

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6518071号
(P6518071)

(45) 発行日 令和1年5月22日(2019.5.22)

(24) 登録日 平成31年4月26日(2019.4.26)

(51) Int.Cl.	F 1
G02B 7/34 (2006.01)	GO 2 B 7/34
H01L 27/146 (2006.01)	H01 L 27/146 D
G03B 13/36 (2006.01)	GO 3 B 13/36
H04N 5/369 (2011.01)	H04 N 5/369
H04N 101/00 (2006.01)	H04 N 101:00

請求項の数 17 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2015-12532 (P2015-12532)
(22) 出願日	平成27年1月26日(2015.1.26)
(65) 公開番号	特開2016-138935 (P2016-138935A)
(43) 公開日	平成28年8月4日(2016.8.4)
審査請求日	平成30年1月19日(2018.1.19)

(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康徳
(74) 代理人	100112508 弁理士 高柳 司郎
(74) 代理人	100115071 弁理士 大塚 康弘
(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】 固体撮像装置およびカメラ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

焦点検出のための複数の画素を有する固体撮像装置であって、

前記画素は、半導体基板に配置された光電変換部と、マイクロレンズと、前記半導体基板と前記マイクロレンズとの間に前記光電変換部の一部を覆うように配置された遮光部とを備え、

前記画素における前記半導体基板の表面に平行で前記遮光部が配置された面は、前記遮光部の他に、第1開口部と、第2開口部とを含み、

前記遮光部は、第1部分と第2部分とを含み、第1方向において前記第1開口部と前記第2開口部との間に前記第1部分が配置され、前記第1方向に直交する第2方向において前記第1開口部と前記第2部分とが隣り合って配置され、

前記第2開口部は、前記第1開口部の面積より大きい面積を有する、
ことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】

前記遮光部の面積は、前記第1開口部の面積より大きく、前記第2開口部の面積より小さい、

ことを特徴とする請求項1に記載の固体撮像装置。

【請求項 3】

前記第1開口部と前記第2開口部との最短距離をd、前記マイクロレンズによって前記面に形成された集光スポットの幅をwとすると、 $w < d < 3w$ が成り立つ、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】

前記マイクロレンズと前記半導体基板との間に配置された絶縁膜と、

前記絶縁膜と前記マイクロレンズとの間に配置されたカラーフィルタと、を更に備え、

前記遮光部は、前記絶縁膜の中に配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 5】

前記絶縁膜の中であって前記面と前記マイクロレンズとの間に配線層を更に備える、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の固体撮像装置。

【請求項 6】

前記画素は、前記光電変換部で発生した電荷を転送するチャネルを形成する転送ゲートを更に備え、前記第 1 部分は、前記転送ゲートの一部を覆うように配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 7】

前記第 2 開口部と前記遮光部との境界線と、前記チャネルの長さ方向とが直交する、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の固体撮像装置。

【請求項 8】

前記複数の画素は、前記画素が配置された位置に応じて互いに異なる形状を有する前記遮光部を備える画素を含む、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 9】

前記第 1 開口部の中にコンタクトプラグが配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 10】

焦点検出のための複数の画素を有する固体撮像装置であって、

前記画素は、半導体基板に配置された光電変換部と、マイクロレンズと、前記半導体基板と前記マイクロレンズとの間に配置された遮光部と、前記光電変換部の電荷を転送する転送トランジスタとを備え、

前記光電変換部は、前記遮光部と重なる第 1 領域と、前記遮光部と重ならない第 2 領域と、前記遮光部と重ならない第 3 領域と、を有し、

前記第 1 領域は、第 1 部分領域と第 2 部分領域とを含み、第 1 方向において前記第 2 領域と前記第 3 領域との間に前記第 1 部分領域が配置され、前記第 1 方向に直交する第 2 方向において前記第 2 領域と前記第 3 領域とが隣り合って配置され、

前記第 3 領域の面積は、前記第 2 領域の面積よりも大きく、

前記遮光部は、前記転送トランジスタのゲートと重なっている、

ことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 11】

前記第 1 領域の面積は、前記第 2 領域の面積と前記第 3 領域の面積の合計面積よりも小さい、

ことを特徴とする請求項 10 に記載の固体撮像装置。

【請求項 12】

前記第 1 領域の面積は、前記第 3 領域の面積よりも小さい、

ことを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の固体撮像装置。

【請求項 13】

前記マイクロレンズと前記半導体基板との間に配置された絶縁膜と、

前記絶縁膜と前記マイクロレンズとの間に配置されたカラーフィルタと、を更に備え、

前記遮光部は、前記絶縁膜の中に配置されている、

ことを特徴とする請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 14】

前記絶縁膜の中であって前記遮光部と前記マイクロレンズとの間に配線層を更に備える

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項 1 3 に記載の固体撮像装置。

【請求項 1 5】

前記第 3 領域と前記第 1 領域との境界線の延長線は、前記ゲートの長手軸方向と直交する。

ことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 1 6】

前記複数の画素は、前記画素が配置された位置に応じて互いに異なる形状を有する前記遮光部を備える画素を含む、

ことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 5 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。 10

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置と、
前記固体撮像装置から出力される信号を処理する処理部と、
を備えることを特徴とするカメラ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、固体撮像装置およびカメラに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】 20

ビデオカメラや電子スチルカメラなどのカメラにおいて、CCDイメージセンサまたはCMOSイメージセンサなどの固体撮像装置が使用されている。固体撮像装置の中には、焦点検出用画素を備えるものがある。特許文献 1 には、光電変換部の上に該光電変換部の約半分の領域を覆う遮光部を備える固体撮像装置が記載されている。このような固体撮像装置では、撮像光学系の瞳の第 1 の領域を通過した光が第 1 のグループの焦点検出用画素に入射し、該瞳の第 2 の領域を通過した光が第 2 のグループの焦点検出用画素に入射する。第 1 のグループの焦点検出用画素によって検出された像と第 2 のグループの焦点検出用画素によって検出された像とに基づいて焦点検出（デフォーカス量）が検出される。

【先行技術文献】

【特許文献】 30

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開2013-157883号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

光電変換部の約半分の領域を覆うように遮光部を設けた場合、像高が高い領域において、各グループの焦点検出用画素で検出される像の裾が平坦になり、焦点検出性能が低下したり、焦点検出ができなかったりしうる。

【0 0 0 5】

本発明は、像高が高い領域における焦点検出に有利な技術を提供することを目的とする 40
。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 6】

本発明の 1 つの側面は、焦点検出のための複数の画素を有する固体撮像装置に係り、前記画素は、半導体基板に配置された光電変換部と、マイクロレンズと、前記半導体基板と前記マイクロレンズとの間に前記光電変換部の一部を覆うように配置された遮光部とを備え、前記画素における前記半導体基板の表面に平行で前記遮光部が配置された面は、前記遮光部の他に、第 1 開口部と、第 2 開口部とを含み、前記遮光部は、第 1 部分と第 2 部分とを含み、第 1 方向において前記第 1 開口部と前記第 2 開口部との間に前記第 1 部分が配置され、前記第 1 方向に直交する第 2 方向において前記第 1 開口部と前記第 2 部分とが隣接する。

り合って配置され、前記第2開口部は、前記第1開口部の面積より大きい面積を有する。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、像高が高い領域における焦点検出に有利な技術が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の実施形態の固体撮像装置の構成を示す図。

【図2】本発明の実施形態の固体撮像装置の焦点検出画素の構成を示す図。

【図3】本発明の実施形態の固体撮像装置の焦点検出画素の構成を示す図。

【図4】本発明の実施形態の固体撮像装置の焦点検出画素の構成を示す図。 10

【図5】固体撮像装置と撮像光学系の射出瞳との関係を示す図。

【図6】本発明の実施形態の固体撮像装置を説明する図。

【図7】本発明の実施形態の固体撮像装置における入射角分布を説明する図。

【図8】本発明の実施形態の固体撮像装置を説明する図。

【図9】従来例の固体撮像装置を説明する図。

【図10】本発明の実施形態の固体撮像装置と従来例の固体撮像装置とにおける入射角分布を説明する図。 20

【図11】図10の一部の拡大図。

【図12】従来例の固体撮像装置を説明する図。

【図13】本発明の実施形態の固体撮像装置と従来例の固体撮像装置とにおける入射角分布を説明する図。 20

【図14】図13の一部の拡大図。

【図15】本発明の実施形態の固体撮像装置を説明する図。

【図16】本発明の実施形態の固体撮像装置を説明する図。

【図17】本発明の実施形態の固体撮像装置を説明する図。

【図18】本発明の実施形態の固体撮像装置における焦点検出画素の配置を説明する図。

【図19】本発明の実施形態の固体撮像装置の焦点検出画素の構成を示す図。

【図20】固体撮像装置と撮像光学系の射出瞳との関係を示す図。

【図21】本発明の実施形態のカメラの構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、添付図面を参照しながら本発明をその例示的な実施形態を通して説明するが、本発明は、以下の実施形態に限定されるものではない。

【0010】

図1には、本発明の第1実施形態の固体撮像装置10の構成が示されている。固体撮像装置10は、焦点検出のための画素である焦点検出画素を有する固体撮像装置である。固体撮像装置10は、例えば、画素領域21と、垂直走査回路（垂直選択回路）22と、2つの読み出し回路23と、2つの水平走査回路（水平選択回路）24と、2つの出力アンプ25とを備えうる。画素領域21以外の領域は、周辺回路領域と呼ばれうる。画素領域21には、複数の画素が2次元状に配列されている。複数の画素は、複数の撮像画素と、複数の焦点検出画素とを含む。読み出し回路23は、例えば、列アンプ、相關二重サンプリング（CDS）回路、加算回路等を含みうる。読み出し回路23は、垂直走査回路22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、加算等の処理を行う。水平走査回路24は、読み出し回路23から画素信号に基づく信号を順番に読み出すための列選択信号を生成する。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。 40

【0011】

図2、3には、それぞれ、第1実施形態の固体撮像装置10の第1焦点検出画素100および第2焦点検出画素101の構成が示されている。図2（b）、図3（b）は、焦点検出画素100、101の上面図であり、図2（a）、図3（a）は、それぞれ、図2（b） 50

、図3(b)の(i)~(i)線における断面図である。

【0012】

第1焦点検出画素100は、撮像光学系(不図示)の瞳の第1領域を通過した光を検出するように構成され、第2焦点検出画素101は、撮像光学系の瞳の第2領域を通過した光を検出するように構成される。第1焦点検出画素100は、半導体基板103に配置された光電変換部102と、マイクロレンズ108と、半導体基板103とマイクロレンズ108との間に光電変換部102の一部を覆うように配置された遮光部109とを備えている。光電変換部102は、例えば、半導体基板103に不純物を注入することによって形成される。第2焦点検出画素101は、半導体基板103に配置された光電変換部102と、マイクロレンズ108と、半導体基板103とマイクロレンズ108との間に光電変換部102の一部を覆うように配置された遮光部109とを備えている。光電変換部102は、例えば、半導体基板103に不純物を注入することによって形成される。
10

【0013】

第1実施形態の固体撮像装置10、あるいは、焦点検出画素100、101は、マイクロレンズ108と半導体基板103との間に配置された絶縁膜104と、絶縁膜104とマイクロレンズ108との間に配置されたカラーフィルタ107とを更に備えうる。遮光膜109、113は、絶縁膜の104の中に配置されうる。カラーフィルタ107は、平坦化層を含んでいてもよい。

【0014】

第1焦点検出画素100において、半導体基板103の表面に平行で遮光部109が配置された面PLは、遮光部109の他に、第1開口部112と、第2開口部111とを含む。第2開口部111は、第1開口部112の面積より大きい面積を有することが好ましい。遮光部109は、第1開口部112と第2開口部111との間に配置された遮光性の分離部SPを含む。第2焦点検出画素101において、半導体基板103の表面に平行で遮光部109が配置された面PLは、遮光部113の他に、第1開口部116と、第1開口部116の面積より大きい面積を有する第2開口部115とを含む。遮光部113は、第1開口部116と第2開口部115との間に配置された遮光性の分離部SPを含む。
20

【0015】

第1実施形態の固体撮像装置10、あるいは、焦点検出画素100、101は、絶縁膜104の中であって面PLとマイクロレンズ108との間に配線層106を更に備えうる。焦点検出画素100、101の各々は、光電変換部102で発生した電荷を転送するチャネルを半導体基板103に形成する転送ゲート(転送トランジスタ)105を更に備えうる。分離部SPは、転送ゲート105の一部を覆うように配置されうる。第2開口部111、116と遮光部109、113との境界線110と、転送ゲート105によって形成されるチャネルの長さ方向(転送ゲートが電荷を転送する方向)とは直交しうる。第1開口部112、116の中には、コンタクトプラグが配置されてもよい。
30

【0016】

絶縁膜104は、典型的には、透明である。絶縁膜104は、一種類の材料からなる単層膜であってもよいが、絶縁膜104は、典型的には、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りうる。絶縁膜104のある層は、例えば、酸化シリコン(SiO₂)で構成されうる。また、絶縁膜104を構成する多層膜のうち他の層は、窒化シリコン(Si₃N₄)または炭化シリコン(SiC)で構成されうる。
40

【0017】

配線層106は、典型的には、多層配線でありうる。配線層106には、銅、アルミニウム、タンクスチタン、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。典型的な配線層106は、不透明であり、金属光沢を有している。遮光部109、113と同一層を配線としてもよい。転送ゲート105は、例えば、ポリシリコンで構成されうる。転送ゲート105は、コンタクトプラグを介して配線層106に接続されうる。カラーフィルタ107とマイクロレンズ108が配置されている。カラーフィルタ107は、R(赤色)、G(緑色)またはB(青色)の光を透過する吸収フィルタである。
50

た、カラーフィルタ 107 は、R、G および B の波長の光を透過する W（白色）のフィルタであってもよいし、IR（赤外光）を透過するフィルタであってもよい。また、フィルタの安定性を向上させるため、平坦化層を含んでも構わない。

【0018】

この明細書および添付図面において、方向は、x y z 座標系で表現される。半導体基板 103 の表面と垂直な方向（半導体基板 103 からマイクロレンズ 108 に向かう方向）を z 方向とする。また、z 方向と垂直で、半導体基板 103 の表面と平行な面を x y 面とする。x 方向と y 方向とは互いに直交している。

【0019】

焦点検出画素 100 および焦点検出画素 101 は、対を構成する。焦点検出画素 100 は、焦点検出画素 100 の領域の左側（-x 方向側）に遮光部 109 を有し、焦点検出画素 101 は、焦点検出画素 101 の領域の右側（+x 方向側）に遮光部 113 を有している。

【0020】

遮光部 109 は、第 1 開口部 112 および第 2 開口部 111 を規定する部材として理解することもできる。図 2、図 3 に示された例では、第 1 開口部 112、分離部 SP および第 2 開口部 111 は x 方向に並び、第 1 開口部 115 および第 2 開口部 114 も x 方向に並んでいる。つまり、図 2、図 3 に示された例は、x 方向に濃淡を有する撮像パターンに対して焦点検出を行う画素の例である。遮光部 109、113 を 90° 回転させて配置した焦点検出画素を用いれば、y 方向に濃淡を有する撮像パターンに対して焦点検出を行うことができる。

【0021】

図 4 には、画素領域 21 の周辺領域に配置された焦点検出画素 100、101 と、画素領域 21 の中央領域に配置された焦点検出画素 100、101 とが示されている。図 4 (b) は、画素領域 21 の周辺領域に配置された焦点検出画素 100、101 の断面である。図 4 (c) は、画素領域 21 の中央領域に配置された焦点検出画素 100、101 の断面である。マイクロレンズ 108 は、周辺側に配置される焦点検出画素ほど、中央側にずらして配置されうる。これにより、焦点検出画素の光電変換部 102 に入射する光線を多くし、焦点検出性能を向上させることができる。

【0022】

図 5 には、撮像光学系の瞳（射出瞳）31 と焦点検出画素 100、101 との幾何学的関係が模式的に示されている。この例では、x 方向が瞳の分割方向である。瞳 31 は、分割された第 1 領域 33 および第 2 領域 32 を含む。焦点検出画素 100 に入射する光線は、第 1 領域 33 から射出される光線が支配的であり、焦点検出画素 100 に入射する光線は、第 2 領域 32 から射出される光線が支配的であることが望まれる。

【0023】

図 5 は、画素領域 21 内の周辺領域（図 4 (b)）の焦点検出画素 100、101 に光が入射する様子を表している。撮像光学系の瞳 31 の位置から焦点検出画素 100、101 までの距離（以下、瞳距離）によって、焦点検出画素 100、101 に入射する光の角度は変わる。図 5 (a) は、マイクロレンズ 108 のずらし量に対して入射光 117 の入射角度が合っている場合を表している。図 5 (b) は、図 5 (a) に対し瞳距離が短く、マイクロレンズ 108 のずらし量に対して入射角度が大きい場合を表している。

【0024】

図 6 には、図 5 における焦点検出画素 100、101 が拡大して示されている。ここで、+x 方向から -z 方向へ入射する角度を > 0 とし、-x 方向から -z 方向へ入射する角度を < 0 とする。入射光 117 は、マイクロレンズ 108 のずらし量に対して入射角度が合っているため、入射光 117 の集光中心は、第 2 開口部 111 と遮光部 109 との境界、および、第 2 開口部 115 と遮光部 113 との境界にある。一方、入射光 118 は、マイクロレンズ 108 のずらし量に対して入射角度がずれているため、集光中心が上記の各境界からずれている。第 1 実施形態は、マイクロレンズのずらしと入射角度との関

10

20

30

40

50

係が不適切な領域においても、焦点検出精度を向上させるものである。

【0025】

ここで、焦点検出画素100、101の入射角分布と撮像光学系の瞳（射出瞳）の開口（絞り）との関係について説明する。図5の射出瞳31内の領域32、33における像は、焦点検出画素100、101の入射角分布に対応する。ここで、焦点検出画素100、101の入射角分布をそれぞれA像、B像とする。

【0026】

図7(a)、図7(c)のA像119は、焦点検出画素100によって決まる入射角分布の等高線図であり、図7(a)、図7(c)のB像120は、焦点検出画素101によって決まる入射角分布の等高線図である。ここで、x方向、y方向の入射角をそれぞれx、yとしている。図7(b)、図7(d)は、図7(a)、図7(c)のxに対する射影データであり、横軸を入射角度x、縦軸を感度[a.u.]としている。マイクロレンズ108をx方向(y方向)にずらすと、入射角分布はx(y)方向に平行移動する。

10

【0027】

図7のD1、D2、D1'、D2'は、光が入射する角度領域を表していて、この角度領域は、撮像光学系11(図21参照)の射出瞳の開口(絞り)によって決まる。D1、D1'は、撮像光学系11の絞りを開放したとき(例えばF1.4)の入射角度領域であり、D2、D2'は絞りを絞ったとき(例えばF8)の入射角度領域である。撮像光学系11の瞳距離によって入射角度は変わる。図7(a)、図7(b)のD1、D2は、マイクロレンズ108のずらし量に対して入射光117の入射角度(x)が合っている場合を表している。図7(c)、図7(d)のD1'、D2'は、マイクロレンズ108のずらし量に対して入射角度(x)が大きい場合を表している。焦点検出性能を得るために、絞り(F値)によって決まる入射光の角度領域D1、D2において、A像、B像のそれぞれの重心位置が互いに離れていることが必要である。

20

【0028】

区間[a、b]における関数F()の重心位置は、式1で定義されるものである。

【0029】

【数1】

30

$$\frac{\int_a^b \theta F(\theta) d\theta}{\int_a^b F(\theta) d\theta}$$

【0030】

・・・(式1)

図7(b)の123、124は、それぞれ、D1の角度領域における、A像、B像の重心位置(横軸:x)を表している。125、126は、それぞれ、D2の角度領域における、A像、B像の重心位置(横軸:x)を表している。また、図7(d)の127、128は、それぞれ、D1'の角度領域における、A像、B像の重心位置(横軸:x)を表している。129、130は、それぞれ、D2'の角度領域における、A像、B像の重心位置(横軸:x)を表している。

40

【0031】

A像、B像の重心間距離が大きいとき、焦点検出性能を向上させることができる。基本的に、絞りが開放(F値が小さい)であると、積分区間が広がり、重心間距離が大きくなり、焦点検出性能が良い。一方、絞りを絞った(F値が大きい)角度領域D2、D2'では、積分区間が狭いため、A像、B像の重心間距離が小さい傾向にある。また、撮像光学系11の瞳距離によって、光の入射角が変わるために、それに伴い、重心間距離も変わる。

50

【0032】

特に、マイクロレンズ108のずらし量に対して入射角度(×)が大きい場合、角度区間D2'では、角度区間D2に比べ、区間内のA像、B像の感度変化が少なくなつており、定性的には、重心間距離が小さくなり、焦点検出精度が悪化する。第1実施形態は、この領域での焦点検出精度を改善するものである。

【0033】

図8(a)、図8(b)は、マイクロレンズ108のずらし量に対して入射角度(×)が大きい場合に遮光部109、113の上に集光される光の集光スポット131を表している。マイクロレンズ108のずらし量に対して入射角度が大きい場合、焦点検出画素100、101の遮光部109、113の上に集光される光の集光スポットは、図8(c)、図8(d)の132ようになる。波動光学的に、集光スポットは回折により、ある程度の幅をもつ。10

【0034】

図9は、従来例の遮光部を示したものである。図9の遮光部202、203は、光電変換部102のほぼ半分の領域を覆っている。一方、第1実施形態では、遮光部109、113は、開口部112、116が形成されるように構成されている。図9(a)、図9(b)には、マイクロレンズ108のずらし量と入射角度×とが合っている場合に焦点検出画素200、201の遮光部202、203の上に形成される集光スポット131が示されている。図9(c)、図9(d)には、マイクロレンズ108のずらし量に対して入射角度×が大きい場合に遮光部202、203上の集光スポット132が示されている。20

【0035】

以下に、遮光部の形状と、A像とB像との重心間距離との関係について説明する。ここで、遮光部109、113をそれぞれ有する第1実施形態の焦点検出画素100、101(図8)と、遮光部202、203を有する従来例の焦点検出画素200、201(図9)とを比較する。

【0036】

図10(a)、図10(b)には、第1実施形態の焦点検出画素100、101の入射角分布A121、B122(実線)と、従来例の焦点検出画素200、201の入射角分布A204、B205(破線)とが重ねて示されている。D2は、絞りを絞った場合(例えばF8)の角度領域D2を示している。図10(a)のD2は、マイクロレンズ108のずらし量に対して光の入射角度が合っている場合であり、図10(b)のD2'は、マイクロレンズ108のずらし量に対して光の入射角度が大きい場合である。30

【0037】

図11(a)は、図10(a)の角度領域D2におけるA像、B像を切り出したものを示している。125、126は、第1実施形態の焦点検出画素100、101の角度領域D2におけるA像、B像の重心位置である。205、206は、従来例の焦点検出画素200、201におけるA像、B像の重心位置である。図11(b)は、図10(b)の角度領域D2'におけるA像、B像を切り出したものを示している。127、128は、第1実施形態の焦点検出画素100、101の角度領域D2におけるA像、B像の重心位置である。208、209は、従来例の焦点検出画素200、201におけるA像、B像の重心位置である。40

【0038】

A像、B像の形状は、遮光部の形状に依存する。従来例の遮光部202、203の場合、図9(c)のように、集光スポット132の位置が境界線110からはずれたとき、光の殆どが遮光部202によって遮光される。ここで、境界線110から図10のA像204とB像205とのクロス点C133が外れると、急に感度が低下する。これに対して、第1実施形態の遮光部109、113の場合、図8(c)のように、集光スポット132の位置が境界線110からはずれたとき、光は開口部Q112を通して光電変換部102に入射する。

【0039】

10

20

30

40

50

この結果、角度区間D₂'において、従来例によるA像204、B像205では、感度の変化がほとんどないため、重心位置は角度区間の中心値によるため、重心間距離は小さくなる。一方、第1実施形態においては、A像121、B像122のうち、特にA像において、感度が変化する領域であるため、重心位置が角度区間の中心値から離れ、その結果、A像、B像の重心間距離を大きくすることができます。

【0040】

図12には、特許文献1の図8に記載された焦点検出画素を検討するための模式図である。遮光部302を有する焦点検出画素300と、遮光部303を有する焦点検出画素301とが示されている。図12の遮光部302、303は、開口部304は開口部111と結合し、開口部305が開口部115と結合するように構成されている。

10

【0041】

図12(a)、図12(b)には、マイクロレンズ108のずらし量と入射角度 \times とが合っている場合に焦点検出画素300、301の遮光部302、303の上に形成される集光スポット131が示されている。図12(c)、図12(d)には、マイクロレンズ108のずらし量に対して入射角度が大きい場合に遮光部302、303の上に形成される集光スポット132が示されている。図13(a)、図13(b)には、第1実施形態の焦点検出画素100、101の入射角分布A120、B121(実線)と、従来例の焦点検出画素300、301の入射角分布A304、B305(破線)とが重ねて示されている。D2は、絞りを絞った場合(例えばF8)の角度領域D2を示している。

【0042】

図13(a)のD2は、マイクロレンズ108のずらし量に対して光の入射角度(\times)が合っている場合であり、図13(b)のD2'は、マイクロレンズ108のずらし量に対して光の入射角度(\times)が大きい場合を表している。図14(a)は、図13(a)の角度領域D2におけるA像121、B像122を切り出したものを示している。125、126は、第1実施形態の焦点検出画素100、101の角度領域D2におけるA像121、B像122の重心位置である。306、307は、従来例の焦点検出画素300、301におけるA像304、B像305の重心位置である。図14(b)は、図13(b)の角度領域D2'におけるA像、B像を切り出したものを示している。127、128は、第1実施形態の焦点検出画素100、101の角度領域D2におけるA像121、B像122の重心位置である。308、309は、従来例の焦点検出画素300、301におけるA像304、B像305の重心位置である。

20

【0043】

A像、B像の形状は、遮光部の形状に依存する。従来例の遮光部302、303の場合、入射角度とマイクロレンズ108のずれ量が合っている図12(a)、図12(b)に示すように、集光スポット131の一部は、開口部304、開口部305から漏れて光電変換部102に入射する。そのため、図14(a)に示す従来例のA像304、B像305は、第1実施形態のA像121、B像122に比べて、入射角 \times に対する感度の変化が緩やかになり、傾きが小さくなる。その結果、従来例のA像、B像の重心位置306、307は、第1実施形態のA像、B像の重心位置125、126に比べて、互いに近づき、重心間距離は短くなる。また、図14(b)の場合、図11(b)と同様の理由により、従来例に対し、第1実施形態の方が重心間距離は大きくなる。したがって、第1実施形態の方が従来例に対して焦点検出性能が良い。その結果、従来例に対して第1実施形態の方が、重心間距離が大きくなり、A像、B像を明確に分離でき、焦点検出性能が向上する。

40

【0044】

焦点検出画素100、101のサイズが10μm以下である場合、第2開口部111は、第1開口部112の面積より大きい面積を有し、第2開口部115は、第1開口部116の面積より大きい面積を有することが好ましい。更には、遮光部109の面積は、第1開口部112の面積より大きく、第2開口部111の面積より小さく、遮光部113の面積は、第1開口部116の面積より大きく、第2開口部115の面積より小さいこと好ま

50

しい。

【0045】

上記の構成によれば、図8に示されるように、第1実施形態の焦点検出画素100、101では、集光スポット131が境界線110付近にある場合、遮光部109、113により集光スポット131のほぼ半分を遮光する。また、境界性110からずれた集光スポット131の場合、光の一部を開口部112、116を通して光電変換部102に入射させることができる。その結果、A像、B像を明確に分離でき、焦点検出性能を向上させることができるからである。

【0046】

上記の説明では、マイクロレンズ108のずらし量に対して入射光の角度が大きい場合の例が説明されているが、入射光の角度が小さい場合でも同様の理由により、焦点検出性能を向上させることができる。

【0047】

図15に示されるように、第1開口部112(116)と第2開口部111(115)(または境界線110)との最短距離をd、集光スポット131の幅(径)をwとする。このとき、 $w = d - 3w$ が成り立つことが好ましい。ここで、入射光の波長をλ、絶縁膜104の屈折率をn、マイクロレンズ108の頂点から遮光部109までの距離をL、焦点検出画素100のサイズをDとする。カラーフィルタ107を配置している場合、入射光の波長λは、カラーフィルタ107の透過率の最大波長である。カラーフィルタ107を配置していない場合、入射光の波長λは、入射光の中心波長である。このとき、波動光学に従って、集光スポットの幅wは、 $w = 1.22 \times \lambda \times L / D / n$ で表せる。例えば、 $D = 4 \mu m$ 、 $\lambda = 0.45 \mu m$ 、 $L = 3 \mu m$ 、 $n = 1.46$ のとき、 $w = 0.34 \mu m$ となり、dは、 $0.34 \mu m < d < 1.03 \mu m$ の範囲にあることが好ましい。

【0048】

$w = d$ であることで、境界線110の上に集光スポット131がある場合、入射光を遮光部109、113で遮光することができ、図11(a)、図14(a)のA像121、B像122のように、横軸xに対する傾きを急にすることができます。その結果、A像、B像の間の重心間距離を大きくすることができ、焦点検出性能を向上することができます。また、 $d = 3w$ とすることで、図8(c)、図8(d)のように境界線110から集光スポット131がずれたとき、開口部112、116を通して入射光を光電変換部102に入射させることができます。図15(b)に示すように、集光スポット131は、電場強度の最大のピーク値から零点までの距離がwであり、零点から次の零点までの距離もwであり、その間で小さなピーク値をもつ。 $d = 3w$ とすることで、集光スポット131の小さなピーク値のある領域は、開口部111、115か開口部Q112、116のいずれかを通して光電変換部102に入射する。その結果、図11(b)、図14(b)のA像121のように、横軸xに対する傾きをつけることができ、A像、B像の重心間距離が大きくなり、焦点検出性能を向上させることができます。

【0049】

焦点検出画素100の遮光部109と焦点検出画素101の遮光部113は、上面図(x-y面)において転送ゲート105の一部を覆うように構成されうる。転送ゲート105に光が当たると、感度が下がり、入射角分布の形状が変わり、焦点検出性能が低下しうる。転送ゲート105の一部を遮光することにより、焦点検出性能の低下を抑制することができる。

【0050】

遮光部109、113の形状は、図2、図3に示されたような形状に限定されるものではなく、例えば、図16、図17に示されたような形状であってもよい。特に、図17に示された形状の遮光部109、113は、図18に示される画素領域21内の領域R1～R9の全てにおいて均等に効果が発揮されうる。

【0051】

図16、図18を参照しながら本発明の第2実施形態を説明する。第2実施形態では、

10

20

30

40

50

画素領域 21 内における位置に応じて遮光部 109、113 の形状が調整されている。一例において、領域 R1、R4、R7 には、図 16(a)、図 16(b) に示される焦点検出画素 100、101 が配置される。また、領域 R2、R5、R8 には、図 16(e)、図 16(f) に示される焦点検出画素 100、101 が配置される。また、領域 R3、R6、R9 には、図 16(g)、図 16(h) に示される焦点検出画素 100、101 が配置される。例えば、領域 R1 では、集光スポットが紙面において焦点検出画素の左斜め上にずれるので、領域 R1 には、第 1 開口部 112、116 が紙面において上方に配置されることが好ましい。他の領域についても、同様の思想に基づいて第 1 開口部 112、116 が調整される。

【0052】

10

第 2 実施形態によれば、画素領域 21 内の領域 R1 ~ R9 の全てにおいて焦点検出精度を向上させることができる。

【0053】

図 19 を参照しながら本発明の第 3 実施形態を説明する。第 3 実施形態では、境界線 110 が光電変換部 102 の中心上からずれている。マイクロレンズ 108 は、焦点検出画素 100、101 に対して斜めに入射する光に対応して、焦点検出画素 100、101 の中心から画素領域 21 の中心側にずらして配置されうる。これとともに、遮光部 109、113 と第 2 開口部 111、115 との境界線 110 も、焦点検出画素 100、101 の中心からずらして配置されうる。

【0054】

20

更に、各領域に亘り異なる遮光部を有する 2 種類以上の焦点検出画素を混在して配置してもよい。例えば、領域 R3 に、図 8 に示す焦点検出画素と図 19 に示す焦点検出画素とを混在して配置するという要領である。これにより、瞳距離に関してより多様な撮像光学系に対応することができる。

【0055】

本発明の第 4 実施形態を説明する。第 4 実施形態では、領域 R1 ~ R9 のそれぞれの中において、第 1 開口部 112、116 の面積が像高位置に応じて調整される。これにより、瞳距離に関してより多様な撮像光学系に対応することができる。

【0056】

図 20 を参照しながら本発明の第 5 実施形態を説明する。第 5 実施形態では、遮光部 109、113 が光電変換部 102 に近接する位置に配置される。これにより、焦点検出画素 100、101 の特性を、遮光部 109、113 を有しない撮像画素の特性に近づけることができる。更に、図 10 に示されるような入射角分布特性に関する固体撮像装置 10 間のばらつきを抑制することができる。これは、遮光部により発生する回折の影響による固体撮像装置 10 間のばらつきは、遮光部と光電変換部との距離のばらつきに依存し、この距離が小さくなると、距離のばらつきも小さくなるからである。

30

【0057】

図 21 を参照しながら本発明の第 6 実施形態のカメラ 1 について説明する。カメラの概念には、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。図 21 に示された例では、カメラ 1 は、デジタルスチルカメラおよび / またはビデオカメラとして構成されている。カメラ 1 は、被写体像を固体撮像装置 10 の撮像面に形成する撮像光学系 11 を有する。撮像光学系 11 は、カメラ 1 の本体に着脱可能であっても良いし、カメラ 1 の本体に固定されていてもよい。撮像光学系 11 は、レンズ制御部 12 によってフォーカス位置が制御されうる。撮像光学系 11 は、絞り制御部 14 によって制御される絞り 13 を有し、絞り 13 の開口径を変化させることによって固体撮像装置 10 に入射する光の強度を調整することができる。

40

【0058】

撮像光学系 11 の像空間には、撮像光学系 11 により結像された被写体像を光電変換によって電気的な画像信号に変換する固体撮像装置 10 の撮像面が配置される。固体撮像装

50

置 10 は、例えば、C M O S イメージセンサまたはC C D イメージセンサで構成されうる。

【 0 0 5 9 】

C P U (制御部) 1 5 は、カメラ 1 の種々の動作の制御を司る。C P U 1 5 は、演算部、R O M、R A M、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。C P U 1 5 は、R O M (不図示) に記憶されたコンピュータプログラムに従ってカメラ 1 の各部の動作を制御し、撮像光学系 1 1 の焦点状態の検出 (焦点検出) を含むA F、撮像、画像処理および記録等の一連の撮影動作の実行を制御する。

【 0 0 6 0 】

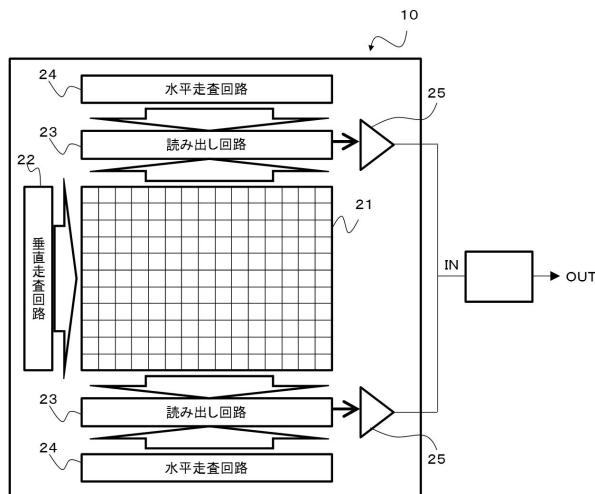
撮像装置制御部 1 6 は、固体撮像装置 1 0 の動作を制御するとともに、固体撮像装置 1 0 から出力された画素信号 (撮像信号) をA / D 変換してC P U 1 5 に送信する。固体撮像装置 1 0 は、A / D 変換機能を有していてもよいし、有していないなくてもよい。画像処理部 (処理部) 1 7 は、A / D 変換された撮像信号に対して 变換やカラー補間等の画像処理を行って画像信号を生成する。表示部 1 8 は、例えば、液晶表示装置 (L C D) で構成され、カメラ 1 の撮影モードに関する情報、撮影前のプレビュー画像、撮影後の確認用画像および焦点検出時の合焦状態等を表示する。操作スイッチ 1 9 は、ユーザによって操作されるスイッチである。記憶媒体 2 0 は、着脱可能な記録媒体であり、撮影済み画像を記録する。

【 符号の説明 】

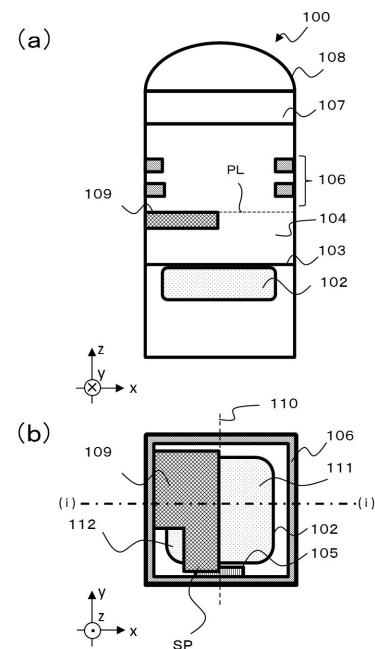
【 0 0 6 1 】

1 : カメラ、1 0 : 固体撮像装置、1 1 : 撮像光学系、1 0 9 : 遮光部、1 1 3 : 遮光部、1 1 2 : 第1開口部、1 1 6 : 第1開口部、1 1 1 、第2開口部、1 1 5 : 第2開口部、1 1 0 : 境界線 : 1 0 2 : 光電変換部、1 0 5 : 転送ゲート、P L : 面、S P : 分離部

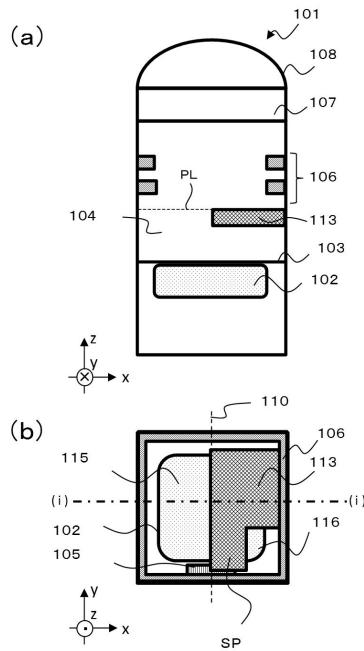
【 図 1 】



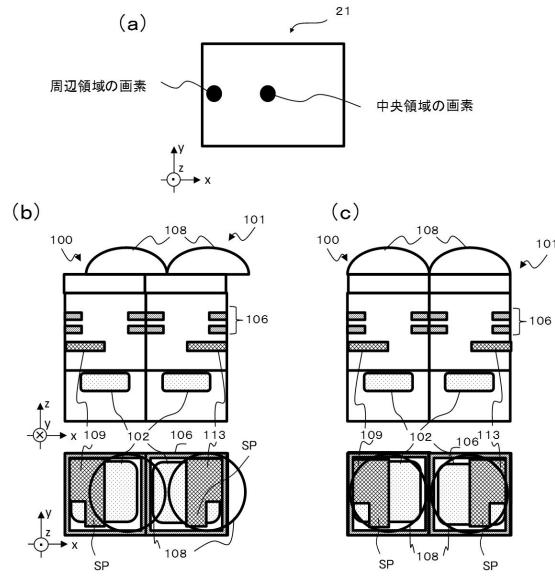
【 図 2 】



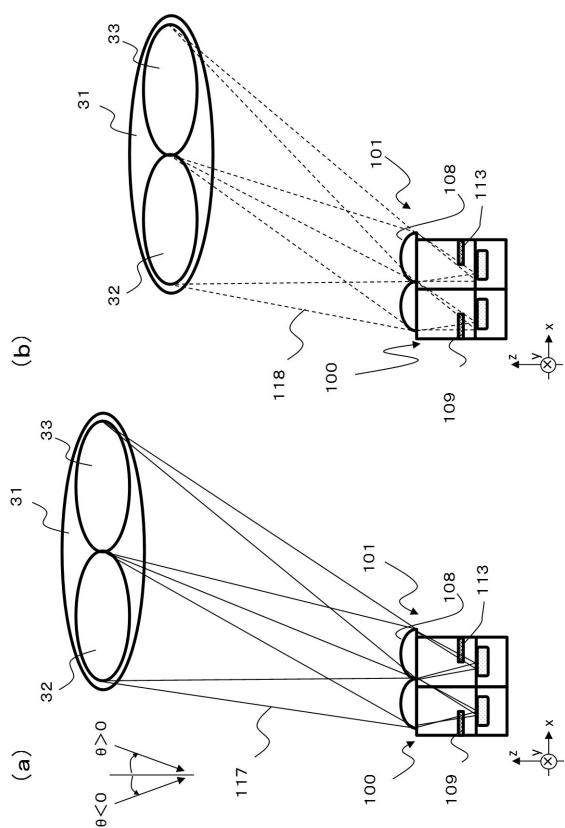
【図3】



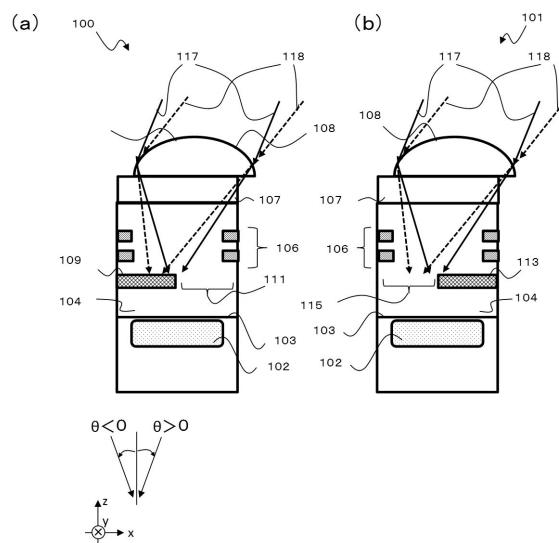
【図4】



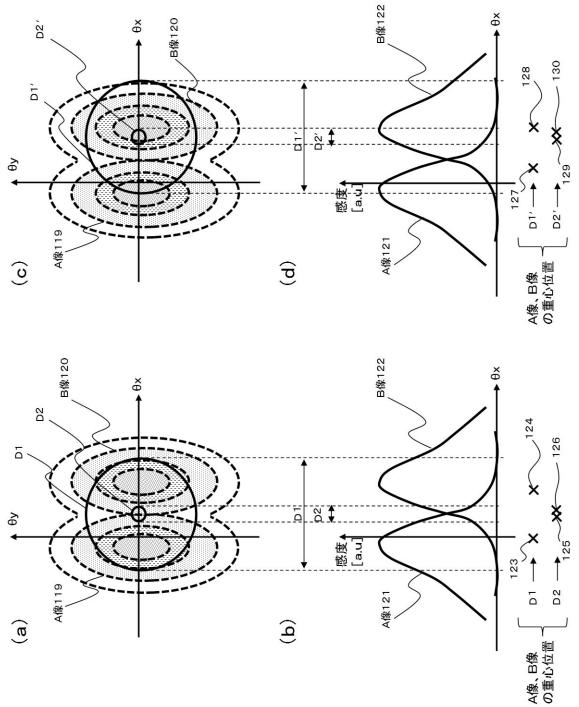
【図5】



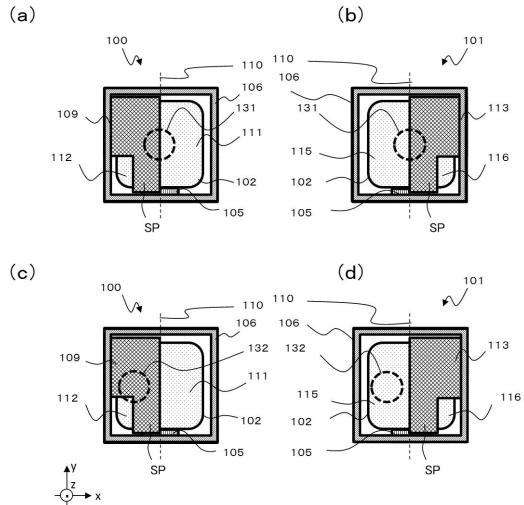
【図6】



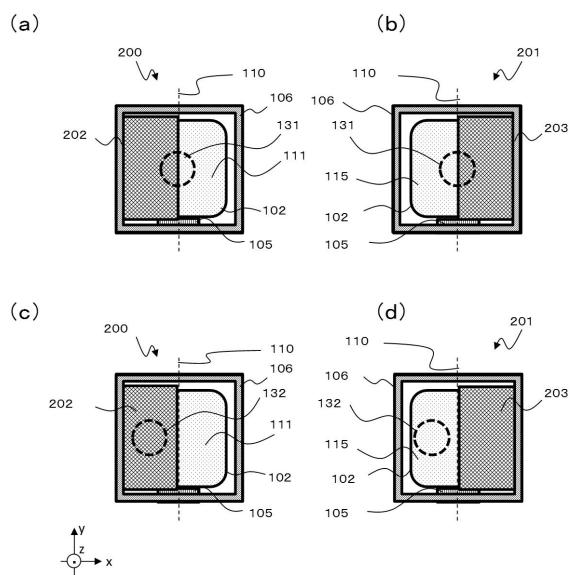
【図7】



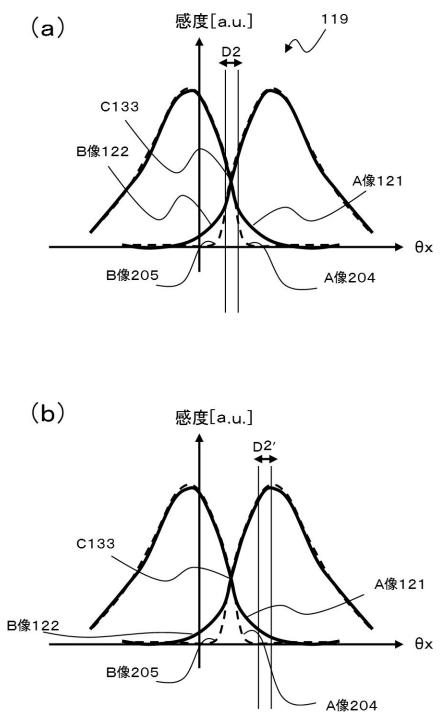
【図8】



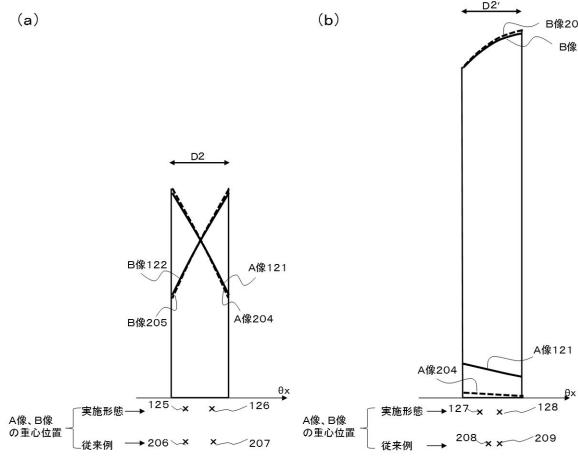
【図9】



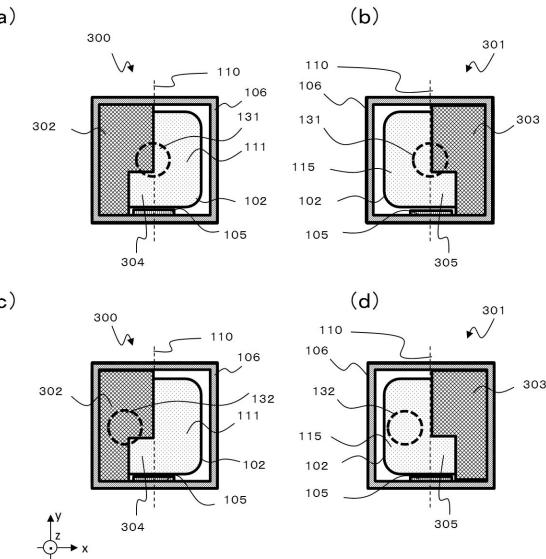
【図10】



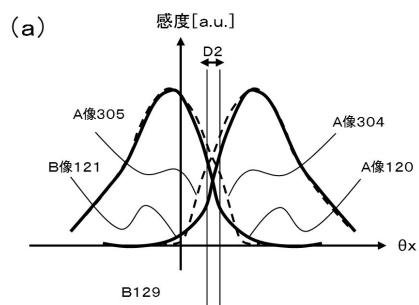
【図11】



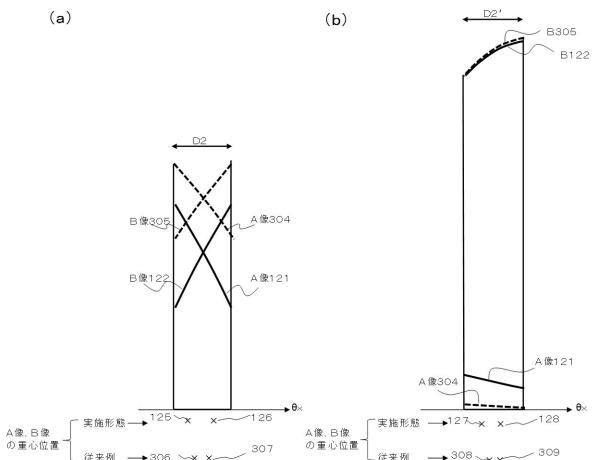
【図12】



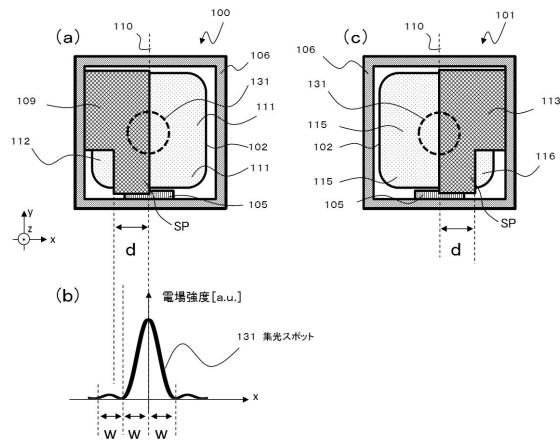
【図13】



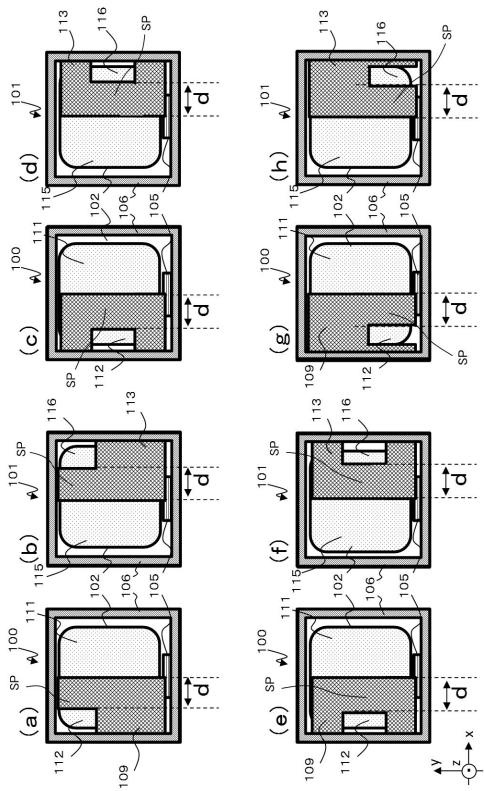
【図14】



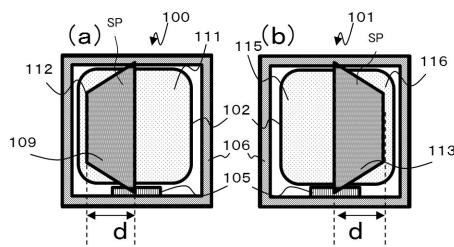
【図15】



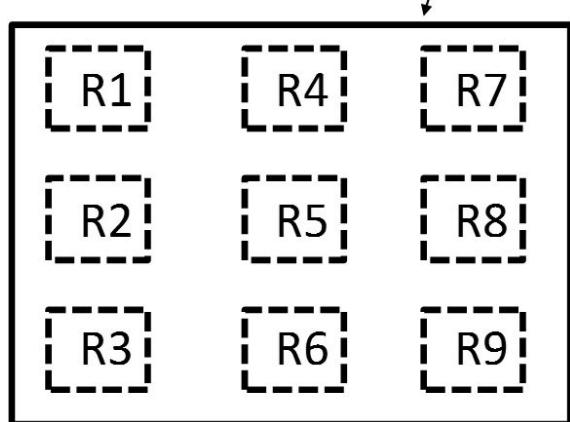
【図16】



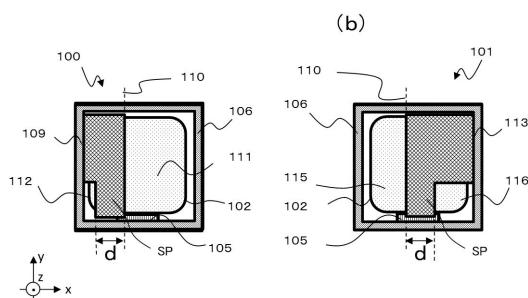
【図17】



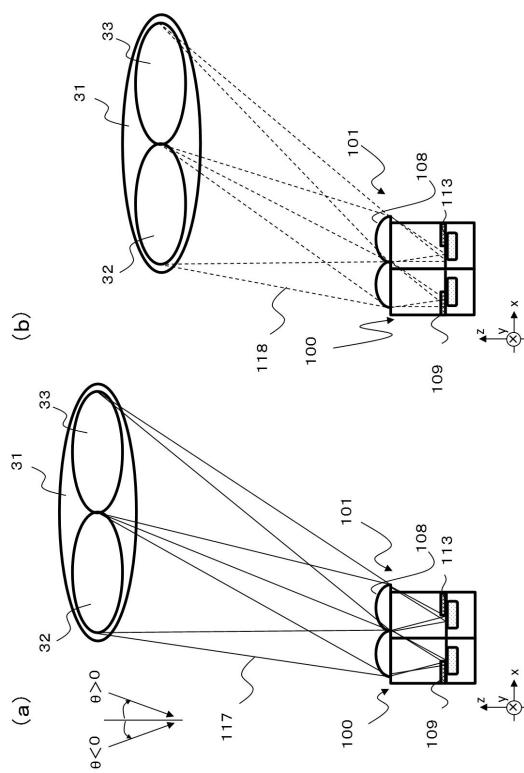
【図18】



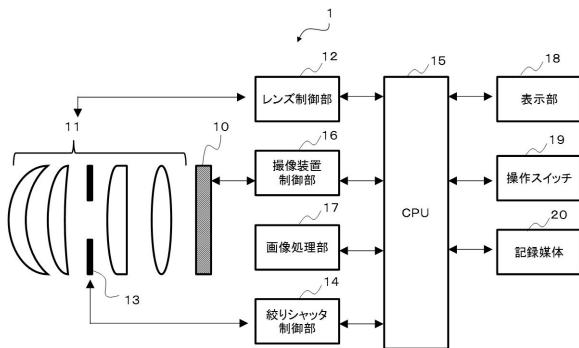
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(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

(72)発明者 岩田 公一郎
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 赤堀 博男
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 重森 翔太
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 橋本 浩平
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 登丸 久寿

(56)参考文献 特開2013-228692(JP,A)
特開2013-145779(JP,A)
特開2014-135355(JP,A)
特開2010-272903(JP,A)
国際公開第2015/002006(WO,A1)
特開2012-215785(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 7 / 34
G 03 B 13 / 36
H 01 L 27 / 146
H 04 N 5 / 369
H 04 N 101 / 00