

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-178341

(P2016-178341A)

(43) 公開日 平成28年10月6日 (2016. 10. 6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 27/14 (2006.01)	H O 1 L 27/14 D	4 M 1 1 8
H O 1 L 27/146 (2006.01)	H O 1 L 27/14 A	5 C O 2 4
H O 4 N 5/369 (2011.01)	H O 4 N 5/335 6 9 O	
G O 2 B 3/00 (2006.01)	G O 2 B 3/00 A	

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-119129 (P2016-119129)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社
(22) 出願日	平成28年6月15日 (2016. 6. 15)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(62) 分割の表示	特願2011-10218 (P2011-10218) の分割	(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康德
原出願日	平成23年1月20日 (2011. 1. 20)	(74) 代理人	100115071 弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100112508 弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100116894 弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409 弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

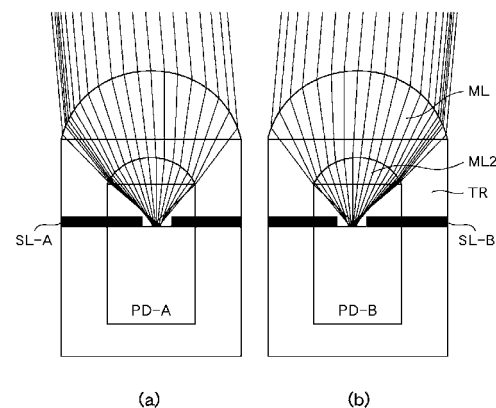
(54) 【発明の名称】 撮像素子及び撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 撮像素子の画素が微細化された場合に、焦点検出用画素の瞳分割性能を良好に維持する。

【解決手段】 複数の画素を有し、前記複数の画素の内の少なくとも一部の画素が、それぞれ、マイクロレンズ (ML) と、瞳分割方式の焦点検出に用いられる信号を出力する、少なくとも1つ以上の光電変換部 (PD-A、PD-B) と、前記光電変換部と前記マイクロレンズとの間に形成された層内レンズ (ML2) と、前記層内レンズと前記光電変換部の受光面を包含する領域との間に充填された高屈折率層 (HL) と、前記マイクロレンズと前記光電変換部との間であって、前記高屈折率層の周囲に充填され、前記マイクロレンズ及び前記高屈折率層の屈折率以下の屈折率を有する低屈折率層 (LL) とを有する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の画素を有し、前記複数の画素の内の少なくとも一部の画素が、それぞれ、マイクロレンズと、
瞳分割方式の焦点検出に用いられる信号を出力する、少なくとも 1 つ以上の光電変換部と、
前記光電変換部と前記マイクロレンズとの間に形成された層内レンズと、
前記層内レンズと前記光電変換部の受光面を包含する領域との間に充填された高屈折率層と、
前記マイクロレンズと前記光電変換部との間であって、前記高屈折率層の周囲に充填され、前記マイクロレンズ及び前記高屈折率層の屈折率以下の屈折率を有する低屈折率層とを有することを特徴とする撮像素子。

10

【請求項 2】

前記マイクロレンズの底面と光導波路の受光面との距離が、前記画素の周期よりも短いことを特徴とする請求項 1 に記載の撮像素子。

【請求項 3】

前記光電変換部の前記マイクロレンズと反対側に配線層を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像素子。

【請求項 4】

前記マイクロレンズと前記光電変換部との間であって、前記マイクロレンズの光軸から偏心して配置された遮光層を更に有し、
前記遮光層は、前記光電変換部の受光面の少なくとも一部を遮光することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

20

【請求項 5】

焦点検出に用いられる信号を出力する前記光電変換部を有する前記一部の画素は、前記複数の画素間に分散配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

【請求項 6】

前記複数の画素はベイヤー配列のカラーフィルタを備え、
焦点検出に用いられる信号を出力する前記光電変換部を有する前記一部の画素は、前記カラーフィルタに代えて透明膜を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

30

【請求項 7】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の撮像素子を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 8】

複数の画素を有し、前記複数の画素の内の少なくとも一部の画素が、それぞれ、マイクロレンズと、
瞳分割方式の焦点検出に用いられる信号を出力する、少なくとも 1 つ以上の光電変換部と、
前記光電変換部と前記マイクロレンズとの間に形成され、前記光電変換部側に底面を有する層内レンズと、
前記層内レンズと前記光電変換部との間に形成され、前記層内レンズの底面による全反射を低減するための反射低減層とを備え、
前記反射低減層は前記層内レンズの底面に接して形成されることを特徴とする撮像素子。

40

【請求項 9】

前記反射低減層と前記光電変換部との間であって、前記マイクロレンズの光軸から偏心して配置された遮光層を更に有し、
前記遮光層は前記光電変換部の受光面の少なくとも一部を遮光することを特徴とする請求項 8 に記載の撮像素子。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像素子及び撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

撮影レンズの焦点状態を検出するために、デジタルスチルカメラに用いられるCMOS型イメージセンサ（固体撮像装置）を用いて、瞳分割方式の焦点検出を行う固体撮像装置が開示されている（特許文献1）。特許文献1の固体撮像装置は、固体撮像装置を構成する多数の画素のうち、一部の画素が撮影レンズの焦点状態を検出するために光電変換部が2つに分割された構成になっている。そして、2つに分割された光電変換部は、マイクロレンズを介して撮影レンズの瞳の異なる所定領域をそれぞれ受光するように構成されている。

10

【0003】

一方、特許文献2では、焦点検出用画素のマイクロレンズの集光パワーが不足した場合、集光パワーの不足を補うためにマイクロレンズと光電変換部の間に層内レンズを形成することが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

20

【特許文献1】特開2005-106994号公報

【特許文献2】特開2007-281296号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、マイクロレンズの集光スポット径は、開口数と入射光の波長 λ によって決まる回折限界よりも小さくすることはできない。つまり、回折限界より小さい領域に光を結像することはできない。よって、撮像素子の高解像度化に伴い画素サイズが微細化し、回折限界と同程度に近づくと、瞳分割性能は急速に悪化してしまう。さらに、画素サイズが回折限界以下になると、マイクロレンズによる瞳分割は不可能となってしまう。

30

【0006】

したがって、撮像素子の画素サイズの微細化に対応するためには回折限界を小さくする必要がある。しかしながら、特許文献2で提案されている構成では、回折限界を十分に小さくすることができず、画素サイズの微細化に伴い焦点検出用画素の瞳分割性能が低下してしまうという課題がある。さらに、高解像度のための画素サイズの微細化に加え、裏面照射型撮像素子などで、標準画素の受光効率を向上させるためにマイクロレンズと光電変換部との距離が短くなる場合、焦点検出用画素の瞳分割性能がより低下してしまうという課題がある。

【0007】

本発明は上記問題点を鑑みてなされたものであり、撮像素子の画素が微細化された場合に、焦点検出用信号を取得する画素の瞳分割性能を良好に維持することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明の撮像素子は複数の画素を有し、前記複数の画素の内の少なくとも一部の画素が、それぞれ、マイクロレンズと、瞳分割方式の焦点検出に用いられる信号を出力する、少なくとも1つ以上の光電変換部と、前記光電変換部と前記マイクロレンズとの間に形成された層内レンズと、前記層内レンズと前記光電変換部の受光面を包含する領域との間に充填された高屈折率層と、前記マイクロレンズと前記光電変換部との間であって、前記高屈折率層の周囲に充填され、前記マイクロレンズ及び前記高屈折率層の屈折率以下の屈折率を有する低屈折率層とを有する。

50

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、撮像素子の画素が微細化された場合に、焦点検出用信号を取得する画素の瞳分割性能を良好に維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施形態に係るカメラの概略構成を示す図。

【図2】実施形態における撮像素子の概略回路構成を示す図。

【図3】実施形態における撮像用画素の概略平面図と、撮影用画素と射出瞳との関係を説明するための図。

10

【図4】第1の実施形態における焦点検出用画素の概略平面図と、焦点検出用画素と射出瞳との関係を説明するための図。

【図5】第1の実施形態における焦点検出用画素の断面遮光層の開口部が高屈折率層で充填されている焦点検出用画素の概略断面図。

【図6】遮光層の開口部が低屈折率層で充填されている従来の焦点検出用画素の回折限界を説明するための概略断面図。

【図7】遮光層の開口部が高屈折率層で充填されている第1の実施形態の焦点検出用画素の回折限界を説明するための概略断面図。

【図8】分割された光電変換部の受光面が高屈折率層で充填されている第2の実施形態の焦点検出用画素の概略断面図。

20

【図9】光導波路の受光面に形成された遮光層の開口部が高屈折率層で充填されている第3の実施形態の焦点検出用画素の概略断面図。

【図10】光導波路の受光面に形成された遮光層の開口部が高屈折率層で充填されている焦点検出用画素の数値解析例。

【図11】光導波路の受光面に形成された遮光層の開口部が高屈折率層で充填されている焦点検出用画素の瞳強度分布例。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するための最良の形態を詳細に説明する。ただし、本形態において例示される構成部品の寸法、材質、形状、それらの相対配置などは、本発明が適用される装置の構成や各種条件により適宜変更されるべきものであり、本発明がそれらの例示に限定されるものではない。

30

【0012】

<第1の実施形態>

図1は本発明の第1の実施形態に係る焦点検出装置を有する撮像装置であるカメラの概略構成を示したものである。図1において、101は撮影光学系（結像光学系）の先端に配置された第1レンズ群で、光軸方向に進退可能に保持される。102は絞り兼用シャッターで、その開口径を調節することで撮影時の光量調節を行うほか、静止画撮影時には露光秒時調節用シャッターとしての機能も備える。103は第2レンズ群である。そして絞り兼用シャッター102及び第2レンズ群103は一体となって光軸方向に進退し、第1レンズ群101の進退動作との連動により、変倍機能（ズーム機能）を実現することができる。

40

【0013】

105は第3レンズ群で、光軸方向の進退により、焦点調節を行う。106は光学的ローパスフィルタで、撮影画像の偽色やモアレを軽減するための光学素子である。107はCMOSセンサとその周辺回路で構成された撮像素子である。撮像素子107には、横方向m画素、縦方向n画素の受光画素上に、ベイヤー配列の原色カラーモザイクフィルタがオンチップで形成された、2次元単板カラーセンサが用いられる。

【0014】

111はズームアクチュエータで、不図示のカム筒を回動することで、第1レンズ群101ないし第3レンズ群103を光軸方向に進退駆動し、変倍操作を行う。112は絞り

50

シャッタアクチュエータで、絞り兼用シャッタ102の開口径を制御して撮影光量を調節すると共に、静止画撮影時の露光時間制御を行う。114はフォーカスアクチュエータで、第3レンズ群105を光軸方向に進退駆動して焦点調節を行う。

【0015】

115は撮影時の被写体照明用電子フラッシュで、キセノン管を用いた閃光照明装置が好適だが、連続発光するLEDを備えた照明装置を用いても良い。116はAF補助光発光部で、所定の開口パターンを有したマスクの像を、投光レンズを介して被写界に投影し、暗い被写体あるいは低コントラスト被写体に対する焦点検出能力を向上させる。

【0016】

121は、カメラ本体の種々の制御を司るカメラ内CPUで、演算部、ROM、RAM、A/Dコンバータ、D/Aコンバータ、通信インターフェイス回路等を有する。CPU121は、ROMに記憶された所定のプログラムに基づいて、カメラが有する各種回路を駆動し、AF、撮影、画像処理と記録等の一連の動作を実行する。

【0017】

122は電子フラッシュ制御回路で、撮影動作に同期して電子フラッシュ115を点灯制御する。123は補助光駆動回路で、焦点検出動作に同期してAF補助光発光部116を点灯制御する。124は撮像素子駆動回路で、撮像素子107の撮像動作を制御するとともに、取得した画像信号をA/D変換してCPU121に送信する。125は画像処理回路で、撮像素子107が取得した画像のγ変換、カラー補間、JPEG圧縮等の処理を行う。

【0018】

126はフォーカス駆動回路で、焦点検出結果に基づいてフォーカスアクチュエータ114を駆動制御し、第3レンズ群105を光軸方向に進退駆動して焦点調節を行う。128は絞りシャッタ駆動回路で、絞りシャッタアクチュエータ112を駆動制御して絞り兼用シャッタ102の開口を制御する。129はズーム駆動回路で、撮影者のズーム操作に応じてズームアクチュエータ111を駆動する。

【0019】

131はLCD等の表示器で、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と撮影後の確認用画像、焦点検出時の合焦状態表示画像等を表示する。132は操作スイッチ群で、電源スイッチ、レリーズ（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。133は着脱可能なフラッシュメモリで、撮影済み画像を記録する。

【0020】

図2は、本発明の第1の実施形態における撮像素子の概略回路構成を示したものである。図2は多数の画素から成る2次元CMOSエリアセンサの内、2列×4行分の画素の範囲を示したものであるが、撮像素子107として利用する場合は、図2に示した画素を多数配置し、高解像度画像の取得を可能としている。本第1の実施形態においては、フォトダイオードに、回路が形成されている面とは反対側の面から光が入射する、即ち、光の入射方向について、フォトダイオードよりも下層に回路が形成されている裏面照射型の撮像素子として説明を行う。

【0021】

図2において、1はMOSトランジスタゲートとゲート下の空乏層からなる光電変換素子の光電変換部、2はフォトゲート、3は転送スイッチMOSトランジスタ、4はリセット用MOSトランジスタ、5はソースフォロワアンプMOSトランジスタである。また、6は水平選択スイッチMOSトランジスタ、7はソースフォロワの負荷MOSトランジスタである。8は暗出力転送MOSトランジスタ、9は明出力転送MOSトランジスタ、10は暗出力蓄積容量 C_{TN} 、11は明出力蓄積容量 C_{TS} 、12は水平転送MOSトランジスタである。13は水平出力線リセットMOSトランジスタ、14は差動出力アンプ、15は水平走査回路、16は垂直走査回路である。

【0022】

図3と図4は、それぞれ撮像素子と焦点検出用画素の構造を説明する図である。本第1の実施形態においては、2行×2列の4画素のうち、対角2画素にG（緑色）の分光感度を有する画素を配置し、他の2画素にR（赤色）とB（青色）の分光感度を有する画素を各1個配置した、バイヤー配列が採用されている。そして、バイヤー配列の間に、図4に示す後述する構造の複数の焦点検出用画素が所定の規則にて分散配置される。

【0023】

図3（a）は撮像素子107の中央付近に位置する2行×2列の撮像素子の平面図である。バイヤー配列では対角方向にG画素が、他の2画素にRとBの画素が配置され、2行×2列の構造が繰り返し配置される。図3（b）は、図3（a）の断面A-Aを示した図である。MLは各画素の最前面に配置されたオンチップマイクロレンズ、CFRはR（赤）のカラーフィルタ、CFGはG（緑）のカラーフィルタを示している。PDは図2で説明したCMOSセンサの光電変換部1を模式的に示したものであり、CLはCMOSセンサ内の各種信号を伝達する信号線を形成するための配線層である。TLは撮影光学系を模式的に示したものである。

【0024】

ここで、撮像素子のマイクロレンズMLと光電変換部PDは、撮影光学系TLを通じた光束を可能な限り有効に取り込むように構成されている。撮影光学系TLの射出瞳EPと光電変換部PDは、マイクロレンズMLにより共役関係にあり、かつ光電変換部PDの有効面積は大面積に設計される。また、図3（b）ではR画素の入射光束について説明したが、G画素及びB（青）画素も同一の構造となっている。従って、撮像素子のRGB各画素に対応した射出瞳EPは大径となり、被写体からの光束を効率よく取り込んで画像信号のS/Nを向上させている。

【0025】

図4（a）は、撮像素子107の中央付近に位置する、撮影レンズの図中x方向に瞳分割を行うための焦点検出用画素を含む2行×2列の画素の平面図である。撮像素子から得られる場合、G画素は輝度情報の主成分をなす。人間の画像認識特性は輝度情報に敏感であるため、G画素が欠損すると画質劣化が認められやすい。一方で、RもしくはB画素は、色情報を取得する画素であるが、人間は色情報には鈍感であるため、色情報を取得する画素は多少の欠損が生じても画質劣化に気づきにくい。そこで本第1の実施形態においては、2行×2列の画素のうち、G画素は撮像素子として残し、RとBに相当する位置の一部の画素に、ある割合で焦点検出用画素を配列している。これを図4（a）において S_{HA} 及び S_{HB} で示す。

【0026】

図4（b）は、図4（a）の断面B-Bを示した図である。マイクロレンズMLと、光電変換部PDは図3（b）に示した撮像素子と同一構造である。本第1の実施形態においては、焦点検出用画素の信号は撮像素子生成には用いないため、色分離用カラーフィルタの代わりに透明膜 CF_W （無色）が配置される。また、撮像素子107で瞳分割を行うため、配線層CLの開口部はマイクロレンズMLの中心線に対してx方向に偏心している。具体的には、画素 S_{HA} の開口部 OP_{HA} は-x方向に偏心しているため、撮影光学系TLの左側の射出瞳 EP_{HA} を通過した光束を受光する。同様に、画素 S_{HB} の開口部 OP_{HB} は+x方向に偏心しているため、撮影光学系TLの右側の射出瞳 EP_{HB} を通過した光束を受光する。ここで、画素 S_{HA} をx方向に規則的に配列し、これらの画素群で取得した被写体像をA像とする。同様に、画素 S_{HB} もx方向規則的に配列し、これらの画素群で取得した被写体像をB像とする。これらA像とB像の相対位置を検出することで、被写体像のピントずれ量（デフォーカス量）が検出できる。

【0027】

なお、画素 S_{HA} 及び S_{HB} では、撮影画面のx方向に輝度分布を有した被写体、例えばy方向の線に対しては焦点検出可能である。必要に応じて、撮影画面のy方向に輝度分布を有した被写体、例えばx方向の線に対しても焦点検出できるように、撮影レンズのy方向にも瞳分割を行う画素を備えても良い。

10

20

30

40

50

【0028】

●焦点検出用画素の構造

次に、本第1の実施形態におけるA像用の焦点検出用画素の構造を図5(a)に、B像用の焦点検出用画素の構造を図5(b)に示す。PD-A、PD-Bは光電変換部、MLはマイクロレンズである。光電変換部PD-A及びPD-BとマイクロレンズMLとの間には、少なくともマイクロレンズMLの屈折率以下の屈折率を有する低屈折率層LLが形成されている。必要に応じて、カラーフィルター(CF)層を配置しても良い。マイクロレンズMLや低屈折率層LLはポリマーやシリカ SiO_2 などからなり、可視域での屈折率は1.4から1.8程度である。光電変換部PD-A及びPD-BとマイクロレンズMLとの間に、瞳分割のために開口部が形成された遮光層SL-AとSL-Bが配置されている。これら遮光層SL-AとSL-Bの開口部は、マイクロレンズMLの光軸からそれぞれ互いに反対方向に偏心して構成されている。遮光層は、チタンTiやアルミAlなどと窒化チタンTiNなどの多層干渉膜や、可視域での吸収係数が大きい材料で構成される。

10

【0029】

また、本第1の実施形態では、開口部を持つ遮光層SL-A及びSL-Bと、マイクロレンズMLとの間に、低屈折率層LLの屈折率より大きい屈折率である層内レンズML2が形成される。さらに、層内レンズML2から遮光層SL-A及びSL-Bの開口部まで、遮光層SL-A及びSL-Bの開口部のマイクロレンズML側が、少なくとも低屈折率層LLの屈折率より大きい屈折率を有する高屈折率層HLで充填されている。さらに、マイクロレンズMLと層内レンズML2からなる光学系が、入射光を光電変換部PD-A及びPD-Bの受光面付近に焦点を結ぶように構成されている。層内レンズML2や高屈折率層HLは、窒化シリコン SiN_x 、窒化酸化シリコン SiN_xO_y 、酸化チタン TiO_2 、酸化ニオブ、ITO、IZOなどで構成される。これらの可視域での屈折率は1.8~2.5程度であり、低屈折率層LLの屈折率より高い。

20

【0030】

このような構成により、集光スポットの回折限界を小さくすることが可能となり、撮像素子の画素サイズが微細化され、マイクロレンズと光電変換部との距離が短縮されても、焦点検出用画素の瞳分割性能を良好に維持することができる。

【0031】

以下、本発明の効果について説明する。図6は、従来例における、層内レンズML2と遮光層SLの開口部の間が低屈折率層LLで充填された画素を示す。一方、図7は、層内レンズML2と遮光層SLの開口部の間が高屈折率層HLで充填された本発明の第1の実施形態における画素を示す。なお、図6及び図7において、(a)はマイクロレンズの光軸に平行な角度で、入射光L1及びL2が焦点検出用画素に入射する状態を示し、(b)はマイクロレンズの光軸に対して斜めの角度で、入射光L1及びL2が焦点検出用画素に入射する状態を示している。

30

【0032】

図6、図7において、PDは光電変換部、MLはマイクロレンズ、ML2は層内レンズ、LLは低屈折率層、HLは高屈折率層、SLは開口部を持つ遮光層である。Pは画素周期(画素の幅)、Dは層間膜厚(マイクロレンズMLから光電変換部PDもしくは遮光層SLまでの距離)、Wはスリット幅(遮光層の開口部の幅)である。また、 Δ はマイクロレンズMLと層内レンズML2による結像系の回折限界である。この例では、入射光の波長540nm、マイクロレンズMLの屈折率を1.6、低屈折率層LLの屈折率を1.45、層内レンズML2と高屈折率層HLの屈折率を2.3としている。

40

【0033】

入射光は、マイクロレンズMLと層内レンズML2により結像位置に集光される。しかし、光の波動性により集光スポットの直径は回折限界 Δ より小さくすることはできない。回折限界 Δ は、入射光の波長を λ 、結像位置の屈折率を n 、マイクロレンズと層内レンズを合成した光学系の見込み角の半分の角度を θ とすると、およそ、式(1)で見積もる

50

ことができる。

【0034】

$$\Delta \approx 1.22 \frac{\lambda}{n \sin \theta} \quad \dots (1)$$

【0035】

通常の撮像素子では、光電変換部の受光面とマイクロレンズとの間に配線層が配置されるため、画素周期Pよりも層間膜厚Dの方が長い。画素周期Pを2.0 μm、層間膜厚Dを4.0 μmとすると、見込み角の半分の角度θは14°程度となる。入射光の波長λを0.54 nm、シリカSiO₂からなる透明層TRの屈折率を1.46とすると、回折限界Δは1.9 μm程度となる。したがって、集光スポット径の限界である回折限界と画素周期が同程度となってしまう、瞳分割を行うことが不可能となる。

10

【0036】

回折限界をより小さくするためには、画素周期Pに対して層間膜厚Dを短くして、見込み角2θをより大きくする必要がある。裏面照射型の撮像素子であれば、画素周期Pに対して層間膜厚Dを短くすることができる。

【0037】

しかしながら、図6に示す従来の画素では、遮光層SLの開口部と層内レンズML2との間を低屈折率層LLで充填しているため、画素周期Pに対して層間膜厚Dは短くなるが、回折限界Δに関して、以下の限界があった。すなわち、見込み角2θを大きくするためにマイクロレンズMLと層内レンズML2の集光パワーを大きくしても、層内レンズML2の底面と低屈折率層LLの間で全反射が起こるため、見込み角2θを一定値以上に大きくすることができない。さらに、実線で示した入射光L1は遮光層SLの開口部に到達するが、破線で示した入射光L2は遮光層SLの開口部に到達できないため、実質的なマイクロレンズMLの開口率が減少し、受光効率も低下してしまう。特に、図6(b)に示すように、マイクロレンズの光軸に対して斜めに光が入射する場合に受光効率の低下が大きい。

20

【0038】

一方、図7で示した本願発明では、遮光層SLの開口部と層内レンズML2との間を高屈折率層HLで充填しているため、図6で説明したような全反射が生じることがなく、回折限界Δを小さくすることができる。式(1)から分かるように、屈折率nを大きくしているために、回折限界Δを従来例よりも小さくすることが可能となる。また、実質的なマイクロレンズMLの開口率が減少することもない。画素周期Pを2.0 μm、層間膜厚Dを1.0 μm、高屈折率層の屈折率を2.3とすると、回折限界Δは370 nm程度となり、より小さい画素周期でも瞳分割を行うことができる。

30

【0039】

したがって、以上のような構成により、撮像素子の画素サイズが微細化され、マイクロレンズと光電変換部との距離が短縮されても、焦点検出用画素の瞳分割性能を良好に維持することができる。

【0040】

なお、本実施形態では、開口部を有する遮光層により瞳分割を行う撮像素子で説明を行ったが、図8に示すように、分割された光電変換部の受光面を、高屈折率層で充填した撮像素子でも良い。

40

【0041】

<第2の実施形態>

本発明の第2の実施形態における焦点検出用画素の構造を図8に示す。PD-A及びPD-Bは光電変換部、MLはマイクロレンズである。光電変換部PD-A及びPD-BとマイクロレンズMLとの間は、マイクロレンズMLの屈折率以下の屈折率を有する低屈折率層LLが形成されている。必要に応じて、カラーフィルター(CF)層を配置しても良い。1つのマイクロレンズMLに対して、瞳分割のために、光電変換部はPD-AとPD

50

ーBの複数（2つ以上）に分割されて構成されており、光電変換部PD-AとPD-Bはマイクロレンズの光軸からそれぞれ反対方向に偏心して配置されている。

【0042】

また、本第2の実施形態では、分割された光電変換部PD-AとPD-Bの受光面とマイクロレンズMLの間に低屈折率層LLの屈折率より大きい屈折率を有する層内レンズML2が形成される。さらに、層内レンズML2から分割された光電変換部PD-AとPD-Bの受光面まで、光電変換部PD-AとPD-Bの受光面のマイクロレンズML側が、低屈折率層LLの屈折率より大きい屈折率を有する高屈折率層HLで充填されている。さらに、マイクロレンズMLと層内レンズML2を合成した光学系は、入射光を光電変換部PD-AとPD-Bの受光面付近に焦点を結ぶように構成されている。

10

【0043】

光電変換部PD-Aで取得した被写体像をA像とし、光電変換部PD-Bで取得した被写体像をB像とすると、A像とB像の相対位置を検出することで、被写体像のピントずれ量（デフォーカス量）が検出できる。また、光電変換部PD-Aで取得した被写体像と光電変換部PD-Bで取得した被写体像を加算し、撮像画像とする。

【0044】

したがって、以上のような構成により、撮像素子の画素サイズが微細化され、マイクロレンズと光電変換部との距離が短縮されても、焦点検出用画素の瞳分割性能を良好に維持することができる。

【0045】

20

<第3の実施形態>

本発明の第3の実施形態におけるA像用の焦点検出用画素の構造を図9（a）に、B像用の焦点検出用画素の構造を図9（b）に示す。PD-A及びPD-Bは光電変換部、MLはマイクロレンズである。光電変換部PD-A及びPD-BとマイクロレンズMLの間には、少なくともマイクロレンズMLの屈折率以下の屈折率を有する低屈折率層LLが形成されている。低屈折率層LLには、低屈折率層LLの屈折率より大きい屈折率を有する光導波路LGが形成されている。必要に応じて、カラーフィルター（CF）層を配置しても良い。光導波路LGとマイクロレンズMLとの間に、瞳分割のために開口部を有した遮光層SL-A及びSL-Bが配置されている。これら遮光層SL-AとSL-Bの開口部は、マイクロレンズMLの光軸からそれぞれ互いに反対方向に偏心して構成されている。ここで、撮像画素（不図示）では、遮光層の開口部は焦点検出用画素よりも広く形成される。

30

【0046】

また、本第3の実施形態では、開口部を有する遮光層SL-A及びSL-BとマイクロレンズMLの間に低屈折率層LLの屈折率より大きい屈折率を有する層内レンズML2が形成される。さらに、層内レンズML2から遮光層SL-A及びSL-Bの開口部まで、遮光層SL-A及びSL-Bの開口部のマイクロレンズML側が、少なくとも低屈折率層LLの屈折率より大きい高屈折率層HLで充填されている。さらに、マイクロレンズMLと層内レンズML2を合成した光学系が、入射光を光導波路LGの受光面付近に焦点を結ぶように構成されている。

40

【0047】

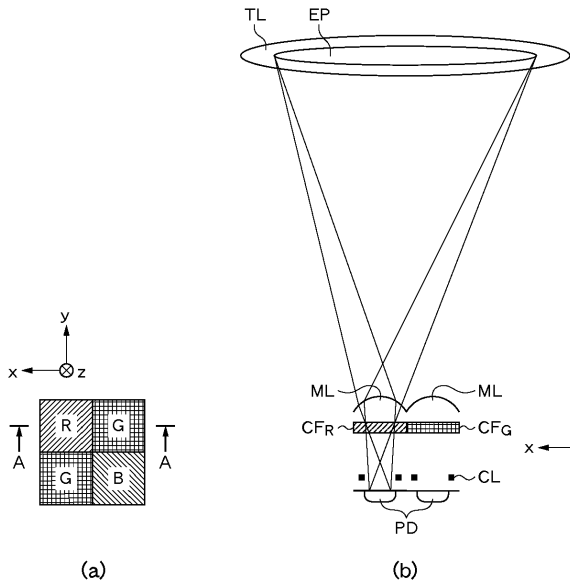
マイクロレンズMLや低屈折率層LLはポリマーやシリカ SiO_2 などからなり、可視域での屈折率は1.4から1.8程度である。光導波路LGや層内レンズML2、高屈折率層HLは、窒化シリコン SiN_x 、窒化酸化シリコン SiN_xO_y 、酸化チタン TiO_2 、酸化ニオブ、ITO、IZOなどで構成される。これらの可視域での屈折率は1.8～2.5程度であり、低屈折率層LLの屈折率より高い。

【0048】

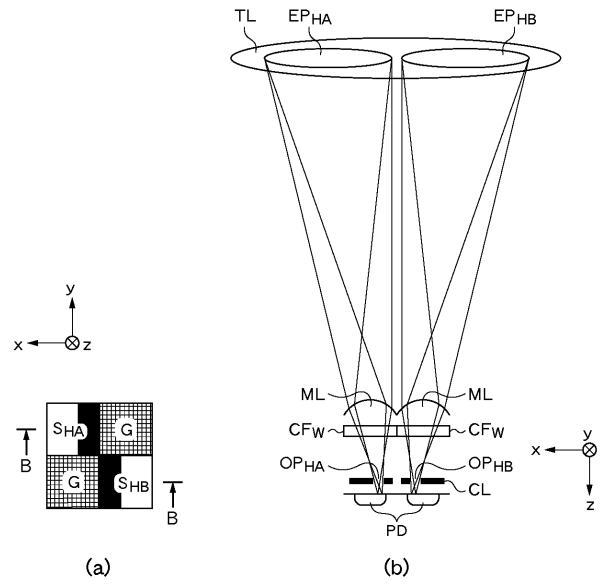
本第3の実施形態におけるA像用の焦点検出用画素（画素周期 $1.65\mu\text{m}$ ）に、マイクロレンズML上部から光が入射した場合の電磁波解析による数値計算例を図10に示す。光の強度が強いところほど、明るく示されている。図10（a）は、焦点検出用画素に

50

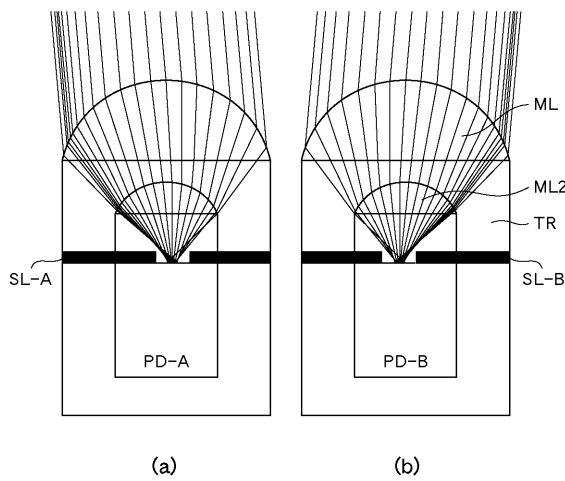
【図 3】



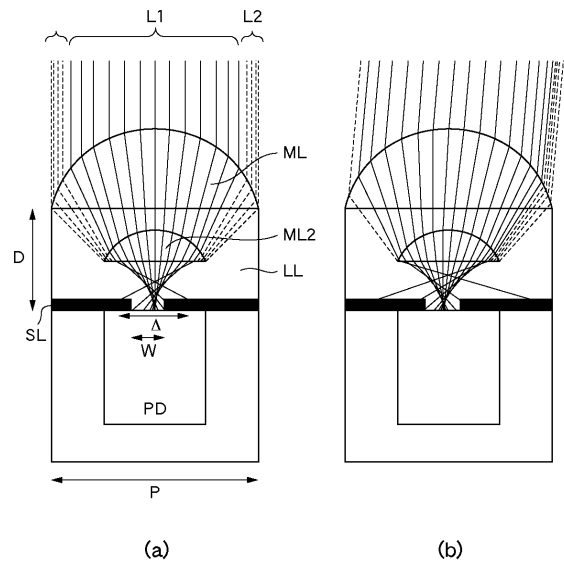
【図 4】



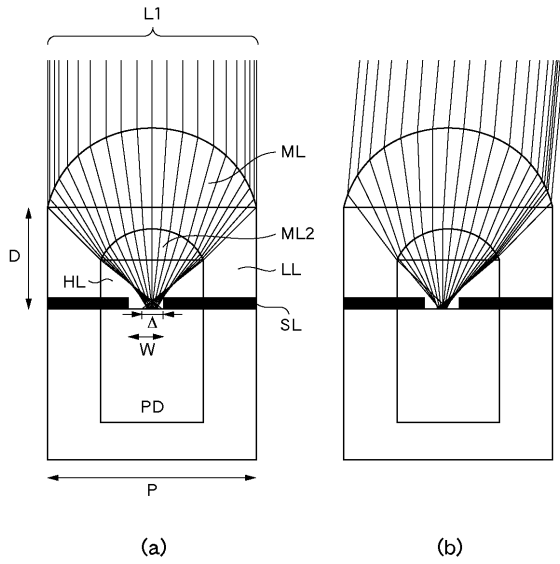
【図 5】



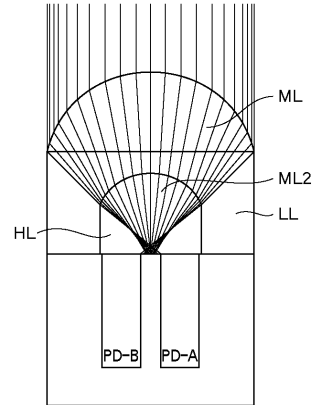
【図 6】



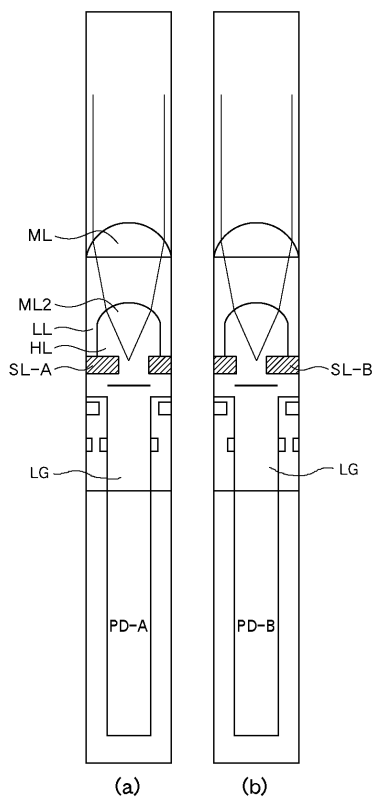
【図 7】



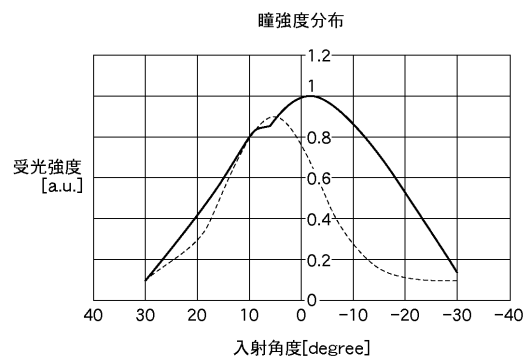
【図 8】



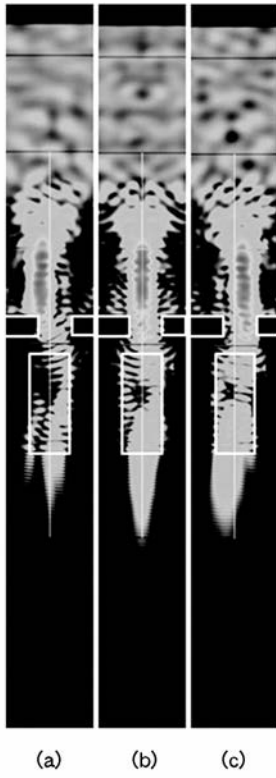
【図 9】



【図 11】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 福田 浩一

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

Fターム(参考) 4M118 AA10 AB01 AB03 BA14 CA02 FA06 GA02 GA09 GB03 GB17

GC08 GC14 GD03 GD04 GD11

5C024 CY47 EX12 EX43 EX52