

(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2015-26675
(P2015-26675A)

(43) 公開日 平成27年2月5日(2015. 2. 5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 27/14 (2006.01)	HO 1 L 27/14 D	4 M 1 1 8
HO 4 N 5/369 (2011.01)	HO 4 N 5/335 6 9 0	5 C 0 2 4
HO 4 N 9/07 (2006.01)	HO 4 N 9/07 D	5 C 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2013-154458 (P2013-154458) 平成25年7月25日 (2013. 7. 25)	(71) 出願人 000002185 ソニー株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号 (74) 代理人 100082131 弁理士 稲本 義雄 (74) 代理人 100121131 弁理士 西川 孝 (72) 発明者 中田 征志 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株 式会社内 Fターム(参考) 4M118 AA05 AB01 AB03 BA14 CA03 CA24 CA34 DD04 FA06 GA02 GB03 GB07 GB11 GB13 GB18 GC09 GC11 GC14 GD03 GD04
		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像素子およびその製造方法、並びに電子機器

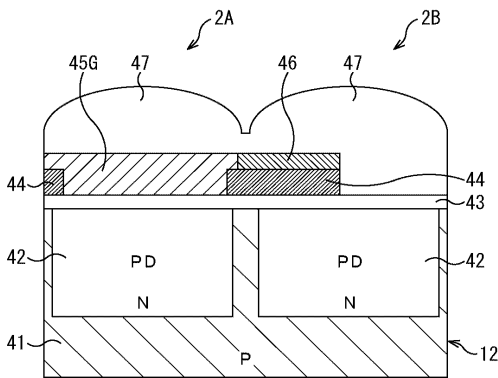
(57) 【要約】

【課題】位相差画素において遮光膜による不要な反射を抑制することができるようにする。

【解決手段】固体撮像素子は、光電変換素子の受光面を遮光膜により撮像素子よりも大きく遮光した位相差画素を備える。位相差画素は、遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に光吸収膜を有し、受光面に入射される透過対象の光軸上には光吸収膜が設けられていない。本開示の技術は、例えば、位相差画素を有する固体撮像素子等に適用できる。

【選択図】 図 3

図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光電変換素子の受光面を遮光膜により撮像素子よりも大きく遮光した位相差画素を備え

、

前記位相差画素は、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に光吸収膜を有し、前記受光面に入射される透過対象の光軸上には前記光吸収膜が設けられていない

固体撮像素子。

【請求項 2】

前記光吸収膜は、所定の色フィルタで形成されている

請求項 1 に記載の固体撮像素子。

10

【請求項 3】

前記光吸収膜は、前記撮像素子で利用されている色フィルタの一つで形成されている

請求項 1 に記載の固体撮像素子。

【請求項 4】

前記光吸収膜は、青色の色フィルタである

請求項 3 に記載の固体撮像素子。

【請求項 5】

前記光吸収膜は、隣接する前記撮像素子の色フィルタを延伸することにより形成されている

請求項 1 に記載の固体撮像素子。

20

【請求項 6】

前記光吸収膜は、前記撮像素子で利用されている複数の色フィルタを積層して構成されている

請求項 1 に記載の固体撮像素子。

【請求項 7】

前記光吸収膜は、赤外フィルタまたは黒色の色フィルタである

請求項 1 に記載の固体撮像素子。

【請求項 8】

前記受光面に入射される透過対象の光軸上には、前記光吸収膜とは異なる色の色フィルタが設けられている

請求項 2 に記載の固体撮像素子。

30

【請求項 9】

前記受光面に入射される透過対象の光軸上には、ホワイトフィルタが設けられている

請求項 2 に記載の固体撮像素子。

【請求項 10】

前記光吸収膜は、前記遮光膜の上に形成されている

請求項 1 に記載の固体撮像素子。

【請求項 11】

前記光吸収膜の遮光方向の線幅が、前記遮光膜よりも短くなるようにオフセットされている

請求項 1 に記載の固体撮像素子。

40

【請求項 12】

前記光吸収膜のオフセット量は、最大入射角に応じて決定されている

請求項 11 に記載の固体撮像素子。

【請求項 13】

前記光吸収膜のオフセット量は、画素アレイ部内の位置に応じて異なる

請求項 11 に記載の固体撮像素子。

【請求項 14】

前記光吸収膜のオフセット量は、前記遮光膜からの高さに応じて異なる

請求項 11 に記載の固体撮像素子。

50

【請求項 15】

前記光吸収膜は、所定の膜を介して前記遮光膜の上に形成されている
請求項 10 に記載の固体撮像素子。

【請求項 16】

前記位相差画素と前記撮像素子が混在している
請求項 1 に記載の固体撮像素子。

【請求項 17】

前記位相差画素のみで構成されている
請求項 1 に記載の固体撮像素子。

【請求項 18】

前記遮光膜は金属膜である
請求項 1 に記載の固体撮像素子。

10

【請求項 19】

位相差画素の画素領域に、光電変換素子の受光面を撮像素子よりも大きく遮光した遮光膜を形成し、

前記受光面に入射される透過対象の光軸上には光吸収膜を形成せずに、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に前記光吸収膜を形成する

固体撮像素子の製造方法。

【請求項 20】

光電変換素子の受光面を遮光膜により撮像素子よりも大きく遮光した位相差画素を備え

20

、
前記位相差画素は、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に光吸収膜を有し、前記受光面に入射される透過対象の光軸上には前記光吸収膜が設けられていない

固体撮像素子

を備える電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、固体撮像素子およびその製造方法、並びに電子機器に関し、特に、位相差画素において遮光膜による不要な反射を抑制することができるようにする固体撮像素子およびその製造方法、並びに電子機器に関する。

30

【背景技術】

【0002】

行列状に 2 次元配置された複数の画素の一部に位相差画素を設けた電子機器が開発されている（例えば、特許文献 1）。位相差画素では、受光領域の一部が遮光膜で遮光されており、位相差画素から出力される信号から、レンズのフォーカスズレを検出することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

40

【特許文献 1】特開 2010 - 160313 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、位相差画素の遮光膜が反射率の高い金属などで構成されている場合、遮光膜に当たった光が散乱して、隣接画素に混色したり、レンズ鏡筒内にまで散乱することがあり、フレアや赤色玉ゴーストが発生することがあった。

【0005】

また、散乱した光が位相差画素のフォトダイオードに入射することで、本来、遮光したい光が光電変換されてしまうため、位相差を低下させてしまうこともあった。位相差が低

50

下すると、位相差検出によるAF制御精度が低下し、電子機器のフォーカス速度に対して影響を与えることになる。

【0006】

本開示は、このような状況に鑑みてなされたものであり、位相差画素において遮光膜による不要な反射を抑制することができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の第1の側面の固体撮像素子は、光電変換素子の受光面を遮光膜により撮像素よりも大きく遮光した位相差画素を備え、前記位相差画素は、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に光吸収膜を有し、前記受光面に入射される透過対象の光軸上には前記光吸収膜が設けられていない。

10

【0008】

本開示の第2の側面の固体撮像素子の製造方法は、位相差画素の画素領域に、光電変換素子の受光面を撮像素よりも大きく遮光した遮光膜を形成し、前記受光面に入射される透過対象の光軸上には光吸収膜を形成せずに、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に前記光吸収膜を形成する。

【0009】

本開示の第3の側面の電子機器は、光電変換素子の受光面を遮光膜により撮像素よりも大きく遮光した位相差画素を備え、前記位相差画素は、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に光吸収膜を有し、前記受光面に入射される透過対象の光軸上には前記光吸収膜が設けられていない固体撮像素子を備える。

20

【0010】

本開示の第1及び第3の側面においては、光電変換素子の受光面を遮光膜により撮像素よりも大きく遮光した位相差画素が設けられ、前記位相差画素では、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に光吸収膜が設けられ、前記受光面に入射される透過対象の光軸上には前記光吸収膜が設けられていない。

【0011】

本開示の第2の側面においては、位相差画素の画素領域に、光電変換素子の受光面を撮像素よりも大きく遮光した遮光膜が形成され、前記受光面に入射される透過対象の光軸上には光吸収膜を形成せずに、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に前記光吸収膜が形成される。

30

【0012】

固体撮像素子及び電子機器は、独立した装置であっても良いし、他の装置に組み込まれるモジュールであっても良い。

【発明の効果】

【0013】

本開示の第1乃至第3の側面によれば、位相差画素において遮光膜による不要な反射を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

40

【図1】本開示に係る固体撮像素子の概略構成を示す図である。

【図2】図1の画素アレイ部のみを示した図である。

【図3】撮像素子と位相差画素の断面構成図である。

【図4】撮像素子と位相差画素の一般的な断面構成図である。

【図5】図1の位相差画素の画素構造と一般的な画素構造との違いを説明する図である。

【図6】撮像素子と位相差画素の製造方法について説明する図である。

【図7】位相差画素の第2乃至第4の実施の形態を示す図である。

【図8】位相差画素の第5及び第6の実施の形態を示す図である。

【図9】位相差画素の第6の実施の形態で注意すべき点を説明する図である。

【図10】位相差画素の第6の実施の形態で注意すべき点を説明する図である。

50

【図 1 1】位相差画素の第 6 の実施の形態で注意すべき点を説明する図である。

【図 1 2】遮光膜と光吸収膜との被り量について説明する図である。

【図 1 3】位相差画素の第 5 及び第 6 の実施の形態の変形例を示す図である。

【図 1 4】本開示に係る位相差画素の構成を説明する図である。

【図 1 5】位相差画素の第 7 乃至第 9 の実施の形態を示す図である。

【図 1 6】射出瞳補正を行った画素アレイ部の構成について説明する図である。

【図 1 7】射出瞳補正を行った画素アレイ部の構成について説明する図である。

【図 1 8】遮光膜の配置例を示す図である。

【図 1 9】本開示に係る撮像装置の構成例を示すブロック図である。

【図 2 0】本開示に係る撮像装置のその他の構成例を示すブロック図である。

【図 2 1】本開示に係る固体撮像素子の基板構成例を示す図である。

【図 2 2】本開示に係る撮像装置としてのデジタル一眼レフカメラの外観構成を示す正面図である。

【図 2 3】本開示の固体撮像素子を搭載したカプセル内視鏡の断面構成を示す図である。

【図 2 4】本開示の固体撮像素子を含むスマートフォンの外観構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本開示を実施するための形態（以下、実施の形態という）について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 固体撮像素子の概略構成例

2. 位相差画素の第 1 の実施の形態（光吸収膜を有する構成）

3. 位相差画素の第 2 乃至第 4 の実施の形態（光吸収膜とホワイトフィルタを有する構成）

4. 位相差画素の第 5 及び第 6 の実施の形態（隣接する色フィルタを延伸する構成）

5. 位相差画素の第 7 乃至第 9 の実施の形態（光吸収膜と色フィルタを有する構成）

6. 固体撮像素子の射出瞳補正の例

7. 遮光膜の配置例

8. 電子機器への適用例

【0016】

< 1. 固体撮像素子の概略構成例 >

図 1 は、本開示に係る固体撮像素子の概略構成を示している。

【0017】

図 1 の固体撮像素子 1 は、半導体として例えばシリコン（Si）を用いた半導体基板 12 に、画素 2 が行列状に 2 次元配置されている画素アレイ部 3 と、その周辺の周辺回路部とを有して構成される。周辺回路部には、垂直駆動回路 4、カラム信号処理回路 5、水平駆動回路 6、出力回路 7、制御回路 8 などが含まれる。

【0018】

画素アレイ部 3 において、行列状に 2 次元配置された画素 2 には、画像生成用の信号を生成する撮像素素 2A と、焦点検出用の信号を生成する位相差画素 2B とがある。撮像素素 2A と位相差画素 2B の違いについては後述する。

【0019】

画素 2 は、光電変換素子としてのフォトダイオードと、複数の画素トランジスタ（いわゆる MOS トランジスタ）を有して成る。複数の画素トランジスタは、例えば、転送トランジスタ、選択トランジスタ、リセットトランジスタ、及び、増幅トランジスタの 4 つの MOS トランジスタで構成される。

【0020】

また、画素 2 は、共有画素構造とすることもできる。この画素共有構造は、複数のフォトダイオードと、複数の転送トランジスタと、共有される 1 つのフローティングディフュージョン（浮遊拡散領域）と、共有される 1 つずつの他の画素トランジスタとから構成される。すなわち、共有画素では、複数の単位画素を構成するフォトダイオード及び転送トラ

10

20

30

40

50

ンジスタが、他の１つずつの画素トランジスタを共有して構成される。

【００２１】

制御回路８は、入力クロックと、動作モードなどを指令するデータを受け取り、また固体撮像素子１の内部情報などのデータを出力する。すなわち、制御回路８は、垂直同期信号、水平同期信号及びマスタクロックに基づいて、垂直駆動回路４、カラム信号処理回路５及び水平駆動回路６などの動作の基準となるクロック信号や制御信号を生成する。そして、制御回路８は、生成したクロック信号や制御信号を、垂直駆動回路４、カラム信号処理回路５及び水平駆動回路６等に出力する。

【００２２】

垂直駆動回路４は、例えばシフトレジスタによって構成され、画素駆動配線１０を選択し、選択された画素駆動配線１０に画素２を駆動するためのパルスを供給し、行単位で画素２を駆動する。すなわち、垂直駆動回路４は、画素アレイ部３の各画素２を行単位で順次垂直方向に選択走査し、各画素２の光電変換部において受光量に応じて生成された信号電荷に基づく画素信号を、垂直信号線９を通してカラム信号処理回路５に供給する。

【００２３】

カラム信号処理回路５は、画素２の列ごとに配置されており、１行分の画素２から出力される信号を画素列ごとにノイズ除去などの信号処理を行う。例えば、カラム信号処理回路５は、画素固有の固定パターンノイズを除去するためのＣＤＳ(Correlated Double Sampling：相関２重サンプリング)およびＡＤ変換等の信号処理を行う。

【００２４】

水平駆動回路６は、例えばシフトレジスタによって構成され、水平走査パルスを順次出力することによって、カラム信号処理回路５の各々を順番に選択し、カラム信号処理回路５の各々から画素信号を水平信号線１１に出力させる。

【００２５】

出力回路７は、カラム信号処理回路５の各々から水平信号線１１を通して順次に供給される信号に対し、信号処理を行って出力する。出力回路７は、例えば、バッファリングだけする場合もあるし、黒レベル調整、列ばらつき補正、各種デジタル信号処理などが行われる場合もある。入出力端子１３は、外部と信号のやりとりをする。

【００２６】

以上のように構成される固体撮像素子１は、ＣＤＳ処理とＡＤ変換処理を行うカラム信号処理回路５が画素列ごとに配置されたカラムＡＤ方式と呼ばれるＣＭＯＳイメージセンサである。

【００２７】

< 画素アレイ部の一部拡大図 >

図２は、図１の画素アレイ部３のみを示した図である。

【００２８】

図２の画素アレイ部３では、位相差画素２Ｂが黒丸で示されている。そして、図２では、画素アレイ部３内において、撮像素素２Ａのみが配置されている領域２１と、撮像素素２Ａと位相差画素２Ｂの両方が配置されている領域２２の拡大図が示されている。

【００２９】

領域２１および領域２２において、各撮像素素２Ａ内に示される「Ｒ」、「Ｇ」、および「Ｂ」の文字は、画素内に形成されている色フィルタの色を示している。具体的には、「Ｒ」が赤色を表し、「Ｇ」が緑色を表し、「Ｂ」が青色を表す。従って、画素アレイ部３の各撮像素素２Ａの色フィルタは、いわゆるベイヤ配列で配置されている。なお、以下では、「Ｒ」の色フィルタが配置された撮像素素２ＡをＲ画素、「Ｇ」の色フィルタが配置された撮像素素２ＡをＧ画素、「Ｂ」の色フィルタが配置された撮像素素２ＡをＢ画素ともいう。

【００３０】

領域２２では、ベイヤ配列で「Ｂ」の色フィルタが配置される撮像素素２Ａの一部が位相差画素２Ｂに置き換えられて配置されている。

【００３１】

位相差画素２Ｂには、例えば、遮光方向を左右方向（水平方向）とした場合、フォトダ

10

20

30

40

50

イオードの受光面の右側半分が遮光されたタイプAと、左側半分が遮光されたタイプBの2種類があり、これら2種類が対となって画素アレイ部3の所定の位置に配置されている。

【0032】

図2の領域22では、タイプAの位相差画素2Bについては「 P_A 」と表示され、タイプBの位相差画素2Bについては「 P_B 」と表示されている。

【0033】

タイプAからの画素信号とタイプBの画素信号とでは、開口部の形成位置の違いにより、像のずれが発生する。この像のずれから、位相ずれ量を算出してデフォーカス量を算出し、撮影レンズを調整(移動)することで、オートフォーカスを達成することができる。

【0034】

10

< 2. 位相差画素の第1の実施の形態 >

< 画素の断面構成図 >

撮像素素2Aと位相差画素2Bが隣り合う図2の領域23の断面構成について、図3を参照して説明する。即ち、図3は、図1の固体撮像素子1の撮像素素2Aと位相差画素2Bの断面構成を示す図である。

【0035】

固体撮像素子1は、半導体基板12の、例えば、P型(第1導電型)の半導体領域41に、N型(第2導電型)の半導体領域42を画素2ごとに形成することにより、フォトダイオードPDが、画素単位に形成されている。

【0036】

20

半導体基板12の表面側(図中下側)には、フォトダイオードPDに蓄積された電荷の読み出し等を行う複数の画素トランジスタと、複数の配線層と層間絶縁膜とからなる多層配線層が形成されている(いずれも図示せず)。

【0037】

半導体基板12の裏面側(図中上側)の界面には、例えば、シリコン酸化膜などによる反射防止膜(絶縁層)43が形成されている。

【0038】

反射防止膜43の上側の一部には、遮光膜44が形成されている。より具体的には、撮像素素2Aでは、フォトダイオードPD全面に光が入射されるように、反射防止膜43上の画素境界のみに遮光膜44が形成されている。一方、位相差画素2Bでは、フォトダイオードPDの受光面が撮像素素2Aよりも大きく遮光されるように、遮光膜44が形成されている。すなわち、位相差画素2Bでは、画素境界に加えて、フォトダイオードPDの受光面の片側半分(図3では、左側半分)も遮光されるように遮光膜44が形成されている。

30

【0039】

遮光膜44は、光を遮光する材料であればよいが、遮光性が強く、かつ微細加工、例えばエッチングで精度よく加工できる材料が望ましい。遮光膜44は、例えば、タングステン(W)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、ニッケル(Ni)などの金属膜で形成することができる。

【0040】

遮光膜44を含む反射防止膜43の上には、撮像素素2Aでは、色フィルタ45が形成されている。色フィルタ45は、例えば顔料や染料などの色素を含んだ感光性樹脂を回転塗布することによって形成される。この撮像素素2Aに配置されている色フィルタ45は、図2の領域23からも明らかなように緑色(G)の光のみを透過させるフィルタである。なお、図2以降の各図では、緑色(G)の色フィルタ45については色フィルタ45Gと示し、青色(B)の色フィルタ45については色フィルタ45Bと示している。赤色(R)の色フィルタ45については色フィルタ45Rと示す。

40

【0041】

色フィルタ45の上には、オンチップレンズ(マイクロレンズ)47が形成されている。オンチップレンズ47は、例えば、スチレン系樹脂、アクリル系樹脂、スチレン-アクリル共重合系樹脂、またはシロキサン系樹脂等の樹脂系材料で形成される。

50

【 0 0 4 2 】

一方、位相差画素 2 Bでは、遮光膜 4 4 の上側に、光吸収膜 4 6 が形成されている。この光吸収膜 4 6 は、例えば、色フィルタ 4 5 と同一の材料で形成することができ、図 2 を参照して説明したように、本実施の形態では、「B」の色フィルタが配置される位置に位相差画素 2 Bは配置されているので、青色 (B) の色フィルタ 4 5 と同一の材料で形成されている。そして、遮光膜 4 4 が形成されていない開口部分と光吸収膜 4 6 の上側に、オンチップレンズ 4 7 が形成されている。

【 0 0 4 3 】

撮像素素 2 Aと位相差画素 2 Bは以上のように構成されており、固体撮像素子 1 は、画素トランジスタが形成される半導体基板 1 2 の表面側と反対側の裏面側から光が入射される裏面照射型のCMOS固体撮像素子である。

10

【 0 0 4 4 】

参考のため、一般的な画素構造を有する撮像素素 5 1 Aと位相差画素 5 1 Bの構造を図 4 に示す。図 4 以降の各図面において、図 3 と対応する部分については同一の符号を付しており、図 3 の画素構造と異なる部分に注目して説明する。

【 0 0 4 5 】

撮像素素 5 1 Aの画素構造は、上述した固体撮像素子 1 の撮像素素 2 Aの画素構造と同一である。

【 0 0 4 6 】

これに対して、位相差画素 5 1 Bの画素構造を、上述した固体撮像素子 1 の位相差画素 2 Bの画素構造を比較すると、図 4 の位相差画素 5 1 Bでは、遮光膜 4 4 の上側に、光吸収膜 4 6 が形成されていない点異なる。

20

【 0 0 4 7 】

図 5 を参照して、固体撮像素子 1 の位相差画素 2 Bの画素構造と、一般的な位相差画素 5 1 Bの画素構造との違いについてさらに説明する。

【 0 0 4 8 】

図 5 Aは、図 3 に示した固体撮像素子 1 の画素構造を示し、図 5 Bは、図 4 に示した一般的な画素構造を示している。

【 0 0 4 9 】

図 5 Bに示される一般的な位相差画素 5 1 Bでは、遮光膜 4 4 の上側には光吸収膜 4 6 が形成されていないため、位相差画素 5 1 Bに入射された大きな光量の光はそのまま遮光膜 4 4 に照射される。遮光膜 4 4 は、一般に金属膜で形成され、反射率が高いため、図 5 Bに示されるように、大きな光量の光が散乱し、隣接する撮像素素 5 1 Aに入射して、混色の原因となることがあった。

30

【 0 0 5 0 】

また、本来遮光したいはずの遮光膜 4 4 に当たった光が位相差画素 5 1 BのフォトダイオードPDに入射することもある。この場合、本来遮光したいはずの光が光電変換されてしまうため、位相差信号に誤差が発生し、位相差検出によるAF制御の精度が低下することとなる。

【 0 0 5 1 】

あるいはまた、遮光膜 4 4 に当たった光がオンチップレンズ 4 7 の外側に散乱することもあり得る。遮光膜 4 4 に当たった光がオンチップレンズ 4 7 の外側に散乱した場合、オンチップレンズ 4 7 の外側に散乱した光が、オンチップレンズ 4 7 よりさらに外側の光学系のIRカットフィルタなどで反射されて、フォトダイオードPDに再び入射されることで、フレアや赤色玉ゴーストが発生し得る。

40

【 0 0 5 2 】

なお、一般的な位相差画素 5 1 Bでは、色フィルタ 4 5 に相当するものが形成されていない場合のほかに、透明な (ホワイトの) 色フィルタ 4 5 が形成されている場合もある。この場合も、透明な色フィルタ 4 5 は光を減光させないため、上記と同様の状況となる。

【 0 0 5 3 】

50

これに対して、固体撮像素子 1 の位相差画素 2 Bでは、遮光膜 4 4 の上に光吸収膜 4 6 が形成されているため、遮光対象の入射光は吸収され、遮光膜 4 4 に当たる光の光量は低減される。これにより、遮光膜 4 4 が反射率の高い金属膜で構成されている場合であっても、遮光膜 4 4 に当たった光が散乱して、隣接画素に混色したり、レンズ鏡筒内にまで散乱することを抑制し、フレアや赤色玉ゴーストの発生を低減することができる。

【0054】

また、遮光膜 4 4 に当たって散乱した光が位相差画素 2 BのフォトダイオードPDに入射することで、本来、遮光したい光が光電変換され、位相差を低下させてしまうリスクも低減することができるので、AF制御精度やフォーカス速度を向上させることができる。

【0055】

光吸収膜 4 6 は、反射防止膜よりも光を吸収する効果が大きい材料で形成される。したがって、反射防止膜では反射を防ぐことができても、隣接画素や位相差画素自体に光が伝搬するリスクがあるが、光吸収膜 4 6 では、そのリスクを低減することができる。

【0056】

位相差画素 2 Bは、上述したように、撮像素素 2 Aであれば青色 (B) の色フィルタ 4 5 が配置される画素位置に配置されており、光吸収膜 4 6 は、青色の色フィルタ 4 5 と同一の材料で形成されている。

【0057】

青色の色フィルタ材料で形成された光吸収膜 4 6 は、例えば、緑色の色フィルタ材料よりも光をより減光することができる。また、オンチップレンズ 4 7 の外側に散乱した光は、オンチップレンズ 4 7 より外側のIRカットフィルタなどで反射されて、フォトダイオードPDに再び入射しやすいが、青色の光はそのリスクが低い。すなわち、オンチップレンズ 4 7 の外側に散乱した光がフォトダイオードPDに再び入射しにくい。

【0058】

以上のようなメリットから、位相差画素 5 1 Bがベイヤ配列の青色の色フィルタ 4 5 の画素位置に配置され、光吸収膜 4 6 が青色の色フィルタ 4 5 と同一の材料で形成されている。

【0059】

ただし、位相差画素 2 Bは、撮像素素 2 Aであれば緑色や赤色の色フィルタ 4 5 が配置される画素位置に配置されても良く、光吸収膜 4 6 が、緑色や赤色の色フィルタ材料で形成されても良い。

【0060】

また、光吸収膜 4 6 は、緑色、赤色、青色以外の色、例えば黒色の顔料や染料などを含んだ感光性樹脂材料 (黒色の色フィルタ) や、赤外フィルタで形成してもよい。ただし、撮像素素 2 Aで使用する色フィルタ 4 5 と異なる材料で光吸収膜 4 6 を形成すると、製造工程数が増えるためコストの上昇に注意する必要がある。

【0061】

< 画素の製造方法 >

次に、図 6 を参照して、撮像素素 2 Aと位相差画素 2 Bの製造方法について説明する。

【0062】

なお、図 6 では、フォトダイオードPDが形成されている半導体基板 1 2 の表面側の多層配線層の図示が省略されている。

【0063】

まず、図 6 Aに示されるように、半導体基板 1 2 の裏面側に、反射防止膜 4 3 と遮光膜 4 4 が順に形成される。

【0064】

そして、各撮像素素 2 Aの色フィルタ 4 5 を、緑色 (G)、青色 (B)、赤色 (R) の順に形成するものとする、まず、図 6 Bに示されるように、反射防止膜 4 3 と遮光膜 4 4 の上側全面に、緑色の色フィルタ 4 5 Gが形成される。

【0065】

10

20

30

40

50

そして、G画素となる領域のみにレジスト（不図示）をリソグラフィでパターンニングすることにより、図6Cに示されるように、G画素となる撮像素素2A以外の緑色の色フィルタ45Gが除去される。

【0066】

次に、B画素となる撮像素素2Aの反射防止膜43と遮光膜44の上側全面に、青色の色フィルタ（不図示）が形成される。これにより、図6Dに示されるように、位相差画素2Bの反射防止膜43と遮光膜44の上側全面にも、光吸収膜46としての青色の色フィルタが形成される。そして、図6Eに示されるように、位相差画素2Bの遮光膜44の上部以外の光吸収膜46が、リソグラフィでパターンニングされる。

【0067】

10

同様に、R画素となる撮像素素2Aの反射防止膜43と遮光膜44の上側全面に、赤色の色フィルタが形成される（不図示）。

【0068】

最後に、図6Fに示されるように、撮像素素2Aと位相差画素2Bの両方に、オンチップレンズ47が形成される。オンチップレンズ47は、例えば、感光性の樹脂材料をリソグラフィでパターン加工した後に、リフロー処理でレンズ形状に変形させることで形成することができる。

【0069】

以上の製造方法によれば、B画素となる撮像素素2Aに対して青色の色フィルタ45を形成する工程において、位相差画素2Bの光吸収膜46も同時に形成することができるので、工程数を増やすことなく、光吸収膜46を形成することができる。

20

【0070】

< 3. 位相差画素の第2乃至第4の実施の形態 >

位相差画素2Bのその他の実施の形態について説明する。

【0071】

位相差画素2Bには、撮像素素2Aの色フィルタ45に相当する層に、透明な色フィルタ（以下、ホワイトフィルタという。）を形成する場合がある。

【0072】

そこで、図7A乃至図7Cは、ホワイトフィルタが形成される場合の光吸収膜46の配置例を示している。

30

【0073】

図3に示した位相差画素2Bの画素構造を、位相差画素2Bの第1の実施の形態と呼ぶことにすると、図7A乃至図7Cは、位相差画素2Bの第2乃至第4の実施の形態を示している。

【0074】

図7Aに示される第2の実施の形態では、撮像素素2Aの色フィルタ45と同一層となる位相差画素2Bの部分のうちの光吸収膜46が形成されていない部分に、ホワイトフィルタ61が形成されている。

【0075】

図7Bに示される第3の実施の形態では、撮像素素2Aの色フィルタ45と同一層となる位相差画素2Bの部分にホワイトフィルタ61が形成され、そのホワイトフィルタ61と遮光膜44が積層されている部分のホワイトフィルタ61上面に、光吸収膜46が形成されている。

40

【0076】

図7Cに示される第4の実施の形態では、撮像素素2Aの色フィルタ45と同一層となる位相差画素2Bの部分に光吸収膜46とホワイトフィルタ61が形成されている。ここで、光吸収膜46は遮光膜44の上面を覆うように形成されており、その光吸収膜46を覆うようにホワイトフィルタ61が形成されている。

【0077】

< 4. 位相差画素の第5及び第6の実施の形態 >

50

図 8A 及び図 8B は、位相差画素 2B の第 5 及び第 6 の実施の形態を示している。

【 0 0 7 8 】

図 8A の位相差画素 2B は、隣接する撮像素素 2A の色フィルタ 45 を位相差画素 2B の遮光膜 44 上まで延伸して第 1 の光吸収膜 46 - 1 とし、その上に、さらに第 1 の光吸収膜 46 - 1 とは異なる色フィルタを第 2 の光吸収膜 46 - 2 として積層する例を示している。このように光吸収膜 46 として複数の色フィルタを積層させることにより、遮光膜 44 による光の反射を大幅に低減することができる。

【 0 0 7 9 】

なお、光吸収膜 46 として複数の色フィルタを積層させる場合の色の組み合わせとしては、膜厚にもよるが、赤色と青色の組み合わせであれば、ほぼ全ての波長帯の光を吸収することができる。そこで、例えば、延伸して形成する第 1 の光吸収膜 46 - 1 を赤色の色フィルタとし、その上の第 2 の光吸収膜 46 - 2 を青色の色フィルタとすることができる。ただし、その他の色の組み合わせでも適用可能であることは言うまでもない。撮像素素 2A の色フィルタ 45 として利用している色を組み合わせれば、製造時の工程数を増加させることなく形成することができる。

【 0 0 8 0 】

また、勿論、図 8B に示されるように、隣接する撮像素素 2A の色フィルタ 45 を位相差画素 2B の遮光膜 44 上まで延伸して、1 層で光吸収膜 46 を形成してもよい。

【 0 0 8 1 】

図 3 に示した第 1 の実施の形態のように、隣接する撮像素素 2A の色フィルタ 45 と、位相差画素 2B の光吸収膜 46 とを異なる色の色フィルタで形成するのではなく、隣接する撮像素素 2A の色フィルタ 45 を延伸して光吸収膜 46 を形成する構造では、色フィルタの微細加工を避けることができるというメリットがある。

【 0 0 8 2 】

具体的には、例えば、位相差画素 2B の画素サイズ（画素幅）が $1.4\mu\text{m}$ であり、位相差画素 2B では、フォトダイオード PD の受光面を $1/2$ に遮光するものとする、図 3 に示した第 1 の実施の形態では、光吸収膜 46 を $0.7\mu\text{m}$ 程度の幅で形成する必要がある。色フィルタ 45 は大きなサイズで形成する方が、製造時のバラツキを抑え、安定的に製造することができる。また、色フィルタのサイズが小さい孤立パターンとなると、剥がれリスクも高くなる。

【 0 0 8 3 】

したがって、図 8B に示すように、隣接する撮像素素 2A の色フィルタ 45 を延伸して光吸収膜 46 とすることにより、製造バラツキを抑えるとともに、剥がれリスクも低減することができる、特に、画素が微細化した場合に有効である。

【 0 0 8 4 】

なお、隣接する撮像素素 2A の色フィルタ 45 を延伸して光吸収膜 46 を形成する場合には、以下に示す点に注意が必要である。

【 0 0 8 5 】

位相差画素 2B は、例えば、右側半分が遮光されたタイプ A と左側半分が遮光されたタイプ B の対で画素アレイ部 3 内に配置されるが、対となる 2 個の位相差画素 2B に延伸される色フィルタ 45 の色が異なる色である場合にデメリットが発生する。

【 0 0 8 6 】

図 9 は、隣接する撮像素素 2A の色フィルタ 45 を延伸して光吸収膜 46 を形成する場合に注意すべき配置例を示している。

【 0 0 8 7 】

例えば、図 9A に示されるように、右側半分が遮光膜 44 とされたタイプ A の位相差画素 2B が R 画素の間に配置され、左側半分が遮光膜 44 とされたタイプ B の位相差画素 2B が、G 画素の間に配置された例を想定する。

【 0 0 8 8 】

この場合、図 9B に示されるように、R 画素に隣接する位相差画素 2B の光吸収膜 46 は

、右隣のR画素の色フィルタ45が延伸されることにより形成される。また、G画素に隣接する位相差画素2Bの光吸収膜46は、左隣のG画素の色フィルタ45が延伸されることにより形成される。

【0089】

したがって、対となる一方の位相差画素2Bの光吸収膜46が赤色の色フィルタで形成され、他方の位相差画素2Bの光吸収膜46が緑色の色フィルタで形成されるため、対となる2個の位相差画素2Bに延伸される色フィルタの色が異なる。

【0090】

遮光膜44を覆う光吸収膜46に入射された光が、位相差画素2BのフォトダイオードPDに全く入らなければ問題とはならないが、実際には、図10に示されるように、光吸収膜46に入射された光の一部が位相差画素2BのフォトダイオードPDに入射されることがある。その場合、対となる位相差画素2Bで光吸収膜46としての色フィルタの色が異なると、位相差特性に対して差分を生じさせる一因となる。

【0091】

図11は、位相差画素2Bの光吸収膜46を異なる色の色フィルタにして、光の入射角に対する信号出力を比較したグラフを示している。

【0092】

図11の横軸は位相差画素2Bに対する光の入射角を表し、縦軸は信号出力を表している。図11において、光吸収膜46として用いた色フィルタの色の違いは実線と破線で表されており、例えば、実線は赤色の色フィルタ、破線は青色の色フィルタを光吸収膜46として用いた例を示している。

【0093】

図11の例では、光吸収膜46として異なる色の色フィルタを用いた場合、実線と破線で示されるように特性は異なり、破線で示される位相差画素2Bの方が混色が大きくなっている。

【0094】

以上のように、隣接する撮像素素2Aの色フィルタ45を延伸して位相差画素2Bの光吸収膜46を形成する場合、図9に示したような、対となる2個の位相差画素2Bで光吸収膜46として異なる色の色フィルタを用いるような配置は、位相差特性に対して差分を生じさせる一因となるため好ましくない。

【0095】

従って、対となる2個の位相差画素2Bで光吸収膜46として用いる色フィルタの色は統一することが望ましく、例えば、図2に示したように、隣接する撮像素素2Aの色フィルタ45が同色となるような位置に位相差画素2Bの対を配置するのが望ましい。

【0096】

< 遮光膜と光吸収膜の被り量 >

次に、図12を参照して、遮光膜44と、その上面に形成される光吸収膜46との被り量について検討する。

【0097】

遮光膜44に入射される光は光吸収膜46で確実に吸収すべきであるが、フォトダイオードPDに入射される光については、光吸収膜46に当たらない方が望ましい。なぜなら、フォトダイオードPDに入射される光が光吸収膜46に当たってしまうと、減光してしまうからである。

【0098】

そのため、図12Aに示されるように、光吸収膜46の遮光方向の線幅hが遮光膜44よりも短くなるように、遮光膜44と光吸収膜46との被り量をオフセットさせることが望ましい。ここで、遮光膜44の端面から光吸収膜46の端面までの遮光方向のオフセット量yの最適値について検討する。

【0099】

図12Bは、図12Aの遮光膜44と光吸収膜46を拡大した図である。

【 0 1 0 0 】

いま遮光膜 4 4 の上端に焦点が合うようにオンチップレンズ 4 7 が設計されており、固体撮像素子 1 の前面に配置される光学レンズのF値や屈折率などによって決定される、位相差画素 2 B に対する光の入射角の最大値（最大入射角）を、光吸収膜 4 6 の高さ（厚み）を d とすると、オフセット量 y は、 $y = d \cdot \tan$ で表すことができる。

【 0 1 0 1 】

したがって、例えば、最大入射角 = 40 度、光吸収膜 4 6 の高さ $d = 100\text{nm}$ である場合には、オフセット量 y は 84nm となる。また例えば、最大入射角 = 8 度、光吸収膜 4 6 の高さ $d = 100\text{nm}$ である場合には、オフセット量 y は 14nm となる。このように、オフセット量 y は、最大入射角 によって大きく異なる。

10

【 0 1 0 2 】

そして、最大入射角 は、画角となる画素アレイ部 3 の中心部分と外周部分とによっても異なる。いま画素アレイ部 3 において、像高 0 割の位置である画角の中心部分の最大入射角 が 8 度、像高 1 0 割の位置である画角の外周部分の最大入射角 が 4 0 度であるとする。この場合、画角の中心部分の位相差画素 2 B のオフセット量 y を 14nm とし、画角の外周部分の位相差画素 2 B のオフセット量 y が 84nm となるように、画角外周にいくほど徐々にオフセット量 y を大きく（線幅 h を小さく）して、画素アレイ部 3 内の各位相差画素 2 B の画素位置で、オフセット量 y を変化させてもよい。

【 0 1 0 3 】

また、右側半分が遮光されたタイプ A と左側半分が遮光されたタイプ B の位相差画素 2 B でもオフセット量 y を変えて、個々に最適な設計を行うことができる。

20

【 0 1 0 4 】

さらに、オフセット量 y は、リソグラフィ工程の合わせズレの精度も考慮して設計してもよい。

【 0 1 0 5 】

< 第 5 及び第 6 の実施の形態の変形例 >

図 1 3 は、図 8 に示した位相差画素 2 B の第 5 及び第 6 の実施の形態の変形例を示している。

【 0 1 0 6 】

図 1 3 A は、図 8 A に示した第 5 の実施の形態に対して、オフセット量 y を調整した例を示している。

30

【 0 1 0 7 】

上述したように、最適なオフセット量 y は光吸収膜 4 6 の高さ d によっても変わる。図 8 A に示したように、第 1 の光吸収膜 4 6 - 1 と第 2 の光吸収膜 4 6 - 2 を積層する場合には、下層の第 1 の光吸収膜 4 6 - 1 のスペース y_1 と、上層の第 2 の光吸収膜 4 6 - 2 のスペース y_2 とで最適な値が異なる。したがって、図 1 3 A に示されるように、オンチップレンズ 4 7 に近い層ほど、スペース y を広くする（線幅 h を小さくする）ように形成することができる。

【 0 1 0 8 】

図 1 3 B は、図 8 B に示した第 6 の実施の形態に対して、オフセット量 y を調整した例を示している。

40

【 0 1 0 9 】

図 1 3 B では、オンチップレンズ 4 7 に近い位置ほど、スペース y が広くなる（線幅 h が小さくなる）ように、光吸収膜 4 6 がテーパ（斜面）形状に形成されている。このような形状は、例えば、光吸収膜 4 6 としての色フィルタを遮光膜 4 4 上に形成後、200 ° 以上の高温でリフローすることにより形成することができる。

【 0 1 1 0 】

なお、通常、一定以上の高温を色フィルタにかけると、色フィルタの特性が変異し、色フィルタとして機能しなくなる可能性があるが、光吸収膜 4 6 としての用途であれば問題はない。製造の順番としては、位相差画素 2 B の遮光膜 4 4 上に光吸収膜 4 6 としての色

50

フィルタを形成、リフロー処理した後で、撮像素素 2A に対して、R,G,Bの色フィルタ 45 を形成すればよい。

【0111】

光吸収膜 46 の配置位置は、遮光膜 44 に可能な限り近い方が望ましい。その方が、遮光膜 44 に入射する遮光対象の光と、光吸収膜 46 に入射する光が、より一致するからである。したがって、上述した複数の実施の形態のように、遮光膜 44 の直上に光吸収膜 46 を形成する形態が最も望ましい。

【0112】

しかしながら、光吸収膜 46 の配置場所は、遮光膜 44 の直上に配置する形態のみに必ずしも限定されない。例えば、図 14 に示されるように、光吸収膜 46 が遮光膜 44 の直上に配置されなくてもよい。換言すれば、光吸収膜 46 は、フォトダイオード PD に入射する光の光軸上には存在せず、遮光膜 44 に入射する光の光軸上に存在していればよい。

【0113】

なお、遮光膜 44 と光吸収膜 46 との間には、金属膜と色フィルタの密着性向上、または、バリア層の目的で、SiO₂やSiNなどの膜が挿入される場合もある。この場合、遮光膜 44 と光吸収膜 46 との距離が例えば 300 nm 以下となるように、遮光膜 44 と光吸収膜 46 を近接させることが好ましい。

【0114】

< 5 . 位相差画素の第 7 乃至第 9 の実施の形態 >

図 15A 乃至図 15C は、位相差画素 2B の第 7 乃至第 9 の実施の形態を示している。

【0115】

上述した各実施の形態では、位相差画素 2B が全波長域の光を受光して位相差を検出する例について説明した。換言すれば、撮像素素 2A の色フィルタ 45 に相当する部分がオンチップレンズ 47 の透明材料で埋め込まれていたり、ホワイトフィルタ 61 が形成されている例について説明した。

【0116】

しかしながら、位相差画素 2B は全波長域の光を受光して位相差を検出するのではなく、例えば、緑色などの特定波長の光を受光して位相差を検出するものでもよい。

【0117】

図 15A 乃至図 15C に示される位相差画素 2B は、図 7A 乃至図 7C に示した位相差画素 2B のホワイトフィルタ 61 の代わりに、緑色の色フィルタ 71 を配置した画素構造を示している。

【0118】

位相差画素 2B のフォトダイオード PD に入射される光である透過対象の光軸上に形成される色フィルタ 71 は、遮光膜 44 に入射する光である遮光対象の光軸上に形成されている光吸収膜 46 としての色フィルタとは異なる色のフィルタとされる。

【0119】

図 15A 乃至図 15C の例では、光吸収膜 46 は青色の色フィルタで形成されており、透過対象の光軸上に形成される色フィルタ 71 は、緑色のフィルタとなっているが、色の組み合わせは、この例に限られない。

【0120】

< 6 . 固体撮像素子の射出瞳補正の例 >

固体撮像素子 1 は、射出瞳補正を行う構成とすることができる。

【0121】

図 16 及び図 17 を参照して、射出瞳補正を行った画素アレイ部 3 の構成について説明する。

【0122】

図 16 に示される画素アレイ部 3 内の各所に配置された位相差画素 2B のうち、画素アレイ部 3 の中心部の領域 81 の位相差画素 2B と、画素アレイ部 3 の周辺部の領域 82 の位相差画素 2B の構造が、図 17 に示されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 3 】

図 1 7 Aは、画素アレイ部 3 の周辺部の領域 8 2 の位相差画素 2 Bの構造を示しており、図 1 7 Bは、画素アレイ部 3 の中心部の領域 8 1 の位相差画素 2 Bの構造を示している。

【 0 1 2 4 】

なお、図 1 7 では、図 1 6 において「 P_A 」及び「 P_B 」と表示されている一対の位相差画素 2 Bを、便宜的に、横に並べて示している。

【 0 1 2 5 】

画素アレイ部 3 の中心部の領域 8 1 では、光学レンズ（図示せず）からの入射光の主光線の入射角が 0 度となるので、射出瞳補正は行われていない。すなわち、図 1 7 Bに示されるように、位相差画素 2 Bのオンチップレンズ 4 7 の光学中心は、フォトダイオード PD の中心と一致するように配置されている。

10

【 0 1 2 6 】

一方、画素アレイ部 3 の周辺部の領域 8 2 では、光学レンズからの入射光の主光線の入射角がレンズの設計に応じて所定の角度となるので、射出瞳補正が行われている。すなわち、図 1 7 Aに示されるように、位相差画素 2 Bのオンチップレンズ 4 7 の光学中心が、フォトダイオード PD の中心より、画素アレイ部 3 の中心側にずらして配置されている。

【 0 1 2 7 】

なお、オンチップレンズ 4 7 の光学中心と、フォトダイオード PD の中心との関係についてのみ述べたが、遮光膜 4 4 や光吸収膜 4 6 も同様に、入射光の主光線の傾きに応じてずらして配置される。また、上述したように、遮光膜 4 4 と光吸収膜 4 6 のオフセット量 y も画素アレイ部 3 内の画素位置に応じて異なる。

20

【 0 1 2 8 】

< 7 . 遮光膜の配置例 >

図 1 8 は、位相差画素 2 Bにおける遮光膜 4 4 の配置例を示す図である。

【 0 1 2 9 】

上述した各実施の形態では、遮光方向を左右方向（水平方向）とする位相差画素 2 Bの例について説明した。具体的には、図 1 8 Aに示されるように、一対の位相差画素 2 Bが、右側半分に遮光膜 4 4 を配置したタイプ A と、左側半分に遮光膜 4 4 を配置したタイプ B とで構成される例について説明した。

【 0 1 3 0 】

しかしながら、遮光膜 4 4 の遮光方向はこれに限られない。

30

【 0 1 3 1 】

例えば、本開示の技術は、遮光方向を上下方向（垂直方向）とする位相差画素 2 Bについても適用可能である。遮光方向を上下方向とする位相差画素 2 Bでは、図 1 8 Bに示されるように、一対の位相差画素 2 Bが、上側半分に遮光膜 4 4 を配置したタイプ A と、下側半分に遮光膜 4 4 を配置したタイプ B とで構成される。

【 0 1 3 2 】

また、本開示の技術は、遮光方向を斜め方向とする位相差画素 2 Bについても適用可能である。遮光方向を斜め方向とする位相差画素 2 Bでは、図 1 8 Cに示されるように、一対の位相差画素 2 Bが、右上半分に遮光膜 4 4 を配置したタイプ A と、左下半分に遮光膜 4 4 を配置したタイプ B とで構成される。あるいは、一対の位相差画素 2 Bが、右下半分に遮光膜 4 4 を配置したタイプ A と、左上半分に遮光膜 4 4 を配置したタイプ B とで構成されてもよい。

40

【 0 1 3 3 】

さらには、画素アレイ部 3 内に、図 1 8 A乃至図 1 8 Cの各位相差画素 2 Bが混在していてもよい。

【 0 1 3 4 】

< 8 . 電子機器への適用例 >

本開示の技術は、固体撮像素子への適用に限られるものではない。即ち、本開示の技術は、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置や、撮像機能を有するスマートフ

50

オン（多機能携帯電話機）等の携帯端末や、カプセル内視鏡、画像読取部に固体撮像素子を用いる複写機など、画像取込部（光電変換部）に固体撮像素子を用いる電子機器全般に対して適用可能である。固体撮像素子は、ワンチップとして形成された形態であってもよいし、撮像部と信号処理部または光学系とがまとめてパッケージングされた撮像機能を有するモジュール状の形態であってもよい。

【0135】

< 撮像装置の構成例 >

図19は、本開示の固体撮像素子を搭載した撮像装置の構成例を示すブロック図である。

【0136】

図19に示される撮像装置100は、光学レンズ111、光学フィルタ112、固体撮像素子113、A/D変換部114、クランプ部115、位相差検出部116、レンズ制御部117、欠陥補正部118、デモザイク部119、LM（リニアマトリクス）/WB（ホワイトバランス）/ガンマ補正部120、輝度クロマ信号生成部121、およびI/F（インタフェース）部122から構成される。

【0137】

光学レンズ111は、固体撮像素子113に入射する被写体光の焦点距離の調整を行う。光学レンズ111の後段には、固体撮像素子113に入射する被写体光の光量調整を行う絞り（図示せず）が設けられている。光学レンズ111の具体的な構成は任意であり、例えば、光学レンズ111は複数のレンズにより構成されていてもよい。

【0138】

光学レンズ111を透過した被写体光は、例えば、赤外光以外の光を透過するIRカットフィルタ等として構成される光学フィルタ112を介して固体撮像素子113に入射される。

【0139】

固体撮像素子113は、画素単位で被写体光を電気信号に変換し、その電気信号を、A/D変換部114に供給する。この固体撮像素子113には、上述した固体撮像素子1の構成が採用される。

【0140】

すなわち、固体撮像素子113は、撮像画素2Aと位相差画素2Bとが混在する画素アレイ部3を有し、位相差画素2Bは、遮光膜44に入射される遮光対象の光の光軸上に光吸収膜46が設けられ、フォトダイオードPDに入射される透過対象の光軸上には光吸収膜46が設けられていない構成を有している。

【0141】

これにより、位相差画素2Bにおいて遮光膜44による不要な反射を抑制することができるので、フレアや赤色玉ゴーストの発生リスクを低減することができる。また、AF制御精度やフォーカス速度を向上させ、撮像画像の高画質化を図ることができる。

【0142】

A/D変換部114は、固体撮像素子113から供給されるRGBの電気信号（アナログ信号）をデジタルデータ（画素データ）に変換する。A/D変換部114は、そのデジタルの画素データ（RAWデータ）をクランプ部115に供給する。

【0143】

クランプ部115は、A/D変換部114から出力されてきた画素データから、黒色と判定されるレベルである黒レベルを減算する。そして、クランプ部115は、黒レベル減算後の画素データ（画素値）のうち、撮像画素2Aの画素データを欠陥補正部118に出力し、位相差画素2Bの画素データを位相差検出部116に出力する。

【0144】

位相差検出部116は、クランプ部115からの画素データに基づいて位相差検出処理を行うことで、フォーカスを合わせる対象の物体（合焦対象物）に対してフォーカスが合っているか否かを判定する。位相差検出部116は、フォーカスエリアにおける物体にフォー

10

20

30

40

50

カスが合っている場合、合焦していることを示す情報を合焦判定結果としてレンズ制御部 117 に供給する。また、位相差検出部 116 は、合焦対象物にフォーカスが合っていない場合、フォーカスのずれの量（デフォーカス量）を算出し、その算出したデフォーカス量を示す情報を合焦判定結果としてレンズ制御部 117 に供給する。

【0145】

レンズ制御部 117 は、光学レンズ 111 の駆動を制御する。具体的には、レンズ制御部 117 は、位相差検出部 116 から供給された合焦判定結果に基づいて、光学レンズ 111 の駆動量を算出し、その算出した駆動量に応じて光学レンズ 111 を移動させる。

【0146】

欠陥補正部 118 は、欠陥画素の画素データを補正する。すなわち、欠陥補正部 118 には、クランプ部 115 から撮像素子 2A の画素データのみが供給されるため、位相差画素 2B が欠陥画素と判定される。欠陥補正部 118 は、位相差画素 2B の画素位置の画素データを、その周辺の撮像素子 2A の画素データに基づいて補正する処理を行う。欠陥補正部 118 における補正処理では、固体撮像素子 113 として上述した固体撮像素子 1 の構成が採用されているため、隣接する撮像素子 2A への混色が抑制されることにより、欠陥補正精度が向上する。欠陥補正部 118 は、欠陥画素補正処理後の全画素に相当する画素データをデモザイク部 119 に供給する。

【0147】

デモザイク部 119 は、欠陥補正部 118 からの画素データに対してデモザイク処理を行い、色情報の補完等を行って RGB データに変換する。デモザイク部 119 は、デモザイク処理後の画像データを LM/WB/ガンマ補正部 120 に供給する。

【0148】

LM/WB/ガンマ補正部 120 は、デモザイク部 119 からの画像データに対して、色特性の補正を行う。具体的には、LM/WB/ガンマ補正部 120 は、規格で定められた原色（RGB）の色度点と実際のカメラの色度点の差を埋めるために、マトリクス係数を用いて画像データの各色信号を補正し、色再現性を変化させる処理を行う。また、LM/WB/ガンマ補正部 120 は、画像データの各チャンネルの値について白に対するゲインを設定することで、ホワイトバランスを調整する。さらに、LM/WB/ガンマ補正部 120 は、画像データの色と出力デバイス特性との相対関係を調節して、よりオリジナルに近い表示を得るためのガンマ補正を行う。LM/WB/ガンマ補正部 120 は、補正後の画像データを輝度クロマ信号生成部 121 に供給する。

【0149】

輝度クロマ信号生成部 121 は、LM/WB/ガンマ補正部 120 から供給された画像データから輝度信号（Y）と色差信号（Cr,Cb）とを生成する。輝度クロマ信号生成部 121 は、輝度クロマ信号（Y,Cr,Cb）を生成すると、その輝度信号と色差信号を I/F 部 122 に供給する。

【0150】

I/F 部 122 は、供給された画像データ（輝度クロマ信号）を、撮像装置 100 の外部（例えば、画像データを記憶する記憶デバイスや、画像データの画像を表示する表示デバイス等）に出力する。

【0151】

図 20 は、撮像装置のその他の構成例を示すブロック図である。

【0152】

なお、図 20 において、図 19 と対応する部分については同一の符号を付してあり、その説明は適宜省略する。

【0153】

図 20 に示される撮像装置 200 は、光学レンズ 111、光学フィルタ 112、AF 用固体撮像素子 211、A/D 変換部 212、クランプ部 213、位相差検出部 116、レンズ制御部 117、固体撮像素子 221、A/D 変換部 222、クランプ部 223、デモザイク部 119、LM/WB/ガンマ補正部 120、輝度クロマ信号生成部 121、および I/F 部 12

10

20

30

40

50

2 から構成される。

【0154】

すなわち、図20の撮像装置200では、複数の位相差画素2Bのみで構成されるAF用固体撮像素子211と、複数の撮像素子2Aのみで構成される固体撮像素子221とが設けられ、AF用の画素信号の生成と、画像生成用の画素信号の生成とが別系統となっている。

【0155】

具体的には、AF用固体撮像素子211は、位相差画素2Bで光電変換して得られる電気信号を、A/D変換部212に供給する。A/D変換部212は、AF用固体撮像素子211から供給されるアナログ信号の電気信号をデジタルの画素信号に変換して、クランプ部213に供給する。クランプ部213は、A/D変換部212から出力されてきた画素データから黒レベルを減算し、黒レベル減算後の画素データ（画素値）を位相差検出部116に出力する。

10

【0156】

一方、固体撮像素子221は、撮像素子2Aで光電変換して得られる電気信号を、A/D変換部222に供給する。A/D変換部222は、固体撮像素子221から供給されるアナログ信号の電気信号をデジタルの画素信号に変換して、クランプ部223に出力する。クランプ部223は、A/D変換部222から出力されてきた画素データから黒レベルを減算し、黒レベル減算後の画素データ（画素値）をデモザイク部119に出力する。

20

【0157】

撮像装置200では、図19の欠陥補正部118が省略されている。

【0158】

以上の構成を有する撮像装置200においても、AF用固体撮像素子211が、本開示の位相差画素2Bを有することにより、遮光膜44による不要な反射を抑制し、隣接画素（位相差画素2B）への不要な信号の入射を抑制することができるため、位相差検出精度を向上させることができる。また、AF制御精度やフォーカス速度を向上させ、撮像画像の高画質化を図ることができる。

【0159】

< 基板構成例 >

上述した固体撮像素子113やAF用固体撮像素子211は、図21に示される固体撮像素子241乃至243の基板構成を採用して構成することができる。

30

【0160】

図21上段に示される固体撮像素子241は、1つの半導体チップ261内に、画素領域262と、制御回路263と、信号処理回路を含むロジック回路264とを搭載して構成される。

【0161】

図21中段に示される固体撮像素子242は、第1の半導体チップ部271と第2の半導体チップ部272とから構成される。第1の半導体チップ部271には、画素領域273と制御回路274が搭載され、第2の半導体チップ部272には、信号処理回路を含むロジック回路275が搭載される。そして、第1の半導体チップ部271と第2の半導体チップ部272が相互に電氣的に接続されることで、1つの半導体チップとしての固体撮像素子242が構成される。

40

【0162】

図21下段に示される固体撮像素子243は、第1の半導体チップ部281と第2の半導体チップ部282とから構成される。第1の半導体チップ部281には、画素領域283が搭載され、第2の半導体チップ部282には、制御回路284と、信号処理回路を含むロジック回路285が搭載される。そして、第1の半導体チップ部281と第2の半導体チップ部282が相互に電氣的に接続されることで、1つの半導体チップとしての固体撮像素子243が構成される。

【0163】

50

< デジタル一眼レフカメラの外観構成 >

図 2 2 は、本開示の撮像装置としてのデジタル一眼レフカメラの外観構成を示す正面図である。

【 0 1 6 4 】

デジタル一眼レフカメラ 3 0 0 (以下、単に、カメラ 3 0 0 という)は、カメラボディ 3 1 0 と、カメラボディ 3 1 0 に着脱自在な撮影レンズとしての交換レンズ 3 1 1 を備えている。

【 0 1 6 5 】

図 2 2 において、カメラボディ 3 1 0 の正面側には、正面略中央に交換レンズ 3 1 1 が装着されるマウント部 3 2 1、マウント部 3 2 1 の右横に配置されたレンズ交換ボタン 3 2 2、および、把持可能とするためのグリップ部 3 2 3 が設けられている。

【 0 1 6 6 】

また、カメラボディ 3 1 0 の上面側には、正面左上部に配置されたモード設定ダイヤル 3 2 4、正面右上部に配置された制御値設定ダイヤル 3 2 5、および、グリップ部 3 2 3 の上面に配置されたシャッターボタン 3 2 6 が設けられている。

【 0 1 6 7 】

また、図示はしないが、カメラボディ 3 1 0 の背面側には、LCD (Liquid Crystal Display)、各種のボタンやキー、EVF (Electronic View Finder) 等が備えられている。

【 0 1 6 8 】

< カプセル内視鏡への適用例 >

図 2 3 は、本開示の固体撮像素子を搭載したカプセル内視鏡の断面構成を示す図である。

【 0 1 6 9 】

カプセル内視鏡 4 0 0 は、例えば両端面が半球状で中央部が円筒状の筐体 4 1 0 内に、体腔内の画像を撮影するためのカメラ (超小型カメラ) 4 1 1、カメラ 4 1 1 により撮影された画像データを記録するためのメモリ 4 1 2、および、カプセル内視鏡 4 0 0 が被験者の体外に排出された後に、記録された画像データをアンテナ 4 1 4 を介して外部へ送信するための無線送信機 4 1 3 を備えている。

【 0 1 7 0 】

さらに、筐体 4 1 0 内には、CPU (Central Processing Unit) 4 1 5 およびコイル (磁力・電流変換コイル) 4 1 6 が設けられている。

【 0 1 7 1 】

CPU 4 1 5 は、カメラ 4 1 1 による撮影、およびメモリ 4 1 2 へのデータ蓄積動作を制御するとともに、メモリ 4 1 2 から無線送信機 4 1 3 による筐体 4 1 0 外のデータ受信装置 (図示せず) へのデータ送信を制御する。コイル 4 1 6 は、カメラ 4 1 1、メモリ 4 1 2、無線送信機 4 1 3、アンテナ 4 1 4 および後述する光源 4 1 1 b への電力供給を行う。

【 0 1 7 2 】

さらに、筐体 4 1 0 には、カプセル内視鏡 4 0 0 をデータ受信装置にセットした際に、これを検知するためのリード (磁気) スイッチ 4 1 7 が設けられている。このリードスイッチ 4 1 7 がデータ受信装置へのセットを検知し、データの送信が可能になった時点で、コイル 4 1 6 から無線送信機 4 1 3 への電力供給が開始される。

【 0 1 7 3 】

カメラ 4 1 1 は、例えば体腔内の画像を撮影するための対物光学系を含む固体撮像素子 4 1 1 a と、体腔内を照明する複数 (ここでは 2 個) の光源 4 1 1 b を有している。固体撮像素子 4 1 1 a には上述した固体撮像素子 1 の構成が採用されており、光源 4 1 1 b は、例えば LED (Light Emitting Diode) で構成される。

【 0 1 7 4 】

< スマートフォンの外観構成 >

図 2 4 は、本開示の固体撮像素子を含むスマートフォンの外観構成を示す図である。

【 0 1 7 5 】

スマートフォン 5 0 0 は、スピーカ 5 1 1、ディスプレイ 5 1 2、操作ボタン 5 1 3、マイクロフォン 5 1 4、撮像部 5 1 5などを有している。

【 0 1 7 6 】

スマートフォン 5 0 0 で電話機能が実行される場合、マイクロフォン 5 1 4 から取得された送話音声は通信部（図示せず）を介して基地局に送信され、相手からの受話音声は、通信部からスピーカ 5 1 1 に供給されて音響再生される。

【 0 1 7 7 】

ディスプレイ 5 1 2 は、例えばLCD（Liquid Crystal Display）からなり、電話待ち受け画面等の所定の画面を表示する。ディスプレイ 5 1 2 には、タッチパネルが重畳されており、ユーザの指などによるディスプレイ 5 1 2 への操作入力を検知することができる。スマートフォン 5 0 0 は、検知されたユーザの操作入力に応じて、所定の処理、例えば、アプリケーションの実行等を行うことができる。

10

【 0 1 7 8 】

撮像部 5 1 5 は、固体撮像素子と光学レンズ等からなり、ユーザの操作入力に基づいて被写体を撮像し、その被写体の撮像画像データを内部メモリ等に記憶する。撮像部 5 1 5 の固体撮像素子として、上述した固体撮像素子 1 の構成を採用することにより、隣接画素への不要な反射が抑制された画素信号を生成することができ、撮像画像の高画質化を図ることができる。

【 0 1 7 9 】

20

本開示の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【 0 1 8 0 】

例えば、上述した例では、位相差画素 2 B から出力される信号を、オートフォーカスの制御に用いたが、オートフォーカス制御以外の用途、例えば、奥行き検出センサや 3 D センサなどにおいて奥行き情報のための信号として用いることも可能である。

【 0 1 8 1 】

上述した例では、第 1 導電型を P 型、第 2 導電型を N 型として、電子を信号電荷とした固体撮像素子について説明したが、本開示の技術は正孔を信号電荷とする固体撮像素子にも適用することができる。すなわち、第 1 導電型を N 型とし、第 2 導電型を P 型として、前述の各半導体領域を逆の導電型の半導体領域で構成することができる。

30

【 0 1 8 2 】

また、本開示の技術は、可視光の入射光量の分布を検知して画像として撮像する固体撮像素子への適用に限らず、赤色外線や X 線、あるいは粒子等の入射量の分布を画像として撮像する固体撮像素子や、広義の意味として、圧力や静電容量など、他の物理量の分布を検知して画像として撮像する指紋検出センサ等の固体撮像素子（物理量分布検知装置）全般に対して適用可能である。

【 0 1 8 3 】

なお、本開示は以下のような構成も取ることができる。

40

(1)

光電変換素子の受光面を遮光膜により撮像画素よりも大きく遮光した位相差画素を備え、
前記位相差画素は、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に光吸収膜を有し、前記受光面に入射される透過対象の光軸上には前記光吸収膜が設けられていない
固体撮像素子。

(2)

前記光吸収膜は、所定の色フィルタで形成されている
前記 (1) に記載の固体撮像素子。

(3)

前記光吸収膜は、前記撮像画素で利用されている色フィルタの一つで形成されている

50

前記(1)または(2)に記載の固体撮像素子。

(4)

前記光吸収膜は、青色の色フィルタである

前記(1)乃至(3)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(5)

前記光吸収膜は、隣接する前記撮像素子の色フィルタを延伸することにより形成されている

前記(1)乃至(4)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(6)

前記光吸収膜は、前記撮像素子で利用されている複数の色フィルタを積層して構成されている 10

前記(1)乃至(5)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(7)

前記光吸収膜は、赤外フィルタまたは黒色の色フィルタである

前記(1)乃至(5)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(8)

前記受光面に入射される透過対象の光軸上には、前記光吸収膜とは異なる色の色フィルタが設けられている

前記(1)乃至(6)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(9)

前記受光面に入射される透過対象の光軸上には、ホワイトフィルタが設けられている

前記(1)乃至(8)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(10)

前記光吸収膜は、前記遮光膜の上に形成されている

前記(1)乃至(9)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(11)

前記光吸収膜の遮光方向の線幅が、前記遮光膜よりも短くなるようにオフセットされている

前記(1)乃至(10)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(12)

前記光吸収膜のオフセット量は、最大入射角に応じて決定されている

前記(11)に記載の固体撮像素子。

(13)

前記光吸収膜のオフセット量は、画素アレイ部内の位置に応じて異なる

前記(11)または(12)に記載の固体撮像素子。

(14)

前記光吸収膜のオフセット量は、前記遮光膜からの高さに応じて異なる

前記(11)乃至(13)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(15)

前記光吸収膜は、所定の膜を介して前記遮光膜の上に形成されている

前記(1)乃至(14)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(16)

前記位相差画素と前記撮像素子とが混在している

前記(1)乃至(15)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(17)

前記位相差画素のみで構成されている

前記(1)乃至(15)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(18)

前記遮光膜は金属膜である

前記(1)乃至(17)のいずれかに記載の固体撮像素子。

50

(1 9)

位相差画素の画素領域に、光電変換素子の受光面を撮像素素よりも大きく遮光した遮光膜を形成し、

前記受光面に入射される透過対象の光軸上には光吸収膜を形成せずに、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に前記光吸収膜を形成する

固体撮像素子の製造方法。

(2 0)

光電変換素子の受光面を遮光膜により撮像素素よりも大きく遮光した位相差画素を備え

、
前記位相差画素は、前記遮光膜に入射される遮光対象の光軸上に光吸収膜を有し、前記
受光面に入射される透過対象の光軸上には前記光吸収膜が設けられていない

10

固体撮像素子

を備える電子機器。

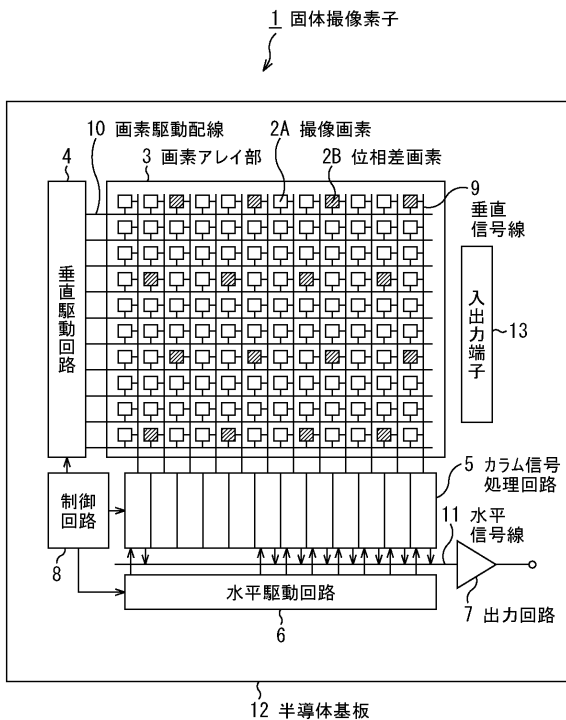
【符号の説明】

【 0 1 8 4 】

1 固体撮像素子， 2 画素， 2 a 撮像素素， 2 b 位相差画素， 3 画素アレイ部， 4 4 遮光膜， 4 5 色フィルタ， 4 6 光吸収膜， 4 7 オンチップレンズ， 1 1 3 固体撮像素子， 2 1 1 AF用固体撮像素子， 1 0 0， 2 0 0 撮像装置

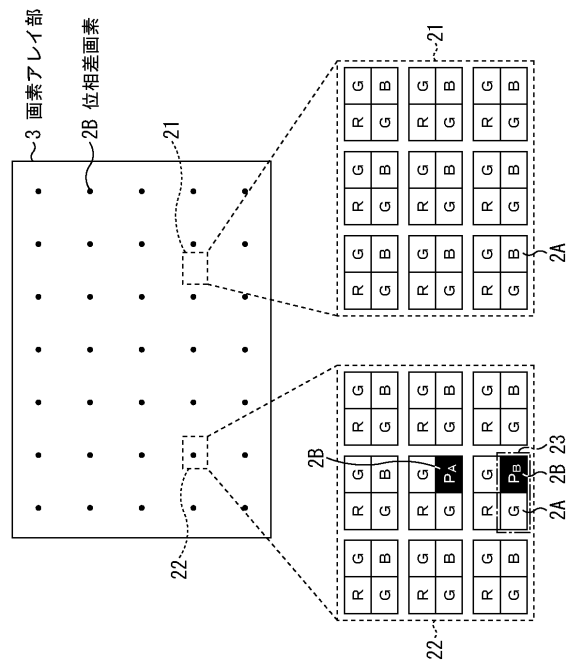
【 図 1 】

図1



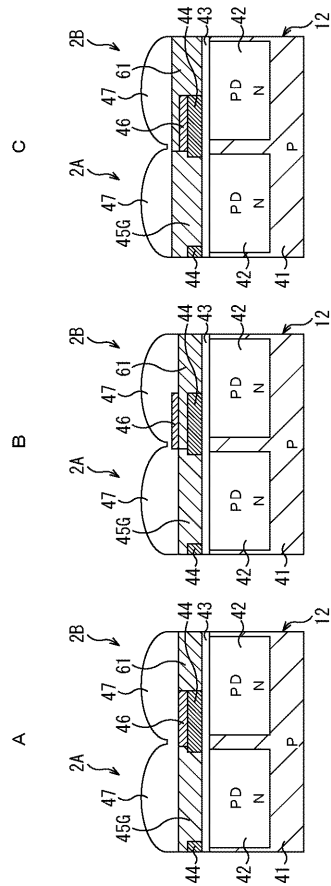
【 図 2 】

図2



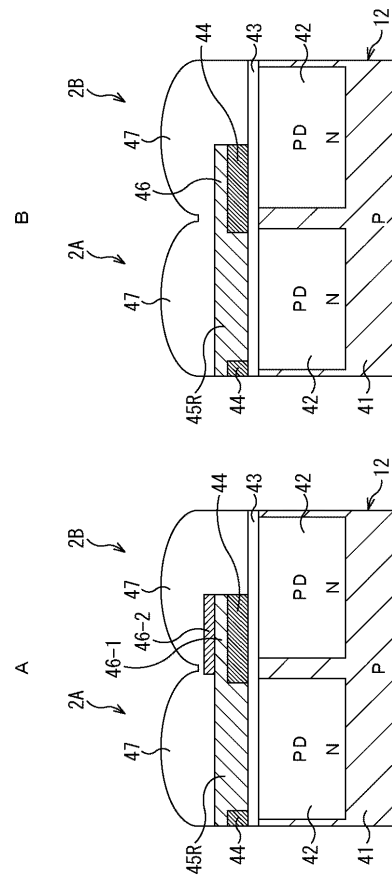
【図 7】

図7



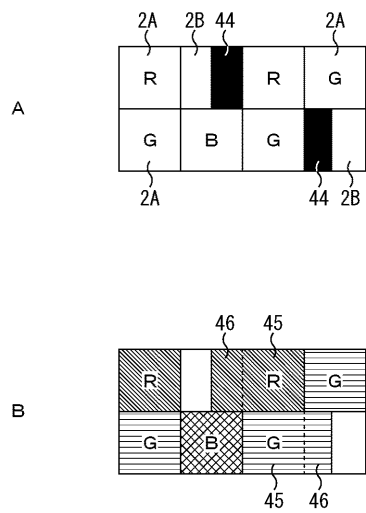
【図 8】

図8



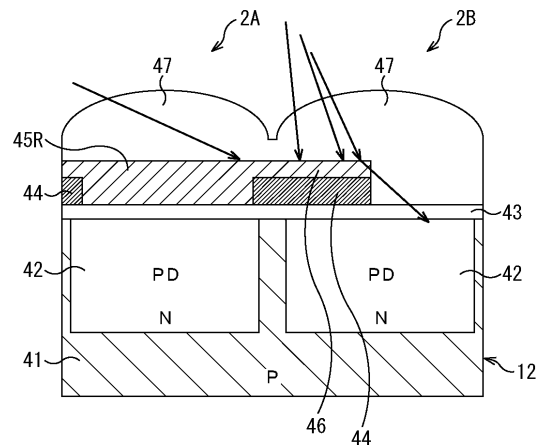
【図 9】

図9



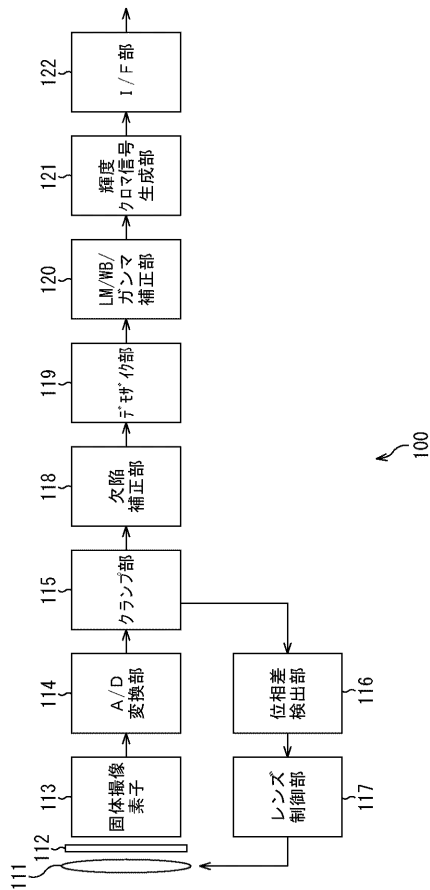
【図 10】

図10



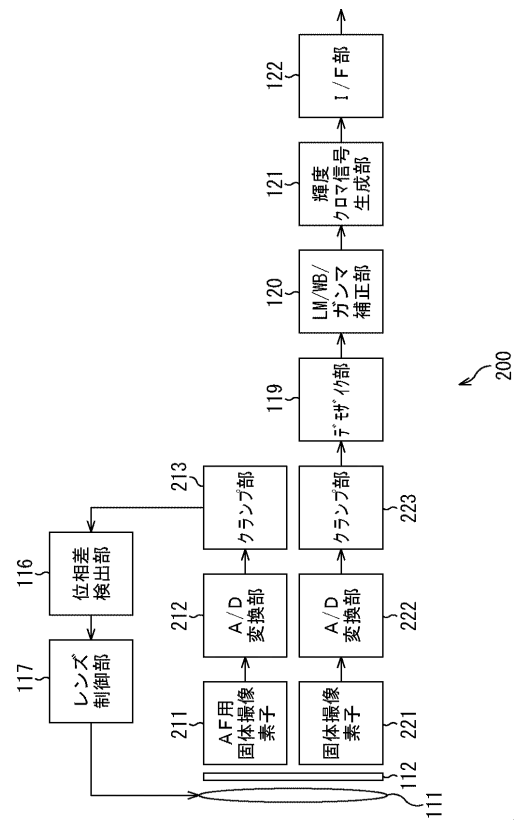
【図 19】

図19



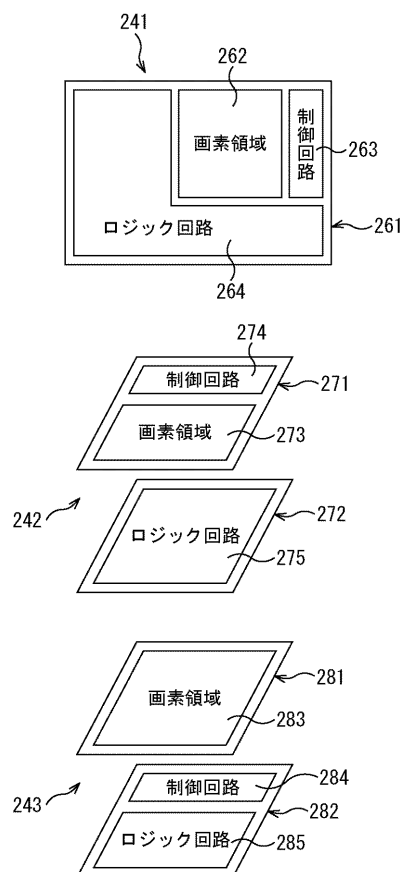
【図 20】

図20



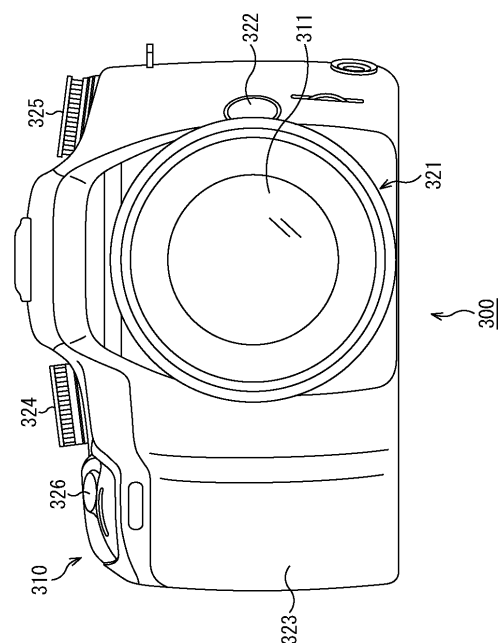
【図 21】

図21



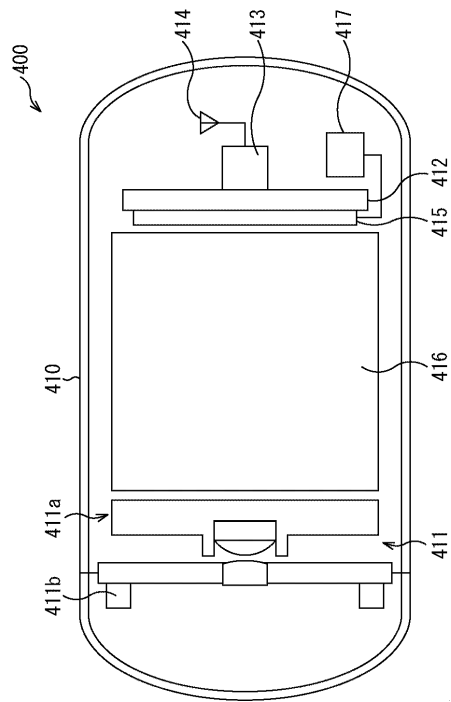
【図 22】

図22



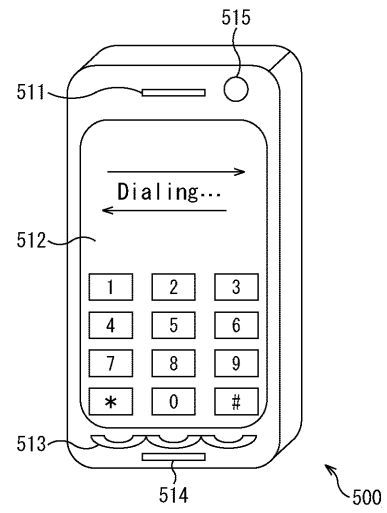
【図 23】

図23



【図 24】

図24



フロントページの続き

F ターム(参考) 5C024 AX01 CX01 DX01 EX43 EX52 GX01 GX07 GX22 GY31 GZ36
5C065 AA03 AA04 AA07 BB11 CC01 DD15 EE05 EE06 EE09 EE10