

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年6月26日(26.06.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/097884 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 27/14 (2006.01) *H01L 27/146* (2006.01)
G02B 7/28 (2006.01) *H04N 5/369* (2011.01)
G02B 7/34 (2006.01) *H04N 5/374* (2011.01)
G03B 13/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/082558
- (22) 国際出願日: 2013年12月4日(04.12.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-275453 2012年12月18日(18.12.2012) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社(FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 田中 俊介(TANAKA, Syunsuke); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目3番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 小林 和憲(KOBAYASHI, Kazunori); 〒1700004 東京都豊島区北大塚2丁目2番1号 太陽生命大塚ビル3階 Tokyo (JP).

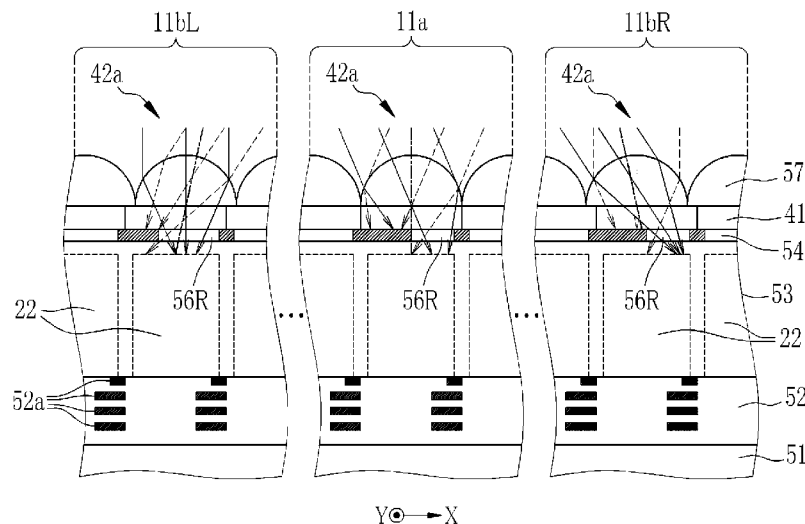
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE

(54) 発明の名称: 固体撮像装置



(57) Abstract: Provided is a solid-state image pickup device that reduces position-dependent differences in sensitivities of phase difference pixels at a center part and peripheral parts, without reducing image quality of a picked-up image. In a light receiving area (11) of a solid-state image pickup device (10), a plurality of normal pixels (43), a plurality of right phase difference pixels (42a), and a plurality of left phase difference pixels (42b) are provided. The light receiving area (11) is divided into a center part (11a), a right peripheral part (11bR), and a left peripheral part (11bL). An opening (56L) of each left phase difference pixel (42b) in the right peripheral part (11bR) has an area greater than that in the center part (11a) and greater than that in the left peripheral part (11bL).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/097884 A1



撮影画像の画質を低下することなく、中央部と周辺部での位置による位相差画素の感度差を低減する固体撮像装置を提供する。固体撮像装置（１０）の受光領域（１１）には、複数の通常画素（４３）と、複数の右位相差画素（４２ａ）と、複数の左位相差画素（４２ｂ）とが配置されている。受光領域（１１）は、中央部（１１ａ）と、右周辺部（１１ｂＲ）と左周辺部（１１ｂＬ）に区画される。右位相差画素（４２ａ）の開口（５６Ｒ）は、左周辺部（１１ｂＬ）のものが、中央部（１１ａ）及び右周辺部（１１ｂＲ）のものよりも面積が大きい。左位相差画素（４２ｂ）の開口（５６Ｌ）は、右周辺部（１１ｂＲ）のものが、中央部（１１ａ）及び左周辺部（１１ｂＬ）のものよりも面積が大きい。

明 細 書

発明の名称： 固体撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、位相差検出方式の焦点調節が可能な固体撮像装置に関する。

背景技術

[0002] デジタルカメラや、携帯電話機及びスマートフォン等の携帯電子機器のカメラモジュールには、オートフォーカス機能が標準的に備えられている。このオートフォーカス機能には、像のコントラストが最大になるように焦点調節を行うコントラスト検出方式（いわゆるコントラストAF）や、視差による位相差に基づいて焦点調節を行う位相差検出方式のオートフォーカス（以下、位相差AFという）等がある。

[0003] 位相差AFを実行する固体撮像装置は、例えば特許文献1に記載されているように、複数の通常画素が配列された受光領域内の所定箇所に、左右いずれかの方向から入射する光を選択的に受光する2種類の位相差画素が配置されている。

[0004] ところで、近年のデジタルカメラやカメラモジュールは、小型化、薄型化の要請から、バックフォーカスの短い撮像レンズが用いられ、また受光領域の面積が大きい固体撮像装置が用いられるようになってきている。このように、短いバックフォーカスに対して受光領域の面積が大きいと、受光領域の周辺部への光の入射角度が大きくなる。

[0005] 固体撮像装置の画素は、概ね正面から入射する光を効率良く集光して光電変換するように構成されているので、光の入射角度が大きくなると感度が低下する。このため、受光領域の周辺部にある画素への光の入射角度が大きい場合に、受光領域上に形成される画像に、輝度や色にシェーディングが生じることがある。シェーディングを低減するためには、周辺部への光の入射角度を考慮して、中央部と周辺部の間で、画素の感度を均一化すればよい。例えば、各画素に設けられるマイクロレンズを、周辺部の画素ほど中央部に寄

せて配置（スケーリング）することにより、周辺部にある画素の集光効率を上げ、中央部の画素と周辺部の画素の間で感度差を緩和して、シェーディングを低減する技術が知られている。

[0006] また、受光領域の中央部から周辺部にかけて画素の開口を大きくすることにより、あるいは周辺部から中央部にかけて画素の開口を小さくすることにより、中央部と周辺部の間で画素の感度を均一化して、シェーディングを低減する技術も知られている（特許文献2）。

[0007] さらに、位相差画素を有する固体撮像装置においては、中央部の位相差画素の瞳領域を周辺部のものに比べて小さくすることによって、各位相差画素の信号レベルを均一にすることや、逆に周辺部の位相差画素の瞳領域を中央部のものに比べて小さくして、各位相差画素のケラレを均一化することで、位相差AFの精度を向上させる技術が知られている（特許文献3）。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2012-003009号公報

特許文献2：特開2004-056407号公報

特許文献3：特開2010-039106号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 各位相差画素は、例えば左右に非対称な構造に形成されているので、通常画素よりも光の入射角度に対して敏感であり、周辺部にある位相差画素は、通常画素よりも感度の低下が大きい。通常画素は、例えばマイクロレンズのスケーリング等によって感度の均一化を図ることができるが、上述のように周辺部における位相差画素の感度の低下量は、通常画素よりも大きいので、マイクロレンズのスケーリングでは位相差画素の感度を十分に補えない。また、周辺部の位相差画素を用いる場合には、位相差AFの精度が悪くなることもある。

[0010] このため、周辺部の位相差画素を用いる場合でも、精度が良い位相差AFを行うためには、例えば特許文献2，3に倣って周辺部の位相差画素の開口や瞳領域の大きさを調節し、周辺部の位相差画素の感度を向上させることが望ましい。

[0011] しかしながら、各位相差画素は、非対称な構造をしているので、特許文献2，3のように、受光領域の周辺部にある位相差画素の開口等を一律に大きくしても、位相差AFの精度が向上しない場合がある。具体的には、左方向から入射して画素の右側部に到達した光を選択的に受光する右位相差画素は、受光領域の中央に対して、受光領域の左側の周辺部にあるものは感度が低い、受光領域の右側の周辺部にあるものではむしろ感度が高い。逆に、右方向から入射して画素の左側部に到達した光を選択的に受光する左位相差画素は、右側の周辺部にあるものでは感度が低い、左側の周辺部にあるものでは感度が高い。したがって、特許文献2，3のように、周辺部において開口や瞳領域の大きさを調節しても、右位相差画素と左位相差画素の区別をせずに、位相差画素の開口等の大きさを一律に調節したのでは、もともと感度が高い側にあるものではS/Nが悪化してしまうので、必ずしも位相差AFの精度向上には繋がらない。

[0012] また、画素の信号電荷を画素信号（電圧信号）として読み出す場合に、通常画素の画素信号を読み出す場合よりもゲインを上げることによって、感度が低い周辺部の位相差画素の画素信号を大きくし、各位相差画素の感度を均一化させることもできる。しかし、読み出しのゲインを上げると、画素信号に含まれるノイズ成分も増大してしまうのでS/Nは改善しない。特に、周辺部の画素では、光の入射角度が大きいため、本来入射すべき光が隣接する画素に入射されて、混色が発生することがある。この混色による画素号は、読み出しのゲインを上げると大きくなるので、感度が低い周辺部の位相差画素の画素信号を読み出す場合に、にゲインを上げるだけでは、位相差AFの精度を十分に改善することはできない。

[0013] この他には、マイクロレンズのスケーリング量を、通常画素と位相差画素

とで変えることによって、周辺部の位相差画素の感度を向上させることも考えられる。しかし、通常画素と位相差画素との間でマイクロレンズのスケールリング量を変えると、通常画素のマイクロレンズと位相差画素のマイクロレンズの間に隙間が生じるために、混色が増大してしまうことがある。

[0014] 本発明は、撮影画像の画質を低下させずに、受光領域の周辺部にある位相差画素の感度を向上して、正確な位相差AFを行える固体撮像装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 上記目的を達成するために、本発明の固体撮像装置は、第2周辺部に存在する第1位相差画素は、中央部及び第1周辺部に存在する第1位相差画素に対して、第1開口の面積が大きく、そして第1周辺部に存在する第2位相差画素は、中央部及び第2周辺部に存在する第2位相差画素に対して、第2開口の面積が大きい。固体撮像装置の受光領域には、複数の通常画素と、複数の第1位相差画素と、複数の第2位相差画素とが配列されている。通常画素は、入射光を等方的に受光する。第1位相差画素は、第1方向に偏心配置された第1開口を有し、この第1開口を通して、第1方向での下流側に到達した光を選択的に受光する。第2位相差画素は、第1方向とは逆の第2方向に偏心配置された第2開口を有し、この第2開口を通して、第2方向での下流側に到達した光を選択的に受光する。被写体の像が形成される受光領域は、第1周辺部、第2周辺部、中央部に区画されている。第1周辺部は、第1方向での下流側にある周辺部である。第2周辺部は、第1方向での上流側にある周辺部である。中央部は、第1周辺部と第2周辺部との間に存在する。

[0016] 第2周辺部に存在する第1位相差画素の第1開口は、中央部に存在する第1位相差画素の第1開口に対して、第2方向に拡張されていることが好ましい。第1周辺部に存在する第2位相差画素の第2開口は、中央部に存在する第2位相差画素の第2開口に対して、第1方向に拡張されていることが好ましい。

[0017] 第2周辺部に存在する第1位相差画素の第1開口の中心位置は、中央部に

存在する第1位相差画素の第1開口に対して、第2方向に寄っているのが好ましい。第1周辺部に存在する第2位相差画素の第2開口の中心位置は、中央部に存在する第2位相差画素の第2開口に対して、第1方向に寄っていることが好ましい。

[0018] 第2周辺部に存在する第1位相差画素及び第1周辺部に存在する第2位相差画素のフォトダイオードは、中央部に存在する第1位相差画素及び第2位相差画素のフォトダイオードよりも受光面積が小さいことが好ましい。

[0019] 第1開口の面積は、中央部から第2周辺部に向かって拡大され、第2開口の面積は、中央部から第1周辺部に向かって拡大されていることが好ましい。

[0020] 第1及び第2位相差画素は、3原色の色光を光電変換するために、各色光に対応して3種類がある。中央部から第2周辺部に向かって拡大される第1開口の拡大率と、中央部から第1周辺部に向かって拡大される第2開口の拡大率は、画素の色光の種類に応じて決められていることが好ましい。

[0021] 固体撮像装置の前に配置されるズームレンズが望遠端と広角端との中間位置にセットされたときに、無限遠からの被写体光がズームレンズを出射するときの出射角度に基づいて、第2周辺部に存在する第1位相差画素の第1開口と、第1周辺部に存在する第2位相差画素の第2開口の面積がそれぞれ定められていることが好ましい。

[0022] 第1周辺部に存在する第1位相差画素は、中央部に存在する第1位相差画素に対して、第1開口が小さく、そして第2周辺部に存在する第2位相差画素は、中央部に存在する第2位相差画素に対して、第2開口が小さいことが好ましい。

[0023] 通常画素、第1位相差画素、及び第2位相差画素は、入射光を集光するマイクロレンズを有することが好ましい。第1及び第2周辺部に存在する通常画素、第1位相差画素、及び第2位相差画素の各マイクロレンズは、入射光の入射角度に応じて、中央部に向かって偏心して配置するのが好ましい。

[0024] 本発明の固体撮像装置は、被写体の像が形成される受光領域に、第1及び

第2位相差画素だけが配置されている。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、第2周辺部に存在する第1位相差画素は、中央部及び第1周辺部に存在する第1位相差画素に対して、第1開口の面積が大きくし、また第1周辺部に存在する第2位相差画素は、中央部及び第2周辺部に存在する第2位相差画素に対して、第2開口の面積が大きくしてある。これにより、第1及び第2の位相差画素の感度を適切に補い、位相差AFの精度を向上させることができる。また、周辺部に存在する位相差画素に対して、マイクロレンズのスケーリングによって感度補正を行っていないので、撮影画像の画質を低下させることもない。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]固体撮像装置を示す説明図である。

[図2]カラーフィルタの配列を示す説明図である。

[図3]通常画素及び位相差画素の構造を示す断面図である。

[図4]受光領域の中央部と周辺部の光の入射角度を示す説明図である。

[図5]受光領域内での通常画素の位置に応じた入射状態を断面図である。

[図6]開口面積が位置によらない場合における右位相差画素への入射状態を示す断面図である。

[図7]開口面積が位置によらない場合における右位相差画素の比感度を表すグラフである。

[図8]左側の周辺部で開口を拡大した場合における右位相差画素への入射状態を示す断面図である。

[図9]左側の周辺部で開口を大きくした場合における右位相差画素の開口面積を表すグラフである。

[図10]位置に応じた右位相差画素の比感度を表すグラフである。

[図11]左側の周辺部の右位相差画素の比感度を中央部のものと一致させた場合のグラフである。

[図12]右側の周辺部に向かうほど、右位相差画素の開口面積を小さくした場

合のグラフである。

[図13]中央部と周辺部で比感度を一定にした場合のグラフである。

[図14]右側の周辺部で開口を大きくした場合における左位相差画素の開口面積を示すグラフである。

[図15]位置に応じた左位相差画素の感度比を示すグラフである。

[図16]位相差画素の開口面積の拡大例を表す説明図である。

[図17]位相差画素の開口面積を拡大する別の例を表す説明図である。

[図18]周辺部において位相差画素のフォトダイオードを小さくする例の説明図である。

[図19]受光領域を細分化する例を示す説明図である。

[図20]位相差画素の開口面積を段階的に拡大する場合における開口面積の変化を表すグラフである。

[図21]緑色画素以外の位相差画素を表す説明図である。

[図22]ハニカム配列の固体撮像装置を示す説明図である。

[図23]色配列が異なる他のハニカム配列の固体撮像装置を示す説明図である。

[図24]カラーフィルタがベイヤー配列の固体撮像装置を示す説明図である。

[図25]位相差画素のみを形成した固体撮像装置を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0027] 図1に示すように、固体撮像装置10はCMOS型イメージセンサであり、受光領域11と、垂直走査回路13、水平走査回路14、出力回路16、制御回路17等を備える。

[0028] 受光領域11には、複数の画素21が水平方向（X方向）及び垂直方向（Y方向）に沿って正方配列されている。この受光領域11には、撮像レンズ（図3参照）によって被写体の像が結像され、各画素21は光電変換によって入射光量に応じた電荷を発生する。

[0029] 画素21は、フォトダイオード（以下、PDという）22、リセットトランジスタ（以下、Trという）23、アンプトランジスタ（以下、Taとい

う) 24、選択トランジスタ(以下、 T_s という) 25を備えている。 T_r 23, T_a 24, T_s 25は、例えばn型のMOSトランジスタである。また、各画素21には、赤色(R)、緑色(G)、青色(B)のいずれかのカラーフィルタ41(図2参照)が設けられており、カラーフィルタ41の色と同じ色光を光電変換する。

[0030] 画素21には、通常画素と位相差画素の2種類がある。通常画素と位相差画素は、立体的構造(具体的にはPD 22に対する開口の大きさや位置)が異なっているが、電氣的構成は同じである。このため、図1では通常画素と位相差画素を区別せずに、全て画素21としている。

[0031] 受光領域11上に配置される画素21の殆どは通常画素である。この通常画素43(図2参照)からの画素信号(電圧信号)は、撮影画像の形成に利用される。各通常画素43は、水平方向及び垂直方向で対称な構造をしている。

[0032] 位相差画素には2種類があり、いずれも水平方向に非対称な構造をしている。その1つは、水平方向で左方向から入射し、PD 22の右側部に到達した光を選択的に受光する右位相差画素42a(図6参照)である。もう1つは、水平方向で右方向から入射し、PD 22の左側部に到達した光を選択的に受光する左位相差画素42b(図3参照)である。隣接して配置された右位相差画素42aと左位相差画素42bとで一对を構成する。受光領域11には、複数の位相差画素対が均一に配置されている。すなわち、位相差画素42a、42bは、受光領域11の中央部にも周辺部にも設けられている。各位相差画素42a、42bの画素信号は、位相差AFに利用される。

[0033] PD 22は、入射光量に応じた電荷を発生するものであり、アノードがグラウンドに接続されており、カソードが T_a 24のゲート電極に接続されている。PD 22のカソードと T_a 24のゲート電極の接続部分が、フローティングディフュージョン(図示しない。以下、FDという。)であり、ここにPD 22で発生した電荷が蓄積される。

[0034] T_r 23は、ソース電極がFDに接続され、ドレイン電極には電源電圧V

DD (図示しない) が印加される。また、Tr 23 のゲート電極はリセット線 26 に接続されている。Tr 23 は、垂直走査回路 13 からリセット線 26 を介してゲート電極にリセットパルスが印加されることによりオン状態になる。Tr 23 がオン状態になると、FD に電源電圧 VDD が印加され、FD に蓄積された電荷が破棄される。

[0035] Ta 24 は、ゲート電極が FD に接続され、ドレイン電極には電源電圧 VDD が印加されている。また、ソース電極は、Ts 25 のドレイン電極に接続されている。Ta 24 は、FD に蓄積された電荷量に応じた電圧を画素信号としてソース電極に出力する。

[0036] Ts 25 はドレイン電極が Ta 24 のソース電極に接続され、ソース電極は信号線 27 に接続されている。また、Ts 25 のゲート電極は、行選択線 28 に接続されている。Ts 25 は、行選択線 28 を介して垂直走査回路 13 から選択パルスが入力されるとオン状態になり、Ta 24 から出力された画素信号を信号線 27 に出力する。

[0037] 垂直走査回路 13 及び水平走査回路 14 は、画素 21 の駆動回路を構成している。垂直回路 13 には、各行のリセット線 26 と行選択線 28 が接続されている。垂直走査回路 13 は、選択された行のリセット線 26 にリセットパルスを入力する。また、行選択線 28 に選択パルスを入力して Tr 23 や Ts 25 の動作を制御する。

[0038] 水平走査回路 14 は、各信号線 27 上に設けられた複数の列選択トランジスタ (Tc) 32 のうちの 1 つをオンにすることにより、画素信号の読み出しを行う列を選択する。

[0039] 信号線 27 は、各画素 21 からの画素信号を読み出すためのものであり、画素 21 の列毎に設けられている。また、信号線 27 の末端には、相関二重サンプリング (CDS) 回路 31 と列選択トランジスタ (Tc) 32 が設けられている。CDS 回路 31 は、制御回路 17 から入力されるクロック信号に基づいて動作し、垂直走査回路 13 によって選択された行選択線 28 上の画素 21 から、読み出しに伴うノイズが除去されるように画素信号をサンプ

ルホールドする。CDS回路31が保持する画素信号は、水平走査回路14によって列選択トランジスタ67がオンにされることによって、出力バスライン33を介して出力回路16に出力される。

[0040] 出力回路16は、CDS31から入力される画素信号を増幅するアンプ34と、アンプ34で増幅された画素信号をデジタルデータに変換するA/D変換回路35を備える。アンプ34のゲインは可変であり、撮影モード等の設定に応じて適宜調節される。

[0041] 制御回路17は、固体撮像装置10の各回路を統括的に制御する。例えば、垂直走査回路13や水平走査回路14の動作は、制御回路17から入力されるクロック信号等の制御信号に基づいて動作する。また、CDS31の動作やアンプ34のゲイン等も制御回路17によって制御される。

[0042] 図2に示すように、カラーフィルタ41は、6×6画素の色配列を1単位とする長い周期性を有している。より詳しくは、カラーフィルタ41は、3×3画素の色配列からなる2種類のサブユニット41a、41bをそれぞれ対角の位置に配置した配列である。第1サブユニット41aは、3×3画素の中央及び対角位置に緑色（G）フィルタが配列され、左右中央に青色（B）フィルタを、上下中央に赤色（R）フィルタが配置されたサブユニットである。第2サブユニット41bは、3×3画素の中央及び対角位置にGフィルタが配列されている点が、第1サブユニット41aと同様であるが、BフィルタとRフィルタが第1サブユニット41aとは逆になっており、左右中央にはRフィルタが配列され、上下中央にはBフィルタが配列される。

[0043] 例えば2×2画素の色配列を1単位としたベイヤー配列と比較すると、図2に示すカラーフィルタ41は長い周期性を有するので、光学的ローパスフィルタを用いなくてもモアレの発生を抑えることができる。また、カラーフィルタ41を採用した固体撮像装置10では、縦方向（垂直方向）及び横方向（水平方向）に必ずRGBの画素が存在するので、偽色が抑えられ、正確な色再現が可能である。

[0044] 位相差画素42a、42bは、位相差AFのための視差に関する情報を含

む信号を得るためのものであり、通常画素43に代わって配置される。例えば、右上の第1サブユニット41aと左上の第2サブユニット41bの各左下のG画素に形成される。

[0045] 通常画素43の開口55は、上下左右が対称に形成されており、上下左右の各方向から入射する光を均等に（等方的に）受光する。これに対して、右位相差画素42aは、入射光のうちPD22の右側部に到達した光を選択的に受光するために、開口56Rが通常画素43の開口55よりも小さく、PD22の中心から右寄りに偏心して配置されている。また、左位相差画素42bは、入射光のうちPD22の左側部に到達した光を選択的に受光するために、開口56Lが通常画素43の開口55よりも小さく、左寄りに偏心配置されている。

[0046] 位相差画素42a、42bの画素信号は、それぞれ左右の視差がある信号であり、位相差AFに用いられる。撮像信号を通常画素43で形成する場合は、位相差画素42a、42bが存在する位置の画素信号が欠損する。そこで、この欠損する画素信号は、位相差画素42a、42bの周辺のG画素（通常画素43）から、補間処理により作成される。なお、位相差画素42a、42bを撮像信号に使用する場合は、画素信号を増幅して、通常画素43に感度を一致させる。

[0047] 位相差画素42a、42bは、受光領域11の全面に設けられるが、カラーフィルタ41の6×6画素の単位中に必ず位相差画素42a、42bが設けられているわけではない。受光領域11の各画素をカラーフィルタ41の6×6画素の単位でみた場合、位相差画素42a、42bが設けられていない単位もある。位相差画素42a、42bが設けられていない単位では、全てが通常画素43である。位相差画素42a、42bが設けられる場合には、6×6画素単位中の上記箇所に設けられる。

[0048] 図3に示すように、固体撮像装置10は、裏面照射型（BSI ; back side illuminated）のCMOSイメージセンサであり、支持基板51、配線層52、p型半導体基板53、遮光層54、カラーフィ

ルタ 4 1、マイクロレンズ 5 7 等で構成される。p 型半導体基板 5 3 に対して配線層 5 2 が設けられている側が固体撮像装置 1 0 の「表面」であり、カラーフィルタ 4 1 や遮光層 5 4、マイクロレンズ 5 7 が設けられている側が「裏面」である。各画素 2 1 は、マイクロレンズ 5 7、カラーフィルタ 4 1、遮光層 5 4 を介して、裏面側から P D 2 2 に光が入射される。なお、図 3 は、受光領域 1 1 の中央部 1 1 a（図 4 参照）における固体撮像装置 1 0 の断面を模式的に示したものである。

[0049] 支持基板 5 1 は、例えばシリコン基板であり、裏面照射型の固体撮像装置 1 0 を製造する過程で、p 型半導体 5 3 の裏面を露呈させ、p 型半導体 5 3 を薄板化するために配線層 5 2 の表面に接合される。

[0050] 配線層 5 2 は p 型半導体基板 5 3 の表面に形成され、配線層 5 2 内に設けられた配線 5 2 a によって、各画素 2 1（通常画素 4 3 及び位相差画素 4 2 a、4 2 b）を形成するトランジスタ（T r 2 3、T a 2 4、T s 2 5）や、各画素 2 1 を駆動するための垂直走査回路 1 3、水平走査回路 1 4、制御回路 1 7、出力回路 1 6、制御回路 1 7、C D S 3 1 等の各種回路、リセット線 2 6、信号線 2 7、行選択線 2 8、出力バスライン 3 3 等の各種配線が形成される。

[0051] P D 2 2 は、p 型半導体基板 5 3 と、p 型半導体基板 5 3 内に形成された n 型半導体領域の P N 接合によって形成される。p 型半導体基板 5 3 は薄板化されており、破線で示す P D 2 2 の光電変換領域は p 型半導体基板 5 3 の裏面近傍にまで達している。P D 2 2 が光電変換により生成した電荷は配線層 5 2 との界面近傍に蓄積される。なお、各 P D 2 2 は図示しない分離層（例えば p ++ 層）によって分離されている。

[0052] 遮光層 5 4 は p 型半導体基板 5 3 の裏面側に設けられ、各 P D 2 2 間に入射する光を遮光することにより混色を抑える。遮光層 5 4 は例えば金属薄膜等で形成され、各 P D 2 2 に対応する開口 5 5、5 6 を有する。開口 5 5、5 6 には、例えば、透明な材料が充填されており、遮光層 5 4 の裏面（カラーフィルタ 4 1 との界面）は平坦になっている。

- [0053] 開口 5 5 は、通常画素 4 3 に設けられるものであり、通常画素 4 3 の P D 2 2 のほぼ全面を露呈する大きさに設けられている。このため、一点鎖線で示すように、通常画素 4 3 では、対応するマイクロレンズ 5 7 及びカラーフィルタ 4 1 を介して入射する光のほぼ全光束が開口 5 5 を通って P D 2 2 に入射される。なお、開口 5 5 は、通常画素 4 3 の位置等によらず、全ての通常画素 4 3 で同じ大きさである。このため、通常画素 4 3 は、受光領域 1 1 (図 4 参照) 内での位置によらず、全て同じ受光面積を有する。
- [0054] 一方、開口 5 6 L は、左位相差画素 4 2 b に設けられるものであり、通常画素 4 3 の開口 5 5 よりも幅が狭く、開口面積は小さい。また、開口 5 6 L は、中心が左側 (X 方向での上流側) に偏心配置されている。このため、左位相差画素 4 2 b では、対応するマイクロレンズ 5 7 及びカラーフィルタ 4 1 を介して入射する光のうち、開口 5 6 L を通って P D 2 2 の左側部 (X 方向で上流にある側部) に到達する一部の光束だけを受光する。
- [0055] 右位相差画素 4 2 a の構成は、左位相差画素 4 2 b と同様であるので、図 3 では省略してある。但し、図 6 に示すように、右位相差画素 4 2 a では、左位相差画素 4 2 b とは逆に、開口 5 6 R が右側 (X 方向で下流側) に偏心配置されており、対応するマイクロレンズ 5 7 及びカラーフィルタ 4 1 を介して入射する光のうち、開口 5 6 R を通って P D 2 2 の右側部 (X 方向で下流にある側部) に到達するものを受光する。
- [0056] カラーフィルタ 4 1 の各色セグメントは、P D 2 2 にそれぞれ対応して設けられており、各色セグメントの中心は P D 2 2 の中心に対応する位置にある。マイクロレンズ 5 7 によって集光される光は、カラーフィルタ 4 1 を通ることによって R, G, B のいずれかの色光だけが P D 2 2 に入射する。
- [0057] マイクロレンズ 5 7 は、各 P D 2 2 に対応するように、カラーフィルタ 4 1 上に設けられ、形状は概ね半球である。マイクロレンズ 5 7 は、入射光を対応する P D 2 2 に集光させる。受光領域 1 1 の中心 (中央部 1 1 a の中心) では、マイクロレンズ 5 7 の中心は P D 2 2 の中央にほぼ一致しているが、中心からの距離に応じて受光領域 1 1 の中心寄りに偏心されている。但し

、中央部 11a 内でも、マイクロレンズ 57 は、主光線角度 45 に応じて受光領域 11 の中心方向にオフセットして配置（スケーリング）されている。

[0058] 図 4 に示すように、固体撮像装置 10 の前に撮像レンズ 44 が配置され、受光領域 11 に被写体 59 の像を結像する。撮像レンズ 44 は、1 枚の光学レンズで模式的に表してあるが、実際は複数の光学レンズで構成されている。また、撮像レンズ 44 には、赤外線フィルタ等の各種光学フィルタや、実質的にレンズ作用がない光学要素が含まれていてもよい。

[0059] 撮像レンズ 44 によって被写体 59 の像を受光領域 11 に結像させる場合に、一点鎖線で示す主光線の角度（以下、主光線角度という）45 は、受光領域 11 の中央部 11a から左周辺部 11bR、右周辺部 11bL にかけて徐々に大きくなる。このため、各画素 21 が各箇所の主光線角度 45 に合わせた構造になっている。ここで、左周辺部 11bR は X 方向で上流に位置する矩形の領域である。右周辺部 11bL は、X 方向で下流に位置する矩形の領域である。中央部 11a は、左周辺部 11bR と右周辺部 11bL との間に位置する矩形の領域である。

[0060] 図 5 に示すように、通常画素 43 は、主光線角度 45 に合わせてマイクロレンズ 57 がスケーリングされている。具体的には、カラーフィルタ 41 ～ フォトダイオード 22 までの構造は、中央部 11a でも、周辺部 11bR、11bL でも全て同じ構造になっているが、周辺部 11bR、11bL では、各マイクロレンズ 57 の中心位置が中央部 11a 側に偏心して配置されている。ここで、各通常画素 43 への入射光を、破線の矢印で示す右側半分の光束（以下、右側光束という）とし、実線の矢印で示す左側半分の光束（以下、左側光束という）とする。中央部 11a の通常画素 43 では、マイクロレンズ 75 によって左側光束は PD 22 の右側部に、右側光束は PD 22 の左側部にそれぞれ集光される。すなわち、中央部 11a の通常画素 43 では、入射光の光束はほぼ全て PD 22 に集光される。

[0061] また、右周辺部 11bR にある通常画素 43 では、一点鎖線で示すように主光線が傾斜しているが、この主光線の角度に合わせてマイクロレンズ 75

がスケーリングされているので、左側光束も右側光束も全てPD22に集光される。同様に、左周辺部11bLにある通常画素43についても、同様であり、主光線の角度に合わせてマイクロレンズ75がスケーリングされているので、左側光束も右側光束も全てPD22に集光される。したがって、通常画素43は、中央部11a、右周辺部11bR、左周辺部11bLのいずれにおいても、入射光の光束のほぼ全てをPD22で受光することができる。

[0062] 位相差画素42a、42bは、通常画素43と同様に、主光線角度45に合わせてマイクロレンズ57がスケーリングされている。また、位相差画素42a、42bは、開口56L、56Rが片側に寄っている他に、その面積（開口面積）が、受光領域11内での位置に応じて調節されている。

[0063] まず、比較のために、位相差画素42a、42bの開口56L、56Rが中央部11a、右周辺部11bR、左周辺部11bLのいずれにおいても同じ大きさ（通常画素43の開口55の半分の面積）になっている場合を説明する。この場合は、図6に示すように、中央部11aにある右位相差画素42aは、左半分が遮光されているので、開口56Rを通してPD22の右側部に到達する光のみを選択的に受光する。例えば、左側光束の約1/5、右側光束の約4/5がPD22の右側部に到達する場合に、中央部11aにある右位相差画素42aの受光量は、入射光量の約1/2である。

[0064] 一方、右周辺部11bRにある右位相差画素42aでは、入射光の光束のうち、入射角度が小さい右側光束（破線矢印）は、その殆どが遮光され、入射角度が大きい左側光束（実線矢印）はほぼ全てPD22に到達する。例えば、右側光束の約1/5、左側光束のほぼ全てがPD22の右側部に到達すると、右周辺部11bRにある右位相差画素42aの受光量は、入射光量の約3/5である。

[0065] また、左周辺部11bLにある右位相差画素42aでは、右周辺部11bRにあるものとは逆に、入射光の光束のうち、右側光束（破線矢印）の入射角度が大きく、左側光束（実線矢印）の入射角度が小さい。このため、左周

辺部 1 1 b L にある右位相差画素 4 2 a では、右側光束がほぼ全て遮光され、左側光束の一部が P D 2 2 に到達する。例えば、左側光束の約 $4/5$ が P D 2 2 に到達すると、左周辺部 1 1 b L にある右位相差画素 4 2 a の受光量は、入射光量の約 $2/5$ である。

[0066] したがって、図 7 に示すように、右位相差画素 4 2 a の比感度（通常画素 4 3 の感度に対する感度）は、概ね X 方向の位置に比例し、右周辺部 1 1 b R では中央部 1 1 a のものよりも大きい、左周辺部 1 1 b L では中央部 1 1 a のものよりも小さい。このため、比感度が大きい右周辺部 1 1 b R の右位相差画素 4 2 a を用いる場合には、中央部 1 1 a のものを用いる場合よりも精度良く位相差 A F を行うことができる。しかし、比感度が中央部 1 1 a のものよりも小さい左周辺部 1 1 b L の右位相差画素 4 2 a を用いると、位相差 A F の精度が良好ではない。

[0067] 図 8 及び図 9 に示すように、受光領域 1 1 の中心（中央部 1 1 a の中心線）から左周辺部 1 1 b L にある右位相差画素 4 2 a の開口 5 6 R を、中央部 1 1 a 及び右周辺部 1 1 b R の開口 5 6 R よりも、面積を大きくしてある。このように、開口面積を中央部 1 1 a 及び右周辺部 1 1 b R のものよりも大きくすると、左周辺部 1 1 b L にある右位相差画素 4 2 a の感度を、中央部 1 1 a にある右位相差画素 4 2 a の感度以上に向上させることができる。

[0068] 例えば、開口面積が、図 6 に示す中央部 1 1 a のものと同じ場合に、一部が遮光されていた左側光束（実線矢印）が、図 8 に示すように開口面積を拡大した場合には、ほぼ全てが P D 2 2 に到達する。また、開口面積が中央部 1 1 a のものと同じ場合には、全て遮光されていた右側光束（破線矢印）は、面積が拡大された開口 5 6 R を通過して P D 2 2 に到達する。このため、右側光束の約 $1/5$ が P D 2 2 に到達すると、面積が拡大された開口 5 6 R を有する左周辺部 1 1 b L の位相差画素 4 2 a の受光量は、入射光量の約 $3/5$ 程度に向上する。これは、右周辺部 1 1 b R にある右位相差画素 4 2 a の受光量とほぼ同じ受光量である。

[0069] 左周辺部 1 1 b L における開口 5 6 R の拡大率は、例えば、図 10 に示す

ように、比感度が中央部 1 1 a の中心線から左周辺部 1 1 b L と、中心線から右周辺部 1 1 b R とで対称になるように、各右位相差画素 4 2 a の位置に応じて調節すればよい。なお、左周辺部 1 1 b L における開口 5 6 R の拡大率は、左周辺部 1 1 b L にある右位相差画素 4 2 a の比感度が、少なくとも中央部 1 1 a の右位相差画素 4 2 a の比感度以上になるように調節されていればよい。特に、図 1 1 に示すように、受光領域 1 1 の中心から左周辺部 1 1 b L にかけて比感度が一定になるように、開口 5 6 R の拡大率が調節されていることが好ましい。このように、受光領域 1 1 の中心における比感度と、左周辺部 1 1 b L の比感度とが等しくなるように開口 5 6 R の拡大率が調節されている場合は、左周辺部 1 1 b L の右位相差画素 4 2 a が本来受光すべき左側光束（信号）が多く、ノイズになる右側光束の受光量が少ないので、良好な S/N を維持したまま、比感度を大きくできる。

[0070] 図 1 2 に示すように、右周辺部 1 1 b R にある右位相差画素 4 2 a の開口 5 6 R は、中央部 1 1 a のものよりも小さくしてもよい。そして、右周辺部 1 1 b R における開口 5 6 R の縮小率は、図 1 3 に示すように、受光領域 1 1 の中心から右周辺部 1 1 b R にかけて比感度が一定になるように調節されていることが好ましい。このように、受光領域 1 1 の中心における比感度と、右周辺部 1 1 b R の比感度とが等しくなるように開口 5 6 R の面積が調節されている場合は、開口面積が中心のものと同じ場合と比較すれば比感度が低下するが、S/N を向上させることができる。また、上述の説明から分かるように、図 1 3 のように、中央部 1 1 a、左周辺部 1 1 b L、右周辺部 1 1 b R で、比感度がほぼ等しくなるように開口 5 6 R の面積が調節されていることが特に好ましいことは言うまでもない。

[0071] ところで、左位相差画素 4 2 b は、右位相差画素 4 2 a と断面構造が左右対称である。このため、図 1 4 に示すように、左位相差画素 4 2 b は、上述の右位相差画素 4 2 a の場合とは逆に、少なくとも受光領域 1 1 の中心から右周辺部 1 1 b R にかけて開口 5 6 L の面積が大きくなるように開口面積が調節されている。

[0072] 図15に示すように、左位相差画素42bの開口面積が一定になっている場合に、右周辺部11bR上の左位相差画素42bの比感度は、中央部11aのものよりも低い（一点鎖で示す）。しかし、右周辺部11bR上の左位相差画素42bの開口面積を拡大しておくことで、右周辺部11bR上の左位相差画素42bは、左周辺部11bL上の左位相差画素42bと同程度（実線で示す）に、あるいは中央部11aの中心と同程度（破線で示す）に、比感度が向上する。

[0073] 右位相差画素42aの開口56Rは、左周辺部11bLで拡大し、右周辺部11bRでは中央部11aと同じか、あるいは縮小している。同様に、左位相差画素42bの開口56Lは、右周辺部11bRで拡大し、左周辺部11bLでは中央部11aと同じか、あるいは縮小している。このように、左右の位相差画素42a、42bは、位置に応じて開口面積を調節しているので、左右の位相差画素の感度を適切に補い、位相差AFの精度を向上することができる。

[0074] 例えば、左右の位相差画素42a、42bを区別することなく、受光領域11の中心線からの距離に応じて、一律に開口面積を拡大すると、もともと比感度が大きい位置にある位相差画素（右周辺部11bR上の右位相差画素42aと、左周辺部11bL上の左位相差画素42b）では、ノイズになる光束の受光量が増えるので、S/Nが悪化し、比感度が高くても位相差AFの精度が悪化する場合がある。これと比較すると、左右の位相差画素42a、42bは、位置に応じて開口56L、56Rの大きさを調節しているので、S/Nを悪化させることなく、確実に位相差AFの精度を向上させることができる。

[0075] また、位相差画素42a、42bのマикроレンズ75を通常画素43とは異なるスケーリングにすると、混色等が発生して撮影画像の画質が損なわれることもある。しかし、本実施形態では、マикроレンズ75を通常画素43と異なったスケーリングをせずに、位相差画素42a、42bの開口面積の調節によって、位相差AFの精度を向上させているので、撮影画像の画

質は損なわれない。

[0076] 右位相差画素42aの開口面積を上述のように調節する場合に、例えば、図16に示すように、左周辺部11bLでは、中央部11aの右位相差画素42aの開口56Rに対して、右位相差画素42aの左端の位置を左側に移動して開口56Rの横に拡張することによって、面積を拡大すればよい。このように、中央部11aの右位相差画素42aの開口56Rに対して、右端の位置を揃えたまま開口を横に拡張して、面積を拡大すると、S/Nと比感度の向上を両立させやすい。この場合に、開口面積を拡大しても基線長（一对の位相差画素42a、42bの中心間の距離）が短くなり難いので、視差に関する情報も得やすい。図16では右位相差画素42aを例にしているが、左位相差画素42bも同様であり、右周辺部11bRにおいて、左端の位置を中央部11aのものと揃えたまま、右端の位置を右側に移動して開口56Lを横に拡張することによって面積を拡大すればよい。

[0077] 一方、図17に示すように、左周辺部11bLの右位相差画素42aでは、中央部11aの右位相差画素42aの開口56Rの右端及び左端を両方とも左側に移動させて開口面積を拡大してもよい。この場合に、開口56Rの中心位置も左側に移動する。このように、開口面積の拡大のために、開口56Rの右端及び左端の位置をともに左側に移動させると、開口56Rの幅をできるだけ小さく保った状態で、左側光束をほぼ全て受光した場合でも、ノイズになる右側光束の入射を防ぐように開口面積を拡大することができる。このため、前述の右端を移動させない場合と比較すると、比感度の増分が少なく、また、基線長も短くなりやすいが、S/Nが特に良好である。なお、左位相差画素42bも左位相差画素42bと同様である。

[0078] 左周辺部11bLの右位相差画素42aの開口面積を調節した上で、さらに図18に示すように、左周辺部11bLの右位相差画素42aのPD22を中央部11aのPD22に対して小さくしてもよい。左周辺部11bLの右位相差画素42aのPD22を小さくすると、右位相差画素42aのPD22は、その横にある通常画素43のPD22からの距離が大きくなる。通

常画素43のPD22と右位相差画素42aのPD22の距離が近い場合に、通常画素43に斜めに入射した光が右位相差画素42aのPD22に漏れ、混色が発生する場合がある。しかし、上述のように、右位相差画素42aのPD22を小さくしておけば、通常画素43に斜めに入射した光が位相差画素42a側に漏れても、右位相差画素42aのPD22には到達し難いので、混色がより確実に防止され、S/Nが良い信号が得られやすい。

[0079] 左周辺部11bLの右位相差画素42aのPD22を小さくする場合は、開口56Rの面積や、PD22の大きさ及び形状は、比感度及びS/Nが最適になるように適宜定めればよい。また、PD22の大きさ及び形状を、拡大した右位相差画素42aの開口56Rに合わせた長方形にしてもよい。例えば、右位相差画素42aの開口56Rに大きさや形状がほぼ合致する長方形にすればよい。なお、左位相差画素42bについても同様である。

[0080] 上述の実施形態では、受光領域を中央部11aと周辺部11bL、11bRの3つに区画しているが、受光領域11aをさらに細かく分けしてもよい。例えば、図19に示すように、受光領域11を、左中央部81aL、右中央部81aR、内側左周辺部81bL、内側右周辺部81bR、外側左周辺部81cL、外側右周辺部81cRに分けてもよい。これらの内側左周辺部81bL、内側右周辺部81bR、外側左周辺部81cL、外側右周辺部81cRはチャンネル状をしているが、垂直方向に延びた矩形でもよい。撮影画像のシェーディング補正や傷補正（位相差画素42a、42bの画素値の補正）等の所定の各種処理の方法が受光領域11の位置によって異なる場合があるが、上述のように受光領域11を細かく分けする場合には、各種処理の方法の区切りに合わせて受光領域11を分けすることが好ましい。

[0081] さらに、図20に示すように、右位相差画素42aの開口面積を、左中央部81aL、内側左周辺部81bL、外側左周辺部81cLの順に段階的に拡大してもよい。このように、各種処理の方法が異なる区切りに合わせて、右位相差画素42aの開口面積を段階的に拡大すると、中心からの距離に応じて開口面積を滑らかに拡大する（図9参照）よりも容易に良好な処理結果

が得られる。すなわち、右位相差画素42aの開口面積の段階的拡大は、位相差AFの精度向上と撮影画像の画質を両立しやすい。なお、右中央部81aR、内側右周辺部81bR、外側右周辺部81cRでは、右位相差画素42aの開口面積は同じである。また、左位相差画素42bは、右位相差画素42aと同様に、右中央部81aR、内側右周辺部81bR、外側右周辺部81cRで段階的に開口面積を拡大すればよい。なお、受光領域11を中央部11aと周辺部11bL、11bRに分ける場合も、開口面積を段階的に拡大してもよい。

[0082] 撮像レンズ44がズームレンズの場合に、ズーム倍率によって各位置の主光線角度45が変化するので、各位置の位相差画素42a、42bの開口面積を一義的に定められない場合がある。この場合には、撮像レンズ44が望遠端（焦点距離が最も長い場合）、広角端（焦点距離が最も短い場合）、またはこれらの中間位置の場合に、無限遠距離からの主光線角度45に合わせて各位置の位相差画素42a、42bの開口面積を定めることが好ましい。但し、望遠端の場合の主光線角度45に合わせると広角端での誤差（比感度等のずれ）が大きく、逆に広角端の場合の主光線角度45に合わせると望遠端での誤差が大きい。そこで、望遠端と広角端とで位相差AFの精度を同じにするために、望遠端と広角端との中間位置での主光線角度45に合わせて、各位相差画素42a、42bの開口面積を定めることが特に好ましい。

[0083] 上述の実施形態では、G画素を位相差画素42a、42bとしているが、図21に示すように、R画素やB画素を位相差画素42a、42bにしてもよい。もちろん、全ての位相差画素42a、42bをR画素で形成してもよいし、全ての位相差画素42a、42bをB画素で形成してもよい。また、R、G、Bのいずれか2種を位相差画素42a、42bとしてもよい。

[0084] 但し、位相差画素42a、42bをR、G、Bのうち2色以上とする場合に、色毎に周辺部11bにおける感度の低下量が異なるので、色毎に位相差画素42a、42bの開口面積の拡大率を変えることが好ましい。マイクロレンズ75の焦点距離等によっても異なるが、例えば、各色の位相差画素4

2 a, 4 2 b の開口面積の拡大率を B 画素 > G 画素 > R 画素にする。もちろん、開口面積の拡大率が 2 色で同じであり、1 色だけ異なってもよい（例えば、B 画素 = G 画素 > R 画素）。拡大率の基準は、中央部 1 1 a にある各色の位相差画素 4 2 a, 4 2 b の開口面積である。このように、色毎に位相差画素 4 2 a, 4 2 b の開口面積の拡大率を調節しておけば、各色の位相差画素 4 2 a, 4 2 b で S/N が良い信号が得られるので、位相差 A F の精度を向上させやすい。

[0085] 上述の実施形態では、固体撮像装置 1 0 の画素が正方配列されているが、画素の配列は任意である。例えば、画素の配列を図 2 2 及び図 2 3 のようにハニカム配列にしてもよい。また、画素配列をハニカム配列にする場合のカラーフィルタの色配列は任意であるが、例えば、図 2 2 や図 2 3 の色配列にすることができる。図 2 2 の色配列は、G 画素の列と、R 画素及び B 画素が 2 個ずつ交互に並んだ列を斜め 4 5 度方向に交互に配置した例である。

[0086] また、6 × 6 画素を単位としたカラーフィルタ 4 1 を用いているが、カラーフィルタ 4 1 の配列は任意である。例えば、画素を正方配列にする場合には、図 2 4 に示すように、破線で囲む 2 × 2 画素を上下左右に並べたいわゆるベイヤー配列にしてもよい。

[0087] 位相差画素 4 2 a, 4 2 b は、カラーフィルタ 4 1 の 6 × 6 画素の単位内で、右上の第 1 サブユニット 4 1 a の左下 G 画素と、左上の第 2 サブユニット 4 1 b の左下 G 画素に形成しているが、位相差画素 4 2 a, 4 2 b を形成する G 画素の位置は任意である。例えば、右上の第 1 サブユニット 4 1 a の中央の G 画素と、左上の第 2 サブユニット 4 1 b の中央の G 画素をそれぞれ位相差画素 4 2 a, 4 2 b としてもよい。また、右下の第 2 サブユニット 4 1 b の G 画素と、左下の第 1 サブユニット 4 1 a の G 画素を位相差画素 4 2 a, 4 2 b としてもよい。

[0088] また、一对の位相差画素 4 2 a, 4 2 b は、同じ行内に設けられているが、これらを異なる行に設けてもよい。

[0089] 位相差画素 4 2 a, 4 2 b は、X 方向（水平方向）に非対称に形成され、

位相差画素 4 2 a, 4 2 b が左右（水平方向）の視差を取得しているが、Y 方向（上下方向）や斜め方向の視差情報を取得してもよい。例えば、位相差画素の構造（開口の位置）を縦方向に非対称にし、対になる位相差画素を上下に並べて、上下方向の視差を得てもよい。また、斜め方向の視差を得る場合には、同様に斜め方向に非対称な構造の位相差画素の対を斜め方向に配置すればよい。

[0090] 更に、X 方向の視差を得る位相差画素 4 2 a, 4 2 b、Y 方向の視差を得る位相差画素、斜め方向の視差を得る位相差画素の 3 種類のうち、2 種類以上を受光領域 1 1 に設けておいてもよい。X 方向の視差を得る位相差画素や斜め方向の視差を得る位相差画素を設ける場合は、これらの各方向の位相差画素も、上述の実施形態の左右の位相差画素 4 2 a, 4 2 b と同様に、受光する光束の方向と、受光領域 1 1 内の位置に応じて、開口を拡大することが好ましい。

[0091] なお、複数の位相差画素 4 2 a, 4 2 b は、受光領域 1 1 内に均一に配置されているが、位相差画素 4 2 a, 4 2 b の個数や配置及び分布は任意である。

[0092] 上述の実施形態及び変形例では、受光領域 1 1 内の一部に位相差画素 4 2 a, 4 2 b が配置されているが、図 2 5 に示すように、全画素を位相差画素 4 2 a, 4 2 b にしてもよい。全画素を位相差画素 4 2 a, 4 2 b にすると、例えば、単眼（1 個の固体撮像装置）で 3 D 画像を得ることができる。図 2 5 では、画素が正方配列であるが、画素をハニカム配列にしてもよい。また、カラーフィルタはベイヤー配列でもよい。

[0093] 1 つの画素には、3 個のトランジスタ T r 2 3, T a 2 4, T s 2 5 が用いられているが、入射光を各々光電変換し、撮影画像の形成や位相差 A F に必要な画素信号を出力することができれば、トランジスタの数等は任意である。例えば、P D 2 2 と F D の間に転送用のトランジスタを追加してもよい。

[0094] 遮光層 5 4 とカラーフィルタ 4 1 とは積層されているが、遮光層 5 4 の開

開口 55, 56 内にカラーフィルタ 41 の各色セグメントを埋め込むことで、遮光層 54 とカラーフィルタ 41 を一体に形成してもよい。

[0095] また、p 型半導体基板 53 の裏面に、遮光層 54、カラーフィルタ 41 が順に積層されているが、遮光層 54 とカラーフィルタ 41 の積層順は逆順でもよい。

[0096] カラーフィルタは、原色系のカラーフィルタ 41 の他に、補色系のカラーフィルタを用いてもよい。なお、本明細書のカラーフィルタには ND フィルタが含まれるものとし、位相差画素 42a, 42 にはこの ND フィルタを設けてもよい。

[0097] また、遮光層 54 の開口 55, 56 に透明な材料を充填して遮光層 54 を平坦化しているが、開口 55, 56 にはカラーフィルタ 41 の材料が充填されていてもよい。

[0098] 遮光層 54 内では、通常画素 43 間にも遮光材料が設けられ、各通常画素 43 の開口 55 が分離しているが、通常画素 43 間の遮光材料を設けず、通常画素 43 の開口 55 の全てを連続させてもよい。この場合に、遮光層 54 は、位相差画素 42a, 42b において入射光を制限する部分にだけ遮光材料を配置したものになる。

[0099] 上述の実施形態及び変形例では、固体撮像装置 10 が CMOS 型イメージセンサであるが、CCD 型イメージセンサでもよい。

[0100] また、固体撮像装置 10 は、裏面照射型のイメージセンサであるが、表面照射型 (FSI; front side illuminated) のイメージセンサでもよい。この表面照射型イメージセンサでは、配線層を介して PD に光が入射する。

[0101] 本発明の固体撮像装置は、薄型のデジタルカメラ、携帯電話機や PDA、スマフォトン等に搭載されるカメラモジュールに好適である。特に、バックフォーカスの短い撮像レンズ 44 と、受光領域が広い固体撮像装置の組合せにより、周辺部で主光線角度が大きいカメラやカメラモジュールに好適である。

符号の説明

- [0102] 1 0 固体撮像装置
- 1 1 受光領域
- 1 1 a 中央部
- 1 1 b L 左周辺部
- 1 1 b R 右周辺部
- 2 1 画素
- 4 2 a 右位相差画素
- 4 2 b 左位相差画素
- 4 3 通常画素
- 5 5, 5 6 L, 5 6 R 開口

請求の範囲

[請求項1] 被写体の像が形成される受光領域に配置され、入射光を等方的に受光する複数の通常画素と、

前記受光領域内に配置されており、第1方向に偏心配置された第1開口を有し、この第1開口を通して、前記第1方向での下流側に到達した光を選択的に受光する複数の第1位相差画素と、

前記受光領域内に配置されており、前記第1方向とは逆の第2方向に偏心配置された第2開口を有し、この第2開口を通して、前記第2方向での下流側に到達した光を選択的に受光する複数の第2位相差画素とを備え、

前記受光領域のうち前記第1方向での下流側にある周辺部を第1周辺部とし、上流側にある周辺部を第2周辺部とし、前記第1周辺部と前記第2周辺部との間を中央部とすると、前記第2周辺部に存在する前記第1位相差画素は、前記中央部及び前記第1周辺部に存在する前記第1位相差画素に対して、前記第1開口の面積を大きくし、

前記第1周辺部に存在する前記第2位相差画素は、前記中央部及び前記第2周辺部に存在する前記第2位相差画素に対して、前記第2開口の面積を大きくしている固体撮像装置。

[請求項2] 前記第2周辺部に存在する前記第1位相差画素の前記第1開口は、前記中央部に存在する前記第1位相差画素の前記第1開口に対して、前記第2方向に拡張され、

前記第1周辺部に存在する前記第2位相差画素の前記第2開口は、前記中央部に存在する前記第2位相差画素の前記第2開口に対して、前記第1方向に拡張されている請求項1に記載の固体撮像装置。

[請求項3] 前記第2周辺部に存在する前記第1位相差画素の前記第1開口の中心位置は、前記中央部に存在する前記第1位相差画素の前記第1開口に対して、前記第2方向に寄り、

前記第1周辺部に存在する前記第2位相差画素の前記第2開口の中

心位置は、前記中央部に存在する前記第2位相差画素の前記第2開口に対して、前記第1方向に寄っている請求項1に記載の固体撮像装置。

[請求項4] 前記第2周辺部に存在する前記第1位相差画素及び前記第1周辺部に存在する前記第2位相差画素のフォトダイオードは、前記中央部に存在する前記第1位相差画素及び前記第2位相差画素のフォトダイオードよりも受光面積が小さい請求項1に記載の固体撮像装置。

[請求項5] 前記第1開口の面積は、前記中央部から前記第2周辺部に向かって拡大され、

前記第2開口の面積は、前記中央部から前記第1周辺部に向かって拡大されている請求項1に記載の固体撮像装置。

[請求項6] 前記第1及び第2位相差画素は、3原色の色光を光電変換するために、各色光に対応して3種類があり、

前記中央部から前記第2周辺部に向かって拡大される前記第1開口の拡大率と、前記中央部から前記第1周辺部に向かって拡大される前記第2開口の拡大率は、光電変換すべき前記色光の種類に応じて決められている請求項1に記載の固体撮像装置。

[請求項7] 前記固体撮像装置の前に配置されるズームレンズが望遠端と広角端との中間位置にセットされたときに、無限遠からの被写体光がズームレンズを出射するときの出射角度に基づいて、前記第2周辺部に存在する前記第1位相差画素の前記第1開口と、前記第1周辺部に存在する前記第2位相差画素の前記第2開口の面積がそれぞれ定められている請求項1に記載の固体撮像装置。

[請求項8] 前記第1周辺部に存在する前記第1位相差画素は、前記中央部に存在する前記第1位相差画素に対して、前記第1開口が小さく、

前記第2周辺部に存在する前記第2位相差画素は、前記中央部に存在する前記第2位相差画素に対して、前記第2開口が小さい請求項1に記載の固体撮像装置。

[請求項9] 前記通常画素、前記第1位相差画素、及び前記第2位相差画素は、前記入射光を集光するマイクロレンズを有し、

前記第1及び第2周辺部に存在する前記通常画素、前記第1位相差画素、及び前記第2位相差画素は、前記入射光の入射角度に応じて、前記中央部に向かって偏心して配置されている請求項1に記載の固体撮像装置。

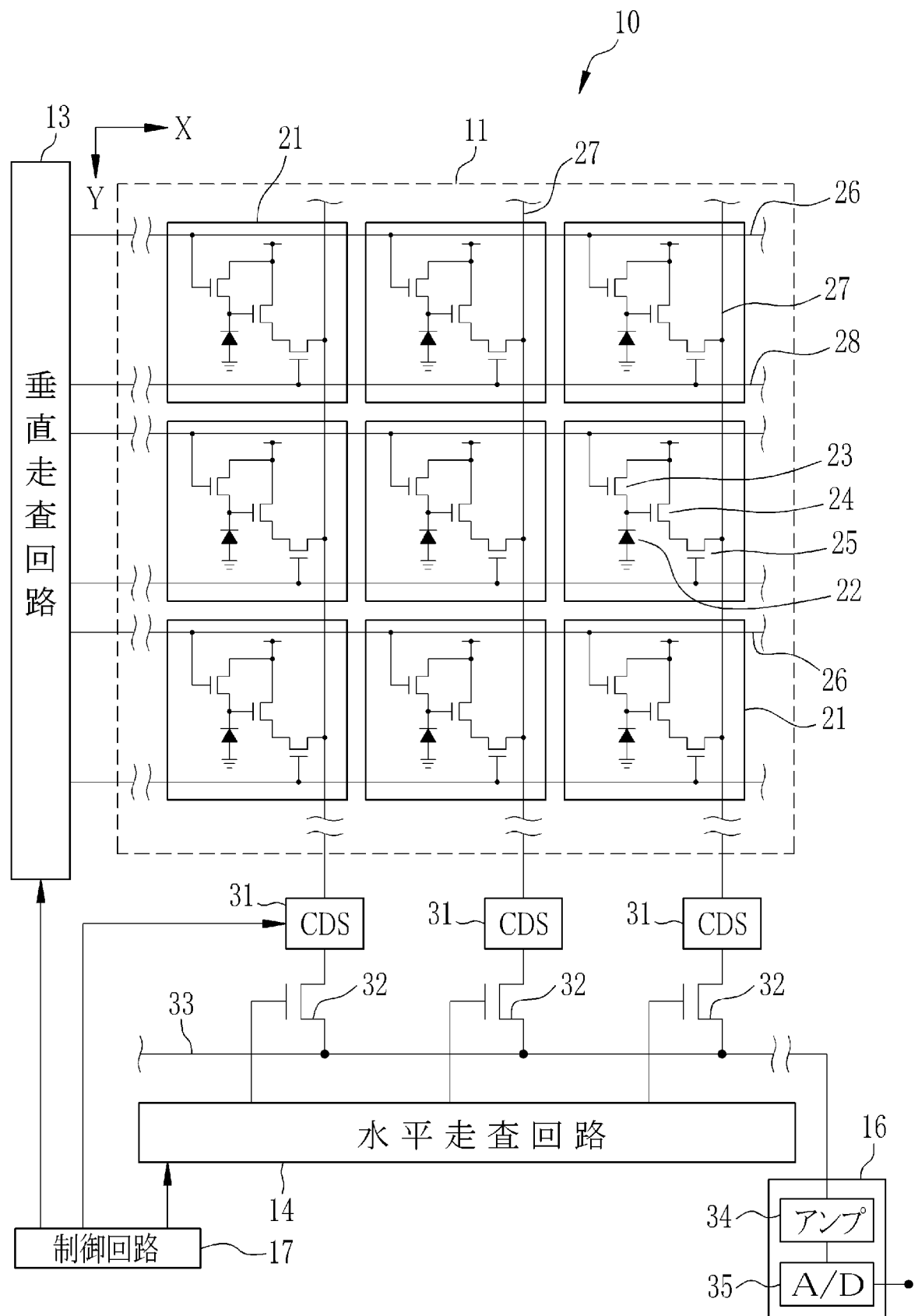
[請求項10] 第1方向に偏心配置された第1開口を有し、前記入射光のうち前記第1方向での側部に到達した光を、前記第1開口を通して選択的に受光する複数の第1位相差画素と、

前記第1方向とは逆の第2方向に偏心配置された第2開口を有し、前記入射光のうち前記第2方向での側部に到達した光を、前記第2開口を通して選択的に受光する第2位相差画素と、

前記第1及び第2位相差画素だけが、被写体の像が形成される受光領域に配置されている固体撮像装置であって、

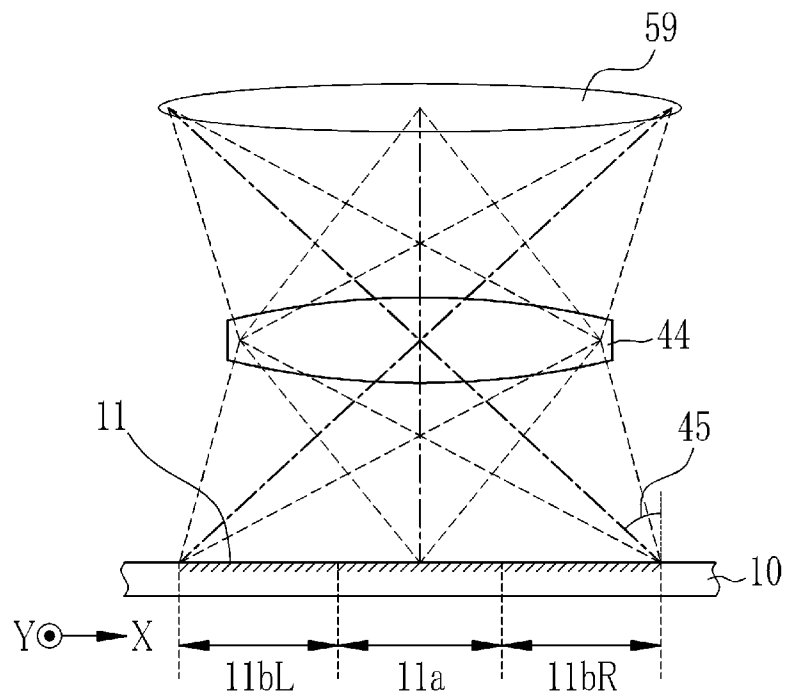
前記受光領域のうち前記第1方向での下流側にある周辺部を第1周辺部とし、上流側にある周辺部を第2周辺部とし、前記第1周辺部と前記第2周辺部との間を中央部とすると、前記第2周辺部に存在する前記第1位相差画素は、前記中央部及び前記第1周辺部に存在する前記第1位相差画素とに対して、前記第1開口の面積を大きくし、

前記第1周辺部に存在する前記第2位相差画素は、前記中央部及び前記第2周辺部に存在する前記第2位相差画素に対して、前記第2開口の面積を大きくしている固体撮像装置。

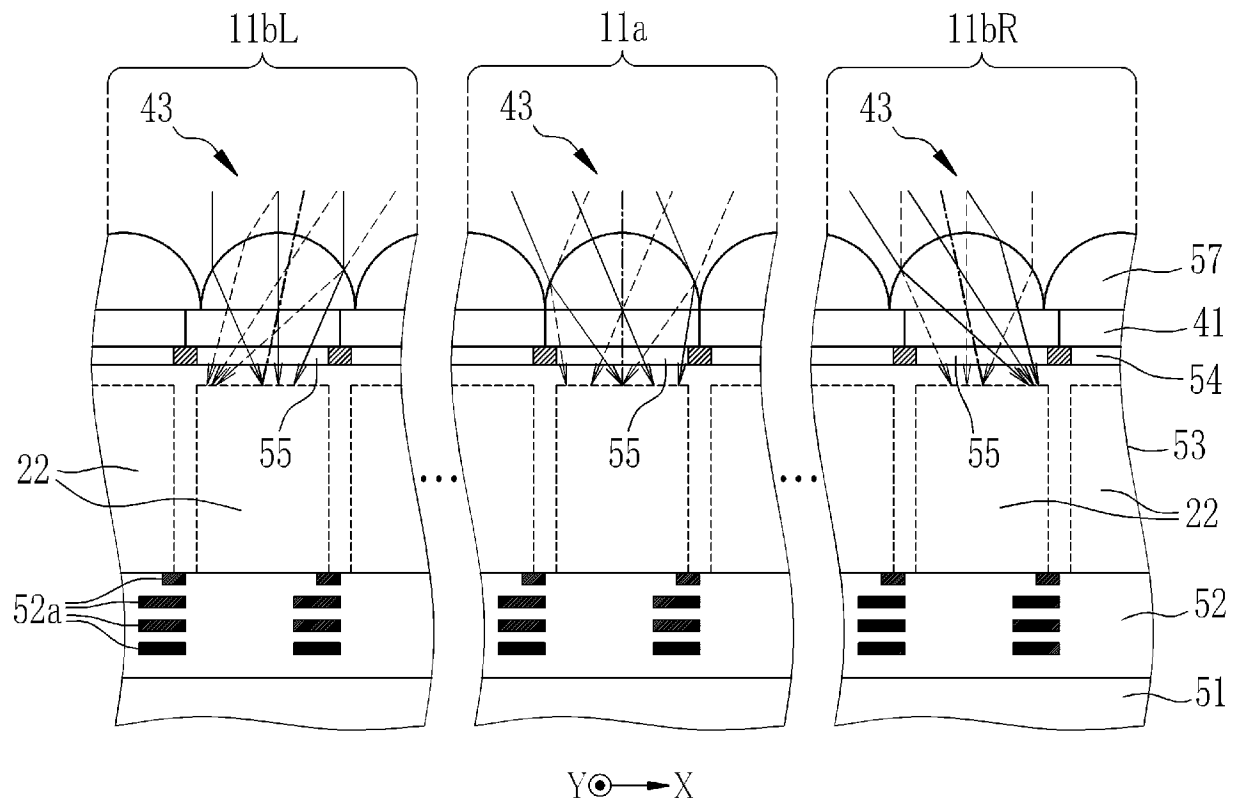


[illegible]

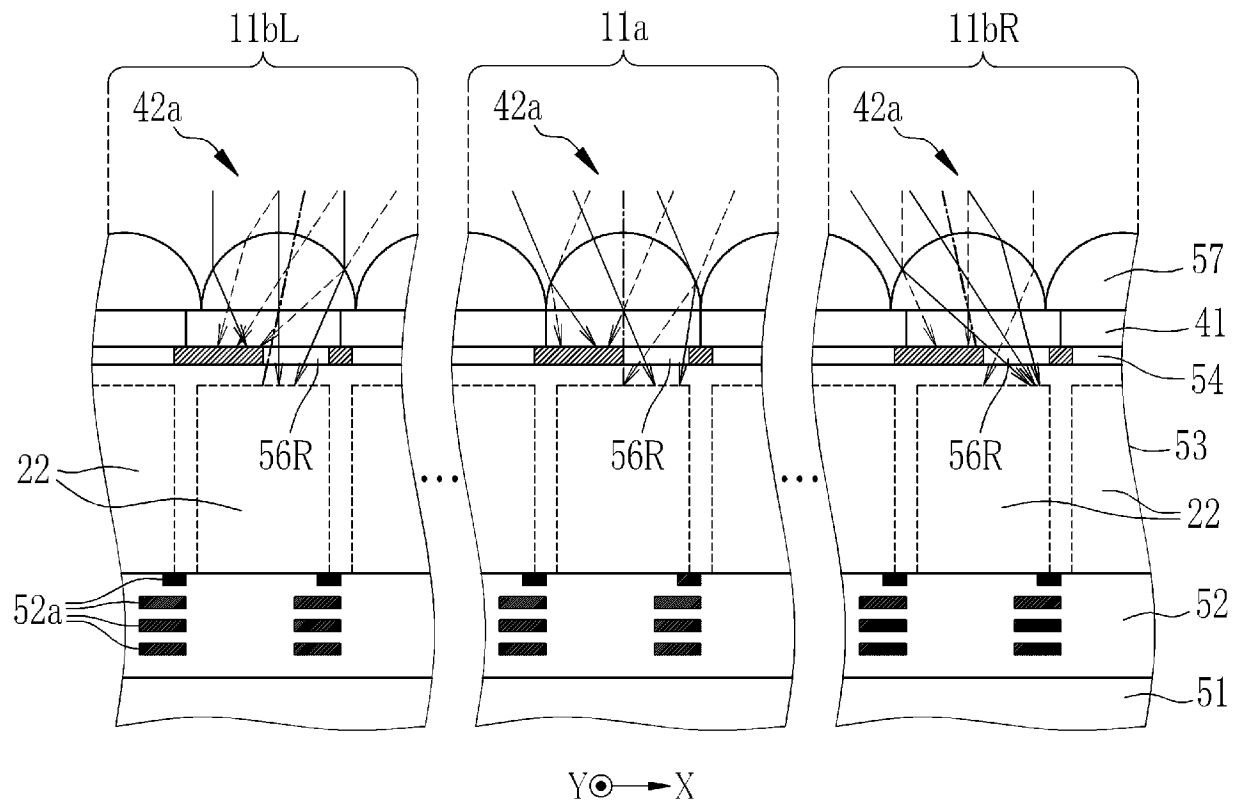
[図4]



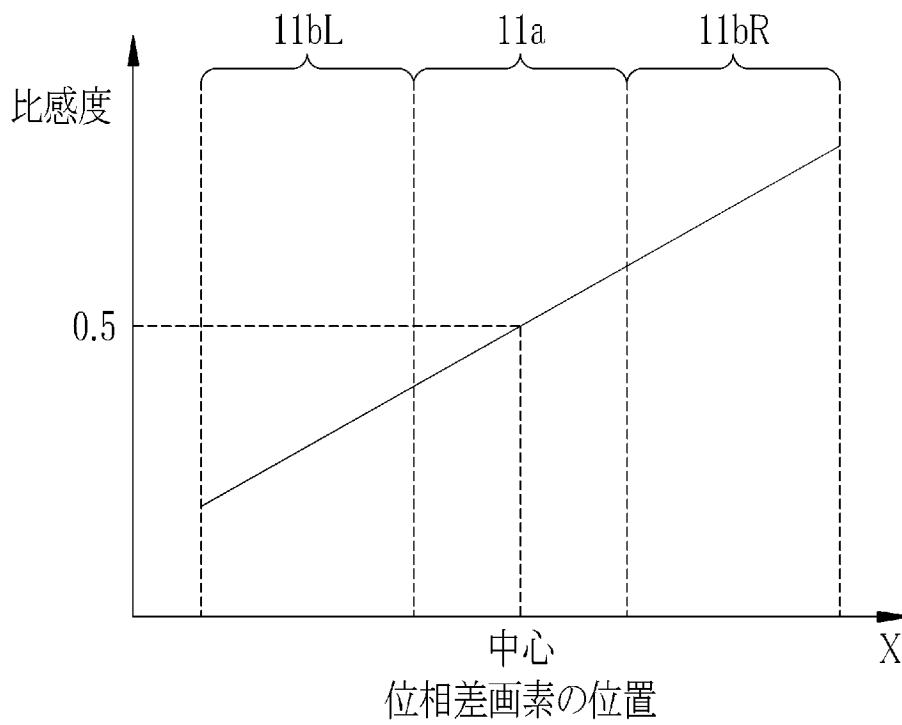
[図5]



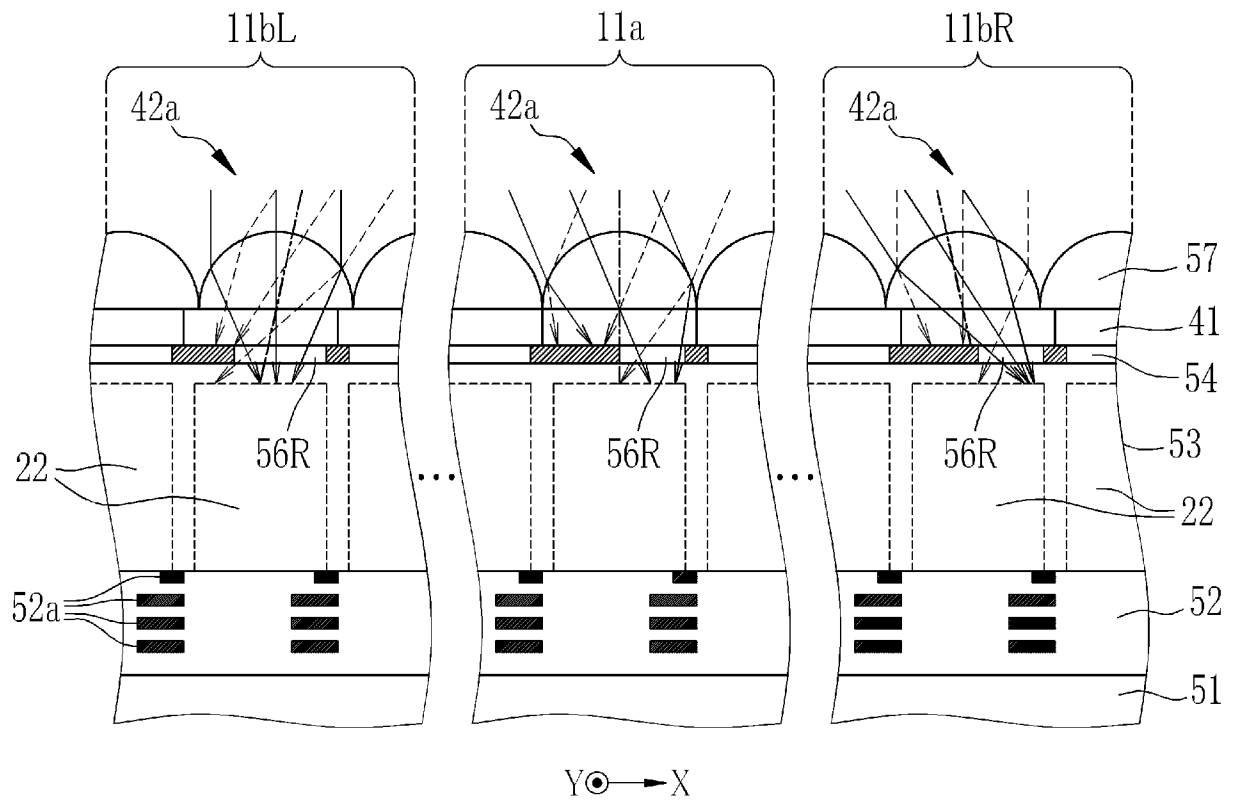
[図6]



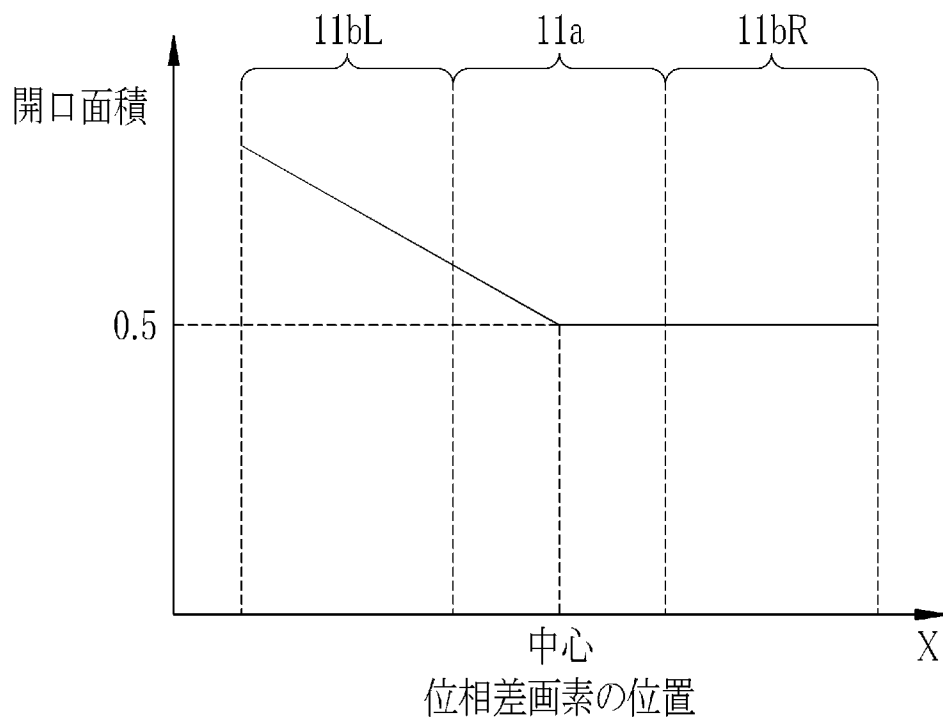
[図7]



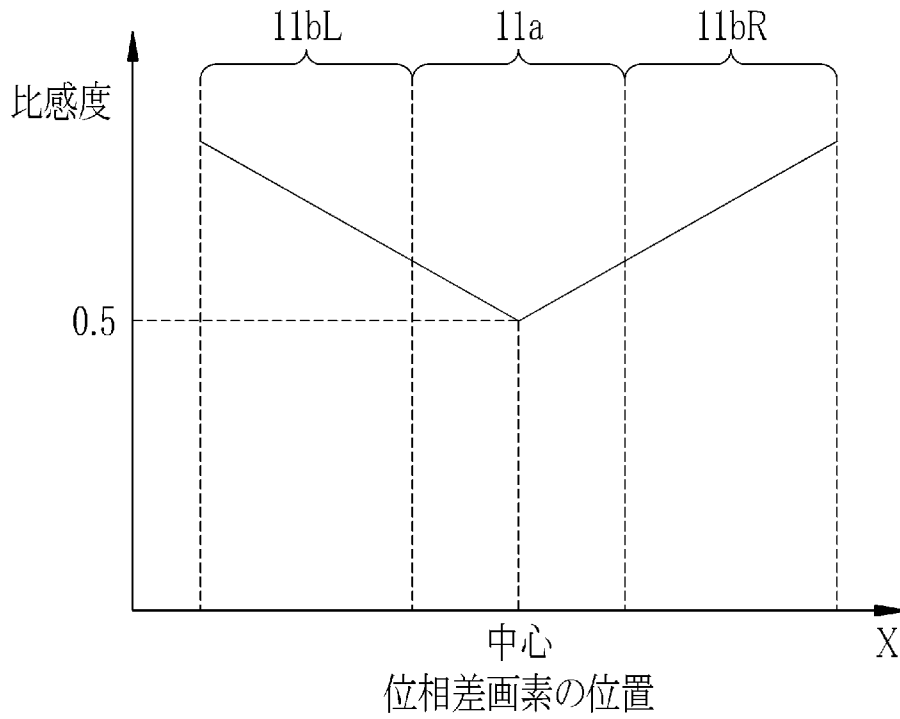
[図8]



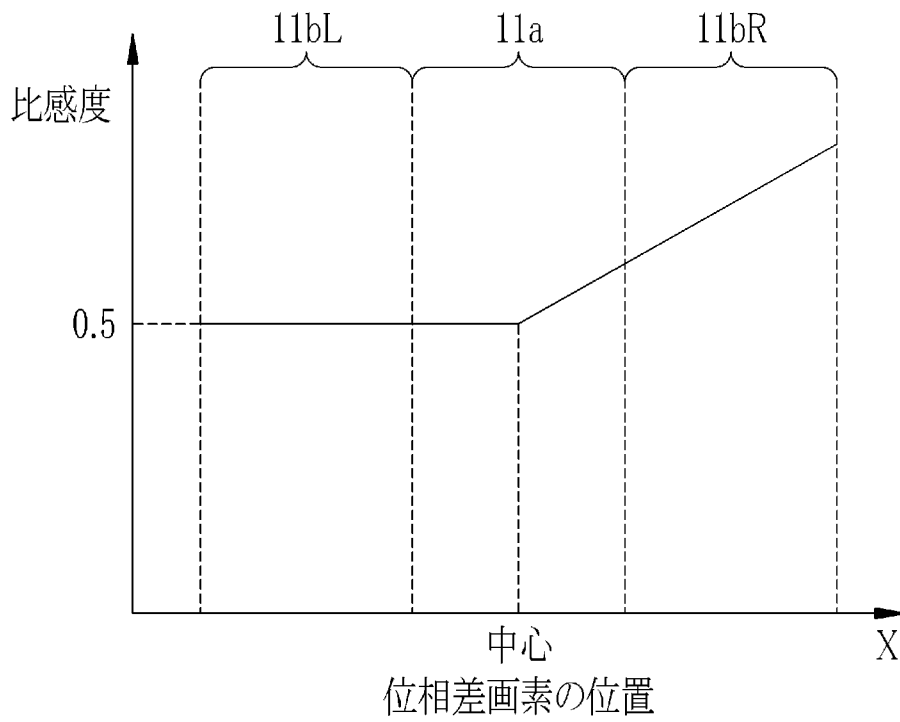
[図9]



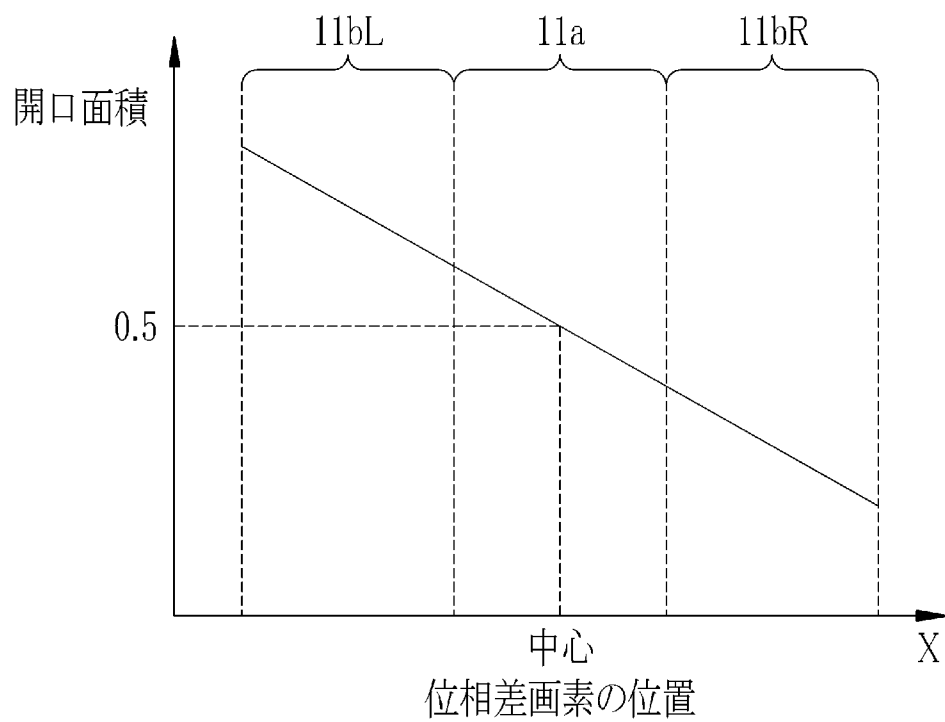
[図10]



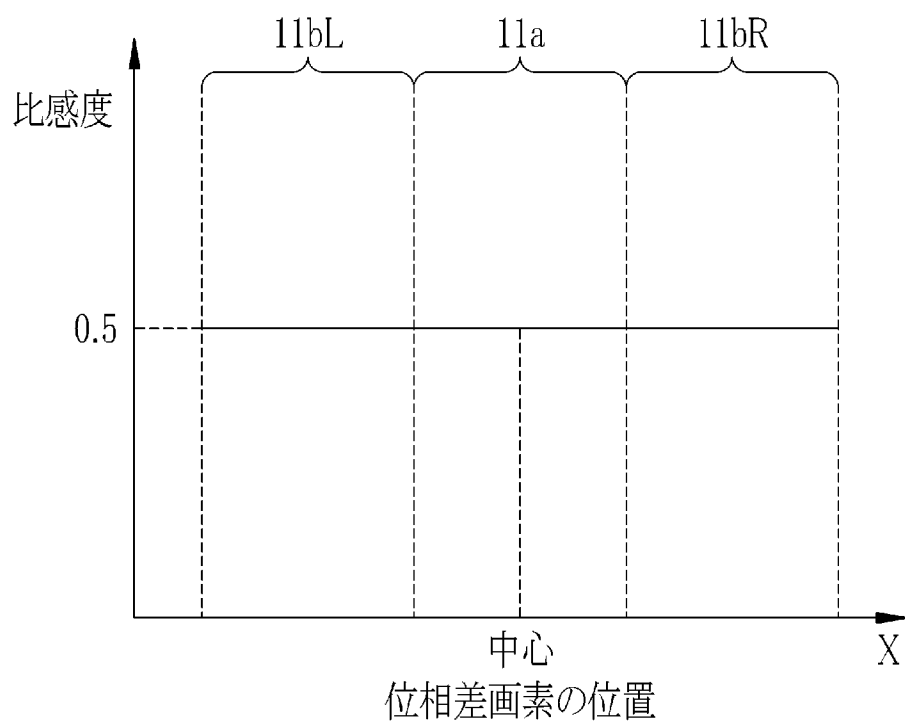
[図11]



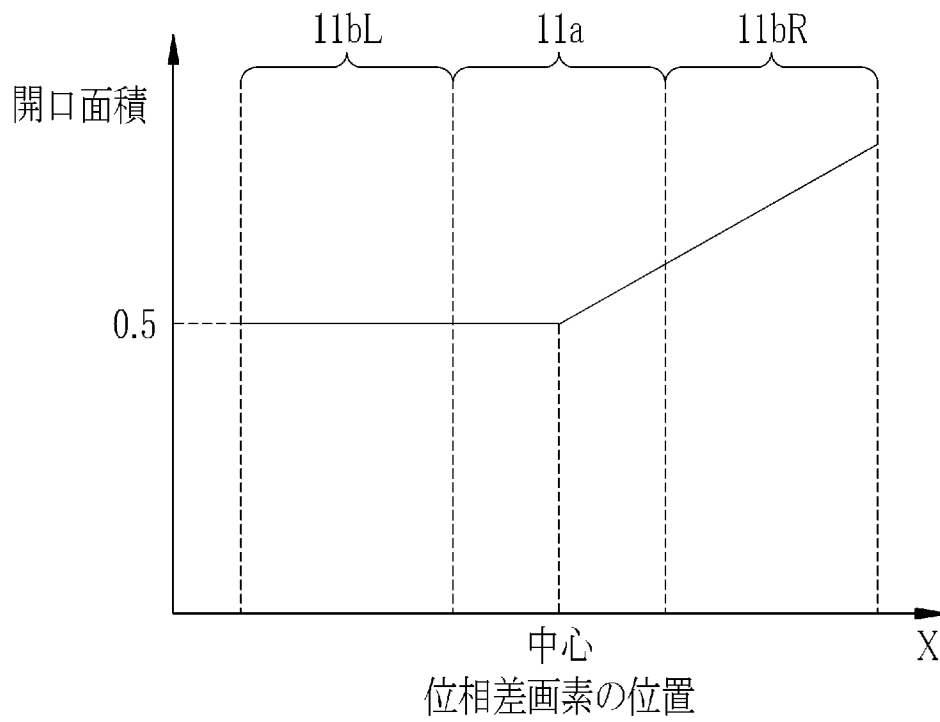
[図12]



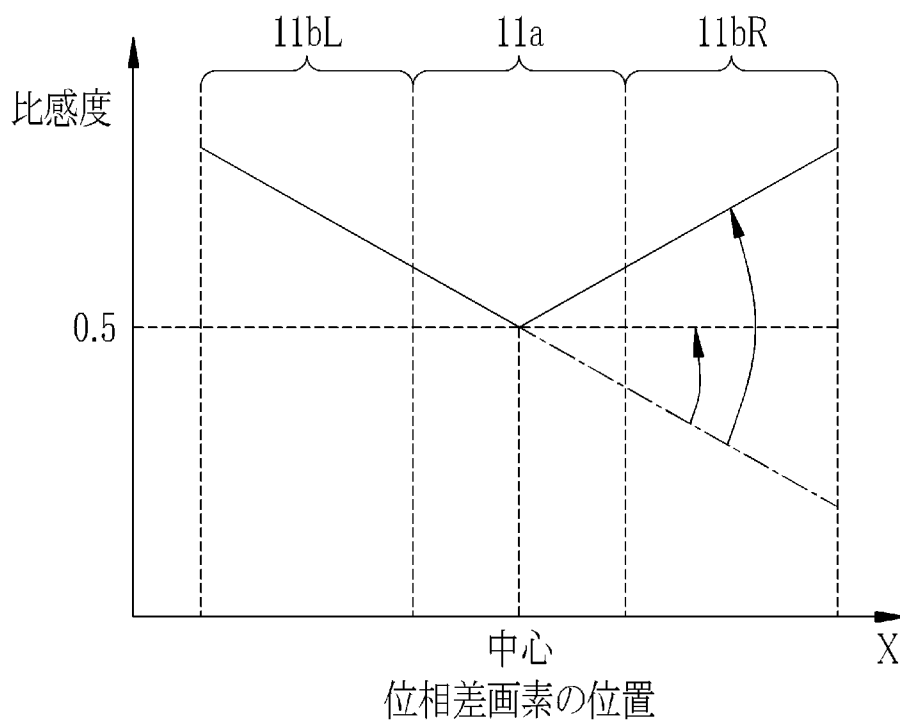
[図13]



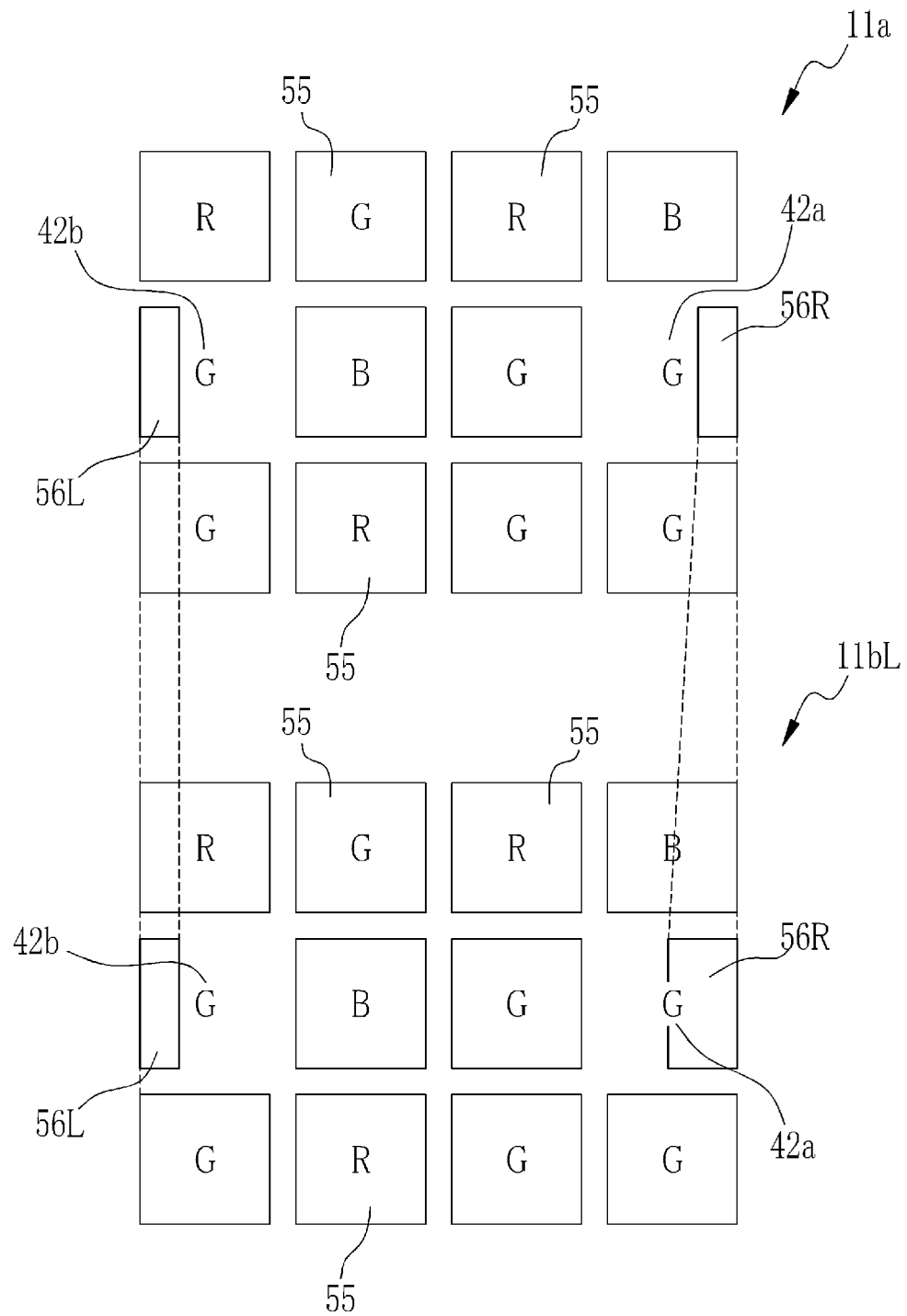
[図14]



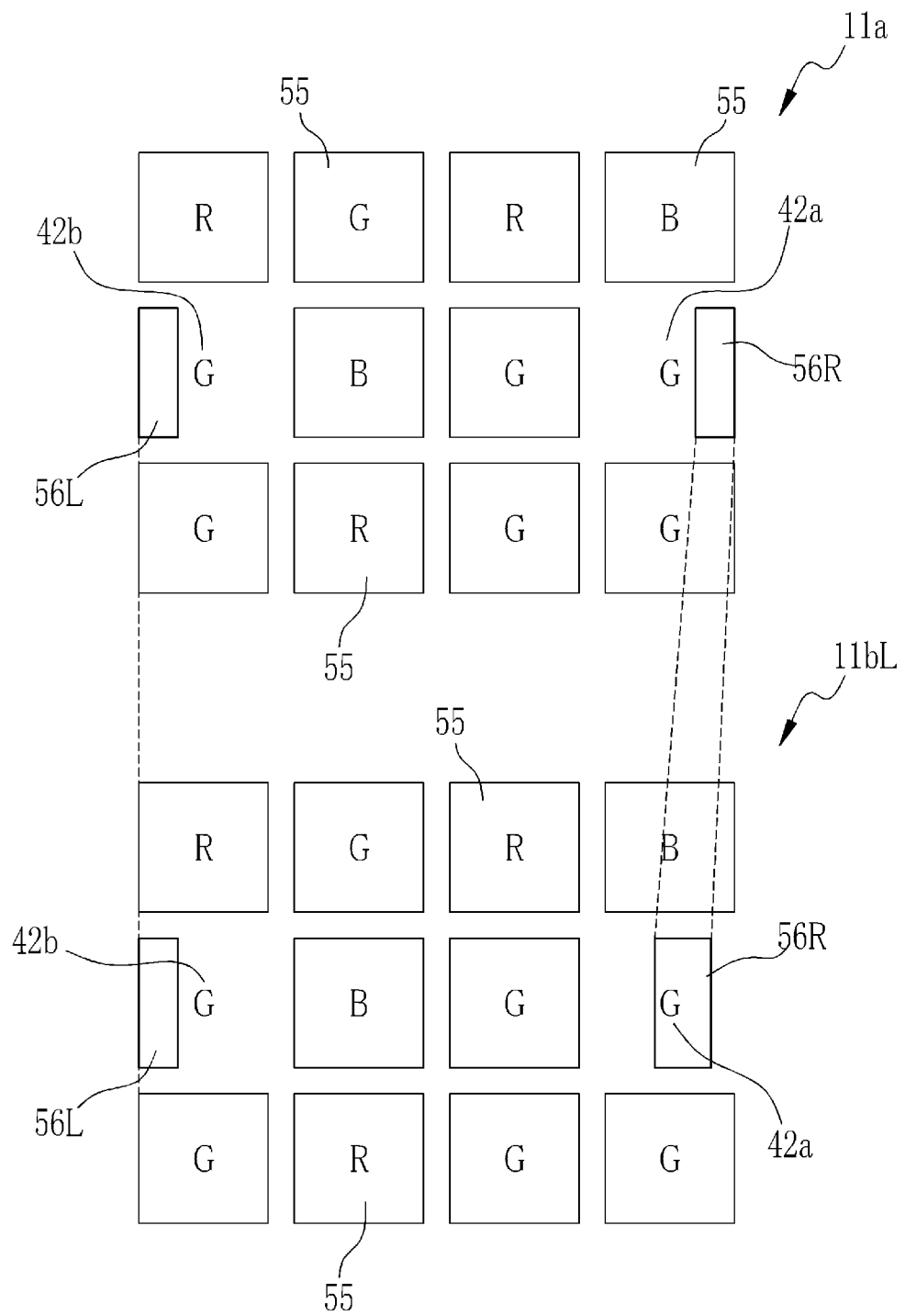
[図15]



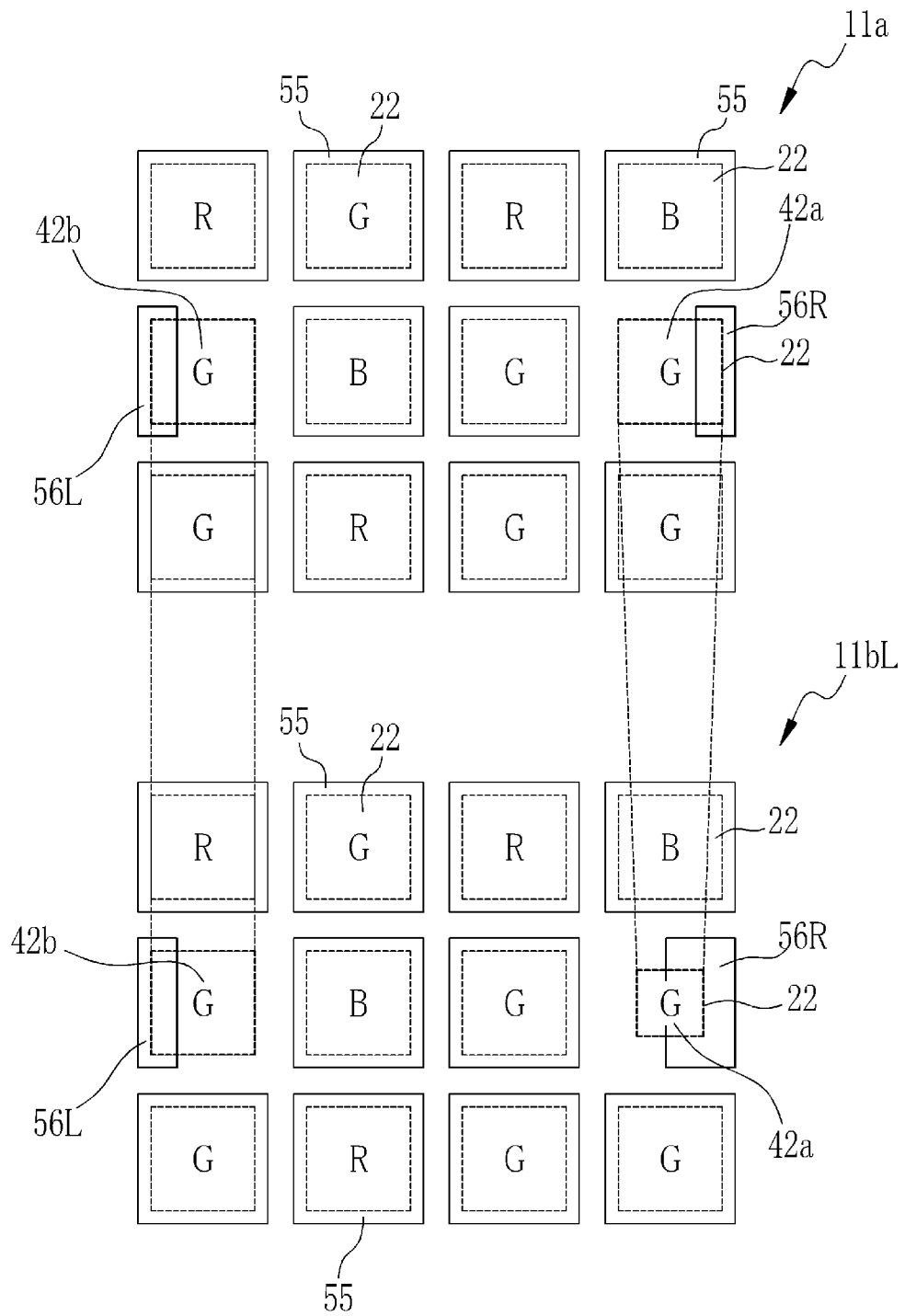
[図16]



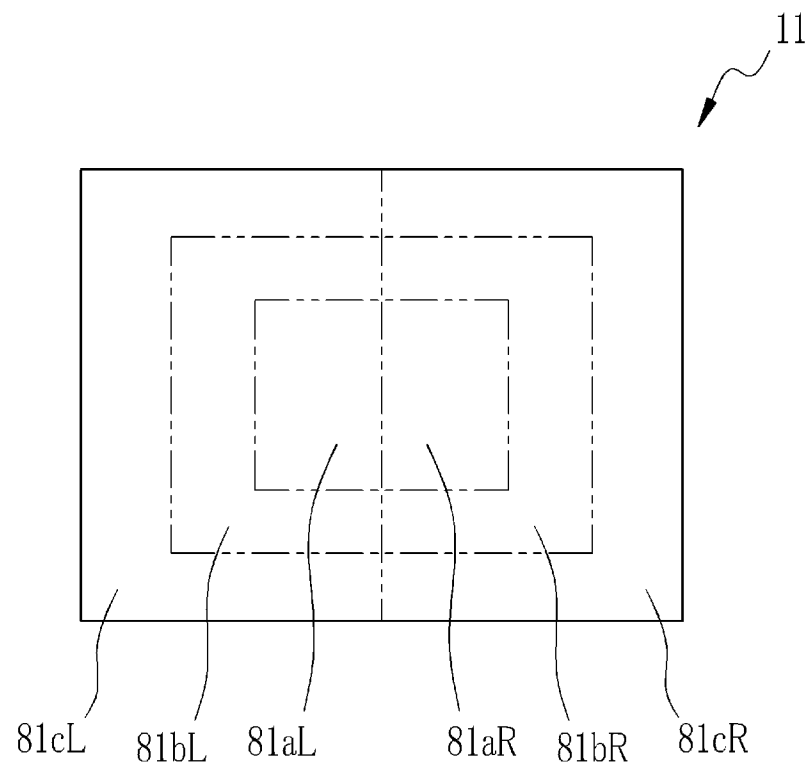
[図17]



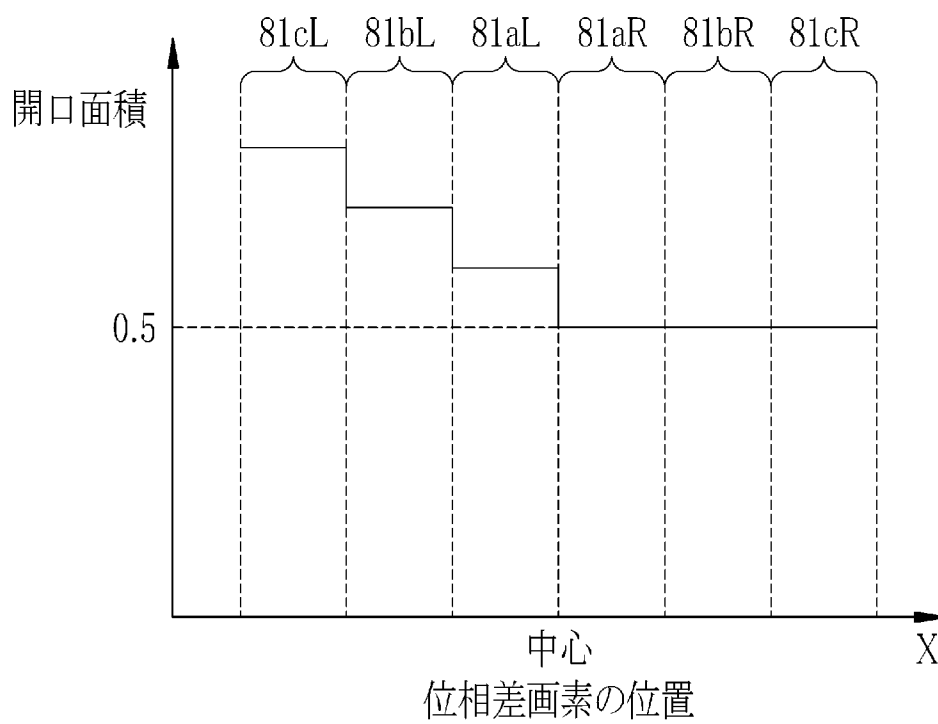
[図18]



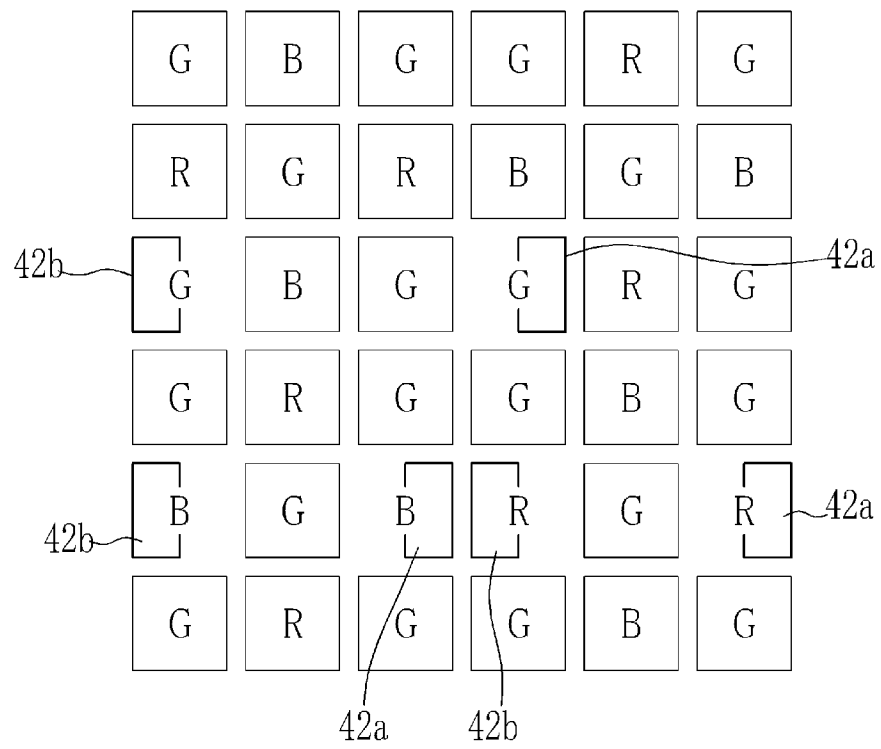
[図19]



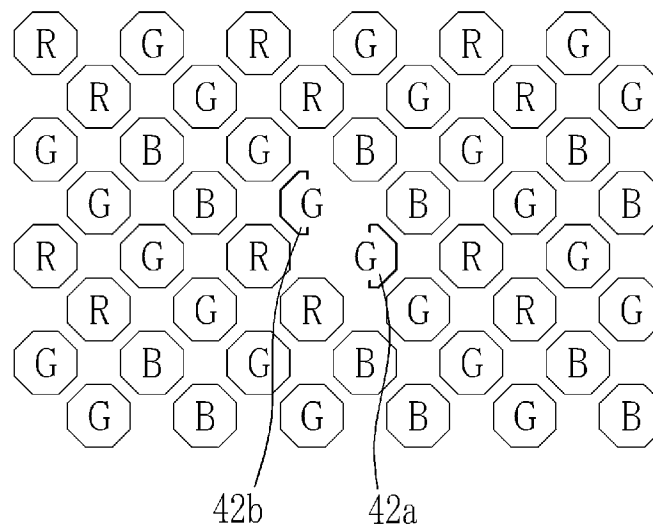
[図20]



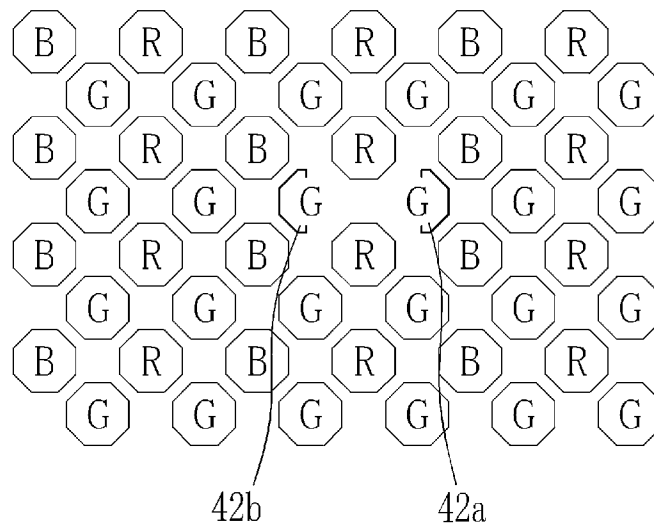
[図21]



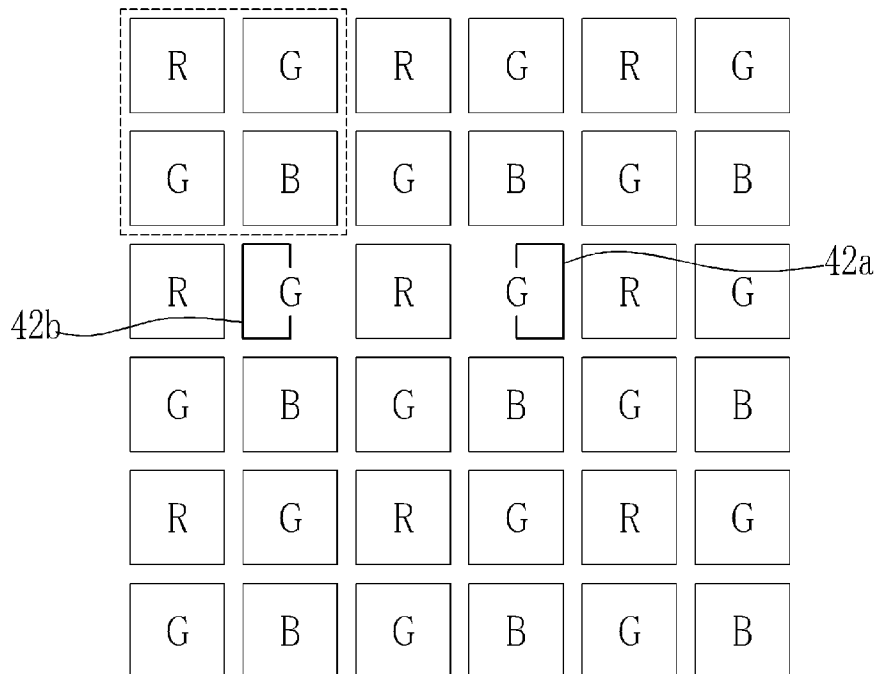
[図22]



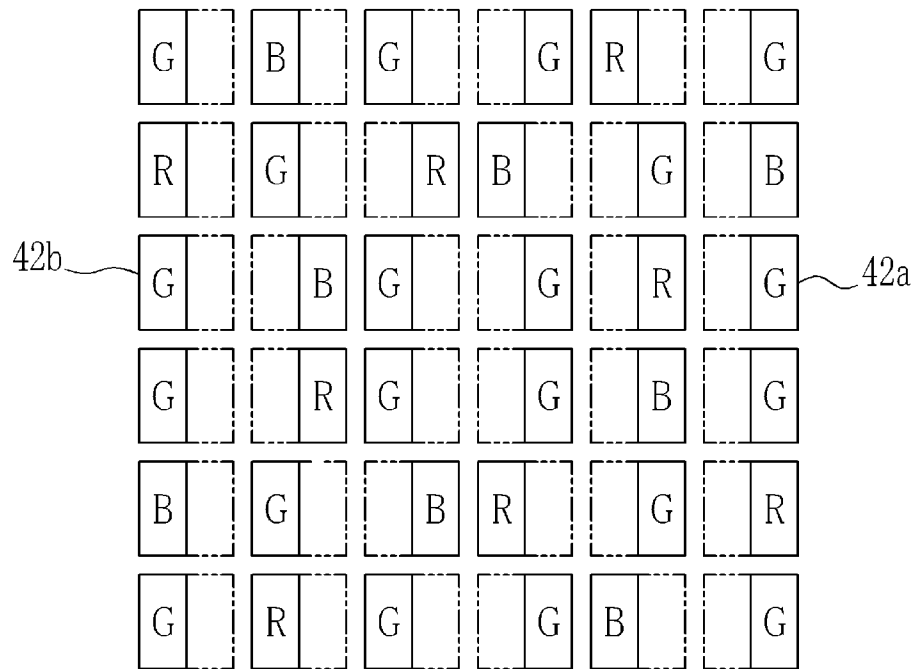
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082558

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L27/14(2006.01)i, G02B7/28(2006.01)i, G02B7/34(2006.01)i, G03B13/36(2006.01)i, H01L27/146(2006.01)i, H04N5/369(2011.01)i, H04N5/374(2011.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L27/14, G02B7/28, G02B7/34, G03B13/36, H01L27/146, H04N5/369, H04N5/374

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2012-182332 A (Sony Corp.), 20 September 2012 (20.09.2012), paragraphs [0008] to [0018], [0077] to [0090], [0183] to [0186]; fig. 5, 13 & US 2012/0224096 A1 & CN 102655569 A	1-3, 5, 7-10 6 4
Y	JP 2005-117008 A (Fujifilm Microdevices Co., Ltd.), 28 April 2005 (28.04.2005), paragraphs [0117] to [0124]; fig. 13, 14 & US 2005/0062863 A1 & EP 1517374 A2	6
A	JP 2004-172836 A (Canon Inc.), 17 June 2004 (17.06.2004), paragraph [0031]; fig. 7 (Family: none)	4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 January, 2014 (29.01.14)

Date of mailing of the international search report
10 February, 2014 (10.02.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082558

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-278664 A (Sony Corp.), 09 December 2010 (09.12.2010), paragraphs [0018] to [0036]; fig. 1 (Family: none)	4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L27/14(2006.01)i, G02B7/28(2006.01)i, G02B7/34(2006.01)i, G03B13/36(2006.01)i,
H01L27/146(2006.01)i, H04N5/369(2011.01)i, H04N5/374(2011.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L27/14, G02B7/28, G02B7/34, G03B13/36, H01L27/146, H04N5/369, H04N5/374

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2012-182332 A（ソニー株式会社）	1-3, 5, 7-10
Y	2012.09.20, [0008]-[0018], [0077]-[0090], [0183]-[0186],	6
A	図 5, 13 & US 2012/0224096 A1 & CN 102655569 A	4
Y	JP 2005-117008 A（富士フイルムマイクロデバイス株式会社） 2005.04.28, [0117]-[0124], 図 13, 14 & US 2005/0062863 A1 & EP 1517374 A2	6

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 9 . 0 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

中内 大介

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 6

5 F

3 8 5 3

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-172836 A (キヤノン株式会社) 2004.06.17, [0031], 図7 (ファミリーなし)	4
A	JP 2010-278664 A (ソニー株式会社) 2010.12.09, [0018]-[0036], 図1 (ファミリーなし)	4