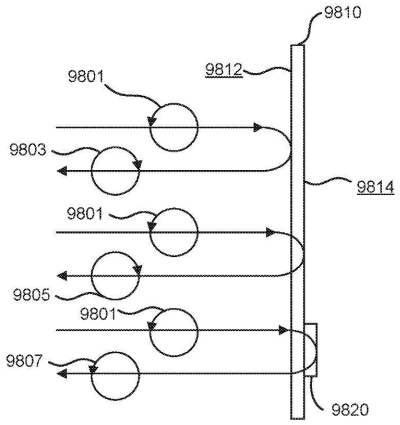


FIG. 98

【図９９Ａ】

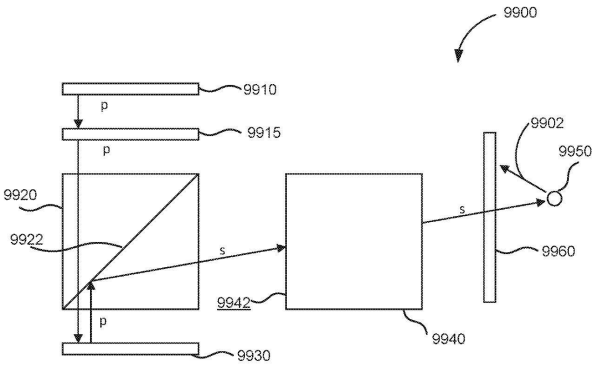


FIG. 99A

【図９９Ｂ】

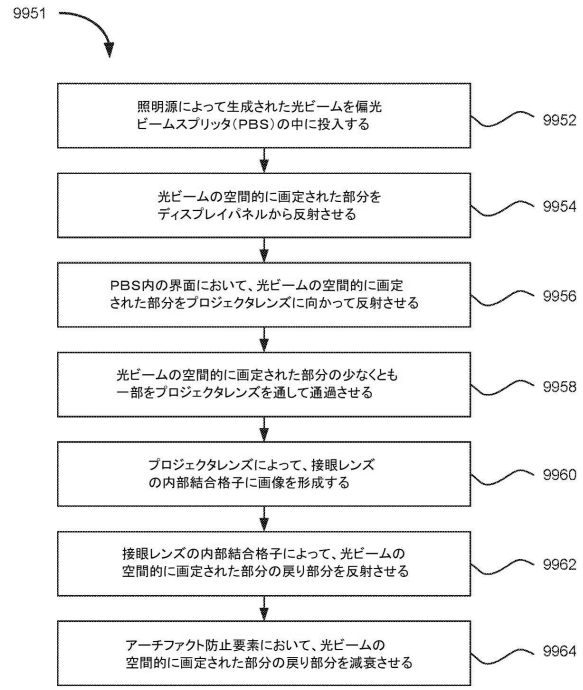


FIG. 99B

【図１００】

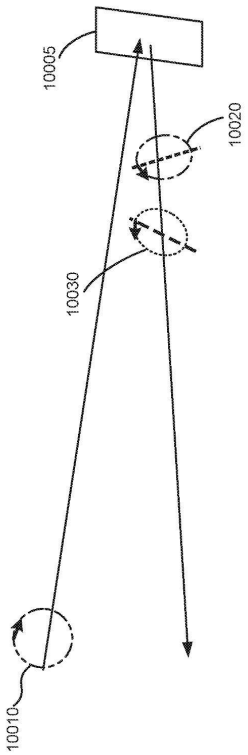


FIG. 100

【図１０１Ａ】

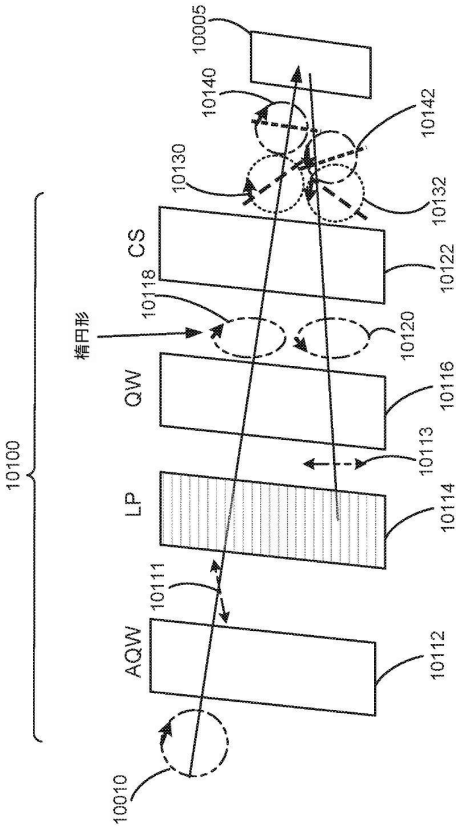


FIG. 101A

【図１０１Ｂ】

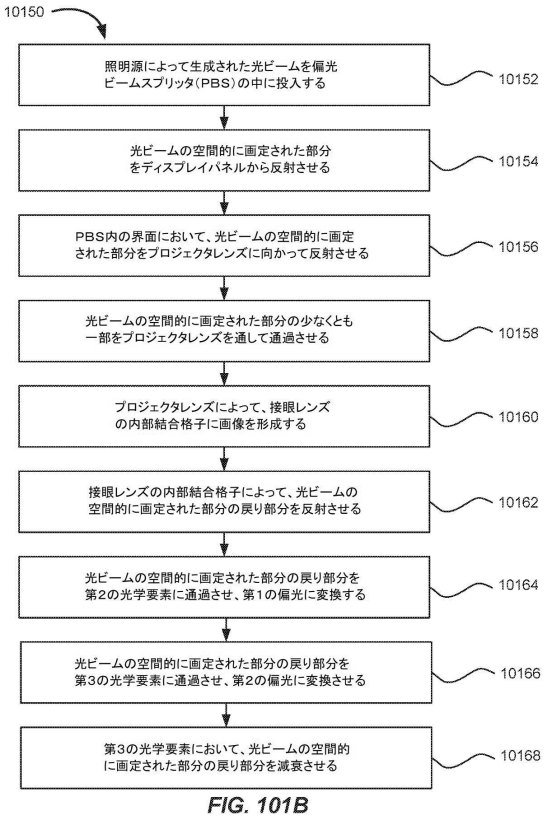


FIG. 101B

【図１０２】

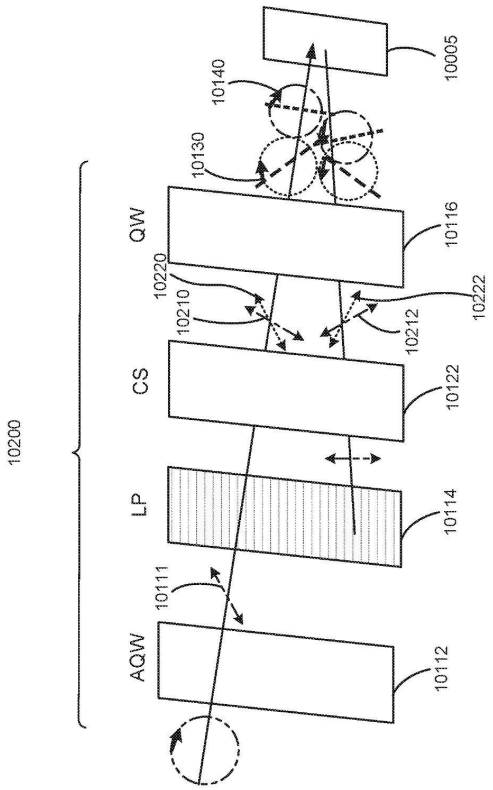


FIG. 102

【図１０３】

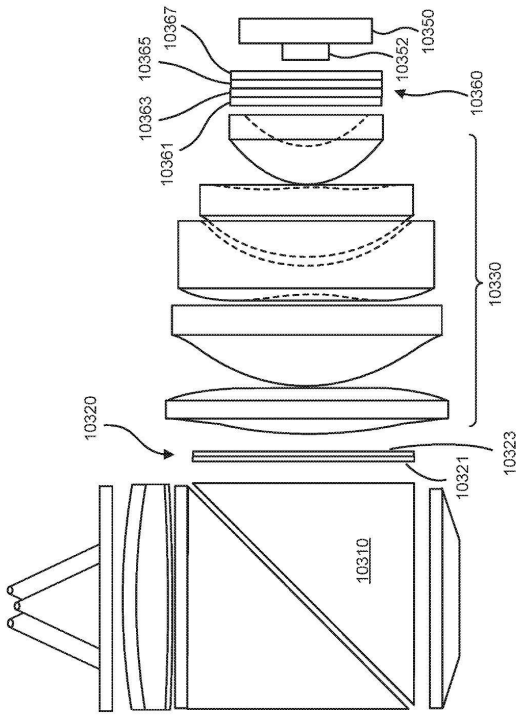


FIG. 103

【図１０４Ａ】

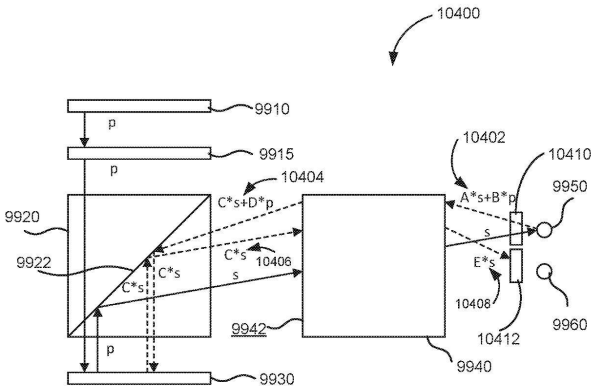


FIG. 104A

【図１０４Ｂ】

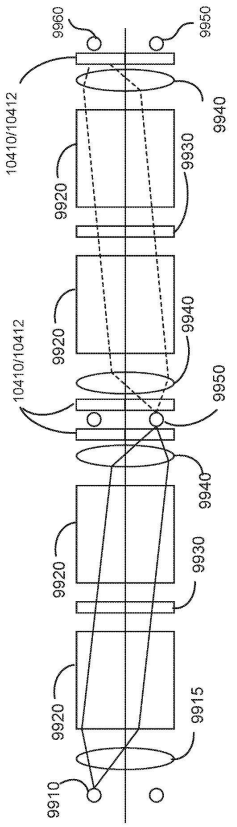


FIG. 104B

【図１０４Ｃ】

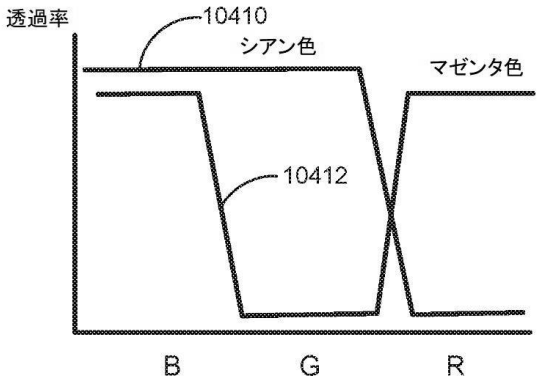


FIG. 104C

【図１０４Ｄ】

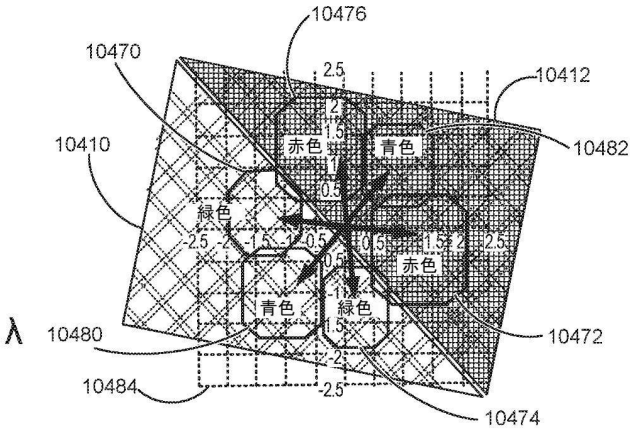


FIG. 104D

【図１０４Ｅ】

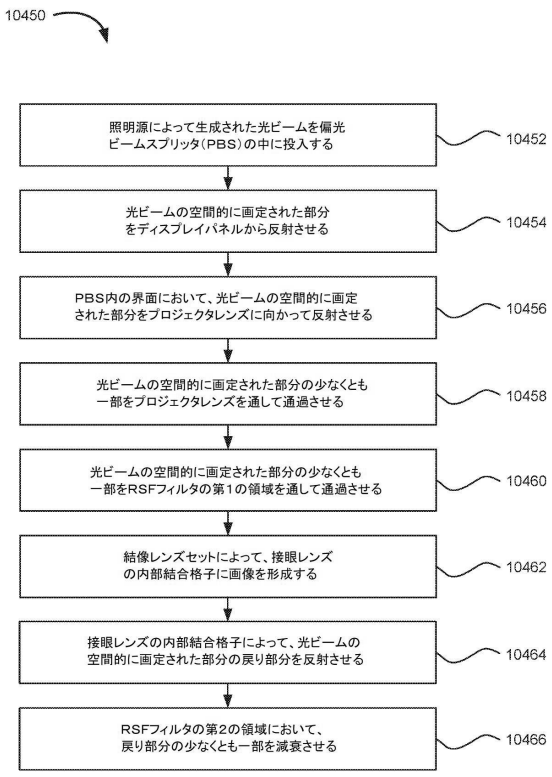


FIG. 104E

【図１０５】

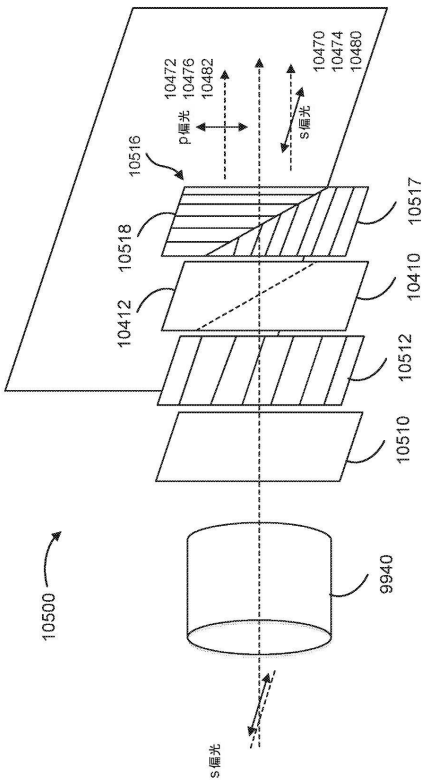


FIG. 105

【図１０６】

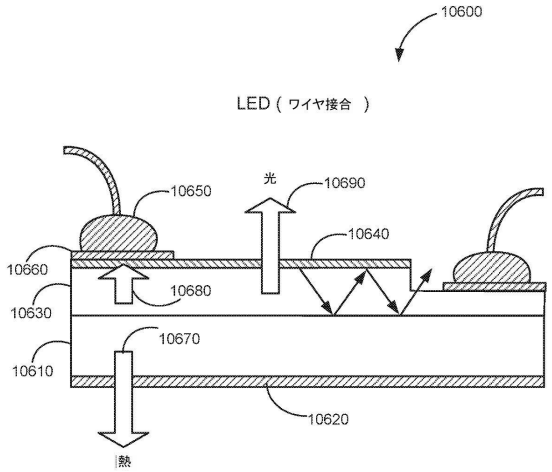


FIG. 106

【図１０７】

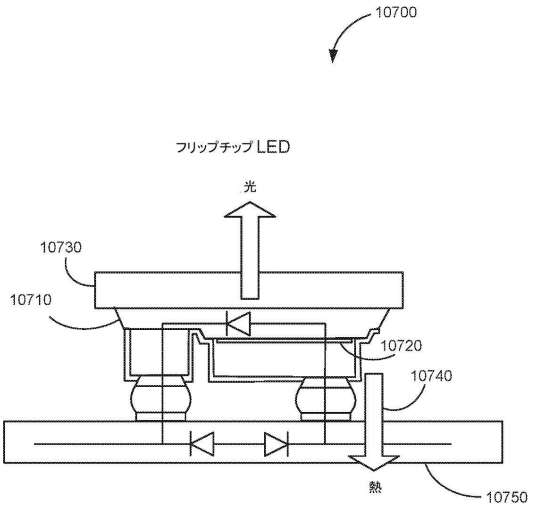


FIG. 107

【図１０８】

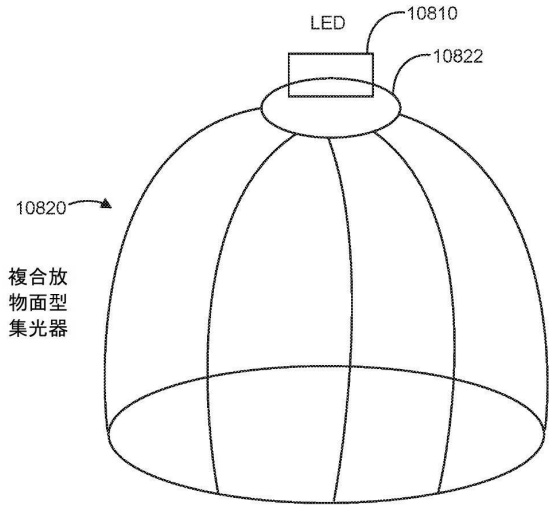


FIG. 108

【図１０９】

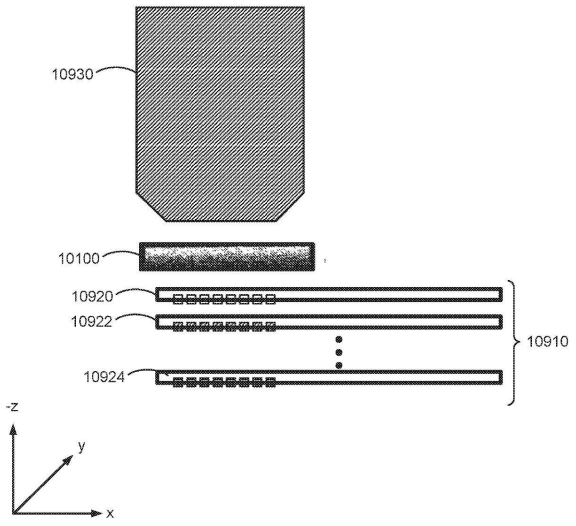


FIG. 109

【図１１０Ａ】

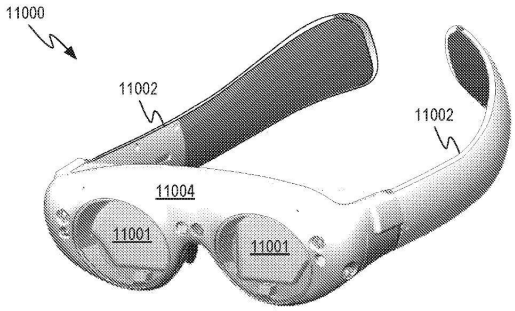


FIG. 110A

【図１１０Ｂ】

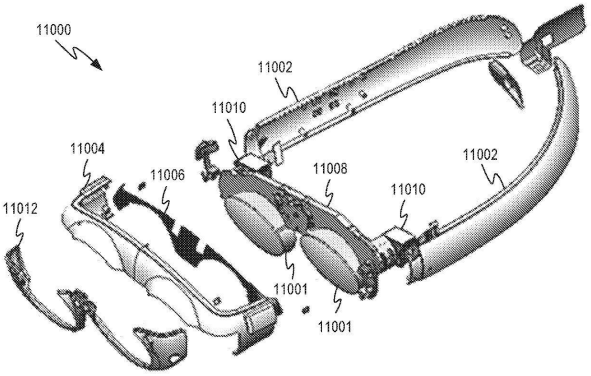


FIG. 110B

【図１１０Ｃ】

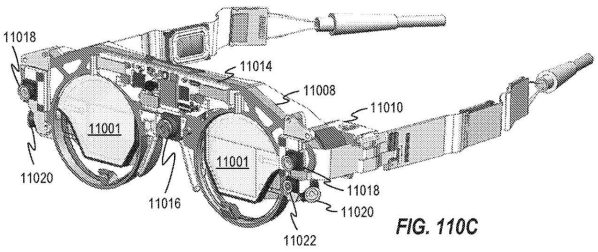


FIG. 110C

【図１１０Ｄ】

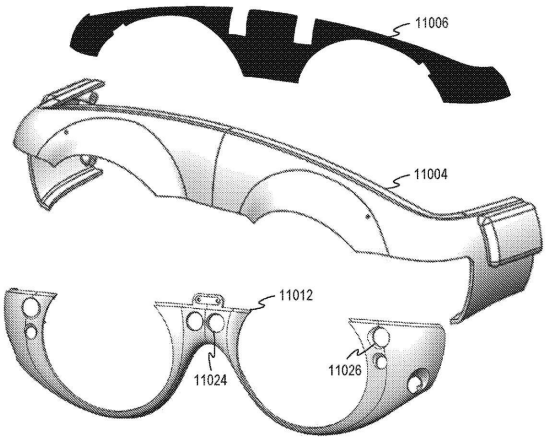


FIG. 110D

【図１１０Ｅ】

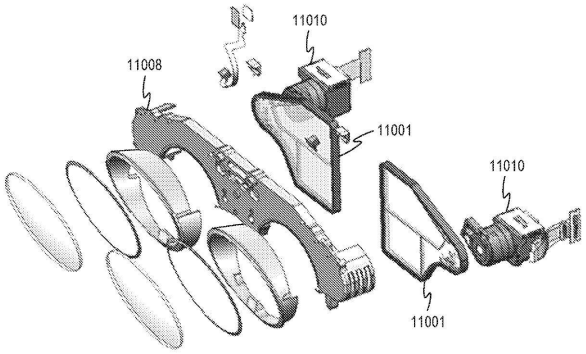


FIG. 110E

【図１１１－１】

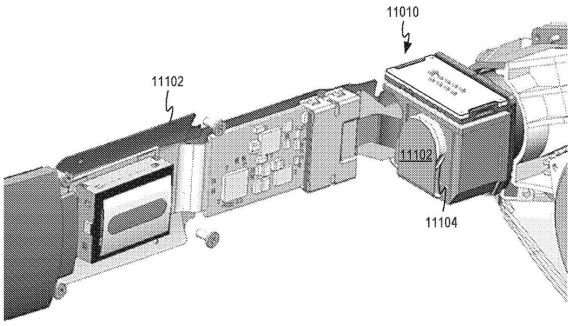


FIG. 111A

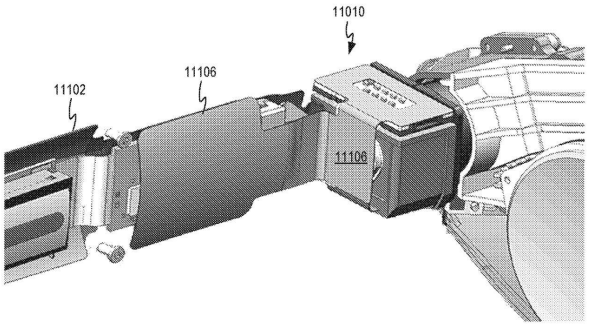


FIG. 111B

【図１１１－２】

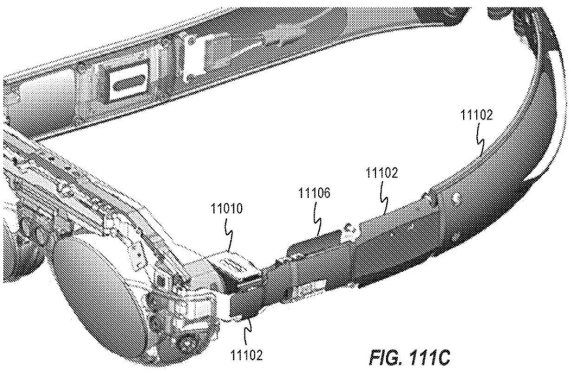


FIG. 111C

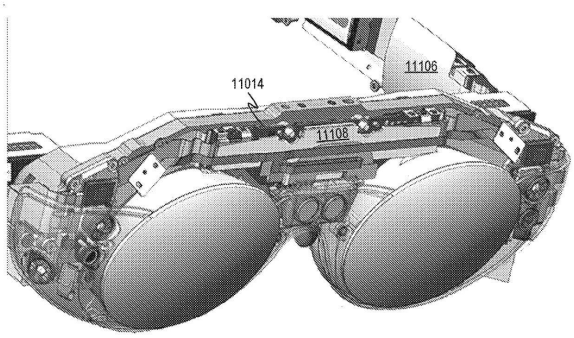


FIG. 111D

【図１１１－３】

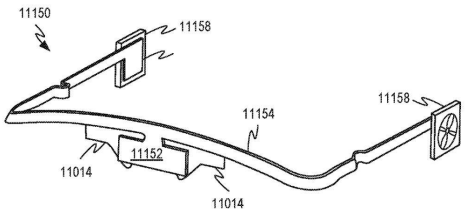


FIG. 111E

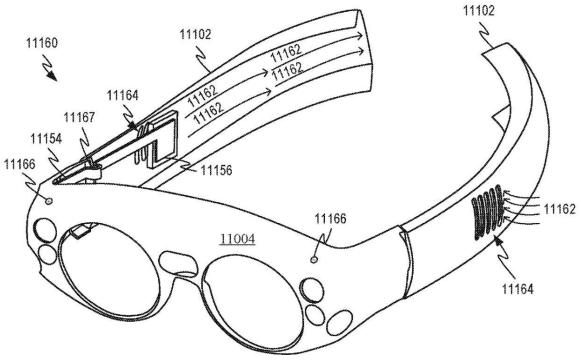


FIG. 111F

【図１１１－４】

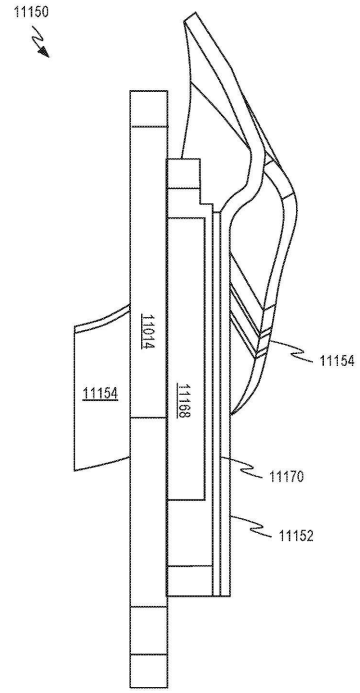


FIG. 111G

【図１１２Ａ】

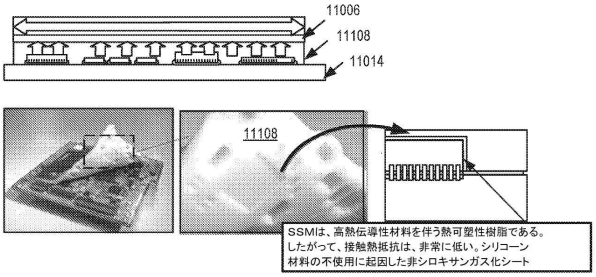


FIG. 112A

【図１１２Ｂ】

		試験方法	条件	データ		
				1.0mm	2.0mm	3.0mm
厚さ	(mm)	マイクロメートル		1.054	2.101	2.934
熱抵抗	(C cm^2W)	TIM 試験器	100 (kPa)	7.53	14.82	19.48
			200 (kPa)	6.71	13.71	16.01
			300 (kPa)	5.90	10.73	11.38
圧縮率	(%)	TIM 試験器	100 (kPa)	4.93	4.05	4.43
			200 (kPa)	9.58	8.66	14.04
			300 (kPa)	18.41	22.13	40.49
熱伝導性	(W/m K)	(ASTM D5470)	100 (kPa)	1.6		
比熱	(J/g C)	DSC		1.4		
密度	(g/cm^2)	(JIS K 7112)		1.88		
体積抵抗率	(Ω cm)	(JIS K 6911)		>10^14		
誘電強度	(KVac/mm)	(JIS K 6249)		17		
硬度（タイプE）		(JIS K 6253)		39		
接着剤	(mN/cm)		SUS	39		
			Al	31		
			ガラス	38		
燃焼性等級			UL94	V.0		

FIG. 112B

【図１１３－１】

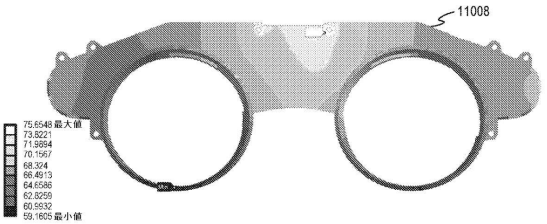


FIG. 113A

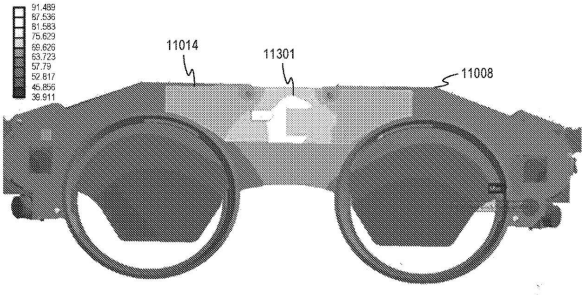


FIG. 113B

【図１１３－２】

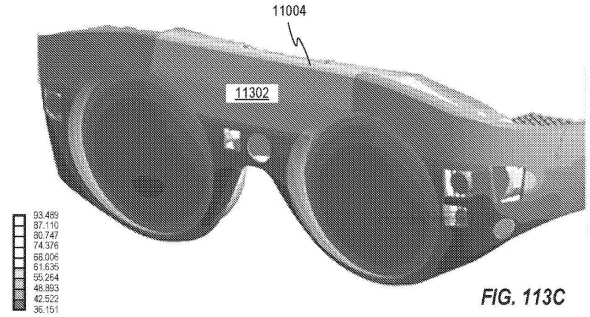


FIG. 113C

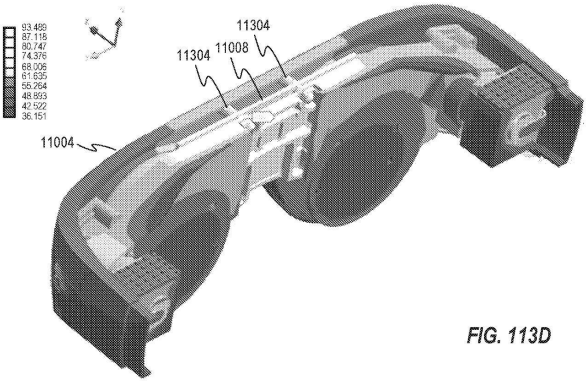


FIG. 113D

【図１１４－１】

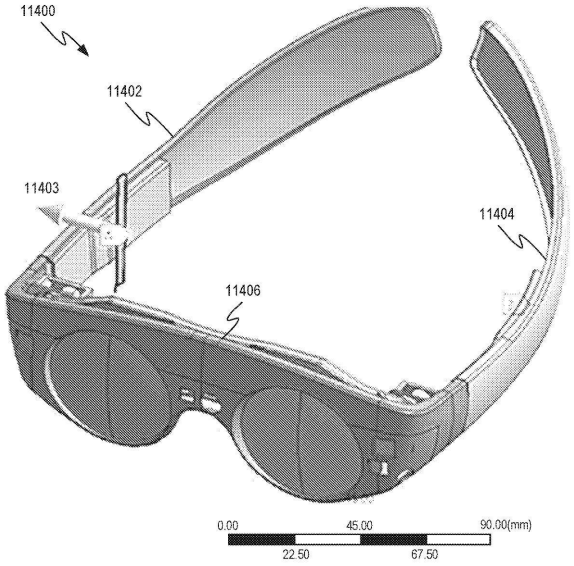


FIG. 114A

【図１１４－２】

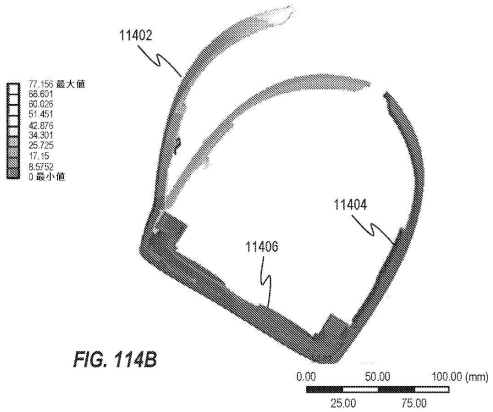


FIG. 114B

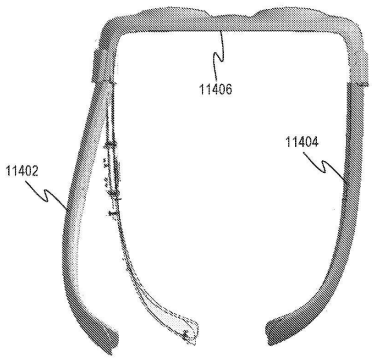
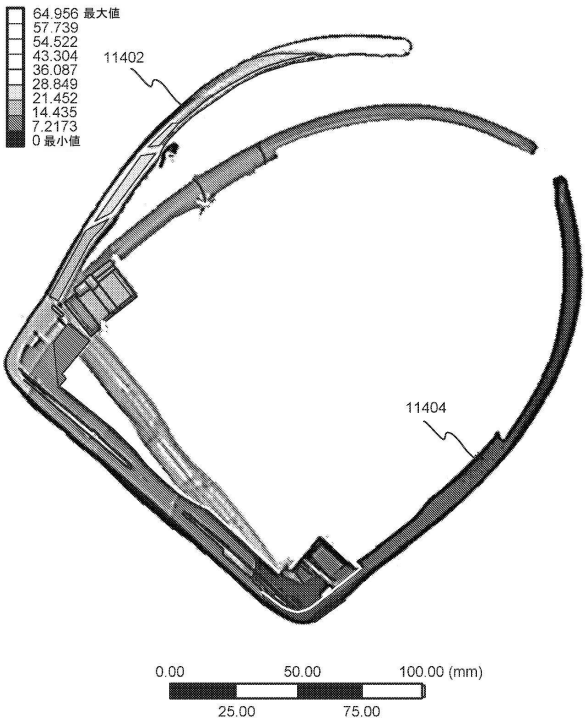


FIG. 114C

【図１１４－３】



【図１１５】

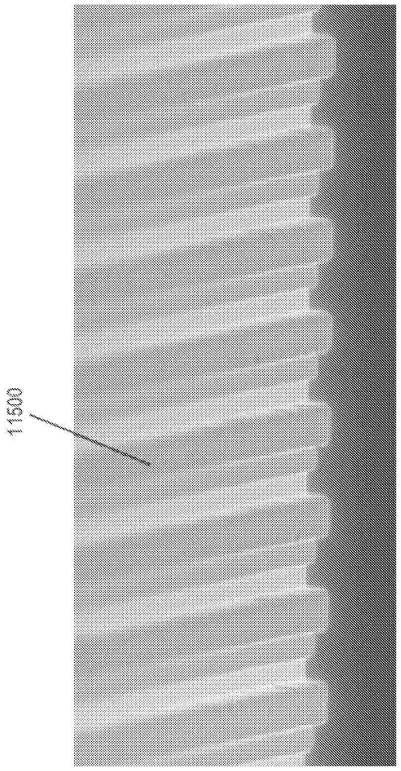


FIG. 115

【図１１６Ａ】

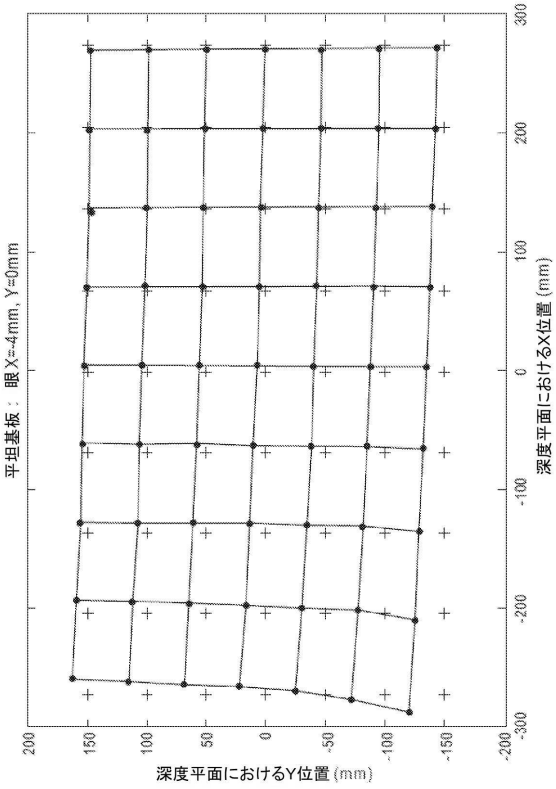


FIG. 116A

【図１１６Ｂ】

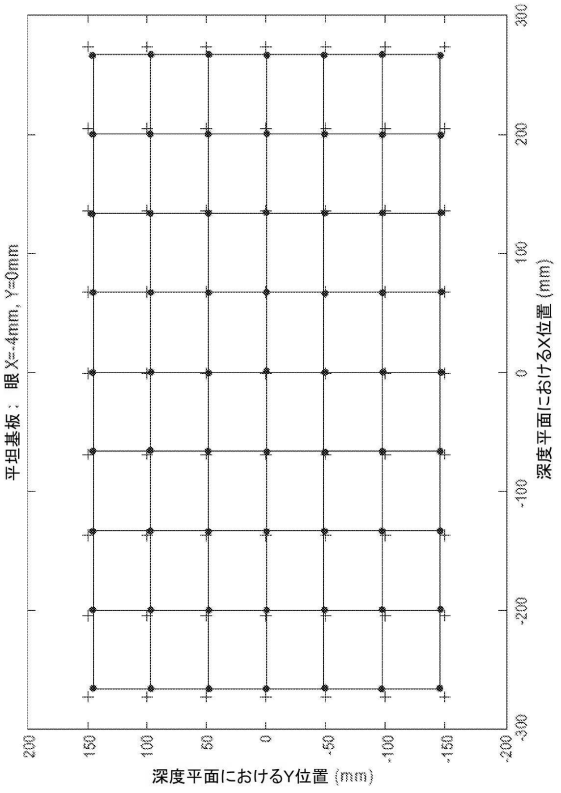


FIG. 116B

【図１１６Ｃ】

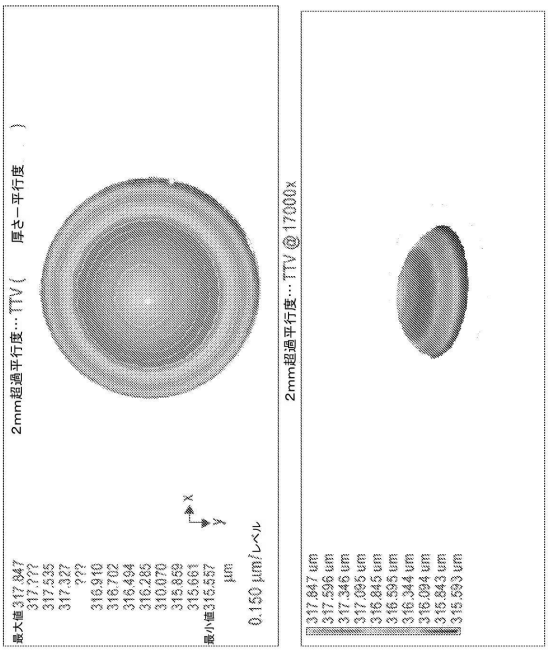


FIG. 116C

【図１１７Ａ】

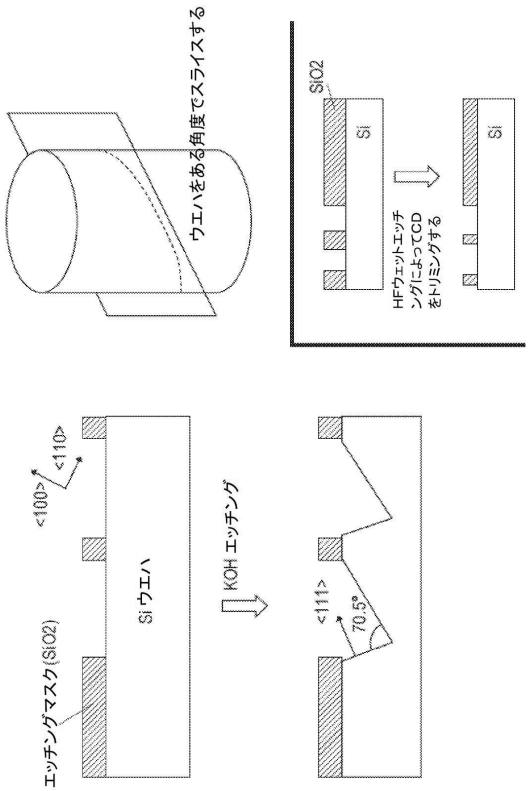


FIG. 117A

【図１１７Ｂ】

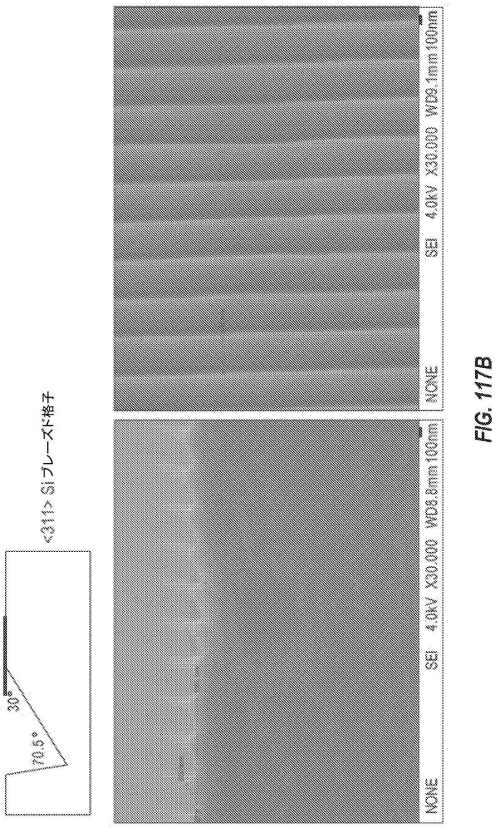


FIG. 117B

【図１１７Ｃ】

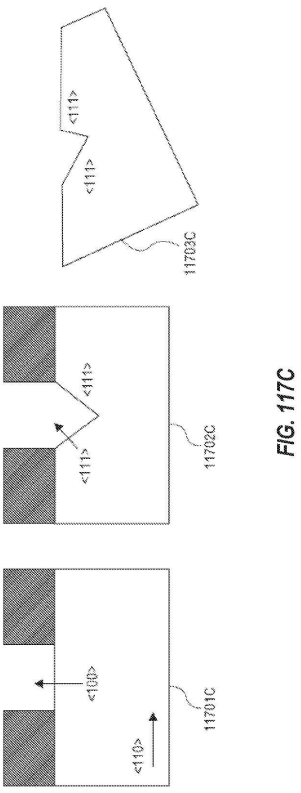


FIG. 117C

【図１１７Ｄ】

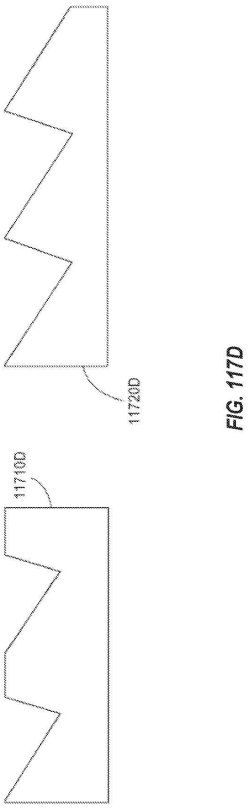


FIG. 117D

【図１１８】

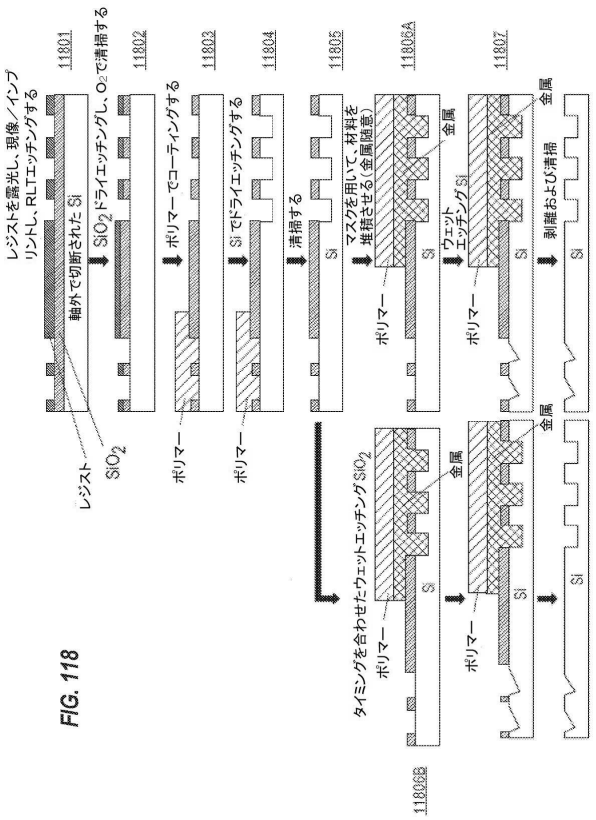


FIG. 118

【図１１９Ａ】

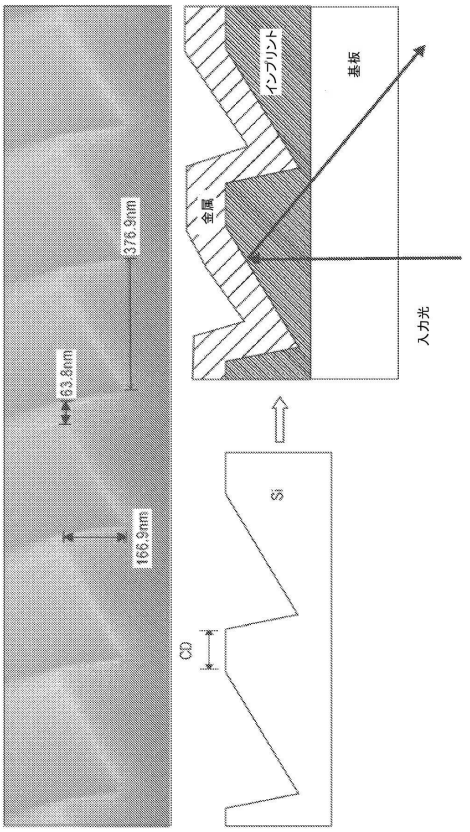


FIG. 119A

【図１１９Ｂ】

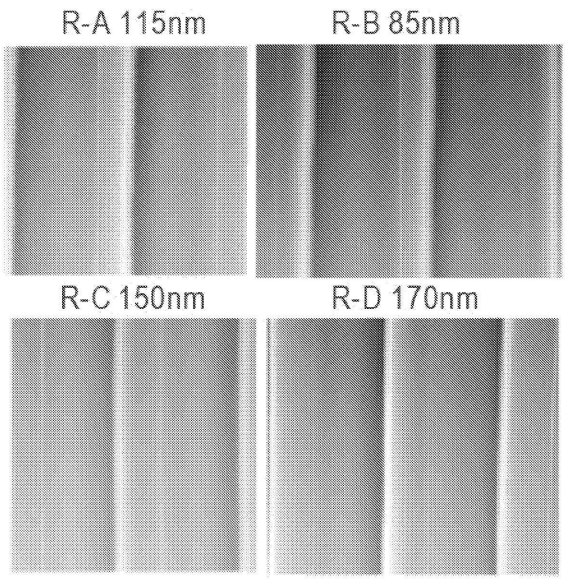


FIG. 119B

【図１１９Ｃ】

サンプル	ピッチ (nm)	CD 上部 (nm)	0度における効率%
G-A	380	61	46.6
G-B	380	38	32
G-C	380	68	45.9
G-D	380	33	38
G-E	380	80	51
R-A	430	115	52.4
R-B	430	85	51.3
R-C	430	150	50.8
R-D	430	170	47

FIG. 119C

【図１２０】

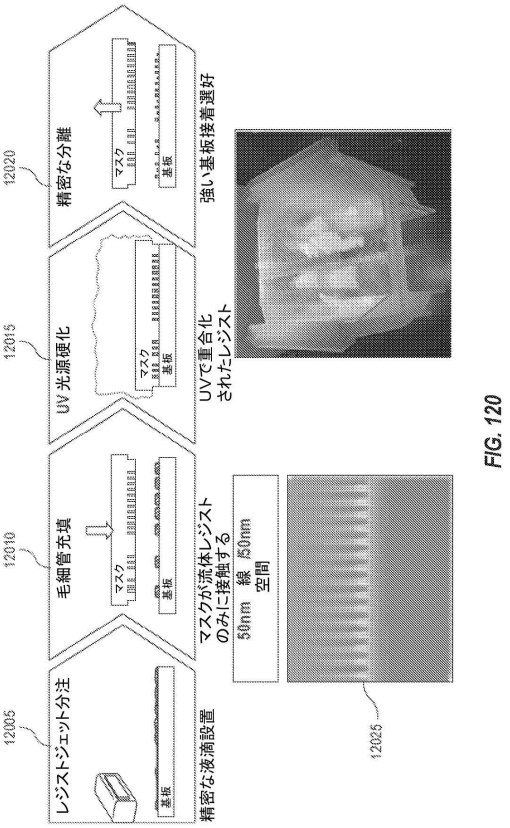


FIG. 120

【図１２１Ａ】

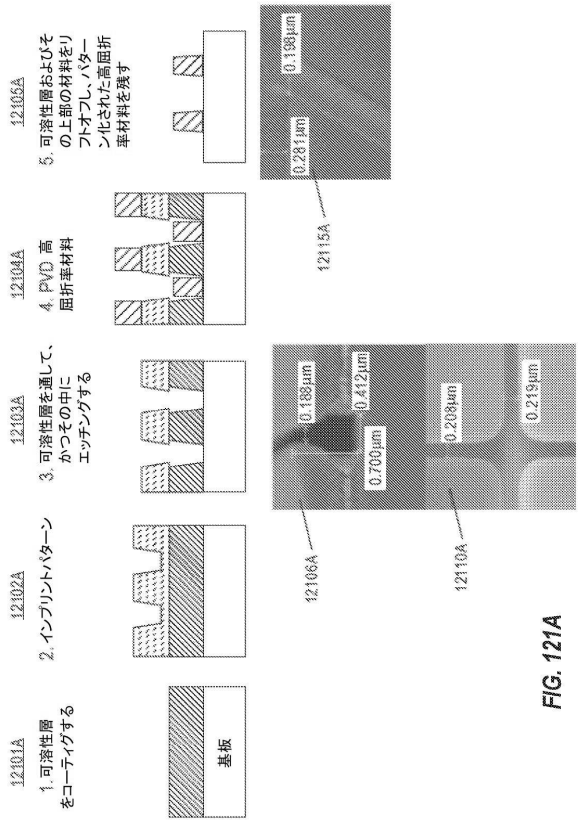


FIG. 121A

【図１２１Ｂ】

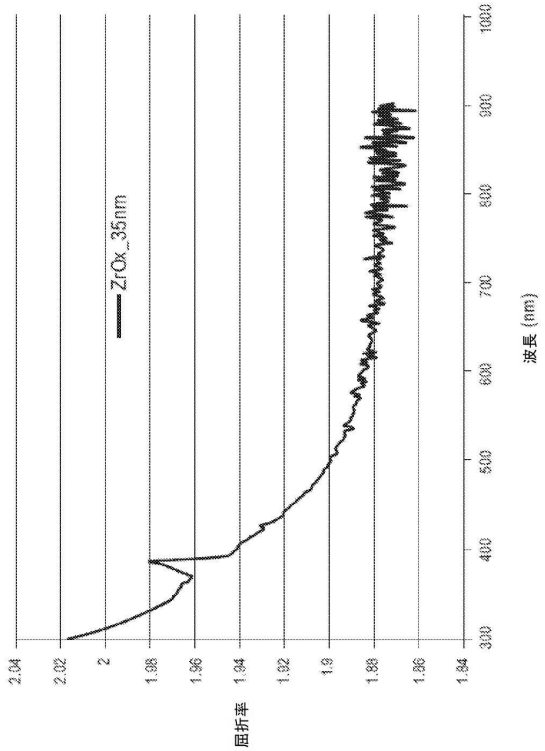


FIG. 121B

【図１２１Ｃ】

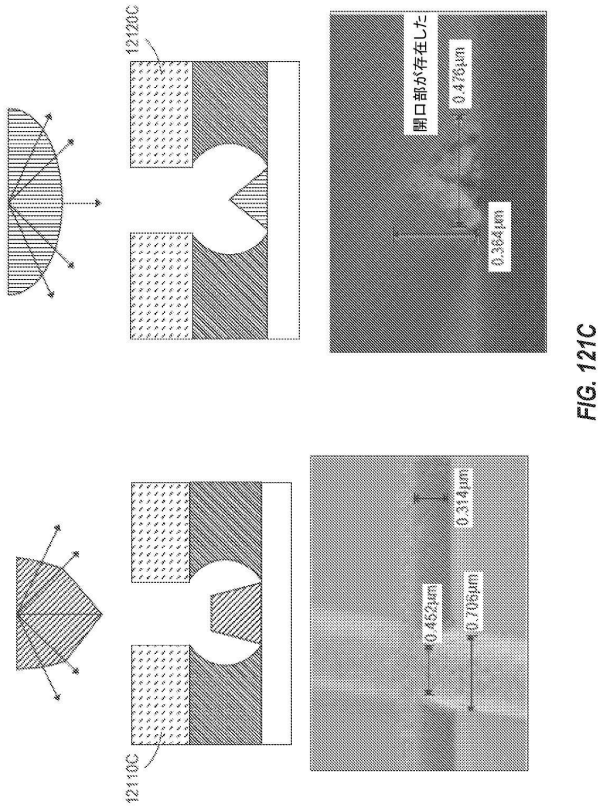


FIG. 121C

【図１２１Ｄ】

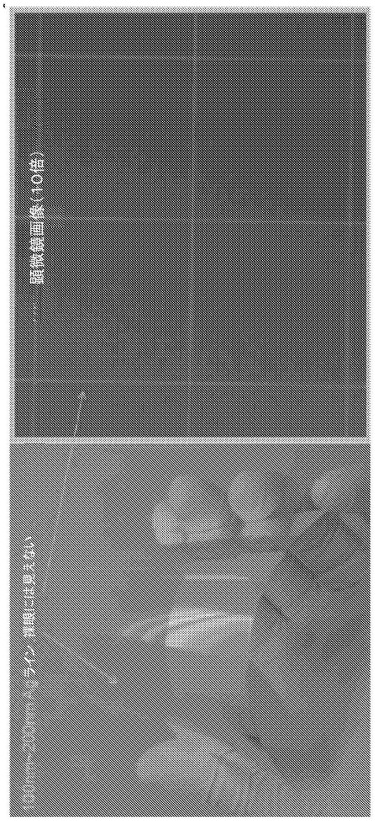


FIG. 121D

【図１２２】

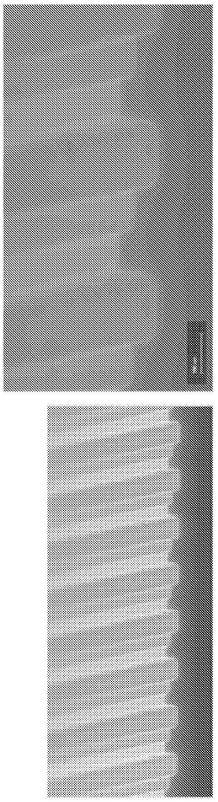


FIG. 122

【図１２３】

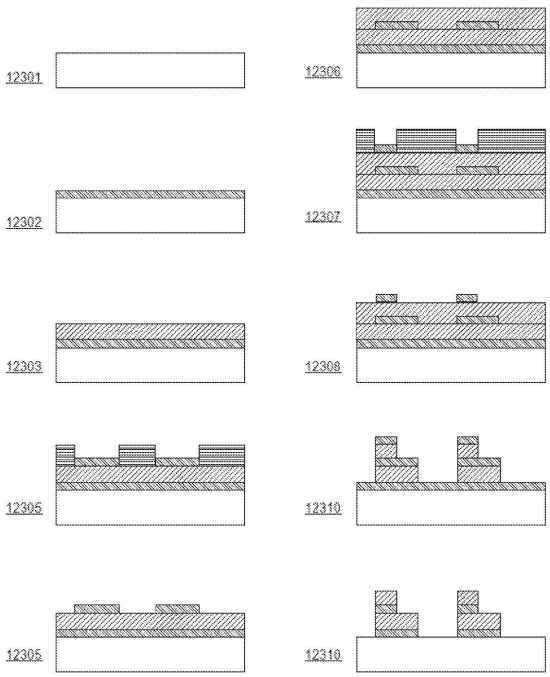


FIG. 123

【図１２４】

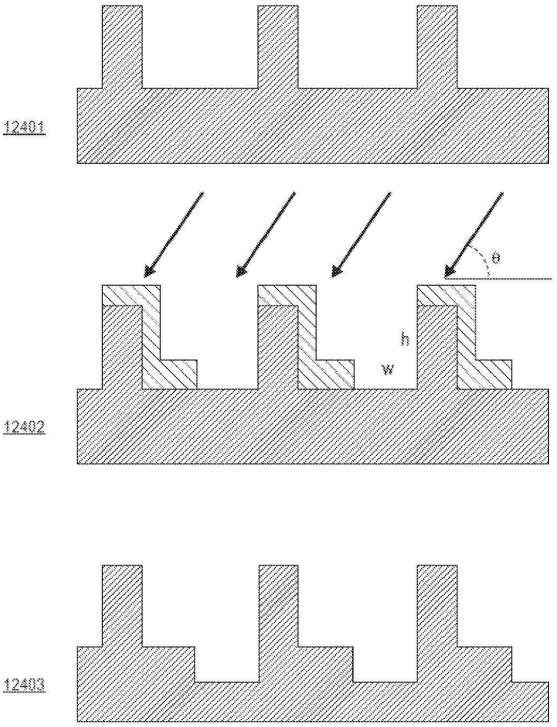


FIG. 124

【図１２５】

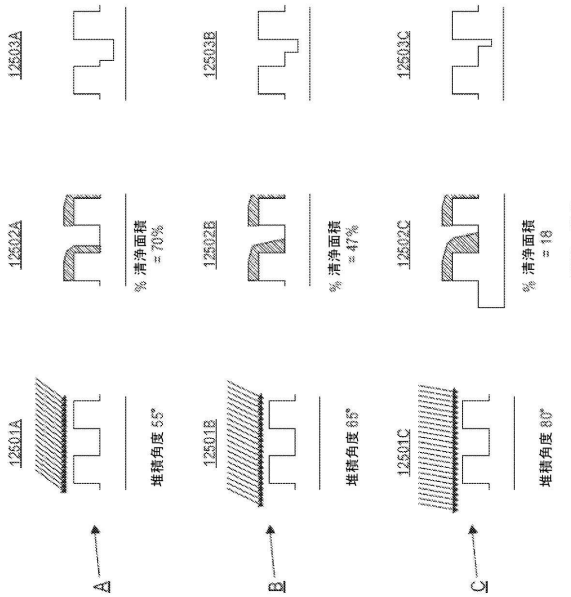


FIG. 125

【図１２６】

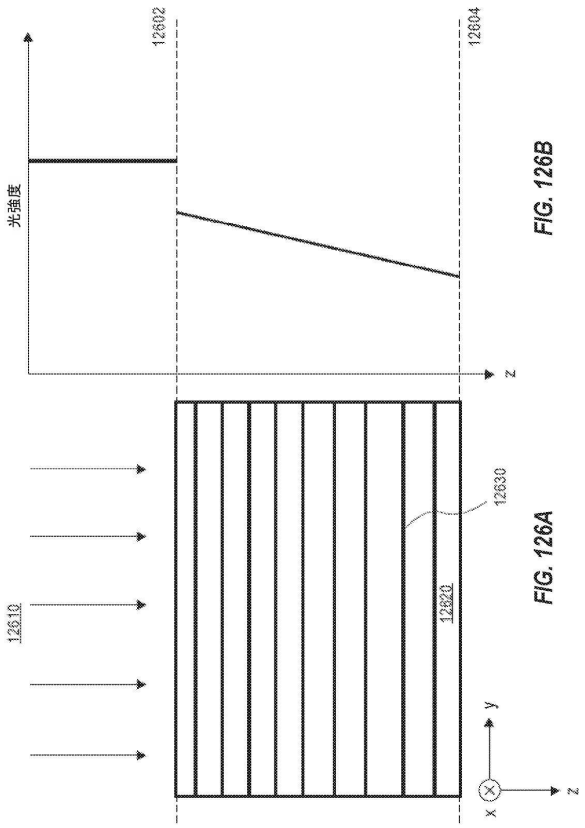


FIG. 126A

FIG. 126B

【図１２７－１】

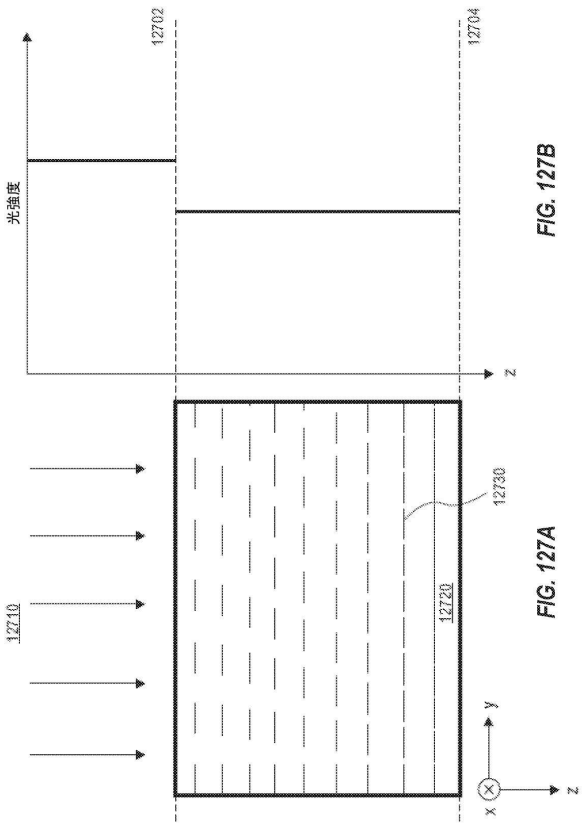


FIG. 127A

FIG. 127B

【図１２７－２】

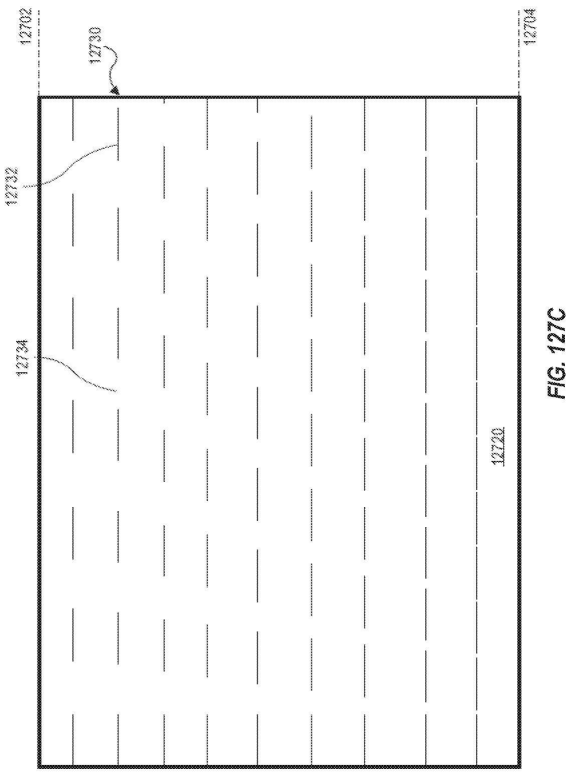


FIG. 127C

【図１２８】

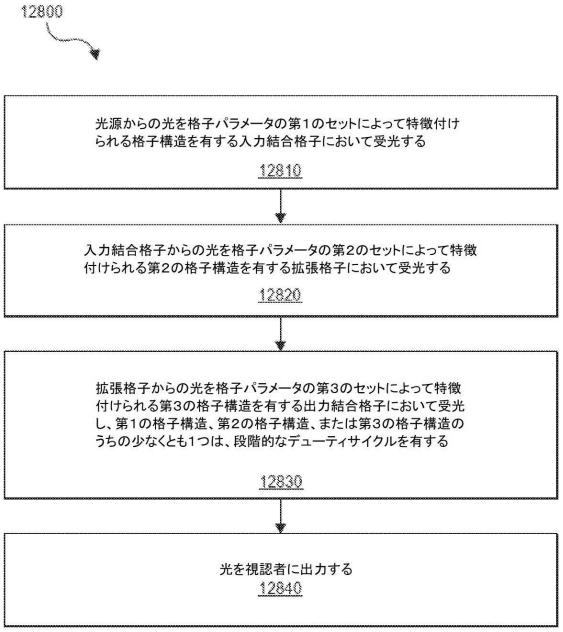

12800
光源からの光を格子パラメータの第1のセットによって特徴付けられる格子構造を有する入力結合格子において受光する
12810
入力結合格子からの光を格子パラメータの第2のセットによって特徴付けられる第2の格子構造を有する拡張格子において受光する
12820
拡張格子からの光を格子パラメータの第3のセットによって特徴付けられる第3の格子構造を有する出力結合格子において受光し、第1の格子構造、第2の格子構造、または第3の格子構造のうちの少なくとも1つは、段階的なデューティサイクルを有する
12830
光を視認者に出力する
12840

FIG. 128

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)
(31)優先権主張番号　62/449,524
(32)優先日　平成29年1月23日(2017.1.23)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/509,969
(32)優先日　平成29年5月23日(2017.5.23)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/519,536
(32)優先日　平成29年6月14日(2017.6.14)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/521,889
(32)優先日　平成29年6月19日(2017.6.19)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
早期審査対象出願
前置審査
(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　バーガバ， サマース
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　テコルスト， ロバート ディー．
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　リウ， ビクター ケー．
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　ペロス， クリストフ
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　サン ティレール， ピエール
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　ポリアコフ， エフゲニー
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者　シェーファー， ジェイソン
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　メッリ， マウロ
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　ウエスト， メラニー

アメリカ合衆国 フロリダ ３３３２２， プランテーション， ダブリュー． サンライズ ブールバード ７５００
(72)発明者 ルオ， カン
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 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
国際公開第２００８／１４８９２７（WO，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１４／０３００９６６（ＵＳ，Ａ１）
特開２０１５－１９４５４９（ＪＰ，Ａ）
特表２０１５－５３４１１７（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００４／０２４６７４３（ＵＳ，Ａ１）
特開２０１５－０４９３７６（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００２／００７６１５４（ＵＳ，Ａ１）
特開２００５－１８９２６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ ２７／０１，２７／０２
Ｇ０２Ｂ ５／１８，５／３０，５／３２，６／００
Ｇ０３Ｈ １／２２