

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6504353号
(P6504353)

(45) 発行日 平成31年4月24日(2019.4.24)

(24) 登録日 平成31年4月5日(2019.4.5)

(51) Int. Cl.		F I			
G O 2 B	27/01	(2006.01)	G O 2 B	27/01	
G O 2 B	27/48	(2006.01)	G O 2 B	27/48	
G O 2 B	26/10	(2006.01)	G O 2 B	26/10	1 O 4 Z
B 6 O K	35/00	(2006.01)	B 6 O K	35/00	A
H O 4 N	5/64	(2006.01)	H O 4 N	5/64	5 2 1 P

請求項の数 12 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2015-90944 (P2015-90944)
(22) 出願日	平成27年4月28日(2015.4.28)
(65) 公開番号	特開2016-206563 (P2016-206563A)
(43) 公開日	平成28年12月8日(2016.12.8)
審査請求日	平成30年4月3日(2018.4.3)

(73) 特許権者	000006747
	株式会社リコー
	東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(74) 代理人	100102901
	弁理士 立石 篤司
(72) 発明者	中村 健翔
	東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
	会社リコー内
(72) 発明者	市井 大輔
	東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
	会社リコー内
(72) 発明者	稲本 慎
	東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
	会社リコー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像表示装置及び物体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源部と、

前記光源部からの光によって画像を形成するための画像形成素子と、

前記画像を形成する光が照射されるマイクロレンズアレイと、

前記マイクロレンズアレイを透過した光を透過反射部材に向けて投射する投射光学系と、
を備え、前記マイクロレンズアレイは、第1の方向に配列された複数のマイクロレンズから成る
レンズ列が前記第1の方向に直交する第2の方向に複数配置されて成るレンズ列群を含み、
前記レンズ列群において前記第1の方向に隣り合う2つの前記マイクロレンズの光学中心の前記第1の方向に関する距離の平均値M1、前記レンズ列群において各レンズ列の前記複数のマイクロレンズの光学中心の前記第2の方向の平均位置を通り前記第1の方向に延びる軸の隣接間隔の平均値M2、前記投射光学系及び前記透過反射部材を含む光学系の前記第1の方向の倍率B1、前記光学系の前記第2の方向の倍率B2について、

B1 < B2 かつ M1 > M2、又は、B1 > B2 かつ M1 < M2 が成立し、

前記マイクロレンズアレイにおいて、少なくとも1つの前記マイクロレンズの光学中心は、該マイクロレンズの幾何学中心からランダムに偏心し、前記第1及び第2の方向の偏心範囲は略同一である画像表示装置。

【請求項2】

10

20

$M1 \times B1$ $M2 \times B2$ が成立することを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 3】

光源部と、

前記光源部からの光によって画像を形成するための画像形成素子と、

前記画像を形成する光が照射されるマイクロレンズアレイと、

前記マイクロレンズアレイを透過した光を透過反射部材に向けて投射する投射光学系と、を備え、

前記マイクロレンズアレイは、幾何学中心が第 1 の方向にピッチ $P1$ で並ぶ複数のマイクロレンズから成るレンズ列が前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向にピッチ $P2$ で複数並んで成るレンズ列群を含み、

前記ピッチ $P1$ 、前記ピッチ $P2$ 、前記投射光学系及び前記透過反射部材を含む光学系の前記第 1 の方向の倍率 $B1$ 、前記光学系の前記第 2 の方向の倍率 $B2$ について、

$B1 < B2$ かつ $P1 > P2$ 、又は、 $B1 > B2$ かつ $P1 < P2$ が成立し、

前記マイクロレンズアレイにおいて、少なくとも 1 つの前記マイクロレンズの光学中心は、該マイクロレンズの幾何学中心からランダムに偏心し、前記第 1 及び第 2 の方向の偏心範囲は略同一である画像表示装置。

10

【請求項 4】

$P1 \times B1$ $P2 \times B2$ が成立することを特徴とする請求項 3 に記載の画像表示装置。

【請求項 5】

前記マイクロレンズに入射する光のビーム径は、該マイクロレンズのレンズ径よりも小さいことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の画像表示装置。

20

【請求項 6】

前記複数のマイクロレンズは、前記第 1 及び第 2 の方向にマトリクス状に配列されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の画像表示装置。

【請求項 7】

前記マイクロレンズは六角形形状であり、

前記複数のマイクロレンズは、ハニカム状に配列されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の画像表示装置。

【請求項 8】

前記マイクロレンズのハニカム状の配列が、ジグザグ型配列であることを特徴とする請求項 7 に記載の画像表示装置。

30

【請求項 9】

前記マイクロレンズのハニカム状の配列が、アームチェア型配列であることを特徴とする請求項 7 に記載の画像表示装置。

【請求項 10】

前記マイクロレンズアレイのレンズ境界方向はランダムに分散していることを特徴とする請求項 6 ~ 9 のいずれか一項に記載の画像表示装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の画像表示装置と、

前記画像表示装置が搭載された物体と、を備える物体装置。

40

【請求項 12】

前記物体は、移動体であり、

前記透過反射部材は、前記移動体のウインドシールドであることを特徴とする請求項 11 に記載の物体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像表示装置及び物体装置に係り、更に詳しくは、光により画像を形成し、該画像の虚像を視認可能にする画像表示装置、該画像表示装置を備える物体装置に関する。

50

【背景技術】

【0002】

従来、光により画像を形成し、該画像を形成した光をマイクロレンズアレイに照射し、該マイクロレンズアレイを透過した光を透過反射部材（例えば移動体のウインドシールド）に導く画像表示装置が知られている（例えば特許文献1参照）。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

特許文献1に開示されている画像表示装置では、画質の低下を抑制しつつ小型化することは困難であった。

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、光源部と、前記光源部からの光によって画像を形成するための画像形成素子と、前記画像を形成する光が照射されるマイクロレンズアレイと、前記マイクロレンズアレイを透過した光を透過反射部材に向けて投射する投射光学系と、を備え、前記マイクロレンズアレイは、第1の方向に配列された複数のマイクロレンズから成るレンズ列が前記第1の方向に直交する第2の方向に複数配置されて成るレンズ列群を含み、前記レンズ列群において前記第1の方向に隣り合う2つの前記マイクロレンズの光学中心の前記第1の方向に関する距離の平均値M1、前記レンズ列群において各レンズ列の前記複数のマイクロレンズの光学中心の前記第2の方向の平均位置を通り前記第1の方向に延びる軸の隣接間隔の平均値M2、前記投射光学系及び前記透過反射部材を含む光学系の前記第1の方向の倍率B1、前記光学系の前記第2の方向の倍率B2について、 $B1 < B2$ かつ $M1 > M2$ 、又は、 $B1 > B2$ かつ $M1 < M2$ が成立し、前記マイクロレンズアレイにおいて、少なくとも1つの前記マイクロレンズの光学中心は、該マイクロレンズの幾何学中心からランダムに偏心し、前記第1及び第2の方向の偏心範囲は略同一である画像表示装置である。

20

【発明の効果】

【0005】

本発明によれば、画質の低下を抑制しつつ小型化することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0006】

【図1】図1(a)～図1(c)は、それぞれ本発明の一実施形態の画像表示装置を説明するための図(その1～その3)である。

【図2】図2(a)及び図2(b)は、それぞれ微細凸レンズによる拡散と干渉性ノイズ発生を説明するための図(その1及びその2)である。

【図3】図3(a)～図3(c)は、それぞれ干渉性ノイズの除去を説明するための図(その1～その3)である。

【図4】図4(a)～図4(c)は、微細凸レンズの配列形態例を3例示す図である。

【図5】図5(a)～図5(e)は、微細凸レンズの配列形態の他の例を5例示す図である。

40

【図6】図6(a)及び図6(b)は、アナモフィックな微細凸レンズを説明するための図である。

【図7】図7(a)及び図7(b)は、被走査面素子の例を2例説明する図である。

【図8】微細凸レンズの配列形態の他の例を1例示す図である。

【図9】画像表示装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図10】画像表示装置の機能ブロック図である。

【図11】2次元偏向手段としての光偏向器について説明するための図である。

【図12】図12(a)及び図12(b)は、それぞれHUDのマイクロレンズアレイ(MLA)を説明するための図(その1及びその2)である。

【図13】MLAのレンズピッチを説明するための図である。

50

【図14】図14(a)及び図14(b)は、それぞれマイクロレンズのハニカム状配列について説明するための図(その1及びその2)である。

【図15】マイクロレンズのランダム配列について説明するための図である。

【図16】レンズ境界方向の分散について説明するための図である。

【図17】図17(a)及び図17(b)は、それぞれレンズ境界方向を分散させたランダム配列レンズアレイZRLA、ARLAについて説明するための図である。

【図18】実施例1のマイクロレンズアレイ(MLA1)について説明するための図である。

【図19】実施例2のマイクロレンズアレイ(MLA2)について説明するための図である。

10

【図20】実施例3のマイクロレンズアレイ(MLA3)について説明するための図である。

【図21】実施例4のマイクロレンズアレイ(MLA4)について説明するための図である。

【図22】実施例5のマイクロレンズアレイ(MLA5)について説明するための図である。

【図23】実施例6のマイクロレンズアレイ(MLA6)について説明するための図である。

【図24】実施例7のマイクロレンズアレイ(MLA7)について説明するための図である。

20

【図25】実施例8のマイクロレンズアレイ(MLA8)について説明するための図である。

【図26】実施例9のマイクロレンズアレイ(MLA9)について説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、一実施形態を説明する。

【0008】

図1は、一実施形態の画像表示装置を説明するための図である。

図1に即して説明する画像表示装置1000は、2次元のカラー画像を表示するヘッドアップディスプレイ装置であり、図1(a)に装置の全体を説明図的に示す。

30

【0009】

画像表示装置1000は、一例として、車両、航空機、船舶等の移動体に搭載され、該移動体に設けられた透過反射部材(例えばフロントガラス)を介して該移動体の操縦に必要なナビゲーション情報(例えば速度、走行距離等の情報)を視認可能にする。以下では、移動体に設定されたXYZ3次元直交座標系(移動体と共に移動する座標系)を適宜用いて説明する。なお、「透過反射部材」とは、入射された光の一部を透過させ、残部の少なくとも一部を反射させる部材を意味する。

【0010】

図1(a)において、符号100で示す部分は「光源部」であり、この光源部100からカラー画像表示用の画素表示用ビームLCが+Z方向に射出される。

40

【0011】

画素表示用ビームLCは、赤(以下「R」と表示する。)、緑(以下「G」と表示する。)、青(以下「B」と表示する。)の3色のビームを1本に合成したビームである。

即ち、光源部100は、例えば、図1(b)の如き構成となっている。

【0012】

図1(b)において、符号RS、GS、BSで示す光源としての半導体レーザは、それぞれR、G、Bのレーザ光を放射する。ここでは、各半導体レーザとして、端面発光レーザとも呼ばれるレーザダイオード(LD)が用いられている。なお、半導体レーザとして、端面発光レーザに代えて、面発光レーザ(VCSL)を用いても良い。

50

【 0 0 1 3 】

符号 R C P、G C P、B C P で示すカップリングレンズは、半導体レーザ R S、G S、B S から射出される各レーザ光の発散性を抑制する。

【 0 0 1 4 】

カップリングレンズ R C P、G C P、B C P により発散性を抑制された各色レーザ光束は、アパーチャ R A P、G A P、B A P により整形される（光束径を規制される）。

【 0 0 1 5 】

整形された各色レーザ光束はビーム合成プリズム 1 0 1 に入射する。

ビーム合成プリズム 1 0 1 は、R 色光を透過させ G 色光を反射するダイクロイック膜 D 1 と、R・G 色光を透過させ B 色光を反射するダイクロイック膜 D 2 を有する。

10

【 0 0 1 6 】

従って、ビーム合成プリズム 1 0 1 からは、R、G、B の各色レーザ光束が 1 本の光束に合成されて射出される。

【 0 0 1 7 】

射出される光束は、レンズ 1 0 2 により所定の光束径の「平行ビーム」に変換される。

この「平行ビーム」が、画素表示用ビーム L C である。

【 0 0 1 8 】

画素表示用ビーム L C を構成する R、G、B の各色レーザ光束は、表示するべき「2次元のカラー画像」の画像信号により（画像情報（画像データ）に応じて）強度変調されている。強度変調は、半導体レーザを直接変調する直接変調方式であっても良いし、半導体レーザから射出されたレーザ光束を変調する外部変調方式であっても良い。

20

即ち、半導体レーザ R S、G S、B S は、図示されない駆動手段により、R、G、B の各色成分の画像信号により発光強度を変調される。

【 0 0 1 9 】

光源部 1 0 0 から射出された画素表示用ビーム L C は、画像形成素子としての 2 次元偏向手段 6 に入射し、2 次元的に偏向される。

2 次元偏向手段 6 は、本実施形態では、微小なミラーを「互いに直交する 2 軸」を揺動軸として揺動するように構成されたものである。

即ち、2 次元偏向手段 6 は具体的には、半導体プロセス等で微小揺動ミラー素子として作製された M E M S (Micro Electro Mechanical Systems) である。

30

【 0 0 2 0 】

2 次元偏向手段は、この例に限らず、他の構成のもの、例えば、1 軸の回りに揺動する微小ミラーを 2 個、揺動方向が互いに直交するように組み合わせたもの等でもよい。

【 0 0 2 1 】

上記の如く 2 次元的に偏向された画素表示用ビーム L C は、凹面鏡 7 に入射し、被走査面素子 8 に向けて反射される。

【 0 0 2 2 】

凹面鏡 7 の光学作用は、2 次元的に偏向された画素表示用ビーム L C によって反射面素子 1 0 上に形成される画像の歪みをとることである。

即ち、凹面鏡 7 により反射された画素表示用ビーム L C は、2 次元偏向手段 6 による偏向に伴い平行移動しつつ被走査面素子 8 に入射し、該被走査面素子 8 を 2 次元的に走査する。

40

この 2 次元的な走査により、被走査面素子 8 に「カラーの 2 次元画像」が形成される。

【 0 0 2 3 】

そこで、光源部 1 0 0、2 次元偏向手段 6、凹面鏡 7、被走査面素子 8 を含んで、光により画像を形成する画像形成部が構成されている。

【 0 0 2 4 】

勿論、被走査面素子 8 に各瞬間に表示されるのは「画素表示用ビーム L C が、その瞬間に照射している画素のみ」である。

【 0 0 2 5 】

50

カラーの２次元画像は、画素表示用ビームＬＣによる２次元的な走査により「各瞬間に表示される画素の集合」として形成される。

被走査面素子８に、上記の如く「カラーの２次元画像」が形成され、上記画像情報の画素単位の光（各画素に対応する光）である画素光が、凹面鏡９に入射して反射される。

【００２６】

図１には示されていないが、被走査面素子８は後述する「微細凸レンズ構造」を有している。凹面鏡９は「虚像結像光学系」を構成する。

【００２７】

「虚像結像光学系」は、前記「カラーの２次元画像」の拡大虚像１２を結像させる。

拡大虚像１２の結像位置の手前側には、反射面素子１０が設けられ、拡大虚像１２を結像する光束を、観察者１１（図１（ａ）には観察者の目を示す。）の側へ反射する。この場合、凹面鏡９は、被走査面素子８からの画素光を反射面素子１０に向けて投射する投射光学系を構成する。なお、観察者１１（例えば移動体を操縦する操縦者）は、反射面素子１０（透過反射部材）で反射されたレーザ光の光路上の所定の観察位置（視点）から虚像を視認する。

10

この反射光により、観察者１１は拡大虚像１２を視認できる。

【００２８】

図１（ａ）に示す如く、図の上下方向を「Ｙ方向」、図面に直交する方向を「Ｘ方向」とする。

図１（ａ）に示す場合には、Ｙ方向は通常、観察者１１にとって上下方向であり、この方向を「縦方向」と呼ぶ。

20

また、Ｘ方向は通常、観察者にとって左右方向であり、この方向を「横方向」と呼ぶ。

【００２９】

被走査面素子８は、上述の如く、微細凸レンズ構造を有している。

後述するように、微細凸レンズ構造は「複数の微細凸レンズが、画素ピッチに近いピッチで密接して配列された」ものである。なお、以下では、微細凸レンズ構造について説明するが、「複数の微細凹レンズが、画素ピッチに近いピッチで密接して配列された」微細凹レンズ構造でも同様な作用、効果がある。

【００３０】

ここでは、複数の微細凸レンズは、凸面が入射面となるようにＺ方向に直交する平面（ＸＹ平面）に沿って所定ピッチで２次元配列されている。その具体的な配列形態としては、Ｘ方向を行方向、Ｙ方向を列方向とするマトリクス状の配列や、八ニカム状配列が挙げられる。

30

【００３１】

各微細凸レンズの平面形状（Ｚ軸方向から見た形状）は、例えば円形、正Ｎ角形（Ｎは３以上の自然数）等である。ここでは、微細凸レンズの各々は、互いに曲率（曲率半径）が等しい。

【００３２】

そして、個々の微細凸レンズは、画素表示用ビームＬＣを等方的に拡散させる機能を持つ。すなわち、各微細凸レンズは、全方位に均等な拡散パワーを持つ。以下に、この「拡散機能」を簡単に説明する。

40

【００３３】

図１（ｃ）において、符号Ｌ１～Ｌ４は、被走査面素子８に入射する４本の画素表示用ビームを示している。

【００３４】

これ等の４本の画素表示用ビームＬ１～Ｌ４は、被走査面素子８に形成される２次元画像の４隅に入射する画素表示用ビームであるものとする。

【００３５】

これら４本の画素表示用ビームＬ１～Ｌ４は、被走査面素子８を透過すると、ビームＬ１１～Ｌ１４のように変換される。

50

【 0 0 3 6 】

仮に、画素表示用ビーム L 1 ~ L 4 で囲まれる断面が横長の 4 辺形の光束を、被走査面素子 8 に入射させると、この光束は「ビーム L 1 1 ~ L 1 4 で囲まれる断面が横長の 4 辺形の発散性の光束」となる。

微細凸レンズのこの機能が「拡散機能」である。

【 0 0 3 7 】

「ビーム L 1 1 ~ L 1 4 で囲まれる発散性の光束」は、このように発散性光束に変換された画素表示用ビームを時間的に集合した結果である。

【 0 0 3 8 】

画素表示用ビームを拡散させるのは「反射面素子 1 0 により反射された光束が、観察者 1 1 の目の近傍の広い領域を照射する」ようにするためである。

10

【 0 0 3 9 】

上記拡散機能が無い場合には、反射面素子 1 0 により反射された光束が「観察者 1 1 の目の近傍の狭い領域」のみを照射する。

【 0 0 4 0 】

このため、観察者 1 1 が頭部を動かして、目の位置が上記「狭い領域」から逸れると、観察者 1 1 は拡大虚像 1 2 を視認できなくなる。

【 0 0 4 1 】

上記のように、画素表示用ビーム LC を拡散させることにより、反射面素子 1 0 による反射光束は「観察者 1 1 の目の近傍の広い領域」を照射する。

20

従って、観察者が「頭を少々動かし」ても、拡大虚像 1 2 を確実に視認できる。

【 0 0 4 2 】

上記の如く、本実施形態において、被走査面素子 8 に入射する画素表示用ビーム LC は平行ビームであるが、被走査面素子 8 を透過した後は発散性のビームとなる。

【 0 0 4 3 】

この発明における被走査面素子 8 は、画素表示用ビーム LC を拡散させる複数の微細凸レンズが、画素ピッチに近いピッチで密接して配列された「微細凸レンズ構造」を有する。

【 0 0 4 4 】

微細凸レンズは「画素表示用ビーム LC のビーム径」より大きい。

30

微細凸レンズを「画素表示用ビーム LC のビーム径」より大きくするのは、干渉性ノイズ低減のためであり、以下これを、図 2 及び図 3 を参照して説明する。

【 0 0 4 5 】

図 2 (a) において、符号 8 0 2 は被走査面素子を示す。

被走査面素子 8 0 2 は、微細凸レンズ 8 0 1 を配列した微細凸レンズ構造を有する。

【 0 0 4 6 】

符号 8 0 3 で示す「画素表示用ビーム」の光束径 8 0 7 は、微細凸レンズ 8 0 1 の大きさよりも小さい。

即ち、微細凸レンズ 8 0 1 の大きさ 8 0 6 は、光束径 8 0 7 よりも大きい。

なお、本実施形態では、画素表示用ビーム 8 0 3 はレーザー光束であり、光束中心のまわりにガウス分布状の光強度分布をなす。

40

従って、光束径 8 0 7 は、光強度分布における光強度が「 $1 / e^2$ 」に低下する光束半径方向距離である。

図 2 (a) では、光束径 8 0 7 は微細凸レンズ 8 0 1 の大きさ 8 0 6 に等しく描かれているが、光束径 8 0 7 が「微細凸レンズ 8 0 1 の大きさ 8 0 6」に等しい必要は無い。

微細凸レンズ 8 0 1 の大きさ 8 0 6 をはみ出さなければよい。

【 0 0 4 7 】

図 2 (a) において、画素表示用ビーム 8 0 3 は、その全体が 1 個の微細凸レンズ 8 0 1 に入射し、発散角 8 0 5 をもつ拡散光束 8 0 4 に変換される。

なお、「発散角」は、以下において「拡散角」と呼ぶこともある。

50

【 0 0 4 8 】

図 2 (a) の状態では、拡散光束 8 0 4 は 1 つで、干渉する光束が無いので、干渉性ノイズ (スペックルノイズ) は発生しない。

なお、発散角 8 0 5 の大きさは、微細凸レンズ 8 0 1 の形状により適宜設定できる。

【 0 0 4 9 】

図 2 (b) では、画素表示用ビーム 8 1 1 は、光束径が微細凸レンズの配列ピッチ 8 1 2 の 2 倍となっており、2 個の微細凸レンズ 8 1 3、8 1 4 に跨って入射している。

【 0 0 5 0 】

この場合、画素表示用ビーム 8 1 1 は、入射する 2 つの微細凸レンズ 8 1 3、8 1 4 により 2 つの発散光束 8 1 5、8 1 6 のように拡散される。

10

【 0 0 5 1 】

2 つの発散光束 8 1 5、8 1 6 は、領域 8 1 7 において重なり合い、この部分で互いに干渉して干渉性ノイズを発生する。

【 0 0 5 2 】

図 3 (a) は、画素表示用ビーム 8 2 4 が、被走査面素子 8 2 1 の、2 つの微細凸レンズ 8 2 2、8 2 3 に跨って入射している状態を示す。

【 0 0 5 3 】

画素表示用ビーム 8 2 4 の光束径は、微細凸レンズ 8 2 2 等の大きさに等しい。

この場合、微細凸レンズ 8 2 2 に入射したビーム部分は発散光束 8 2 6 となり、微細凸レンズ 8 2 3 に入射したビーム部分は発散光束 8 2 7 となって拡散される。

20

【 0 0 5 4 】

発散光束 8 2 6 と 8 2 7 とは、互いに遠ざかる方向へ拡散されるので、これらが相互に重なり合うことはなく、従って、この状態で干渉性ノイズは発生しない。

【 0 0 5 5 】

即ち、微細凸レンズにより拡散された光束による干渉性ノイズは、画素表示用ビーム 8 2 4 のビーム径を、微細凸レンズ 8 2 2 の大きさ以下に設定すれば発生しない。

【 0 0 5 6 】

微細凸レンズの径と、被走査面素子に入射する画素表示用ビームのビーム径の具体的な数値例を例示する。

画素表示用ビームのビーム径を、例えば 1 5 0 μm 程度に設定することは容易である。

30

【 0 0 5 7 】

この場合には、微細凸レンズ構造を構成する微細凸レンズの大きさは、上記 1 5 0 μm 以上の大きさ、例えば、1 6 0 μm 、2 0 0 μm 等に設定すれば良い。

【 0 0 5 8 】

図 3 (a) に示す被走査面素子 8 2 1 では、微細凸レンズ 8 2 2、8 2 3・・・は隙間なく配列されている。

【 0 0 5 9 】

従って、隣接する微細凸レンズ面の「境界部の幅 (以下「境界幅」とも言う。) は 0 」である。

このため、微細凸レンズ 8 2 2、8 2 3 に、図 3 (a) の如く入射する画素表示用ビーム 8 2 4 から発生する発散光束は、発散光束 8 2 6、8 2 7 のみである。

40

【 0 0 6 0 】

しかしながら、実際に形成される微細凸レンズ構造では「隣接する微細凸レンズの境界幅が 0 となる」ことは無い。

【 0 0 6 1 】

即ち、図 3 (b) に示す被走査面素子 8 3 1 のように、実際に形成される微細凸レンズ構造では、微細凸レンズ 8 3 3、8 3 4 の境界部 8 3 5 は「幅 : 0 」とはならない。

【 0 0 6 2 】

微細凸レンズ 8 3 3、8 3 4 の境界部 8 3 5 は、微視的には「曲面が滑らかに連続」しており、境界部 8 3 5 には曲面が形成される。

50

【0063】

このように境界部835に形成された曲面は、この部分に画素表示用ビームが入射すると、入射光部分に対して「微小なレンズ面」として作用する。

【0064】

従って、微細凸レンズ833、834に跨って入射する画素表示用ビーム832は、発散光束836、837とともに発散光束838も発生させる。

【0065】

発散光束838は境界部835の曲面のレンズ作用により発生し、発散光束836、837と、領域839、840において重なり合っ

【0066】

て干渉し、干渉性ノイズを発生させる。

【0067】

図3(c)は、微細凸レンズ構造における「干渉性ノイズの軽減ないし防止」を説明するための図である。

【0068】

微細凸レンズ構造において、微細凸レンズ841、842のレンズ面が緩やかに繋がった境界部843の曲面形状は、それ自体が「微小なレンズ面」をなしている。

境界部843の曲面形状の曲率半径を図の如く「 r 」とする。

【0069】

ここで、説明の簡単のため、微細凸レンズ構造に入射する画素表示用ビームを「波長： λ の単色レーザー光束」とする。

【0070】

境界部843の曲率半径： r が、画素表示用ビームの波長： λ よりも大きい場合($r > \lambda$)、曲率半径： r の曲面は、入射する画素表示用ビームに対してレンズ作用を及ぼす。

【0071】

従ってこの場合、境界部843を通過するビーム成分は発散され、微細凸レンズ841、842により拡散された光束と重なり合っ

【0072】

て干渉し、干渉性ノイズを発生する。

【0073】

一方、境界部843の曲率半径： r が、画素表示用ビームの波長： λ より小さくなると、境界部843は画素表示用ビームに対して「サブ波長構造」となる。

周知の如く、サブ波長構造は「サブ波長構造よりも大きい波長の光」に対してはレンズ作用を生じない。

【0074】

従って、波長： λ より小さい曲率半径： r をもった境界部843は「レンズ」として作用せず、画素表示用ビームを直進的に透過させ、発散させることがない。

【0075】

このため、境界部843を直進的に透過したビーム部分と、微細凸レンズ841、842により拡散された発散光束とは重なり合わず、干渉による干渉性ノイズは発生しない。

【0076】

即ち、画素表示用ビームのビーム径： d 、波長： λ 、微細凸レンズの大きさ： D 、境界部をなす面の曲率半径： r の大小関係は、以下のように定めるのが良い。

$$D > d, \quad \lambda > r$$

【0077】

表示すべき2次元の拡大虚像がモノクロ画像である場合には、波長： λ の単色のコヒーレント光により画素表示用ビームを形成する。

従って、この場合には、上記 D 、 d 、 r 、 λ が上記大小関係を満足するように設定することにより、干渉性ノイズを抑制できる。

【0078】

本実施形態のように、2次元のカラー画像(拡大虚像)を表示する場合、画素表示用ビームLCは、R、G、Bの3色のビームの合成されたものである。

【0079】

これ等の3ビームの波長を $R (= 640 \text{ nm})$ 、 $G (= 510 \text{ nm})$ 、 $B (= 445 \text{ nm})$ とすると、これらの大小関係は「 $R > G > B$ 」である。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

従って、干渉性ノイズ防止の観点からすれば、上記境界部をなす面の曲率半径： r を、最短波長： B よりも小さく、例えば、 400nm とすればよい。

【 0 0 7 8 】

しかし、最長波長： R よりも小さい曲率半径： r （例えば 600nm ）を設定すれば、画像表示ビームの R 成分による干渉性ノイズを防止できる。

即ち、干渉性ノイズを有効に軽減させることができる。

【 0 0 7 9 】

「 r （例えば 500nm ） $< G$ 」とすれば、画像表示ビームの R 成分および G 成分の光による干渉性ノイズを防止できる。

画素表示用ビーム LC が「 R 、 G 、 B の3色のビームの合成されたもの」である場合、干渉性ノイズは、これら3色の成分について独立に発生する。

そして、これら独立した3色 R 、 G 、 B のビームの干渉性ノイズの「総体」が、視認される干渉性ノイズとなる。

従って、3色の干渉性ノイズのうち、1色でも干渉性ノイズが無くなれば、視認される干渉性ノイズは大幅に改善され、観察画像の画質向上に寄与する。

従って、干渉性ノイズの防止効果は、3色のうちで「最も長波長の R 成分」のみでも効果があり、次いで G 成分、 B 成分という順で「低減効果」が向上する。

したがって、最長波長： R よりも小さい曲率半径： r （例えば 600nm ）を設定すれば、干渉性ノイズの軽減上、一定の効果達成できる。

干渉性ノイズの視認性は、波長やビーム径・マルチ/シングルモードなどでノイズ強度は変わるが、一般的には $R > G > B$ の順で高い。

即ち、波長： B の光は人間の眼の視感度が低く、干渉性ノイズは目立ちにくい。

従って、波長： G よりも小さい曲率半径： r （例えば 500nm ）を設定すれば、視認性の比較的高い波長： R と G の光による干渉性ノイズを軽減できる。

視感度が低い波長： B の光による干渉性ノイズは発生しても、さほど目立たない。

勿論、波長： B よりも小さい曲率半径： r （例えば 400nm ）を設定すれば、上記の如く、干渉性ノイズを更に有効に軽減できる。

【 0 0 8 0 】

微細凸レンズ構造を構成する複数の微細凸レンズそれぞれの大きさは、上記の如く、 $100\mu\text{m}$ オーダであり、これは通常の「マイクロレンズ」として実現できる。

【 0 0 8 1 】

また、複数の微細凸レンズを配列した微細凸レンズ構造は「マイクロレンズアレイ」として実現できる。

【 0 0 8 2 】

従って、以下、微細凸レンズを「マイクロレンズ」とも呼び、微細凸レンズ構造を「マイクロレンズアレイ」とも呼ぶこととする。

【 0 0 8 3 】

マイクロレンズアレイは、一般に、マイクロレンズアレイのレンズ面アレイの転写面を持つ金型を作製し、この金型を用いて、樹脂材料に金型面を転写して作製される。

金型における転写面の形成は、切削やフォトリソグラフィなどを用いて形成する方法が知られている。

【 0 0 8 4 】

また、樹脂材料への転写面の転写は、例えば「射出成形」で行うことができる。

【 0 0 8 5 】

隣接マイクロレンズの境界部における曲率半径を小さくすることは、境界幅を小さくすることにより実現できる。

小さい境界幅は、隣接マイクロレンズ面の形成する境界部の「尖鋭化」することにより実現できる。

【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

50

マイクロレンズアレイ用の金型において、「隣接マイクロレンズ間の境界幅」の大きさを波長オーダーまで小さくする工法は、種々の方法が知られている。

【0087】

例えば、特許第4200223号公報は、異方性エッチングおよびイオン加工により各マイクロレンズの曲率半径を増加させ、境界部の非レンズ部分を除去する方法を開示している。

【0088】

また、特許第5010445号公報は、等方性ドライエッチングを用いて、隣接マイクロレンズ間の平坦面を除去する方法を開示している。

【0089】

例えば、これらの公知の方法を用いることにより、隣接マイクロレンズ間の境界部を成す面の曲率半径が、十分に小さいマイクロレンズアレイを作製可能である。

即ち、上に説明した被走査面素子は、複数のマイクロレンズが相互に近接して配列した構造を有するマイクロレンズアレイとして構成できる。

隣接するマイクロレンズの境界部をなす面の曲率半径： r を640nmよりも小さいマイクロレンズアレイとして形成することにより、R成分光の干渉性ノイズを防止できる。

また、上記曲率半径： r を510nmよりも小さいマイクロレンズアレイとして形成すれば、R成分光とG成分光による干渉性ノイズを防止できる。

隣接するマイクロレンズの境界部をなす面の曲率半径： r を445nmよりも小さいマイクロレンズアレイとして形成すれば、R、G、B成分光の干渉性ノイズを防止できる。

【0090】

上には、図1に示す画像表示装置（ヘッドアップディスプレイ装置）について説明した。

【0091】

図1に示す凹面鏡7は、「2次的に偏向された画素表示用ビームLCによって反射面素子10上に形成される画像の歪みをとる機能」を持つ。

即ち、凹面鏡7は「2次的に偏向された画素表示用ビームの偏向範囲を調整し、被走査面素子の走査範囲を規制する偏向範囲規制手段」として機能する。

【0092】

このような偏向範囲規制手段は、2次元偏向手段6により2次的に偏向された画素表示用ビームの偏向角がさほど大きくない場合には、省略することもできる。

【0093】

微細凸レンズ構造（マイクロレンズアレイ）および微細凸レンズ（マイクロレンズ）に対する条件は上記の如くである。

【0094】

即ち、「画素表示用ビームのビーム径より大きい複数の微細凸レンズが、画素ピッチに近いピッチで密接して配列されて微細凸レンズ構造を構成」する。

【0095】

そこで、このような条件を満足するマイクロレンズアレイの具体的な形態を3例、図4に示す。

図4(a)に形態例を示すマイクロレンズアレイ87は、正方形形状のマイクロレンズ8711、8712・・・等を正方形行列状に配列したものである。

【0096】

ヘッドアップディスプレイ装置において表示される2次元画像（拡大虚像）の画素数は、マイクロレンズアレイにおけるマイクロレンズの配列周期で決定される。

【0097】

図4(a)の配列の場合、X軸方向に隣接するマイクロレンズ8711、8712の中心間距離をX1とする。

【0098】

また、図においてY軸方向に隣接するマイクロレンズ8711、8721の中心間距離

10

20

30

40

50

を Y_1 とする。これら、 X_1 、 Y_1 を「1画素の実効サイズ」と見做すことができる。

【0099】

「1画素の実効サイズ」を以下において「1画素の実効ピッチ」あるいは「実効画素ピッチ」とも呼ぶ。

【0100】

図4(b)に形態例を示すマイクロレンズアレイ88は、正六角形形状のマイクロレンズ8811、8821・・・を稠密に配列したものである。

【0101】

この場合のマイクロレンズの配列では、配列されるマイクロレンズ8811等は、 X 軸方向に平行な辺を持たない。

【0102】

即ち、 X 軸方向に配列するマイクロレンズの上辺・下辺は「ジグザク状」になるので、このような配列を「ジグザク型配列」と呼ぶ。

【0103】

図4(c)に形態例を示すマイクロレンズアレイ89は、正六角形形状のマイクロレンズ8911、8921・・・を稠密に配列したものである。

【0104】

この場合のマイクロレンズの配列では、配列されるマイクロレンズ8911等は、 X 軸方向に平行な辺を持っている。この場合の配列を「アームチェア型配列」と呼ぶ。

【0105】

ジグザク型配列とアームチェア型配列を合わせて「ハニカム型配列」と呼ぶ。

【0106】

図4(c)に示すアームチェア型配列は、図4(b)に示すジグザク型配列を、 90° 回転させた配列である。

ジグザク型配列では、マイクロレンズの配列では、図に示す X_2 を「 X 軸方向の実効画素ピッチ」、 Y_2 を「 Y 軸方向の実効画素ピッチ」と見做すことができる。

【0107】

アームチェア型配列では、図に示す X_3 を「 X 軸方向の実効画素ピッチ」、 Y_3 を「 Y 軸方向の実効画素ピッチ」と見做すことができる。

【0108】

図4(b)で、実効画素ピッチ： Y_2 は、マイクロレンズ8821の中心と、マイクロレンズ8811の右側の辺の midpoint との距離である。

【0109】

図4(c)で、実効画素ピッチ： X_3 は、マイクロレンズ8911の右側に接する2つのマイクロレンズの接する辺の midpoint とマイクロレンズ8911の中心との距離である。

【0110】

ジグザク型配列においては、 X 軸方向の実効画素ピッチ： X_2 が小さいので、画像表示における X 軸方向の分解能を向上させることができる。

【0111】

また、アームチェア型配列においては、 Y 軸方向の分解能を向上させることができる。

【0112】

このように、マイクロレンズをハニカム型に配列することにより、実際のレンズ径よりも小さい画素を実効的に表現でき、実効画素数を向上させることが可能である。

【0113】

上述の如く、被走査面素子の微細凸レンズ構造(マイクロレンズアレイ)において、隣接するマイクロレンズの境界部は、曲率半径： r を有する。

【0114】

曲率半径： r は、例えば、画素表示用ビームの R 成分の波長： R よりも小さい。

従って、前述の如く、「 R 成分のコヒーレント光の干渉による干渉性ノイズ」は防止される。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 5 】

しかし、画素表示用ビームのG成分光の波長： G やB成分光の波長： B よりも、前記曲率半径： r が大きければ、これ等の光は境界部で拡散され、互いに干渉する。

従って、この干渉による干渉性ノイズは発生する。

【 0 1 1 6 】

この場合、図4(a)の「正方行列状の配列」であると、境界部での発散(拡散)は、図のXa方向およびYa方向の2方向に生じ、それぞれが干渉性ノイズの原因となる。

【 0 1 1 7 】

これに対し、図4(b)の配列だと、境界部での発散は、8A、8B、8Cの3方向に起こる。また、図4(c)の場合だと、9A、9B、9Cの3方向に拡散する。

10

【 0 1 1 8 】

即ち、境界部での発散は、正方行列状配列では2方向に発生し、八ニカム状配列では3方向に生じる。

【 0 1 1 9 】

従って、干渉性ノイズの発生は、正方行列状の配列では2方向的、八ニカム状の配列では3方向的に生じる。

【 0 1 2 0 】

即ち、発生する干渉性ノイズは、正方行列状配列では「2方向に分散」されるのに対し、八ニカム状の配列では「3方向に分散」される。

【 0 1 2 1 】

干渉性ノイズを生じさせるコヒーレント光の最大強度は一定である。

従って、分散される数が大きいほど「発生する干渉性ノイズのコントラスト」は弱められて視認され難く(目立ち難く)なる。

20

【 0 1 2 2 】

従って、「境界部の曲率半径： r よりも小さい波長の成分による干渉性ノイズ」の発生を許容する場合には、マイクロレンズの配列は「八ニカム状配列」とするのがよい。

【 0 1 2 3 】

なお、境界幅が前記波長： R より大きい場合には、 R 成分のコヒーレント光による干渉性ノイズも発生する。

【 0 1 2 4 】

しかし、隣接する微細凸レンズの「レンズ面間の境界幅」は微小であり、微小な境界幅の部分に入射するコヒーレント光の光エネルギーは小さい。

30

【 0 1 2 5 】

従って、干渉性ノイズを発生させる光エネルギーも大きくは無い。

従って、干渉性ノイズが発生したとしても、八ニカム状配列の場合は、上記の如く、3方向に分散されることで、コントラストは弱くなる。

【 0 1 2 6 】

従って、干渉性ノイズの視認性は有効に軽減させることとなる。

【 0 1 2 7 】

図1(a)に即して説明したように、2次元の拡大虚像12を結像する虚像結像光学系は、凹面鏡9により構成される。

40

【 0 1 2 8 】

即ち、拡大虚像12は、凹面鏡9により結像される画素像の集合である。

微細凸レンズであるマイクロレンズに「アナモフィックな機能」を持たせると、微小凸レンズの拡散機能を、互いに直交する方向において異ならせることができる。

【 0 1 2 9 】

図6(a)及び図6(b)を参照すると、図6(a)及び図6(b)において符号80は、被走査面素子8に稠密に形成されたマイクロレンズ(微細凸レンズ)の個々を説明図として示している。図6(a)の例では、微細凸レンズは、縦長の楕円形であり、「マトリクス状配列」で配列されている。

50

図6(b)の例では、微細凸レンズ80は、X軸方向に平行な辺を持つ縦長の六角形であり、「アームチェア型配列」で配列されている。

微細凸レンズ80は、そのレンズ面の曲率半径が、X軸方向とY軸方向とで異なり、X軸方向の曲率半径： R_x は、Y軸方向の曲率半径： R_y よりも小さい。すなわち、微細凸レンズ80は、X軸方向の曲率がY軸方向の曲率よりも大きい。

【0130】

従って、微細凸レンズ80のX軸方向のパワー（拡散パワー）は、Y軸方向のパワー（拡散パワー）よりも大きい。

また、レンズ面のX軸方向とY軸方向との両方に曲率を持たせたので、図6(b)に示されるように、微細凸レンズを六角形にでき、上記の如く「干渉性ノイズの視認性」を弱めることができる。

10

図6(a)及び図6(b)は、1個の微細凸レンズ80に、画素表示用ビームLCが入射した場合を示している。図6(a)及び図6(b)では、個々の微細凸レンズ80のY軸方向の幅がX軸方向の幅よりも長い。

【0131】

また、図6(a)に示されるように、画素表示用ビームLCのビーム径を「Y軸方向に長い楕円形状」とし、Y軸方向における光束径を、微細凸レンズ80のY軸方向の径より小さくする。

このようにすれば、画素表示用ビームLCを「レンズ境界を跨がずに入射」させることが可能であり、射出する発散光束の断面形状は、X軸方向に長い（横長の）楕円形状になる。

20

【0132】

微細凸レンズのY軸方向の長さおよびX軸方向の長さに拘わらず、X軸方向の曲率の方がY軸方向の曲率よりも大きければ、各微細凸レンズから射出する発散ビームの光束断面 F_x は、Y軸方向よりもX軸方向の方が長くなる。すなわち、横長となる。

【0133】

上に説明したヘッドアップディスプレイ装置は、例えば、自動車等の車載用として用いることができ、X軸方向は「運転席から見て横方向」、Y軸方向は「縦方向」である。

【0134】

この場合の反射面素子10は、自動車のフロントガラスである。

30

この場合、フロントガラス前方に拡大虚像12として、例えば「ナビゲーション画像」を表示でき、観察者11である運転者は、この画像を運転席に居ながらフロントガラス前方から視線をほとんど動かさずに観察できる。

【0135】

このような場合、上述の如く、表示される拡大虚像は「運転者から見て横長の画像」であること、即ち、マイクロレンズに形成される画像および、拡大虚像は、X軸方向に画角の大きい画像であることが一般に好ましい。

【0136】

また、上述の如く、観測者である運転者が、左右斜め方向から表示画像を見た場合にも、表示を認識できるように、横方向には「縦方向に比して大きな視野角」が要求される。

40

このため、拡大虚像の長手方向（X軸方向）には短手方向（Y軸方向）に比して大きな拡散角（非等方拡散）が要求される。

【0137】

従って、被走査面素子の微細凸レンズをマイクロレンズ上に形成された画像もしくは拡大虚像の短手方向よりも長手方向の方が曲率が大きいアナモフィックなレンズとし、画素表示用ビームを拡散させる拡散角を「2次元画像の横方向を縦方向よりも広く」するのが好ましい。

【0138】

このようにして、ヘッドアップディスプレイ装置の要求画角を満たす必要最小限の範囲に光を発散させ、光の利用効率を向上させ、表示画像の輝度を向上させることが可能であ

50

る。

【0139】

勿論、上記のような「非等方拡散」ではなく、縦方向と横方向で拡散角が等しい「等方拡散」とする場合も可能である。

しかし、自動車等の車載用として用いるヘッドアップディスプレイ装置の場合であれば、運転者が表示画像に対して上下方向の位置から観察を行なう場合はすくない。

従って、このような場合であれば、上記のように、画素表示用ビームを拡散させる拡散角を「2次元画像の横方向を縦方向よりも広く」するのが光利用効率の面から好ましい。

【0140】

微細凸レンズ（マイクロレンズ）は、そのレンズ面を「非球面」として形成できることが従来から知られている。

10

【0141】

直上に説明したアナモフィックなレンズ面も「非球面」であるが、微細凸レンズのレンズ面をより一般的な非球面として形成でき、収差補正を行なうこともできる。

収差の補正により「拡散の強度ムラ」を低減することも可能である。

【0142】

図4(a)～図4(c)に示した微細凸レンズ構造（マイクロレンズアレイ）における個々の微細凸レンズ（マイクロレンズ）は、正方形もしくは正六角形であった。

【0143】

微細凸レンズの形状はこのように正多角形である必要はなく、図4(a)～図4(c)に示したマイクロレンズ形状を1方向に引き伸ばした形状でもよい。

20

【0144】

この場合、正方形形状であったものは「長方形形状」となり、正六角形状であったものは、細長い変形六角形になる。

【0145】

微細凸レンズ構造の実効画素ピッチは、図4(a)～図4(c)の配列では、X軸方向につきX1～X3、Y軸方向につきY1～Y3であった。

このように定められるX軸方向の実効画素ピッチを一般に「SX」、Y軸方向の実効画素ピッチを一般に「SY」とするとき、両者の比：SY/SXを「アスペクト比」と言う。

30

【0146】

図4(a)の場合、アスペクト比は「Y1/X1」であり、X1=Y1であるから、アスペクト比は1である。

【0147】

図4(b)の場合のアスペクト比は「Y2/X2」であり、Y2>X2であるから、アスペクト比は1より大きい。

【0148】

図4(c)の場合のアスペクト比は「Y3/X3」であり、Y3<X3であるから、アスペクト比は1よりも小さい。

【0149】

40

図5(a)～図5(e)に示すマイクロレンズアレイ91～95の微細凸レンズ構造では、実効画素ピッチを、図4の場合と同様にして以下の如くに定める。

【0150】

即ち、X軸方向、Y軸方向の実効画素ピッチは、図5の「X11、Y11」、「X12、Y12」、「X13、Y13」である。

【0151】

図5(a)の微細凸レンズ構造は、長方形形状の微細凸レンズ9111、9112、・9121・・を正方形行列状に配列したものであり、アスペクト比は1よりも大きい。

【0152】

図5(b)～図5(e)に示すマイクロレンズアレイ92～95では、微細凸レンズ構

50

造は、ハニカム型配列である。

【0153】

図5(b)、図5(d)、図5(e)に示すハニカム型配列では、アスペクト比「 Y_{12}/X_{12} 」、「 Y_{13}/X_{13} 」はいずれも1より大きい。

【0154】

図5(a)～図5(e)に示す微細凸レンズ構造の5例は何れも「微細凸レンズ」は、Y軸方向の長さがX軸方向の長さよりも大きい。

【0155】

このように「Y軸方向の長さがX軸方向の長さより大きい形状の微細凸レンズ」の場合、微細凸レンズの形状として、X軸方向の曲率をY軸方向の曲率より大きくするのが容易である。

10

【0156】

従って、前述した「X軸方向のパワーがY軸方向のパワーよりも大きくなるアナモフィックな光学機能」を実現しやすい。

【0157】

例えば、図5(a)に示す例の場合、具体例として例えば、 $X_{11} = 150 \mu\text{m}$ 、 $Y_{11} = 200 \mu\text{m}$ 、アスペクト比 = $200 / 150 = 4 / 3 > 1$ を挙げることができる。

【0158】

勿論、この場合には、画素表示用ビームのビーム径はX軸方向を $150 \mu\text{m}$ 未満、Y軸方向を $200 \mu\text{m}$ 未満にする。

20

【0159】

図5(b)～図5(d)に示す微細凸レンズの配列は、何れもハニカム型配列であり、個々の微細凸レンズは「Y軸方向に長い形状」となっている。

【0160】

図5(b)の配列は「ジグザグ型」であり、図5(c)～図5(e)の配列は何れも「アームチェア型」である。

【0161】

図5(b)の「ジグザグ型の縦長ハニカム型配列」と、図5(c)の「アームチェア型の縦長ハニカム配列」は何れも使用可能であることは勿論である。

【0162】

しかし、図5(c)の配列例は図5(b)の配列例に対して以下の如き利点を有する。即ち、図5(b)の配列に比して、図5(c)の配列では、微小凸レンズにおける「X軸方向とY軸方向のサイズの差」が小さく、縦横方向における「実効画素サイズの差」が小さくなる。

30

【0163】

具体的な寸法を挙げる。

例えば、図5(b)において、微細凸レンズ 9211 、 9212 等のX軸方向のレンズ径： $R_{2x} = 100 \mu\text{m}$ 、Y軸方向のレンズ径： $R_{2y} = 200 \mu\text{m}$ とする。

【0164】

このとき、X軸方向の実効画素ピッチ(= X_{12})は $50 \mu\text{m}$ 、Y軸方向の実効画素ピッチ(= Y_{12})は $150 \mu\text{m}$ となる。

40

【0165】

同様に、図5(c)において、微細凸レンズ 9311 、 9312 等の、X軸方向のレンズ径： $R_{3x} = 100 \mu\text{m}$ 、Y軸方向のレンズ径： $R_{3y} = 200 \mu\text{m}$ とする。

【0166】

また、微細凸レンズ 9311 等の六角形形状の、上下の辺の長さは $50 \mu\text{m}$ とする。

このとき、X軸方向の実効画素ピッチ(= X_{13})は $75 \mu\text{m}$ 、Y軸方向の実効画素ピッチ(= Y_{13})は $100 \mu\text{m}$ となる。

【0167】

従って「X、Y軸方向の実効画素ピッチ」は、図5(c)の配列($75 \mu\text{m}$ と 100μ

50

m)の方が図5(b)の配列(50 μ mと100 μ m)の場合よりも「互いに近い値」になる。

【0168】

図5(c)、図5(d)、図5(e)においては、X軸方向の実効画素ピッチをX13、Y軸方向の実効画素ピッチをY13としている。

これは、図5(c)~図5(e)のハニカム型配列(アームチェア型のハニカム配列)において、X軸方向の画素ピッチ、Y軸方向の画素ピッチが、同じように定義されることによる。

図5(d)においては、微細凸レンズ9411、9421等は、X軸方向に平行な上下の辺が短く、斜辺が長い。

また、図5(e)においては、微細凸レンズ9511、9521等は、X軸方向に平行な上下の辺が短く、斜辺が長い。

これらの図に示すように、微細凸レンズの六角形形状の変形により、X軸方向の画素ピッチ：X13、Y軸方向の画素ピッチ：Y13を調整できる。

【0169】

図5(c)の場合と同様、これら図5(d)、図5(e)に示す配列においても「微細凸レンズ構造が縦長構造」であることにより、X、Y軸方向の「実効画素ピッチの均等化」が可能である。

例えば、図8に示すマイクロレンズアレイ96のマイクロレンズ9611、9621等は、図5(d)に示すマイクロレンズアレイ95と同様の縦長の六角形形状である。

図8に示すマイクロレンズ9611等の配列は、図5(c)と同様の「アームチェア型の縦長ハニカム配列」である。

マイクロレンズ9611等の六角形形状は、X軸方向の実効画素ピッチ：X14が、Y軸方向の実効画素ピッチ：Y14と完全に等しくなるように設定されている。

このように、アームチェア型の縦長ハニカム配列では、アスペクト比を1に設定することができる。画素表示用ビームのビーム径より大きい微細凸レンズもしくは画素表示用ビームのビーム径と同じ程度の大きさの微細凸レンズの場合、実効画素ピッチのアスペクト比が1であれば、虚像として投影される画像データに対して、虚像による再現性が高まる。虚像として投影される画像データのマイクロレンズアレイ上における画素ピッチと実効画素ピッチとを一致させる、もしくは、他の実効画素ピッチと比較して、実効画素ピッチを虚像として投影される画像データのマイクロレンズアレイ上における画像データの画素ピッチに近づけることができるからである。

上には、縦方向を「上下方向」、横方向を「左右方向」として説明したが、これは説明の具体性のための便宜上のものである。

実際の空間において、どの方向が縦方向かは、マイクロレンズアレイの画像表示装置への取り付け方向、画像表示装置の車両等の移動体への取り付け方向による。

2次元偏向手段6は、1つの軸について1往復の揺動(第1軸の揺動)を行う間に、もう一方の軸について往復の揺動(第2軸の揺動)を複数回行うが、多くの場合、拡大虚像の長手方向であるX軸方向が、第2軸の揺動による画素表示用ビームLCのマイクロレンズアレイに対する走査の方向に設定される。したがって、「アームチェア型」の六角形形状のマイクロレンズのX軸方向に平行な上下の辺は、画素表示用ビームLCのマイクロレンズアレイに対する走査方向とほぼ平行となり、「アームチェア型」の六角形形状の画素表示用ビームのマイクロレンズアレイに対する走査方向に最も平行に近い2辺の間隔、言い換えれば、画素表示用ビームのマイクロレンズアレイに対する走査方向に最も平行に近い辺とその対向する辺との間隔を、これら2辺に直交する方向へ拡大するように引き伸ばした形状が「アームチェア型の縦長ハニカム構造」である。

【0170】

従って、アームチェア型の縦長ハニカム配列は、輝度及び実効画素数の向上に加え、X軸方向(横方向)、Y軸方向(縦方向)の実効画素ピッチの差を小さくすることができる。

10

20

30

40

50

図5(c)~図5(e)に示す如き「微細凸レンズの形状」は、例えば、発散光束の発散角制御のため、任意に選択することが可能である。

【0171】

図1(a)に示したヘッドアップディスプレイ装置においては、画素表示用ビームLCは、被走査面素子8の微細凸レンズ構造に直交入射している。

【0172】

しかし、画素表示用ビームの被走査面素子への入射形態は、このような「直交入射」に限らない。

【0173】

例えば、光源部から反射面素子に到る光学素子の配列を工夫して、ヘッドアップディスプレイ装置をコンパクト化する場合には、図7(a)のような入射形態が考えられる。

【0174】

即ち、図7(a)の例では、画素表示用ビームLCが、被走査面素子8に対して傾いて入射している。

【0175】

微細凸レンズのレンズ面を「非球面」とするような場合、画素表示用ビームLCは、非球面の光軸に対して傾いて入射することになり、非球面の機能を生かせない場合もある。

【0176】

このような場合には、図7(b)の被走査面素子8aのように、微細凸レンズMLのレンズ面光軸AXを、被走査面素子8aの基準面に対して直交方向から傾けるのが良い。

【0177】

このようにして、レンズ面光軸AXを画素表示用ビームLCの入射方向に平行、もしくはこれに近い方向とすることができる。

【0178】

なお、被走査面素子8aの基準面は、微細凸レンズMLがアレイ配列された面である。

【0179】

このようにすることにより、光学系の小型化や、光の利用効率の向上が可能となり「微細凸レンズによる画素表示用ビームの発散の方向」を均質化することが可能である。

【0180】

上に説明したヘッドアップディスプレイ装置は、上述の自動車への搭載に限らず、列車、船舶、ヘリコプター、飛行機など各種の、操縦可能な移動体に搭載できる。例えば、オートバイのウインドシールド(風よけ)を透過反射部材とすることもできる。

この場合、操縦席前方のフロントガラスを反射面素子とすればよい。

【0181】

勿論、ヘッドアップディスプレイ装置を、例えば「映画観賞用の画像表示装置」として実施できることは言うまでも無い。

【0182】

微細凸レンズ構造の微細凸レンズは、上記の如く画素表示用ビームを拡散させるものであるが、X、Yの2方向のうち、1方向のみの拡散を行なう場合も考えられる。

【0183】

このような場合には、微細凸レンズのレンズ面として「微細凸シリンダ面」を用いることができる。

【0184】

なお、微細凸レンズの形状を、六角形状とすることや、その配列をハニカム型配列とすることは、従来から、マイクロレンズアレイの製造方法に関連して知られている。

【0185】

上に説明したヘッドアップディスプレイ装置は、例えば、自動車等の車載用として用いることができ、X方向は「運転席から見て横方向」、Y方向は「縦方向」である。

【0186】

この場合の反射面素子10は、自動車のフロントガラスである。

10

20

30

40

50

この場合、フロントガラス前方に拡大虚像 1 2 として、例えば「ナビゲーション画像」を表示でき、観察者 1 1 である運転者は、この画像を運転席に居ながらフロントガラス前方から視線をほとんど動かさずに観察できる。

【 0 1 8 7 】

このような場合、上述の如く、表示される拡大虚像は「運転者から見て横長の画像」であること、即ち、マイクロレンズに形成される画像および、拡大虚像は、X 方向に画角の大きい画像、すなわち横長の画像であることが一般に好ましい。

【 0 1 8 8 】

微細凸レンズ(マイクロレンズ)は、そのレンズ面を「非球面」として形成できることが従来から知られている。

【 0 1 8 9 】

微細凸レンズのレンズ面をより一般的な非球面として形成でき、収差補正を行なうこともできる。

収差の補正により「拡散の強度ムラ」を低減することも可能である。

【 0 1 9 0 】

図 9 は、画像表示装置 1 0 0 0 のハードウェア構成図である。画像表示装置 1 0 0 0 は、図 9 に示されるように、FPGA 6 0 0、CPU 6 0 2、ROM 6 0 4、RAM 6 0 6、I/F 6 0 8、バスライン 6 1 0、LD ドライバ 6 1 1 1、MEMS コントローラ 6 1 5 などを備えている。FPGA 6 0 0 は、LD ドライバ 6 1 1 1 や MEMS コントローラ 6 1 5 により、光源部 1 0 0 の LD (半導体レーザ) および後述する光偏向器 1 5 を動作させる。CPU 6 0 2 は、画像表示装置 1 0 0 0 の各機能を制御する。ROM 6 0 4 は、CPU 6 0 2 が画像表示装置 1 0 0 0 の各機能を制御するために実行する画像処理用プログラムを記憶している。RAM 6 0 6 は CPU 6 0 2 のワークエリアとして使用される。I/F 6 0 8 は、外部コントローラ等と通信するためのインターフェイスであり、例えば自動車の CAN (Controller Area Network) 等に接続されることができ。

【 0 1 9 1 】

図 1 0 は、画像表示装置 1 0 0 0 の機能ブロック図である。画像表示装置 1 0 0 0 は、図 1 0 に示されるように、車両情報入力部 9 0 0、外部情報入力部 9 0 2、画像生成部 9 0 4、画像表示部 9 0 6 を備える。車両情報入力部 8 0 0 には、CAN 等から車両の情報(速度、走行距離等の情報)が入力される。外部情報入力部 9 0 2 には、外部ネットワークから車両外部の情報(GPS からのナビ情報等)が入力される。画像生成部 9 0 4 は、CPU 6 0 2、ROM 6 0 4、RAM 6 0 6 を含み、車両情報入力部 9 0 0 および外部情報入力部 9 0 2 から入力される情報に基づいて、表示させる画像を生成する。画像表示部 9 0 6 は、FPGA 6 0 0、LD ドライバ 6 1 1 1、MEMS コントローラ 6 1 5、LD、光偏向器 1 5 を含み、画像生成部 9 0 4 で生成された画像に応じた画像光を反射面素子 1 0 に照射する。この結果、観察者 1 1 の視点から拡大虚像 1 2 が視認可能となる。

【 0 1 9 2 】

図 1 1 には、2 次元偏向手段 6 の一例としての光偏向器 1 5 が平面図にて示されている。図 2 に示されるように、半導体プロセスにて製造される MEMS ミラーであり、反射面を有し、第 1 軸周りに揺動可能に第 1 枠部材 1 5 1 に支持されたミラー 1 5 0 と、第 1 枠部材 1 5 1 を第 1 軸に直交する第 2 軸周りに揺動可能に支持する支持体とを有する。支持体は、複数の梁が蛇行するように連結された一対の蛇行部 1 5 2 と、各蛇行部を支持する第 2 枠部材 1 5 4 とを有する。各蛇行部は、一端が第 1 枠部材 1 5 1 に接続され、他端が第 2 枠部材 1 5 4 に接続されている。各蛇行部の複数の梁には、複数の圧電部材 1 5 6 (例えば PZT) が個別に設けられている。各蛇行部の隣り合う 2 つの梁 1 5 2 a、1 5 2 b に個別に設けられた 2 つの圧電部材 1 5 6 に異なる電圧を印加することで、隣り合う 2 つの梁 1 5 2 a、1 5 2 b が異なる方向に撓み、それが累積されて、ミラー 1 5 0 が第 2 軸周りに大きな角度で揺動する。このような構成により、第 2 軸周りの光走査(例えば副走査方向の光走査)が、低電圧で可能となる。一方、第 1 軸周りには、例えばミラー 1 5 0 に接続されたトーシヨンバー、該トーシヨンバーと第 1 枠部材 1 5 1 との間に接続され

10

20

30

40

50

た、カンチレバーと圧電部材（例えばPZT）を含む圧電アクチュエータなどを利用した共振による光走査（例えば主走査方向の光走査）が行われる。また、光偏向器15は、ミラー150の第1軸周り、第2軸周りの揺動位置を検出する検出器を有し、該検出器の検出情報が処理装置50に出力される。処理装置50は、この検出情報及び画像情報に基づいて各半導体レーザを駆動制御する。

【0193】

ところで、近年、運転者が少ない視線移動で警報・情報を認知できるアプリケーションとして市場の期待が高まっており、車両に搭載するHUD（ヘッドアップディスプレイ）の技術開発が進んでいる。特に、ADAS(Advanced Driving Assistance System)という言葉に代表される車載センシング技術の進展に伴い、車両はさまざまな走行環境情報および車内乗員の情報を取り込むことができるようになっており、それらの情報を運転者に伝える「ADASの出口」としてもHUDが注目されている。

10

【0194】

HUDの投射方式は、液晶及びDMDのようなイメージングデバイスで中間像を表現する「パネル方式」と、レーザダイオードから射出したレーザビームを2次元走査デバイスで走査し中間像を形成する「レーザ走査方式」がある。特に後者のレーザ走査方式は、全画面発光の部分的遮光で画像を形成するパネル方式とは違い、各画素に対して発光/非発光を割り当てることができるため、一般に高コントラストの画像を形成することができる。

【0195】

市場のHUDに対する要求は、大きく下記2点に集約される。

20

- 1．コンパクト性
- 2．視認ストレスの低さ

【0196】

「コンパクト性」に関しては、ダッシュボードに収納されているダクト・メータ・デフロスタ・車体構造などになるべく干渉しないサイズが求められている。HUD搭載のためにダクト・メータ・デフロスタ・車体構造を退避させてしまうと、エアコン性能・デフロスタ性能・車体強度性能の低下を招くためである。

【0197】

「視認ストレスの低さ」に関しては、HUDの映像は常に運転者の視界周辺に情報が表示されるため、運転環境・ドライバの状態によってストレスのない映像表現が求められている。上記ADAS技術の発展はHUDに投射するコンテンツ量の増加をもたらす。人間の認知処理には限界があるため、増加したセンシング情報をそのままHUDに表示すると、運転者はわずらわしさを感じてしまい、情報表示装置であるHUDが返って運転視界の阻害要因となってしまう。

30

【0198】

以上のようなHUD、すなわちヘッドアップディスプレイでは、光源及び画像形成素子を含む画像形成手段によって形成された画像光はスクリーン（例えば被走査面素子）に投影された後、例えば凹面鏡を含む投射光学系により投射され、透過反射部材（例えばフロントガラスやコンバイナ）を経て人間の目に入る（透過反射部材を介して視認可能となる）。このスクリーンは例えばマイクロレンズアレイで構成されており、光の発散角をレンズ曲率によって任意に制御する。その際、投射光学系及びフロントガラスを含む観察光学系の倍率、及びマイクロレンズアレイのX方向、Y方向の実効レンズピッチによって、表示画像（虚像）のX方向、Y方向の画素ピッチが決まる。

40

【0199】

しかしながら、従来のヘッドアップディスプレイ装置（例えば特許文献1参照）では、マイクロレンズアレイを介した画像光を観察光学系によって人間の目まで導いた場合に、表示画像（虚像）のX方向とY方向の（縦横の）画素ピッチの差が大きくなっていた。

【0200】

表示画像の縦横の画素ピッチの差が大きい状態は、画素の再現性が低下し、画像全体としても画質が低下している状態である。

50

【0201】

つまり、従来のヘッドアップディスプレイ装置では、マイクロレンズアレイを設計する上で、表示画像のX方向とY方向の画素ピッチの差を小さくすることについては全く考慮されておらず、結果として画質が低下していた。

【0202】

この画質低下は、観察光学系の倍率が高くなるほど顕著となる。例えば、表示画像のサイズを維持しつつ装置の小型化を図るために、スクリーンから投射光学系までの光路長を短縮し、かつ投射光学系を高倍率化すると、画質低下が顕著となる。

【0203】

そこで、発明者らは、画質の低下を抑制しつつ装置の小型化を図るべく、以下に説明する画像表示装置としてのヘッドアップディスプレイ装置（以下では「HUD」とも呼ぶ）を開発した。HUDの全体構成は、画像表示装置1000（ヘッドアップディスプレイ装置）と同様である。HUDにおいても、上述した画像表示装置1000に関する全ての構成を採用し得る。

10

【0204】

HUDは、図12(a)、図12(b)、図13に示されるようにXY平面に平行に配置されたマイクロレンズアレイ（以下では「MLA」とも呼ぶ）を備えている。

【0205】

MLAは、複数のマイクロレンズがマトリクス状（2次元格子状）に隙間なく配列された構造を有しており、光源部100からのレーザ光を所望の発散角で発散させる。マイクロレンズは、横幅が例えば200 μ m程度のレンズである。なお、マイクロレンズは、平面形状（Z軸方向から見た形状）が四角形のものに限らず、六角形や三角形のものを採用することもできる。

20

【0206】

図12(a)及び図13における「Py」は、Y方向のレンズピッチを表す。図12(b)及び図13における「Px」は、X方向のレンズピッチを表す。なお、MLAでは、各マイクロレンズにおいて幾何学中心と光学中心が一致している。なお、「マイクロレンズの幾何学中心」は、該マイクロレンズをZ軸方向から見たときの該マイクロレンズの幾何学的な中心を意味する。「マイクロレンズの光学中心」は、「該マイクロレンズの光軸の位置」もしくは「該マイクロレンズの透過光強度分布が最大の位置」を意味する。

30

【0207】

図12(a)、図12(b)に示されるように、MLAが入射光束201で走査される時、該入射光束201はマイクロレンズにより発散され、発散光202となる。MLAのX方向、Y方向のレンズピッチPx、Pyを独立に制御することで、入射光束201を所望の発散角 α 、 β で発散させることが可能である。

【0208】

ここで、HUDの中間像の画素数は、MLAのレンズ数で決定される。図13において、隣り合う2つのマイクロレンズの中心間のY方向、X方向の距離Py、Pxを縦横とする長方形の大きさを、マイクロレンズにおける1画素のサイズとみなすことができる。ここでは、X方向のレンズ数よりもY方向のレンズ数が多くっており、かつ、 $P_x > P_y$ となっている。一方、観察光学系のX方向、Y方向の倍率Bx、Byについて、 $B_x < B_y$ となっている。

40

【0209】

すなわち、HUDでは、 $B_x < B_y$ かつ $P_x > P_y$... (1)が成立している。

【0210】

そこで、HUDにおいて、X方向、Y方向のレンズピッチPx、PyのMLAで発散された光束202は、観察光学系のX方向、Y方向の倍率Bx、Byに応じて拡大されるため、表示画像のX方向とY方向の画素ピッチ（画素密度）の差を小さくでき、画質の低下を抑制できる。

【0211】

50

なお、同様に表示画像のX方向とY方向の画素ピッチの差を小さくする観点から、 $B_x > B_y$ かつ $P_x < P_y \dots (2)$ が成立していても良い。

【0212】

上記(1)式又は(2)式が成立する場合に、さらに $P_x \times B_x = P_y \times B_y \dots (3)$ が成立することが好ましい。この場合、表示画像のX方向、Y方向の画素ピッチの差を極力小さく(ほぼ0に)することができ、画質の低下をより抑制できる。

【0213】

例えば、 $(B_x, B_y) = (15.4, 14.2)$ 、 $(P_x, P_y) = (130 \mu\text{m}, 140 \mu\text{m})$ に設定すると、 $15.4 \times 130 = 14.2 \times 140$ で略一致しており、表示画像のX方向、Y方向の画素ピッチは略同一となる。なお、ここでいう「略一致」は、上2桁が同一または上3桁目を四捨五入した場合に上2桁が同一であることを意味する。

10

【0214】

なお、 P_x 、 P_y 、 B_x 、 B_y の設定については、 (B_x, B_y) を設定し、これに応じて (P_x, P_y) を設定しても良いし、 (P_x, P_y) を設定し、これに応じて (B_x, B_y) を設定しても良いし、 (P_x, B_x) を設定し、これに応じて (P_y, B_y) を設定しても良いし、 (P_y, B_y) を設定し、これに応じて (P_x, B_x) を設定しても良い。

【0215】

ただし、HUDの設計上、より全体構造に大きく影響する観察光学系の倍率(B_x 、 B_y)を設定してから、MLAのレンズピッチ(P_x 、 P_y)を設定するのが理に適うと考えられる。

20

【0216】

一例として、HUDにより表示される虚像は、水平画角は 8° 、垂直画角は 3° 、虚像表示距離は視点位置から6mである。このとき、虚像のサイズはX:838mm、Y:314mmとなる。また、中間像の横幅57mm、縦幅24mmである。結果として、虚像と中間像の大きさの比である観察光学系の倍率 $(B_x, B_y) = (14.7, 13.1)$ となる。このように倍率がX方向とY方向で異なるのは、投射光学系及びフロントガラスを含む観察光学系が非回転対称な偏心光学系であるためである。また、HUDの小型化のために投射光学系の高倍率化を行う上で、この倍率差による影響はより大きくなっていく。 $(B_x, B_y) = (14.7, 13.1)$ の場合に、表示画像(虚像)のX方向、Y方向の画素ピッチが略同一となるようなMLAのX、Y方向のレンズピッチ(P_x, P_y)は、 $(130 \mu\text{m}, 140 \mu\text{m})$ となる。

30

【0217】

MLAは、上述したマトリクス状配列に限らず、例えば実質的に同一の複数の六角形のマイクロレンズを用いたハニカム状配列とすることもできる。ハニカム状配列は、大きく分けて2通りある。

【0218】

すなわち、ハニカム状配列には、図14(a)に示されるようにY方向に平行な辺を持つ「ジグザグ型配列」と、図14(b)に示されるようにX方向に平行な辺を持つ「アームチェア型配列」がある。ここでも、各マイクロレンズにおいて幾何学中心と光学中心が一致しているものとする。

40

【0219】

図14(a)において、X方向に隣り合う2つのマイクロレンズの中心間の距離をX方向のレンズピッチ P_x とみなすことができ、X方向に配列された複数のマイクロレンズの中心を通る軸(中心軸)の隣接間隔をY方向のレンズピッチ P_y とみなすことができる。この場合、X方向の分解能が向上する。

【0220】

図14(b)において、Y方向に隣り合う2つのマイクロレンズの中心間の距離をY方向のレンズピッチ P_y とみなすことができ、Y方向に配列された複数のマイクロレンズの中心を通る軸(中心軸)の隣接間隔をX方向のレンズピッチ P_x とみなすことができる。

50

この場合、Y方向の分解能が向上する。

【0221】

以上のようなハニカム状配列のMLAにおいても、上記(1)式又は(2)式が成立する場合に、表示画像のX方向とY方向の画素ピッチ(画素密度)の差を小さくでき、画質の低下を抑制できる。さらに上記(3)式が成立する場合には、画質の低下をより抑制できる。

【0222】

また、MLAのレンズ配列を、スペックルなどの画質低減理由から図15に示されるような周期性(規則性)をもたないランダム配列としても良い。ランダム配列とすることで、各レンズ要素861-862間、862-863間において生じる干渉パターンは、それぞれ方向、ピッチが異なる干渉縞を生じるため、巨視的には方向、ピッチの揃った干渉縞として視認されない。

【0223】

レンズの周期性を低減するための施策として、レンズピッチの非周期化(不規則化)によるレンズ境界方向のランダム化について説明する。なお、このランダム化に関する構造は、例えば特開2003-004907号公報に開示されている。

【0224】

レンズ境界方向がランダム化されたマイクロレンズアレイ(以下では「ランダム配列レンズアレイRLA」とも呼ぶ)は、通常のランダム拡散板とは異なる。

【0225】

通常の拡散板の場合、表面に径の異なる凹凸構造が形成されている。これにより、例えばビーム径より極端に小さい凹凸があると、その部分で強い干渉が出てしまう。よって、通常の拡散板では干渉が発生してしまう。

【0226】

そこで、この干渉を抑制するため、ランダム配列レンズアレイRLAでは、全面において一定値以上のレンズ径を保ちつつ、その構造の一部がランダム化されている。

【0227】

具体的には、図16に示されるように、例えば略正方形のマイクロレンズを有するランダム配列レンズアレイにおいて、そのレンズ径を上述の議論の通り、入射光束径<レンズ径となるように設定する。

【0228】

また、各レンズの光学中心898を、899に示されるような周期的な基準パターン(幾何学中心)に対して、897に示されるような仮想境界領域の内側でレンズごとにランダムに変位させて配置する。この操作を他の全てのレンズにも適応することで、レンズ領域ごとにレンズの光学中心の位置が異なるマイクロレンズアレイが実現できる。これにより、基準となるレンズ境界に対し、例えばその境界方向が、線893、894、895、896といったように、ランダムにずれたレンズ形状が実現される。このランダム化を他の全てのレンズにも適応することで、各レンズの境界方向が異なるランダム配列レンズアレイRLAが実現できる。

【0229】

図17(a)、図17(b)には、ランダム配列レンズアレイRLAの具体例が示されている。図17(a)には、六角形のジグザグ型のランダム配列レンズアレイZRLAが示され、図17(b)には、六角形のアームチェア型のランダム配列レンズアレイARLAが示されている。

【0230】

ここでは、ZRLAに関して、X方向に隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離の平均値をX方向のレンズピッチとし、X方向に配列された複数のマイクロレンズの光学中心のY方向の平均位置を通りX方向に延びる軸の隣接間隔の平均値をY方向のレンズピッチとする。

【0231】

10

20

30

40

50

また、ARLAに関して、Y方向に隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のY方向の距離の平均値をY方向のレンズピッチとし、Y方向に配列された複数のマイクロレンズの光学中心のX方向の平均位置を通りY方向に延びる軸の隣接間隔の平均値をX方向のレンズピッチとする。

【0232】

ZRLA、ARLAの場合にも、上記と同様に、虚像の水平画角 8° 、垂直画角 3° としている。虚像表示距離は視点位置から6mであり、このとき虚像のサイズは、X方向の幅が839mm、Y方向の幅が314mmとなる。また、光学中心(図16の符号898参照)のランダム化を実行する仮想境界領域(図16の符号897参照)はピッチ比(レンズピッチとの比)6%程度である半径 $8\mu\text{m}$ の幾何学中心(図16の符号899参照)を中心とする円を設定した。中間像は横幅57mm、縦幅24mmであるので、虚像と中間像の大きさの比である観察光学系のX方向、Y方向の倍率は、14.7倍、13.1倍となる。倍率がX方向とY方向で異なるのは、投射光学系及びフロントガラスを含む光学系が非回転対称な偏心光学系であるためである。そして、HUDの小型化を図るために、スクリーンから投射光学系までの距離を短縮化して投射光学系を高倍率化する上で、この倍率差はより大きくなっていく。X方向14.7倍とY方向13.1倍といった観察光学系の倍率に対して、表示画像の画素ピッチがX方向、Y方向で一定となるようなマイクロレンズアレイのX方向、Y方向のレンズピッチは、例えば $130\mu\text{m}$ 、 $140\mu\text{m}$ となる。

10

【0233】

以下に、MLAの実施例1~9のマイクロレンズアレイ(MLA1~9)について説明する。なお、便宜上、図面には、マイクロレンズアレイの少なくとも一部を示している。

20

【0234】

《実施例1》

実施例1のMLA1では、図18に示されるように、縦長四角形(ここでは縦長長方形)の実質的に同一の複数のマイクロレンズがマトリクス状に隙間なく配列されている。

【0235】

MLA1では、各マイクロレンズにおいて幾何学中心と光学中心が一致し、X方向のレンズピッチは P_1 であり、Y方向のレンズピッチは P_2 である。ここでは、幾何学中心を \square で表し、光学中心を \circ で表している(他の実施例でも同様)。

30

【0236】

図18において、X方向に配列された複数のマイクロレンズから成るレンズ列を+Y側から-Y側にかけて順に、第1レンズ列、第2レンズ列、第3レンズ列、第4レンズ列と呼ぶ。この場合、MLA1は、第1~第4レンズ列から成るレンズ列群を含む。実施例2~6でも同様である。

【0237】

各レンズ列において、X方向に配列された複数のマイクロレンズの中心を通る軸(中心軸)はX軸に平行であり、隣り合う2つの中心軸の間隔(中心軸の隣接間隔)は一定(P_2)である。そこで、中心軸の隣接間隔をY方向のレンズピッチと定義することもできる。なお、第1~第4レンズ列の中心軸は、 Y_{1c} ~ Y_{4c} である(図18参照)。

40

【0238】

実施例1のMLA1でも、 $P_1 = P_x$ 、 $P_2 = P_y$ としたときに、上記(1)式又は(2)式が成立する場合に、画質の低下を抑制でき、さらには上記(3)式が成立する場合に画質の低下をより抑制できる。具体的には、実施例1では、縦長のマイクロレンズを用いており $P_1 < P_2$ であるため、 $B_1 > B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。一方、実施例1とは逆に、横長のマイクロレンズを用いた場合には $P_2 < P_1$ となるため、 $B_1 < B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。

【0239】

《実施例2》

実施例2のMLA2では、図19に示されるように、縦長四角形(ここでは縦長長方形

50

)の実質的に同一の複数のマイクロレンズがマトリクス状に隙間なく配列されている。

【0240】

MLA2では、各マイクロレンズにおいて光学中心が幾何学中心から偏心している(ずれている)。その偏心方向、偏心量は、ランダム(不規則)であり、偏心範囲を規定する仮想境界領域は幾何学中心を中心とする半径 r_1 の円である。

【0241】

すなわち、MLA2は、全体として、X方向、Y方向の偏心範囲が等しく、かつランダムに偏心しているため、X方向、Y方向の偏心量の平均を同一とみなしても差し支えなく、実質的に、実施例1のMLA1のようなX方向、Y方向のレンズピッチが P_1 、 P_2 のマイクロレンズアレイと同一視することができる。

10

【0242】

実施例2のMLA2でも、 $P_1 = P_x$ 、 $P_2 = P_y$ としたときに、上記(1)式又は(2)式が成立する場合に、画質の低下を抑制でき、さらには上記(3)式が成立する場合に画質の低下をより抑制できる。具体的には、実施例2では、縦長のマイクロレンズを用いており $P_1 < P_2$ であるため、 $B_1 > B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。一方、実施例2とは逆に、横長のマイクロレンズを用いた場合には $P_2 < P_1$ となるため、 $B_1 < B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。

【0243】

《実施例3》

実施例3のMLA3でも、図20に示されるように、実施例2と同様に、縦長四角形(ここでは縦長長方形)の実質的に同一の複数のマイクロレンズがマトリクス状に隙間なく配列され、各マイクロレンズにおいて光学中心がランダムに偏心している。

20

【0244】

MLA3では、X方向に隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離の平均値を M_1 とし、各レンズ列の複数のマイクロレンズの光学中心のY方向の平均位置を通りX方向に延びる軸の隣接間隔の平均値を M_2 とし、観察光学系のX方向、Y方向の倍率を B_1 、 B_2 としたとき、 $M_1 > M_2$ かつ $B_1 < B_2$ 、又は、 $M_1 < M_2$ かつ $B_1 > B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制でき、さらには $M_1 \times B_1 > M_2 \times B_2$ が成立する場合に画質の低下をより抑制できる。具体的には、実施例3では、縦長のマイクロレンズを用いており $M_1 < M_2$ となるため、 $B_1 > B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。一方、実施例3とは逆に、横長のマイクロレンズを用いた場合には $M_2 < M_1$ となるため、 $B_1 < B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。なお、各レンズ列の複数のマイクロレンズの光学中心のY座標を y_1 、 y_2 、 \dots 、 y_N とすると、該レンズ列の光学中心のY方向の平均位置は $(y_1 + y_2 + \dots + y_N) / N$ である。

30

【0245】

以下に、 M_1 と M_2 について具体的に説明する。

【0246】

第1レンズ列の複数(例えば8つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、 M_{1a} 、 M_{1b} 、 M_{1c} 、 M_{1d} 、 M_{1e} 、 M_{1f} 、 M_{1g} である。

40

【0247】

第2レンズ列の複数(例えば8つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、 M_{1h} 、 M_{1i} 、 M_{1j} 、 M_{1k} 、 M_{1l} 、 M_{1m} 、 M_{1n} である。

【0248】

第3レンズ列の複数(例えば8つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、 M_{1o} 、 M_{1p} 、 M_{1q} 、 M_{1r} 、 M_{1s} 、 M_{1t} 、 M_{1u} である。

【0249】

第4レンズ列の複数(例えば8つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレ

50

レンズの光学中心のX方向の距離は、 $M1v$ 、 $M1w$ 、 $M1x$ 、 $M1y$ 、 $M1z$ 、 $M1$ 、 $M1$ である。

【0250】

そこで、 $M1 = (M1a + M1b + M1c + M1d + M1e + M1f + M1g + M1h + M1i + M1j + M1k + M1l + M1m + M1n + M1o + M1p + M1q + M1r + M1s + M1t + M1u + M1v + M1w + M1x + M1y + M1z + M1 + M1) / 28$ となる。

【0251】

第1～第4レンズ列の複数（例えば8つ）のマイクロレンズの光学中心のY方向の平均位置を通る軸を $Y1a$ 、 $Y2a$ 、 $Y3a$ 、 $Y4a$ とし、 $Y1a$ と $Y2a$ の間隔を $M2a$ 、 $Y2a$ と $Y3a$ の間隔を $M2b$ 、 $Y3a$ と $Y4a$ の間隔を $M2c$ とすると、 $M2 = (M2a + M2b + M2c) / 3$ となる。

10

【0252】

《実施例4》

実施例4のMLA4では、図21に示されるように、縦長六角形の実質的に同一の複数のマイクロレンズがジグザグ状に隙間なく配列されている。

【0253】

MLA4では、各マイクロレンズにおいて幾何学中心と光学中心が一致し、X方向のレンズピッチは $P1$ であり、Y方向のレンズピッチは $P2$ である。

【0254】

20

各レンズ列において、X方向に配列された複数のマイクロレンズの中心を通る軸（中心軸）はX軸に平行であり、隣り合う2つの中心軸の間隔（中心軸の隣接間隔）は一定（ $P2$ ）である。そこで、中心軸の隣接間隔をY方向のレンズピッチと定義することもできる。第1～第4レンズ列の中心軸は、 $Y1c \sim Y4c$ である（図21参照）。

【0255】

実施例4のMLA4でも、 $P1 = Px$ 、 $P2 = Py$ としたときに、上記(1)式又は(2)式が成立する場合に、画質の低下を抑制でき、さらには上記(3)式が成立する場合に画質の低下をより抑制できる。具体的には、実施例4では、縦長のマイクロレンズを用いており $P1 < P2$ であるため、 $B1 > B2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。一方、実施例4とは逆に、横長のマイクロレンズを用いた場合には $P2 < P1$ となるため、 $B1 < B2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。

30

【0256】

《実施例5》

実施例5のMLA5では、図22に示されるように、縦長六角形の実質的に同一の複数のマイクロレンズがジグザグ状に隙間なく配列されている。

【0257】

MLA5では、各マイクロレンズにおいて光学中心が幾何学中心から偏心している（ずれている）。各マイクロレンズにおいて、偏心方向、偏心量は、ランダム（不規則）であり、偏心範囲を規定する仮想境界領域は幾何学中心を中心とする半径 $r2$ の円である。

【0258】

40

すなわち、MLA5は、全体として、X方向、Y方向の偏心範囲が等しく、かつランダムに偏心しているため、X方向、Y方向の偏心量の平均を同一とみなしても差し支えなく、実質的に、実施例4のMLA4のようなX方向、Y方向のレンズピッチが $P1$ 、 $P2$ のマイクロレンズアレイと同一視することができる。

【0259】

実施例5のMLA5でも、 $P1 = Px$ 、 $P2 = Py$ としたときに、上記(1)式又は(2)式が成立する場合に、画質の低下を抑制でき、さらには上記(3)式が成立する場合に画質の低下をより抑制できる。具体的には、実施例5では、縦長のマイクロレンズを用いており $P1 < P2$ であるため、 $B1 > B2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。一方、実施例5とは逆に、横長のマイクロレンズを用いた場合には $P2 < P1$ となるため

50

、 $B_1 < B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。

【0260】

《実施例6》

実施例6のMLA6でも、図23に示されるように、実施例5と同様に、縦長六角形の実質的に同一の複数のマイクロレンズがジグザグ状に隙間なく配列され、各マイクロレンズにおいて光学中心がランダムに偏心している。

【0261】

MLA6では、X方向に隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離の平均値をM1とし、各レンズ列の複数のマイクロレンズの光学中心のY方向の平均位置を通りX方向に延びる軸の隣接間隔の平均値をM2とし、観察光学系のX方向、Y方向の倍率をB1、B2としたとき、 $M_1 > M_2$ かつ $B_1 < B_2$ 、又は、 $M_1 < M_2$ かつ $B_1 > B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制でき、さらには $M_1 \times B_1 = M_2 \times B_2$ が成立する場合に画質の低下をより抑制できる。具体的には、実施例6では、縦長のマイクロレンズを用いており $M_1 < M_2$ となるため、 $B_1 > B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。一方、実施例6とは逆に、横長のマイクロレンズを用いた場合には $M_2 < M_1$ となるため、 $B_1 < B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。なお、各レンズ列の複数のマイクロレンズの光学中心のY座標を y_1 、 y_2 、 \dots 、 y_N とすると、該レンズ列の光学中心のY方向の平均位置は $(y_1 + y_2 + \dots + y_N) / N$ である。

【0262】

以下に、M1とM2について具体的に説明する。

【0263】

第1レンズ列の複数(例えば4つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、M1a、M1b、M1cである。

【0264】

第2レンズ列の複数(例えば5つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、M1d、M1e、M1f、M1gである。

【0265】

第3レンズ列の複数(例えば4つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、M1h、M1i、M1jである。

【0266】

第4レンズ列の複数(例えば5つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、M1k、M1l、M1m、M1nである。

【0267】

そこで、 $M_1 = (M_{1a} + M_{1b} + M_{1c} + M_{1d} + M_{1e} + M_{1f} + M_{1g} + M_{1h} + M_{1i} + M_{1j} + M_{1k} + M_{1l} + M_{1m} + M_{1n}) / 14$ となる。

【0268】

第1～第4レンズ列の複数(例えば4つ又は5つ)のマイクロレンズの光学中心のY方向の平均位置を通る軸をY1a、Y2a、Y3a、Y4aとし、Y1aとY2aの間隔をM2a、Y2aとY3aの間隔をM2b、Y3aとY4aの間隔をM2cとすると、 $M_2 = (M_{2a} + M_{2b} + M_{2c}) / 3$ となる。

【0269】

《実施例7》

実施例7のMLA7では、図24に示されるように、縦長六角形の実質的に同一の複数のマイクロレンズがアームチェア状に隙間なく配列されている。

【0270】

MLA7では、各マイクロレンズにおいて幾何学中心と光学中心が一致し、X方向のレンズピッチはP2であり、Y方向のレンズピッチはP1である。

【0271】

図24において、Y方向に配列された複数のマイクロレンズから成るレンズ列を-X側から+X側にかけて順に、第1レンズ列、第2レンズ列、第3レンズ列、第4レンズ列と

10

20

30

40

50

呼ぶ。この場合、MLA7は、第1～第4レンズ列から成るレンズ列群を含む。

【0272】

各レンズ列において、Y方向に配列された複数のマイクロレンズの中心を通る軸（中心軸）はY軸に平行であり、隣り合う2つの中心軸の間隔（中心軸の隣接間隔）は一定（ P_2 ）である。そこで、中心軸の隣接間隔をX方向のレンズピッチと定義することもできる。

【0273】

実施例7のMLA7では、 $P_1 = P_y$ 、 $P_2 = P_x$ 、観察光学系のY方向、X方向の倍率を B_1 、 B_2 としたときに、上記（1）式又は（2）式が成立する場合に、画質の低下を抑制でき、さらには上記（3）式が成立する場合に画質の低下をより抑制できる。具定的には、実施例7では、縦長のマイクロレンズを用いており $P_2 < P_1$ であるため、 $B_2 > B_1$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。一方、実施例7とは逆に、横長のマイクロレンズを用いた場合には $P_1 < P_2$ となるため、 $B_2 < B_1$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。

【0274】

《実施例8》

実施例8のMLA8では、図25に示されるように、縦長六角形の実質的に同一の複数のマイクロレンズがアームチェア状に隙間なく配列されている。

【0275】

MLA8では、各マイクロレンズにおいて光学中心が幾何学中心から偏心している（ずれている）。その偏心方向、偏心量は、ランダム（不規則）であり、偏心範囲を規定する仮想境界領域は幾何学中心を中心とする半径 r_3 の円である。

【0276】

すなわち、MLA8は、全体として、X方向、Y方向の偏心範囲が等しく、かつランダムに偏心しているため、X方向、Y方向の偏心量の平均を同一とみなしても差し支えなく、実質的に、実施例7のMLA7のようなX方向、Y方向のレンズピッチが P_2 、 P_1 のマイクロレンズアレイと同一視することができる。

【0277】

実施例8のMLA8でも、 $P_1 = P_y$ 、 $P_2 = P_x$ 、観察光学系のY方向、X方向の倍率を B_1 、 B_2 としたときに、上記（1）式又は（2）式が成立する場合に、画質の低下を抑制でき、さらには上記（3）式が成立する場合に画質の低下をより抑制できる。具定的には、実施例8では、縦長のマイクロレンズを用いており $P_2 < P_1$ であるため、 $B_2 > B_1$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。一方、実施例8とは逆に、横長のマイクロレンズを用いた場合には $P_1 < P_2$ となるため、 $B_2 < B_1$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。

【0278】

《実施例9》

実施例9のMLA9でも、図26に示されるように、実施例8と同様に、縦長六角形の実質的に同一の複数のマイクロレンズがアームチェア状に隙間なく配列され、各マイクロレンズにおいて光学中心がランダムに偏心している。

【0279】

MLA9では、Y方向に隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のY方向の距離の平均値を M_1 とし、各レンズ列の複数のマイクロレンズの光学中心のX方向の平均位置を通りY方向に延びる軸の隣接間隔の平均値を M_2 とし、観察光学系のY方向、X方向の倍率を B_1 、 B_2 としたとき、 $M_1 > M_2$ かつ $B_1 < B_2$ 、又は、 $M_1 < M_2$ かつ $B_1 > B_2$ が成立する場合に画質の低下を抑制でき、さらには $M_1 \times B_1 > M_2 \times B_2$ が成立する場合に画質の低下をより抑制できる。具定的には、実施例9では、縦長のマイクロレンズを用いており $M_2 < M_1$ となるため、 $B_2 > B_1$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。一方、実施例7とは逆に、横長のマイクロレンズを用いた場合には $M_1 < M_2$ となるため、 $B_2 < B_1$ が成立する場合に画質の低下を抑制できる。なお、各レンズ列の複数のマ

10

20

30

40

50

マイクロレンズの光学中心のX座標を x_1 、 x_2 、 \dots 、 x_N とすると、該レンズ列の光学中心のX方向の平均位置は $(x_1 + x_2 + \dots + x_N) / N$ である。

【0280】

以下に、 M_1 と M_2 について具体的に説明する。

【0281】

第1レンズ列の複数(例えば4つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、 M_{1a} 、 M_{1b} 、 M_{1c} である。

【0282】

第2レンズ列の複数(例えば5つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、 M_{1d} 、 M_{1e} 、 M_{1f} 、 M_{1g} である。

10

【0283】

第3レンズ列の複数(例えば4つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、 M_{1h} 、 M_{1i} 、 M_{1j} である。

【0284】

第4レンズ列の複数(例えば5つ)のマイクロレンズのうち隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心のX方向の距離は、 M_{1k} 、 M_{1l} 、 M_{1m} 、 M_{1n} である。

【0285】

そこで、 $M_1 = (M_{1a} + M_{1b} + M_{1c} + M_{1d} + M_{1e} + M_{1f} + M_{1g} + M_{1h} + M_{1i} + M_{1j} + M_{1k} + M_{1l} + M_{1m} + M_{1n}) / 14$ となる。

【0286】

20

第1～第4レンズ列の複数(例えば4つ又は5つ)のマイクロレンズの光学中心のY方向の平均位置を通る軸を X_{1a} 、 X_{2a} 、 X_{3a} 、 X_{4a} とし、 X_{1a} と X_{2a} の間隔を M_{2a} 、 X_{2a} と X_{3a} の間隔を M_{2b} 、 X_{3a} と X_{4a} の間隔を M_{2c} とすると、 $M_2 = (M_{2a} + M_{2b} + M_{2c}) / 3$ となる。

【0287】

以上説明した実施例1～9のMLA1～9は、境界方向が規則的であるが、境界方向がランダムに分散したランダム配列レンズアレイであっても同様の議論が成立する。

【0288】

以上説明した本実施形態のHUDは、第1の観点からすると、光源部100と、該光源部100からの光によって画像を形成するための2次元偏向手段6(画像形成素子)と、画像を形成する光が照射されるマイクロレンズアレイ(MLA、MLA1～9)と、該マイクロレンズアレイを透過した光を反射面素子10(透過反射部材)に向けて投射する凹面鏡9(投射光学系)と、を備え、マイクロレンズアレイは、第1の方向に配列された複数のマイクロレンズから成るレンズ列が第1の方向に直交する第2の方向に複数配置されて成るレンズ列群を含み、レンズ列群において第1の方向に隣り合う2つのマイクロレンズの光学中心の第1の方向に関する距離の平均値 M_1 、レンズ列群において各レンズ列の複数のマイクロレンズの光学中心の第2の方向の平均位置を通り第1の方向に延びる軸の隣接間隔の平均値 M_2 、凹面鏡9及び反射面素子10を含む観察光学系の第1の方向の倍率 B_1 、観察光学系の第2の方向の倍率 B_2 について、 $B_1 < B_2$ かつ $M_1 > M_2$ 、又は、 $B_1 > B_2$ かつ $M_1 < M_2$ が成立する。なお、レンズ列群におけるレンズ列の数が2の場合、すなわち隣接間隔が1つの場合は、該隣接間隔を平均値 M_2 とすれば良い。

30

40

【0289】

この場合、表示画像(反射面素子10を介して視認される虚像)の第1及び第2の方向の画素ピッチの差を小さくできる。

この結果、画質の低下を抑制しつつ小型化することができる。

【0290】

また、 $M_1 \times B_1 = M_2 \times B_2$ が成立する場合には、表示画像の第1及び第2の方向の画素ピッチが略等しくなるため、画質の低下を更に抑制することができる。

【0291】

また、本実施形態のHUDは、第2の観点からすると、光源部100と、該光源部100

50

0からの光によって画像を形成するための2次元偏向手段6(画像形成素子)と、画像を形成する光が照射されるマイクロレンズアレイと、該マイクロレンズアレイを透過した光を反射面素子10(透過反射部材)に向けて投射する凹面鏡9(投射光学系)と、を備え、マイクロレンズアレイは、幾何学中心が第1の方向にピッチP1で並ぶ複数のマイクロレンズから成るレンズ列が第1の方向に直交する第2の方向にピッチP2で複数並んで成るレンズ列群を含み、ピッチP1、ピッチP2、凹面鏡9及び反射面素子10を含む観察光学系の第1の方向の倍率B1、観察光学系の第2の方向の倍率B2について、 $B1 < B2$ かつ $P1 > P2$ 、又は、 $B1 > B2$ かつ $P1 < P2$ が成立する。

【0292】

この場合、表示画像(反射面素子10を介して視認される虚像)の第1及び第2の方向の画素ピッチの差を小さくできる。

10

この結果、画質の低下を抑制しつつ小型化することができる。

【0293】

また、 $P1 \times B1 = P2 \times B2$ が成立する場合には、表示画像の第1及び第2の方向の画素ピッチが略等しくなるため、画質の低下を更に抑制することができる。

【0294】

また、マイクロレンズの光学中心と幾何学中心が略一致している場合には、マイクロレンズアレイの設計及び製造を簡素化できる。

【0295】

また、マイクロレンズアレイにおいて、各マイクロレンズの光学中心は、該マイクロレンズの幾何学中心からランダムに偏心し、第1及び第2の方向の偏心範囲が略同一である場合には、表示画像(虚像)に干渉縞が発生するのを抑制できる。

20

【0296】

また、マイクロレンズに入射する光のビーム径は、該マイクロレンズのレンズ径よりも小さいため、スペックルなどの干渉を低減することができ、画質の低下を抑制できる。

【0297】

また、マイクロレンズアレイのレンズ境界方向がランダムに分散している場合には、表示画像(虚像)に干渉縞が発生するのを抑制することができる。

【0298】

そこで、HUDと、該HUDが搭載された移動体と、を備える移動体装置では、視認性の低下を抑制しつつHUDの設置スペースを小さくできる移動体装置を提供できる。

30

【0299】

なお、HUDにおいて、マイクロレンズの偏心範囲の仮想境界領域の形状は、円形に限らず、要は、少なくともX方向、Y方向の偏心範囲が同一であることが好ましい。例えばX方向、Y方向に平行な辺を有する正方形等であっても良い。なお、X方向、Y方向の偏心範囲は、必ずしも同一でなくても良い。ただし、X方向、Y方向のうちレンズピッチが大きい方向の偏心範囲はレンズピッチが小さい方向の偏心範囲以上となることが好ましい。また、偏心範囲の大きさは、適宜変更可能である。

【0300】

また、マイクロレンズアレイにおいてマイクロレンズの光学中心を偏心させる場合、必ずしも全てのマイクロレンズの光学中心を偏心させる必要はなく、要は、少なくとも1つのマイクロレンズの光学中心を偏心させれば良い。

40

【0301】

また、マイクロレンズアレイにおけるマイクロレンズの形状について、四角形のうち正方形や長方形を例として挙げたが、例えば、正方形や長方形以外の平行四辺形、台形等であっても良い。

【0302】

また、上記実施形態では、画像形成素子として、2次元偏向手段(光走査方式)が採用されているが、これに限らず、例えば透過型液晶パネル、反射型液晶パネル、DMD(デジタルマイクロミラーデバイス)パネルなどの空間光変調方式を採用しても良い。

50

【0303】

また、上記実施形態では、被走査面素子として、微細凸レンズ構造（マイクロレンズアレイ）が用いられているが、これに限らず、例えば、表面に微細な凹凸が形成された拡散反射板、表面が平滑な透過スクリーン、表面が平滑な反射スクリーンなどを用いても良い。

【0304】

また、上記実施形態のマイクロレンズアレイでは、複数のマイクロレンズが2次元配列されているが、これに代えて、1次元配列又は3次元配列されていても良い。

【0305】

また、上記実施形態では、マイクロレンズアレイに、2次元偏向手段を用いて2次元画像を形成しているが、例えば、MEMSミラー、ガルバノミラー、ポリゴンミラー等を含む1次元偏向手段を用いて1次元画像を形成しても良い。

10

【0306】

また、上記実施形態では、投射光学系は、凹面鏡9から構成されているが、これに限らず、例えば、凸面鏡から構成されても良いし、曲面鏡（凹面鏡や凸面鏡）と、該曲面鏡と被走査面素子との間に配置された折り返しミラーとを含んで構成されても良い。

【0307】

また、上記実施形態では、画像形成部は、凹面鏡7を有しているが、有していなくても良い。この場合、凹面鏡9は、反射面素子10の影響で中間像の水平線が上または下に凸形状となる光学歪み要素を補正するように設計・配置されることが好ましい。

20

【0308】

また、上記実施形態では、画像表示装置は、カラー画像に対応するように構成されているが、モノクロ画像に対応するように構成されても良い。

【0309】

また、反射面素子10としての透過反射部材は、例えば、いわゆるコンバイナのように、移動体のウインドシールドとは別の部材で構成され、観察者から見て該ウインドシールドの手前に配置されていても良い。

【0310】

また、透過反射部材は、移動体のフロントガラスに限らず、例えばサイドガラス、リアガラス等であっても良く、要は、透過反射部材は、虚像を視認する操縦者により操縦される移動体に設けられ、操縦者が移動体の外部を視認するための窓部材（ウインドシールド）であれば良い。

30

【0311】

また、画像表示装置によって虚像を視認可能にされる対象者は、移動体の操縦者に限らず、例えば該移動体に搭乗するナビゲータ、乗客等の同乗者であっても良い。

【0312】

また、上記実施形態では、画像表示装置（HUD）は、例えば車両、航空機、船舶等の移動体に搭載されるものを一例として説明したが、要は、物体に搭載されるものであれば良い。なお、「物体」は、移動体の他、恒常的に設置されるものや運搬可能なものを含む。

40

【0313】

また、本発明の画像表示装置は、ヘッドアップディスプレイのみならず、例えば観察者の頭部に装着されるヘッドマウントディスプレイへの応用も可能である。

【符号の説明】

【0314】

8...被走査面素子（マイクロレンズアレイ、MLA、MLA1~9）、9...凹面鏡（投射光学系）、10...反射面素子（透過反射部材）、100...光源部。

【先行技術文献】

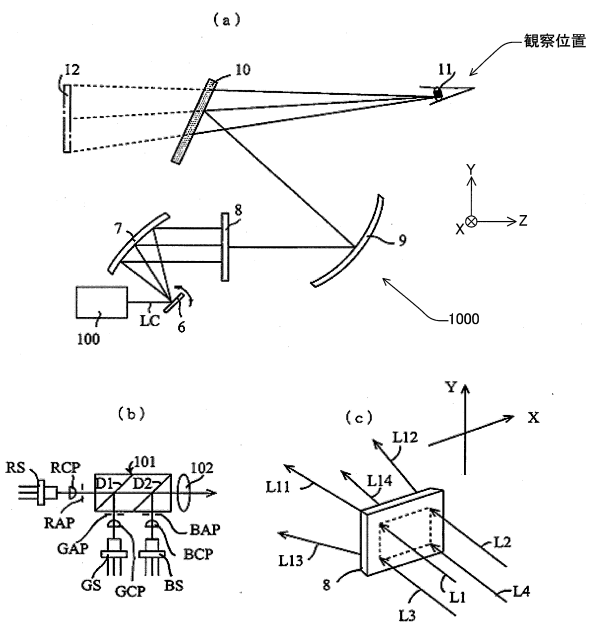
【特許文献】

【0315】

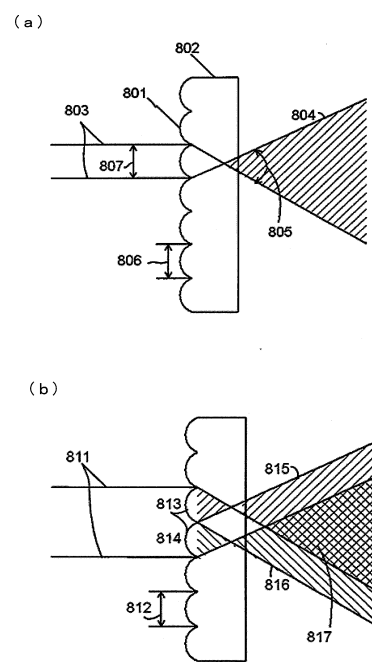
50

【特許文献1】特開2014-139655号公報

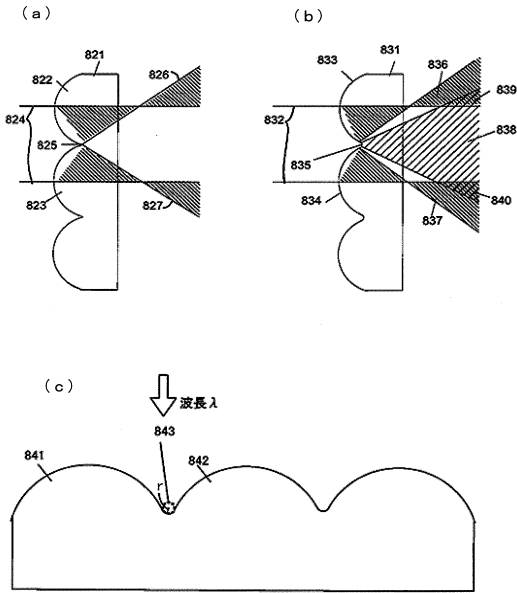
【図1】



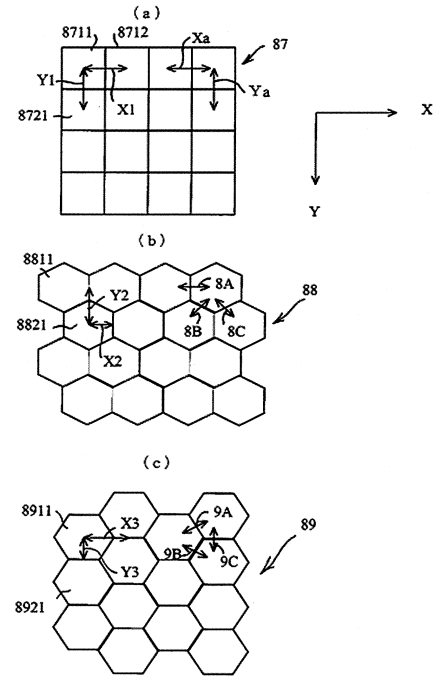
【図2】



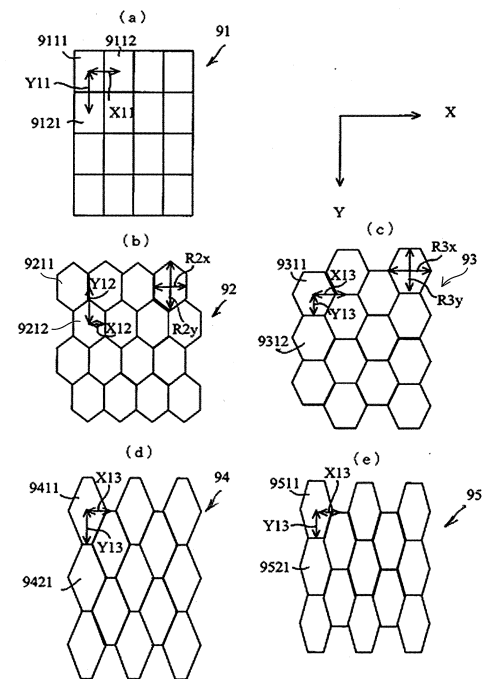
【図3】



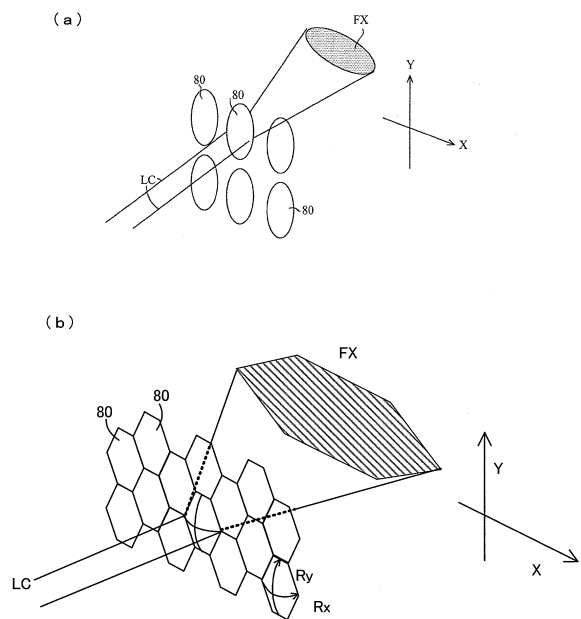
【図4】



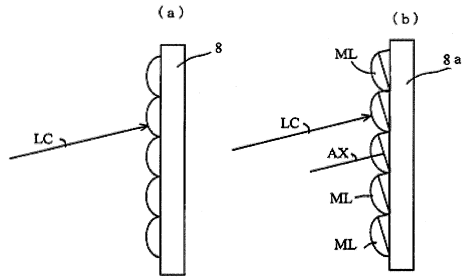
【図5】



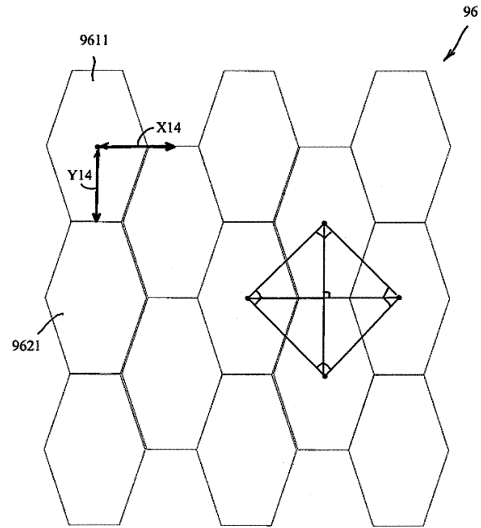
【図6】



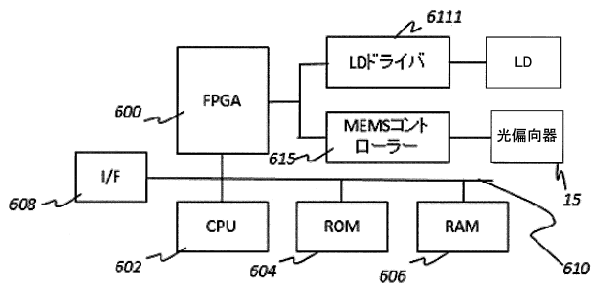
【図7】



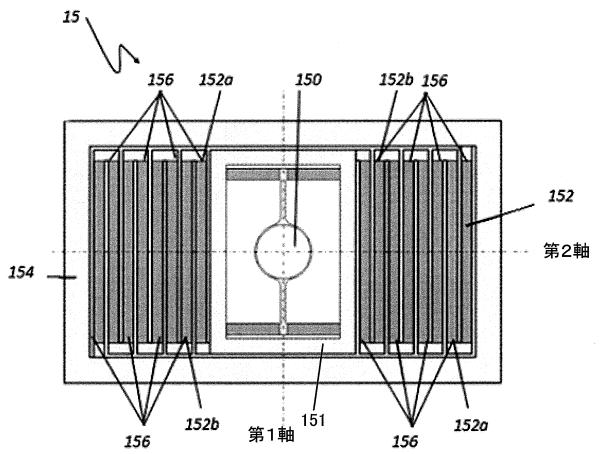
【図8】



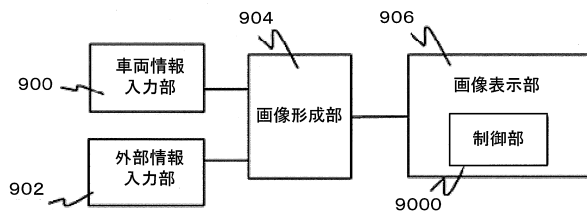
【図9】



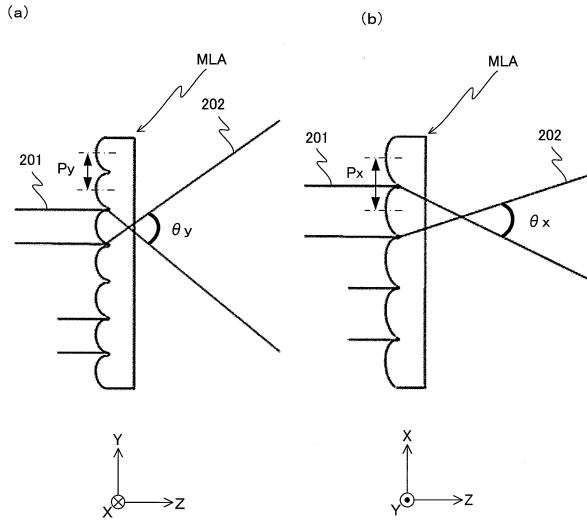
【図11】



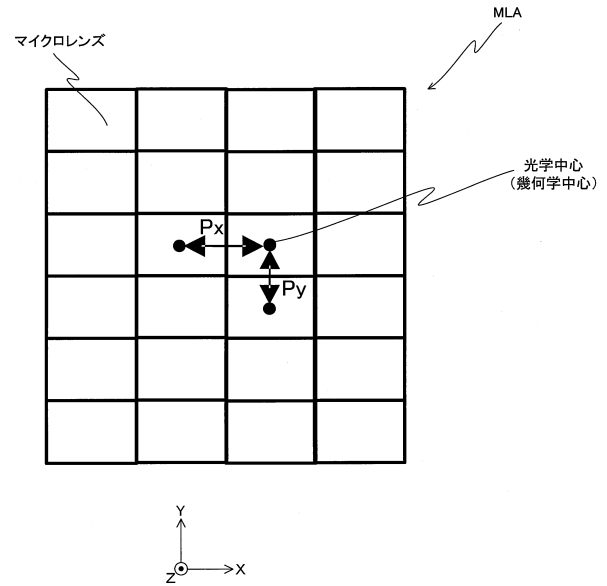
【図10】



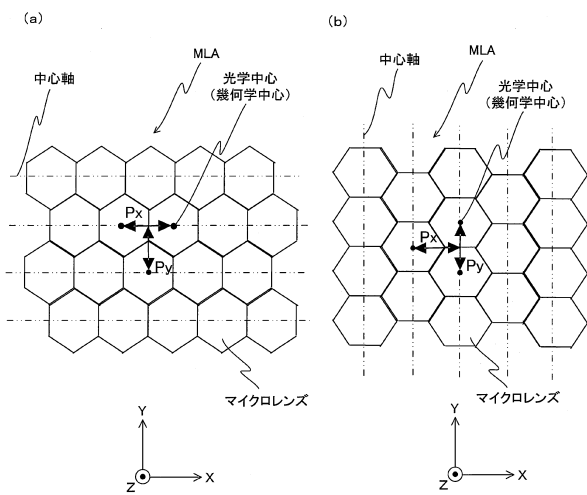
【図 1 2】



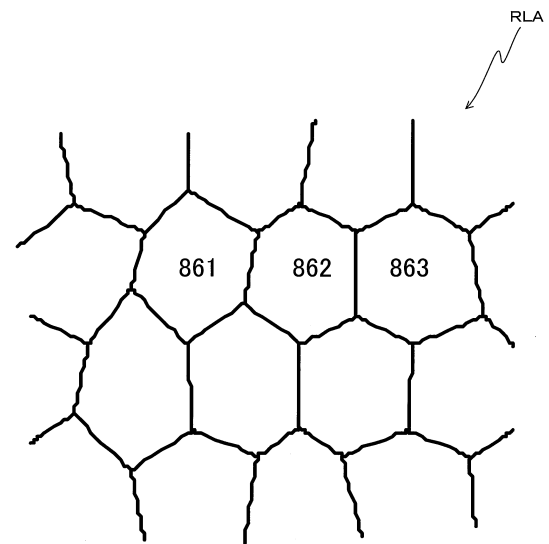
【図 1 3】



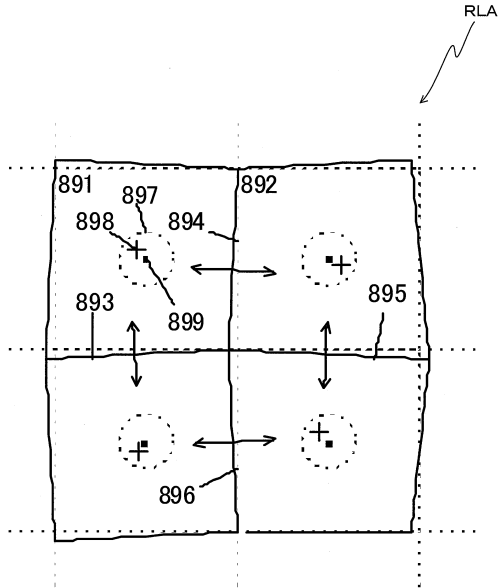
【図 1 4】



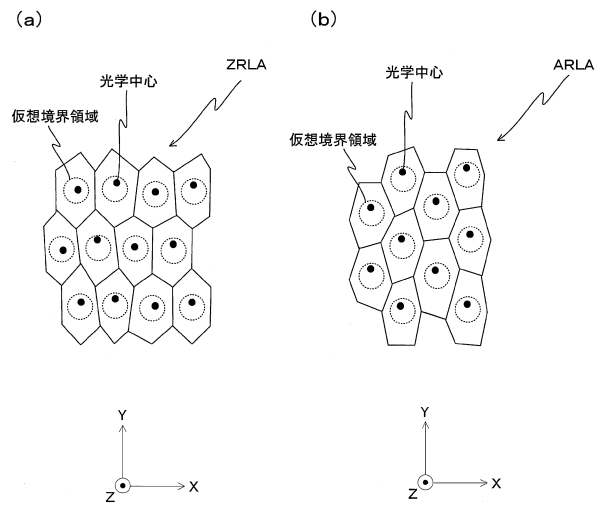
【図 1 5】



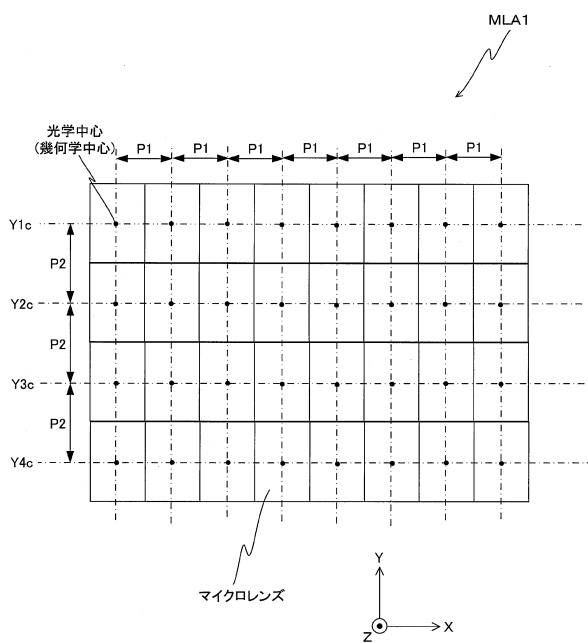
【図16】



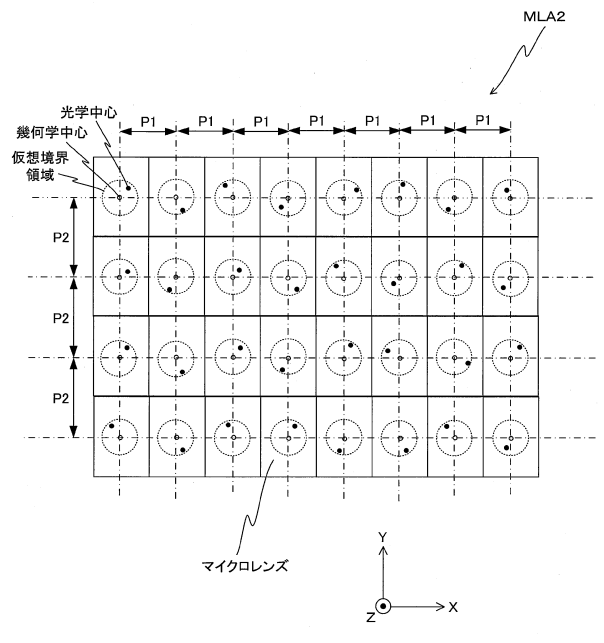
【図17】



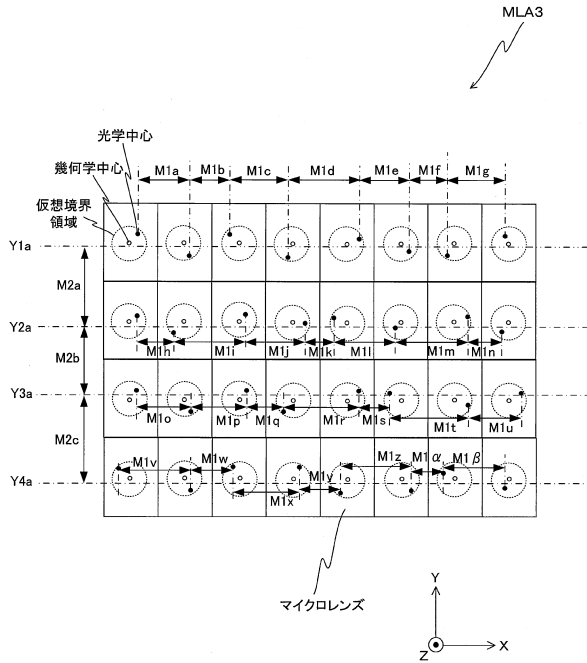
【図18】



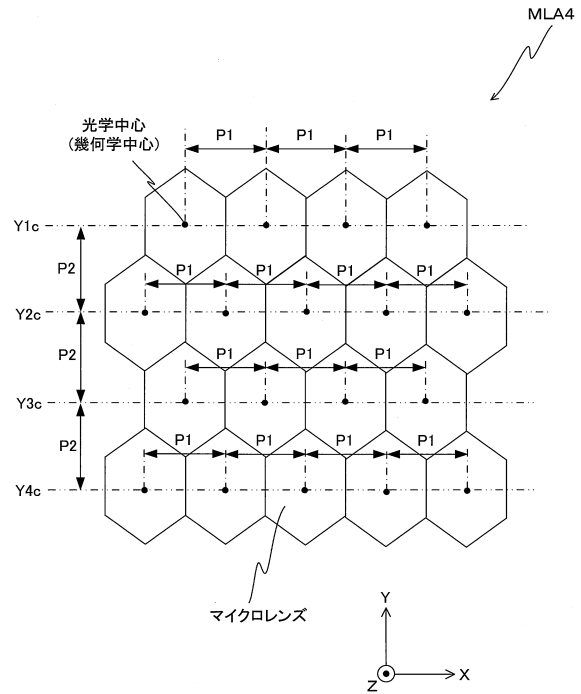
【図19】



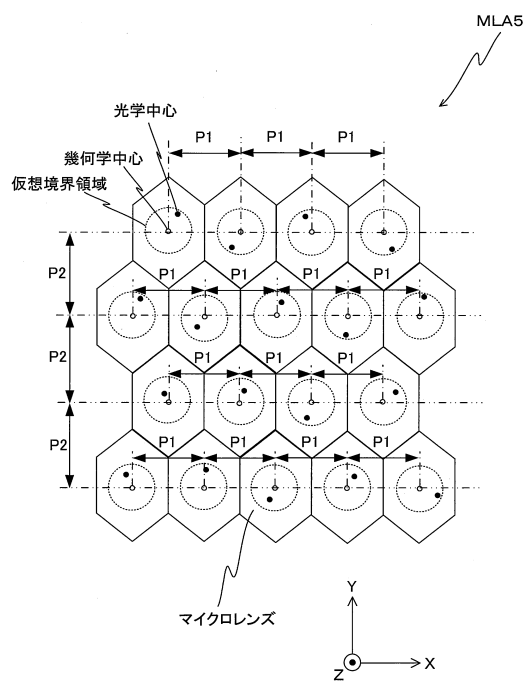
【図20】



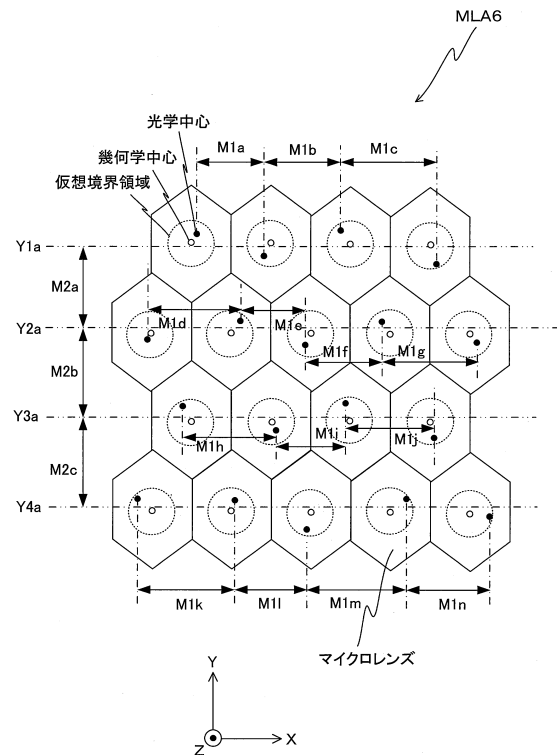
【図21】



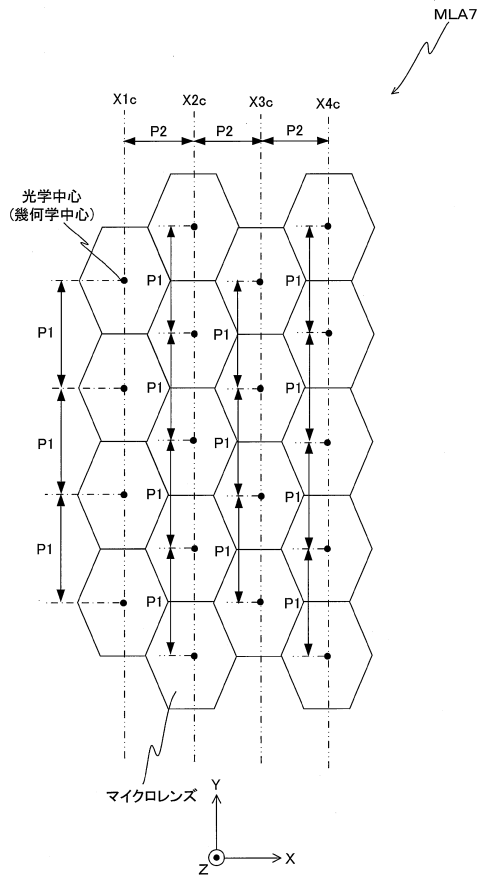
【図22】



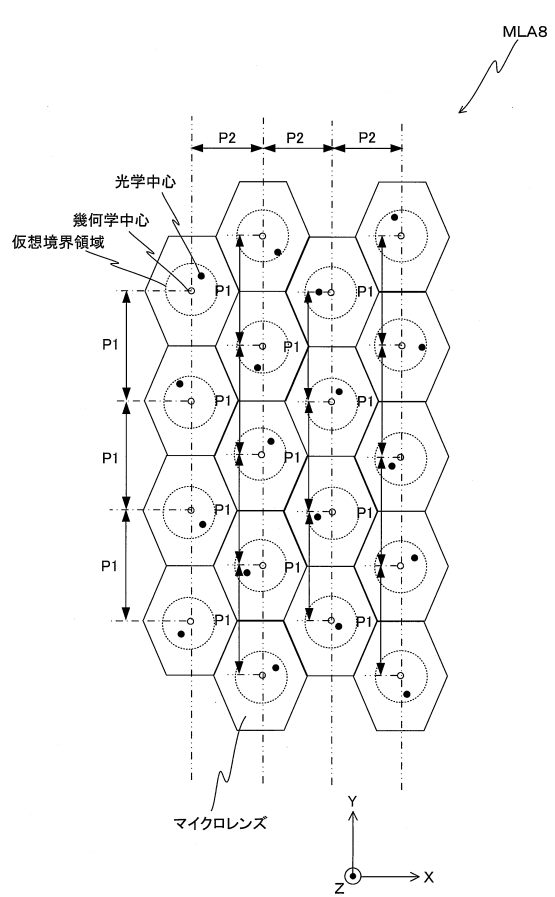
【図23】



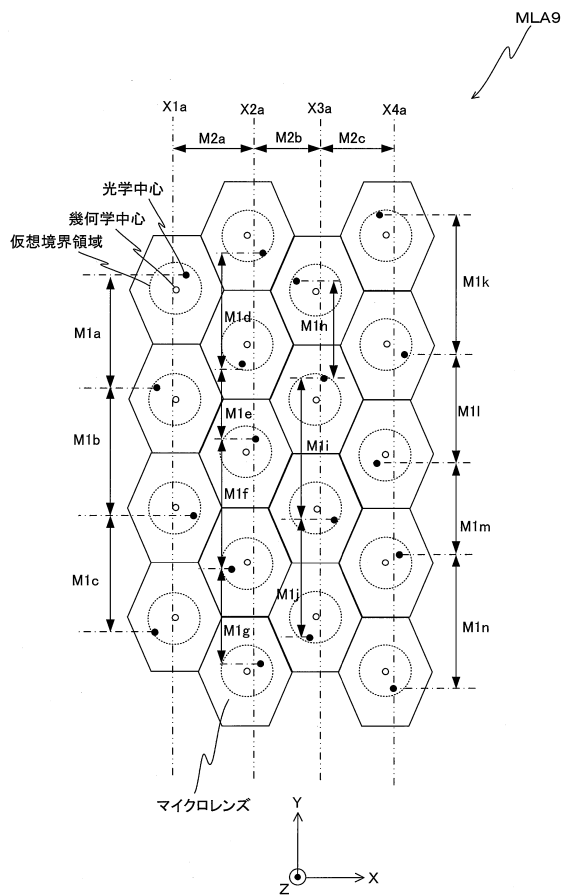
【図24】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

(72)発明者 田辺 啓之
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

審査官 右田 昌士

(56)参考文献 特開2013-064985(JP,A)
特開2003-004907(JP,A)
特開2014-139655(JP,A)
特開平06-216459(JP,A)
特開2013-250336(JP,A)
特許第5021850(JP,B2)
米国特許出願公開第2009/0231719(US,A1)
特開2014-115411(JP,A)
特開2013-205336(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	27/01
G02B	27/48
G02B	26/10
B60K	35/00
H04N	5/64