

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6072164号
(P6072164)

(45) 発行日 平成29年2月1日 (2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日 (2017.1.13)

(51) Int. Cl.

F I

HO 4 N 5/369 (2011.01)

HO 1 L 27/14 (2006.01)

GO 2 B 3/02 (2006.01)

HO 4 N 5/335 6 9 0

HO 1 L 27/14 D

GO 2 B 3/02

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-156107 (P2015-156107)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年8月6日 (2015.8.6)		キヤノン株式会社
(62) 分割の表示	特願2013-137050 (P2013-137050) の分割		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
原出願日	平成25年6月28日 (2013.6.28)	(74) 代理人	100126240
(65) 公開番号	特開2015-216696 (P2015-216696A)		弁理士 阿部 琢磨
(43) 公開日	平成27年12月3日 (2015.12.3)	(74) 代理人	100124442
審査請求日	平成27年10月19日 (2015.10.19)		弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	川端 一成
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内
		(72) 発明者	伊庭 潤
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子アレイ、及び固体撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の光学素子が配されたアレイ領域の周辺部に配された光学素子において、
第1の方向と前記第1の方向に直交する第2の方向を含む面に投影された前記光学素子の外縁は、前記第2の方向に沿った前記光学素子の中心位置における第1の幅と、前記第1の幅が設けられている位置よりも前記アレイ領域の周辺部側に設けられ、前記第2の方向に沿った第2の幅を有し、
前記第1の幅が設けられている位置の前記光学素子の高さは、前記第2の幅が設けられている位置の前記光学素子の高さよりも高く、
前記第2の方向に沿った前記光学素子の断面の曲率半径は、前記第1の幅が設けられた位置から前記第2の幅が設けられた位置に向かって徐々に大きくなるように構成されていることを特徴とする光学素子。

【請求項 2】

前記第1の幅の長さと前記第2の幅の長さが同じであることを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項 3】

前記投影された前記光学素子の外縁は、前記アレイ領域の周辺部側に前記第2の方向に沿った辺を備えることを特徴とする請求項1または2に記載の光学素子。

【請求項 4】

前記投影された前記光学素子の外縁は、前記アレイ領域の中心側に前記第2の方向に沿

った辺を備えることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 5】

前記投影された前記光学素子の外縁は、前記投影された前記光学素子の外縁の外周を接して囲む矩形の面積に対して、80%以上の面積を有することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学素子アレイ、及び固体撮像装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

固体撮像装置や表示装置等には、マイクロレンズアレイといった光学素子アレイが用いられている。特許文献 1 には、斜め方向から入射する光を効率良く集光させるために、ティアドロップと称する形状のマイクロレンズアレイを固体撮像装置に設けることが開示されている。このティアドロップと称する形状のマイクロレンズは、平面視において、固体撮像装置の外側方向に、漸次幅狭となる曲線形状を有し、外側の端部において頂点を有する形状を有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

20

【特許文献 1】特開 2007 - 335723 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載のマイクロレンズでは、平面視において、マイクロレンズの面積占有率が低くなってしまう。マイクロレンズが設けられていない部分に入射した光は集光されないため、面積占有率が低いと、集光されない光が増大してしまう。また、特許文献 1 に記載のマイクロレンズでは、曲率半径が小さくなる部分を有するため、集光能力が低下する可能性がある。

【0005】

30

そこで、本発明では、高い集光率の光学素子アレイを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の光学素子アレイは、複数の光学素子を有する光学素子アレイにおいて、前記複数の光学素子は、第 1 方向に沿って配列し、前記複数の光学素子が配されたアレイ領域の中心から前記第 1 の方向に沿って第 1 の距離だけ離れて位置する第 1 の光学素子を含み、前記第 1 の光学素子は、前記第 1 の方向と、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向を含む面に、底面を有し、前記底面は、前記第 1 の光学素子内の前記第 1 の方向における第 1 の位置にて、前記第 2 の方向に沿った第 1 の幅と、前記第 1 の光学素子内の前記第 1 の方向における前記第 1 の位置よりも前記アレイ領域の中心から離れて位置する第 2 の位置にて、前記第 2 の方向に沿った、前記第 1 の幅よりも狭い第 2 の幅を有し、前記第 1 の光学素子は、前記第 1 の位置にて、前記第 2 の方向に沿った第 1 の断面をとった時に、第 1 の曲率半径と、前記第 1 の断面において最も高い第 1 の高さを有し、前記第 2 の位置にて、前記第 2 の方向に沿った第 2 の断面をとった時に、前記第 1 の曲率半径よりも大きな第 2 の曲率半径と、前記第 2 の断面において最も高く、前記第 1 の高さよりも低い第 2 の高さを有する。

40

【0007】

また、本開示の別の光学素子アレイは、複数の光学素子を有する光学素子アレイにおいて、前記複数の光学素子は、第 1 方向に沿って配列し、前記複数の光学素子が配されたアレイ領域の中心から前記第 1 の方向に沿って第 1 の距離だけ離れて位置する第 1 の光学素

50

子を含み、前記第 1 の光学素子は、前記第 1 の方向と、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向を含む面に、底面を有し、前記底面は、前記第 1 の光学素子内の前記第 1 の方向における第 1 の位置にて、前記第 2 の方向に沿った第 1 の幅と、前記第 1 の光学素子内の前記第 1 の方向における前記第 1 の位置よりも前記アレイ領域の中心から離れて位置する第 2 の位置にて、前記第 2 の方向に沿った、前記第 1 の幅よりも狭い第 2 の幅を有し、前記第 1 の光学素子は、前記第 1 の位置にて、前記第 2 の方向に沿った第 1 の断面をとった時に、前記第 1 の断面において最も高い第 1 の高さを有し、前記第 2 の位置にて、前記第 2 の方向に沿った第 2 の断面をとった時に、前記第 2 の断面において最も高く、前記第 1 の高さよりも低い第 2 の高さを有し、前記第 2 の位置は、前記底面の外縁に位置する。

【発明の効果】

10

【0008】

本発明によって、高い集光率の光学素子アレイを提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】第 1 の実施形態の光学素子アレイを説明するための平面模式図。

【図 2】第 1 の実施形態の光学素子を説明するための平面模式図と断面模式図。

【図 3】第 1 の実施形態の光学素子を説明するための平面模式図と断面模式図。

【図 4】第 1 の実施形態の光学素子を説明するための平面模式図。

【図 5】第 1 の実施形態の光学素子を説明するための平面模式図。

【図 6】第 2 の実施形態の光学素子を説明するための平面模式図。

20

【図 7】第 3 の実施形態の光学素子を説明するための平面模式図。

【図 8】第 4 の実施形態の光学素子アレイを説明するための断面模式図と平面模式図。

【図 9】第 4 の実施形態の光学素子アレイの変形例を説明するための平面模式図。

【図 10】第 5 の実施形態の光学素子アレイを説明するための平面模式図。

【図 11】第 6 の実施形態の光学素子アレイを説明するための平面模式図。

【図 12】第 7 の実施形態の固体撮像装置を説明するための断面模式図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本開示の光学素子の構成について、複数の実施形態を用いて説明を行う。各実施形態は適宜変更可能であり、組み合わせ可能である。光学素子アレイは、固体撮像装置や表示装置、それらを用いた撮像システムや表示システムに適用可能である。

30

【0011】

以下の説明において、ある中心 O から X 軸方向（第 1 の方向）と Y 軸方向（第 2 の方向）を基準に用いているが、それらに限定されない。例えば、図 1 に示す X 軸方向から角度 1 だけ傾いた方向 131 を第 1 の方向とし、方向 131 に直交する方向を第 2 の方向としてもよい。つまり、光学素子が配置された領域（アレイ領域）の中央から外周へ放射する任意の方向を第 1 の方向とし、それに直交する方向を第 2 の方向としてもよい。

【0012】

（第 1 の実施形態）

本実施形態の光学素子アレイについて、図 1～図 7 を用いて説明を行う。図 1（a）は、光学素子アレイ 100 を示す平面模式図である。光学素子アレイ 100 は、複数の光学素子 110 を有する。アレイ領域 120 は、中心 O を有し、複数の光学素子 110 が配列した領域である。ここでは、X 軸方向と Y 軸方向を含む面において、複数の光学素子 110 は、X 軸方向に沿って n 列（n は自然数）、Y 軸方向に沿って m 行（m は自然数）の行列状（2 次元）に配されている。アレイ領域 120 は、1 つの方向（X 軸方向）に沿って複数の光学素子が配された領域であり、1 つの方向を示す線分の上に、各光学素子の中心が位置するように設定することができる。図 1（a）では、各光学素子 101 の座標を（m、n）と示している。以下、説明のために、第 1 の光学素子 111～第 4 の光学素子 114 に注目して説明を行う。

40

【0013】

50

第1の光学素子111～第4の光学素子114は、複数の光学素子110の中の、X軸方向に沿った線分130上に位置する任意の光学素子である。アレイ領域120の中心Oから、アレイ領域120の外周へ向かって、第2の光学素子112、第1の光学素子111、第3の光学素子113、第4の光学素子114の順番で並んでいる。なお、線分130から角度1だけ回転した任意の線分131上においても、同様の光学素子が位置している。

【0014】

第1の光学素子111は、アレイ領域120の中心Oから距離D1（第1の距離）だけ離れて位置する。第2の光学素子112は、アレイ領域120の中心Oから距離D2（第2の距離）に位置する。第3の光学素子113は、アレイ領域120の中心Oから距離D3（第3の距離）だけ離れて位置する。第4の光学素子114は、アレイ領域120の中心Oから距離D4だけ離れて位置する。距離を測る際の光学素子の位置は、X軸における光学素子の中心の位置とする。第2の光学素子112の中心は、アレイ領域120の中心Oと同じ位置にあり、第2の距離D2はゼロである。しかし、アレイ領域120の中心Oと第2の光学素子112の中心とが一致していなくてもよい。これらは、 $D2 = 0 < D1 < D3 < D4$ の関係を有する。ここで、アレイ領域120の中心からの距離とは、中心Oと、1つの方向（X軸方向）における各光学素子の中心の距離を示す。

【0015】

図1(b)は、図1(a)をより具体的に示した、光学素子アレイ100の平面模式図である。

【0016】

図1(b)において、第2の光学素子112は、平面視において、中心Oに位置する頂点を有し、球状の形状を有する。ここで、頂点は、第2の光学素子112において最も高い点である。第1の光学素子111、第3の光学素子113、第4の光学素子114は、平面視において球状ではない、同一の形状を有している。第1の光学素子111を例に、図2を用いて、その形状を説明する。

【0017】

図2(a)は第1の光学素子111の平面模式図であり、図2(b)と図2(c)は第1の光学素子111の断面模式図である。

【0018】

図2(a)は、X軸方向とY軸方向を含む面における第1の光学素子111の底面200を示す平面模式図である。底面200は、X軸方向とY軸方向を含む面に対して第1の光学素子111を投影した像（正射影像）の外縁と等しい。底面200にあるように、第1の光学素子111は、X軸方向に沿って第1の長さL1を有し、Y軸方向に沿って第1の長さL1を有する。

【0019】

ここで、底面200内（光学素子内）には、X軸方向に第1の位置P1～第6の位置P6が存在し、中心Oから第3の位置P3、第1の位置P1、第6の位置P6、第5の位置P5、第2の位置P2、第4の位置P4の順で並んでいる。

【0020】

光学素子111の底面200の外縁のうち、第1の領域121の最も中心Oに近い、Y軸方向に沿った辺211が第3の位置P3に配される。光学素子111の底面200の外縁のうち、第1の領域121の最も中心Oに遠い、Y軸方向に沿った辺215が第4の位置P4に配される。光学素子111の底面200の中心は、第3の位置P3と第4の位置P4の中心の位置、第5の位置P5に配される。つまり、第3の位置P3から第1の長さL1だけ離れた位置に第4の位置P4があり、第3の位置P3から第1の長さL1の半分（ $L1/2$ ）だけ離れた位置に第5の位置P5がある。そして、第6の位置P6は、後述するように光学素子111の頂点のX軸方向における位置を示す。なお、第1の領域121は、アレイ領域120に2次元に設けられるマトリクスの1つの格子である。この1つの格子には1つの光学素子が設けられるものとする。

【 0 0 2 1 】

図 2 (a) に示すように、底面 2 0 0 は、X 軸を基準に、上下に線対称の形状を有し、辺 2 1 1 ~ 2 1 8 によって外縁が構成されている。辺 2 1 1 は点 2 0 1 と点 2 0 8 とを結ぶ直線であり、辺 2 1 2 は点 2 0 1 と点 2 0 2 とを結ぶ曲線である。辺 2 1 3 は点 2 0 2 と点 2 0 3 とを結ぶ直線であり、辺 2 1 4 は点 2 0 3 と点 2 0 4 とを結ぶ曲線である。辺 2 1 5 は点 2 0 4 と点 2 0 5 とを結ぶ直線であり、辺 2 1 6 は点 2 0 5 と点 2 0 6 とを結ぶ曲線である。辺 2 1 7 は点 2 0 6 と点 2 0 7 とを結ぶ直線であり、辺 2 1 8 は点 2 0 7 と点 2 0 8 とを結ぶ曲線である。辺 2 1 1、2 1 5 は Y 軸方向に沿った直線である。辺 2 1 3、2 1 7 は X 軸方向に沿った直線である。辺 2 1 2、2 1 4、2 1 6、2 1 8 は、曲率を有し、各直線の間をつなぐともいえる。

10

【 0 0 2 2 】

底面 2 0 0 は、X 軸方向における第 1 の位置 P 1 にて、Y 軸方向に沿った第 1 の幅 W 1 を有する。そして、底面 2 0 0 は、X 軸方向における第 2 の位置 P 2 にて、Y 軸方向に沿った第 2 の幅 W 2 を有する。更に底面 2 0 0 は、第 3 の位置 P 3、第 4 の位置 P 4 のそれぞれにおいて、Y 軸方向に沿った第 3 の幅 W 3、第 4 の幅 W 4 を有する。そしてこれらの幅は少なくとも $W 1 > W 2$ の関係を満たす。更に $W 1 > W 2 > W 3 > W 4$ の関係を満たすことが好ましい。なお、図 2 (a) において、 $W 1 = L 1$ となっている。

【 0 0 2 3 】

第 1 の位置 P 1 は、第 3 の位置 P 3 から第 1 の長さ L 1 の半分以下の距離の任意の位置であり、第 2 の位置 P 2 は、第 3 の位置 P 3 から第 1 の長さ L 1 の半分より離れた任意の位置である。若しくは、第 1 の位置 P 1 は、第 3 の位置 P 3 から第 1 の長さ L 1 の半分より近い任意の位置であり、第 2 の位置 P 2 は、第 3 の位置 P 3 から第 1 の長さ L 1 の半分以上離れた任意の位置である。第 1 の位置 P 1 と第 2 の位置 P 2 とは、中心 O からの距離として、 $P 2 > P 1$ の関係を満たす。

20

【 0 0 2 4 】

図 2 (b) は、図 2 (a) の X 軸に沿った第 1 の光学素子 1 1 1 の断面模式図である。Z 軸方向と X 軸方向を含む面における第 1 の光学素子 1 1 1 の断面 2 2 0 において、辺 2 3 1 ~ 辺 2 3 3 によって外縁が構成される。辺 2 3 1 は点 2 2 1 と点 2 2 2 とを結ぶ直線であり、辺 2 3 2 は点 2 2 2 と点 2 2 3 とを結ぶ曲線であり、辺 2 3 3 は点 2 2 3 と点 2 2 4 とを結ぶ曲線である。第 1 の光学素子 1 1 1 は、第 1 の位置 P 1 において、第 1 の高さ H 1 を有し、第 2 の位置 P 2 において第 2 の高さ H 2 を有し、第 6 の位置 P 4 において第 3 の高さ H 3 を有する。ここで、高さの関係は、 $H 3 > H 1 > H 2$ である。この時、第 3 の高さ H 3 は、第 1 の光学素子 1 1 1 において最も高い。つまり、第 6 の位置 P 6 の点 2 2 3 は、第 1 の光学素子 1 1 1 の頂点である。第 1 の光学素子 1 1 1 は、その頂点を第 5 の位置 P 5 よりも中心 O に近い第 6 の位置 P 6 に有している。ここで、頂点とは、この断面における最も高い位置である。本実施形態において、第 1 の光学素子 1 1 1 は頂点を有するが、最も高い部分が点でなくてもよく、例えば、第 1 の位置 P 1 から第 5 の位置 P 5 まで高さ H 3 を有していてもよい。

30

【 0 0 2 5 】

また、図 2 (b) に示すように、第 1 の光学素子 1 1 1 において、辺 2 3 2 は辺 2 3 3 よりも曲率半径が小さい部分を有する。なお、辺 2 3 2 は辺 2 3 3 よりも曲率半径が大きい部分を有してもよい。この構成によって、辺 2 3 3 に入射した光は、強いレンズパワーによって、大きく曲げられ、より集光効率が向上する。ここで、曲率半径は、例えば、光学素子のある断面を取り、その断面形状の任意の点における接線から求めることができる。例えば、X 軸方向に沿った辺 2 3 3 の中心 (第 6 の位置 P 6 と第 4 の位置 P 4 の中心) における辺 2 3 3 の接線を求める。この接線に対する内接円から曲率半径を得ることができる。また、その他の一般的な曲率半径の測定方法によって、各部分の曲率半径を求めることができる。

40

【 0 0 2 6 】

図 2 (c) は、図 2 (a) の第 1 の位置 P 1 と第 2 の位置 P 2 における第 1 の光学素子

50

1 1 1の断面を示したものである。断面2 4 1は、図2 (a)の第1の位置P 1にて、Y軸方向に沿った第1の光学素子1 1 1の断面である。断面2 4 2は、図2 (a)の第2の位置P 2にて、Y軸方向に沿った第1の光学素子1 1 1の断面である。第1の断面2 4 1において、第1の光学素子1 1 1は、第1の幅W 1を有し、第1の断面2 4 1の頂点であり、最も高い第1の高さH 1を有する。また、第1の断面2 4 1において、その外縁は第1の曲率半径R 1を有する。第2の断面2 4 2において、第1の光学素子1 1 1は、第2の幅W 2を有し、第2の断面2 4 2の頂点であり、最も高い第2の高さH 2を有する。本実施形態では、これら頂点を有するが、上述したように第1の高さH 1や第2の高さH 2を有する部分が点でなくてもよい。

【0 0 2 7】

10

そして、第2の断面2 4 2において、その外縁は第2の曲率半径R 2を有する。この曲率半径の関係は、 $R 1 < R 2$ である。なお、 $R 1 = R 2$ であってもよいが、この場合には幅W 2が小さくなり、面積占有率が低下してしまう場合がある。この場合には、光学素子の第2の幅W 2が図2 (a)における外縁を構成すればよい。中心Oから最も離れた位置に第2の幅W 2を有する辺が存在することで面積占有率が向上し、より広い範囲の光を取り込むことができる。

【0 0 2 8】

図2で示したように、第1の光学素子1 1 1は、第1の位置P 1にて、第1の幅W 1と、第1の高さH 1と、第1の曲率半径R 1を有し、第2の位置P 2にて、第2の幅W 2と、第2の高さH 2と、第2の曲率半径R 2を有する。これらが $W 1 > W 2$ 、 $H 1 > H 2$ 、 $R 1 < R 2$ の関係を有することで、第1の光学素子1 1 1は、従来の技術に比べて、高い集光能力を維持しつつ、高い占有面積を有することができ、集光率を向上することができる。次に、集光率について図3、図4を用いて説明を行う。

20

【0 0 2 9】

図3は、第1の光学素子1 1 1と、ティアドロップ型の光学素子3 1 1を比較した図面である。図3 (a)は第1の光学素子1 1 1の底面2 0 0を示した平面模式図であり、図3 (b)は、比較用の光学素子3 1 1の底面3 0 0を示した平面模式図である。図3 (c)は第1の光学素子1 1 1の断面模式図であり、図3 (d)は、比較用の光学素子3 1 1の断面模式図である。図3 (a)は、図2 (a)と同一の第1の光学素子1 1 1を示しており、符号や詳細な説明は省略する。また、図3において、面積を説明するため、第1の領域1 2 1を設定する。第1の領域1 2 1は、1辺が第1の長さL 1を有する正方形であり、各光学素子の外縁に外接する矩形である。図3において、各光学素子は第1の領域1 2 1に設けられているものとする。また、光学素子1 1 1と光学素子3 1 1は、第1の位置P 1における形状を等しいものとする。

30

【0 0 3 0】

まず、図3 (b)にあるように、光学素子3 1 1は底面3 0 0を有し、底面3 0 0は、第5の位置P 5から第4の位置P 4に向かって、Y軸方向に沿った幅が小さくなり、第4の位置P 4にて、点3 1 2となる。つまり、光学素子3 1 1の底面3 0 0は、光学素子1 1 1の底面2 0 0よりも面積が小さい。上述したように、本実施形態において、光学素子の正射影の像は、底面と等しいため、光学素子1 1 1は光学素子3 1 1よりも面積が大きい。また、図3 (a)において、領域3 4 1～領域3 4 4は、第1の領域1 2 1に対して底面2 0 0が設けられていない部分であり、図3 (b)において、領域3 5 1～領域3 5 4は、第1の領域1 2 1に対して底面3 0 0が設けられていない部分である。これら領域3 4 1～領域3 4 4、領域3 5 1～領域3 5 4は、光学素子が設けられていないため、光を集光することができない領域（無効領域）である。上述の通り、領域3 4 1～領域3 4 4の面積の和は、領域3 5 1～領域3 5 4の面積の和よりも小さい。

40

【0 0 3 1】

ここで、面積占有率とは、X軸方向とY軸方向を含む面において、第1の領域1 2 1の面積に対して、光学素子が設けられている面積の割合である。上述したように、第1の光学素子1 1 1の面積占有率は、比較用の光学素子3 1 1の面積占有率よりも大きい。具体

50

的には、第1の光学素子111の面積占有率は、約91%であり、比較用の光学素子311の面積占有率は約73%である。第1の領域121に入射する全ての光を100%とすると、集光できる光に20%弱の差が生じてしまう。第1の光学素子111は、従来の構成に比べて、高い面積占有率を有するため、高い集光率を得ることができる。

【0032】

図3(c)は、図3(a)の第2の位置P2における、第1の光学素子111のY軸方向に沿った断面351を示した断面模式図である。図3(d)は、図3(b)の第2の位置P2における、比較用の光学素子311のY軸方向に沿った断面352を示した断面模式図である。ここで、図3(c)及び図3(d)では、各光学素子による光の挙動を示すため、各底面から等しい距離に仮想の入射面361を設けている。いずれの光学素子にも等しい光380、381が入射するものとする。光学素子111は、第2の位置P2において、幅W2を有し、第1の位置P1における第1の曲率半径R1よりも大きな第2の曲率半径R2を有するため、光学素子111の集光パワーは大きくはない。よって、光学素子111は、光381のほとんどを集光し、集光した光382を入射面361の適切な位置に集光することができる。一方、光学素子311は、第2の位置P2における幅W302が狭く、小さな曲率半径を有する。従って、光学素子311は、光381の一部しか集光できず、また、小さな曲率半径を有するため光学素子311において大きな屈折が起こり、光383は入射面361に対して大きな角度を有し、迷光となりうる。このように、光学素子111の形状によれば、従来の構造に比べて、集光能力を高め、面積占有率を高めることができるため、集光率を向上させることができる。

【0033】

次に、図4を用いて、第1の光学素子111と、従来の別の構造である半球状レンズ411との比較を行う。図4(a)は第1の光学素子111の底面200を示した平面模式図であり、図4(b)は、比較用の光学素子411の底面400を示した平面模式図である。図4(c)は第1の光学素子111の断面模式図であり、図4(d)は、比較用の光学素子411の断面模式図である。

【0034】

図4(a)、図4(c)は、図2(a)、図2(b)と同一の第1の光学素子111を示しており、符号や詳細な説明は省略する。図4において、いずれの光学素子も等しい面積の第1の領域121に設けられている。

【0035】

まず、図4(b)に示すように、光学素子411は、底面400を有する。底面400は、第1の長さL1の半分($L1/2$)が半径の円である。に示すように、光学素子411の頂点は、第1の領域121の中心である第5の位置P5に位置する。

【0036】

図4(c)は、図4(a)のX軸に沿った光学素子111の断面451を示した断面模式図である。図4(d)は、図4(b)のX軸に沿った光学素子411の断面452を示した断面模式図である。いずれの光学素子も頂点の高さは、第3の高さH3とする。ここで、図4(c)及び図4(d)では、各光学素子による光の挙動を示すため、各底面から等しい距離に仮想の入射面461を設けている。いずれの光学素子にも、光学素子の受光面の法線に対して角度2を有する斜め光481が入射するものとする。

【0037】

まず、光学素子411に入射した光481は、例えば、光481に対して角度4を有する光を含む光483となり、集光される。一方、光学素子111に入射した光481は、例えば、光481に対して角度4よりも大きな角度3を有する光を含む光482となり、集光される。ここで、光学素子111は、第6の位置P6を境に断面451に示されるように傾きが徐々に変化する、各辺における光の屈折の仕方が異なる。本実施形態では、第1の位置P1における曲率半径が、第2の位置P2における曲率半径よりも小さい。また、第4の位置P4に近い位置では、光学素子411に比べて光学素子111は、斜め方向から入射する光(角度2)をZ軸方向に沿った光(角度3)にすることができ

10

20

30

40

50

、斜め方向から入射する光を、効率よく集光させることができる。ここで、 θ_2 が $20^\circ \sim 40^\circ$ の場合には、第1の光学素子111を用いた場合の画素の感度が、光学素子411の場合よりも10～20%向上する。

【0038】

このような第1の光学素子111は、従来の技術に比べて、高い集光能力を有しつつ、高い占有面積を有するため、高い集光率を有する。従って、少なくとも1つの第1の光学素子111をアレイ領域120の中心Oから第1の距離D1だけ離れた位置に設けることで、高い集光率を有する光学素子アレイを提供することが可能となる。

【0039】

なお、第2の位置P2は、上述の条件を満たせば任意であるため、第4の位置P4であってもよい。つまり、辺215が第2の幅W2であってもよい。上述の形態よりも高い面積占有率を有することができる。

【0040】

また、第1の位置P1において、光学素子が頂点を有していてもよい。つまり、第6の位置P6が第1の位置P1と同じ位置であってもよい。更に、本実施形態では第1の位置P1の第1の幅W1が最も大きな幅となっている。しかし、最も大きな幅を有する位置は異なる位置でもよく、第5の位置P5と第2の位置P2との間にあることが望ましい。このような位置に最大の幅を有することで、面積占有率を更に、高めることができる。

【0041】

本実施形態では、第1の領域121が正方形の場合を示した。しかし、第1の領域121は、平面視した時に、光学素子の外縁に外接する矩形であればよく、第1の長さL1の辺を有する長方形を含む矩形でもよい。また、複数の光学素子は、少なくとも1次元に配されていればよい。また、第3の位置P3における第3の幅W3は、 $W3 = L1$ であってもよい。

【0042】

なお、本実施形態において、第1の長さL1は、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $50 \mu\text{m}$ 以下である。第1の幅W1と第2の幅W2は、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $50 \mu\text{m}$ 以下であり、第1の幅W1と第2の幅W2の比は、 0.05 以上 0.99 以下の範囲であり、好ましくは、 0.2 以上 0.8 以下である。第1の高さH1と第2の高さH2は、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $5.0 \mu\text{m}$ 以下である。第1の曲率半径R1は、第1の高さH1と第1の幅W1より決まる値であり、第2の曲率半径R2は、第2の高さH2と第2の幅W2より決まる値であり、概ね、 $0.25 \mu\text{m}$ 以上 $100 \mu\text{m}$ 以下である。この時、第1の光学素子は、幅、高さ、曲率半径を設定し、80%以上の面積占有率を有するようにするとよい。例えば、固体撮像装置において、第1の光学素子を80%未満の面積占有率にしてしまうと、集光できない光が20%以上発生するため、画像の周辺においてシェーディングが顕著に生じてしまうためである。

【0043】

本実施形態の第1の光学素子は、例えば、フォトリソグラフィ技術を用いて形成することができる。この場合には、第1の光学素子の形状の設計データから求めた透過率を得られる面積階調マスクやグレーンマスクを用いた露光装置にて、フォトレジストを露光し、現像することで、所望の光学素子を得ることができる。

【0044】

ここで、製造後の第1の光学素子について、図5を用いて説明する。図5は、図2(c)の断面241に対応する断面541を示した断面模式図である。図5において、図2(c)と同一の構成には同一の符号を付し、説明を省略する。光学素子111は、底面200と接する部分において、底面200に対して広がって延在する部分501を有する。この底面200と接する部分の広がり、どの部分においても生じる可能性がある。ここで、第1の幅や第2の幅等を実測する場合には、第1の光学素子111の最も高い第3の高さH3の1%の高さとなる地点(X軸位置)での、底面200に平行な断面500をとり測定することが望ましい。また、隣接する光学素子と接する場合には、その接点で長さや幅を規定する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

(第 2 の実施形態)

本実施形態の第 1 の光学素子 6 1 1 は、第 1 の実施形態の第 1 の光学素子 1 1 1 の底面 2 0 0 の形状を変形したものである。図 6 は図 2 (a) と対応する平面模式図であり、同一の構成については、符号や説明等を省略する。図 6 (a) 及び図 6 (b) は同一の光学素子 6 1 1 を示す平面模式図である。光学素子 6 1 1 は、底面 6 0 0 を有している。底面 6 0 0 は、図 2 (a) の光学素子 1 1 1 の底面 2 0 0 が有していた辺 2 1 1、2 1 5 に相当する辺を有していない。

【 0 0 4 6 】

図 6 (a) に示すように、底面 6 0 0 の外縁は、点 6 0 1 から第 3 の位置 P 3 を通り点 6 0 2 までを結び、曲線である辺 6 2 1 を有する。ここで、底面 6 0 0 は、第 3 の位置 P 3 において第 3 の曲率半径 R 3 を有する。第 3 の曲率半径 R 3 は、第 1 の長さ L 1 の半分以上、すなわち $R 3 \geq (L 1 / 2)$ の関係を有する。このような曲率半径を有する形状によって、面積占有率を向上させることができる。また、図 6 (b) に示すように、底面 6 0 0 の外縁は、点 6 0 3 から第 4 の位置 P 4 を通り点 6 0 4 までを結び、曲線である、辺 6 2 2 を有する。ここで、底面 6 0 0 は、第 4 の位置 P 4 において第 4 の曲率半径 R 4 を有する。第 4 の曲率半径 R 4 は、第 1 の長さ L 1 の半分以上、すなわち $R 4 \geq (L 1 / 2)$ の関係を有する。このような曲率半径を有する形状によって、Y 軸方向に沿った幅が大きくなるため、面積占有率を向上させることができる。また、Y 軸方向に沿った幅が大きくなるため、Y 軸方向に沿った断面において、その曲率半径が大きくなるため、曲率半径が小さすぎることで、すなわち屈折角が大き過ぎることによる迷光の発生を低減することができる。

【 0 0 4 7 】

本実施形態では、2つの位置における底面の曲率半径が $L 1 / 2$ 以上である構成を示したが、いずれかの位置における底面の曲率半径が $L 1 / 2$ 以上であればよい。

【 0 0 4 8 】

(第 3 の実施形態)

本実施形態の第 1 の光学素子 7 1 1 は、第 1 の実施形態の第 1 の光学素子 1 1 1 の底面 2 0 0 の形状を変形したものである。図 7 は、図 2 (a) と対応する平面模式図であり、同一の構成については、符号や説明等を省略する。

【 0 0 4 9 】

図 7 において、光学素子 7 1 1 は底面 7 0 0 を有する。X 軸方向において光学素子 7 1 1 の中心は第 5 の位置 P 5 に位置する。しかし、底面 7 0 0 は、X 軸方向における端部が位置 P 7 1 と位置 P 7 2 に存在する。図 2 (a) の辺 2 1 1 に対応する辺 7 1 1 が第 3 の位置 P 3 ではなく位置 P 7 1 に、図 2 (a) の辺 2 1 5 に対応する辺 7 1 5 が第 4 の位置 P 4 ではなく位置 P 7 2 にある。つまり、光学素子 7 1 1 は、X 軸方向の長さが第 1 の長さ L 1 よりも短い。つまり、隣接する光学素子との間にはギャップを有している。この場合においても、光学素子に外接する第 1 領域 1 2 1' に対する面積占有率は従来の光学素子に比べて高くすることができる。また、この隣接する光学素子との間のギャップの幅を調整することで、瞳補正を行うことや、隣接する光学素子との間の製造を容易にすることができる。なお、ギャップの幅は、X 軸方向において、光学素子の長さに対して $L 1 / 2$ 以下、特に、 $L 1 / 4$ 以下であることが好ましい。

【 0 0 5 0 】

また、図 7 において、点 7 0 1 から点 7 0 2 を結ぶ曲線である辺 7 2 1 の接線 7 3 1 と、点 7 0 3 から点 7 0 4 を結ぶ曲線である辺 7 2 2 の接線 7 3 2 との交点は、位置 P 7 2 よりも中心 O から遠い位置 P 7 0 に存在する。高い面積占有率を有する光学素子は、このような接線の交点を有する。

【 0 0 5 1 】

本実施形態においては、光学素子 7 1 1 が X 軸方向におけるギャップを有するような形状を示したが、Y 軸方向にギャップを有する形状であってもよく、X 軸方向と Y 軸方向の

両方にギャップを有する形状であってもよい。

【 0 0 5 2 】

また、ここで光学素子と隣の光学素子との境界は、例えば、X軸方向における光学素子の長さの中心と、隣の光学素子の長さの中心との中間の位置とすることができる。Y軸方向についてもこれと同様であり、他の方向についても同様に規定することができる。光学素子の外縁は、例えば、X軸に沿った断面において、隣の光学素子の外縁との接点であり、X軸に沿った断面において光学素子の外縁の接線の傾きがゼロとなる点から求めることができる。X軸における光学素子の長さは、例えば、光学素子の外縁の傾きがゼロとなる2つの点のX軸における位置の距離を求めることによって得られる。また、光学素子と隣の光学素子とが接している場合にも同様に求めることができる。

10

【 0 0 5 3 】

(第4の実施形態)

本実施形態では、図1の第3の光学素子113と第4の光学素子114が、第1の光学素子111とは異なる形状である場合を説明する。ここで、第1の光学素子811は、図2(b)の第1の光学素子111と同一の構造である。図8(a)は、第1～第4の光学素子811～814の断面模式図であり、それぞれ、図2(b)の断面と対応する断面831～断面834を示している。断面831～834に示すように、第1～第4の光学素子814は、それぞれ異なる形状を有している。第1～第4の光学素子811～814において、それぞれは、等しい第3の高さH3及び第1の長さL1を有する。

【 0 0 5 4 】

ここで、第1～第4の光学素子811～814は、その頂点の位置が異なる。第1の光学素子811は第6の位置P6、第2の光学素子812は第5の位置P5、第3の光学素子は位置P83、第4の光学素子は位置P84に、それぞれ頂点を有する。この時、X軸方向における各光学素子の中心である第5の位置P5から頂点の位置は、第2の光学素子812において距離D82(不図示)にあり、第1の光学素子811において距離D81(第4の距離)だけ離れてある。また、X軸方向における各光学素子の中心である第5の位置P5から頂点の位置は、第3の光学素子813において距離D83(第5の距離)だけ離れてあり、第4の光学素子814において距離D84だけ離れて位置する。ここで、距離D82はゼロである。距離は、 $D82 = 0 < D81 < D83 < D84$ の関係を有する。つまり、アレイ領域の中心Oから離れた位置にある光学素子ほど、その頂点は、X軸方向において、光学素子の中心から離れて設けられる。光学素子アレイによって、中心Oから外側に向かって、各光学素子の頂点の位置を変化させることで、アレイ領域における集光率のばらつき(アレイ領域周辺での集光量の低下)を抑制することができる。

20

30

【 0 0 5 5 】

また、図8(b)に示すように、アレイ領域120は、複数の区分821～826のから構成されることが望ましい。複数の区分は、それぞれ帯形状を有しており、第1の光学素子811が設けられている第1の区分821と、第1の区分821よりもアレイ領域120の中心Oの近くに位置し、第2の光学素子812が設けられている第2の区分822を含む。ここで、第1の区分821には、第1の光学素子811が複数設けられており、第2の区分822には、第2の光学素子812が複数設けられている。更に、第1の区分821よりも中心Oから離れた第3の区分823、第4の区分824を有していてもよい。第3の区分823には、第3の光学素子813が複数設けられており、第4の区分824には、第4の光学素子814が複数設けられている。各区分には互いに等しい形状の光学素子がそれぞれ設けられており、全ての光学素子の形状を変える場合に比べて、設計が容易となる。

40

【 0 0 5 6 】

ここで、複数の区分の設け方について、光学素子アレイを固体撮像装置に適用する場合を例に、説明する。一般に、区分の数は少ない方が、光学素子アレイの設計が容易になる。しかし、区分の数が少ない場合には、隣接する区分に設けられた光学素子の形状差が大きくなってしまう。この形状差は、例えば、区分の境界での集光率に差が生じ、固体撮像

50

装置の画素において感度の差として現れ、画像に輝度の差を生じさせてしまう。輝度の差を低減するために、隣接する区分に設けられた光学素子の形状差を小さくする必要がある。この形状差としては、隣接する光学素子に対する体積を95%以上105%以下であることが好ましい。よって、体積の違いが±5%以下になるように、区分の数を調整することが望ましい。

【0057】

なお、区分の形状は任意であり、本実施形態のように、各区分でX軸方向の長さを異ならせてもよい。具体的には、X軸方向にみて、第1の区分821の長さは、第2の区分822の長さよりも短く、第3区分823の長さよりも長い。また、第3区分823の長さは第4の区分824の長さよりも長い。しかし、各区分を互いに等しい長さにしてもよい。ここでの長さとは、X軸方向に沿った、第1の区分821の、第1の区分821と第2の区分822との境界から第1の区分821と第3の区分823との境界までの長さである。

10

【0058】

更に、例えば、図9(a)に示すような、アレイ領域120を格子状に分けてもよく、各区分901の大きさを適宜変更してもよい。図9(a)の場合には、中心Oに近いほど、区分901の面積が大きくなるようにしている。このような形状によって、集光率のばらつきを低減することができる。

【0059】

また、図9(b)に示すような、中心Oを中心とする同心円形状に区分を設けてもよく、更に、中心Oから放射状に分けた区分902を有する分け方でもよい。また、図9(c)に示すような、中心Oを中心とする多角形状に区分を設けてもよく、更に、中心Oから放射状に分けた区分903を有する分け方でもよい。

20

【0060】

図9(a)～図9(c)に示した場合にも、区分の長さとは、ある方向に沿った、その区分の、その区分と隣接する区分との境界から、その区分と他の隣接する区分との境界までの長さである。

【0061】

(第5の実施形態)

本実施形態は、第4の実施形態の区分の境界に関するものである。図10は、複数の区分の境界を拡大した平面模式図である。

30

【0062】

図10(a)～図10(d)は、2つの区分の境界を示したものである。図10(a)は、区分1001と区分1002との境界を示し、その境界は直線である線1031である。一方、図10(b)は、区分1003と区分1004との境界を示し、その境界はジグザグ線である線1032である。このような構成にすることで、異なる形状を有する光学素子が隣接する部分における集光効率の差による画像の段差を、図10(a)に比べて低減することができる。

【0063】

また、図10(c)は、区分1005と区分1006との境界を示し、境界は不規則なジグザグ線である線1033を有する。このような規則性を有さない形状にすることで、異なる形状を有する光学素子が隣接する部分における集光率の差による画像の段差を、図10(b)に比べて低減することができる。

40

【0064】

そして、図10(d)は、区分1007と区分1008との境界を示し、境界は直線である線1034である。しかし、各区分1007、1008は、線1034を含む緩衝領域1020を有している。緩衝領域1020では、互いの区分の光学素子を一部入れ替えている。例えば、区分1007に、区分1008の光学素子1041を設け、区分1008に、区分1007の光学素子1042を設けている。このように、境界において、いくつかの光学素子を入れ替えることで、異なる形状を有する光学素子が隣接する部分にお

50

る集光率の差による画像の段差を低減することができる。

【0065】

ここで、図10(e)は、図9(b)の境界領域910の拡大図を示している。4つの区分1009~1012の境界領域910において、境界は、ジグザグ線である線1035~1038である。また、4つの区分1009~1012が接する点においては、図10(e)のように、2つの区分1010、1012が2つの区分1009、1011の間に位置するように設けてもよい。

【0066】

(第6の実施形態)

本実施形態の光学素子アレイについて、図11を用いて説明する。本実施形態は、第4の実施形態とは複数の光学素子の形状の異ならせ方が異なる。図11は、第1の光学素子1111、第3の光学素子1113、第4の光学素子1114の平面模式図である。第2の光学素子については、第4の実施形態と同様であるので図示や説明を省略する。

【0067】

第1の光学素子1111は、底面1131を有し、重心G1を有する。第3の光学素子1113は、底面1133を有し、重心G3を有する。第4の光学素子1114は、底面1134を有し、重心G4を有する。重心G1は位置P111にあり、重心G3は位置P113にあり、重心G4は位置P114にある。これらの位置と各光学素子の中心である第5の位置P5との距離は、距離D1151~距離D1154であり、 $D1151 < D1153 < D1154$ となっている。このような構造の光学素子を有する光学素子アレイによって、アレイ領域における集光率のばらつきを低減することができる。

【0068】

(第7の実施形態)

本実施形態では、上述した光学素子アレイを固体撮像装置に適用した場合について説明する。本実施形態において、固体撮像装置はCMOSセンサである。

【0069】

固体撮像装置1200は、半導体部1280と、半導体部1280の上に設けられた光学素子アレイ1270を有する。光学素子アレイ1270は、複数の光学素子を有する。図12では、第1の光学素子1211、第3の光学素子1213、第4の光学素子1214を示している。第2の光学素子は、他の実施形態と同様であるので図示や説明を省略する。

【0070】

半導体部1280は、複数の光学素子と1対1で対応して配された複数の画素を有する。図12では、第1の光学素子1211に対応した第1の画素1291、第3の光学素子1213に対応した第3の画素1293、第4の光学素子1214に対応した第4の画素1294を示している。ここで、各光学素子と、各画素の長さは等しい第1の長さL1を有している。つまり、複数の光学素子の間隔と複数の画素の間隔は等しい。

【0071】

半導体部1280において、各画素は、半導体基板1281に設けられた光電変換素子を有する。光電変換素子は、例えば、P型の半導体領域に設けられた電荷蓄積が可能なN型の半導体領域1282を有する。半導体基板1281の上には、複数の配線層1284と、各配線層の間に設けられた絶縁体からなる層間絶縁膜1283が設けられている。層間絶縁膜1283の上には、保護膜1285と、平坦化膜1286が設けられている。例えば、半導体基板1281はシリコンであり、層間絶縁膜1283は酸化シリコンからなり、複数の配線層1284は銅を主成分とする導電体からなる。保護膜1285は、例えば、窒化シリコンからなり、平坦化膜1286は、例えば、有機材料からなる。なお、半導体基板1281や各配線層の間には、トランジスタなどの回路や、素子分離、プラグ等が設けられているが、図12においては省略している。

【0072】

ここで、本実施形態の光学素子アレイは、各画素の中心の位置に対して各光学素子の中

10

20

30

40

50

心第5の位置P5位置がずれている。各画素の中心の位置は、半導体領域1282の表面に示された位置P12である。例えば、第1の光学素子1211は、第1の画素1291と距離D1201だけ、中心O側にずれている。第3の光学素子1213は、第3の画素1293と距離D1203だけ、中心O側にずれている。第4の光学素子1214は、第4の画素1294と距離D1204だけ、中心O側にずれている。このように、中心Oから離れた位置の光学素子を、中心Oの方向にずらすことによって、固体撮像装置に適用した場合に生じ得る集光率のばらつき（シェーディング）を低減することができる。

【0073】

また、各光学素子の画素に対するずらし量である距離D1201、D1203、D1204は、 $D1201 < D1203 < D1204$ の関係を有する。このように、中心Oから離れた位置に存在する光学素子の画素に対するずらし量を大きくすることで、よりシェーディングを低減することが可能となる。

10

【0074】

複数の光学素子の中心と複数の画素の中心との位置関係をずらす場合には、複数の光学素子の間隔と、複数の画素の間隔を異ならせてもよい。光学素子の中心とは、例えば、X軸方向に沿った光学素子の長さの中心であり、Y軸方向に沿った光学素子の幅の中心である。画素の中心とは、例えば、繰り返し単位が設けられる領域のX軸方向に沿った中心であり、Y軸方向に沿った中心である。例えば、X軸方向において、複数の光学素子の大きさと、画素の大きさを変える。また、例えば、X軸方向において、各光学素子同士の大きさを異ならせてもよい。このように、アレイ領域における集光率のばらつきを低減するために、光学素子の大きさや位置は、任意に設定することができる。

20

【0075】

本実施形態において、固体撮像装置をCMOSセンサとしたが、CCDセンサであってもよく、また、カラーフィルタがある形態や、導波路を有する形態や、裏面照射型のセンサであってもよい。

【0076】

また、本実施形態の固体撮像装置は、カメラ等に代表される撮像システムに含まれる。撮像システム概念には、撮影を主目的とする装置のみならず、撮影機能を補助的に備える装置（例えば、パーソナルコンピュータ、携帯端末）も含まれる。撮像システムは、上記の実施形態として例示された本発明に係る固体撮像装置と、この固体撮像装置から出力される信号を処理する信号処理部を含む。この信号処理部は、例えば、A/D変換器、及び、このA/D変換器から出力されるデジタルデータを処理するプロセッサを含むことができる。

30

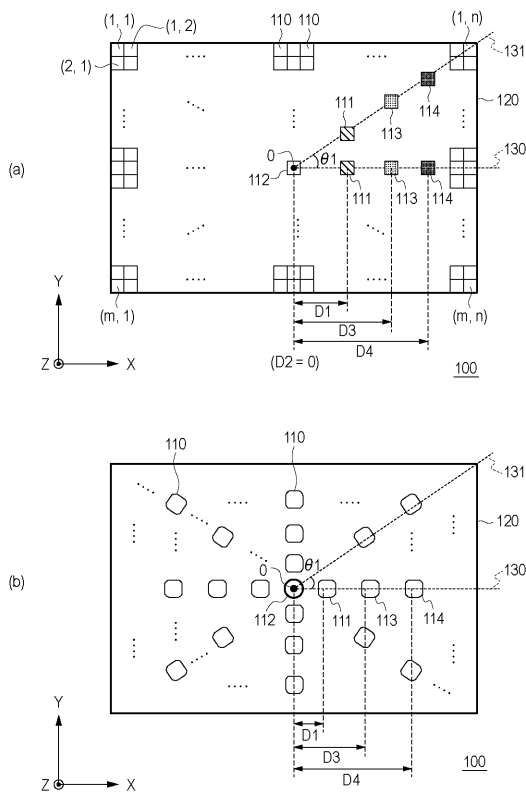
【符号の説明】

【0077】

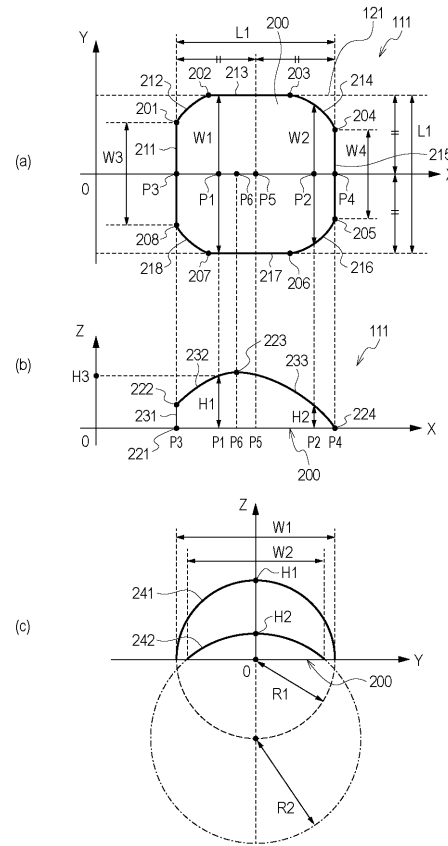
- 100 底面
- 111 光学素子
- P1 第1の位置
- P2 第2の位置
- W1 第1の幅
- W2 第2の幅
- H1 第1の高さ
- H2 第2の高さ
- R1 第1の曲率半径
- R2 第2の曲率半径

40

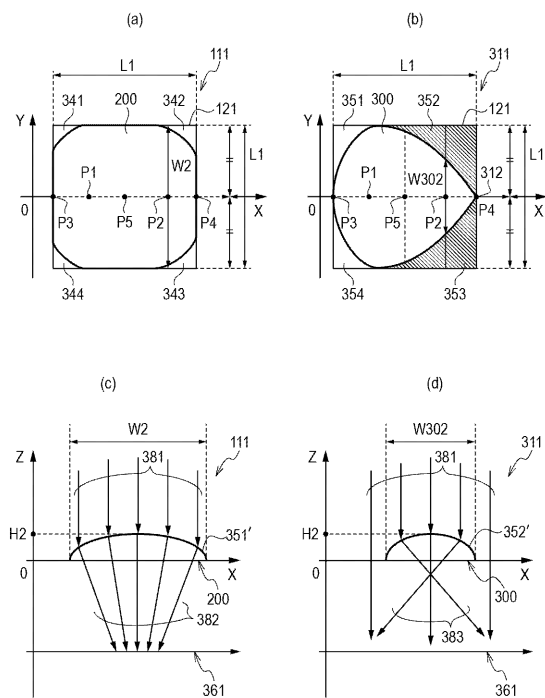
【図 1】



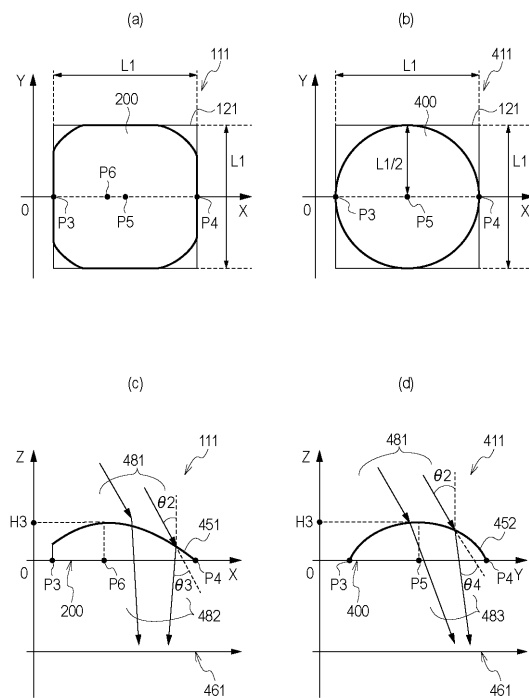
【図 2】



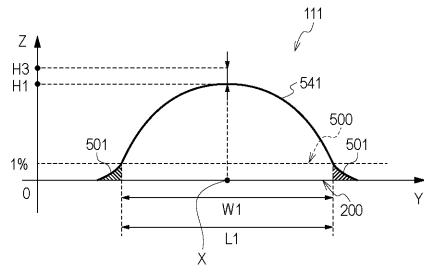
【図 3】



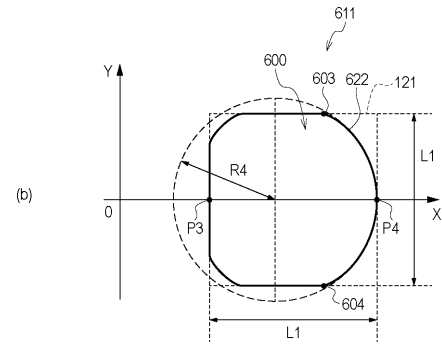
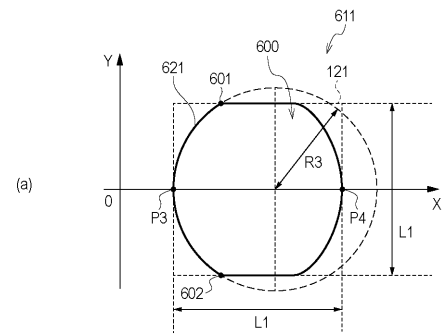
【図 4】



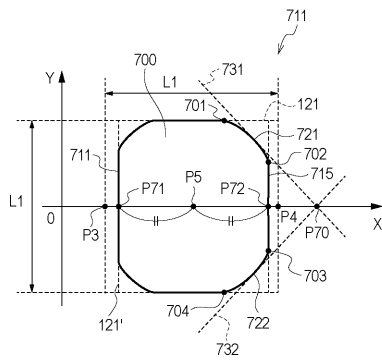
【図 5】



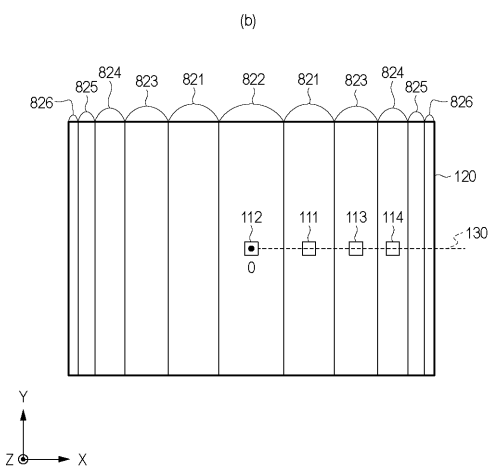
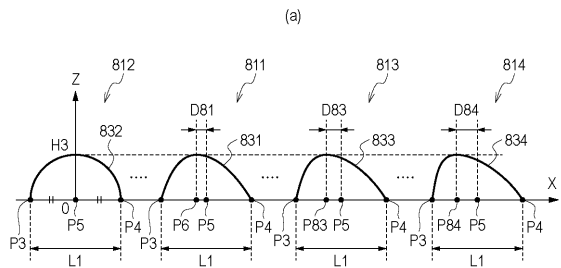
【図 6】



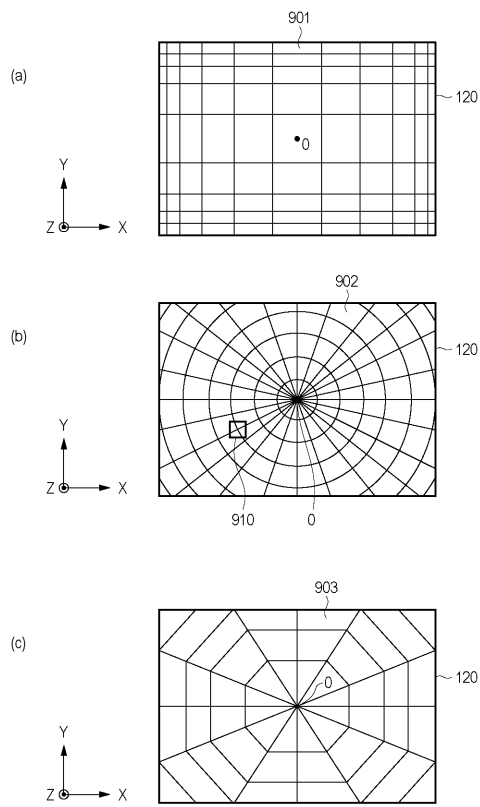
【図 7】



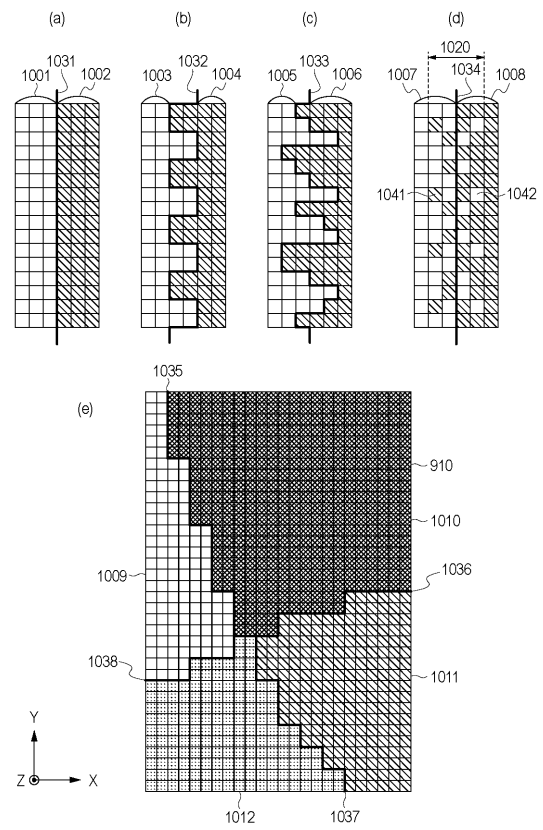
【図 8】



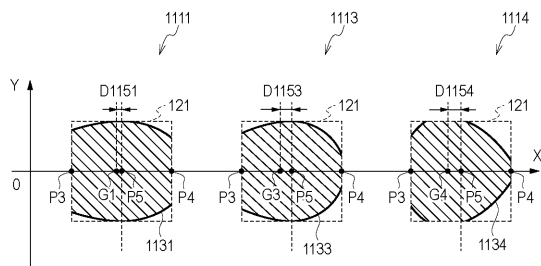
【図 9】



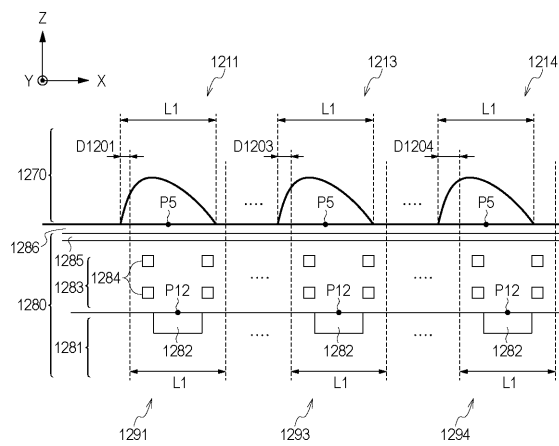
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 和田 全平
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内

審査官 鈴木 肇

(56)参考文献 特開2004-347693(JP,A)
特開2000-039503(JP,A)
特開2007-335723(JP,A)
特開2007-035837(JP,A)
特開2006-049721(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N	5/30	-	5/378
H01L	21/339		
H01L	27/14	-	27/148
H01L	29/762		
G02B	1/00	-	1/08
G02B	3/00	-	3/14
G02F	1/13		
G02F	1/137	-	1/141