(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-527281
(P2024-527281A)
(43)公表日　令和6年7月24日(2024.7.24)

(51)国際特許分類			FI			テーマコード（参考）
G02B	*27/02*	*(2006.01)*	G02B	27/02	Z	2H199
H01L	*33/58*	*(2010.01)*	H01L	33/58		5F142
G02B	*3/00*	*(2006.01)*	G02B	3/00	A	

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全36頁）

(21)出願番号　特願2023-579021(P2023-579021)
(86)(22)出願日　令和4年6月3日(2022.6.3)
(85)翻訳文提出日　令和6年2月19日(2024.2.19)
(86)国際出願番号　PCT/US2022/032125
(87)国際公開番号　WO2022/271430
(87)国際公開日　令和4年12月29日(2022.12.29)
(31)優先権主張番号　63/213,566
(32)優先日　令和3年6月22日(2021.6.22)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　63/213,574
(32)優先日　令和3年6月22日(2021.6.22)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　63/254,967
最終頁に続く

(71)出願人　502208397
グーグル エルエルシー
Ｇｏｏｇｌｅ ＬＬＣ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９４０４３ マウンテン ビュー アンフィシアター パークウェイ １６００
１６００ Ａｍｐｈｉｔｈｅａｔｒｅ Ｐａｒｋｗａｙ ９４０４３ Ｍｏｕｎｔａｉｎ Ｖｉｅｗ， ＣＡ Ｕ．Ｓ．Ａ．
(74)代理人　110001195
弁理士法人深見特許事務所
(72)発明者　クルーグ，マイケル・アンソニー
アメリカ合衆国、９４５３９ カリフォルニア州、フリーモント、リライアンス・ウェイ、１２５０、ラクシウム・イン
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　マイクロ発光ダイオードのための光取り出し構成を用いたディスプレイシステム

(57)【要約】
光出力を提供するためのエミッタシステムアセンブリを含むディスプレイシステムが開示される。エミッタシステムアセンブリは、第１の発光スペクトルを提供する第１のエミッタ、第１のエミッタを少なくとも部分的に取り囲む空洞、第１のエミッタからの第１の発光スペクトルのうちの少なくとも部分を透過させるように構成された第１のアパーチャ、および第１のアパーチャと光学的に連通した成形要素、を含む。空洞は、第１の発光スペクトルを空洞内でアパーチャに向けて反射する反射器を含む。

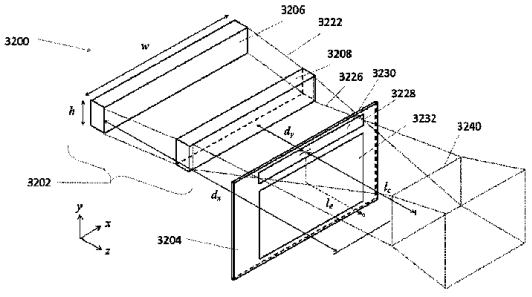


FIG. 32A

【特許請求の範囲】
【請求項１】
光学システムであって、
ディスプレイシステムを備え、
前記ディスプレイシステムは、
エミッタアレイとレンズレットアレイとを有するエミッタアレイパネルを含み、前記レンズレットアレイは、第１の軸に沿った屈折力を有する円柱レンズレットを含み、
前記ディスプレイシステムは、
前記第１の軸に対して実質的に垂直な第２の軸に沿った屈折力を有する投影レンズをさらに含み、
前記光学システムは、
インカップリング光学要素およびアウトカップリング光学要素を有する瞳複製導波路をさらに備える、光学システム。
【請求項２】
前記エミッタアレイは複数のマイクロＬＥＤエミッタを含む、請求項１に記載の光学システム。
【請求項３】
前記円柱レンズレットの少なくとも部分はおよそ５００ミリメートル～無限遠の距離において前記エミッタアレイ内のエミッタの少なくとも部分の像を形成する、請求項２に記載の光学システム。
【請求項４】
複数のマイクロＬＥＤエミッタが、ピクセルを形成するように前記エミッタアレイパネル内で互いにグループ化される、請求項２に記載の光学システム。
【請求項５】
前記ピクセルは前記エミッタアレイパネルの区域にわたってピッチで配設されている、請求項４に記載の光学システム。
【請求項６】
前記ピッチはおよそ２５μｍである、請求項５に記載の光学システム。
【請求項７】
前記円柱レンズレットは、前記第１の軸に沿った屈折力を介して、前記エミッタアレイからの光を、第１の焦点距離にある第１の焦点において集束させるように構成されており、前記第１の焦点距離は非無限遠である、請求項１に記載の光学システム。
【請求項８】
前記第１の焦点距離はおよそ１メートルである、請求項７に記載の光学システム。
【請求項９】
前記投影レンズは、前記第２の軸に沿った屈折力を介して、前記レンズレットアレイからの光をコリメートするように構成されている、請求項１に記載の光学システム。
【請求項１０】
前記投影レンズは、前記コリメートされた光を瞳場所において収束させるようにさらに構成されている、請求項９に記載の光学システム。
【請求項１１】
前記インカップリング光学要素は前記瞳場所に位置付けられている、請求項１０に記載の光学システム。
【請求項１２】
前記第１の焦点距離は、ユーザの眼に向かって前記導波路を通って反射する光の光路距離におよそ等しい、請求項７に記載のシステム。
【請求項１３】
前記インカップリング光学要素は細長い、請求項１に記載のシステム。
【請求項１４】
前記アウトカップリング光学要素は、単一の軸に沿って出射ビームを複製するように構

成されている、請求項１に記載のシステム。
【請求項１５】
前記投影レンズは、前記第２の軸に沿った屈折力を介して、前記レンズレットアレイからの光を、前記投影レンズから第２の焦点距離の第２の焦点において集束させるように構成されている、請求項７に記載のシステム。
【請求項１６】
前記第１の焦点および前記第２の焦点は実質的に同じ位置に位置する、請求項１５に記載のシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連出願
本出願は、２０２１年１０月１２日に出願された米国仮特許出願第６３／２５４，９６７号、２０２１年６月２２日に出願された米国仮特許出願第６３／２１３，５６６号、および２０２１年６月２２日に出願された米国仮特許出願第６３／２１３，５７４号の優先権の利益を主張する。上述の出願の各々の全内容は本明細書において参照により組み込まれる。
【背景技術】
【０００２】
背景
本開示の態様は、概して、発光ダイオード（ＬＥＤ：ｌｉｇｈｔ　ｅｍｉｔｔｉｎｇ　ｄｉｏｄｅ）に関し、より詳細には、マイクロ発光ダイオード（マイクロＬＥＤ）からの光取り出しを向上させるアセンブリに関する。
【０００３】
発光ダイオード（ＬＥＤ）技術における近年の進歩は、各マイクロＬＥＤが数ミクロン～数分の１ミクロンほどのエミッタピッチを有する、マイクロＬＥＤのアレイを組み込んだ高密度ディスプレイデバイスの形成を可能にした。例えば、付属書類Ａは、マイクロＬＥＤベースのライトフィールドディスプレイの様々な構成を開示している。
【０００４】
従来のディスプレイとマイクロＬＥＤベースのディスプレイとの対比を示すために、図１は、差し込み図１３０内でより良好に見られるように、発光要素１２５のアレイ１２０を有する従来のディスプレイ１１０を示す。上述されたように、従来のＬＥＤであり得る発光要素１２５は、全てが、同じ波長における光を放出するか、または２つ以上の波長において放出するＬＥＤのパターンで配列され得る。例えば、アレイ１２０は、可視スペクトル内の赤色、緑色、および青色波長において放出し、規則的パターンで配列されたＬＥＤを含み得る。
【０００５】
図１に示される例では、発光要素１２５はディスプレイ１１０の区域にわたるＱ×Ｐアレイの形で配列され得る。ここで、Ｑはアレイ内の発光要素１２５の行の数であり、Ｐはアレイ内の発光要素１２５の列の数である。図示されていないが、従来のディスプレイ１１０は、発光要素１２５に加えて、電力を発光要素１２５のうちの１つまたは複数へ選択的に送るように構成された様々な電気トレースおよび接点を含むバックプレーンを含み得る。
【０００６】
図２は、第１の差し込み図２３０内に示されるように、スーパーラクセル２２５のアレイ２２０を有するライトフィールドディスプレイ２１０を示す。さらに、各スーパーラクセル２２５は、第２の差し込み図２４０内に示されるように、サブラクセル２４５を含む。サブラクセル２４５の各々のものは、上述されたように、マイクロＬＥＤであり得る。すなわち、各スーパーラクセル２２５は図１の発光要素１２５とサイズが対応し得、その一方で、数ミクロン、またはさらに、数分の１ミクロンのエミッタピッチを有するマイク

ロＬＥＤで形成された複数のサブラクセル２４５を含む。図２に示される例では、各スーパーラクセル２２５は、各辺がスーパーラクセルピッチ２２７を有する概ね正方形の形状を有するように示されている。各スーパーラクセル２２５は、単一の波長範囲（例えば、赤色、緑色、または青色波長範囲）における、または複数色の範囲にわたる（例えば、可視電磁波長範囲の少なくとも部分にわたる）光を放出するように構成され得る。

【０００７】

図２に示される例では、スーパーラクセル２２５はＮ×Ｍアレイに配列されている。ここで、Ｎはアレイ内のスーパーラクセル２２５の行の数であり、Ｍはアレイ内のスーパーラクセル２２５の列の数である。図２に示されるように、スーパーラクセル２２５の各々のものは複数のサブラクセル２４５を含む。サブラクセル２４５の各々のものは、例えば、可視スペクトル内の赤色、緑色、または青色波長において放出し、規則的パターンで配列されたマイクロＬＥＤを含み得る。一例では、様々な色のサブラクセル２４５が共通基板上にモノリシックに集積され得、サブラクセル２４５内のマイクロＬＥＤの各々のものはサイズが数分の１ミクロン～およそ１００ミクロンに及び得る。

【０００８】

図３は、スーパーラクセル２２５の光ステアリングの態様を示す。差し込み図３３０に示されるように、スーパーラクセル２２５の各々のものは、そのスーパーラクセル２２５から放出された光を所望の場所へ向けるための光ステアリング光学要素３４０を含み得る。図３に示される例では、各光ステアリング光学要素３４０は、スーパーラクセル２２５のうちの１つのサイズほどのレンズピッチ３４５を有するように示されている。

【０００９】

マイクロＬＥＤベースのディスプレイは新たな用途を可能にするが、各マイクロＬＥＤ、および全体としてのディスプレイの性能を最大化するために、様々な改善が依然として可能である。特に、拡張現実／仮想現実（ＡＲ／ＶＲ：ａｕｇｍｅｎｔｅｄ　ｒｅａｌｉｔｙ／ｖｉｒｔｕａｌ　ｒｅａｌｉｔｙ）および他のニアアイディスプレイ用途のための小型マイクロＬＥＤアレイは、高効率の光取り出しを有する高輝度光出力を必要とする。

【発明の概要】

【００１０】

開示の概要

以下のことは、１つまたは複数の態様の単純化された概要を、このような態様の基本的理解をもたらすために提示する。本概要は全ての企図される態様の幅広い概説ではなく、全ての態様の枢要または重要な要素を特定することも、任意または全ての態様の範囲を明確にすることも意図されていない。その目的は、１つまたは複数の態様のいくつかの概念を、後に提示される、より詳細な説明への前置きとして、単純化された形態で提示することである。

【００１１】

本開示の一態様では、光出力を提供するためのエミッタシステムアセンブリを含む、ディスプレイシステムが開示される。エミッタシステムアセンブリは、第１の発光スペクトルを提供する第１のエミッタ、第１のエミッタを少なくとも部分的に取り囲む空洞、および第１のエミッタからの第１の発光スペクトルのうちの少なくとも部分を透過させるように構成された第１のアパーチャ、を含む。エミッタシステムアセンブリは、第１のアパーチャと光学的に連通した成形要素をさらに含み、空洞は、第１の発光スペクトルを空洞内でアパーチャに向けて反射する反射器を含む。

【００１２】

本開示の別の態様では、備えるエミッタアレイシステムが開示される。エミッタアレイシステムは、中心発光スペクトルを提供するように構成された中心エミッタ、周辺発光スペクトルを提供するように構成された周辺エミッタ、中心エミッタを少なくとも部分的に取り囲む中心空洞、および周辺エミッタを少なくとも部分的に取り囲む周辺空洞を含む。エミッタアレイシステムは、さらに、中心エミッタからの中心発光スペクトルの少なくとも部分を透過させるように構成された中心アパーチャと、周辺エミッタからの周辺発光ス

ペクトルの少なくとも部分を透過させるように構成された周辺アパーチャと、中心アパーチャと光学的に連通した中心成形要素であって、中心発光スペクトルを第１の角度で方向付ける中心成形要素と、周辺アパーチャと光学的に連通した周辺成形要素であって、周辺発光スペクトルを第２の角度で方向付ける周辺成形要素と、を含む。

【００１３】

添付の図面は一部の実装形態のみを示し、したがって、範囲の限定と考えられるべきでない。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】本開示の態様に係る、複数のピクセルを有するディスプレイの一例を示す図である。

【図２】本開示の態様に係る、複数のピクチャ要素を有するライトフィールドディスプレイの例を示す図である。

【図３】本開示の態様に係る、複数のピクチャ要素を有するライトフィールドディスプレイの例を示す図である。

【図４】本開示の態様に係る、ＬＥＤからの光取り出しのための全体的構成を示す図である。

【図５】本開示の態様に係る、光取り出し構成の例を示す図である。

【図６】本開示の態様に係る、光取り出し構成の例を示す図である。

【図７】本開示の態様に係る、光取り出し構成の例を示す図である。

【図８】本開示の態様に係る、マイクロＬＥＤのアレイからの光取り出しのための構成の例を示す図である。

【図９】本開示の態様に係る、マイクロＬＥＤのアレイからの光取り出しのための構成の例を示す図である。

【図１０】本開示の態様に係る、マイクロＬＥＤのアレイからの光取り出しのための構成の例を示す図である。

【図１１】本開示の態様に係る、マイクロＬＥＤのための光取り出し構成を形成するためのプロセスを示すフローチャートである。

【図１２】本開示の態様に係る、ニアアイディスプレイシステムの上面概略図である。

【図１３】本開示の態様に係る、レンズレットを有するエミッタアレイシステムの上面概略図である。

【図１４】本開示の態様に係る、格子を有するエミッタアレイシステムの上面概略図である。

【図１５】本開示の態様に係る、プリズムを有するエミッタアレイシステムの上面概略図である。

【図１６Ａ】本開示の態様に係る、エミッタアレイシステムの正面図である。

【図１６Ｂ】本開示の態様に係る、エミッタアレイシステムの正面図である。

【図１６Ｃ】本開示の態様に係る、エミッタアレイシステムの斜視図である。

【図１７】本開示の態様に係る、ニアアイディスプレイシステムの上面概略図である。

【図１８Ａ】本開示の態様に係る、エミッタアレイシステムの正面図である。

【図１８Ｂ】本開示の態様に係る、エミッタアレイシステムの斜視図である。

【図１９】本開示の態様に係る、エミッタアレイシステムの上面概略図である。

【図２０】本開示の態様に係る、ニアアイディスプレイシステムの上面概略図である。

【図２１Ａ】本開示の態様に係る、光吸収要素を有するエミッタアレイシステムの上面概略図である。

【図２１Ｂ】本開示の態様に係る、光吸収要素を有するエミッタアレイシステムの上面概略図である。

【図２２Ａ】本開示の態様に係る、視差バリアを有するエミッタアレイシステムの上面概略図である。

【図２２Ｂ】本開示の態様に係る、シャッタを有するエミッタアレイシステムの上面概略

図である。
【図２２Ｃ】本開示の態様に係る、可動シャッタを有するニアアイディスプレイシステムの上面概略図である。
【図２２Ｄ】本開示の態様に係る、可動シャッタを有するニアアイディスプレイシステムの上面概略図である。
【図２３】本開示の態様に係る、均一テレセントリックニアアイディスプレイの上面概略図および２つの詳細図である。
【図２４】本開示の態様に係る、均一主光線傾斜構成を有する光学システムの上面概略図である。
【図２５】本開示の態様に係る、ハイパーテレセントリック主光線傾斜構成を有する光学システムの上面概略図である。
【図２６】本開示の態様に係る、ハイパーテレセントリック主光線傾斜構成を有するエミッタアレイシステムの正面図である。
【図２７】本開示の態様に係る、ハイパーテレセントリック主光線傾斜構成を有するニアアイディスプレイシステムの上面概略図である。
【図２８】本開示の態様に係る、収束主光線傾斜構成を有する光学システムの上面概略図である。
【図２９】本開示の態様に係る、収束主光線傾斜構成を有するエミッタアレイシステムの正面図である。
【図３０】本開示の態様に係る、収束主光線傾斜構成を有するニアアイディスプレイシステムの上面概略図である。
【図３１Ａ】本開示の態様に係る、不均一回折構造を有するエミッタアレイシステムの部分上面概略図である。
【図３１Ｂ】本開示の態様に係る、不均一回折構造を有するエミッタアレイシステムの部分上面概略図である。
【図３２Ａ】本開示の態様に係る、ディスプレイシステムおよび導波路を有する光学システムの斜視概略図である。
【図３２Ｂ】本開示の態様に係る、ディスプレイシステムおよび導波路を有する光学システムの斜視概略図である。
【図３３Ａ】本開示の態様に係る、エミッタアレイパネルの正面図である。
【図３３Ｂ】本開示の態様に係る、エミッタアレイパネルの上面図である。
【図３３Ｃ】本開示の態様に係る、エミッタアレイパネルの正面図である。
【図３３Ｄ】本開示の態様に係る、エミッタアレイパネルの上面図である。
【図３４Ａ】本開示の態様に係る、エミッタアレイパネルの中心詳細図である。
【図３４Ｂ】本開示の態様に係る、エミッタアレイパネルの周辺詳細図である。
【図３４Ｃ】本開示の態様に係る、エミッタアレイパネルの実施形態を示す図である。
【図３４Ｄ】本開示の態様に係る、エミッタアレイパネルの実施形態を示す図である。
【図３５】本開示の態様に係る、細長い投影レンズの一例を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
詳細な説明
以下において添付の図面に関して記載される詳細な説明は様々な構成の説明として意図され、本明細書において説明される概念が実施され得る構成のみを示すことを意図されない。詳細な説明は、様々な概念の完全な理解を与えることを目的とする具体的詳細を含む。しかし、これらの概念はこれらの具体的詳細がなくても実施され得ることが当業者には明らかであろう。場合によっては、このような概念を不明瞭にすることを回避するために、よく知られた構成要素はブロック図の形で示される。
【００１６】
マイクロＬＥＤの小さいサイズおよび高い効率を有効に生かすには、各マイクロＬＥＤによって生成された光のうちのできるだけ多くが取り出されなければならない。したがっ

て、マイクロＬＥＤによって生成された光の改善された取り出しのための新たな構成が望まれる。

【００１７】

図４は、マイクロＬＥＤなどの光エミッタからの改善された光取り出しのための例示的な構成を示す。図４に示されるように、エミッタシステム４００は、発光を生成するためのエミッタ４１０を含む。例えば、エミッタ４１０は、量子井戸（ＱＷ：ｑｕａｎｔｕｍ ｗｅｌｌ）技術に基づく従来のＬＥＤもしくはマイクロＬＥＤ、または別の種類の小型光エミッタであり得る。エミッタ４１０はＬＥＤ空洞４２０によって取り囲まれている。エタンデュゲート（ｅｔｅｎｄｕｅ ｇａｔｅ）４３０が、エミッタ４１０からの光がモード適合光学素子４４０に向けて放たれるための空間アパーチャを提供する。モード適合光学素子４４０は、ＬＥＤ空洞４２０からの光を、プロジェクタデバイスにおける使用など、特定の用途の要求に適合する出力４５０に成形するように構成されている。

【００１８】

より具体的には、ＬＥＤ空洞４２０は、例えば、エミッタ４１０によって生成された光を閉じ込めるための高反射率面を含み得る。ＬＥＤ空洞４２０の幾何学的形状は、特定の用途のために、エタンデュゲート４３０を通した光結合のための最適な幾何学的形状を提供するように調整され得る。「空洞」と呼ばれるものの、ＬＥＤ空洞４２０は、固体半導体（窒化ガリウムなど）、またはエミッタ４１０によって放出された光に対して実質的に透過性を有する別の材料（絶縁物など）などの、空気以外の材料を充填され得ることに留意されたい。

【００１９】

エタンデュゲート４３０は、ＬＥＤ空洞４２０から出射した光をモード適合光学素子４４０に効率的に結合するための、固定された、または調整可能な空間アパーチャであり得る。エタンデュゲート４３０は、例えば、エタンデュゲート４３０において特定の範囲の入射角内で入射する光、偏光状態、波長、共振空洞モード、および他の光学特性などの、特定の特性を有する光を選択的に透過させるためのフィルタをさらに含み得る。例えば、エタンデュゲート４３０は、外部光の存在下で表示コントラストを向上させるための１つまたは複数の無反射、低反射、または反射防止層を含み得る。一例として、エミッタシステム４００のアレイはディスプレイに形成され得、各エミッタシステムは、ディスプレイによって生成される像に寄与する光を生成する。このようなディスプレイでは、ディスプレイ内へ入り込んだ外部光が存在する場合には、各エタンデュゲート４３０は外部光を反射し得、これにより、ディスプレイによって生成される像を損なう。このような望ましくない効果は、エタンデュゲート４３０へ到達する任意の外部光がＬＥＤ空洞４２０内に取り込まれ得るよう、エタンデュゲート４３０において１つまたは複数の無反射、低反射、または反射防止層を組み込むことによって低減され得る。

【００２０】

モード適合光学素子４４０は、結像または非結像構成で配列された１つまたは複数の屈折、反射、または回折光学素子を含み得る。モード適合光学素子４４０は、特定の用途の受け入れ光照射野に適合する出力４５０を提供するように調整され得る。例えば、エミッタシステム４００が、拡張現実（ＡＲ）または仮想現実（ＶＲ）ヘッドセットなどのための、プロジェクタにおける使用のための発光を提供することが意図されている場合には、このとき、モード適合光学素子４４０は、エタンデュゲート４３０を透過させられた光を、プロジェクタのための受け入れ基準に最適に適合する出力４５０に変換するように構成され得る。この場合も先と同様に、外部光がエミッタシステム４００内へ入り込むことによる影響を低減するために、無反射、低反射、または反射防止層がモード適合光学素子４４０内に組み込まれ得る。

【００２１】

代替的実施形態では、図５に示されるように、エミッタシステム５００のためのエタンデュゲート４３０およびモード適合光学素子４４０は、エミッタ４１０から放出された光を拡散するためのテクスチャ形成面５３０によって置換され得る。この場合には、ＬＥＤ

空洞４２０は、コリメートされた光出力を必要としない用途における使用のために適した光出力を提供するべく、エミッタ４１０から放出された光をテクスチャ形成面に向けて効率的に方向付けさせるように構成され得る。

【００２２】

特定の場合には、モード適合光学素子４４０のための適切な設計を用いることで、ＬＥＤ空洞４２０は縮小または除去され得る。例えば、図６に示されるように、エミッタシステム６００は、モード適合光学素子４４０の役割を果たす切頂複合放物曲線（ＣＰＣ：ｃｏｍｐｏｕｎｄ　ｐａｒａｂｏｌｉｃ　ｃｕｒｖｅ）コリメータ６２０の頂点に位置付けられたエミッタ４１０を含み得る。エミッタシステム６００の場合には、切頂ＣＰＣコリメータ６２０は特定の用途のための十分なモード適合および成形された光出力を提供し得る。代替的に、図７に示されるように、非球面レンズ７４０が、エミッタ４１０に隣接して形成されたモード適合光学素子４４０として用いられ得る。非球面レンズ７４０は成形側壁７６０を含み得、これにより、成形側壁７６０の適切な設計を用いることで、空洞を有することなく、非球面レンズ７４０のみで、特定の用途のための適切に成形された光出力を提供することができる。

【００２３】

図８は、一実施形態に係る、光取り出し機構を含むエミッタアレイシステム８００の断面図を示す。エミッタアレイシステム８００は、例えば、２次元アレイ状に配列された複数のエミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃを支持するＬＥＤ基板８０５を含む。一例として、エミッタ８１０Ａは、赤色波長範囲内の光を放出するように構成された量子井戸ベースのマイクロＬＥＤであり得、エミッタ８１０Ｂは、緑色波長範囲内の光を放出するように構成されたマイクロＬＥＤであり得、エミッタ８１０Ｃは、青色波長範囲内の光を放出するように構成されたマイクロＬＥＤであり得る。別の構成では、エミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および／または８１０Ｃは、同じ波長範囲内の光を放出するように構成され得る。一例では、エミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃの各々のものは反射表面８１５によって取り囲まれており、これにより、そのエミッタによって放出された光は図８において下方へ方向付けられる。反射表面８１５は、金属（例えば、アルミニウム、金、銀）、誘電体、誘電体材料の多層膜スタック、またはこれらの任意の組み合わせで形成され得る。

【００２４】

引き続き図８を参照すると、エミッタアレイシステム８００は、エミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、８１０Ｃにそれぞれ隣接したＬＥＤ空洞８２０Ａ、８２０Ｂ、および８２０Ｃをさらに含む。ＬＥＤ空洞８２０Ａ、８２０Ｂ、および８２０Ｃは、例えば、所望の波長内の光透過に対応した半導体（ＧａＮなど）あるいは他の材料（絶縁物または透明導電性酸化物など）によって形成され得る。ＬＥＤ空洞８２０Ａ、８２０Ｂ、および８２０Ｃは、エミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃから放出された光をそれぞれ閉じ込め、および／または成形するための反射表面８２５をそれらの内部に含む。反射表面８２５もまた、金属（例えば、アルミニウム、金、銀）、誘電体、誘電体材料の多層膜スタック、またはこれらの任意の組み合わせで形成され得る。例えば、ＬＥＤ空洞８２０Ａは、エミッタ８１０Ａによって放出された光をアパーチャ８３０Ａに結合するために最適化された空洞形状によって画定され得、ＬＥＤ空洞８２０Ｂは、エミッタ８１０Ｂによって放出された光をアパーチャ８３０Ｂに結合するために最適化され得、ＬＥＤ空洞８２０Ｃは、アパーチャ８３０Ｃに結合されるべき、エミッタ８１０Ｃによって放出された光に最もうまく適合するように形成され得る。別の例では、ＬＥＤ空洞８２０Ａ、８２０Ｂ、および８２０Ｃのうちの２つ以上は互いに同一であり得る。同様に、アパーチャ８３０Ａはアパーチャ８３０Ｂおよび／または８３０Ｃと異なり得るか、あるいはアパーチャ８３０Ａ、８３０Ｂ、および８３０Ｃは寸法が同一であり得る。アパーチャ８３０Ａ、８３０Ｂ、および８３０Ｃは、一例では、ニアアイディスプレイグラスのための導波路の入力ポートの役割を果たすものなど、入力結合格子（ＩＣＧ：ｉｎｐｕｔ　ｃｏｕｐｌｉｎｇ　ｇｒａｔｉｎｇ）の平面と共役に形成され得る。他の種類のスループット制限アパーチャ構成も、モ

ード結合光学素子、またはアパーチャから下流の他の光学素子の要求に従って実施され得る。さらに、任意選択的に、アパーチャ８３０Ａ、８３０Ｂ、および／または８３０Ｃは、角度、波長、および／または偏光フィルタリング能力など、追加の光学特性を含み得る。

【００２５】

アパーチャ８３０Ａ、８３０Ｂ、および８３０Ｃを通ってそれぞれＬＥＤ空洞８２０Ａ、８２０Ｂ、および８２０Ｃから発した光は、図８に示される例では、レンズレット８４０を通して方向付けられる。レンズレット８４０の各々のものは図４のモード適合光学素子４４０に対応する。図８に示される例では、各レンズレット８４０は、複数のエミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃからの光を方向付けさせるように構成されている。レンズレット８４０の各々のものは、例えば、バックプレーン上に直接形成され得るか、あるいはレンズレットアレイが別個に形成され、次いで、アパーチャおよび吸収体コーティングの形成後にバックプレーンに取り付けられ得る。

【００２６】

レンズレット８４０の各々のものは光バッフル吸収体８４５によってレンズレット８４０の他の各々のものと分離され得る。例えば、光バッフル吸収体８４５は、隣接したレンズレット８４０の間のクロストークを低減するように構成され得る。加えて、アパーチャ８３０Ａ、８３０Ｂ、および８３０Ｃの間の区域は、レンズレット８４０を通って進む迷光をさらに低減するための吸収体材料８４７によって覆われ得る。例示的な実施形態では、線８７０は分界を表し、その上方では、（矢印８７２によって指示されるように）エミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃ、反射器８１５、ＬＥＤ空洞８２０Ａ、８２０Ｂ、および８２０Ｃの部分、ならびに反射器８２５の編成がマイクロＬＥＤの製作の部分として形成され得る。線８７０の下方では、（矢印８７４によって指示されるように）マイクロＬＥＤの製作が完了し、エミッタおよびＬＥＤ空洞部分がバックプレーンウェーハに接合された後に遂行される加工中に、様々な構成要素が形成され得る。

【００２７】

図９は、一実施形態に係る、エミッタアレイシステム９００を示す。エミッタアレイシステム９００は、図８のエミッタアレイシステム８００と同じマイクロＬＥＤ製作側の構成要素を含む。しかし、アパーチャ８３０Ａ、８３０Ｂ、および８３０Ｃの各々のものはその独自のレンズレット９４０Ａ、９４０Ｂ、および９４０Ｃとそれぞれ結合されている。隣接したレンズレット９４０Ａ、９４０Ｂ、および９４０Ｃは光バッフル吸収体９４５によって分離されており、アパーチャ８３０Ａと８３０Ｂとの間、および８３０Ｂと８３０Ｃとの間の区域は吸収体材料９４７によって覆われ得る。この構成では、レンズレット９４０Ａ、９４０Ｂ、および９４０Ｃの各々のものは、エミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃのうちの対応するものによって放出された光の特定の波長および他の光特性と結合するように構成され得る。

【００２８】

図１０は、一実施形態に係る、エミッタアレイシステム１０００を示す。エミッタアレイシステム１０００は、図８に示されるのと同じエミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃを反射器８１５とともに支持するＬＥＤ基板１００５を含む。図８のエミッタアレイシステム８００と対照的に、エミッタアレイシステム１０００はエミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃのグループのための１つのＬＥＤ空洞１０２０を含む。ＬＥＤ空洞１０２０の幾何学的形状および反射器１０２５の特性は、エミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃから放出された光の、アパーチャ１０３０への、およびレンズレット１０４０内への最適な結合のために調整され得る。一例では、レンズレット１０４０は図８のレンズレット８４０と同一であり得る。隣接したレンズレット１０４０は光バッフル吸収体１０４５によって分離され得、アパーチャ１０３０間の区域は吸収体材料１０４７でコーティングされ得る。

【００２９】

図１１は、一実施形態に係る、以上において開示されたエミッタアレイシステムを形成

するための例示的なプロセスを示す。プロセス１１００は、エミッタアレイをエミッタ基板上に形成するステップ１１１０から開始する。ステップ１１１０は、図８を参照すると、基板８０５上または基板８０５内に支持されたエミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃを形成することと、エミッタ８１０Ａ、８１０Ｂ、および８１０Ｃを取り囲む反射器８１５を形成することと、ＬＥＤ空洞８２０Ａ、８２０Ｂ、および８２０ＣのマイクロＬＥＤ側、ならびに反射器８２５の部分を形成することと、を含み得る。

【００３０】

プロセス１１００は、エミッタアレイをバックプレーンに取り付けるステップ１１２０へ進み、次いで、ＬＥＤ空洞の残りの部分、およびアパーチャを形成するステップ１１３０へ進む。例えば、エミッタアレイがバックプレーンに取り付けられ得、その後、エミッタアレイを支持するエミッタ基板が除去され得る。最後に、プロセス１１００は、レンズレットを取り付け、例えば、図８～図１０に示される構造を形成する、ステップ１１４０へ進む。

【００３１】

上述されたように、エミッタアレイシステムは種々の光学およびディスプレイシステム内に含まれ得る。例えば、図１２は、左の四角い差し込み図内の詳細図に示されるように、エミッタアレイシステム１２０１を有するニアアイディスプレイシステム１２００の、上面図を示す。エミッタアレイシステム１２０１は、ＬＥＤ基板１２０５上または内に配設された複数のエミッタ１２１０（例えば、マイクロＬＥＤ）を含む。システム１２０１は、図８に関して上述された空洞８２０と同様であり、エミッタ１２１０からの光を受光するように構成された複数の空洞１２２０をさらに含む。複数のレンズレット１２４０、または他の光学素子が空洞１２２０を覆って配設され得、これにより、エミッタ１２２０によって放出された光は光ビーム１２５０ａとしてエミッタアレイシステム１２０１から出射する。ビーム１２５０ａは、ビームの最も外側の光線間の角度Ωによって規定された円錐１２５２として成形される。エミッタアレイシステム１２０１は、バックプレーンディスプレイ床１２７２ならびに／あるいはバックプレーンドライバおよびバッファ１２７４など、１つまたは複数バックエンド構成要素と結合され得る。

【００３２】

エミッタアレイシステム１２０１から放出された光ビーム１２５０ａはエミッタアレイシステム１２０１と投影レンズ１２５６との間のインターフェース領域１２５４を通って進み得る。インターフェース領域１２５４は、空隙、または設計上の選択事項として選択された屈折率を有する材料の層であり得る。光が投影レンズ１２５６に到達すると、その内部に配設された複数の光学要素１２５８が光を成形し、ビーム１２５０ｂを、１つまたは複数の導波路１２６０上または内に配設されたインカップリング要素１２６２に向けて出力し得る。インカップリング要素１２６２はビーム１２５０ｂからの光の部分の方向を変え得、これにより、光１２５０ｃの部分は、それがアウトカップリング要素１２６４へ到達するまで（例えば、内部全反射を介して）導波路１２６０内を進む。アウトカップリング要素１２６４は光１２５０ｃの部分の方向を変え、これにより、それはユーザの眼１２６８に向かって光１２５０ｄとして導波路１２６０から出射する。それゆえ、発光アレイ１２０１によって放出された光はニアアイディスプレイシステムを通して中継され、ユーザに見える。加えて、導波路１２６０が透明である場合、ユーザには、それを通過する世界光１２６６も見え得る。それゆえ、世界光、およびエミッタアレイシステムからの光の少なくとも部分（例えば、拡張現実ビュー）がユーザに提示され得る。システム１２００は、上述されたように、エミッタに隣接した空洞によってもたらされる改善された光取り出しから利益を得ることができる。

【００３３】

図１２は、レンズレット１２４０が、エミッタ１２１０によって放出された光を成形するために用いられ得ることを示しているが、他の構成も可能である。図１３～図１５は、エミッタ１３１０によって生成され、空洞１３２０およびアパーチャ１３３０を通過させられた光を成形するための代替的選択肢を示す。図１３は、光バッフル吸収体１３４５に

よって側面を取り囲まれたレンズレット１３４０を示す。レンズレット１３４０の基部と空洞１３２０との間に、光がアパーチャ１３３０を通過することを可能にするための開口部を有する追加の光吸収材料が配置され得る。吸収体材料は、隣接したレンズレット間のクロストークを防止するのに役立つ。図１４および図１５は、レンズレット１３４０は回折要素１４４０（例えば、回折レンズまたはメタマテリアルレンズ）あるいはプリズム１５４０と置換され得ることを示す。レンズレット１３４０、回折要素１４４０、および／またはプリズム１５４０は、エミッタ１３１０からの光を集束させ、および／または方向を変えるために用いられ得る。図１２～図１５に示される構成の各々は、エミッタと空洞、およびエミッタと光成形要素（例えば、レンズレット、回折要素、プリズム、メタレンズ）との間の１対１の関係を示しているが、複数のエミッタからの光は、後述されるように、単一の光成形要素によって成形され得る。

【００３４】

図１６Ａを参照すると、後述されるように、レンズレット１６４０の六角形充填構成に対応するための断続的な間隙１６１１を有する六角形充填構成で配列された発光要素１６１０ａ～ｃが示されている。発光要素１６１０は、同じ、または異なる波長を有する光を各々放出し得る。例えば、全ての発光要素１６１０ａ～ｃは同じ色の光を放出し得、代替的に、１６１０ａは第１の色の光（例えば、赤色光）を放出し得、１６１０ｂは第２の色の光（例えば、緑色光）を放出し得、１６１０ｃは第３の色の光（例えば、青色光）を放出し得る。要素１６１０は六角形として示されているが、それらは、円、正方形、または他の形状を設計上の選択事項として含む任意の形状であり得る。

【００３５】

複数の発光要素１６１０ａ～ｃは図示のように単一のレンズレット１６４０によって覆われ得る。レンズレット１６４０は、六角形のフットプリントを形成するために外周の周りを（例えば、円形状から）面取りされ得る。図１６Ｂおよび図１６Ｃの正面図および斜視図にそれぞれ示されるように、六角形のレンズレットは、隣接したレンズレットが、発光要素１６１０ａ～ｃと同様の六角形充填構成に入れ子になることを有利に可能にする。他のレンズレット形状も設計上の選択事項として選択され得るが、六角形は、最も大きいレンズレットおよび／または最も高密度に充填されたレンズレット配列を可能にし得る。加えて、３つの発光要素が各レンズレットの下に示されているが、レンズレットごとにより多数またはより少数の要素が用いられ得る。

【００３６】

図１７を参照すると、ニアアイディスプレイシステム１７００の、上面図が示されている。エミッタアレイシステム１７０１の詳細図が左の円内に示されている。エミッタアレイシステム１７０１は、光を、それぞれのアパーチャ１７３０ａ～ｃを通って単一のレンズレット１７４０へ至るよう方向付けさせるように構成された複数の発光要素１７１０ａ～ｃを含む。光吸収体またはバッフル１７４５が、隣接したレンズレット１７４０間に配設され得る。レンズレット１７４０は、球面、非球面、円柱、または他の外形のレンズレットであり得る。各エミッタからの光はレンズレット１７４０に対する発光要素の位置に応じて異なって方向付けられる。例えば、エミッタ１７１０ａからの光（例えば、点線で示される光錐）はレンズレット１７４０によって下向きの角度で方向付けられ、第１の角度で第１のビーム１７１２ａとしてシステム１７０１から出射する。エミッタ１７１０ｂからの光（例えば、鎖線で示される光錐）はレンズレット１７４０に対して中心に位置付けられ得、（例えば、レンズレット１７４０の平坦な後面に対して垂直な）第２の角度で第２のビーム１７１２ｂとしてシステム１７０１から出射する。エミッタ１７１０ｃからの光（例えば、実線で示される光錐）はレンズレット１７４０によって上向きの角度で方向付けられ、第３の角度で第３のビーム１７１２ｃとしてシステム１７０１から出射する。３つのエミッタ１７１０ａ～ｃからの光路が説明されているが、アレイ１７０１はｘおよびｙ方向に延びており、多くの光ビームが、以上においてビーム１７１２ａ～ｃに関して説明されたのと実質的に同じ仕方でアレイから出射し得る。実施形態によっては、発光要素は、図１７の、右側のシステム図において示されるように、第１の波長を有する全て

の光は第１の角度でアレイシステムから出射し、第２の波長を有する全ての光は第２の角度でアレイシステムから出射し、第３の波長を有する全ての光は第３の角度でアレイシステムから出射するように配列され得る。

【００３７】

エミッタアレイシステム１７０１内の活性化されたエミッタ１７１０の各々からの光はそのそれぞれのアパーチャおよびレンズレットを通って進み、そこで、ビームは、図示のように、投影レンズ１７５６に向かってエミッタアレイシステムから出射する前に角度を付けられる。第１の角度で投影レンズ１７５６に入る光ビーム１７１２ａ（例えば、点線によって表されたビーム）は全て、同じ第１の色の光（例えば、赤色光）を搬送し得る。ビーム１７１２ａは投影レンズ１７５６を通過し、第１の座標場所（x_1，y_1，z_1）に中心を有する第１の場所１７１４ａにおいて第１の光瞳（ｌｉｇｈｔ　ｐｕｐｉｌ）を形成する。同様に、ビーム１７１２ｂおよび１７１２ｃ（例えば、鎖線および実線によってそれぞれ表されたビーム）は投影レンズ１７５６を通過し、第２および第３の場所１７１４ｂ、１７１４ｃにおいてそれぞれ集束させられる。第２および第３の場所は第２および第３の座標場所（x_2，y_2，z_2）および（x_3，y_3，z_3）をそれぞれ有する。それゆえ、投影レンズ１７５６から出射する光は色によって空間的に分離され得る。

【００３８】

複数の導波路１７６０ａ～ｃが、空間的に分離された光ビームを受光するように構成され得る。例えば、第１の導波路１７６０ａは、その上のインカップリング要素１７６２ａが第１の座標場所（x_1，y_1，z_1）またはその付近に位置付けられるように配置され得る。第１の波長を有する光は第１のインカップリング要素によって第１の導波路にインカップリングされ、第１の導波路内に入り、そこで、それは内部全反射（「ＴＩＲ（ｔｏｔａｌ　ｉｎｔｅｒｎａｌ　ｒｅｆｌｅｃｔｉｏｎ）」）によって導波路を通って第１のアウトカップリング要素１７６４ａに向かって進み得る。同様に、第２および第３の導波路１７６０ｂ、１７６０ｃは、第２および第３の導波路１７６０ｂ、１７６０ｃ上の第２および第３のインカップリング要素１７６２ｂ、１７６２ｃが第２および第３の座標場所（x_2，y_2，z_2）および（x_3，y_3，z_3）あるいはその付近にそれぞれ位置するように位置付けられ得る。第２および第３の波長を有する光は第２および第３の導波路内にそれぞれインカップリングされ、そこで、それらはＴＩＲによって第２および第３のアウトカップリング要素１７６４ｂ、１７６４ｃに向かって進む。第１、第２、および第３のアウトカップリング要素１７６４ａ～ｃは視軸１７６５に対して実質的に位置合わせされ得、これにより、光の全ての波長は実質的に同じ場所内でアウトカップリングされる。第１、第２、および第３のアウトカップリングされたビームは光錐１７５０ａ～ｃとして表されており、実質的に重なり合い得、これにより、ユーザの眼１７６８は全ての異なる波長の光を受光する。それゆえ、ユーザはフルカラー像を知覚し得る。

【００３９】

光を異なる導波路内にインカップリングする前に色によって入力光を空間的に分離することは、導波路ごとに、インカップリング要素、およびアウトカップリング要素が光の各特定の波長のために設計されることを可能にし得る。それゆえ、全体的な光学システムは、より高品質の像（例えば、より明るい、より鮮明、より均一、より少数のアーチファクト）を生成し得、広い範囲の波長を単一の導波路内にインカップリングするシステムと比べて、電力効率がより高くなり得る。システムは３つの波長に関して説明されたが、レンズレットアレイに対するエミッタアレイの配列を調整することによって光のより多数またはより少数の波長が空間的に分離され得る。

【００４０】

図１８Ａ～Ｂはエミッタアレイシステム１８０１の正面図および斜視図を示す。エミッタアレイシステム１８０１内の発光要素１８１０は、図１６に関して説明されたものと同様の六角形充填構成で配列され得るが、エミッタアレイシステム１８０１はエミッタ１８１０間に間隙を有してはならない。発光要素１８１０とレンズレット１８４０との間に空洞構造１８７０がある。空洞構造１８７０は、複数（例えば、トライアド）のエミッタ（

例えば、赤色、緑色、および青色エミッタ）を覆い、取り囲むように構成された不透明材料から形成され得る。空洞構造１８７０は、エミッタ１８１０の各々によって放出された光の実質的に等しい部分がアパーチャ１８７１を通過するよう、複数のエミッタの中心付近に位置し得るアパーチャ１８７１を含む。複数のエミッタからの光はアパーチャ１８７１において組み合わせられ、実施形態によっては、白色光、またはエミッタの活性化に依存した様々な色の光がアパーチャの出力において作り出され得る。アパーチャ１８７１は六角形として示されているが、円などの、他の形状も設計上の選択事項として用いられ得る。空洞構造を形成する不透明材料は、内側に反射材料および外側に吸収材料（例えば、散乱およびクロストークを低減するための）の二重層であり得る。金属、炭素系、および誘電体材料を含む種々の材料が用いられ得る。

【００４１】

複数のレンズレット１８４０が空洞上に配設されており、アパーチャ１８７１を通して放出された光を受光するように構成されている。図１８Ａに示されるように、各レンズレット１８４０は２つの隣接したアパーチャ１８７１を通して光を受光し得る。レンズレット１８４０は、２つのアパーチャの各々が、レンズレット１８４０を二等分する第１の軸１８４３上に位置合わせするよう、且つ２つのアパーチャの各々が、第１の軸と直交する方向にレンズレット１８４０を二等分する第２の軸１８４７から等距離の所にあるよう、アレイ状に配列された、（例えば、円形状から）面取りされた球面レンズレットである。第１および第２の軸の交点は球面レンズレットの頂点であり得る。

【００４２】

図１９は、エミッタアレイシステム１８０１と同様の構造を有するエミッタアレイシステム１９０１の上面断面図を示す。システム１９０１は、エミッタ１９１０、空洞構造１９７０、アパーチャ１９３０、およびレンズレット１９４０を含む。２つのアパーチャから出射する光の第１の光ビーム１９５０ａと第２の光ビーム１９５０ｂとの間のクロストークを低減するために、光バッフル吸収体１９４５がアパーチャ１９３０とレンズレット１９４０との間に配設され得る。アパーチャ１９３０はレンズレット１９４０の軸１９４７から等距離の所にあり得、レンズレットの頂点に対してオフセットし得る。このような位置は、レンズレット１９４０と相互作用した後、第１のアパーチャからの第１の光ビーム１９５０ａが第１の角度で方向付けられること、および第２のアパーチャからの第２の光ビーム１９５０ｂが第２の角度で方向付けられることを可能にする。それゆえ、システム１９０１は隣接した発光要素グループからの光を空間的に分離し得る。このようなシステムは、図２０に示されるように、利点を有し得る。図１９に示されるように、エミッタアレイシステム１９０１を有するニアアイディスプレイシステム２０００が示されている。単一のレンズレットからの第１および第２のビーム１９５０ａ、１９５０ｂが示されており、その一方で、アレイ内の他のレンズレットからの光は、明確にするために図から省略されている。ビーム１９５０ａ、１９５０ｂは、第１および第２の場所２０１４ａ、２０１４ｂにおいて第１および第２の瞳をそれぞれ形成する投影レンズ２０５６に向かって進む。第１および第２の場所はｘ方向において横方向にオフセットしている。第１および第２のインカップリング要素２０６２ａ、２０６２ｂを有する第１および第２の導波路２０６０ａ、２０６０ｂが、第１および第２のインカップリング要素が第１および第２のビームをそれぞれ受光するよう構成されるように位置付けられ得る。第１のビーム１９５０ａからの光は第１の導波路内にインカップリングされ、アウトカップリング要素に向かって（例えば、ＴＩＲによって）進み、そこで、それは導波路から取り出され、ユーザの右眼２０６８ａに向けて方向付けられる。同様に、第２のビーム１９５０ｂからの光は第２の導波路内にインカップリングされ、アウトカップリング要素に向かって（例えば、ＴＩＲによって）進み、そこで、それは導波路から取り出され、ユーザの左眼２０６８ｂに向けて方向付けられる。それゆえ、レンズレットごとに発光要素の一方のグループを、右像光を表示するために作動させることによって、および同じレンズレットに関連付けられた発光要素の他方のグループを、左像光を表示するために作動させることによって、システム１９０１は別個の左像および右像を同時に生成することができる。左像および右像は、

同じ、または異なる像であり得る。第１のビームからの光が第２の導波路に到達すること、およびその逆を防止するために、光吸収体２０４５が第１の導波路と第２の導波路との間に配設され得る。

【００４３】

２つの異なる像（例えば、左眼用に１つ、および右眼用に１つ）を作り出すことは、拡張現実（「ＡＲ」）ニアアイディスプレイシステムを作成するために重要になり得る。システムによっては、異なる像は、２つの別個のエミッタアレイおよび投影レンズアセンブリを用いることによって作り出される。このアプローチはシステム全体のサイズ、重量、およびコストを増大させる。代替的に、（例えば、以下において図２２Ｃ、図２２Ｄを参照して説明されるようなシステムを用いて）単一のエミッタアレイおよび投影レンズアセンブリのみが用いられる場合には、エミッタアレイは、左像用の光および右像用の光を投影することを交互に行い得る。生成される光のうちの半分のみが各眼へ方向付けられるため、このアプローチは、システムフレームレートの知覚される低減をもたらし得る。エミッタアレイシステム１９０１は空間節減という利益をもたらす。２つの別個の像を生成するために２倍の数のエミッタグループが用いられるものの、六角形充填構成による発光要素の配列は、（例えば、直交格子と比べて）より高密度に充填されたエミッタを可能にし、これにより、２倍の数のエミッタグループを包含するにもかかわらず、区域全体の大きさは２倍未満になる。さらに、各エミッタグループは、２つの別個の像のうちの一方のみのための光を生成することに特化しているため、システムのフレームレートは低減されない。単一のバックプレーンおよびドライバ電子装置のセットはシステムの電力消費を低減し得る。最小限の追加処理が、左および右のインタリーブされた像をまとめるために必要とされ得る。

【００４４】

図２１Ａおよび図２１Ｂは、エミッタアレイシステム２１０１ａ、２１０１ｂの、上から見下ろした断面図をそれぞれ示す。システム２１０１ａ、２１０１ｂは、図１９に示されるシステム１９０１と類似しているが、異なるクロストーク軽減構成が実施される。図２１Ａでは、外周吸収体２１４５ａ、２１４５ｂが空洞構造２１７０の最上部から延び、レンズレット２１４０の側面を覆っている。中心吸収体２１４５ｃが空洞構造２１７０の最上部からレンズレット２１４０を通ってその頂点まで延びている。中心吸収体２１４５ｃは、第１のビームからの光がレンズを通って進み、第２のビームとアウトカップリングすること、およびその逆を防止する。図２１Ｂでは、外周吸収体２１４５ｄ、２１４５ｅおよび中心吸収体２１４５ｆが空洞構造２１７０の最上部からレンズレット２１４０の最下部まで延びている。追加の吸収体２１４７が外周吸収体２１４５ｄ～ｆに対して実質的に垂直にあり得、第１および第２のビームを狭めるためのアパーチャの役割を果たし得、これにより、ビームは、それらがレンズレット２１４０を通過する際にさらに分離される。この第２のアパーチャは２つの光ビームの間のクロストークの抑制に役立ち得る。図２１Ａおよび図２１Ｂに示される変形例は組み合わせられてもよく、第１のビームと第２のビームとの間の分離を維持するために、他のバッファおよび光吸収体が、空洞構造およびレンズレットの周り、またはそれらの内部に配置されてもよい。加えて、球面レンズレットがこの構成で説明されているが、円柱レンズが、この構成、および本開示において説明される他の構成で用いられてもよい。円柱レンズの使用は、球面レンズレットにおいて発生する回折を有利に低減または解消し得るが、円柱レンズは１つのマイクロディスプレイ軸における光の集中の喪失をももたらし得る。

【００４５】

図２２Ａおよび図２２Ｂは、光ビームを空間的に分離するためにレンズレットに依存しない光学システム２２００ａおよび２２００ｂをそれぞれ示す。その代わりに、両システムでは、隣り合うエミッタグループ（または構成によっては、単一のエミッタ）からの光が下流の投影レンズ（図示せず）への対向する入力角上に中心を有するようにエミッタ２２１０によって生成された放出錐をサンプリングするために、アパーチャ２２３１が用いられる。レンズレットを省略することによって、システム２２００ａ、２２００ｂは、レ

ンズレット内のＴＩＲ反射に起因して発生するアーチファクトの低減、エッジ散乱の低減、および回折の低減から利益を得ることができる。

【００４６】

図２２Ａにおけるシステム２２００ａは、２つの隣接した空洞アパーチャ２２３０間の視差バリア２２３３を含む。視差バリア２２３３は、光ビーム２２１２ａ、２２１２ｂの各々の部分を遮蔽する役割を果たし得、これにより、アパーチャ２２３１を通過する光の部分は角度を付けられる。実施形態によっては、光ビーム２２１２ａ、２２１２ｂの各々のおよそ半分は視差バリア２２３３によって遮蔽される。光のこの空間分離は、２つの異なる像（例えば、左眼のための第１の像および右眼のための第２の像）を同時に作り出すために用いられ得る。

【００４７】

図２２Ｂにおけるシステム２２００ｂは、ビーム２２１２ａ、２２１２ｂの部分を選択的に遮蔽するための、液晶、またはさもなければ可動物理バリアＭＥＭＳシャッタ２２３５を含む。上部のパネルでは、第１の時点において、光ビーム２２１２ａ、２２１２ｂの第１の部分がシャッタ２２３５によって遮蔽され、下部のパネルでは、第２の時点において、光ビーム２２１２ａ、２２１２ｂの第２の部分がシャッタ２２３５によって遮蔽される。遮蔽される光の部分は交互に入れ替わり得、これにより、光は反対の角度に交互に方向付けられる。この時間的および空間的分離は、２つの異なる像（例えば、左眼のための第１の像および右眼のための第２の像）を作り出すために用いられ得る。

【００４８】

図２２Ｃおよび図２２Ｄは、導波路２２６０ａ、２２６０ｂ上のインカップリング要素２２６２ａ、２２６２ｂの前方の、可動の、または他の様態で動的なシャッタ２２３７を含むシステム２２００ｃを示す。シャッタ２２３７は液晶または可動ＭＥＭＳシャッタを含み得る。第１の時点において、図２２Ｃに示されるように、シャッタ２２３７は第１の位置にあり得、これにより、投影レンズ２２５６によって投影された光の第１の部分は遮蔽され、その一方で、光の第２の部分はそれを透過し、第２のインカップリング要素２２６２ｂに衝突する。光の第２の部分は第２の導波路２２６０ｂにインカップリングし、ユーザの左眼２２６８ｂに向かってアウトカップリングされるまでＴＩＲによって導波路を通って伝搬する。第２の時点において、図２２Ｄに示されるように、シャッタ２２３７は第２の位置へ移動させられ、これにより、投影レンズによって投影された光の第２の部分は遮蔽され、その一方で、光の第１の部分は開いたシャッタを透過し、第１のインカップリング要素２２６２ａに衝突する。光の第１の部分は第１の導波路２２６０ａ内にインカップリングし、ユーザの右眼２２６８ａに向かってアウトカップリングされるまでＴＩＲによって導波路を通って伝搬する。それゆえ、投影レンズ２２５６からの光は空間的および時間的に変調され、２つの異なる像を作り出し得る。図２２Ｃ～Ｄに示される可動シャッタ構成は、図２１Ａ～Ｂおよび図２２Ａ～Ｂに示されるエミッタアレイシステムと組み合わせて用いられ得る。

【００４９】

発光要素をレンズレット、回折要素、プリズム、メタレンズ、視差バリア、またはシャッタに対して均一に位置付けることによって出力ビームを空間的に変調することに加えて、投影レンズから出射する光瞳（light pupil）の場所は、アレイの中心からの距離の関数としてエミッタアレイシステムから出射する光の角度をもつことによって、漸進的に変更され得る。エミッタアレイシステムによって光が放出される角度を調整することは、投影レンズによって形成される瞳の場所の変更をもたらし得る。実施形態によっては、瞳の場所の変更は投影レンズの作動距離（すなわち、投影レンズ出力ベゼルと光の焦点との間の距離）の変更をもたらし得る。他の実施形態では、エミッタアレイからの光の放出角の変更は、投影レンズによって形成される瞳の横方向の移動をもたらし得る。

【００５０】

図２３を参照すると、ニアアイディスプレイシステム２３００が示されている。システム２３００は、エミッタアレイシステム２３０１、投影レンズ２３５６、ならびにインカ

ップリング要素２３６２およびアウトカップリング要素２３６４を有する導波路２３６０を含む。投影レンズのベゼルと、放出された光の焦点との間に作動距離d_1が示されている。

【００５１】

エミッタアレイシステム２３０１の中心部分２３０３の第１の詳細図が図２３における下の円内に示されている。中心エミッタ２３１０ａ、および空洞２３２０ａの関連アパーチャ２３３０ａは中心レンズレット２３４０ａの対称軸２３０９ａと位置合わせされている。それゆえ、エミッタ２３１０ａからアパーチャ２３３０ａを通して、およびレンズレット２３４０ａを通して放出された光は、レンズレット２３４０ａの軸２３０９ａに沿って方向付けられた主光線を有する。エミッタアレイシステム２３０１の周辺部分２３０５の第２の詳細図が上の円内に示されている。周辺エミッタ２３１０ｂ、および空洞２３２０ｂの関連アパーチャ２３３０ｂもまた、中心エミッタが位置合わせしているのと同様の様態で周辺レンズレット２３４０ｂの対称軸２３０９ｂと位置合わせしている。中心から周辺までのアレイシステム２３０１内の全てのエミッタおよびレンズレットは同じ様態で位置合わせしており、これにより、システム２３０１からの全ての発光錐は均一であり、互いに実質的に平行である主光線を有する。全ての主光線はまた、エミッタアレイシステムパネルに対して実質的に垂直である。この構成はテレセントリック放出構成と考えられ、図示のように、作動距離d_1、および座標場所（x_0，y_0，z_0）に中心を有する瞳をもたらす。

【００５２】

図２４は、エミッタアレイシステム２４０１にわたって均一な主光線傾斜を有する光学システム２４００を示す。点線で示される光錐は、図２３に関して説明されるように均一なテレセントリック放出であり、実線で示される主光線傾斜構成のための基準の役割を果たす。全エミッタアレイシステム２４０１にわたって各発光錐の角度を（例えば、ｙ－ｚ平面内で角度θだけ）均一に変更することによって、投影レンズ２４５６から出射する光の瞳場所（pupil location）を、図示のように、＋ｙ方向に調整することができる。このような均一な角度シフトは、レンズレットアレイ全体をエミッタアパーチャアレイに対して横方向に移動させることによって達成することができる。それゆえ、光錐が投影レンズ２４５６に角度θで入る場合、投影レンズからの射出瞳（exit pupil）の座標場所は（x_0，y_0＋ｙ，z_0）になる。角度θはｙ－ｚ平面内に示されているが、投影レンズ内への光の入力角は、瞳のｘ場所に影響を及ぼすために、ｘ－ｚ平面内で調整され得るか、あるいは射出瞳のｘ場所およびｙ場所の両方に影響を及ぼすために、ｘ－ｚ平面およびｙ－ｚ平面の両方内で同時に調整され得る。

【００５３】

射出瞳の場所を＋／－ｚ方向に調整することは、光学システムの作動距離を変更する効果を有する。光学システム内の特定のフォームファクタまたは他の幾何制約に適合するために作動距離をカスタマイズすることができることは有利である。図２５は、エミッタアレイシステム２５０１および投影レンズ２５５６を有するハイパーテレセントリック光学システム２５００を示す。システムがハイパーテレセントリックと考えられる理由は、実線によって示される放出された光錐の主光線（ここで、点線は参照のために均一なテレセントリック円錐を表す）は、エミッタアレイパネルの中心においてエミッタアレイパネルに対して実質的に垂直であり、エミッタアレイパネルの中心からの距離が増大するにつれて、プロジェクタ２５５６の中心線２５１１から遠ざかる方へ漸進的に角度が増大するからである。この概念は、エミッタアレイシステム２５０１の正面図を示す図２６に概略的に示されている。エミッタアレイシステム内のレンズレットアレイは、アレイの中心において実質的に紙面外へ方向付けられた主光線を有する光を放出し、アレイの周辺においてエミッタアレイシステム２５０１の中心から遠ざかる方へ最も傾斜した主光線を有する光を放出する。それゆえ、放出された光錐内の主光線の角度はエミッタアレイシステム２５０１内のエミッタの（ｘ，ｙ）場所の関数である。最大主光線角（すなわち、エミッタアレイシステムの周辺における主光線角）は＋ｚ方向における瞳場所の変化の大きさを決定

し得る。実施形態によっては、像の縁部における口径食を最小限に抑えるべくエミッタアレイシステムからの全ての光を取り込むために投影レンズサイズが増大させられなければならないほど十分に大きい主光線角が存在し得る。

【００５４】

図２５を再び参照すると、投影レンズ２５５６の出口において形成された瞳は均一なテレセントリックの場合と比べて＋ｚ方向に移動させられ、（x_0，y_0，z_0+z）の座標場所を有する。図２７は、上述された光学システム２５００を含むニアアイディスプレイシステム２７００を示す。システム２７００は、インカップリング要素２７６２およびアウトカップリング要素２７６４を有する導波路２７６０をさらに含む。投影レンズ２５５６の出口において形成された瞳は座標場所（x_0，y_0，z_0+z）にある。ここで、ｚは正の数であるため、投影レンズ出口と瞳との間の作動距離d_2は均一テレセントリック構成（図２３）のための作動距離d_1よりも大きい。それゆえ、瞳を受光し、光を導波路２７６０にインカップリングするように構成されたインカップリング要素２７６２は、均一テレセントリックエミッタアレイシステム２３０１を有するニアアイディスプレイシステム２３００と比べたとき、投影レンズ２５５６の出口からさらに遠くに配置され得る。

【００５５】

エミッタアレイ２５０１にわたる主光線の変更された角度は、エミッタとレンズレットとの間の相対位置を変更することによって達成され得る。例えば、中心アパーチャ２７３０ａおよび中心エミッタ２７１０ａは、左下の円内の詳細図に示されるように、中心レンズレット２７４０ａの中心軸２７０９ａと位置合わせされ得る。エミッタアレイ２５０１の周辺におけるエミッタとレンズレットとの間の位置は異なり得る。例えば、図２７の上の円内の詳細図に示されるように、周辺アパーチャ２７３０ｂおよび周辺エミッタ２７１０ｂは周辺レンズレット２７４０ｂの中心軸２７０９ｂに対してある距離だけオフセットし得、これにより、レンズレット２７４０ｂの中心はエミッタ２７１０ｂの中心よりもアレイシステムの周辺に近くなっている。周辺エミッタ２７１０ｂからの光が、オフセットした周辺レンズレット２７４０ｂを通過したとき、それは、光錐の主光線が、エミッタアレイシステム２５０１の中心から遠ざかる方へ方向付けられた角度を有するように、方向を変えられる。エミッタとレンズレットとの間のオフセットは、瞳場所の＋ｚ方向における変化を達成するために、エミッタアレイシステム２５０１の中心からの距離の増大とともに漸次増大させられ得る。レンズレットごとに単一のエミッタが示されているが、図１６～図２２に関して説明されたように、レンズレットごとにエミッタのグループを有する構成も可能である。レンズレットの焦点距離および表面外形は放出立体角オメガ内の光の集中を決定することができる。加えて、レンズレット２７４０が示されているが、格子、メタレンズ、プリズム、または他のマイクロ光学素子が、主光線角を変更するために組み込まれてもよい。図３１Ａおよび図３１Ｂに、回折構造３１４０のピッチが不均一であり、主光線が法線ベクトル３１４３に対して角度を付けられるよう、光錐を回折する、軸外回折構造３１４０の一例が示されている。

【００５６】

図２８は、エミッタアレイシステム２８０１および投影レンズ２８５６を有する収束主光線傾斜光学システム２８００の一例を示す。システムが収束主光線傾斜と考えられる理由は、実線によって示される放出された光錐の主光線（ここで、点線は参照のために均一なテレセントリック円錐を表す）はエミッタアレイパネルの中心においてエミッタアレイパネルに対して実質的に垂直であり、エミッタアレイパネルの中心からの距離が増大するにつれて、プロジェクタ２８５６の中心線２８１１に向かう方へ漸進的に角度が増大するからである。この概念は、エミッタアレイシステム２８０１の正面図を示す図２９に概略的に示されている。エミッタアレイシステム内のレンズレットアレイは、アレイの中心においてｚ方向に（すなわち、実質的に紙面外へ）方向付けられた主光線を有する光を放出し、アレイの周辺においてアレイの中心に向かう方へ最も傾斜した主光線を有する光を放出する。それゆえ、各々の放出された光錐内の主光線の角度はエミッタアレイシステム２

８０１内のエミッタの（ｘ，ｙ）場所の関数である。最大主光線角（すなわち、エミッタアレイシステムの周辺における主光線角）は－ｚ方向における瞳場所の変化の大きさを決定し得る。エミッタアレイの周辺における光は中心に向けて内向きに角度を付けられるため、光を遮断したり像の口径食を生じたりすることなく投影レンズ２８５６のサイズを減少させることが可能になり得る。代替的に、投影レンズのサイズを減少させる代わりに、より多くのエミッタおよびレンズレットがアレイ内に含まれるようにエミッタアレイシステムのサイズが増大させられてもよい。この構成では、より多くの角度の光が投影レンズ２８５６内に送り込まれ得、これにより、光学システム２８００によってサポートされる視野を増大させ得る。

【００５７】

図２８を再び参照すると、投影レンズ２８５６の出口において形成された瞳は均一なテレセントリックの場合と比べて－ｚ方向に移動させられ、（x_0，y_0，z_0-z）の座標場所を有する。図３０は、上述された光学システム２８００を含むニアアイディスプレイシステム３０００を示す。システム３０００は、インカップリング要素３０６２およびアウトカップリング要素３０６４を有する導波路３０６０をさらに含む。投影レンズ２８５６の出口において形成される瞳は、投影レンズ出口と瞳との間の作動距離d_3に関連する座標場所（x_0，y_0，z_0-z）にある。距離d_3は均一テレセントリック構成（図２３）のための作動距離d_1よりも小さい。それゆえ、瞳を受光し、光を導波路３０６０にインカップリングするように構成されたインカップリング要素３０６２は、均一テレセントリックエミッタアレイシステム２３０１を有するニアアイディスプレイシステム２３００と比べたとき、投影レンズ２８５６の出口により接近して配置され得る。

【００５８】

エミッタアレイ２８０１にわたる主光線の変更された角度は、エミッタとレンズレットとの間の相対位置を変更することによって達成され得る。例えば、中心アパーチャ３０３０ａおよび中心エミッタ３０１０ａは、左下の円内の詳細図に示されるように、中心レンズレット３０４０ａの中心軸３００９ａと位置合わせされ得る。エミッタアレイ２８０１の周辺におけるエミッタとレンズレットとの間の位置は異なり得る。例えば、図３０の上の円内の詳細図に示されるように、周辺アパーチャ３０３０ｂおよび周辺エミッタ３０１０ｂは周辺レンズレット３０４０ｂの中心軸３００９ｂに対してある距離だけオフセットし得、これにより、レンズレット３０４０ｂの中心はエミッタ３０１０ｂの中心よりもアレイシステムの中心に近くなっている。周辺エミッタ３０１０ｂからの光が、オフセットした周辺レンズレット３０４０ｂを通過したとき、それは、光錐の主光線が、エミッタアレイシステム２８０１の中心に向かう方へ方向付けられた角度を有するように、方向を変えられる。エミッタとレンズレットとの間のオフセットは、瞳場所の－ｚ方向における変化を達成するために、エミッタアレイシステム２８０１の中心と周辺との間で漸次増大させられ得る。レンズレットごとに単一のエミッタが示されているが、図１６～図２２に関して説明されたように、レンズレットごとにエミッタのグループを有する構成も可能である。加えて、レンズレット３０４０が示されているが、格子、メタレンズ、プリズム、または他のマイクロ光学素子が、主光線角を変更するために組み込まれてもよい。図３１Ａおよび図３１Ｂに軸外回折構造３１４０の一例が示されており、そこでは、回折構造３０４０のピッチが不均一であり、主光線が法線ベクトル３１４３に対して角度を付けられるよう、光錐を回折する。

【００５９】

図３２Ａを参照すると、例示的な光学システム３２００が示されている。以下においてより詳細に説明されるように、光の方向付けおよび成形が複数の段において行われるため、ならびに２つの屈折力軸のために異なる光形態が用いられるため、システム３２００は、ディスプレイ３２０２からの光をアイピース３２０４内へ伝達するための「スプリット」システムと考えられ得る。ディスプレイシステム３２０２はエミッタアレイパネル３２０６および投影レンズ３２０８を含む。エミッタアレイパネル３２０６は、光エミッタ（例えば、マイクロＬＥＤ）のアレイ、およびエミッタを覆うレンズレット（例えば、対称

もしくは非対称であり得る、図示されない、円柱レンズレット）のアレイを含み得る。エミッタとレンズレットとの間の位置付けは、いくつかの点では、収束主光線傾斜システム２８００（図２８～図３０）内のエミッタアレイ２８０１に関して説明された構成と同様であり得る。しかし、エミッタアレイパネル３２０６は若干の点でエミッタアレイ２８０１とは異なり得る。例えば、エミッタアレイパネル３２０２によって放出された光線は、２次元ではなく、１次元のみにおいて（例えば、ｘ軸に沿って）傾斜し得る。加えて、実施形態によっては、エミッタアレイパネルは、（例えば、高さ寸法ｈよりも大きい幅寸法ｗを有する）細長い形状を有する。実施形態によっては、幅ｗと高さｈとの比はおよそ４：１であり得る。実施形態によっては、エミッタアレイパネルの幅ｗはおよそ２０ｍｍであり得、エミッタアレイパネルの高さｈはおよそ５ｍｍであり得る。ただし、本出願の範囲から逸脱することなく他の寸法および比率も設計上の選択事項として可能である。

【００６０】

エミッタアレイパネルの正面図および上面図をそれぞれ示す図３３Ａおよび図３３Ｂに、エミッタアレイパネル３２０６の細長い形状がさらに示されている。エミッタアレイパネル３２０６は、それから放出された光線が傾斜しているのと同じ軸（例えば、ｘ軸）に沿って細長いものであり得る。１次元の傾斜は、図３４Ａおよび図３４Ｂに示されるように、円柱レンズレットのアレイを、下に横たわる光エミッタに対してオフセットすることによって達成され得る。円柱レンズレットの中心軸３２３４と、光エミッタ、または光エミッタのグループに関連付けられた下に横たわるアパーチャの中心軸３２３６との間のオフセットは漸進的であり得、これにより、図３４Ａに示されるように、傾斜はエミッタアレイパネルの中心線３２１２に沿って最小（例えば、およそ０）である。これは、エミッタアレイパネルの中心から放出された主光線３２１８がエミッタアレイパネルに対して実質的に垂直に進むことを可能にする。傾斜角は、図３４Ｂに示されるように、エミッタアレイパネルの左および右縁部における最大オフセット$d_{o,max}$までエミッタアレイパネルの＋／－ｘ軸に沿って漸進的に増大する。エミッタアレイパネルの縁部付近に位置する主光線３２１０は、オフセット$d_{o,max}$の関数であるθ_1の最大傾斜角を有する。図３４Ａおよび図３４Ｂにおける点線は、各主光線に関連付けられた光錐を表す。鎖線は、光錐に関連付けられた像焦点を示す。光錐は、レンズレットから距離d_fに位置する焦点３２３８において集束させられ得る。距離d_fは円柱レンズレットの特定の設計によって決定される。焦点距離d_fはエミッタアレイパネル３２０６と導波路３２０４との間の距離よりも大きいものであり得る。例えば、実施形態によっては、焦点距離はおよそ１メートルであり得る。ただし、本出願の範囲から逸脱することなく他の距離も設計上の選択事項として選択され得る。一例では、円柱レンズレットの少なくとも部分はおよそ５００ミリメートル～無限遠の距離においてエミッタアレイ内のエミッタの少なくとも部分の像を形成する。

【００６１】

図３３Ａおよび図３３Ｂにも主光線の１次元の傾斜が示されている。ここで、矢印は、光エミッタによって放出され、エミッタアレイパネル内の円柱レンズによって方向付けられた主光線を表す。エミッタアレイパネル３２０６の中心線３２１２から最も遠い主光線３２１０は、エミッタアレイパネルの前面（例えば、円柱レンズレットの前面）に対して垂直な線から測定された第１の角度θ_1で中心線３２１２に向かう方へ角度を付けられる。第１の角度θ_1は、光線３２１４、３２１６にそれぞれ関連付けられた第２および第３の角度θ_2およびθ_3よりも大きいものであり得る。光線３２１４および３２１６は、光線３２１０よりもｘ方向において中心線３２１２により近い位置から発する。実質的に中心線３２１２上の場所から放出された主光線３２１８は、エミッタアレイパネルの前面に対して垂直な線と実質的に平行な軌跡を有し得、したがって、およそ０の傾斜を有する。実施形態によっては、エミッタアレイパネル３２０６から放出された全ての主光線は、エミッタアレイパネルの前面から距離d_xに位置するｘ方向の焦点３２２０に向かって方向付けられる。ただし、各主光線は、非無限遠距離（例えば、ユーザの眼が位置する視点からおよそ１メートル以上）において集束させられる光錐（図３４Ａ、３４Ｂ）を表す。そ

れゆえ、距離d_xにおける光は、小さい焦点の代わりに、より広いビームウェスト３２４０（図３２）を形成し得る。

【００６２】

図３２Ａを再び参照すると、エミッタアレイパネル３２０６から延びる破線は、図３３Ａ～図３４Ｂに関して説明されたように、ｘ軸に沿ったエミッタの位置とともに変化する量だけ内向きに角度を付けられたエミッタアレイパネル３２０６によって放出された光線３２２２（例えば、主光線３２１０、３２１４、３２１６、３２１８、および関連光錐）のグループを表す。光線の軌跡はエミッタアレイパネルのｙ次元に沿って変化しない。エミッタアレイパネル上の共通のｘ座標を共有するが、異なるｙ座標を有する、エミッタから発した光線は実質的に平行な軌跡をたどり得る。それゆえ、エミッタアレイパネルから放出された光は、投影レンズ３２０８を用いなければ、ｙ次元において焦点に収束しないであろう。

【００６３】

エミッタアレイパネルからの光線３２２２は投影レンズ３２０８に衝突する。図３５に、投影レンズ３２０８の構成要素の一例が詳細に示されている。投影レンズは、レンズ３２２４など、１つまたは複数の光学要素を含み得る。各レンズ３２２４は、投影レンズ内の他のレンズと異なる、または同じである形状を有し得る。実施形態によっては、レンズは円柱またはトロイダルレンズであり得、これにより、ｙ－ｚ平面内で見た断面形状はｘ次元にわたって一定のままであり、その一方で、ｘ－ｚ平面内で見た断面形状はｙ次元に沿って変化する。投影レンズはｘ軸に沿って屈折力を全く有してはならない。それゆえ、投影レンズ３２０８に入った光線３２２２の軌跡は、各光線が光学素子３２０８に入るｙ座標場所の関数として変更され得る。実施形態によっては、投影レンズ３２０８は、光錐をｙ方向にコリメートし、主光線を、投影レンズ構成要素から距離d_yに位置するｙ方向焦点（または焦線）３２２８においてｙ方向に収束させる役割を果たし得る。実施形態によっては、光線は、光線がｘ方向に収束するかまたはビームウェストを形成する場所とは異なる場所において、ｙ方向に収束し得る。図３２に示される例示的なシステムでは、ｙ方向における収束は、ｘ方向における収束よりもエミッタアレイパネルに近い光路に沿った点において生じる。

【００６４】

点線３２２６によって表された、投影レンズ３２０８から出射した主光線は、それらが、導波路３２０４上または内に配設されたインカップリング光学要素３２３０に衝突する際に、ｘ方向およびｙ方向の両方において、収束する軌跡上にある。各主光線に関連付けられた光錐はｙ方向にコリメートされ、ｘ方向に何らかの長い距離d_fにおいて集束させられる。エミッタアレイパネルと成形光学素子とインカップリング光学要素との間の間隔、ならびにエミッタアレイパネルおよび投影レンズにおいて作り出される光路角度は、光線３２２６が、ｙ方向収束場所３２２８において、およびｘ方向収束場所より前にインカップリング光学要素３２３０に衝突するように選択され得る。光線がインカップリング光学要素を介して導波路内にインカップリングすると、光の少なくとも部分は回折され、および／または（例えば、内部全反射「ＴＩＲ」によって）導波路３２０４内で反射され、アウトカップリング光学要素３２３２へ到達する。導波路３２０４内の光の光路はインカップリング光学要素３２３０とアウトカップリング光学要素３２３２との間の鎖線によって表されている。アウトカップリング光学要素は、光が－ｙ次元に進み、アウトカップリング光学要素３２３２と相互作用するのに従って、光の方向を変え、これにより、光の部分は、（アウトカップリング光学要素３２３２から遠ざかる方に向いた鎖線の矢印によって表されるように）ユーザの眼に向かって導波路３２０４から出射し、その一方で、残りの部分は－ｙ次元に進み続ける。それゆえ、アウトカップリング光学要素３２３２は、３２２８において形成された瞳を複製し、アイボックス（例えば、視認者の眼が、アウトカップリング光学要素から出射した光によって表現される像を観察し得る領域）をｙ次元において拡大する。インカップリング光学要素から視認者の眼までの光の経路の長さは２本の鎖線として表され、l_eと印付けされている。実施形態によっては、距離l_eは距離ｌ

l_cと実質的に同じである。ここで、距離l_cは導波路３２０４のインカップリング光学要素とビームウェスト３２４０との間の距離である。それゆえ、光が導波路３２０４を通って進むのに従って、それは、ビームウェストの場所が視認者の眼の場所と一致するよう、収束および集束し続ける。

【００６５】

図３２Ｂに、光学システム３２０１の別の実施形態が示されている。システム３２００と同様に、システム３２０１は、ディスプレイ３２０２’からの光をアイピース３２０４’内へ伝達するための「スプリット」システムと考えられ得る。ディスプレイシステム３２０２’はエミッタアレイパネル３２０６’および投影レンズ３２０８を含む。エミッタアレイパネル３２０６’は、光エミッタ（例えば、マイクロＬＥＤ）のアレイ、およびエミッタを覆って配設されたレンズレット（例えば、対称もしくは非対称であり得る、図示されない、円柱レンズレット）のアレイを含み得る。光エミッタのアレイとレンズレットのアレイとの間の位置付けは、投影レンズ３２０８’に向かってレンズレットから出射する光がｘ方向に沿って傾斜しないようになっている。それゆえ、光はｘ次元において収束しない。図３３Ｃおよび図３３Ｄに示されたエミッタアレイパネル３２０６’の正面図および上面図のそれぞれに、これが示されている。エミッタアレイパネル３２０６’から出射した主光線３２１０’、３２１４’、３２１６’、３２１８’はｘ次元およびｙ次元の両方において互いに実質的に平行である。エミッタアレイとアパーチャとレンズレットアレイとの間の関係はエミッタアレイパネル３２０６’全体にわたって一定であり得、図３４Ａに示される関係と同様であり得る。

【００６６】

エミッタアレイパネル３２０６’の他の構成も可能である。例えば、最初に図３４Ｃを参照すると、複数のマイクロＬＥＤエミッタ３４０２が単一のアパーチャ３２３６’および単一のレンズレット３４０４に関連付けられ得る。レンズレット３４０４は、レンズレットの中心線３２３４’がｘ次元においてアパーチャ３２３６’の中心と位置合わせするように位置付けられ得る。主光線（例えば、光線３２１０’）がエミッタアレイパネル３２０６’に対して実質的に垂直な角度でレンズレットから放出され得る。点線によって示されるように、各主光線に関連付けられた光錐も放出され得、レンズレット３４０４によって、鎖線によって示されるように、レンズレットから距離d_fにおいて焦点が作り出されるように成形され得る。実施形態によっては、距離d_fはおよそ１メートルであり得るが、レンズレット設計に応じて他の距離も可能である。さらに、主光線はエミッタアレイパネル３２０６’の前面に対して実質的に垂直な方向に進み得る。複数のエミッタ３４０２はピッチｐでエミッタアレイパネル内に配設され得、ピッチはおよそ２５μｍであり得る。レンズレット３４０４の幅寸法はピッチｐとおよそ等しいものであり得る。

【００６７】

次に図３４Ｄを参照すると、エミッタアレイパネル３２０６’’の別の実施形態が示されている。複数のマイクロＬＥＤエミッタ３４０２が複数のアパーチャ３２３６’’に関連付けられ得、複数のアパーチャ３２３６’’の各々は単一のレンズレット３４０６に関連付けられ得る。レンズレット３４０６は、各レンズレット３４０６の中心線３２３４’’がｘ次元においてアパーチャ３２３６’’の中心と位置合わせするように位置付けられ得る。主光線が各レンズレット３４０６から異なる角度で放出され得る。３つのレンズレットが示された、図示の実施形態では、中心レンズレットを通過する光は、エミッタアレイパネル３２０６’’に対して実質的に垂直に方向付けられた主光線を有し得る。中心レンズレットの左および右のレンズレットは、中心レンズレットから遠ざかる方へ角度を付けられた主光線を有し得る。各レンズレットは、焦点がレンズレットから距離d_fにおいて形成されるように成形された、点線によって表された、光錐を放出する。マイクロＬＥＤエミッタからの光を成形し、方向付けるために、複数のアパーチャおよび複数のレンズレットが用いられるため、複数の焦点が形成される。実施形態によっては、マイクロＬＥＤアレイのピッチｐ’はおよそ２５μｍであり得る。マイクロＬＥＤエミッタの各グループに関連付けられた複数のレンズレットの幅寸法はピッチｐ’と等しいものであり得る。それゆえ、シ

ステム３２０６’におけるレンズレット３４０４と比べて、レンズレット３４０６はより小さい幅を有し得る。より小さい幅を有するレンズレット３４０６は、単一のより大きいレンズレット３４０４よりも高い忠実度のピクセル像を提供し得る。

【００６８】

点線３２２２’、３２０６’によって表された、エミッタアレイシステムからの光が投影レンズ３２０８へ到達すると、投影レンズ３２０８は、点線３２２６’によって表されるように、光をｙ次元内で収束させ、および／またはコリメートする役割を果たし得る。光は投影レンズから距離d_yにおけるｙ次元焦点へ到達し得る。導波路アイピース３２０４’が、インカップリング光学要素３２２８’が焦点に位置するように配置され得、光は次いでアイピースにインカップリングされる。アイピース内にインカップリングされた光は回折し、および／または－ｙ次元に沿ってアイピース内で反射し、これにより、それはアウトカップリング光学要素３２３２’に遭遇する。光がアウトカップリング光学要素３２３２’と相互作用し、－ｙ次元に進むのに従って、光の複数の瞳が導波路３２０４’から出射することになり、これにより、光によって表現された像を視認者が観察し得るアイボックスを形成する。

【００６９】

システム３２００および３２０１はいくつかの利点をもたらす。具体的には、スプリットシステムは、最小限に抑えられた眉装着ディスプレイおよびプロジェクタのための実用的フォームファクタを可能にする。このようなフォームファクタは、かさばるフレームを必要とすることなく、ユーザの眉の付近で１組のメガネ内に容易に統合され得る。加えて、システム３２００は、ディスプレイおよびプロジェクタからの多量の光をインカップリングするように構成された大きなＩＣＧを含む。このような大量の光をインカップリングすることは、ユーザによる視認のためにアウトカップリング光学要素から出射する像の輝度および効率の改善をもたらす。さらに、エミッタアレイパネル、プロジェクタ、およびインカップリング光学要素の細長い形状のおかげで、アイピースは光瞳を１つの方向（例えば、ｙ方向）において複製するだけでよい。アウトカップリング光学要素の要件を減らすことは導波路アイピースの効率を改善し、光学設計および製作要求を単純化する。

【００７０】

したがって、本開示は図示の実装形態に従って提供されたが、当業者は、実施形態の変形が存在し得、それらの変形は本開示の範囲内に含まれるであろうことを容易に認識するであろう。したがって、添付の特許請求の範囲から逸脱することなく、多くの変更が当業者によって行われ得る。

【図面】

【図１】

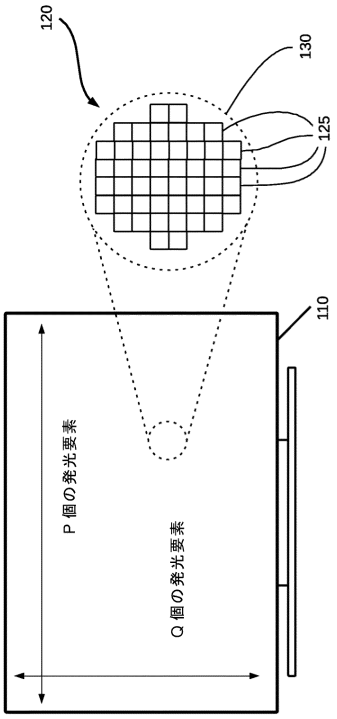


FIG. 1

【図２】

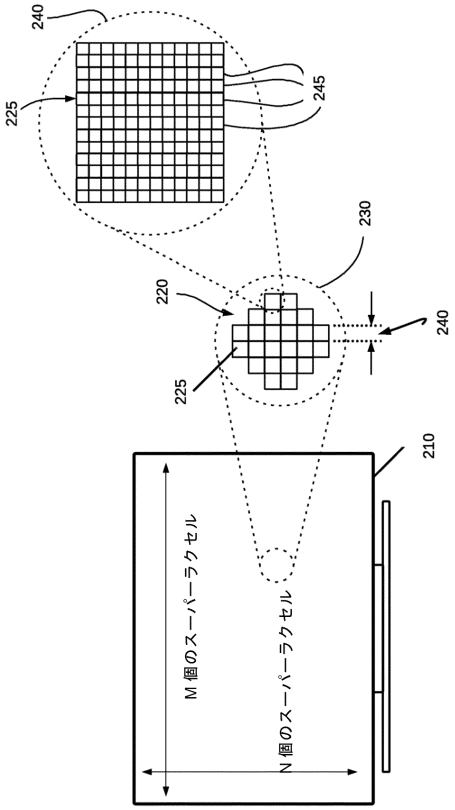


FIG. 2

【図３】

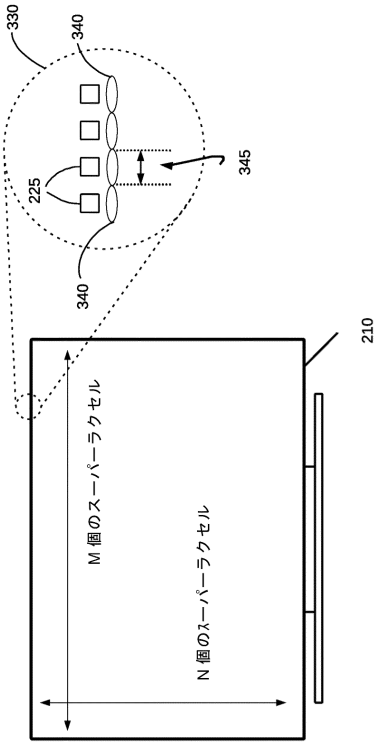


FIG. 3

【図４】

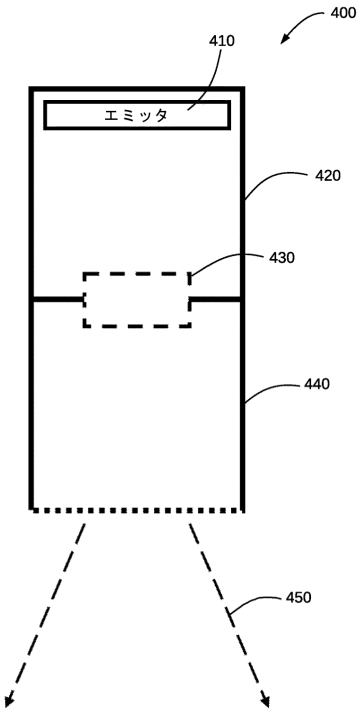


FIG. 4

【図５】

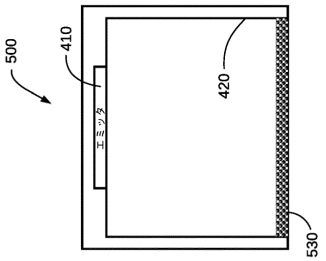


FIG. 5

【図６】

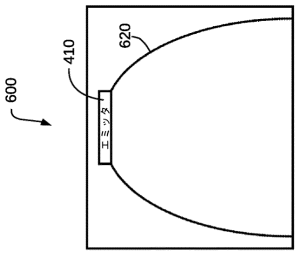


FIG. 6

【図７】

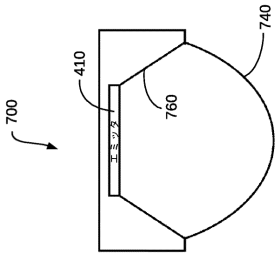


FIG. 7

【図８】

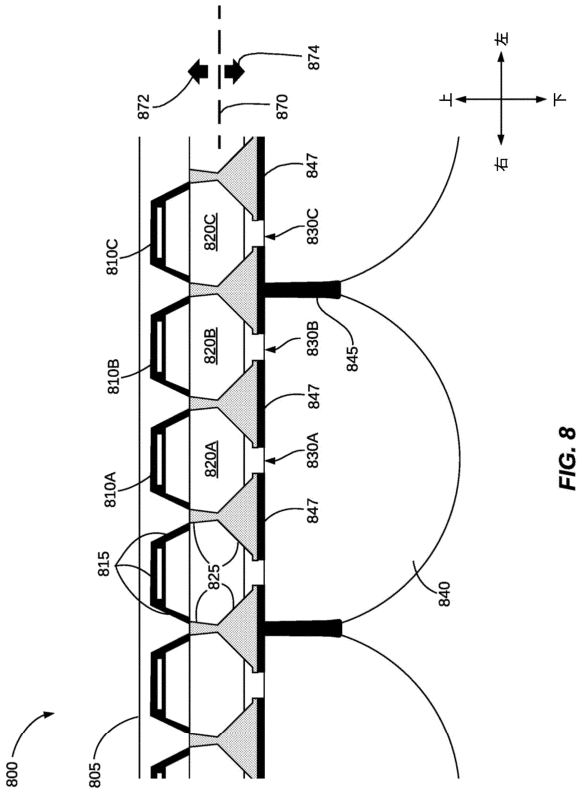


FIG. 8

【図９】

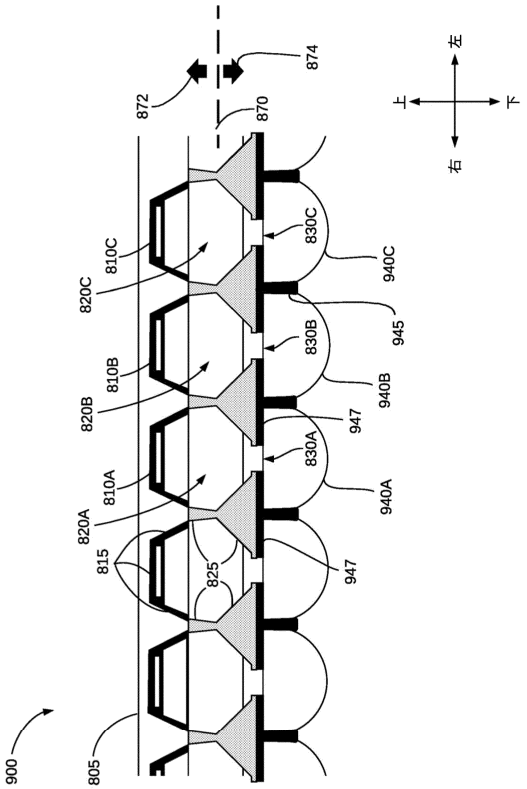


FIG. 9

【図１０】

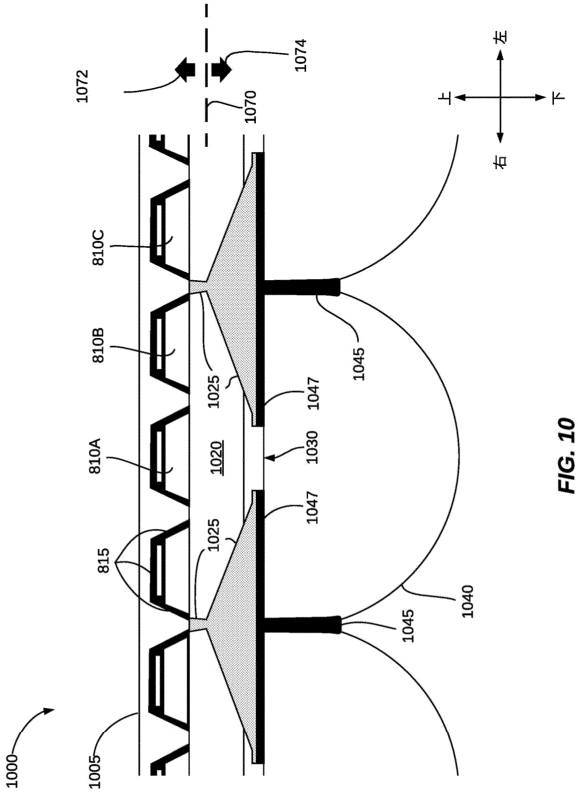


FIG. 10

【図１１】

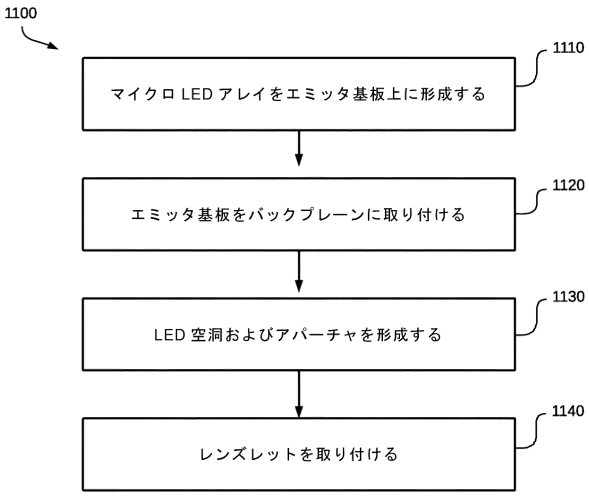


FIG. 11

【図１２】

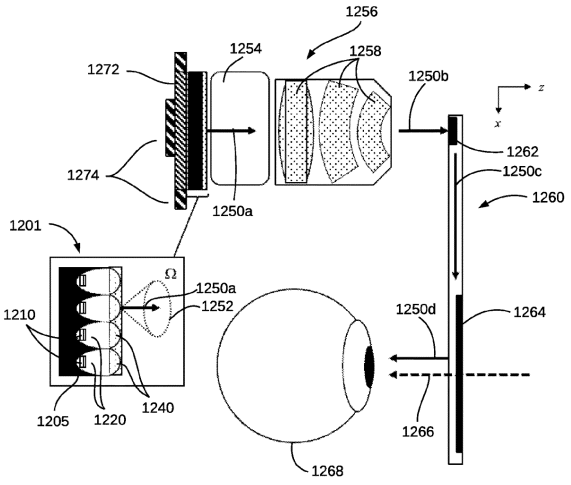


FIG. 12

【図１３】

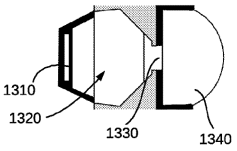


FIG. 13

【図１４】

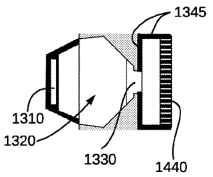


FIG. 14

【図１５】

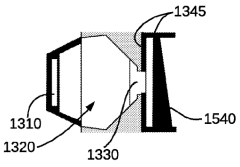


FIG. 15

【図１６Ａ】

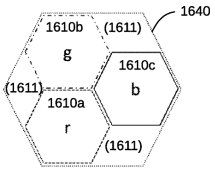


FIG. 16A

【図１６Ｂ】

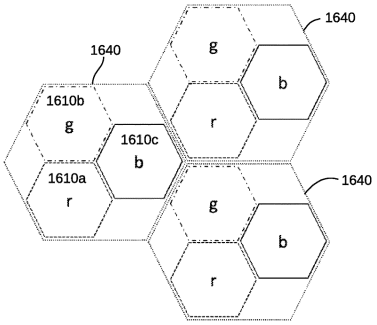


FIG. 16B

【図１６Ｃ】

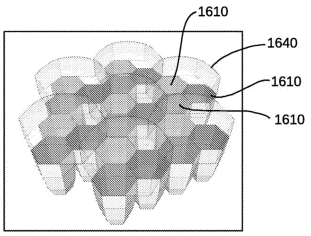


FIG. 16C

【図１７】

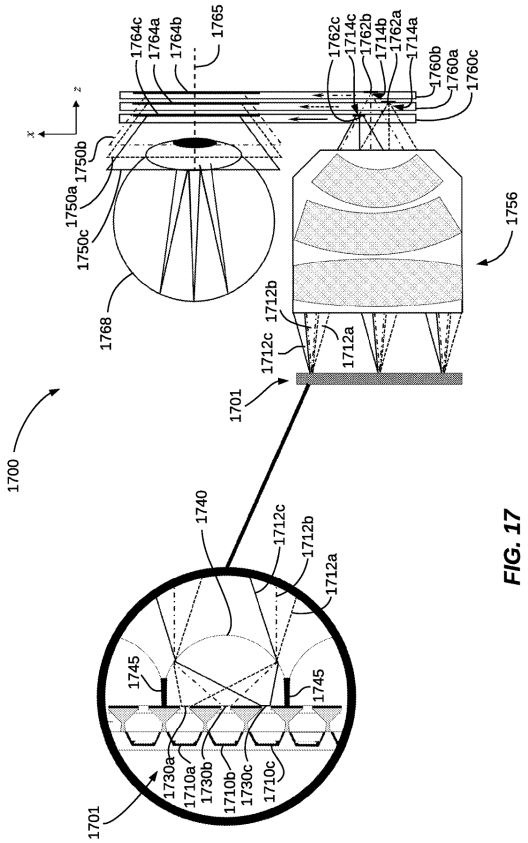


FIG. 17

【図１８Ａ】

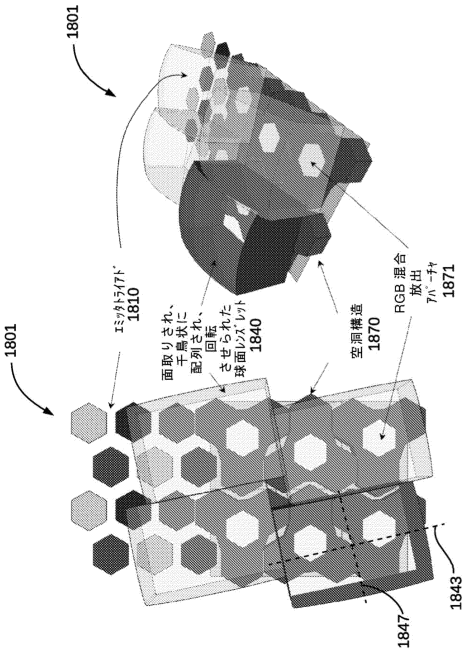


FIG. 18B

FIG. 18A

【図１８Ｂ】

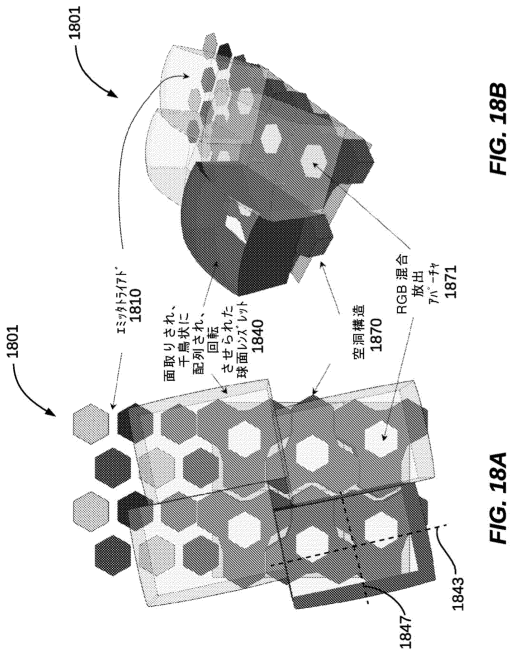


FIG. 18B

FIG. 18A

【図１９】

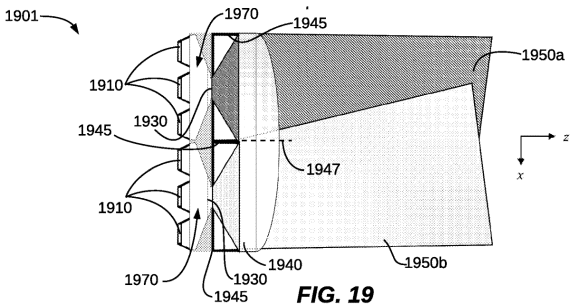


FIG. 19

【図２０】

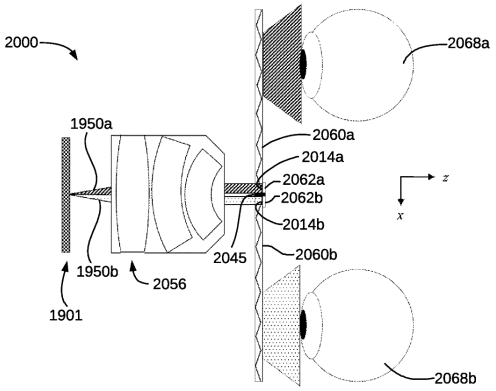


FIG. 20

【図２１Ａ】

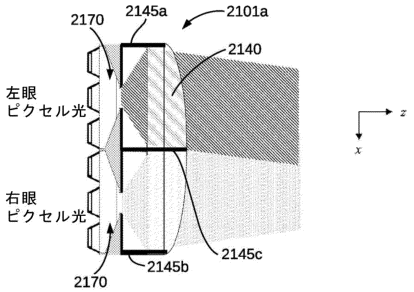


FIG. 21A

【図２１Ｂ】

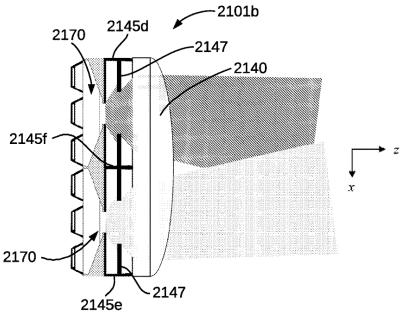


FIG. 21B

【図２２Ａ】

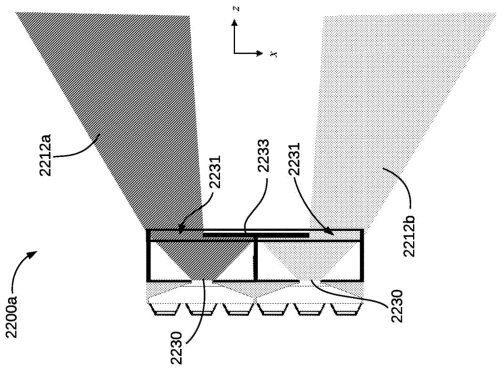


FIG. 22A

【図２２Ｂ】

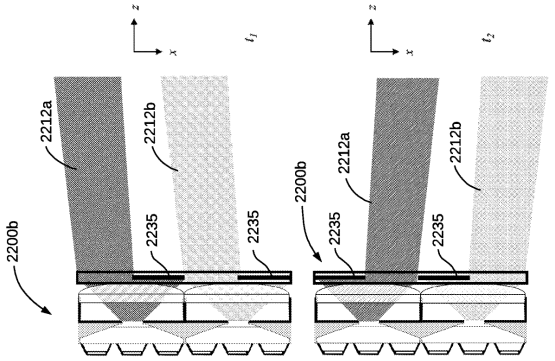


FIG. 22B

【図２２Ｃ】

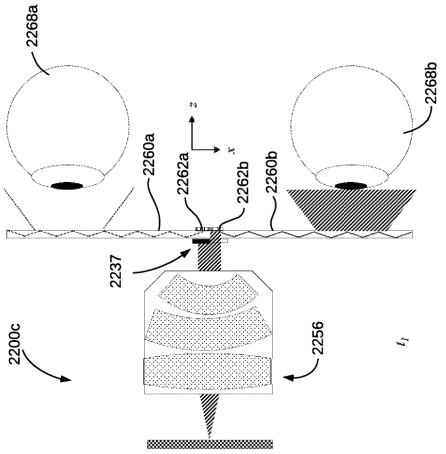


FIG. 22C

【図２２Ｄ】

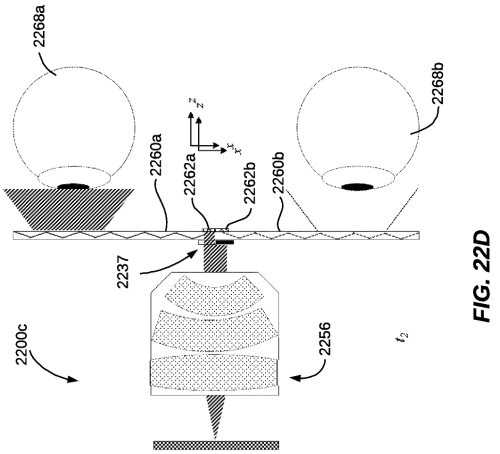


FIG. 22D

【図２３】

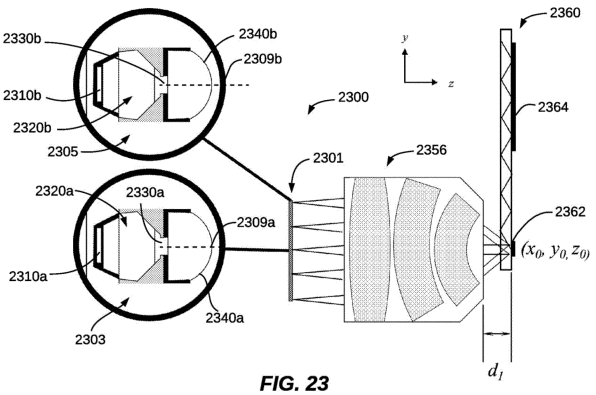


FIG. 23

【図２４】

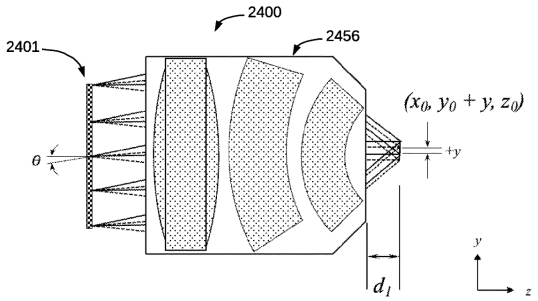


FIG. 24

【図２５】

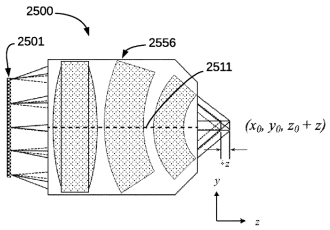


FIG. 25

【図２６】

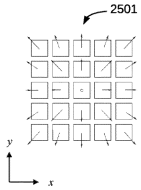


FIG. 26

【図２７】

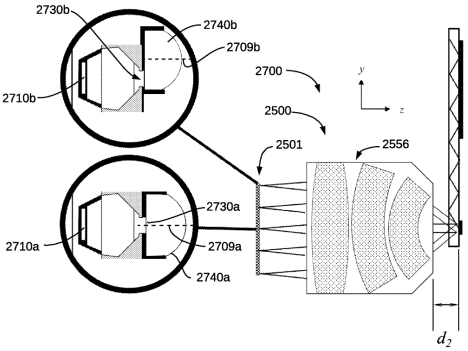


FIG. 27

【図２８】

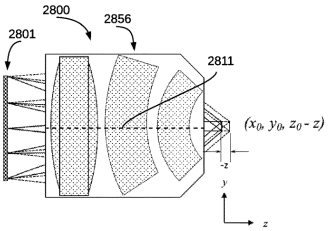


FIG. 28

【図２９】

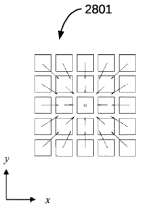


FIG. 29

【図３０】

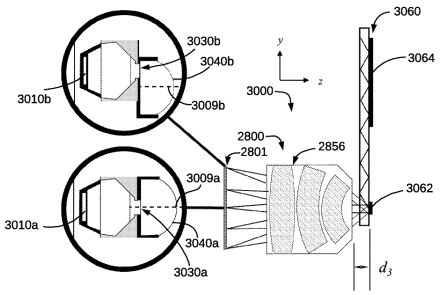


FIG. 30

【図３１Ａ】

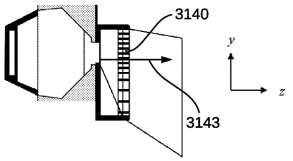


FIG. 31A

【図３１Ｂ】

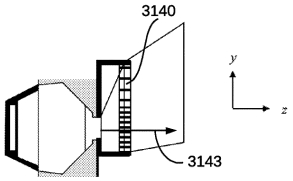


FIG. 31B

【図３２Ａ】

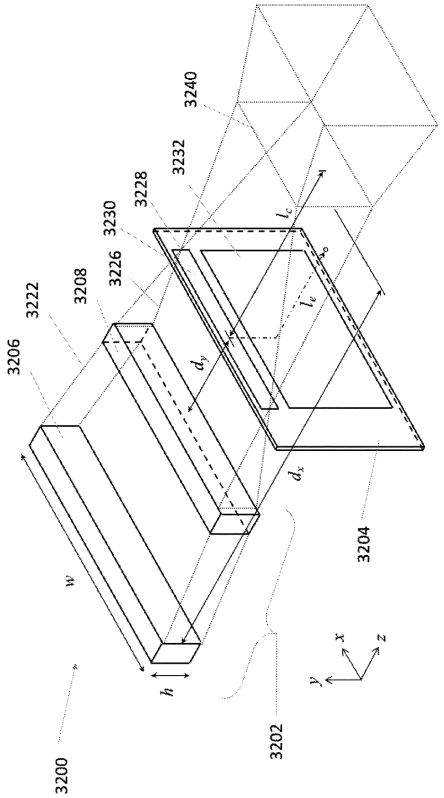


FIG. 32A

【図３２Ｂ】

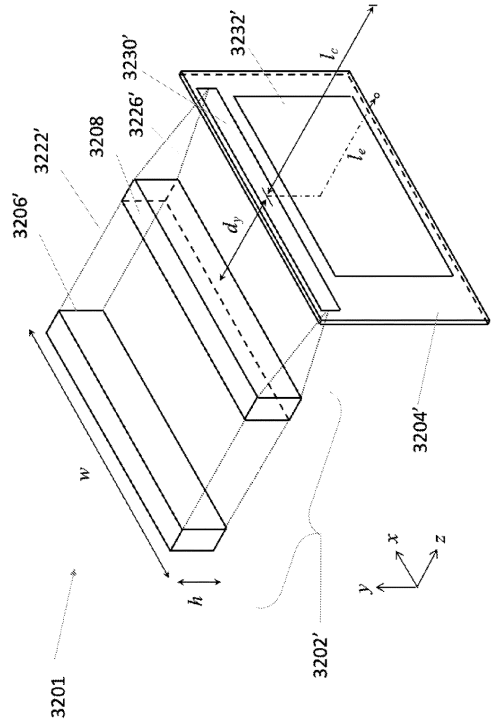


FIG. 32B

【図３３Ａ】

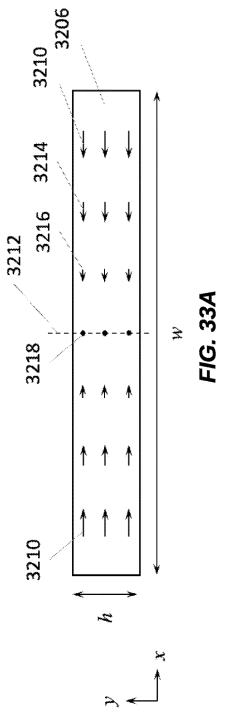


FIG. 33A

【図３３Ｂ】

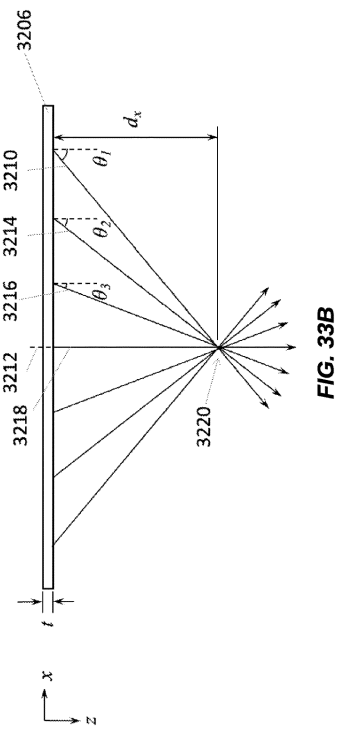


FIG. 33B

【図３３Ｃ】

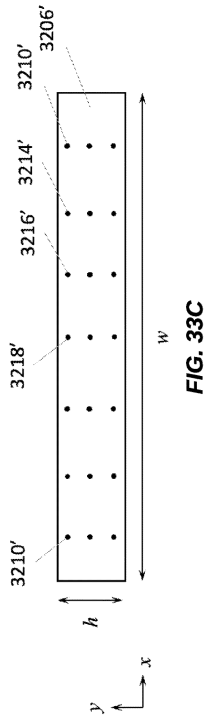


FIG. 33C

【図３３Ｄ】

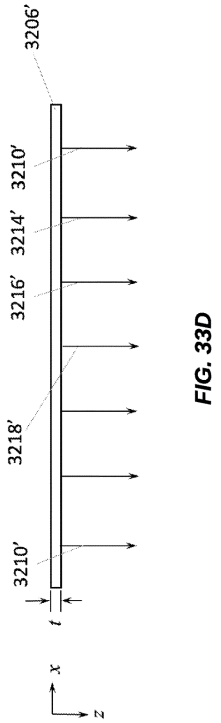


FIG. 33D

【図３４Ａ】

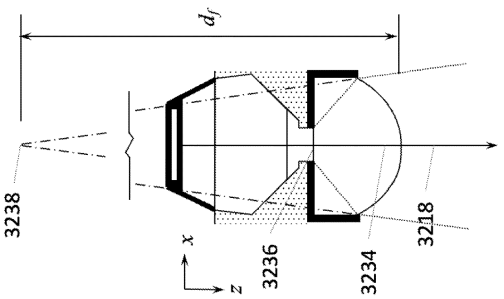


FIG. 34A

【図３４Ｂ】

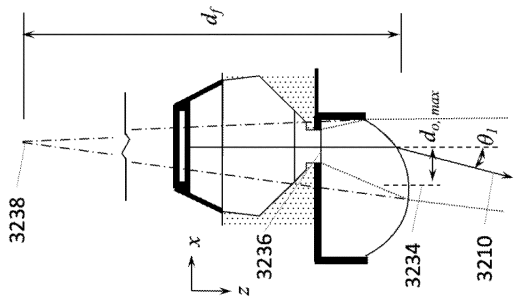


FIG. 34B

【図３４Ｃ】

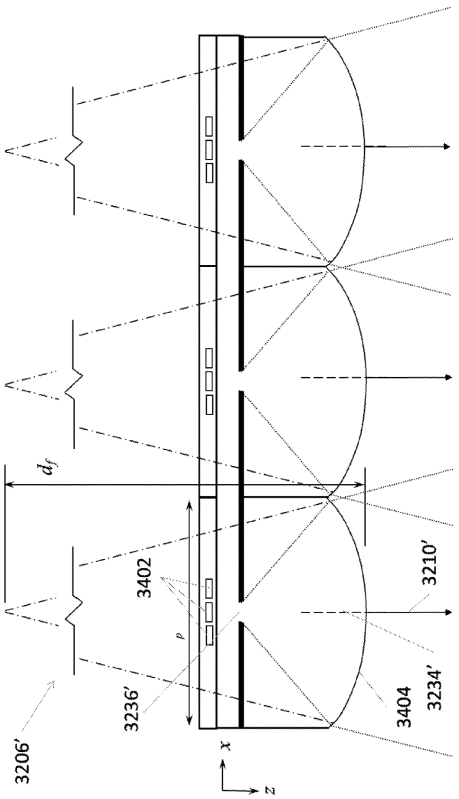


FIG. 34C

【図３４Ｄ】

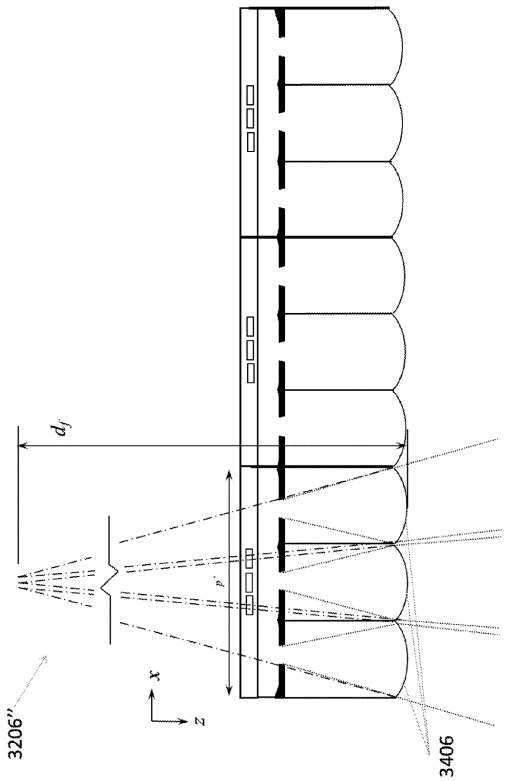


FIG. 34D

【図３５】

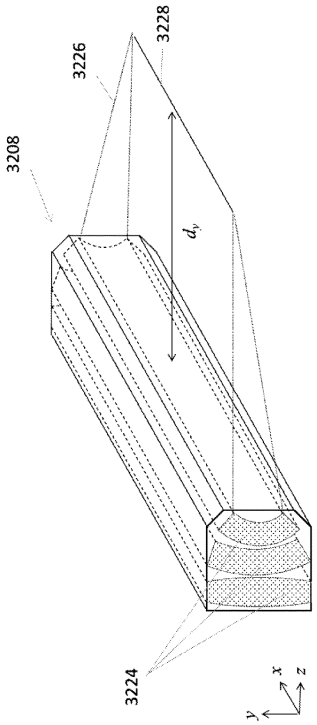


FIG. 35

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US22/32125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC - INV. G02B 27/00; G02B 6/00; G02B 27/30; G06F 3/147; H04N 13/332 (2022.01)
ADD. G02B 30/22; H04N 13/344 (2022.01)
CPC - INV. G02B 27/00; G02B 6/00; G02B 27/017; G02B 27/0172; G02B 27/30; G06F 3/147; H04N 13/332
ADD. G02B 30/22; G02B 2027/0174; G02B 2027/0178; H04N 13/344
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
See Search History document

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2020/0301147 A1 (MAGIC LEAP INC) 24 September 2020; Figures 17B, 21; Paragraphs [0003, 0007, 0144 - 0225]	1-16
A	US 2020/0257065 A1 (FACEBOOK TECHNOLOGIES LLC) 13 August 2020; Entire document	1-16
A	US 2020/0371366 A1 (FACEBOOK TECHNOLOGIES LLC) 26 November 2020; Entire document	1-16

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 August 2022 (26.08.2022)	SEP 21 2022
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300	Authorized officer Shane Thomas Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

フロントページの続き

(32)優先日　令和3年10月12日(2021.10.12)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW
コーポレイテッド内
(72)発明者　シッソム，ブラッドリー・ジェイ
アメリカ合衆国、８０３０２　コロラド州、ボールダー、ディアー・トレイル・ロード、６３５
Ｆターム（参考）　2H199　CA12 CA25 CA36 CA38 CA42 CA48 CA50 CA53 CA58 CA67
CA70 CA86
5F142　AA04 CB14 CE06 CE32 DB12 GA01