

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6173259号
(P6173259)

(45) 発行日 平成29年8月2日 (2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日 (2017.7.14)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 L 27/146 (2006.01)	HO 1 L 27/146	D
HO 4 N 5/225 (2006.01)	HO 4 N 5/225	3 0 0
HO 4 N 5/232 (2006.01)	HO 4 N 5/232	1 2 0
HO 4 N 5/369 (2011.01)	HO 4 N 5/369	
	HO 1 L 27/146	A

請求項の数 27 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-114433 (P2014-114433)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成26年6月2日 (2014.6.2)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-228467 (P2015-228467A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成27年12月17日 (2015.12.17)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成29年3月3日 (2017.3.3)		弁理士 阿部 琢磨
早期審査対象出願		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	加藤 太朗
			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
		審査官	鈴木 肇
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光電変換装置および撮像システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の受光素子を有する光電変換装置であって、
前記複数の受光素子のうちの少なくとも1つの受光素子は、
前記複数の受光素子が配列された面に沿って並ぶ複数の光電変換部と、
前記複数の光電変換部に対応する集光部と、
前記複数の光電変換部と前記集光部との間に設けられ、絶縁膜で囲まれた導光部と、を
有し、

前記導光部の屈折率は前記絶縁膜の屈折率よりも高く、
前記複数の受光素子が配列された前記面に沿って前記導光部を横切る或る平面内で、前
記複数の光電変換部が並ぶ第1方向における前記導光部の幅が、前記第1方向に直交する
第2方向における前記導光部の幅よりも大きいことを特徴とする光電変換装置。

【請求項 2】

複数の受光素子を有する光電変換装置であって、
前記複数の受光素子のうちの少なくとも1つの受光素子は、
前記複数の受光素子が配列された面に沿って並ぶ複数の光電変換部と、
前記複数の光電変換部に対応する集光部と、
前記複数の光電変換部と前記集光部との間に設けられた導光部と、を有し、
前記導光部の材料は、窒化シリコン、酸窒化シリコン、酸化チタンまたは樹脂であり、
前記複数の受光素子が配列された前記面に沿って前記導光部を横切る或る平面内で、前

10

20

記複数の光電変換部が並ぶ第 1 方向における前記導光部の幅が、前記第 1 方向に直交する第 2 方向における前記導光部の幅よりも大きいことを特徴とする光電変換装置。

【請求項 3】

複数の受光素子を有する光電変換装置であって、
 前記複数の受光素子のうちの少なくとも 1 つの受光素子は、
 前記複数の受光素子が配列された面に沿って並ぶ複数の光電変換部と、
 前記複数の光電変換部に対応する集光部と、
 前記複数の光電変換部と前記集光部との間に設けられた導光部と、を有し、
 前記複数の受光素子が配列された前記面に沿って前記導光部を横切る或る平面内で、前記複数の光電変換部が並ぶ第 1 方向における前記導光部の幅が、前記第 1 方向に直交する第 2 方向における前記導光部の幅よりも大きく、

10

前記或る平面内での前記第 2 方向における前記導光部の前記幅が、前記第 2 方向における前記複数の光電変換部の幅よりも小さいことを特徴とする光電変換装置。

【請求項 4】

前記導光部の屈折率は前記導光部の周囲に位置する絶縁膜の屈折率よりも高いこと、
 および、
 前記導光部の材料は、窒化シリコン、酸窒化シリコン、酸化チタンまたは樹脂であること、

の少なくとも一方を満たす、請求項 3 に記載の光電変換装置。

【請求項 5】

20

前記或る平面に平行であって前記或る平面と前記複数の光電変換部との間に前記導光部を横切る別の平面内で、前記第 1 方向における前記導光部の幅が前記第 2 方向における前記導光部の幅よりも大きく、

前記別の平面内での前記第 2 方向における前記導光部の前記幅が、前記或る平面内での前記第 2 方向における前記幅より小さい、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 6】

前記別の平面内での前記第 1 方向における前記導光部の前記幅が、前記或る平面内での前記第 1 方向における前記幅より小さい、請求項 5 に記載の光電変換装置。

【請求項 7】

30

前記 1 つの受光素子は、前記集光部と前記導光部との間に設けられた、前記複数の光電変換部に対応する波長選択部を有し、

前記或る平面内における前記導光部の屈折率を n_1 、前記導光部を取り囲む絶縁部材の屈折率を n_0 、前記波長選択部の主透過波長を λ 、前記或る平面内での前記第 2 方向における前記導光部の幅を WY として、 $WY = 3 \times \lambda / (n_1^2 - n_0^2)$ 、または、 $WY = 2 \times \lambda / (n_1^2 - n_0^2)$ が成り立つ、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 8】

前記導光部は屈折率分布を有する、請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

40

【請求項 9】

前記或る平面内での前記第 1 方向における前記導光部の前記幅が、前記或る平面内での前記第 2 方向における前記導光部の前記幅の 1.05 倍以上である、請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 10】

前記或る平面内での前記第 1 方向における前記導光部の前記幅が、前記或る平面内での前記第 2 方向における前記導光部の前記幅の 1.50 倍以下である、請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 11】

前記或る平面内での前記第 1 方向における前記導光部の前記幅が、前記或る平面内での

50

前記第 2 方向における前記導光部の前記幅の 1 . 2 0 倍以下である、請求項 1 乃至 1 0 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 2】

前記或る平面内での前記導光部の形状が、楕円形または角丸四角形である、請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 3】

前記 1 つの受光素子は、前記集光部と前記導光部との間に位置するレンズを有する、請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 4】

前記導光部よりも屈折率の低い膜が、前記レンズと前記導光部との間に設けられている、請求項 1 3 に記載の光電変換装置。

10

【請求項 1 5】

前記導光部と同じ材料からなる膜が、前記或る平面に垂直な方向において、前記導光部を取り囲む絶縁部材に重なっている、請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 6】

前記少なくとも 1 つの受光素子は、前記複数の受光素子が配列された受光領域の中央部に位置する第 1 受光素子と、前記受光領域の周辺部に位置する第 2 受光素子とを含み、前記第 1 受光素子の前記集光部の重心と前記第 2 受光素子の前記集光部の重心との距離は、前記第 1 受光素子の前記導光部の重心と前記第 2 受光素子の前記導光部の重心との距離よりも小さい、請求項 1 乃至 1 5 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

20

【請求項 1 7】

前記複数の光電変換部は第 1 光電変換部と第 2 光電変換部を含み、前記第 1 光電変換部と前記第 2 光電変換部との間には半導体領域で構成された分離部が設けられている、請求項 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 8】

前記複数の光電変換部は第 1 光電変換部と第 2 光電変換部を含み、前記第 1 方向における前記第 1 光電変換部の幅は、前記第 2 方向における前記第 2 光電変換部の幅よりも小さい、請求項 1 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 9】

前記複数の光電変換部は第 1 光電変換部と第 2 光電変換部を含み、前記第 1 方向における前記第 1 光電変換部の幅と、前記第 1 方向における前記第 2 光電変換部の幅と、前記第 1 方向における前記第 1 光電変換部と前記第 2 光電変換部との間の距離と、の和が、前記或る平面での前記第 1 方向における前記導光部の前記幅よりも大きい、請求項 1 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

30

【請求項 2 0】

前記複数の受光素子は行方向および列方向に配列されており、前記第 1 方向は前記行方向および前記列方向の一方であり、前記第 2 方向は前記行方向および前記列方向の他方である、請求項 1 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 2 1】

前記 1 つの受光素子が有する前記集光部は、複数のマイクロレンズのうちの単数のマイクロレンズであり、前記単数のマイクロレンズの前記第 1 方向における幅は、前記或る平面内での前記第 1 方向における前記導光部の前記幅よりも大きい、請求項 1 乃至 2 0 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

40

【請求項 2 2】

前記或る平面に平行であって前記或る平面と前記別の平面との間の平面が複数の配線層の間に位置し、前記第 1 方向および前記第 2 方向に垂直な第 3 方向における前記導光部の長さが、前記或る平面と前記別の平面との間の位置において二等分される、請求項 5 または 6 に記載の光電変換装置。

【請求項 2 3】

50

前記導光部の光の入口では、前記第 1 方向における前記導光部の幅が前記第 2 方向における前記導光部の幅よりも大きい、請求項 1 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 2 4】

前記導光部の光の出口では、前記第 1 方向における前記導光部の幅が前記第 2 方向における前記導光部の幅よりも大きい、請求項 2 3 に記載の光電変換装置。

【請求項 2 5】

前記複数の受光素子が配列された前記面に沿って前記導光部を横切る平面内で、前記第 1 方向における前記導光部の幅が、前記第 2 方向における前記導光部の幅よりも大きい関係が、前記第 1 方向および前記第 2 方向に垂直な第 3 方向におけるどの位置でも満たされる、請求項 1 乃至 2 4 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

10

【請求項 2 6】

前記複数の受光素子が配列された前記面に沿って前記導光部を横切る平面内での前記導光部の面積が、前記導光部の光の入口から出口まで徐々に小さくなる、請求項 1 乃至 2 5 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 2 7】

請求項 1 乃至 2 6 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置を備え、前記光電変換装置から得られた、前記複数の光電変換部で生成された電荷に基づく信号を用いて、撮像および位相差検出方式による焦点検出を行う撮像システム。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、導光部を有する光電変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

複数の光電変換部を有する画素を用いて、位相差方式により焦点検出を行う光電変換装置が知られている。また、1つの画素が複数の光電変換部を有する構成は、焦点検出のみならず、転送効率の向上による高速化やダイナミックレンジ拡大等、撮像システムの性能向上に有利な点が多い。

【0003】

30

特許文献 1 には 2 つのフォトダイオードの有効受光領域を囲む間隙を層間膜に設ける形態が開示されている。また、特許文献 1 には 2 つのフォトダイオードの有効受光領域を囲む間隙に加えて、フォトダイオード間の間隙に沿った間隙を層間膜に設ける形態が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 158800 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

特許文献 1 の形態では、2 つのフォトダイオードへ精度よく光を振り分けることができないという課題がある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するための手段は、複数の受光素子を有する光電変換装置であって、前記複数の受光素子のうちの少なくとも 1 つの受光素子は、前記複数の受光素子が配列された面に沿って並ぶ複数の光電変換部と、前記複数の光電変換部に対応する集光部と、前記複数の光電変換部と前記集光部との間に設けられた導光部と、を有し、前記複数の受光素子が配列された前記面に沿って前記導光部を横切る或る平面内で、前記複数の光電変換部

50

が並ぶ第 1 方向における前記導光部の幅が、前記第 1 方向に直交する第 2 方向における前記導光部の幅よりも大きいことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、複数の光電変換部への光の振り分けの精度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】光電変換装置を例示する模式図。

【図 2】受光素子を例示する模式図。

【図 3】受光素子を例示する模式図。

【図 4】受光素子を例示する模式図。

【図 5】受光素子を例示する模式図。

【図 6】光電変換装置を例示する模式図。

【図 7】受光素子を例示する模式図。

【図 8】受光素子を例示する模式図。

【図 9】撮像システムを例示する模式図。

【図 10】最大幅について説明する模式図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して、本発明を実施するための形態を説明する。ただし、以下に説明する形態は、発明の一つの実施形態であって、これに限定されるものではない。なお、以下の説明および図面において、複数の図面に渡って共通の構成については共通の符号を付している。そして、共通する構成を複数の図面を相互に参照して説明し、共通の符号を付した構成については適宜説明を省略する。また、以下に説明しない部分に関しては、適当な技術を適用することができる。

【0010】

図 1 (a) に画素増幅型のイメージセンサーとしての光電変換装置 10 の概略を示す。図 1 (a) に示した光電変換装置 10 は、1 点鎖線で囲んだ領域である受光領域 21 と、1 点鎖線と 2 点鎖線の間の領域であり、受光領域 21 の周辺の周辺領域 22 とを有する。受光領域 21 には、複数の受光素子 1 が行列状あるいは列状に配列されている。撮像によって画像を形成する際に各受光素子からの信号が画素を構成するため、受光領域を撮像領域や画素領域と呼ぶこともできる。互いに隣り合う受光素子の中心軸同士の間隔（画素ピッチ）は、典型的には、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、 $5.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $2.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下である場合に特に好適である。

【0011】

周辺領域 22 には垂直走査回路 26 と、2 つの読み出し回路 23 と、2 つの水平走査回路 24 と、2 つの出力アンプ 25 を含む周辺回路が設けられている。周辺領域 22 の読み出し回路 23 は、例えば、列アンプ、相関二重サンプリング（CDS）回路、加算回路等で構成される。読み出し回路 23 は、垂直走査回路 26 によって選択された行の画素から垂直信号線を介して読み出された信号に対して増幅、加算等を行う。列アンプ、CDS 回路、加算回路等は、例えば、画素列又は複数の画素列毎に配置される。水平走査回路 24 は、読み出し回路 23 の信号を順番に読み出すための信号を生成する。出力アンプ 25 は、水平走査回路 24 によって選択された列の信号を増幅して出力する。以上の構成は、光電変換装置 10 の一つの構成例に過ぎず、これに限定されるものではない。読み出し回路 23 と水平走査回路 24 と出力アンプ 25 とは、2 系統の出力経路を構成し、受光領域 21 を挟んで上下に 1 つずつ配置されているが、この構成に限ったものではない。

【0012】

図 1 (b) は受光素子 1 の一例を表す平面模式図であり、図 1 (c) は図 1 (b) の A - B 線における受光素子 1 の断面模式図である。単数の受光素子 1 は、半導体からなる基板 100 の内部に設けられた複数の光電変換部 101、102 を備えている。複数の光電

10

20

30

40

50

変換部 101、102の間には両者の信号電荷を分離するための分離部 109 が設けられる。分離部 109 は LOCOS や STI などの絶縁体による絶縁分離でなされていてもよいし、光電変換部 101、102の蓄積領域とは反対の導電型の半導体領域による接合分離でなされていてもよい。本例では接合分離を採用している。分離部 109 の分離性能は不完全であってもよく、複数の光電変換部 101、102のどちらで生成された信号電荷が多いかを判別できる程度の分離性能があればよい。そのため、光電変換部 101 で生成された信号電荷の一部が、光電変換部 102 で生成された信号電荷として検出部で検出されることは許容されうる。

【0013】

複数の受光素子 1 の各々の光電変換部 101、102 は、共通の基板 100 内に、撮像面となる基板 100 の主面に沿って配列されている。撮像面に平行で 2 つの光電変換部 101、102 が分離部 109 を介して並ぶ方向を X 方向とする。2 つの光電変換部 101、102 が並ぶ方向は、光電変換部 101 を平面視した際の幾何学的重心 G1 と、光電変換部 102 を平面視した際の幾何学的重心 G2 とを結ぶ直線に平行な方向として定義できる。また、撮像面と平行で、X 方向に直交する方向を Y 方向とする。また、撮像面に垂直な方向を Z 方向とする。Z 方向は X 方向および Y 方向に直交する。典型的には、X 方向は、受光領域 21 において行列状に配列された受光素子 1 の行方向（1 行が延在する方向）および列方向（1 列が延在する方向）の一方で有り得る。また、典型的には、Y 方向は、受光領域 21 において行列状に配列された受光素子 1 の行方向（行に沿った方向）および列方向（列に沿った方向）の他方で有り得る。

【0014】

本例の光電変換部 101、102 は半導体からなる基板 100 の内部に、不純物を導入することによって形成されたフォトダイオードである。フォトダイオードとしての光電変換部 101、102 は信号電荷を多数キャリアとし、信号電荷を蓄積する第 1 導電型の半導体領域（蓄積領域）と、第 2 導電型の半導体領域との PN 接合によって形成される。光電変換部 101、102 の別の例としては、フォトゲートであってもよいし、ガラス等の絶縁体からなる基板の上に MIS 型構造あるいは PIN 型構造を有する半導体薄膜として形成されていてもよい。光電変換装置 10 の受光領域 21 には、受光素子 1 以外に、光電変換部 101 を 1 つだけ備える受光素子を含んでいても良い。

【0015】

光電変換部 101 で得られた信号電荷は、MOS 構造を有する転送ゲート 103 を介して検出部 105 へ転送され、光電変換部 102 で得られた信号電荷は、MOS 構造を有する転送ゲート 104 を介して検出部 106 へ転送される。検出部 105、106 は例えば静電容量を形成する浮遊拡散部である。検出部 105、106 は増幅トランジスタ 107、リセットトランジスタ 108 にそれぞれ接続されている。ここでは、光電変換部 101、102 毎に検出部を設けて、別々の光電変換部から平行に信号電荷を転送する構成を示したが、別々の光電変換部からシリアルに信号電荷を転送する場合は、共通の検出部を用いることもできる。

【0016】

受光素子 1 を、図 1 (a) で示した光電変換装置 10 の受光領域 21 に複数配置することで、位相差検出方式によって撮像領域内にて焦点検出を可能としている。さらに位相差検出方法を用いて距離測定を行う撮像システム（カメラ）へ応用することができる。また、受光素子 1 から出力される複数の光電変換部 101、102 の信号を撮像信号として用いて、撮像も行うことができる。例えば、光電変換部 101、102 の信号を合算して、撮像信号とすることができる。このようにして、本実施形態の光電変換装置 10 は、いわゆる像面位相差 AF を実現することができる。

【0017】

基板 100 の上には、絶縁膜 110 が設けられている。典型的には、絶縁膜 110 は透明である。絶縁膜 110 は一種類の材料からなる単層膜であってもよいが、典型的には絶縁膜 110 は互いに異なる材料からなる複数の層が積層された多層膜である。絶縁膜 11

10

20

30

40

50

0のある層は、例えば酸化シリコン(SiO_2)からなる。また、ある層はBPSG(硼磷珪酸塩ガラス)、PSG(磷珪酸塩ガラス)、BSG(硼珪酸塩ガラス)などの珪酸塩ガラスでも良い。また、絶縁膜110を構成する多層膜のうちある層は、窒化シリコン(Si_3N_4)または、炭化シリコン(SiC)からなる場合もある。絶縁膜110の内部には配線120を設けてもよい。配線120は、複数の配線層がプラグを介して接続された多層配線であってもよい。図1(b)には、配線120を2層とした例を示したが、3層以上の多層配線としてもよい。配線120には銅やアルミニウム、タングステン、タンタル、チタン、ポリシリコンなどの導電材料を用いることができる。典型的な配線120は不透明であり、金属光沢を有している。

【0018】

10

受光素子1は少なくとも1つの導光部111を有し、単数の導光部111が複数の光電変換部101、102の上に跨って設けられている。導光部111は、導光部111に入射した光を導光部111内に閉じ込めて、光電変換部101、102まで伝搬させる機能を有する。詳細は後述するが、導光部111は光電変換部101、102が並ぶX方向における最大幅が、X方向に直交するY方向における最大幅よりも大きい断面形状を有する。

【0019】

導光部111は絶縁膜110で囲まれている。つまり、XY面内において導光部111の周囲に絶縁膜110が位置する。導光部111の屈折率を絶縁膜110の屈折率と異ならせることで、導光部111と絶縁膜110の界面での反射により、導光部111に入射した光を光電変換部101、102へ導くことができる。導光部111の屈折率を絶縁膜110の屈折率より高くすることで、全反射を生じさせることができるため、反射効率を向上することができる。

20

【0020】

導光部111を、導光部111および絶縁膜110よりも屈折率の低い低屈折率領域(例えばエアギャップ)などで囲むことで、導光部111と低屈折率領域との界面での全反射により、導光部111に入射した光を光電変換部101、102へ導くことができる。また、導光部111の側面を金属などの反射体で囲むことで、金属反射により、導光部111に入射した光を光電変換部101、102へ導くことができる。低屈折率領域や反射体を設ける場合、導光部111の屈折率は絶縁膜110の屈折率と異なってもよいし、同じであってもよい。

30

【0021】

導光部111の材料は、有機材料(樹脂)でもよいし、無機材料でもよい。樹脂としては、シロキサン系樹脂やポリイミド系樹脂等が挙げられる。無機材料としては、窒化シリコン(Si_xN_y)、酸窒化シリコン($\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$)、酸化チタン(TiO_2)が好適である。導光部111は単一の材料で構成されていてもよいし、複数の材料で構成されていてもよい。

【0022】

導光部111、絶縁膜110の材料として例示した材料の屈折率の大まかな値を挙げる。酸化シリコンは1.4~1.5、酸窒化シリコンは1.6~1.9、窒化シリコンは1.8~2.3、酸化チタンは2.5~2.7、BSG、PSG、BPSGは1.4~1.6である。上記した値は一例であって、同じ材料であっても、成膜方法を変更することによって、非化学量論的組成比や、材料密度が変化するため、屈折率を適宜設定することが可能である。なお、一般的な樹脂の屈折率は1.3~1.6、高屈折率樹脂でも1.6~1.8であるが、金属酸化物等の高屈折率無機材料を含有させることにより、実効的な屈折率を高くすることができる。樹脂に含有させる高屈折率無機材料としては、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、酸化タングステン、酸化ジルコニウム、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化ハフニウム等が挙げられる。

40

【0023】

受光素子1の他の構成について説明するが、これらは適宜変更することができる。導光

50

部 1 1 1 および絶縁膜 1 1 0 の上に渡って高屈折率膜 1 1 3 が設けられている。高屈折率膜 1 1 3 は絶縁膜 1 1 0 の屈折率よりも高い屈折率を有している。高屈折率膜 1 1 3 は導光部 1 1 1 と同じ材料で構成することもできる。その場合、高屈折率膜 1 1 3 と導光部 1 1 1 の境界が、絶縁膜 1 1 0 の上面の高さと同じ高さに位置するとみなすことができる。

【 0 0 2 4 】

高屈折率膜 1 1 3 の上には低屈折率膜 1 1 4 を挟んで層内レンズ 1 1 5 が設けられている。低屈折率膜 1 1 4 は層内レンズ 1 1 5 及び高屈折率膜 1 1 3 (あるいは導光部 1 1 1) の少なくとも一方よりも低い屈折率を有する。低屈折率膜 1 1 4 は層内レンズ 1 1 5 と導光部 1 1 1 との距離を調節する機能、平坦化の機能、光の屈折による集光機能の少なくともいづれかを有し得る。層内レンズ 1 1 5 の上には平坦化膜 1 1 6 を介して波長選択部 1 1 7 が設けられている。波長選択部 1 1 7 はカラーフィルタやダイクロイックミラーであり、ペイヤー配列などに従って、受光領域 2 1 の受光素子 1 毎に異なる波長透過特性を有している。波長選択部 1 1 7 の上にはマイクロレンズとして形成された集光部 1 1 8 が設けられている。複数の光電変換部 1 0 1、1 0 2 に、単数の導光部 1 1 1、単数の層内レンズ 1 1 5、単数の波長選択部 1 1 7、単数の集光部 1 1 8 が対応する。

【 0 0 2 5 】

なお、以下の説明では、「絶縁膜 1 1 0 の屈折率」を絶縁膜 1 1 0 の大部分を成す材料の屈折率として説明する。また「導光部 1 1 1 の屈折率」を導光部 1 1 1 の大部分を成す材料の屈折率として説明する。導光部 1 1 1 を成す屈折率は、絶縁膜 1 1 0 の屈折率より大きい。本発明において単に屈折率という場合には絶対屈折率を意味している。屈折率は波長によって異なるが、少なくとも光電変換部 1 0 1 で信号電荷を生成し得る光の波長に対する屈折率である。典型的には、光電変換部で最も多く光電変換される光の波長を基準にすることが好ましい。光電変換装置 1 0 がカラーフィルタ等の波長選択部を有している場合には、当該波長選択部を透過した光の波長、特に主透過波長を用いることがより好ましい。なお、波長選択部の選択性は不完全であってもよい。つまり、波長選択部にて選択された波長の透過率は 1 0 0 % 未満であってもよいし、波長選択部にて選択されない波長の透過率は 0 % でなくてもよい。

【 0 0 2 6 】

図 2 (a) を用いて、導光部 1 1 1 の形状について詳細に説明する。図 2 (a) において [X Z] と示したのは X Z 面における受光素子 1 の断面図、[Y Z] と示したのは Y Z 面における受光素子 1 の断面図である。[X Y 1] と示したのは、Z 方向の位置 (高さ) Z 1 での X Y 面における受光素子 1 の断面図であり、[X Y 3] と示したのは、Z 方向の位置 (高さ) Z 3 での X Y 面における受光素子 1 の断面図である。ただし、X Y 面における断面図 [X Y 1]、[X Y 2] では便宜的に光電変換部 1 0 1、1 0 2 および分離部 1 0 9 の位置を導光部 1 1 1 に重ねて示してある。X 方向は上述したように複数の光電変換部 1 0 1、1 0 2 が並ぶ方向である。位置 Z 2 は、例えば導光部 1 1 1 の Z 方向における長さの半分の位置であり、例えば位置 Z 2 は第 1 配線層と第 2 配線層の間の位置である。位置 Z 1 は位置 Z 2 よりも基板 1 0 0 から遠く、位置 Z 3 は位置 Z 2 よりも基板 1 0 0 に近い。

【 0 0 2 7 】

本実施形態の導光部 1 1 1 は、基板 1 0 0 に平行な平面 (X Y 面) において、X 方向の最大幅と Y 方向の最大幅とが異なった断面形状を有している。導光部 1 1 1 の断面形状を評価するための、基板 1 0 0 に平行な面 (X Y 面) は、導光部 1 1 1 を貫く平面であれば、Z 方向のどの位置 (高さ) における面であってもよい。導光部 1 1 1 を横切る 3 つの X Y 面のうち、位置 Z 2 よりも基板 1 0 0 からより遠く、光が入射する側の X Y 面の位置が Z 1 であり、位置 Z 2 よりも基板 1 0 0 に近く、光が出射する側の X Y 面の位置が Z 3 である。

【 0 0 2 8 】

ここで、所定方向における導光部 1 1 1 の「最大幅」を、図 1 0 を用いて説明する。所定方向における導光部 1 1 1 の「最大幅」は、各々が所定方向に平行で、一端と他端の双

10

20

30

40

50

方（両端）が導光部 1 1 1 の外周に位置する線分の長さの最大値（上限）である。図 1 0 には、Z 方向のある高さにおいて、Z 方向に直交する所定方向を矢印 P で、導光部 1 1 1 の外周を実線 C で示している。一端と他端が導光部 1 1 1 の外周に位置する線分として、代表して 4 本の線分 S 1 , S 2 , S 3 , S 4 を示している。線分 S 1 が、所定方向 P に平行であり、一端と他端の双方が導光部 1 1 1 の外周に位置する線分の内の最大の長さを有する線分である。そのため、所定方向 P における導光部 1 1 1 の最大幅は S 1 の長さで表される。線分 S 2 は、一端と他端の双方が導光部 1 1 1 の外周に位置する線分の内の最大の長さを有する線分ではないため、線分 S 2 の長さは、所定方向における導光部 1 1 1 の最大幅には相当しない。線分 S 3 は、一端と他端の双方が導光部 1 1 1 の外周に位置する線分の内で最も長い線分ではあるが、所定方向 P に平行ではないため、線分 S 3 の長さも、所定方向 P における導光部 1 1 1 の最大幅には相当しない。距離 D は一端と他端の双方が導光部 1 1 1 の外周に位置する線分の長さではないため、所定方向 P における導光部 1 1 1 の最大幅には相当しない。同様にして考えると、線分 S 1 に直交し、両端が外周 C 上に位置する線分の内で最大の長さを有する線分 S 4 の長さは、所定方向 P に直交する方向における導光部 1 1 1 の最大幅に相当する。

【 0 0 2 9 】

図 2 (a) に示すように、X 方向における導光部 1 1 1 の最大幅は、位置 Z 1 では W X 1 であり、位置 Z 2 では W X 2 であり、位置 Z 3 では W X 3 である。Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅は、位置 Z 1 では W Y 1 であり、位置 Z 2 では W Y 2 であり、位置 Z 3 では W Y 3 である。導光部 1 1 1 は、基板 1 0 0 に平行な平面（X Y 面）において、X 方向の最大幅が、Y 方向の最大幅より大きい断面形状となっている。例えば、位置 Z 1 では最大幅 W X 1 が最大幅 W Y 1 よりも大きくなっている（ $W X 1 > W Y 1$ ）。同様に、位置 Z 2 では最大幅 W X 2 が最大幅 W Y 2 よりも大きくなっており（ $W X 2 > W Y 2$ ）、位置 Z 3 では最大幅 W X 3 が最大幅 W Y 3 よりも大きくなっている（ $W X 3 > W Y 3$ ）。

【 0 0 3 0 】

導光部 1 1 1 の X Y 面における断面形状は、基板 1 0 0 からの距離により異なっているもよい。本例の導光部 1 1 1 は、基板 1 0 0 に平行な平面（X Y 面）において、X 方向の最大幅と Y 方向の最大幅とが異なった断面形状を有している。例えば、X 方向における導光部 1 1 1 の最大幅について、位置 Z 1 における最大幅 W X 1 が位置 Z 2 における最大幅 W X 2 よりも大きく（ $W X 1 > W X 2$ ）、位置 Z 3 における最大幅 W X 3 が位置 Z 2 における最大幅 W X 2 よりも小さい（ $W X 2 > W X 3$ ）。また、Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅について、位置 Z 1 における最大幅 W Y 1 が位置 Z 2 における最大幅 W Y 2 よりも大きく（ $W Y 1 > W Y 2$ ）、位置 Z 3 における最大幅 W Y 3 が位置 Z 2 における最大幅 W Y 2 よりも小さい（ $W Y 2 > W Y 3$ ）。Z 方向の或る位置において、X 方向における導光部 1 1 1 の最大幅が、Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅の $\pm 1\%$ 以上であれば、最大幅が異なっていると云える。十分な効果を得るためには、Z 方向の各位置において、X 方向における導光部 1 1 1 の最大幅が、Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅の 1.05 倍以上であることが好ましく、1.10 倍以上であることがより好ましい。Z 方向の各位置において、X 方向における導光部 1 1 1 の最大幅は、Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅の 1.50 倍以下であってよく、1.20 倍以下であってよい。

【 0 0 3 1 】

図 2 (a) の [X Y 1] と [X Y 2] との比較および [X Z]、[Y Z] から理解されるように、導光部 1 1 1 の X Y 面の断面積は、光が入射する方向から光電変換部 1 0 1、1 0 2 へ近づくにつれて徐々に小さくなっている。つまり、導光部 1 1 1 は基板 1 0 0 へ向かって順テーパ形状となっている。また、位置 Z 1 と位置 Z 2、位置 Z 3 における導光部 1 1 1 の断面はいずれにおいても、X 方向の最大幅 W X 1、W X 2、W X 3 が、Y 方向の最大幅 W Y 1、W Y 2、W Y 3 より大きい形状となっている。

【 0 0 3 2 】

例えば、位置 Z 1 において、X 方向における導光部 1 1 1 の最大幅 W X 1 は 0.30 μm ~ 1.0 μm 程度、Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅 W Y 1 は 0.25 ~ 0.9 μm 程度

10

20

30

40

50

である。位置 Z 3 において、X 方向における導光部 1 1 1 の最大幅 W X 2 は 0 . 2 5 ~ 9 μ m 程度、Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅 W Y 2 は 0 . 2 0 ~ 8 μ m 程度などである。位置 Z 2 においては位置 Z 1 における最大幅と位置 Z 3 における最大幅の間の値をとることができる。

【 0 0 3 3 】

ここで、光電変換部 1 0 1、1 0 2 で光電変換される光の波長 λ における導光部 1 1 1 の屈折率を n_1 、導光部 1 1 1 の周囲に位置する部材である絶縁膜 1 1 0 の屈折率を n_0 とする。また、導光部 1 1 1 をコア、絶縁膜 1 1 0 をクラッドとした光導波路構造の実効屈折率 n_e とする。なお、実効屈折率 n_e は式 1 で表され、一般的な光導波路構造では 0 . 5 0 ~ 1 . 5 である。

【 0 0 3 4 】

【数 1】

$$n_e = \sqrt{n_1^2 - n_0^2} \quad (\text{式 1})$$

【 0 0 3 5 】

導光部 1 1 1 の位置 Z 1、Z 2、Z 3 における、Y 方向の最大幅 W Y 1、W Y 2、W Y 3 は、 $3 \times \lambda / n_e$ 以下であることが好ましく、 $2 \times \lambda / n_e$ 以下であることがより好ましい。特に、Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅の最大値 W Y H が $3 \times \lambda / n_e$ 以下であることが好ましく、 $2 \times \lambda / n_e$ 以下であることがより好ましい。Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅の最大 W Y H は通常は、導光部 1 1 1 の上面で成立することになる。Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅を上記範囲に制限することが、Y 方向の導波モードの数を限定し、導光部 1 1 1 の内部で Y 方向に光が広がることを抑制する上で有効である。Y 方向における導光部 1 1 1 の最大幅を 8 0 0 nm 以下とすると、実用上、可視光のほとんどの波長 (4 0 0 ~ 8 0 0 nm) に対して、 $3 \times \lambda / n_e$ 以下を満たすことができる。なぜなら、実効屈折率 n_e が 0 . 5 と非常に低い場合でも、実効屈折率 n_e が 1 . 5 と非常に高い場合でも、 $3 \times \lambda / n_e$ 以下を満たすからである。

【 0 0 3 6 】

図 2 (a)、(b) には、導光部 1 1 1 のうち、Z 方向において分離部 1 0 9 に重なる部分である中間部 1 1 9 を示している。Z 方向の或る位置の平面内において、中間部 1 1 9 の Y 方向における長さ (幅) が、導光部 1 1 1 の X 方向における最大幅よりも小さいことが好ましい。中間部 1 1 9 の Y 方向における幅は導光部 1 1 1 に入射した光を、複数の光電変換部 1 0 1、1 0 2 のいずれに振り分けるかを決定するにあたって、重要な要因となる。中間部 1 1 9 の Y 方向における幅を十分に小さくすることが、光の振り分け精度を向上する上で有効である。

【 0 0 3 7 】

また、X 方向における導光部 1 1 1 の位置 Z 3 での最大幅 W X 3 を、2 つ並ぶ光電変換部 1 0 1、1 0 2 の X 方向における最大幅の和より短くしている。このようにすることで、導光部 1 1 1 に入射した光を、低損失で光電変換部 1 0 1 または光電変換部 1 0 2 へ取り込めるようにしている。

【 0 0 3 8 】

図 2 (b) は、図 2 (a) の形態において斜めの角度 (矢印) から導光部 1 1 1 へ入射した光 L が、導光部 1 1 1 内を伝搬する様子を示す。図 2 (b) の [X Z]、[Y Z] では、位置 Z 1、Z 2、Z 3 における電場強度分布を点線で示している。また、図 2 (b) の [X Y 1]、[X Y 3] では、位置 Z 1、Z 3 における電場強度の等高線を示している。図 2 (b) の電場強度分布のモデルとなる光導波路構造は、例として、導光部 1 1 1 の屈折率を 1 . 8 2、絶縁膜 1 1 0 の屈折率を 1 . 4 6、Z 1 における Y 方向の最大幅を 1 . 0 μ m、X 方向の最大幅を 1 . 6 μ m としている。また、Z 3 における Y 方向の最大幅を 0 . 9 5 μ m、X 方向の最大幅を 1 . 5 5 μ m としている。ただし、上述した X 方向と Y 方向の最大幅の関係を満足することで、この条件に限らず同様の電場強度分布を得るこ

10

20

30

40

50

とができる。

【 0 0 3 9 】

波動光学的には、導光部 1 1 1 に入射した光は波打ちながら伝搬するため、導光部 1 1 1 内には電場強度分布が生じる。ここで、電場強度の大きいところが、確率的に光が多く存在していることを表している。このとき、導光部 1 1 1 を伝搬する光の形状（電場強度分布の形状）は、導光部 1 1 1 の形状に依存する。そして、導光部 1 1 1 の最大幅が広がると、光が存在する確率が大きくなるため、最大幅が広がった方向に伝搬する光の量が増える。導光部 1 1 1 の Z 1、Z 2、Z 3 における断面は、X 方向の最大幅が、Y 方向の最大幅より大きい形状となっているため、X 方向の方が Y 方向より相対的に光が多く伝搬する。

10

【 0 0 4 0 】

したがって、図 2 (b) に示すように + X 成分と Z 成分のベクトルをもつ入射光 L が斜めに入射した際、導光部 1 1 1 の入口付近である位置 Z 1 付近では、X Y 面において + X 側に偏った光となる。波動光学的には、斜めに入射した光は、0 次や 2 次などの偶モードに加え、1 次や 3 次などの奇モードと結合し伝搬する。斜入射光は、垂直入射光よりも奇モードと結合しやすい。ここで奇モードとは、X Z 面において Z 軸に平行で、導光部 1 1 1 の中心を通る軸に対し、奇関数の電場振幅の形状をもつ導波モードのことをいい、偶関数の場合は偶モードという。そして、導光部 1 1 1 の最大幅が大きいほど、結合するモードの数は大きくなる。従って、X 方向の成分を持って入射した光は、X 方向に偏りやすくなる。導光部 1 1 1 の入口で + X 方向に偏った光は、そのまま + X 側に偏ったまま伝搬し、基板 1 0 0 まで光が到達することになる。例えば、+ X 成分と - Z 成分のベクトルをもつ角度から入射する光 L は、図 2 (b) で X 方向に 2 つ並ぶ光電変換部 1 0 1、1 0 2 のうち、+ X 側に位置する光電変換部 1 0 1 へ主に入射する。同様に、図 2 (a) とは X 方向において逆向きの、- X 成分と - Z 成分のベクトルをもつ角度からの入射光の場合、その多くは光電変換部 1 0 2 に入射される。その結果、感度を維持しつつ、2 つの光電変換部 1 0 1、1 0 2 へ精度良く光を振り分けることができる。

20

【 0 0 4 1 】

本例の導光部 1 1 1 の X Y 面における断面積は、光が伝搬するにしたがって徐々に小さくなる形状である。光 L が入射する導光部 1 1 1 の位置 Z 1 において、位置 Z 2 よりも断面積を大きくする構成とすることで、多くの光 L を導光部 1 1 1 へ取り込むことが可能となる。また、光 L が出射する導光部 1 1 1 の位置 Z 3 において、位置 Z 2 よりも断面積を小さくする構成とすることで、基板 1 0 0 表面に形成されている転送ゲートやトランジスタなどでの光 L の損失を低減することができる。その結果、更に感度を向上しながら、2 つの光電変換部 1 0 1、1 0 2 に精度良く光を振り分けることができる。

30

【 0 0 4 2 】

また、本実施形態では単数の導光部 1 1 1 が複数の光電変換部 1 0 1、1 0 2 の上に跨っているため、十分な感度を得つつ、光の振り分け精度を高めることができる。逆に、複数の光電変換部の各々にのみ対応する導光部を、複数の分けて設ける場合には、次のような問題が生じる。1 つは、複数の導光部間での反射による損失が生じてしまうことである。もう 1 つは、受光する光電変換部の振り分けが、光の入射角ではなく入射位置が支配的になってしまうことである。このことは、受光する光電変換部と、光の入射角度と関連性が低下してしまうということを意味するため、焦点検出の精度を上げる上で不利となる。

40

【 0 0 4 3 】

図 2 (a)、(b) では、Z 方向のどの高さにおいても X 方向の最大幅が Y 方向の最大幅よりも大きい導光部 1 1 1 の例を説明した。しかし、Z 方向の少なくとも一部の位置において、X 方向の最大幅が Y 方向の最大幅よりも大きい導光部 1 1 1 を有すればよい。逆に、Z 方向の一部の高さにおいては、X 方向の最大幅が Y 方向の最大幅以下となるような導光部 1 1 1 を採用することもできる。図 3 (a)、(b) では、導光部 1 1 1 の X Z 面、Y Z 面あるいは X Y 面での断面が図 2 (a)、(b) と異なる以外は、図 2 (a)、図 2 (b) と同様の事項を示している。なお、図 3 (a)、(b) の [X Y 1]、[X Y 2

50

」には図2(b)で示したような電場強度分布を示している。図3(a)では、導光部111のXZ面、YZ面あるいはXY面での断面図および電場強度分布が図2(b)と異なる以外は、図2(b)と同様の事項を示している。

【0044】

図3(a)では、 $WX1 = WY1$ 、 $WX2 > WY2$ 、 $WX3 > WY3$ となっている。また、 $WX1 > WX2 > WX3$ 、 $WY1 > WY2 > WY3$ となっている。例えば、 $WX1$ および $WY1$ を $1.6 \mu m$ とし、 $WX3$ を $1.55 \mu m$ 、 $WY3$ を $0.95 \mu m$ としている。

【0045】

図3(a)の形態では、位置Z1に入射した光LはX方向およびY方向において偏っている。そして、光LがZ1からZ2、Z2からZ3に向かって伝搬していくにつれて光のY方向での偏りは小さくなり、X方向での偏りが顕著になる。そのため光Lの大半が光電変換部102で受光される。同様に光Lとは逆向きから入射した光は光電変換部101で受光される。このように光の振り分けの精度を向上できる。

【0046】

図3(b)では、 $WX1 > WY1$ 、 $WX2 > WY2$ 、 $WX3 = WY3$ となっている。また、 $WX1 > WX2 > WX3$ 、 $WY1 > WY2 > WY3$ となっている。例えば、 $WX1$ を $1.5 \mu m$ 、 $WY1$ を $1.0 \mu m$ とし、 $WX3$ および $WY3$ を $0.95 \mu m$ としている。

【0047】

図3(b)の形態では、導光部111の入り口付近である位置Z1に入射した光LはX方向に偏っている。そして光LがZ1からZ2、Z2からZ3に向かって光のX方向での偏りを維持して伝搬していく。波動光学的には、斜めに入射した光は、位置Z1において、0次や2次などの偶モードに加え、1次や3次などの奇モードとも多く結合して、X方向に偏った光となる。奇モードは、導光部111内を奇モードのまま伝搬する。そのため、位置Z3において導光部111の最大幅がX方向とY方向とで同じであっても、位置Z3においてX方向に偏った光となる。そのため光Lの大半が光電変換部102で受光される。同様に光Lとは逆向きから入射した光は光電変換部101で受光される。このように光の振り分けの精度を向上できる。

【0048】

比較のため、導光部111が、Z方向のどの位置においてもX方向とY方向で同じ長さの最大幅の断面を有する場合を図4に示す。図4では、 $WX = WY1$ 、 $WX2 = WY2$ 、 $WX3 = WY3$ となっている。この場合、導光部111を伝搬する光は、Y方向に広がりやすくなり、X方向での偏りが小さくなる。そのため、X方向に並んだ光電変換部101、102の分離部109近傍へ入射する光の量が増え、光Lを精度良く振り分けることができなくなってしまう。図4の形態では、[YX3]において電場強度の等高線を示す点線の偏りが、[XY1]における偏りよりも小さいことが理解される。

【0049】

例えば、+X成分と-Z成分のベクトルをもつ角度から入射する光Lは、光電変換部101にも光電変換部102にも大差なく入射してしまう。そのため、このように、光電変換部101と光電変換部102とへ適切に光Lを振り分けることができない。

【0050】

本実施形態ではXY面における導光部111の断面形状に関して、図3(a)のように、長方形の四隅を丸めたような形態に限らず発明の趣旨を逸脱しない範囲で、他の形状を適用できる。

【0051】

本例の導光部111のXY面の断面積は、+Z方向へ向かって徐々に大きくなる形状である。このようにすることで、配線120やゲート電極103、104(図1(c)参照)での光の反射等を避けつつ、集光効率を向上することができる。ただし、+Z方向に向かって小さくなる形状でも良いし、YY面の断面積がZ方向において変化しない形状でもよい。基板100に平行なある面(XY面)において、導光部111のX方向の最大幅が

10

20

30

40

50

、Y方向の最大幅より大きい形状となっていれば、精度良く2つの光電変換部に光を振り分けることができる。また本例では、徐々に連続的に導光部111の断面の大きさが変わる構成としている。このようにすることで、導光部111内での光の損失を低減できる。ただし、ある高さで不連続的に急に断面の大きさが変わる形状でも良い。

【0052】

図5(a)~(o)は、XY面のZ1とZ3における導光部111の断面形状の例を示している。

【0053】

図5(a)に示すように、導光部111の断面形状は楕円形であってもよい。図5(b)に示すように、導光部111の断面形状の長手方向が、複数の光電変換部が並ぶ方向(X方向)に対して傾いていてもよい。図5(c)に示すように、導光部111のうち、分離部109ではなく光電変換部101、102の上に位置する部分は、Y方向における最大幅がX方向における最大幅以上であってもよい。図5(d)に示すように、導光部111は複数の導光部を合体させたような形状を呈していてもよい。図5(e)に示すように、導光部111の断面形状は、多角形であってもよい。例えば、光が入射する側のXY面のZ1では図5(a)の形状で、基板100側のXY面のZ3では図5(d)の形状でとなってもよい。

【0054】

図5(f)~(j)に示すように、導光部111は、Z方向における或る位置において、XY面における断面Y方向における最大幅が、X方向における最大幅以上となるような断面形状を有していてもよい。具体的には、図5(f)に示すように、導光部111の断面形状が円形であってもよい。図5(g)に示すように、導光部111の断面形状が、X方向よりもY方向における最大幅が大きい角丸四辺形であってもよい。図5(h)に示すように、導光部111の断面形状が十字形であってもよい。図5(i)に示すように、各々が複数の光電変換部101、102を跨がない、複数の導光部1121、1122を有していてもよい。例えばZ方向の或る位置における断面では図5(d)のようであり、別の位置における断面では図5(i)のような断面を有していてもよい。図5(j)に示すように、導光部111の断面形状が正方形でもよい。例えばZ方向の或る位置における断面では図5(e)のようであり、別の位置における断面では図5(f)のような断面を有していてもよい。その場合、図5(e)と図5(f)のようにY方向における最大幅が、Z方向における高さによらず一定であってもよい。

【0055】

図5(k)に示すように、3つ以上の光電変換部101、1021、1022に跨って、単数の導光部111を設けてもよい。図5(l)に示すように、各々が複数の光電変換部101、102に跨って配された複数の導光部1111、1112を1つの受光素子1に設けてもよい。図5(m)に示すように、4つ以上の光電変換部1011、1021、1012、1022に跨って、単数の導光部111を設けてもよい。この場合、4つの光電変換部から選ばれる2つの光電変換部の組み合わせは6通りが考えられる。しかしこの6通りの組み合わせの全てにおいて、光電変換部が並ぶ方向における導光部111の最大幅が、並ぶ方向に直交する方向における導光部111の最大幅よりも大きいという関係を満たす必要はない。

【0056】

1つの受光素子1が4つの光電変換部を有している場合、行方向に並ぶ光電変換部に振り分けることを重視すると、導光部111の断面は、行方向の最大幅が、列方向の最大幅より大きい形状とすれば良い。また、列方向に並ぶ光電変換部に振り分けることを重視する場合には、導光部111の断面は、行方向の最大幅が、列方向の最大幅より大きい形状とすれば良い。

【0057】

図5(n)に示すように、2つの光電変換部1011、1021に跨って配された導光部1111と、2つの光電変換部1012、1022に跨って配された導光部1112と

10

20

30

40

50

、を1つの受光素子1が備える形態でもよい。図5(o)に示すように、受光素子1は複数の光電変換部1011、1021に跨って配された単数の導光部111を有している。それに加えて、単数の光電変換部1012にのみ配された単数の導光部1121と、単数の光電変換部1022にのみ配された単数の導光部1122を有している。

【0058】

図5(p)に示すように、光電変換部101、102から検出部105、106への転送方向は非平行であってもよい。図5(q)に示すように、光電変換部101、102から検出部105、106への転送の向きは互いに逆であってもよい。図5(r)に示すように、単数の転送ゲート103を複数の光電変換部101、102および対応する複数の検出部105、106に対して共通に設けてもよい。図5(s)に示すように、単数の検出部105を複数の光電変換部101、102および対応する複数の転送ゲート103、104に対して共通に設けてもよい。

【0059】

本例のように導光部111の上方(+Z側)に、集光部118を配置する場合、光電変換装置10の受光領域の周辺付近では、集光部118の光軸を分離部109に対してずらす構成としても良い。その例を図6に示す。図6の[0]は受光領域21を示している。図6の[1]、[2]、[3]はそれぞれ、受光領域21の、上下左右の中央付近、上下の中央で右端付近、対角方向の端付近における、集光部118と導光部111と光電変換部101、102の位置関係を示している。光電変換装置10の中央付近から周辺付近へ向かって、入射する光Lの角度は斜めになっていく。集光部118の配列を光電変換装置10の中心方向に向かって徐々にずらす構成とすることで、光電変換装置10の中央付近から周辺付近の全ての領域で、感度を向上することができる。また、更に精度良く2つの光電変換部101、102それぞれに振り分けることも可能となる。焦点検出性能を有する固体撮像装置の場合、焦点検出性能も向上させることができる。

【0060】

例えば、複数の受光素子1は、受光領域21の中央部に位置する第1受光素子1Aと、受光領域21の周辺部に位置する第2受光素子1B、第3受光素子1Cとを含む。中央部とは、受光領域21を3行3列の9区画に分割した際の、2行目2列目に該当する区画であり、周辺部とは中央部以外の8区画を意味する。第2受光素子1Bは例えば2行目3列目に位置し、第3受光素子1Cは例えば1行目3列目に位置する。第1受光素子1Aの集光部118の光軸O1と第2受光素子1Bの集光部118の光軸O2との距離DOは、第1受光素子1Aの導光部111の重心M1と第2受光素子1Bの導光部111の重心M2との距離DMよりも小さい($DM < DO$)。第1受光素子1Aと第3受光素子1Cとの関係においても同様である。つまり、第1受光素子1Aの集光部118の光軸と第3受光素子1Cの集光部118の光軸との距離は、第1受光素子1Aの導光部111の重心M1と第3受光素子1Cの導光部111の重心との距離よりも小さい。

【0061】

図6では、集光部118を光電変換装置10の中央部の方向へ向かってずらす構成としているが、全体的に同じ方向(例えば+Y方向)へ平行移動させる構成としても良い。例えば、転送ゲートから遠ざかるようにずらすことで、転送ゲートで損失される割合を低減でき、更に感度を向上することができる。また、集光部118だけでなく導光部111をずらす構成としても同様の効果を得ることができる。また、導光部111と共に光電変換部をずらす構成としても同様の効果を得ることができる。

【0062】

図7に示すように、導光部111はその内部に屈折率分布を有していてもよい。図7では導光部111は第1部分121と第2部分122を有している。X方向において、第2部分122が第1部分121の-X側と+X側に位置している。つまり、X方向において、第1部分121が第2部分122に挟まれた形態となっている。第1部分121はその少なくとも一部が分離部109の上に位置し、第2部分122はその少なくとも一部が光電変換部101、102の上に位置する。

【 0 0 6 3 】

第 1 部分 1 2 1 と第 2 部分 1 2 2 は異なる屈折率を有している。第 1 部分 1 2 1 の屈折率を第 2 部分 1 2 2 の屈折率よりも高くしてもよいし、第 1 部分 1 2 1 の屈折率を第 2 部分 1 2 2 の屈折率よりも低くしてもよい。特に、外側の第 2 部分 1 2 2 の屈折率を内側の第 1 部分 1 2 1 の屈折率よりも高くすることにより、光電変換部 1 0 1、1 0 2 への光の振り分け精度を向上することができる。波動光学的には、屈折率が高い領域に光は集中しやすいと考えることができる。導光部 1 1 1 の屈折率は、X 方向において、導光部 1 1 1 の中心付近より、周辺付近の方が大きい構成となっている。そのため、導光部 1 1 1 へ入射した光は、X 方向に偏りやすくなる。導光部 1 1 1 の入口付近の位置 Z 1 で X 方向に偏った光は、導光部 1 1 1 の出口付近の位置 Z 3 まで X 方向に偏った形状の光として伝搬する。その結果、X 方向に並んだ光電変換部に 1 0 1、1 0 2 に、精度良く振り分けられる。

10

【 0 0 6 4 】

第 1 部分 1 2 1 の幅と第 2 部分 1 2 2 の幅の少なくとも一方は、Z 方向の位置によって異なってもよい。図 7 の [X Y 1] に示す様に、位置 Z 1 では X 方向における第 1 部分 1 2 1 の幅が W X 1 1、第 2 部分 1 2 2 の幅が W X 1 2 である。これに対して、図 7 の [X Y 3] に示す様に、位置 Z 3 では X 方向における第 1 部分 1 2 1 の幅が W X 3 1、第 2 部分 1 2 2 の幅が W X 3 2 である。そして、 $W X 1 1 < W X 3 1$ 、 $W X 1 2 > W X 3 2$ の関係がなりになっている。図 7 の [X Y 1] に示す様に、位置 Z 1 では Y 方向における第 1 部分 1 2 1 の幅が W Y 1 1、第 2 部分 1 2 2 の幅が W Y 1 2 である。これに対して、図 7 の [X Y 3] に示す様に、位置 Z 3 では Y 方向における第 1 部分 1 2 1 の幅が W Y 3 1、第 2 部分 1 2 2 の幅が W Y 3 2 である。そして、 $W Y 1 1 < W Y 3 1$ 、 $W Y 1 2 > W Y 3 2$ の関係がなりになっている。図 7 の例では、X 方向、Y 方向のいずれにおいても、第 1 部分 1 2 1 の幅は光電変換部 1 0 1、1 0 2 に近づくほど連続的に大きくなっている。また、第 2 部分 1 2 2 の幅が光電変換部 1 0 1、1 0 2 に近づくほど連続的に小さくなっている。しかし、段階的に、第 1 部分 1 2 1 や第 2 部分 1 2 2 の幅が変化していてもよい。

20

【 0 0 6 5 】

第 1 部分 1 2 1 と第 2 部分 1 2 2 の材料は化学量論的組成が異なる材料で構成しても良いし、化学量論的組成が同じ材料で構成しても良い。材料は、有機材料（樹脂）でもよいし、無機材料でもよい。樹脂としては、シロキサン系樹脂やポリイミド等が挙げられる。無機材料としては、窒化シリコン（ $S i 3 N 4$ ）、酸窒化シリコン（ $S i O X N Y$ ）、酸化チタン（ $T i O 2$ ）が好適である。例えば、第 1 部分 1 2 1 を樹脂で、第 2 部分 1 2 2 を窒化シリコンで構成することができる。また、第 1 部分 1 2 1 を低密度の窒化シリコンで構成し、第 2 部分 1 2 2 を高密度の窒化シリコンで構成することもできる。

30

【 0 0 6 6 】

なお、化学量論的組成が同じである材料とは、化学量論的組成からずれた材料や、結晶性、材料密度、添加物（主材料より少ない）の濃度、不純物（1 wt % 以下）およびその濃度が異なっている材料が含まれる。例えば、窒化シリコンの化学量論的組成比は $S i : N = 3 : 4$ であるが、化学量論的組成比が同じである範囲内において、実際の $S i$ と N の比が互いに異なる材料同士も同じ材料とみなす。また、例えば、単結晶シリコンとポリシリコン（多結晶シリコン）は同じ材料とみなす。なお、化学量論的組成が異なる材料は同じ材料ではない。例えば、一酸化チタン（ $T i O$ ）と二酸化チタン（ $T i O 2$ ）はいずれも酸素とチタンの化合物（チタン酸化物）ではあるが、化学量論的には異なる材料である。

40

【 0 0 6 7 】

屈折率分布において、第 1 部分 1 2 1 と第 2 部分 1 2 2 の境界を明確に観察できる場合もあるが、明確に観察できない場合もある。例えば、導光部 1 1 1 の中心軸から絶縁膜 1 1 0 へ向かって、屈折率が緩やかに変化している場合には、第 1 部分 1 2 1 と第 2 部分 1 2 2 の境界は明確に観察できない可能性がある。このような場合には、次のようにして、第 1 部分 1 2 1 と第 2 部分 1 2 2 の境界を決めることができる。すなわち、導光部 1 1

50

1 中の屈折率の最高値と最小値の中間値（（最高値＋最低値）／2）を求める。そして、導光部 1 1 1 内の屈折率分布において、当該中間値となる点を結んだ線を、第 1 部分 1 2 1 と第 2 部分 1 2 2 の境界に定めることができる。また、上記中間値を導光部 1 1 1 の屈折率とみなすことができる。第 2 部分 1 2 2 の屈折率が第 1 部分 1 2 1 の屈折率よりも高い場合、第 1 部分 1 2 1 は屈折率が最小である部分を含み、第 2 部分 1 2 2 は屈折率が最大である部分を含む。

【0068】

図 8 (a) ～ (j) を用いて、導光部 1 1 1 が有する屈折率分布の例を示す。ここでは、第 1 部分 1 2 1 を低屈折率部分、第 2 部分 1 2 2 を高屈折率部分として説明するが、屈折率の高低関係は逆でもよい。図 8 (a) の形態では第 2 部分 1 2 2 が、Z 方向の下部において、第 1 部分 1 2 1 と光電変換部 1 0 1、1 0 2 の間に位置しており、導光部 1 1 1 の下面（光の出射面）は全て第 2 部分 1 2 2 で構成されている。図 8 (b) の形態では第 2 部分 1 2 2 は導光部 1 1 1 の下端まで延在せず、導光部 1 1 1 の下部は第 2 部分 1 2 2 のみで構成されている。図 8 (c) の形態では、第 1 部分 1 2 1 の幅は光電変換部 1 0 1、1 0 2 に近づくほど小さくなっている。また、第 2 部分 1 2 2 の幅は一定である。図 8 (c) の形態では、図 8 (d) の形態では、第 2 部分 1 2 2 の幅が光電変換部 1 0 1、1 0 2 に近づくほど大きくなっている。図 8 (e) の形態では、第 1 部分 1 2 1 が、Z 方向の上部において、第 2 部分 1 2 2 と光電変換部 1 0 1、1 0 2 の間に位置しており、導光部 1 1 1 の上面（光の入射面）は全て第 2 部分 1 2 2 で構成されている。

【0069】

図 8 (f) のように、第 1 部分 1 2 1 の幅は X 方向よりも Y 方向において大きくてもよいし、図 8 (g) のように、第 1 部分 1 2 1 の幅は X 方向と Y 方向とで同じであってもよい。図 8 (h) の形態のように、導光部 1 1 1 は高屈折率部分である第 2 部分 1 2 2 を介して互いに分離した、低屈折率部分として複数の第 1 部分 1 2 1 を有していてもよい。第 1 部分 1 2 1 が第 2 部分 1 2 2 で囲まれることには限定されず、図 8 (i) の形態のように X 方向のみにおいて挟まれていてもよいし、図 8 (j) の形態のように Y 方向のみにおいて挟まれていてもよい。

【0070】

図 9 (a) は、デジタルスチルカメラやビデオカメラ、撮影機能付き情報端末等の撮像システム 1 0 0 0 の構成を示している。撮像システム 1 0 0 0 には、被写体像を結像する撮像光学系 1 1 としての撮像レンズが装着される。この撮像レンズを含む撮像光学系 1 1 は、レンズ制御部 1 2 によってフォーカス位置が制御される。絞りシャッタ 1 3 は、絞りシャッタ制御部 1 4 と接続され、その開口径を変化させて（絞り値を可変として）光量調節を行う絞り機能と、静止画撮影時に開閉動作することで露光秒時を制御するシャッタ機能とを備えている。撮像光学系 1 1 の像空間には、撮像光学系 1 1 により結像された被写体像を光電変換する光電変換装置 1 0 の撮像面が配置される。光電変換装置 1 0 は、単数または複数の光電変換部を有する受光素子が水平方向に m 個、垂直方向に n 個配され、これらの固体撮像素子に対してベイヤー配列の原色カラーモザイクフィルタが配置されて 2 次元単板カラーセンサが構成される。

【0071】

コントローラ 1 5 はカメラ CPU であり、カメラの種々の動作の制御を司る。カメラ CPU は、演算部、ROM、RAM、A/D コンバータ、D/A コンバータおよび通信インターフェイス回路等を有する。カメラ CPU は、ROM に記憶されたコンピュータプログラムに従ってカメラ内の各部の動作を制御し、撮影光学系の焦点状態の検出（焦点検出）を含む AF、撮像、画像処理および記録等の一連の撮影動作を実行させる。カメラ CPU は、演算手段に相当する。

【0072】

デバイス制御部 1 6 は、光電変換装置 1 0 の動作を制御するとともに、光電変換装置 1 0 から出力された画素信号（撮像信号）を A/D 変換してカメラ CPU に送信する。画像処理部 1 7 は、A/D 変換された撮像信号に対して 変換やカラー補間等の画像処理を行

10

20

30

40

50

って画像信号を生成し、さらに画像信号に対してＪＰＥＧ圧縮等の処理を行う。液晶表示装置（ＬＣＤ）等の表示部１８は、カメラの撮影モードに関する情報、撮影前のプレビュー画像、撮影後の確認用画像および焦点検出時の合焦状態等を表示する。操作スイッチ１９は、電源スイッチ、リリース（撮影トリガ）スイッチ、ズーム操作スイッチ、撮影モード選択スイッチ等で構成される。記録媒体２０は撮影済み画像を記録するものであり、着脱可能であってもよい。

【００７３】

以下に、２つの光電変換部１０１、１０２を有する受光素子１における、焦点検出の方法（瞳分割）を説明する。図９（ｂ）に示す撮像光学系の射出瞳３１について、Ｘ方向を瞳分割方向とし、分割された射出瞳のそれぞれの領域を瞳領域３２、３３とする。瞳領域３２、３３を通過した光束を、２つの光電変換部１０１、１０２それぞれに割り当てている。本例に示す、Ｘ方向に２つの光電変換部１０１、１０２を有する受光素子１においては、Ｘ方向に瞳分割を行う瞳分割機能を有する。具体的には、－Ｘ側に位置する光電変換部１０１は、図９（ｂ）における＋Ｘ側の瞳領域３３を通過した光束Ｗ２（２点鎖線で示す）を受光する。また、＋Ｘ側に位置する光電変換部１０２は、図９（ｂ）における－Ｘ側の瞳領域３２を通過した光束Ｗ１（１点鎖線で示す）を受光する。

10

【００７４】

なお、ここではＸ方向に輝度分布を有した被写体に対する焦点検出を行うための構成について説明したが、Ｙ方向に光電変換部１０１が並ぶ固体撮像素子の場合には、同様の構成を、Ｙ方向にも適用でき、Ｙ方向に焦点検出も行うこともできる。

20

【００７５】

以上、説明した実施形態は、本発明の思想を逸脱しない範囲において適宜変更が可能である。

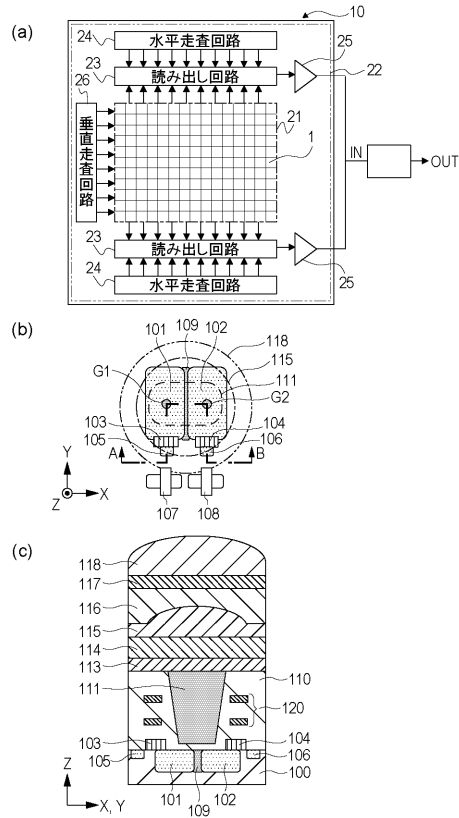
【符号の説明】

【００７６】

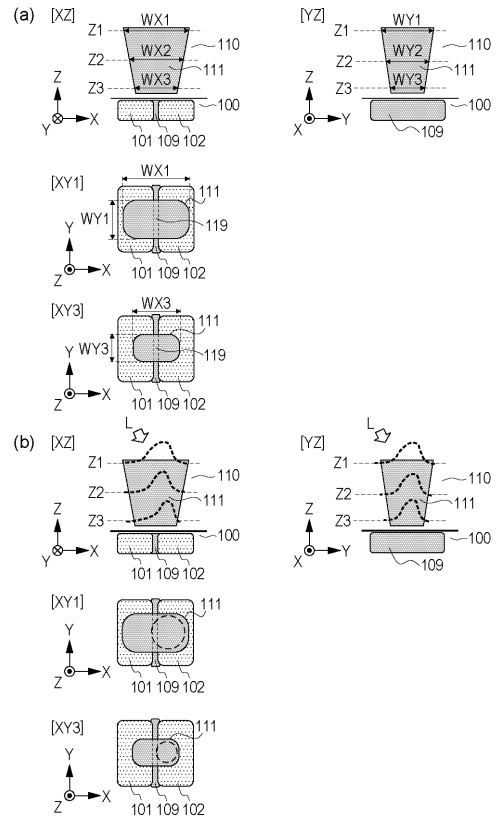
- １ 受光素子
- １０ 光電変換装置
- １０１ 光電変換部
- １０２ 光電変換部
- １０９ 分離部
- １１１ 導光部

30

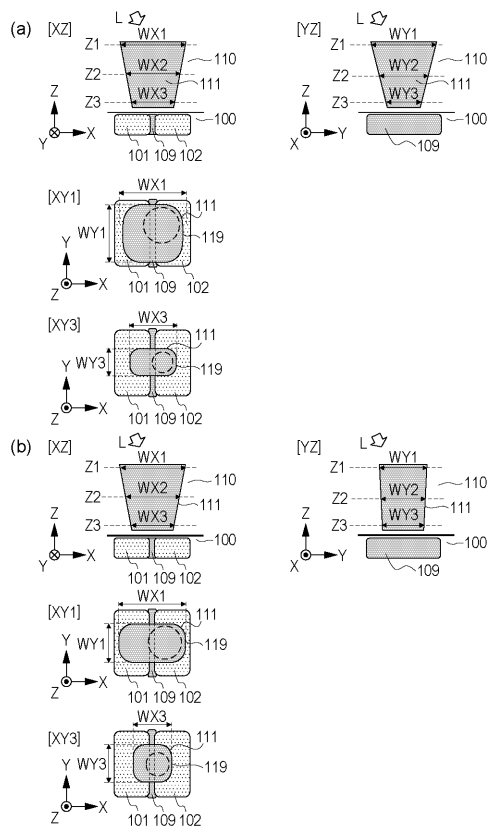
【図 1】



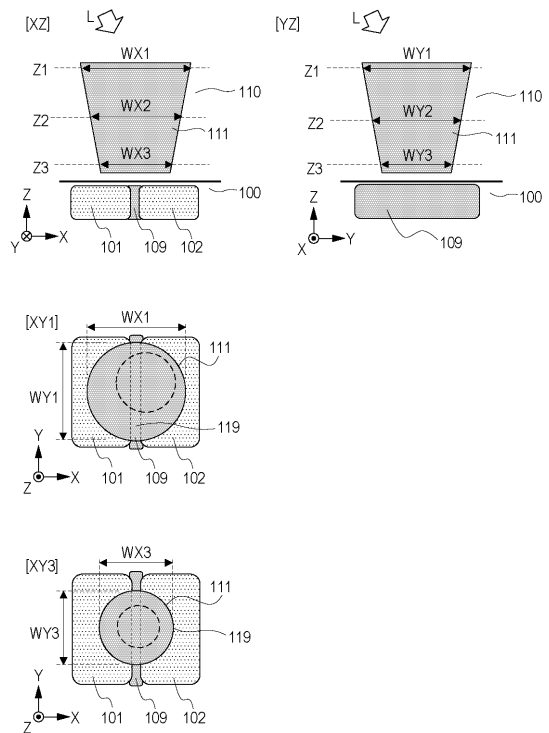
【図 2】



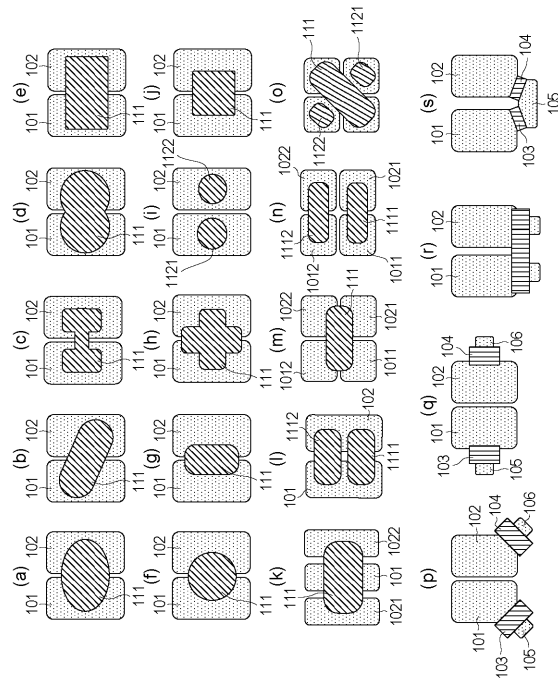
【図 3】



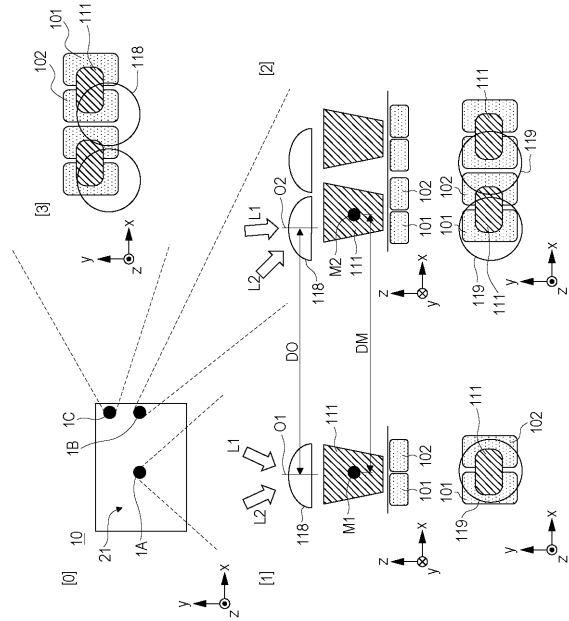
【図 4】



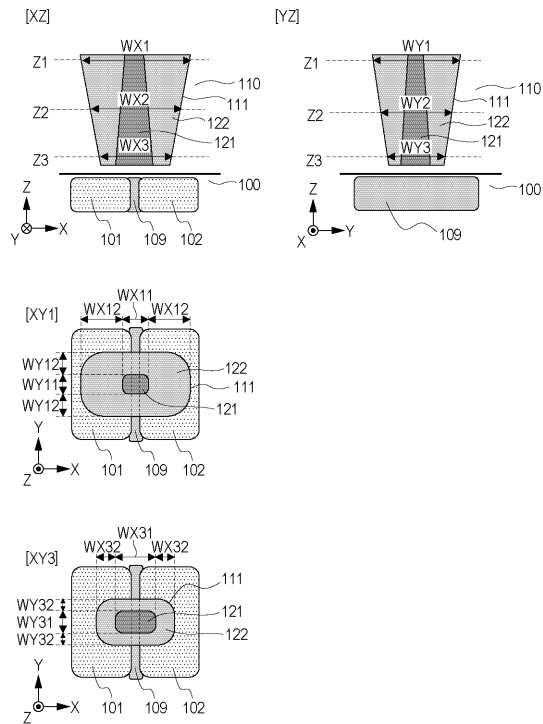
【図 5】



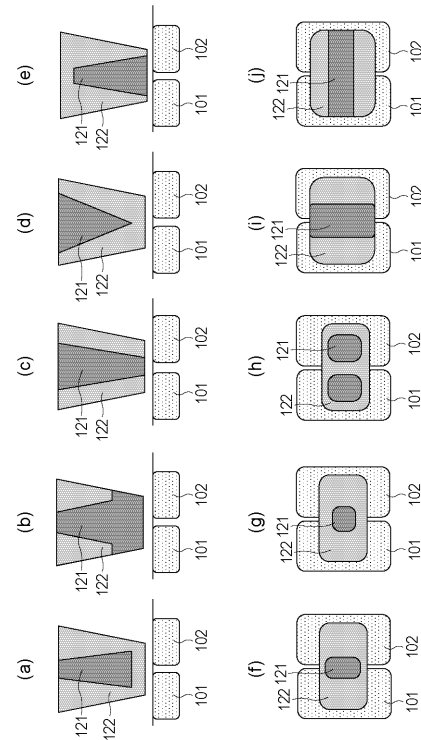
【図 6】



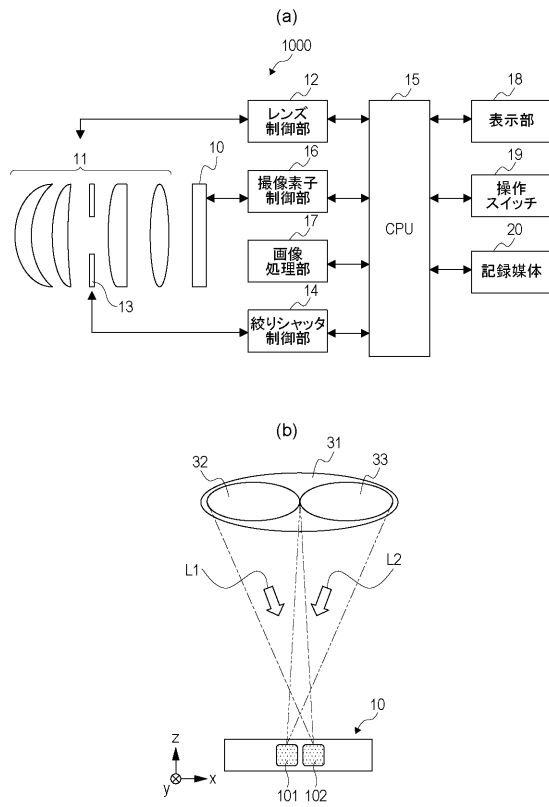
【図 7】



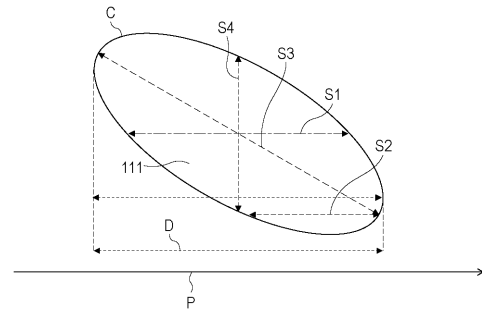
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2014-093343(JP,A)
特開2013-150314(JP,A)
特開2014-057079(JP,A)
特開2009-158800(JP,A)
特開2010-232595(JP,A)
特開2015-225939(JP,A)
特開2010-087039(JP,A)
特開2012-109815(JP,A)
特開2012-151215(JP,A)
特開2012-114882(JP,A)
国際公開第2013/145433(WO,A1)
特開2014-239290(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/339
H01L 27/14 - 27/148
H01L 29/762
H04N 5/222 - 5/257
H04N 5/30 - 5/378