

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5422889号
(P5422889)

(45) 発行日 平成26年2月19日(2014.2.19)

(24) 登録日 平成25年12月6日(2013.12.6)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 L	27/146	(2006.01)	HO 1 L	27/14	A
HO 4 N	5/30	(2006.01)	HO 4 N	5/30	
HO 4 N	5/369	(2011.01)	HO 4 N	5/335	6 9 0
HO 4 N	5/232	(2006.01)	HO 4 N	5/232	H

請求項の数 12 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2007-337070 (P2007-337070)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(22) 出願日	平成19年12月27日(2007.12.27)	(74) 代理人	100096770 弁理士 四宮 通
(65) 公開番号	特開2009-158800 (P2009-158800A)	(72) 発明者	西山 円 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(43) 公開日	平成21年7月16日(2009.7.16)	審査官	柴山 将隆
審査請求日	平成22年12月22日(2010.12.22)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像素子及びこれを用いた撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

2次元状に配置された複数の画素を基板上に備え、
前記複数の画素のうち少なくとも一部の画素は、前記基板の法線方向から見た平面視において分割線により分割される一方側の領域及び他方側の領域にそれぞれ存し各々が入射光を光電変換する第1の光電変換部及び第2の光電変換部を有し、
前記基板上に形成された層間膜に、壁部が全反射面として作用する中空の間隙が、前記平面視において前記分割線に沿って形成されたことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項2】

前記少なくとも一部の画素にはマイクロレンズが設けられ、
前記マイクロレンズは、被写体像を当該固体撮像素子に結像させる光学系の射出瞳を、前記間隙における光入射側の端部付近の高さ位置において結像させることを特徴とする請求項1記載の固体撮像素子。

【請求項3】

前記基板上に形成された層間膜に、壁部が全反射面として作用する中空の間隙が、前記平面視において、前記少なくとも一部の画素の前記第1及び第2の光電変換部の有効受光領域をそれぞれ囲むように、前記分割線に沿った箇所以外にも形成されたことを特徴とする請求項1又は2記載の固体撮像素子。

【請求項4】

前記層間膜に形成された前記間隙内は、空気が存在するか又は真空に近い状態になって

いることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の固体撮像素子。

【請求項 5】

前記少なくとも一部の画素において、前記第 1 の光電変換部を構成する半導体領域と前記第 2 の光電変換部を構成する半導体領域との間に、その間を電氣的に分離する中空の間隙が形成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の固体撮像素子。

【請求項 6】

前記第 1 の光電変換部を構成する前記半導体領域と前記第 2 の光電変換部を構成する前記半導体領域との間に形成された前記間隙内は、空気が存在するか又は真空に近い状態になっていることを特徴とする請求項 5 記載の固体撮像素子。

【請求項 7】

前記少なくとも一部の画素において、前記第 1 の光電変換部を構成する半導体領域と前記第 2 の光電変換部を構成する半導体領域との間に、絶縁材料からなる分離部が形成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の固体撮像素子。

【請求項 8】

2 次元状に配置された複数の画素を基板上に備え、

前記複数の画素のうちの一部の画素は、前記基板の法線方向から見た平面視において分割線により分割される一方側の領域及び他方側の領域にそれぞれ存し各々が入射光を光電変換する第 1 の光電変換部及び第 2 の光電変換部を有し、

前記少なくとも一部の画素において、前記第 1 の光電変換部を構成する半導体領域と前記第 2 の光電変換部を構成する半導体領域との間に、その間を電氣的に分離する中空の間隙が形成され、

前記基板上に形成された層間膜に、壁部が全反射面として作用する中空の間隙が、前記平面視において、前記少なくとも一部の画素の前記第 1 及び第 2 の光電変換部の有効受光領域をそれぞれ囲む箇所のうち、前記少なくとも一部の画素の前記分割線に沿った箇所以外の箇所に、形成されたことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項 9】

前記第 1 の光電変換部を構成する前記半導体領域と前記第 2 の光電変換部を構成する前記半導体領域との間に形成された前記間隙内は、空気が存在するか又は真空に近い状態になっていることを特徴とする請求項 8 記載の固体撮像素子。

【請求項 10】

前記少なくとも一部の画素にはマイクロレンズが設けられ、

前記マイクロレンズは、被写体像を当該固体撮像素子に結像させる光学系の射出瞳を、前記第 1 及び第 2 の光電変換部の付近の高さ位置において結像させることを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の固体撮像素子。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の固体撮像素子と、

被写体像を前記固体撮像素子に結像させる光学系と、

前記少なくとも一部の画素の前記第 1 の光電変換部からの信号及び前記第 2 の光電変換部からの信号に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を示す検出信号を出力する検出処理部と、

前記検出処理部からの前記検出信号に基づいて前記光学系の焦点調節を行う調節部と、を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 12】

2 次元状に配置された複数の画素を基板上に備え、

前記複数の画素のうちの一部の画素は、各々が入射光を光電変換する第 1 の光電変換部及び第 2 の光電変換部と、前記第 1 の光電変換部に対応して前記基板上に形成された層間膜と、前記第 2 の光電変換部に対応して前記基板上に形成された層間膜とを有し、

前記両層間膜の間に、壁部が全反射面として作用する中空の間隙が形成されたことを特徴とする固体撮像素子。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、

【背景技術】**【0002】**

近年、ビデオカメラや電子スチルカメラ等の撮像装置が広く一般に普及している。これらのカメラには、CCD型や増幅型などの固体撮像素子が使用されている。これらの固体撮像素子では、入射光の光量に応じて信号電荷を生成する光電変換部を有する画素が、マトリクス状に複数配置されている。増幅型の固体撮像素子では、画素の光電変換部にて生成・蓄積された信号電荷を画素に設けられた増幅部に導き、増幅部で増幅した信号を画素から出力する。

10

【0003】

カメラなどの撮像装置では、自動焦点調節を実現するため、撮影レンズの焦点調節状態を検出する必要がある。従来は、固体撮像素子とは別個に焦点検出素子が設けられていた。しかし、その場合には、焦点検出素子やこれに光を導く焦点検出用光学系の分だけ、コストが増大したり装置が大型となったりする。

【0004】

そこで、近年、焦点検出方式としていわゆる瞳分割位相差方式（瞳分割方式又は位相差方式などと呼ばれる場合もある。）を採用しつつ、焦点検出素子としても用いることができるように構成した固体撮像素子が提案されている（例えば、下記特許文献1）。瞳分割位相差方式は、撮影レンズの通過光束を瞳分割して一对の分割像を形成し、そのパターンズレ（位相シフト量）を検出することで、撮影レンズのデフォーカス量を検出するものである。

20

【0005】

特許文献1に開示された固体撮像素子では、2分割された光電変換部を有する複数の画素が、設けられている。2分割された光電変換部の一方部分と他方部分の間にはフローティングディフュージョンが配置され、このフローティングディフュージョンによって光電変換部が2分割されている。このような光電変換部上に、マイクロレンズが画素に対して1対1に設けられている。2分割された光電変換部は、マイクロレンズによって撮影レンズの射出瞳と略結像関係（すなわち、略共役）となる位置に配置されている。以上述べた関係から、各画素において、2分割された光電変換部の一方部分は、撮影レンズの射出瞳の一部の領域であって前記射出瞳の中心から所定方向へ偏心した領域からの光束を選択的に受光して光電変換することになる。また、各画素において、2分割された光電変換部の他方部分は、撮影レンズの射出瞳の一部の領域であって前記射出瞳の中心から反対方向へ偏心した領域からの光束を選択的に受光して光電変換することになる。

30

【0006】

特許文献1に開示された固体撮像素子では、焦点検出時には、2分割された光電変換部を持つ各画素の2分割光電変換部の一方部分の信号及び他方部分の信号が、異なるタイミングで前記フローティングディフュージョンに転送されて、それぞれ個別に読み出される。そして、瞳分割位相差方式の原理に従って、それらの信号に基づいて、撮影レンズの焦点調節状態が検出される。

40

【0007】

ところで、下記特許文献2には、各画素の光電変換部が2分割されおらず焦点検出機能を有していない通常の固体撮像素子において、光電変換部への集光効率を高めるために、基板上に形成された層間膜に、間隙が、前記基板の法線方向から見た平面視で前記光電変換部を囲むように形成された固体撮像素子が開示されている。

【0008】

また、下記特許文献3には、各画素の光電変換部が2分割されおらず焦点検出機能を有していない固体撮像素子であって、各画素の露光時間が一定となる全画素同時の電子シャ

50

ツタ動作を実現するために、各画素において、光電変換部と増幅部との間に当該光電変換部からの電荷を一時的に蓄積する電荷格納部を設けた固体撮像素子が開示されている。そして、特許文献3に開示された固体撮像素子では、前記電荷格納部への光入射を低減してその光入射による偽信号の発生を抑えるために、基板上に形成された層間膜に、間隙が、前記基板の法線方向から見た平面視で前記電荷格納部を囲むように形成されている。

【特許文献1】特開2003-244712号公報

【特許文献2】特開2003-60179号公報

【特許文献3】特開2007-157912号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0009】

しかしながら、本発明者の研究の結果、前記特許文献1に開示されたような固体撮像素子では、2分割された光電変換部の各部分間で、光信号の分離及び電気信号の分離が必ずしも十分ではなく、これに起因して、焦点検出精度が低下してしまうことが判明した。

【0010】

すなわち、前記特許文献1に開示されたような光電変換部では、2分割された光電変換部の一方部分は、撮影レンズの射出瞳の一方側からの光のみを受光すべきであるのに、当該射出瞳の他方側からの光も漏れ光や迷光などとして受光してしまい、同様に、2分割された光電変換部の他方部分は、撮影レンズの射出瞳の他方側からの光のみを受光すべきであるのに、当該射出瞳の一方側からの光も漏れ光や迷光などとして受光してしまうため、2分割された光電変換部の各部分間で光信号の分離が必ずしも十分ではなく、その結果、焦点検出精度が低下してしまうのである。

20

【0011】

また、前記特許文献1に開示されたような光電変換部では、2分割された光電変換部の一方部分が光電変換して生成した電子は、当該一方部分の電荷蓄積層に蓄積されるのみならず、クロストーク成分として2分割された光電変換部の他方部分の電荷蓄積層にも蓄積されてしまい、同様に、2分割された光電変換部の他方部分が光電変換して生成した電子は、当該他方部分の電荷蓄積層に蓄積されるのみならず、クロストーク成分として2分割された光電変換部の一方部分の電荷蓄積層にも蓄積されてしまうため、2分割された光電変換部の各部分間で電気信号の分離が必ずしも十分ではなく、その結果、焦点検出精度が低下してしまうのである。

30

【0012】

なお、前記特許文献1, 2に開示された固体撮像素子では、層間膜に形成した間隙により光を反射させて、集光効率を高めたり偽信号の発生を抑えているが、焦点検出機能を有していない固体撮像素子(各画素の光電変換部が2分割されていない固体撮像素子)を前提とするものであり、引用文献1, 2は、そのような間隙の形成位置を工夫することで焦点検出精度の向上に寄与し得る点については、何ら開示も示唆もしていない。

【0013】

本発明は、前述した本発明者の研究の結果として新たに見出された、前記特許文献1に開示されたような固体撮像素子の問題点を解決すること、すなわち、2分割された光電変換部を持つ画素を備えることで焦点検出可能であり、しかも、焦点検出精度をより高めることができる固体撮像素子を提供すること、を目的とする。また、本発明は、このような固体撮像素子を用いた撮像装置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】

【0014】

前記課題を解決するため、本発明の第1の態様による固体撮像素子は、2次元状に配置された複数の画素を基板上に備え、前記複数の画素のうちの少なくとも一部の画素は、前記基板の法線方向から見た平面視において分割線により分割される一方側の領域及び他方側の領域にそれぞれ存し各々が入射光を光電変換する第1の光電変換部及び第2の光電変換部を有し、前記基板上に形成された層間膜に、間隙が、前記平面視において前記分割線

50

に沿って形成されたものである。

【0015】

本発明の第2の態様による固体撮像素子は、前記少なくとも一部の画素にはマイクロレンズが設けられ、前記マイクロレンズは、被写体像を当該固体撮像素子に結像させる光学系の射出瞳を、前記間隙における光入射側の端部付近の高さ位置において結像させるものである。

【0016】

本発明の第3の態様による固体撮像素子は、前記第1又は第2の態様において、前記基板上に形成された層間膜に、間隙が、前記平面視において、前記少なくとも一部の画素の前記第1及び第2の光電変換部の有効受光領域をそれぞれ囲むように、前記分割線に沿った箇所以外にも形成されたものである。

10

【0017】

本発明の第4の態様による固体撮像素子は、前記第1乃至第3のいずれかの態様において、前記少なくとも一部の画素において、前記第1の光電変換部を構成する半導体領域と前記第2の光電変換部を構成する半導体領域との間に、間隙が形成されたものである。

【0018】

本発明の第5の態様による固体撮像素子は、前記第1乃至第3のいずれかの態様において、前記少なくとも一部の画素において、前記第1の光電変換部を構成する半導体領域と前記第2の光電変換部を構成する半導体領域との間に、絶縁材料からなる分離部が形成されたものである。

20

【0019】

本発明の第6の態様による固体撮像素子は、2次元状に配置された複数の画素を基板上に備え、前記複数の画素のうち少なくとも一部の画素は、前記基板の法線方向から見た平面視において分割線により分割される一方側の領域及び他方側の領域にそれぞれ存し各々が入射光を光電変換する第1の光電変換部及び第2の光電変換部を有し、前記少なくとも一部の画素において、前記第1の光電変換部を構成する半導体領域と前記第2の光電変換部を構成する半導体領域との間に、間隙が形成されたものである。

【0020】

本発明の第7の態様による固体撮像素子は、2次元状に配置された複数の画素を基板上に備え、前記複数の画素のうち少なくとも一部の画素は、前記基板の法線方向から見た平面視において分割線により分割される一方側の領域及び他方側の領域にそれぞれ存し各々が入射光を光電変換する第1の光電変換部及び第2の光電変換部を有し、前記少なくとも一部の画素において、前記第1の光電変換部を構成する半導体領域と前記第2の光電変換部を構成する半導体領域との間に、絶縁材料からなる分離部が形成されたものである。

30

【0021】

本発明の第8の態様による固体撮像素子は、前記第6又は第7の態様において、前記少なくとも一部の画素にはマイクロレンズが設けられ、前記マイクロレンズは、被写体像を当該固体撮像素子に結像させる光学系の射出瞳を、前記第1及び第2の光電変換部の付近の高さ位置において結像させるものである。

【0022】

本発明の第9の態様による固体撮像素子は、前記第6乃至第8のいずれかの態様において、前記基板上に形成された層間膜に、間隙が、前記平面視において、前記少なくとも一部の画素の前記分割線に沿った箇所を除いて前記少なくとも一部の画素の前記第1及び第2の光電変換部の有効受光領域をそれぞれ囲むように、形成されたものである。

40

【0023】

本発明の第10の態様による撮像装置は、前記第1乃至第9のいずれかの態様による固体撮像素子と、被写体像を前記固体撮像素子に結像させる光学系と、前記少なくとも一部の画素の前記第1の光電変換部からの信号及び前記第2の光電変換部からの信号に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を示す検出信号を出力する検出処理部と、前記検出処理部からの前記検出信号に基づいて前記光学系の焦点調節を行う調節部と、を備えたものである。

50

る。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、2分割された光電変換部を持つ画素を備えることで焦点検出可能でありしかも焦点検出精度をより高めることができる固体撮像素子、及び、これを用いた撮像装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明による固体撮像素子及び撮像装置について、図面を参照して説明する。

【0026】

[第1の実施の形態]

【0027】

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る撮像装置としての電子カメラ1を示す概略ブロック図である。電子カメラ1には、撮影レンズ2が装着される。この撮影レンズ2は、レンズ制御部2aによってフォーカスや絞りが駆動される。この撮影レンズ2の像空間には、固体撮像素子3の撮像面が配置される。

【0028】

固体撮像素子3は、撮像制御部4の指令によって駆動され、信号を出力する。固体撮像素子3から出力される信号は、画像用の信号、焦点検出用の信号のいずれかである。いずれにおいても信号は、信号処理部5、及びA/D変換部6を介して処理された後、メモリ7に一旦蓄積される。メモリ7は、バス8に接続される。バス8には、レンズ制御部2a、撮像制御部4、マイクロプロセッサ9、焦点演算部(検出処理部)10、記録部11、画像圧縮部12及び画像処理部13なども接続される。上記マイクロプロセッサ9には、リリース釦などの操作部9aが接続される。また、上記の記録部11には記録媒体11aが着脱自在に装着される。この電子カメラ1の動作については、後に、図13を参照して説明する。

【0029】

図2は、図1中の固体撮像素子3の概略構成を示す回路図である。固体撮像素子3は、マトリクス状に配置された複数の画素20と、画素20から信号を出力するための周辺回路とを有している。図において、画素数は、横に4行縦に4行の16個の画素を示している。しかし、これに限られるものではない。本実施の形態では、画素として後述する5種類の画素20R, 20G, 20B, 20V, 20Hを有しているが、図2ではそれらのいずれであるかを区別することなく、符号20で示している。これらの画素20は、周辺回路の駆動信号に従って撮像用信号、及び、焦点検出用信号のいずれかを出力する。又、すべての画素20は、同時に光電変換部がリセットされて露光の時間とタイミングが同一にされることが可能となっている。

【0030】

周辺回路は、垂直走査回路21、水平走査回路22、これらと接続されている駆動信号線23, 24、画素からの信号を受け取る垂直信号線25、垂直信号線25と接続される定電流源26及び相関二重サンプリング回路(CDS)27、相関二重サンプリング回路27から出力される信号を受け取る水平信号線28、出力アンプ29等からなる。

【0031】

垂直走査回路21及び水平走査回路22は、電子カメラ1の撮像制御部4からの指令に基づいて駆動信号を出力する。各画素20は、垂直走査回路21から出力される駆動信号を所定の駆動信号線23から受け取って駆動され、撮像用信号又は焦点検出用信号を垂直信号線25に出力する。垂直走査回路21から出力される駆動信号は複数あり、それに伴い駆動配線23も複数ある。これらについては後述する。

【0032】

図3は、図1中の固体撮像素子3(特にその有効画素領域31)を模式的に示す概略平面図である。本実施の形態では、図3に示すように、固体撮像素子3の有効画素領域31

10

20

30

40

50

には、中央に配置された十字状をなす2つの焦点検出領域32, 33と、両側に配置された2つの焦点検出領域34, 35と、上下に配置された2つの焦点検出領域36, 37とが、設けられている。なお、図3に示すように、互いに直交するX軸、Y軸及びZ軸を定義する。また、X軸方向のうち矢印の向きを+X方向又は+X側、その反対の向きを-X方向又は-X側と呼び、Y軸方向についても同様とする。XY平面と平行な平面が固体撮像素子3の撮像面(受光面)と一致している。X軸方向の並びを行、Y軸方向の並びを列とする。なお、入射光は図3の紙面手前側から奥側に入射する。これらの点は、後述する図についても同様である。なお、本願明細書では、X軸方向を左右方向、+X側を右側、-X側を左側、Y軸方向を上下方向、+Y側を上側、-Y側を下側と呼ぶ場合がある。

【0033】

図4は、図3における焦点検出領域35の付近を拡大した概略拡大図であり、画素配置を模式的に示している。図5は、図3における焦点検出領域36の付近を拡大した概略拡大図であり、画素配置を模式的に示している。前述したように、固体撮像素子3は、画素20として、5種類の画素20R, 20G, 20B, 20V, 20Hを有している。図4及び図5において、画素20R, 20G, 20B, 20V, 20Hには、それぞれ符号「R」、「G」、「B」、「V」、「H」を付している。

【0034】

画素20R, 20G, 20Bは、撮影レンズ2によって結像される被写体像を示す画像信号を形成するための撮像用信号を出力する撮像用画素である。本実施の形態では、画素20R, 20G, 20Bにはそれぞれ対応する色のカラーフィルタ(図示せず)が設けられることで、画素20Rは赤色の撮像用信号、画素20Gは緑色の撮像用信号、画素20Bは青色の撮像用信号をそれぞれ出力するように構成されている。一方、画素20V, 20Hは、撮影レンズ2の焦点調節状態を検出するための焦点検出用信号を出力する焦点検出用画素(以下、「AF用画素」という。)であり、画素20V, 20Hにはカラーフィルタは設けられていない。AF用画素20V, 20Hに対する入射光量を増大させ焦点検出精度を高めるためには、画素20V, 20Hにはカラーフィルタを設けないことが好ましいが、本発明では必ずしもこれに限定されるものではない。

【0035】

本実施の形態では、図4及び図5に示すように、撮像用画素20R, 20G, 20Bは基本的にペイヤー配列に従って配列され、Y軸方向に延びた焦点検出領域35には1画素置きにAF用画素20Vが配置され、X軸方向に延びた焦点検出領域36には1画素置きにAF用画素20Hが配置されている。焦点検出領域33, 34は焦点検出領域35と同様であり、焦点検出領域32, 37は焦点検出領域36と同様である。もっとも、このような配置に限定されるものではなく、例えば、焦点検出領域33~35の画素を全てAF用画素20Vとしたり、焦点検出領域32, 36, 37の画素を全てAF用画素20Hとしてもよい。また、本発明では、白黒用として構成してもよく、その場合には撮像用画素にカラーフィルタを設けなくてよい。また、カラー用として構成する場合であっても、前述したようなペイヤー配列に限定されるものではない。

【0036】

図6は、図1中の固体撮像素子3の撮像用画素20R, 20G, 20Bを示す回路図である。これらの画素は同一の回路構成を有している。各撮像用画素20R, 20G, 20Bは、入射光に応じた電荷を生成し蓄積する光電変換部としてのフォトダイオード41と、所定部位としてのフローティング拡散部44と、フォトダイオード41からフローティング拡散部44へ電荷を転送する転送トランジスタ45と、フローティング拡散部44の電荷量に応じた信号を出力する増幅部としての画素アンプ48と、フローティング拡散部44の電荷を排出するリセット部としてのリセットトランジスタ49と、画素アンプ48の信号を当該画素から出力する選択スイッチとしての選択トランジスタ50とを有している。なお、図6において、VDDは電源であり、235は電源VDDに接続するための電源配線である。

【0037】

10

20

30

40

50

図7は、図1中の固体撮像素子3のAF用画素20V、20Hを示す回路図である。これらの画素は同一の回路構成を有している。図7において、図6中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。AF用画素20V、20Hが撮像用画素20R、20G、20Bと回路構成上異なる所は、1つの光電変換部としての1つのフォトダイオード41に代えて、それを2つに分割したような2つの光電変換部としての2つのフォトダイオード42、43を有する点と、これに伴い、1つの転送トランジスタ45に代えて、互いに独立して作動し得る2つの転送トランジスタ46、47を有する点のみである。転送トランジスタ46はフォトダイオード42からフローティング拡散部44へ電荷を転送し、転送トランジスタ47はフォトダイオード43からフローティング拡散部44へ電荷を転送する。

10

【0038】

本実施の形態では、転送トランジスタ45～47、画素アンプ48、リセットトランジスタ49、選択トランジスタ50は、いずれもNMOSトランジスタで構成されている。

【0039】

撮像用画素20R、20G、20Bの転送トランジスタ45及びAF用画素20V、20Hの一方の転送トランジスタ46のゲート電極は、画素行ごとに共通に接続されて、垂直走査回路21から駆動配線23のうちの配線231を介して駆動信号TGAが供給される。AF用画素20V、20Hの他方の転送トランジスタ47のゲート電極は、画素行毎に共通に接続されて、垂直走査回路21から駆動配線23のうちの配線232を介して駆動信号TGBが供給される。

20

【0040】

画素20R、20G、20B、20V、20Hの選択トランジスタ50のゲート電極は、画素行毎に共通に接続されて、垂直走査回路21から駆動配線23のうちの配線233を介して駆動信号Sが供給される。画素20R、20G、20B、20V、20Hのリセットトランジスタ49のゲート電極は、画素行毎に共通に接続されて、垂直走査回路21から駆動配線23のうちの配線234を介して駆動信号Rが供給される。

【0041】

なお、図6及び図7において、フォトダイオード41、42、43の一方の端子、及び、フローティング拡散部44の一方の端子は、便宜的に接地として記載されている。しかし、本実施の形態では、実際は、後述する図9及び図11から理解されたとおりP型ウエル層52の電位となる。

30

【0042】

図8は、図1中の固体撮像素子3のAF用画素20Hの主要部を模式的に示す概略平面図である。理解を容易にするため、図8において、マイクロレンズ66は一点鎖線で示し、間隙71～77にはハッチングを付している。図9は、図8中のA-A'線に沿った概略断面図である。図9には、典型的な光線の様子も示している。

【0043】

図9に示すように、N型のシリコン基板51上にP型ウエル52が形成されている。P型ウエル52に電荷蓄積層であるN型層(N⁺)53が形成されることで、フォトダイオード42、43が構成されている。これらのフォトダイオード42、43は、高濃度のP型層(P⁺⁺)54を基板表面側に付加した構造を有し、フォトダイオードとなっている。この点は、撮像用画素20R、20G、20Bのフォトダイオード41についても同様である。図面には示していないが、P型ウエル52には、前述したトランジスタのソース/ドレインやフローティング拡散部44等が形成されている。

40

【0044】

図8に示すように、2つのフォトダイオード42、43は、基板51の法線方向(Z軸方向)から見た平面視においてY軸方向の分割線B-B'により分割される-X側の領域及び+X側の領域に、それぞれ配置されている。そして、図8及び図9に示すように、入射光をフォトダイオード42、43に導く一つのマイクロレンズ66が、配置されている。本実施の形態では、図9に示すように、マイクロレンズ66は、図1中の撮影レンズ2

50

の射出瞳を、フォトダイオード42, 43の付近の高さ位置(Z軸方向位置)において結像させるように設計されている。図8に示すように、マイクロレンズ66は、その光軸が分割線B-B'とフォトダイオード42, 43のY軸方向の中心線との交点を通るように、配置されている。このため、マイクロレンズ66から導かれる入射光は、瞳分割されて各フォトダイオード42, 43に入射される。すなわち、画素20Hでは、フォトダイオード42は、撮影レンズ2の射出瞳の中心から+X側へ偏心した前記射出瞳の領域からの光束を選択的に有効に受光し、フォトダイオード43は、撮影レンズ2の射出瞳の中心から-X側へ偏心した前記射出瞳の領域からの光束を選択的に有効に受光する。なお、例えば、有効画素領域の中心部の画素では、マイクロレンズ66をその光軸が前記交点を通るように配置する一方、有効画素領域の周辺部の画素では、マイクロレンズ66をその光軸が前記交点からずれた位置を通るように配置してもよい。

10

【0045】

そして、本実施の形態では、図8及び図9に示すように、AF用画素20Hにおいて、フォトダイオード42を構成する半導体領域とフォトダイオード43を構成する半導体領域との間に、間隙71が形成されている。図8に示すように、間隙71は、Z軸方向から見た平面視において分割線B-B'に沿って形成されている。シリコン表面から間隙71の深さ(Z軸方向の深さ)は、例えば、1 μ m程度、5 μ m程度、10 μ m程度などに行うことができる。間隙71の幅は、例えば、0.1 μ m以上であってもよい。本実施の形態では、間隙71内は、空気が存在するか又は真空に近い状態になっている。もっとも、本発明では、間隙71内に酸化シリコンなどの絶縁材料を埋め込んでもよい(後述する第2及び第3の実施の形態も同様)。この場合、当該絶縁材料は、フォトダイオード42を構成する半導体領域とフォトダイオード43を構成する半導体領域との間を電氣的に分離する分離部となる。

20

【0046】

図9に示すように、基板51上には、ゲート絶縁膜等となるシリコン酸化膜55、及び、例えばシリコン酸化膜からなる層間膜56~58が、下側(基板51側)から順に形成されている。図面には示していないが、シリコン酸化膜55と層間膜56との間には、前述したトランジスタのゲート電極等が形成されている。また、図9に示すように、1層目のアルミニウム配線層59、2層目のアルミニウム配線層60及び3層目のアルミニウム配線層61が形成され、これらによって、図2に示す回路の配線がなされている。3層目のアルミニウム配線層61は、各画素の有効受光領域以外を覆う遮光膜となっている。

30

【0047】

そして、本実施の形態では、図8及び図9に示すように、層間膜56~58には、間隙72~76が形成されている。図8に示すように、間隙72はZ軸方向から見た平面視でフォトダイオード42の左辺に沿って形成され、間隙73は前記平面視でフォトダイオード42の上辺に沿って形成され、間隙74はZ軸方向から見た平面視でフォトダイオード42の下辺に沿って形成され、間隙75はZ軸方向から見た平面視でフォトダイオード43の右辺に沿って形成され、間隙76は前記平面視でフォトダイオード43の上辺に沿って形成され、間隙77はZ軸方向から見た平面視でフォトダイオード43の下辺に沿って形成されている。このように、間隙72~77が、分割線B-B'線に沿った箇所を除いて、フォトダイオード42, 43の有効受光領域をそれぞれ囲んでいる。

40

【0048】

また、本実施の形態では、図9に示すように、3層目のアルミニウム配線層61より上側の位置において、窒化シリコン膜等の絶縁膜62、平坦化層63, 65及びマイクロレンズ66が設けられている。AF用画素20Hでは、平坦化層63, 65間にカラーフィルタは設けられていない。

【0049】

以上、図1中の固体撮像素子3の画素20H(図5参照)の構造について説明した。図1中の固体撮像素子3の画素20V(図4参照)の構造は、基本的に、画素20HをZ軸方向回りに90°回転させたものとなっているので、その詳細な説明は省略する。

50

【 0 0 5 0 】

次に、図 1 中の固体撮像素子 3 の撮像用画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B (図 4 及び図 5 参照) の構造について説明する。図 1 0 は、撮像用画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B の主要部を模式的に示す概略平面図であり、図 8 に対応している。図 1 1 は、図 1 0 中の C - C ' 線に沿った概略断面図であり、図 9 に対応している。図 1 0 及び図 1 1 において、図 8 及び図 9 中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

【 0 0 5 1 】

撮像用画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B が、 A F 用画素 2 0 H と主に異なる所は、以下に説明する点のみである。撮像用画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B では、2 分割されていた 2 つのフォトダイオード 4 2 , 4 3 が 1 つのフォトダイオード 4 1 にまとめられている。これに伴い、撮像用画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B では、 A F 用画素 2 0 H において分割線 B - B ' 線に沿って半導体領域に形成されていた間隙 7 1 は、形成されていない。また、撮像用画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B では、 A F 用画素 2 0 H の間隙 7 2 ~ 7 7 に相当する間隙 8 1 ~ 8 4 が、層間膜 5 6 ~ 5 8 に形成されている。図 1 0 に示すように、間隙 8 1 は Z 軸方向から見た平面視でフォトダイオード 4 1 の左辺に沿って形成され、間隙 8 2 は前記平面視でフォトダイオード 4 1 の右辺に沿って形成され、間隙 8 3 は前記平面視でフォトダイオード 4 1 の上辺に沿って形成され、間隙 8 4 は前記平面視でフォトダイオード 4 1 の下辺に沿って形成されている。さらに、撮像用画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B では、平坦化層 6 3 , 6 5 間に、対応する色のカラーフィルタ 6 4 が設けられている。

【 0 0 5 2 】

本実施の形態による固体撮像素子 3 は、基本的に、従来の固体撮像素子と同様に半導体製造プロセスを利用して製造することができる。間隙 7 1 に関しては、例えば、 P 型ウェル層 5 2 内にフォトダイオード 4 1 ~ 4 3 の N 型層 5 3 などを形成した後、全面にレジストを形成し、フォトリソエッチング法によりこのレジストにおける間隙 7 1 に相当する部分のみを除去し、このレジストをマスクとしてドライエッチングにより間隙 7 1 を形成した後にこのレジストを除去し、その後、通常の手法でシリコン酸化膜 5 5 を形成すればよい。このとき、間隙 7 1 の幅を適当に狭めたりその後成膜する材料の成膜条件を適宜設定しておくことで、間隙 7 1 が当該材料で埋め込まれないようにすることができる。もっとも、絶縁材料であれば、間隙 7 1 内に入ったとしても、電子の移動を阻止する機能には影響がないので、支障はない。なお、前述したように、本実施の形態を变形して間隙 7 1 内に酸化シリコンなどの絶縁材料を埋め込む場合には、間隙 7 1 の幅を比較的広くし、当該絶縁材料の成膜条件を適宜設定しておくことによって、間隙 7 1 内に絶縁材料を埋め込むことができる。

【 0 0 5 3 】

間隙 7 2 ~ 7 7 に関しては、層間膜 5 8 まで作製した後に、層間膜 5 8 上に全面にレジストを形成し、フォトリソエッチング法によりこのレジストにおける間隙 7 2 ~ 7 7 に相当する部分のみを除去し、このレジストをマスクとしてドライエッチングにより間隙 7 2 ~ 7 7 を形成した後にこのレジストを除去し、その後、通常の手法で絶縁膜 6 2 を形成すればよい。このとき、絶縁膜 6 2 の材料が間隙 7 2 ~ 7 7 内に入らないように、間隙 7 2 ~ 7 7 の幅や絶縁膜 6 2 の成膜条件を設定する。

【 0 0 5 4 】

なお、間隙 7 1 ~ 7 7 の形成方法が、前述したようなドライエッチングに限定されるものでないことは、言うまでもない。

【 0 0 5 5 】

次に、固体撮像素子 3 の駆動手順の各例について、図 1 2 及び図 1 3 を参照して説明する。図 1 2 は、焦点検出モード (固体撮像素子 3 から焦点検出用信号を読み出す動作モード) 時の固体撮像素子 3 の駆動手順を示すタイミングチャートである。図 1 3 は、撮像モード (固体撮像素子 3 から撮像用信号を読み出す動作モード) 時の固体撮像素子 3 の駆動手順を示すタイミングチャートである。なお、各画素に含まれるトランジスタは N M O S

トランジスタであり、ハイレベル（ハイ）の駆動信号を受けてオン状態とされる。

【 0 0 5 6 】

最初に、図 1 2 を参照して焦点検出モード時の駆動手順を説明する。まず、期間 T 1 において、全行の T G A , T G B がハイにされ、全画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B , 2 0 V , 2 0 H の転送トランジスタ 4 5 ~ 4 7 がオンにされる。このとき、全行の R がハイにされて全画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B , 2 0 V , 2 0 H のリセットトランジスタ 4 9 がオンにされているので、期間 T 1 において、全画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B , 2 0 V , 2 0 H のフォトダイオード 4 1 ~ 4 3 及びフローティング拡散部 4 4 がリセットされる。全行の T G A , T G B は、期間 T 1 後にローにされ、全画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B , 2 0 V , 2 0 H の転送トランジスタ 4 5 ~ 4 7 がオフにされる。

10

【 0 0 5 7 】

期間 T 1 の後の期間 T 2 において、メカニカルシャッタ（図示せず）が開かれる。この期間 T 2 が露光期間となる。

【 0 0 5 8 】

次いで、期間 T 3 において、1 行目の S がハイにされる。これにより、1 行目の選択トランジスタ 5 0 がオンにされ、1 行目の行選択が開始され、1 行目の画素アンプ 4 8 によるソースフォロワ読み出しが開始される。

【 0 0 5 9 】

期間 T 3 の開始時点から所定期間経過した後に期間 T 1 1 が開始される。期間 T 1 1 では、1 行目の R がローにされて1 行目のリセットトランジスタ 4 9 がオフにされ、1 行目のフローティング拡散部 4 4 のリセットが終了される。期間 T 1 1 の開始時点から期間 T 1 4 の開始時点までの間に、1 行目のダークレベル（フローティング拡散部 4 4 のリセット状態に対応して1 行目の画素アンプ 4 8 から出力される信号）が、画素アンプ 4 8 から垂直信号線 2 5 を介して C D S 回路 2 7 にクランプ（保存）される。このダークレベルは、次回に読み出しされる信号が1 行目の T G A に応答してフォトダイオード 4 1 , 4 2（図 1 2 では、P D A と表記）から転送されて来る信号電荷によるものであるため、フォトダイオード 4 1 , 4 2（P D A）に関するダークレベルとして用いられる。

20

【 0 0 6 0 】

期間 T 1 4 において、1 行目の T G A がハイにされて1 行目の転送トランジスタ 4 5 , 4 6 がオンにされる。これにより、1 行目の撮像用画素 2 0 R , 2 0 G , 2 0 B のフォトダイオード 4 1 に蓄積されていた信号電荷及び1 行目の A F 用画素 2 0 V , 2 0 H の一方のフォトダイオード 4 2 に蓄積されていた信号電荷が、当該画素のフローティング拡散部 4 4 に転送される。そして、期間 T 1 4 の終了時に、1 行目の T G A がローにされて1 行目の転送トランジスタ 4 5 , 4 6 がオフにされる。期間 T 1 4 の終了時点から期間 T 1 1 の終了時点（期間 T 1 2 の開始時点）までの間に、1 行目のフローティング拡散部 4 4 に転送された電荷による電位変動が画素アンプ 4 8 から垂直信号線 2 5 を介して C D S 回路 2 7 にクランプされる。すなわち、フォトダイオード 4 1 , 4 2（P D A）の信号読み出しが行われる。そして、C D S 回路 2 7 によって、フォトダイオード 4 1 , 4 2（P D A）に関するこの信号と、フォトダイオード 4 1 , 4 2（P D A）に関する先のダークレベルとの差分信号が取得される。この差分信号のうち A F 用画素 2 0 V , 2 0 H の一方のフォトダイオード 4 2 に関するもののみが、焦点検出用信号として用いられる。

30

40

【 0 0 6 1 】

期間 T 1 2 において、1 行目の R がハイにされて1 行目のリセットトランジスタ 4 9 がオンにされ、1 行目のフローティング拡散部 4 4 がリセットされる。

【 0 0 6 2 】

期間 T 1 2 の終了時点から期間 T 1 3 が開始される。期間 T 1 3 では、1 行目の R がローにされて1 行目のリセットトランジスタ 4 9 がオフにされ、フローティング拡散部 4 4 のリセットが終了される。期間 T 1 3 の開始時点（期間 T 1 2 の終了時点）から期間 T 1 5 の開始時点までの間に、1 行目のダークレベル（フローティング拡散部 4 4 のリセット状態に対応して1 行目の画素アンプ 4 8 から出力される信号）が、画素アンプ 4 8 から

50

垂直信号線 25 を介して CDS 回路 27 にクランプ（保存）される。このダークレベルは、次回に読み出しされる信号が 1 行目の TGB に応答してフォトダイオード 43（図 12 では、PDB と表記）から転送されて来る信号電荷によるものであるため、フォトダイオード 43（PDB）に関するダークレベルとして用いられる。

【0063】

期間 T15 において、1 行目の TGB がハイにされて 1 行目の転送トランジスタ 47 がオンにされる。これにより、1 行目の AF 用画素 20V, 20H の他方のフォトダイオード 43 に蓄積されていた信号電荷が、当該画素のフローティング拡散部 44 に転送される。そして、期間 T15 の終了時に、1 行目の TGB がローにされて 1 行目の転送トランジスタ 47 がオフにされる。期間 T15 の終了時点から期間 T13 の終了時点（期間 T3 の終了時点）までの間に、1 行目のフローティング拡散部 44 に転送された電荷による電位変動が画素アンプ 48 から垂直信号線 25 を介して CDS 回路 27 にクランプされる。すなわち、フォトダイオード 43（PDB）の信号読み出しが行われる。そして、CDS 回路 27 によって、フォトダイオード 43（PDB）に関するこの信号と、フォトダイオード 43（PDB）に関する先のダークレベルとの差分信号が取得される。この差分信号が、焦点検出用信号として用いられる。

10

【0064】

その後、期間 T3 の終了時点（期間 T13 の終了時点）において、1 行目の R がハイにされて 1 行目のリセットトランジスタ 49 がオンにされ、1 行目のフローティング拡散部 44 のリセットが開始されるとともに、1 行目の S がローにされて 1 行目の選択トランジスタ 50 がオフにされ、1 行目の行選択が終了される。

20

【0065】

次に、水平帰線期間を経て次の 2 行目の選択動作の期間 T4 へと移行する。2 行目以降も 1 行目と同様な動作が繰り返されるので、ここではその説明は省略する。このようにして、すべての行から信号が読み出されると、焦点検出モードを終了する。

【0066】

次に、図 13 を参照して撮像モード時の駆動手順を説明する。撮像モード時では、AF 用画素 20V, 20H のフォトダイオード 43 からの信号は使用せず意味を持たないため、TGB は任意でよい。したがって、図 13 には、TGB を記載していない。

【0067】

撮像モード時には、まず、期間 T21 において、全行の TGA がハイにされ、全画素 20R, 20G, 20B, 20V, 20H の転送トランジスタ 45, 46 がオンにされる。このとき、全行の R がハイにされて全画素 20R, 20G, 20B, 20V, 20H のリセットトランジスタ 49 がオンにされているので、期間 T21 において、少なくとも画素 20R, 20G, 20B のフォトダイオード 41 及びフローティング拡散部 44 がリセットされる。全行の TGA は、期間 T21 後にローにされ、画素 20R, 20G, 20B, 20V, 20H の転送トランジスタ 45, 46 がオフにされる。

30

【0068】

期間 T21 の後の期間 T22 において、メカニカルシャッタ（図示せず）が開かれる。この期間 T22 が露光期間となる。

40

【0069】

次いで、期間 T23 において、1 行目の S がハイにされる。これにより、1 行目の選択トランジスタ 50 がオンにされ、1 行目の行選択が開始され、1 行目の画素アンプ 48 によるソースフォロウ読み出しが開始される。

【0070】

期間 T23 の開始時点から所定期間経過した後に期間 T31 が開始される。期間 T31 では、1 行目の R がローにされて 1 行目のリセットトランジスタ 49 がオフにされ、1 行目のフローティング拡散部 44 のリセットが終了される。期間 T31 の開始時点から期間 T32 の開始時点までの間に、1 行目のダークレベル（フローティング拡散部 44 のリセット状態に対応して 1 行目の画素アンプ 48 から出力される信号）が、画素アンプ 48

50

から垂直信号線 25 を介して CDS 回路 27 にクランプ（保存）される。このダークレベルは、次回に読み出しされる信号が 1 行目の TGA に応答してフォトダイオード 41, 42（図 12 では、PDA と表記）から転送されて来る信号電荷によるものであるため、フォトダイオード 41, 42（PDA）に関するダークレベルとして用いられる。

【0071】

期間 T32 において、1 行目の TGA がハイにされて 1 行目の転送トランジスタ 45, 46 がオンにされる。これにより、1 行目の撮像用画素 20R, 20G, 20B のフォトダイオード 41 に蓄積されていた信号電荷及び 1 行目の AF 用画素 20V, 20H の一方のフォトダイオード 42 に蓄積されていた信号電荷が、当該画素のフローティング拡散部 44 に転送される。そして、期間 T32 の終了時に、1 行目の TGA がローにされて 1 行目の転送トランジスタ 45, 46 がオフにされる。期間 T32 の終了時点から期間 T31 の終了時点（期間 T23 の終了時点）までの間に、1 行目のフローティング拡散部 44 に転送された電荷による電位変動が画素アンプ 48 から垂直信号線 25 を介して CDS 回路 27 にクランプされる。すなわち、フォトダイオード 41, 42（PDA）の信号読出しが行われる。そして、CDS 回路 27 によって、フォトダイオード 41, 42（PDA）に関するこの信号と、フォトダイオード 41, 42（PDA）に関する先のダークレベルとの差分信号が取得される。この差分信号のうち撮像用画素 20R, 20G, 20B のフォトダイオード 41 に関するもののみが、撮像用信号として用いられる。

【0072】

その後、期間 T23 の終了時点（期間 T31 の終了時点）において、1 行目の R がハイにされて 1 行目のリセットトランジスタ 49 がオンにされ、1 行目のフローティング拡散部 44 のリセットが開始されるとともに、1 行目の S がローにされて 1 行目の選択トランジスタ 50 がオフにされ、1 行目の行選択が終了される。

【0073】

次に、水平帰線期間を経て次の 2 行目の選択動作の期間 T24 へと移行する。2 行目以降も 1 行目と同様な動作が繰り返されるので、ここではその説明は省略する。このようにして、すべての行から信号が読み出されると、撮像モードを終了する。

【0074】

ここで、本実施の形態による電子カメラ 1 の動作の一例について、図 14 及び図 1 を参照して説明する。図 14 は、本実施の形態による電子カメラ 1 の動作を示す概略フローチャートである。

【0075】

操作部 9a のリリース釦の半押し操作が行われる（ステップ S1）と、電子カメラ 1 内のマイクロプロセッサ 9 は、その半押し操作に同期して撮像制御部 4 を駆動する。撮像制御部 4 は、被写体の確認を行うために予め定めた公知の手法により、撮像用画素 20R, 20G, 20B のうちの全画素又は所定画素から被写体確認用の撮像信号を読み出し、メモリ 7 に蓄積する。このとき、全画素を読み出す場合は、例えば、前記図 13 に示す動作と同様の動作を行う。そして、画像処理部 13 は、その信号から、画像認識技術を利用して被写体を認識する（ステップ S2）。例えば、顔認識モードの場合、被写体として顔を認識する。このとき、画像処理部 13 は、被写体の位置及び形状を得る。

【0076】

その後、マイクロプロセッサ 9 は、ステップ 2 で得られた被写体の位置及び形状に従って、焦点検出領域 32 ~ 37 のうちから、被写体に対する焦点調節状態を精度良く検出するのに最適な、焦点検出に用いるべき、オートフォーカス用ラインセンサに相当する焦点検出領域を設定する（ステップ S3）。また、マイクロプロセッサ 9 は、ステップ S2 の認識結果等に基づいて、焦点検出用の撮影条件（絞り、焦点調節状態、シャッタ時間等）を設定する（ステップ S4）。

【0077】

引き続き、マイクロプロセッサ 9 は、ステップ S4 で設定した絞り等の条件となるようにレンズ制御部 2a を作動させ、ステップ S4 で設定したシャッタ時間等の条件でかつ

10

20

30

40

50

ステップ S 3 で設定した焦点検出領域の A F 用画素 2 0 V 又は 2 0 H の画素列の座標に従って、撮像制御部 4 を駆動することで、焦点検出用信号を読み出し、メモリ 7 に蓄積する（ステップ S 5）。このとき、前述した図 1 2 に示す動作と同様の動作によって、焦点検出用信号を読み出す。

【 0 0 7 8 】

次に、マイクロプロセッサ 9 は、ステップ S 5 で取得されメモリ 7 に格納された全画素の信号のうちから、ステップ S 3 で設定した焦点検出領域の A F 用画素 2 0 V 又は 2 0 H からの焦点検出用信号をピックアップし、それらの信号に基づいて瞳分割位相差方式に従った演算（焦点調節状態の検出処理）を焦点検出演算部 1 0 に行わせることで、焦点検出演算部 1 0 にデフォーカス量を算出させる（ステップ S 6）。

10

【 0 0 7 9 】

次いで、マイクロプロセッサ 9 は、ステップ S 6 で算出されたデフォーカス量に応じて合焦状態となるように、レンズ制御部 2 a に撮影レンズ 2 を調節させる。引き続き、マイクロプロセッサ 9 は、本撮影のための撮影条件（絞り、シャッタ時間等）を設定する（ステップ S 8）。

【 0 0 8 0 】

次に、マイクロプロセッサ 9 は、ステップ S 8 で設定した絞り等の条件となるようにレンズ制御部 2 a を作動させ、操作部 9 a のレリーズ釦の全押し操作に同期して、ステップ S 9 で設定したシャッタ時間等の条件で撮像制御部 4 を駆動することで、画像信号を読み出して本撮影を行う（ステップ S 9）。このとき、前述した図 1 3 に示す動作と同様の動作によって、撮像用信号を読み出す。撮像制御部 4 によって、この撮像用信号は、メモリ 7 に蓄積される。

20

【 0 0 8 1 】

その後、マイクロプロセッサ 9 は、操作部 9 a の指令に基づき、必要に応じて画像処理部 1 3 や画像圧縮部 1 2 にて所望の処理を行い、記録部に処理後の信号を出力させ記録媒体 1 1 a に記録する。

【 0 0 8 2 】

本実施の形態では、前述したように、A F 用画素 2 0 H において、フォトダイオード 4 2 を構成する半導体領域とフォトダイオード 4 3 を構成する半導体領域との間に、間隙 7 1 が形成されている。したがって、フォトダイオード 4 2 が光電変換して生成した電子（フォトダイオード 4 2 の電荷蓄積層 5 3 の下側の P 型ウエル 5 2 の領域で発生した電子）が、フォトダイオード 4 3 の電荷蓄積層 5 3 の方へ移動しようとしても、その移動が間隙 7 1 によって阻止されて、当該電子はフォトダイオード 4 3 の電荷蓄積層 5 3 に補足されない。同様に、フォトダイオード 4 3 が光電変換して生成した電子（フォトダイオード 4 3 の電荷蓄積層 5 3 の下側の P 型ウエル 5 2 の領域で発生した電子）が、フォトダイオード 4 2 の電荷蓄積層 5 3 の方へ移動しようとしても、その移動が間隙 7 1 によって阻止されて、当該電子はフォトダイオード 4 3 の電荷蓄積層 5 3 に補足されない。このため、本実施の形態によれば、フォトダイオード 4 2 , 4 3 の間での電子の移動によるクロストーク成分が低減され、フォトダイオード 4 2 , 4 3 の間の電気信号の分離が高まる。以上の点は、A F 用画素 2 0 V についても同様である。したがって、本実施の形態によれば、焦点検出精度が高まる。なお、間隙 7 1 内に絶縁材料を埋め込んだ場合も、同様の利点が見られる。

30

40

【 0 0 8 3 】

また、本実施の形態によれば、A F 用画素 2 0 H に関して、間隙 7 2 ~ 7 7 が形成されている。間隙 7 2 ~ 7 7 内は、空気が存在するか又は真空に近い状態になるが、いずれにせよ、間隙 7 2 ~ 7 7 内の屈折率はほぼ 1 . 0 となる。一方、層間膜 5 6 ~ 5 8 は、例えばシリコン酸化膜であるため、比較的屈折率が高い。このため、間隙 7 2 ~ 7 7 の壁部での臨界角は小さくなる。したがって、層間膜 5 6 ~ 5 8 から間隙 7 2 ~ 7 7 内へ入射しようとする大部分の光に対して、間隙 7 2 ~ 7 7 の壁部が全反射面として作用することになる。よって、A F 用画素 2 0 H において、マイクロレンズ 6 6 を通過した後に間隙 7 2

50

～ 77の壁部に入射する光は、当該壁部により全反射され、迷光や漏れ光などになることなく、フォトダイオード42, 43に入射する。このため、フォトダイオード42, 43への集光効率が高まる。以上の点は、AF用画素20Vについても同様である。したがって、本実施の形態によれば、SN比の高い焦点検出用信号を得ることができ、この点からも、焦点検出精度を高めることができる。

【0084】

さらに、本実施の形態によれば、撮像用画素20R, 20G, 20Bに関して、間隙81～84が形成されているので、間隙81～84の壁部は間隙72～77の壁部と同様に全反射面として作用する。したがって、撮像用画素20R, 20G, 20Bに関して、フォトダイオード41への集光効率が高まり、これにより高品質の画像を得ることができる。

10

【0085】

なお、本実施の形態を次のように変形してもよい。すなわち、必ずしも、AF用画素20H, 20Vにおいて間隙72～77を形成しなくてもよいし、撮像用画素20R, 20G, 20Bにおいて間隙81～84を形成しなくてもよい。この場合、AF用画素20H, 20Vのフォトダイオード42, 43への集光率の向上や、撮像用画素20R, 20G, 20Bのフォトダイオード41への集光率の向上を図ることはできないが、間隙71によって、フォトダイオード42, 43の間の電気信号の分離を高めることはできる。

【0086】

[第2の実施の形態]

20

【0087】

図15は、本発明の第2の実施の形態による電子カメラの固体撮像素子のAF用画素20Hの主要部を模式的に示す概略断面図であり、図9に対応している。図15において、図9中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

【0088】

本実施の形態が前記第1の実施の形態と異なる所は、前記第1の実施の形態では、AF用画素20Hにおいて、1つの間隙71に代えて、並列した2つの間隙71a, 71bが、Z軸方向から見た平面視で分割線B-B'線(図8参照。)に沿って形成されている点のみである。本実施の形態によっても、前記第1の実施の形態と同様の利点が得られる。

30

【0089】

[第3の実施の形態]

【0090】

図16は、本発明の第3の実施の形態による電子カメラの固体撮像素子のAF用画素20Hの主要部を模式的に示す概略平面図であり、図8に対応している。図17は、図16中のD-D'線に沿った概略断面図であり、図9に対応している。図18は、本発明の第3の実施の形態による電子カメラの固体撮像素子の撮像用画素20R, 20G, 20Bの主要部を模式的に示す概略平面図であり、図10に対応している。図19は、図18中のE-E'線に沿った概略断面図であり、図11に対応している。

40

【0091】

図16乃至図19において、図8乃至図11中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。本実施の形態が前記第1の実施の形態と異なる所は、以下に説明する点のみである。

【0092】

本実施の形態では、図16及び図17に示すように、AF用画素20Hにおいて、層間膜56～58には、間隙91も形成されている。間隙91は、Z軸方向から見た平面視において分割線B-B'に沿って形成されている。この点は、AF用画素20Vについても同様である。

【0093】

また、前記第1の実施の形態では、図9に示すように、マイクロレンズ66は、図1中

50

の撮影レンズ2の射出瞳を、フォトダイオード42, 43の付近の高さ位置(Z軸方向位置)において結像させるように設計されているのに対し、本実施の形態では、図17に示すように、マイクロレンズ66は、撮影レンズ2の射出瞳を、間隙91の上端(+Z側端部)の付近の高さ位置(Z軸方向位置)(すなわち、層間膜58の上面付近)において結像させるように設計されている。この点は、AF用画素20Vについても同様である。

【0094】

さらに、本実施の形態では、図19に示すように、撮像用画素20R, 20G, 20Bのマイクロレンズ66も、AF用画素20H, 20Vのマイクロレンズ66と同じ結像特性を持つように設計されている。

【0095】

本実施の形態では、間隙72~77の場合と同様に、間隙91の両壁部が全反射面として作用することになる。したがって、本実施の形態によれば、AF用画素20Hにおいて、間隙91の両壁部の全反射作用によって、前記第1の実施の形態に比べて、撮影レンズ2の射出瞳の一方側からの光のみを受光すべきフォトダイオード42が、当該射出瞳の他方側からの光を受光してしまうことが低減され、同様に、撮影レンズ2の射出瞳の他方側からの光のみを受光すべきフォトダイオード43が、当該射出瞳の一方側からの光を受光してしまうことが低減される。このため、本実施の形態によれば、AF用画素20Hにおいて、フォトダイオード42, 43間の光信号の分離が高まる。以上の点は、AF用画素20Vについても同様である。したがって、本実施の形態によれば、より一層、焦点検出精度が高まる。

【0096】

なお、本実施の形態によっても、前記第1の実施の形態と同様に、間隙71によってフォトダイオード42, 43間の電気信号の分離が高まるという利点、及び、間隙72~77によってフォトダイオード42, 43への集光効率が高まるという利点が、得られる。

【0097】

なお、本実施の形態を次のように変形してもよい。すなわち、必ずしも、AF用画素20H, 20Vにおいて間隙72~77を形成しなくてもよいし、撮像用画素20R, 20G, 20Bにおいて間隙81~84を形成しなくてもよい。この場合、AF用画素20H, 20Vのフォトダイオード42, 43への集光率の向上や、撮像用画素20R, 20G, 20Bのフォトダイオード41への集光率の向上を図ることはできないが、間隙71によってフォトダイオード42, 43の間の電気信号の分離を高めることはできるとともに、間隙91によってフォトダイオード42, 43の間の光信号の分離を高めることはできる。

【0098】

[第4の実施の形態]

【0099】

図20は、本発明の第4の実施の形態による電子カメラの固体撮像素子のAF用画素20Hの主要部を模式的に示す概略断面図であり、図17に対応している。図20において、図17中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

【0100】

本実施の形態が前記第3の実施の形態と異なる所は、AF用画素20Hにおいて、フォトダイオード42の半導体領域とフォトダイオード43の半導体領域との間に間隙71が形成されていない点のみである。本実施の形態によれば、間隙71が形成されていないので、フォトダイオード42, 43の間の電気信号の分離を高めることはできないが、その他は、前記第3の実施の形態と同様の利点が得られる。

【0101】

なお、本実施の形態を次のように変形してもよい。すなわち、必ずしも、AF用画素20H, 20Vにおいて間隙72~77を形成しなくてもよいし、撮像用画素20R, 20G, 20Bにおいて間隙81~84を形成しなくてもよい。この場合、AF用画素20H

10

20

30

40

50

、20Vのフォトダイオード42、43への集光率の向上や、撮像用画素20R、20G、20Bのフォトダイオード41への集光率の向上を図ることはできないが、間隙91によってフォトダイオード42、43の間の光信号の分離を高めることはできる。

【0102】

以上、本発明の各実施の形態及びそれらの変形例について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0103】

例えば、前述した各実施の形態では、撮像モードにおいて、AF用画素20H、20Vからの信号は、撮像用信号として用いていなかったが、AF用画素20H、20Vにもカラーフィルタを設け、撮像モードにおいて、転送トランジスタ46、47（図7参照）を同時にオンすることで、フォトダイオード42、43の電荷を両方とも同時にフローティング拡散部44へ転送し、これにより両信号を加算して読み出せば、その加算信号は撮像用信号として用いることができる。

【0104】

また、前述した各実施の形態では、AF用画素20H、20Vでは、2つのフォトダイオード42、43の分割方向が縦又は横となっていたが、その分割方向は斜め45度などにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る撮像装置としての電子カメラを示す概略ブロック図である。

【図2】図1中の固体撮像素子の概略構成を示す回路図である。

【図3】図1中の固体撮像素子を模式的に示す概略平面図である。

【図4】図3における所定の焦点検出領域の付近を拡大した概略拡大図である。

【図5】図3における他の焦点検出領域の付近を拡大した概略拡大図である。

【図6】図1中の固体撮像素子の撮像用画素を示す回路図である。

【図7】図1中の固体撮像素子のAF用画素を示す回路図である。

【図8】図1中の固体撮像素子のAF用画素の主要部を模式的に示す概略平面図である。

【図9】図8中のA-A'線に沿った概略断面図である。

【図10】図1中の固体撮像素子の撮像用画素の主要部を模式的に示す概略平面図である。

【図11】図10中のC-C'線に沿った概略断面図である。

【図12】焦点検出モード時の図1中の固体撮像素子の駆動手順を示すタイミングチャートである。

【図13】撮像モード時の図1中の固体撮像素子の駆動手順を示すタイミングチャートである。

【図14】第1の実施の形態による電子カメラの動作を示す概略フローチャートである。

【図15】本発明の第2の実施の形態による電子カメラの固体撮像素子のAF用画素の主要部を模式的に示す概略断面図である。

【図16】本発明の第3の実施の形態による電子カメラの固体撮像素子のAF用画素の主要部を模式的に示す概略平面図である。

【図17】図16中のD-D'線に沿った概略断面図である。

【図18】本発明の第3の実施の形態による電子カメラの固体撮像素子の撮像用画素の主要部を模式的に示す概略平面図である。

【図19】図18中のE-E'線に沿った概略断面図である。

【図20】本発明の第4の実施の形態による電子カメラの固体撮像素子のAF用画素の主要部を模式的に示す概略断面図である。

【符号の説明】

【0106】

1 電子カメラ

10

20

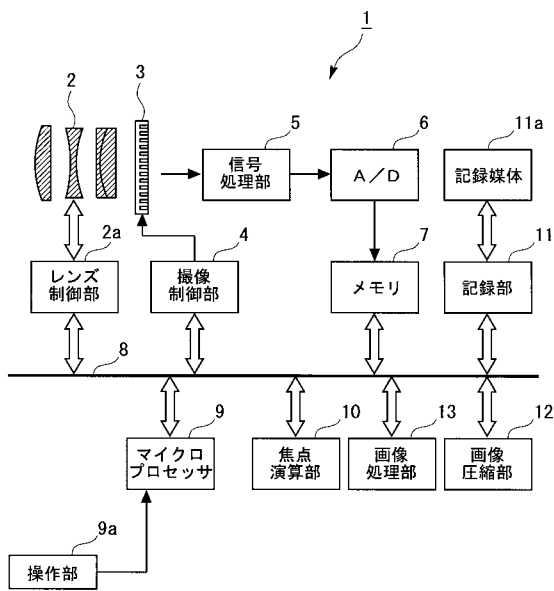
30

40

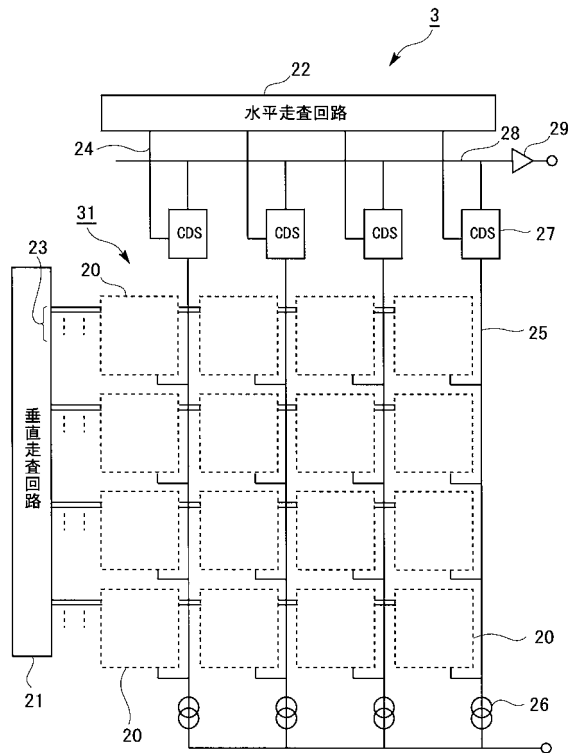
50

- 3
- 20 画素
- 20V, 20H 焦点検出用画素 (AF用画素)
- 20R, 20G, 20B 撮像用画素
- 42, 43 フォトダイオード
- 51 基板
- 56 ~ 58 層間膜
- 71 ~ 77, 81 ~ 84, 91 間隙

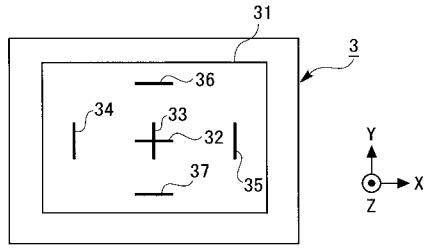
【図1】



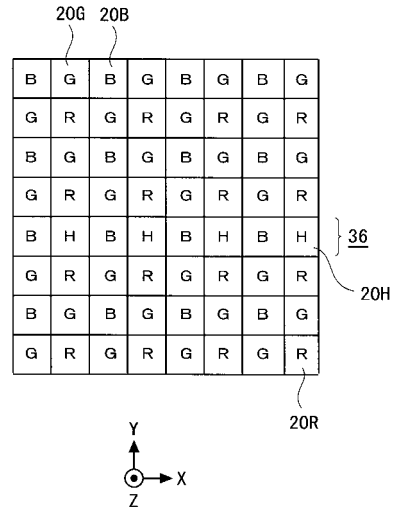
【図2】



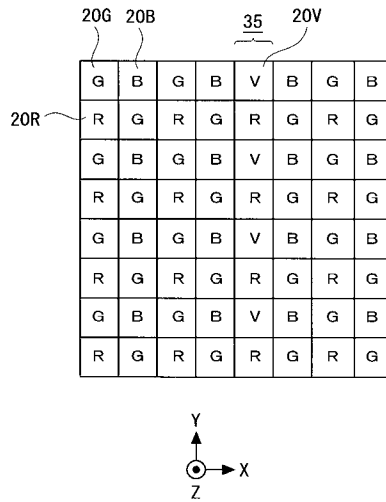
【 図 3 】



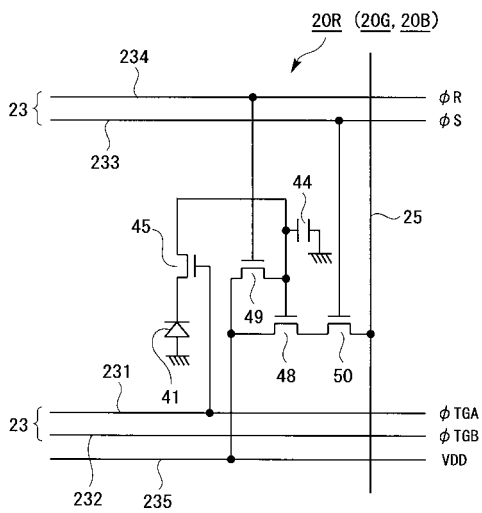
【 図 5 】



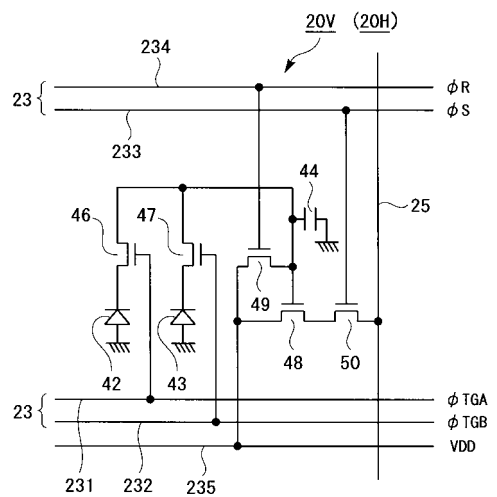
【 図 4 】



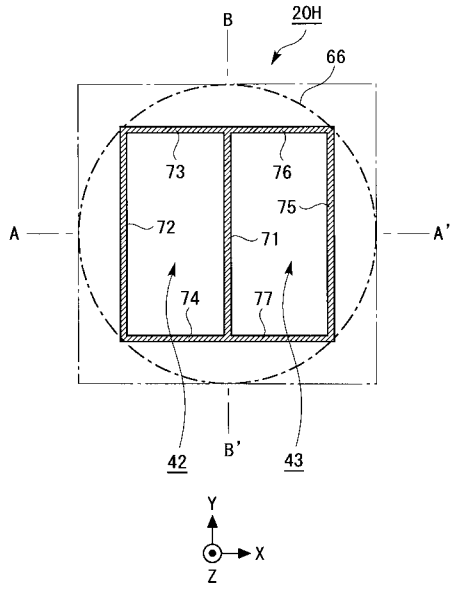
【 図 6 】



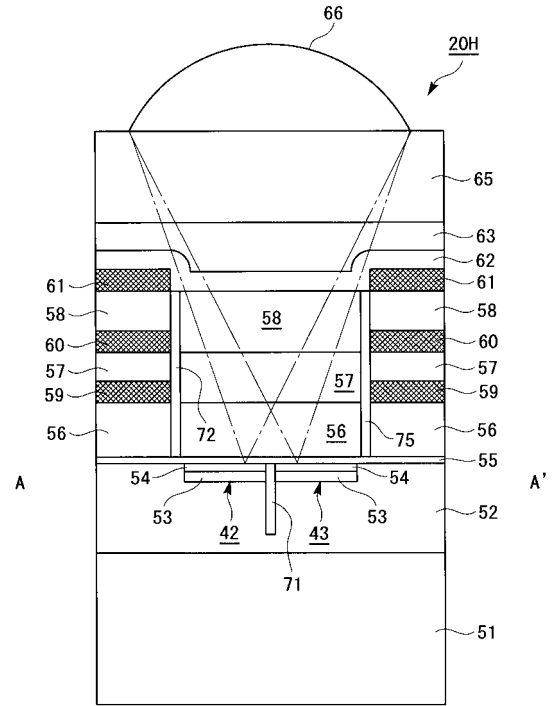
【 図 7 】



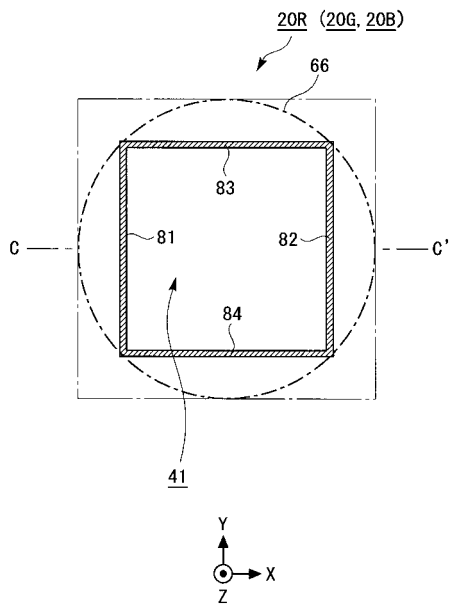
【図8】



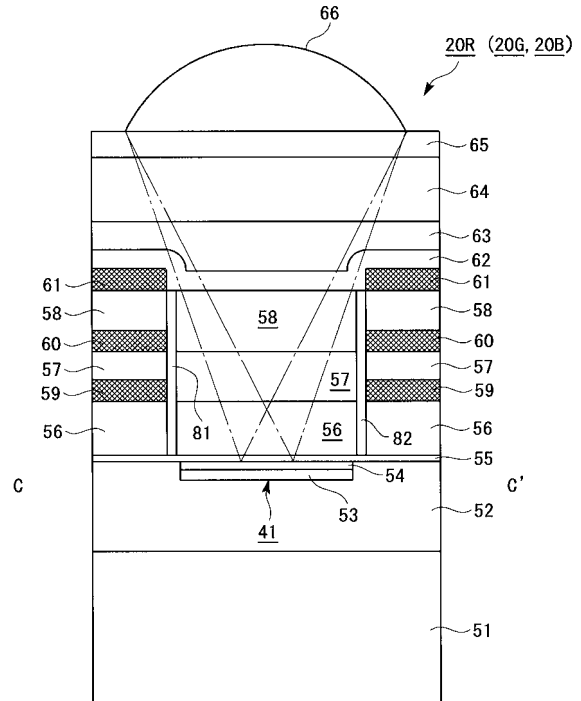
【図9】



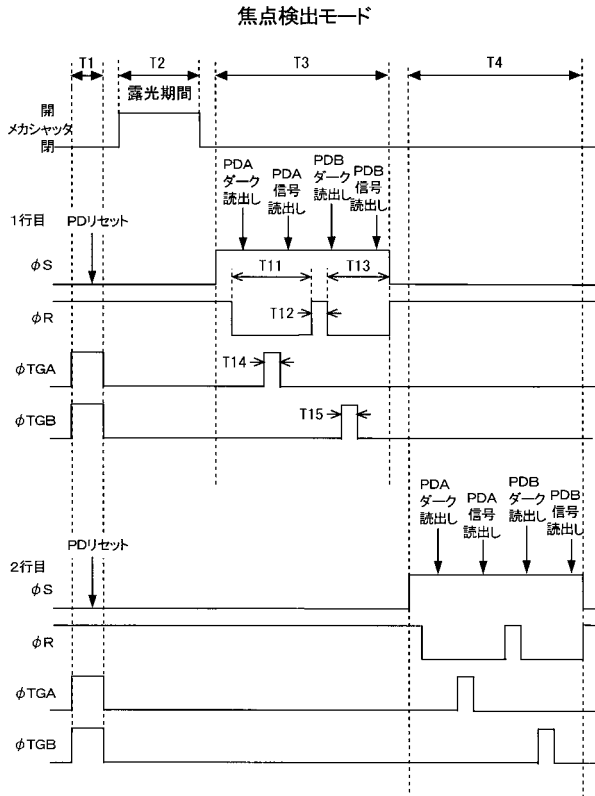
【図10】



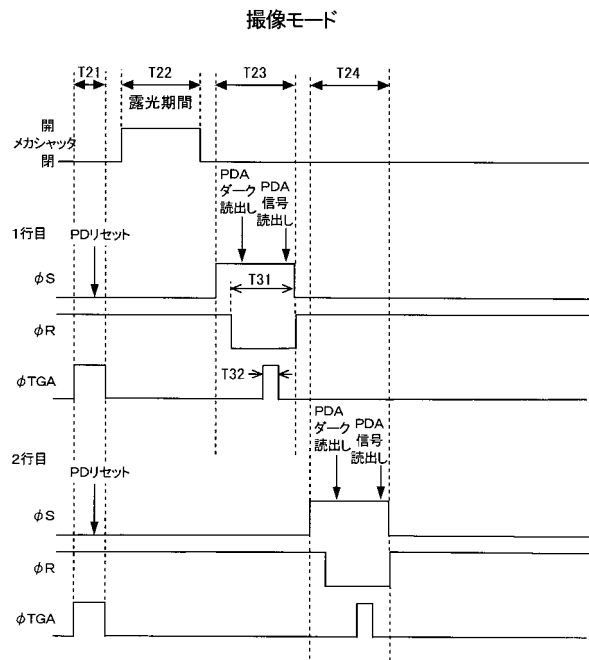
【図11】



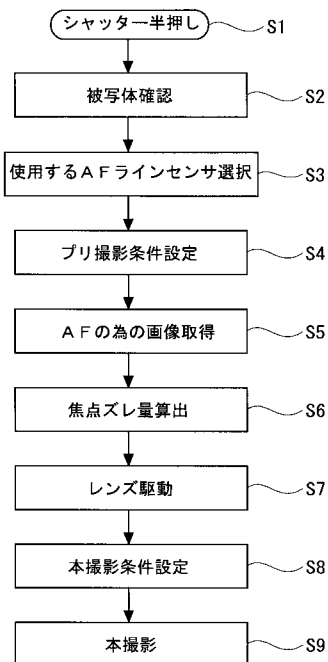
【図12】



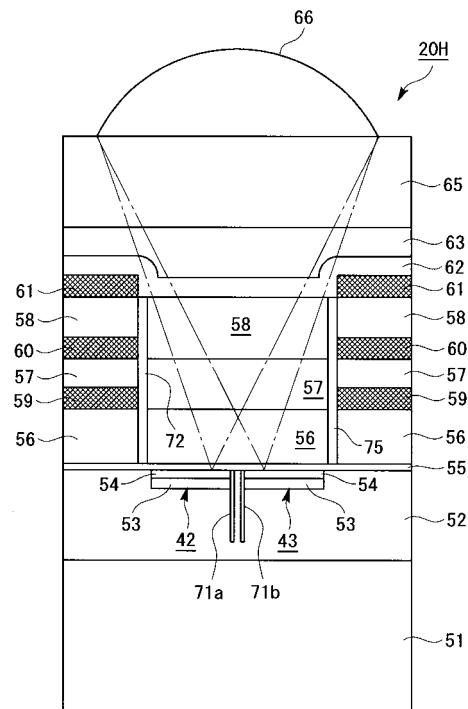
【図13】



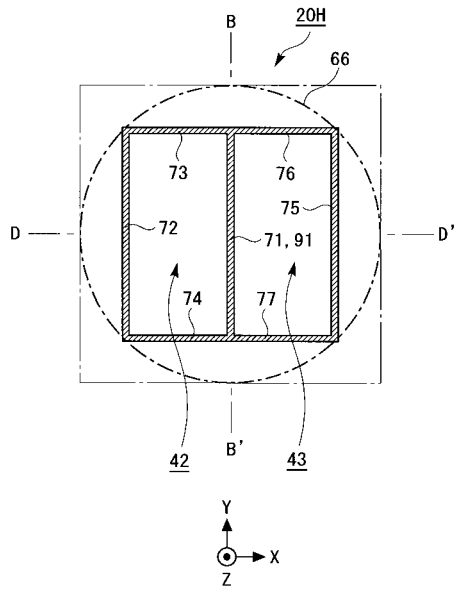
【図14】



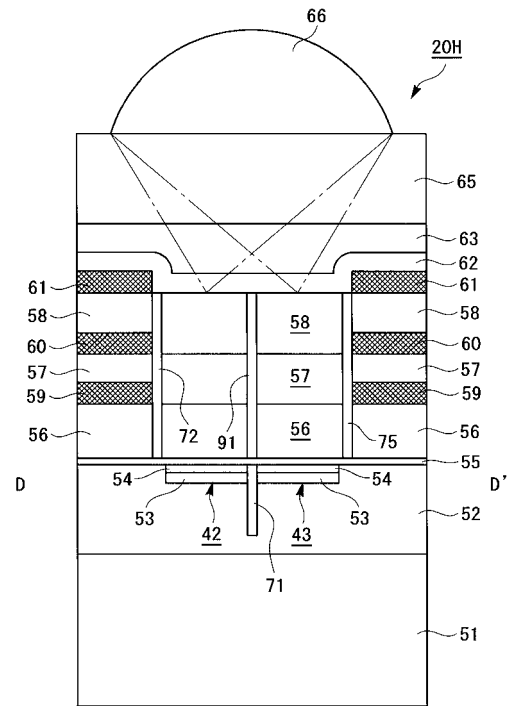
【図15】



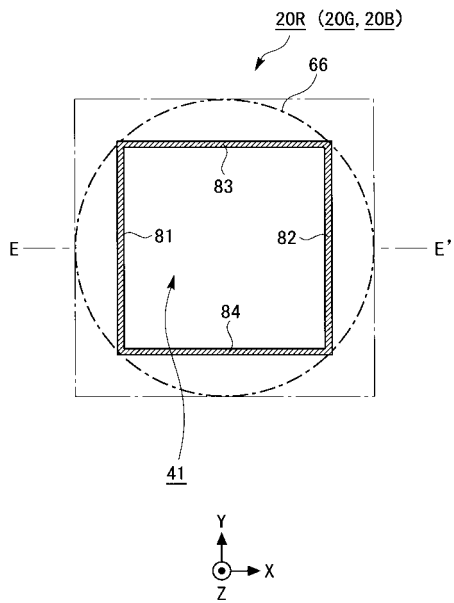
【 図 16 】



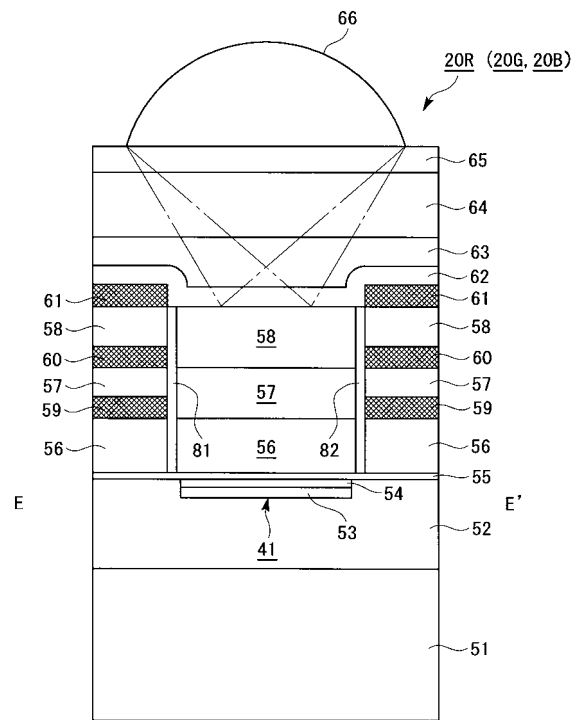
【 図 17 】



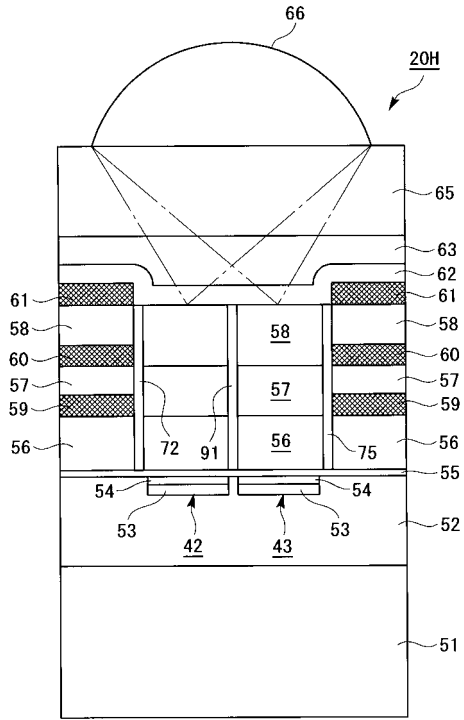
【 図 18 】



【 図 19 】



【図 20】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-243744(JP,A)
特開2002-314062(JP,A)
特開2002-118245(JP,A)
特開昭61-139061(JP,A)
特開2007-013142(JP,A)
特開2003-244712(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/146
H04N 5/232
H04N 5/30
H04N 5/369