

(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
2012 年 9 月 27 日(27.09.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/127772 A1

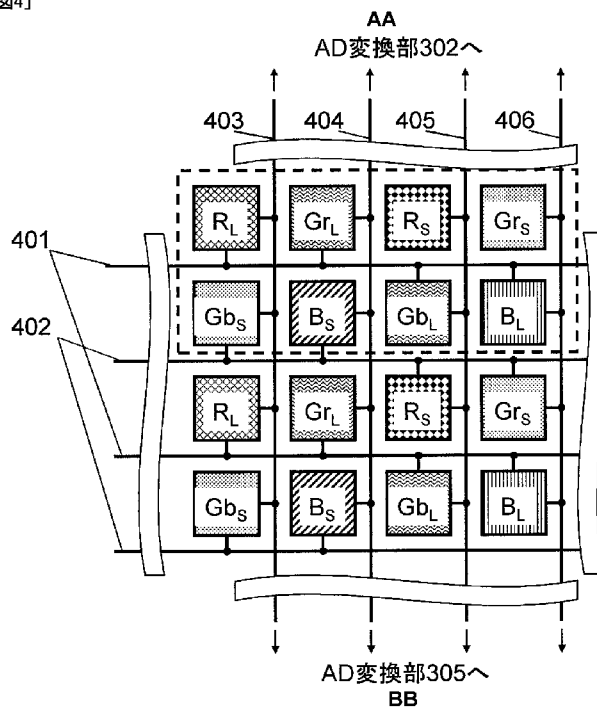
- (51) 国際特許分類:
H04N 9/07 (2006.01) *H04N 5/353* (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/000993
- (22) 国際出願日: 2012 年 2 月 15 日(15.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-066499 2011 年 3 月 24 日(24.03.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡田 雄介(OKADA, Yusuke). 菰淵 寛仁(KOMOBUCHI, Hiroyoshi). 吾妻 健夫(AZUMA, Takeo). 今川 太郎(IMAGAWA, Taro). 鵜川 三蔵(UGAWA, Sanzo).
- (74) 代理人: 奥田 誠司(OKUDA, Seiji); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜一丁目 8 番 1 6 号 大阪証券取引所ビル 10 階 奥田国際特許事務所 Osaka (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, MD, 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,

[続葉有]

(54) Title: SOLID STATE IMAGING ELEMENT AND IMAGING APPARATUS PROVIDED WITH SAID ELEMENT

(54) 発明の名称: 固体撮像素子および当該素子を備える撮像装置

[図4]



AA To AD conversion unit 302
BB To AD conversion unit 305

(57) Abstract: A solid state imaging element according to an embodiment of the present invention is provided with a plurality of pixels (R, Gr, Gb, B, ...) arranged in rows and columns, read-out signal lines (401, 402) connected to the plurality of pixels arranged in the row direction, and output signal lines (403, 404, 405, 406) connected to the plurality of pixels arranged in the column direction. Each pixel is read out during a first exposure time or a shorter second exposure time, and the pixels are split between the first read-out signal lines (401), which are connected to groups of pixels having the first exposure time, and second read-out signal lines (402), which are connected to groups of pixels having the second exposure time. A first read-out signal line and a second read-out signal line are shared respectively by pairs of horizontally adjacent pixels having the first exposure time and pairs of horizontally adjacent pixels having the second exposure time in two lines of horizontal pixels adjacent in the vertical direction.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/127772 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

本発明の実施形態に係る固体撮像素子は、行および列状に配列された複数の画素（R、G_r、G_b、B、・・・）と、行方向に配列された複数の画素に接続された読み出し信号線 401、402 と、列方向に配列された複数の画素に接続された出力信号線 403、404、405、406 とを備えている。また、各々の画素は第 1 の露出時間あるいはそれより短い第 2 の露出時間で読み出され、第 1 の露出時間の画素の群に接続された第 1 読み出し信号線 401 と、第 2 の露出時間の画素の群に接続された第 2 読み出し信号線 402 とに分かれている。第 1 および第 2 の読み出し信号線は、垂直方向に隣接する 2 つの水平画素列上の、水平方向に隣接する 2 つの第 1 および第 2 の露出時間の画素同士で、それぞれ共有している。

明 細 書

発明の名称 : 固体撮像素子および当該素子を備える撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、固体撮像素子および当該固体撮像素子を備える撮像装置、ならびに画像処理方法に関する。より具体的には、画素群ごとに異なるフレームレートで撮像することが可能な固体撮像素子および撮像装置などに関する。

背景技術

[0002] 公知の固体撮像素子は、フォトダイオードなどの光電変換素子が2次元的に配列された半導体層と、半導体層の光入射側に配置されたカラーフィルタのアレイとを備えている。カラーフィルタは、個々の光電変換素子に入射する光の波長をR（レッド）、G（グリーン）、B（ブルー）などの特定波長帯域に制限する。固体撮像素子の各画素では、その画素に割り当てられた色のカラーフィルタを透過した光（R光、G光、またはB光）を光電変換素子が受ける。光電変換素子は、その画素に入射した光のうち、その画素のカラーフィルタを透過した色成分の光の量（入射光量）に応じた量の電荷を生成する。

[0003] 画素は、固体撮像素子の撮像面に行（ロウ）および列（カラム）状に配列されている。個々の画素にアドレッシングし、着目する画素で蓄積された電荷の量に応じた信号（画素信号）を読み出すためには、個々の画素に接続された多数の信号線と、これらの信号線に接続された周辺回路とが必要になる。

[0004] CMOSイメージセンサでは、撮像面の1つの画素に相当する領域に、光電変換素子と、この光電変換素子が生成した蓄積電荷量に応じた大きさの信号を読み出すための複数のトランジスタとが配置されている。このように、CMOSイメージセンサにおける1つの「画素」は、通常、1つの光電変換素子および複数のトランジスタから構成される。

[0005] 本明細書では、簡単のため、R光を透過するフィルタ（Rフィルタ）が光

入射側に配置された画素を「R画素」、G光を透過するフィルタ（Gフィルタ）が光入射側に配置された画素を「G画素」、B光を透過するフィルタ（Bフィルタ）が光入射側に配置された画素を「B画素」と称する。また、撮像素子上に配列された複数のR画素から得られる画像を「R画像」、複数のG画素から得られる画像を「G画像」、複数のB画素から得られる画像を「B画像」と称する。これらの画像は、撮像面に配列された多数の画素から画素信号を読み出すことによって取得できる。画像のデータは、フレーム単位で読み出される。画像データを1秒あたりに読み出す回数は、「フレームレート」と称されている。

[0006] このような固体撮像素子を用いて高解像度かつ高フレームレートの動画画像を得るためには、各画素の面積を小さくして高解像度化するとともに、個々の画素の電荷蓄積期間（露出時間）を短縮して高フレームレート化する必要がある。画素の面積縮小および露出時間の短縮は、個々の画素での入射光量を低下させる。入射光量の低下は、画素信号の出力レベルを下げるため、動画画像のSNR（Signal to Noise Ratio）を低下させるという問題を引き起こす。

[0007] このような問題を解決するため、R、G、Bの色成分を、それぞれ異なる解像度および異なる露出時間で撮像する方式が提案された。入射光を例えばRおよびB成分とG成分とに分け、これら2つの色成分ごとに別個の撮像素子で撮像を行う技術が特許文献1および特許文献2に開示されている。例えばRおよびBの色成分について、低解像度かつ高フレームレートで撮像を行えば、RおよびBの色成分については時間的に解像度の高い画像を得ることができる。一方、Gの色成分について、高解像度かつ低フレームレートで撮像を行えば、Gの色成分については、必要な露出時間と空間解像度を確保できるため、十分な光量を得てSNRが高いG画像を高い空間解像度で得ることができる。そして、低解像度かつ高フレームレートで撮像した色成分画像と、高解像度かつ低フレームレートで撮像した色成分画像とから、画像処理により、高解像度かつ高フレームレートの動画画像を復元すれば、高解像かつ

高フレームレートのカラー動画像を得ることができる。また、単板カラー撮像素子に対して上記のような撮像ならびに高画質化処理を行う技術についても、特許文献3に開示されている。

[0008] 前記のような色成分ごとに露出時間およびフレームレートの異なる撮像では、画素の出力信号が撮像素子より出力されるタイミングが色成分ごとに異なる。そのため、単板カラー撮像素子によって上記の撮像を行うためには、各色成分に対応する画素に、各々のフレームレートに対応したタイミングで独立に読み出し信号を与え、各色成分の画素信号が独立に出力される必要がある。

[0009] 単板カラー撮像素子において、例えばG画像を得るためのフレームレートをR画像およびB画像を得るためのフレームレートよりも低くするためには、G画素に蓄積された電荷の信号を読み出す時間間隔を、R画素およびB画素に蓄積された電荷の信号を読み出す時間間隔よりも長くする必要がある。非特許文献1は、R画素、G画素、B画素の各々に対して独立に画素出力のための読み出し信号を与え、かつ列方向（垂直方向）に隣接する2つの画素から並列に信号を読み出すことができる撮像素子を開示している。

[0010] 非特許文献1に記載の単板撮像素子の構成を図35に示す。図35において、符号Rは、入射光のR成分の強度を検出する画素、符号Bは、入射光のB成分の強度を検出する画素、符号G_rおよびG_bは、入射光のG成分の強度を検出する画素を示す。この撮像素子では、R画素およびG画素が水平方向に交互に配置されている行（RG行）と、B画素およびG画素が水平方向に交互に配置されている行（BG行）が、垂直方向に交互に配置されている。

[0011] 以下、RG行のG画素をG_r画素、BG行のG画素をG_b画素と称する。非特許文献1では、G画素の露出時間をRおよびB画素の露出時間より長くし、低いフレームレートで出力することを仮定している。図35に示すように、各画素へ読み出し信号を伝達する読み出し信号線、および画素出力信号をAD変換などの次段の処理に伝達する出力信号線を、R、B画素およびG

画素で別個に配置している。その結果、同図右側に示すように、各画素行に沿って、R画素またはB画素に接続された読み出し信号線とG画素に接続された読み出し信号線とからなる2本の信号線が水平方向に延びている。

[0012] 一方、各画素列に沿って、R画素またはB画素に接続された出力信号線とG画素に接続された出力信号線とからなる2本の信号線が垂直方向に延びている。このような構成にすることで、R、B画素およびG画素に独立に読み出し信号を与え、かつ、各色画素から並列に出力を得る（読み出しを行う）ことができる。

[0013] なお、特許文献4は、フレームレートが異なる複数の画素群を備える固体撮像素子を開示している。特許文献5は、フレームレートは同じであるが、それぞれが異なる露出時間を有する複数の画素群を備える画像センサを開示している。

先行技術文献

特許文献

- [0014] 特許文献1：国際公開第2009/019823号
特許文献2：国際公開第2009/019824号
特許文献3：国際公開第2010/090025号
特許文献4：特開2009-272820号公報
特許文献5：国際公開第2009/044246号

非特許文献

- [0015] 非特許文献1：Takeo Azuma, Taro Imagawa, Sanzo Ugawa, Yusuke Okada, Hiroyoshi Komobuchi, Motonori Ishii, Shigetaka Kasuga, Yoshihisa Kato, "A 2.2/3-inch 4K2K CMOS Image Sensor Based on Dual Resolution And Exposure Technique," Proceedings in IEEE International Solid-State Circuit Conference

2010, pp. 408-410, 2010.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0016] しかしながら、前記高解像度かつ低フレームレートで撮像した色成分画像は、被写体が動いている場合には動きぶれが含まれる画像となってしまう。特に、前記従来技術ではG成分画像を長時間露出で撮像するため、例えば被写体がシステム規定の検出範囲よりも大きく動く場合や、被写体の変形を伴うような複雑な動きをする場合などRB成分画像で動きの検出がうまく動作しなかった場合に、G成分の動きぶれが除去しきれずに高画質化処理後の画像に残り、緑色またはその補色であるマゼンタの色にじみが発生する。そのため、多くの場合得られた動画画像の画質は高かったものの、動きの検出が困難な一部の範囲においては、高画質化処理後の画像上に前記色にじみが見られることがあり、画質改善の余地があった。

[0017] また、単板カラー撮像素子によって上記のような色ごとにフレームレートの異なる撮像を行う場合は、高解像度・高フレームレートの出力カラー画像を復元する処理の性能の観点から、各色画素の配置、及び長時間露出（低フレームレート）の画素と短時間露出（高フレームレート）の画素の配置が、それぞれ対称的である必要がある。ここで各色画素の対称的な配置とは、例えば撮像面上で同一の色の画素が垂直あるいは水平方向に連続して配置されるのではなく、一般にベイヤ配列として知られているような、RGBの各画素が交互に配置され、撮像面上に均一に分布した配置を意味する。また、長時間露出・短時間露出の画素の対称的な配置とは、上記各色成分画素の配置と同様、特定の箇所に長時間露出あるいは短時間露出の画素が集中する配置ではなく、ある画素数ごとに長時間露出の画素及び短時間露出の画素の配列が交互に繰り返される配置を意味する。

[0018] また、前記画質改善手法の入力画像を生成する撮像素子においては、画素自身の感度を向上するために、例えば画素上の金属配線数を減らした、より広い開口面積を確保できる構成であることが望ましい。しかしながら、従来

の単板撮像素子において画素ごとに露出時間を変える構成では、例えば図35に示すように各画素行に2本の読み出し信号線が配置され、また、各画素列に2本の出力信号線が配列されている。そのために、撮像エリア上で前記信号線が占める面積が大きくなることによって画素の開口面積が減少し、画素の集光能力が低下することによって感度が低下する。なお、特許文献4に開示されている固体撮像素子には、配線の本数が多くなるという問題がある。特許文献5に開示されているイメージセンサによれば、フレームレートが全画素で同じであると問題がある。

[0019] 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、光量を確保するために少なくとも一部の画素において長い露出時間で撮像を行う場合にも、色にじみの発生を低減した画像を得ることのできる撮像素子および撮像装置を提供することにある。

[0020] また、本発明の他の目的は、上記の撮像素子の出力から高解像化された動画像を生成する画像処理方法と、この処理方法を実行するためのコンピュータプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0021] 本発明の固体撮像素子は、行および列状に配列された複数の画素を有する画素アレイと、各々が、行方向に配列された複数の画素に接続された複数の読み出し信号線と、各々が、列方向に配列された複数の画素に接続された複数の出力信号線と、前記複数の画素にそれぞれ入射する光の色成分を規定するカラーフィルタアレイとを備え、前記画素アレイにおいて、第1の露出時間によって撮像を行う複数の画素からなる第1画素群と、前記第1の露出時間よりも短い第2の露出時間によって撮像を行う複数の画素からなる第2画素群とが、行または列方向に交互に配列されており、前記複数の読み出し信号線は、前記第1画素群に接続された複数の第1読み出し信号線と、前記第2画素群に接続された複数の第2読み出し信号線とに分かれており、前記カラーフィルタアレイは、前記第1画素群に含まれる複数の画素に、それぞれ、異なる色成分の光を入射させ、かつ、前記第2画素群に含まれる複数の画

素に、それぞれ、異なる色成分の光を入射させる。

[0022] ある実施形態では、前記画素アレイの全範囲において、前記第1画素群および前記第2画素群が行または列方向に交互に配列されている。

[0023] ある実施形態において、前記カラーフィルタアレイは、前記第1画素群に含まれる複数の画素の少なくとも1つと、前記第2画素群に含まれる複数の画素の少なくとも1つに、それぞれ、同じ色成分の光を入射させる。

[0024] ある実施形態において、前記カラーフィルタアレイは、前記第1画素群に含まれる複数の画素の少なくとも1つと、前記第2画素群に含まれる複数の画素の少なくとも1つに、それぞれ、グリーンの光を入射させる。

[0025] ある実施形態において、前記カラーフィルタアレイは、隣接する2行の一方の行に位置する第1画素群、および、前記隣接する2行の他方の行に位置する第1画素群に、それぞれ、異なる色の組み合わせの光を入射させる。

[0026] ある実施形態において、前記第1画素群は、M行N列（MおよびNは、それぞれ、1以上の整数であって、 $M \times N$ は2以上である）の画素からなり、前記第2画素群は、M'行N'列（M'およびN'は、それぞれ、1以上の整数であって、 $M' \times N'$ は2以上である）の画素からなる。

[0027] ある実施形態において、前記第1画素群および前記第2画素群は、それぞれ、1行2列の画素からなる。

[0028] ある実施形態において、前記第1画素群および前記第2画素群は、それぞれ、2行1列の画素からなる。

[0029] ある実施形態において、前記第1画素群および前記第2画素群は、それぞれ、2行2列の画素からなる。

[0030] ある実施形態において、前記第1画素群および前記第2画素群は、行方向に沿って交互に配列され、かつ、列方向に沿って交互に配列されている。

[0031] ある実施形態において、前記第1画素群および前記第2画素群は、それぞれ、1行L列（Lは2以上の整数）の画素からなり、各第1読み出し信号線は、その一方の側に隣接する行に位置する前記第1画素群と、その他方の側に隣接する行に位置する前記第1画素群とに接続されており、各第2読み出

し信号線は、その一方の側に隣接する行に位置する前記第2画素群と、その他方の側に隣接する行に位置する前記第2画素群とに接続されている。

[0032] ある実施形態において、各第1読み出し信号線は、 $2K-1$ 番目（ K は1以上の整数）の行と $2K$ 番目の行との間に位置し、各第2読み出し信号線は、 $2K$ 番目の行と $2K+1$ 番目の行との間に位置する。

[0033] ある実施形態において、各第2読み出し信号線は、 $2K-1$ 番目（ K は1以上の整数）の行と $2K$ 番目の行との間に位置し、各第1読み出し信号線は、 $2K$ 番目の行と $2K+1$ 番目の行との間に位置する。

[0034] ある実施形態において、前記第1画素群および前記第2画素群は、それぞれ、1行2列の画素からなり、前記カラーフィルタアレイは、第1色成分、第2色成分、および第3色成分をそれぞれ透過する第1色成分フィルタ、第2色成分フィルタ、および第3色成分フィルタが配列された構成を備え、 $2K-1$ 番目（ K は1以上の整数）の行に位置する前記第1画素群は、前記第1色成分および前記第3色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、前記 $2K-1$ 番目の行に位置する前記第2画素群は、前記第1色成分および前記第3色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、 $2K$ 番目の行に位置する前記第1画素群は、前記第2色成分および前記第3色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、前記 $2K$ 番目の行に位置する前記第2画素群は、前記第2色成分および前記第3色成分の光がそれぞれ入射する画素を含む。

[0035] ある実施形態において、前記第1色成分は、レッドおよびブルーの一方であり、前記第2色成分は、レッドおよびブルーの他方であり、前記第3色成分はグリーンである。

[0036] ある実施形態において、前記第1画素群および前記第2画素群は、それぞれ、1行2列の画素からなり、前記カラーフィルタアレイは、第1色成分、第2色成分、第3色成分、および第4色成分をそれぞれ透過する第1色成分フィルタ、第2色成分フィルタ、第3色成分フィルタ、および第4色成分フィルタが配列された構成を備え、 $2K-1$ 番目（ K は1以上の整数）の行に位置する前記第1画素群は、前記第1色成分および前記第4色成分の光がそ

れぞれ入射する画素を含み、前記 $2K - 1$ 番目の行に位置する前記第 2 画素群は、前記第 1 色成分および前記第 4 色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、 $2K$ 番目の行に位置する前記第 1 画素群は、前記第 2 色成分および前記第 3 色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、前記 $2K$ 番目の行に位置する前記第 2 画素群は、前記第 2 色成分および前記第 3 色成分の光がそれぞれ入射する画素を含む。

[0037] ある実施形態において、前記第 1 色成分は、第 2 色成分、第 3 色成分、および第 4 色成分の組は、シアン、マゼンタ、イエロー、およびグリーンの組である。

[0038] 本発明の撮像装置は、上記いずれかの固体撮像素子と、前記固体撮像素子の前記第 1 読み出し信号線および前記第 2 読み出し信号線に、それぞれ、互いに有効となる期間が重複しない 2 種の読み出し信号を出力する撮像制御部と、前記固体撮像素子の前記第 1 画素群から得られる前記第 1 の露出時間の画素信号と、前記第 2 画素群から得られる前記第 2 の露出時間の画素信号とから、前記第 2 の露出時間に対応するフレームレートの動画像を高画質化し、カラー動画像を生成する高画質化処理部とを備える。

[0039] ある実施形態において、前記高画質化処理部は、前記第 2 の露出時間に対応するフレームレートになるよう時間サンプリングしたときにおける、各フレームの画素値と、前記第 2 の露出時間によって撮像を行う画素の各フレームの画素値との誤差が減少するよう、前記カラー動画像の各フレームの画素値を決定する。

[0040] ある実施形態において、前記高画質化処理部は、生成されるカラー動画像の画素値が、時空間的に隣り合う画素の画素値の連続性から満たすべき拘束条件を指定し、前記指定された前記拘束条件が維持されるように前記カラー動画像を生成する。

[0041] ある実施形態において、前記第 2 の露出時間で撮像された動画像から対象物の動きを検出する動き検出部をさらに備え、前記高画質化処理部は、生成される新たな動画像の画素値が、前記動き検出結果に基づいて満たすべき拘

束条件が維持されるように前記カラー動画像を生成する。

[0042] 本発明の画像処理方法は、上記いずれかの固体撮像素子から、前記第 1 の露出時間で撮像された第 1 の動画像及び前記第 2 の露出時間で撮像された第 2 の動画像を受け取るステップと、前記第 1 及び第 2 の動画像から、前記第 1 の動画像のフレームレートよりも高いフレームレートのカラー動画像を生成する高画質化処理ステップとを含む。

[0043] ある実施形態において、前記出力カラー動画像を前記第 2 の露出時間に対応するフレームレートになるよう時間サンプリングしたときにおける、各フレームの画素値と、前記第 2 露出時間によって撮像を行う画素の各フレームの画素値との誤差が減少するよう、前記出力カラー動画像の各フレームの画素値を決定する。

[0044] ある実施形態において、前記高画質化処理ステップは、生成される出力カラー動画像の画素値が、時空間的に隣り合う画素の画素値の連続性から満たすべき拘束条件を指定し、前記指定された前記拘束条件が維持されるように前記出力カラー動画像を生成する。

[0045] ある実施形態において、前記第 2 の露出時間で撮像された動画像から対象物の動きを検出する動き検出ステップをさらに備え、前記高画質化処理ステップは、生成される新たな動画像の画素値が、前記動き検出結果に基づいて満たすべき拘束条件が維持されるように前記出力カラー動画像を生成する。

[0046] 本発明のコンピュータプログラムは、複数の動画像から新たな動画像を生成するコンピュータプログラムであって、前記コンピュータプログラムは前記コンピュータプログラムを実行するコンピュータに対し、上記いずれかの画像生成方法を実行させる。

[0047] 本発明の記録媒体は、上記コンピュータプログラムを記録している。

発明の効果

[0048] 本発明の実施形態によれば、従来の技術において長時間露出（低フレームレート）で読み出しをしていた色成分画像の画素（例えば G 画素）を、2 種類の画素、すなわち長時間露出（低フレームレート）の画素と、短時間露出

（高フレームレート）の画素とに分けて、各種類の画素から信号を読み出す。これにより、全て長時間露出によって画素信号を得た場合と比較して被写体の動きに起因する色にじみを抑制した画像信号を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0049] [図1A]本発明の撮像素子における画素群の配置例を示す図である。

[図1B]本発明の撮像素子における画素群の他の配置例を示す図である。

[図2A]本発明の第1実施形態に係る撮像装置の全体構成を示すブロック図である。

[図2B]本発明の第1実施形態に係る撮像素子の画素配列を示す図である。

[図2C]本発明の第1実施形態に係る撮像素子の構成例を示す一部断面図である。

[図2D]本発明の第1実施形態に係る撮像素子の他の構成例を示す一部断面図である。

[図3]本発明の第1実施形態に係る撮像素子の構成例を示す図である。

[図4]本発明の第1実施形態に係る画素アレイにおける読み出し信号線および出力信号線の結線図である。

[図5]本発明の第1実施形態に係る撮像素子102における1画素の回路の一例を示す図である。

[図6A]本発明の第1実施形態に係る撮像素子102におけるAD変換部の構成例を示す図である。

[図6B]本発明の第1実施形態に係る撮像素子102におけるAD変換部の動作を示す図である。

[図7]本発明の第1実施形態に係る撮像素子の他の構成例を示す図である。

[図8]本発明の第1実施形態に係る撮像制御部から出力される読み出し信号の信号波形の一例を示す図である。

[図9]本発明の第1実施形態において短時間画素の読み出し信号が有効となる時点における画素アレイの動作イメージ図である。

[図10]本発明の第1実施形態において長時間画素の読み出し信号が有効とな

る時点における画素アレイの動作イメージ図である。

[図11]本発明の第1実施形態に係る撮像制御部から出力される読み出し信号の、複数の水平画素配列に供給する信号波形を示す図である。

[図12]本発明の第1実施形態に係る高画質化処理部105の構成を示す図である。

[図13](a)および(b)は、本発明の第1実施形態に係る動き検出部1101の動作を示す図である。

[図14]本発明の第1実施形態に係る撮像素子の画素配列の一部を示す図である。

[図15]本発明の第1実施形態に係る高画質化処理における色空間での座標変換に関する説明図である。

[図16A]従来例における配線の占める領域を示す図である。

[図16B]本発明の第1実施形態における配線の占める領域を示す図である。

[図17A]本発明で採用し得る画素配列の他の構成例を示す図である。

[図17B]本発明で採用し得る更に他の画素配列を示す図である。

[図18]本発明の第2実施形態に係る撮像素子の構成例を示す図である。

[図19]本発明の第2実施形態において短時間画素の読み出し信号が有効となる時点における画素アレイの動作イメージ図である。

[図20]本発明の第2実施形態において長時間画素の読み出し信号が有効となる時点における画素アレイの動作イメージ図である。

[図21]本発明の第2実施形態に係る撮像素子の他の構成例を示す図である。

[図22]本発明で採用し得る画素配列の他の構成例を示す図である。

[図23A]本発明で採用し得る画素配列の更に他の構成例を示す図である。

[図23B]本発明で採用し得る画素配列の更に他の構成例を示す図である。

[図24]本発明で採用し得る画素配列の更に他の構成例を示す図である。

[図25]本発明で採用し得る画素配列の更に他の構成例を示す図である。

[図26]本発明に係る撮像装置への入力画像の一例(正解画像)を示す図である。

[図27]本発明に係る撮像装置への入力画像の、長時間画素での撮像画像の一例。

[図28]従来技術による高画質化処理結果の一例を示す図である。

[図29]本発明にかかる撮像装置による高画質化処理結果の一例。

[図30]各色成分の長時間画素および短時間画素が撮像面上に混在する画素配列の他の構成例を示す図である。

[図31]各色成分の長時間画素および短時間画素が撮像面上に混在する画素配列の更に他の構成例を示す図である。

[図32]図30に示す構成の撮像装置による高画質化処理結果の一例を示す図である。

[図33]図31に示す構成の撮像装置による高画質化処理結果の一例を示す図である。

[図34]本発明の第1実施形態に係る高画質化処理部105の他の構成例を示す図である。

[図35]従来技術の単板撮像素子における読み出し信号線および出力信号線の結線図である。

[図36]本発明の第1実施形態に係る画像処理部の内部構成例を示す図である。

[図37]本発明の第4実施形態に係る撮像装置の構成例を示す図である。

[図38]本発明の第4実施形態に係る画像処理部の内部構成例を示す図である。

[図39]比較例に係る画素配列の構成例を示す図である。

[図40]他の比較例に係る画素配列の構成例を示す図である。

[図41](a)および(b)は、ブロック1、2の配置例を示す図、(c)は、ブロック1、2内の画素配置例を示す図である。

[図42]本発明の第5実施形態に係る撮像素子の構成例を示す図である。

[図43A]本発明の第5実施形態に係る撮像素子の領域Aにおける構成例を示す図である。

[図43B]本発明の第5実施形態に係る撮像素子の領域Bにおける構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0050] 本発明の固体撮像素子は、行および列状に配列された複数の画素を有する画素アレイと、各々が、行方向に配列された複数の画素に接続された複数の読み出し信号線と、各々が、列方向に配列された複数の画素に接続された複数の出力信号線と、前記複数の画素にそれぞれ入射する光の色成分を規定するカラーフィルタアレイとを備えている。

[0051] まず、図1Aを参照しながら、本発明の画素アレイにおける画素の配置例を説明する。図示されている例では、画素アレイにおいて、第1の露出時間によって撮像を行う複数の画素からなる第1画素群11と、第1の露出時間よりも短い第2の露出時間によって撮像を行う複数の画素からなる第2画素群12とが、行または列方向に交互に配列されている。図1Aでは、簡単のため、読み出し信号線および出力信号線は記載されていない。図中、R、G、Bの記号を付した矩形領域は、それぞれ、カラーフィルタを透過したレッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の光が入射する画素である。実際の画素アレイには、より多くの個数の画素が行および列状に配列されている。図1Aでは、4つの画素群が記載されているが、現実には、これらの画素群を更に行方向および列方向に交互に配置されている。

[0052] 図示されていないが、読み出し信号線は、第1画素群11に接続された複数の第1読み出し信号線と、第2画素群12に接続された複数の第2読み出し信号線とに分かれている。各画素と読み出し信号線との接続については、後に詳しく説明する。

[0053] 図1Aの例では、第1画素群11および第2画素群12の各々が異なる色の画素を含んでいる。言い換えると、カラーフィルタアレイは、第1画素群11および第2画素群12の各々に、異なる色成分の光を入射するように構成されている。

[0054] 図1Aの例では、第1画素群11および第2画素群は、いずれも、2行2

列の画素からなる。しかし、画素群の構成は、この例に限定されない。一般的に表現すれば、第1画素群11は第M行N列（MおよびNは、それぞれ、1以上の整数であって、 $M \times N$ は2以上である）の画素からなっている。また、第2画素群12は、 M' 行 N' 列（ M' および N' は、それぞれ、1以上の整数であって、 $M' \times N'$ は2以上である）の画素からなっている。

[0055] 図1Bは、他の画素配置例を示している。この例では、第1画素群11および第2画素群は、いずれも、1行3列の画素からなる。図1Bの画素配置例でも、図1Aの画素配置例と同様に、第1画群11および第2画素群12が行方向および列方向のそれぞれに交互に配置されている。各画素群が1行L列（Lは2以上の整数）の画素からなると、配線構造を簡単化することができる。

[0056] 第1読み出し信号線に読み出し信号を伝達することにより、第1の露出時間によって生成された画素信号を第1画素群11から出力信号線に読み出すことができる。また、第2読み出し信号線に読み出し信号を伝達することにより、第2の露出時間によって生成された画素信号を第2画素群12から出力信号線に読み出すことができる。

[0057] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

[0058] （実施の形態1）

図2Aは、本実施形態における撮像装置の構成例を示すブロック図である。

[0059] 本実施形態の撮像装置に係る撮像部10は、図2Aに例示するように、撮影レンズ101と、撮影レンズ101を透過した光を受け取る固体撮像素子（以下、単に「撮像素子」と称する）102と、撮像素子102の撮像動作を制御する撮像制御部103と、撮像素子102から出力された2種類の露出時間のカラー動画像を処理し高画質化を行う高画質化処理部105を有している。本実施形態における撮像素子102は、単板式のカラー撮像素子である。上記撮像素子102、撮像制御部103、及び高画質化処理部105

の構成および動作は、後に詳しく説明する。

[0060] 撮影レンズ１０１は、公知の構成を有しており、現実には複数のレンズから構成されたレンズユニットであり得る。撮影レンズ１０１は、不図示の機構によって駆動され、光学ズーミング、オートフォーカス（ＡＦ：Ａｕｔｏ Ｆｏｃｕｓ）に必要な動作が実行される。

[0061] 本実施形態の撮像装置において、最も特徴的な構成を有する素子は、撮像素子１０２である。以下、撮像素子１０２の構成および動作を詳細に説明する。

[0062] 図２Ｂは、本実施形態に係る撮像装置における撮像素子１０２における画素配列の一例を示す。図２Ｂにおいて、符号Ｒは、入射光のＲ（レッド）成分の強度を検出する画素、符号Ｂは、入射光のＢ（ブルー）成分の強度を検出する画素、符号ＧｒおよびＧｂは、入射光のＧ（グリーン）成分の強度を検出する画素である。なお、現実の画素の平面形状は、正方形である必要はなく、長方形、他の多角形、円形、または楕円形であってもよい。

[0063] 撮像素子１０２では、Ｒ画素およびＧ画素が水平方向に交互に配置されている行（ＲＧ行）と、Ｇ画素およびＢ画素が水平方向に交互に配置されている行（ＢＧ行）が、垂直方向に交互に配置されている。以下、ＲＧ行におけるＧ画素をＧｒ画素、ＢＧ行におけるＧ画素をＧｂ画素と称する。現実の撮像素子１０２では、多数の画素が行および列状に配列されているが、本実施形態では、２行×２列の隣接する４画素が基本ユニットを構成している。この基本ユニットが垂直方向および水平方向に周期的に配列されている。図２Ｂは、撮像面の一部のみを記載したものである。なお、本明細書で「垂直方向」とは、図２ＢのＹ方向に平行な方向であり、「水平方向」とは図２Ｂに示す「Ｘ方向」に平行な方向である。

[0064] 図２Ｃは、図２ＢのＢ－Ｂ’線断面の例を模式的に示す図である。この例では、光電変換素子２４が形成された半導体層２５の光入射側面に配線層２７およびカラーフィルタアレイ２６が配置されている。図２Ｃの例における半導体層２５は、自立基板として機能する十分な厚さを有しているため、通

常、「半導体基板」と称される。半導体基板の選択された領域に対して表面側から不純物イオンをドーピングすることにより、光電変換素子 24 が形成されている。

[0065] なお、本発明は、後述するように、「裏面照射型」の固体撮像素子にも適用できる。図 2 D は、裏面照射型に適用した場合における図 2 B の B-B' 線断面の例を模式的に示す図である。図 2 D の例では、光電変換素子 24 が形成された半導体層 25 の裏面にカラーフィルタアレイ 26 が配置され、半導体層 25 の裏面側から光が入射する。半導体層 25 の表面には配線層 27 が配置され、半導体層 25 を支持する基材 28 が設けられている。裏面照射型では、半導体基板の選択された領域に対して表面側から不純物イオンをドーピングすることによって光電変換素子 24 を形成した後、半導体基板の裏面から半導体基板の一部をエッチングする。こうして、半導体基板の表面側部分から半導体層 25 を形成する。半導体層 25 に形成された光電変換素子 24 には、半導体層 25 の裏面から照射した光が入射し得る。図 2 D から明らかなように、裏面照射型の固体撮像素子では、配線層 27 は入射光を遮らない。

[0066] 図 3 は、本実施形態に係る撮像素子 102 の構成例を示すブロック図である。

[0067] 画素アレイ 301 は、同一シーンのカラー画像の R 成分、G 成分、B 成分について、入射光の強度を電気信号に変換する光電変換機能を有する。

[0068] R/B 画素 AD 変換部 302 は、画素アレイ 302 の R 画素及び B 画素の出力に対して、アナログーデジタル変換を行う。R/B 画素 HSR（水平シフトレジスタ）304 は、ラッチ部 303 を介して R/B 画素 AD 変換部 302 の出力を受け取り、受け取った出力を水平転送し、R 画素及び B 画素の画素信号を撮像素子外に出力する。

[0069] Gr/Gb 画素 AD 変換部 305 は、画素アレイ 302 の Gr 画素及び Gb 画素の出力信号をアナログーデジタル変換する。Gr/Gb 画素 HSR（水平シフトレジスタ）307 は、ラッチ部 306 を介して Gr/Gb 画素 A

D変換部305の出力を受け取り、受け取った出力を水平転送し、Gr画素及びGb画素の画素信号を撮像素子外に出力する。

[0070] なお、本実施形態において、上記R/B画素AD変換部302、Gr/Gb画素AD変換部305、R/B画素HSR304、Gr/Gb画素HSR307は、それぞれ単一の回路で上記各々2色成分の画素のAD変換ならびに水平転送を行うのではなく、R画素用、B画素用、Gr画素用及びGb画素用のそれぞれのAD変換機構及び水平シフトレジスタを有するものとし、ここで用いている呼称は、それらのAD変換機構及び水平シフトレジスタを総称したものである。また、本実施形態においては、画素アレイ301からの画素信号出力をR/B画素、Gr/Gb画素で振り分けており、例えばR画素のAD変換部には、短時間露出で撮像されたR画素と長時間露出で撮像されたR画素がともに入力される構成としている。このような、2種類の露出時間で撮像される画素出力を単一のAD変換機構でアナログーデジタル変換する動作については、後に詳しく述べる。

[0071] また、これ以降で、短時間露出で撮像を行う画素及び長時間露出で撮像を行う画素を、簡単のために短時間画素及び長時間画素と呼ぶことがある。

[0072] ラッチ部303、306は、R/B画素AD変換部302およびGr/Gb画素AD変換部305から出力されるデジタル出力信号を、それぞれ、R/B画素HSR304およびGr/Gb画素HSR307に入力するタイミングを揃える。撮像制御部103は、前記のとおり、画素アレイ301の動作を制御する。

[0073] 以下に上記構成の動作を詳細に説明する。

[0074] 画素アレイ301は、図2に示すように配列されたR画素、B画素、Gr画素、Gb画素を備えている。

[0075] 本実施形態における画素アレイは、各画素と信号線との接続の仕方が新規である。この点の詳細は、後述する。画素アレイ301は、2行×2列の隣接する4画素（R画素、B画素、Gr画素、Gb画素）の出力信号を、水平シフトレジスタ304および307を通して撮像素子102外に4チャンネル

並列に出力することが可能である。

[0076] 本実施形態における高フレームレートとは、例えば30fps（フレーム毎秒）から60fps程度までの範囲にある。また、本実施形態における「短時間露出」とは、最長でもフレームレートで決まる1フレームの上限（本実施形態の場合、30分の1秒から60分の1秒程度）以下の時間の露光である。

[0077] また、本実施形態における「低フレームレート」とは、第1の色成分についてのフレームレートの数分の1から20分の1程度である。また、本実施形態における「長時間露出」とは、このフレームレートの値で決まる1フレームの時間を上限とし、かつ、上記の「短時間露出」の時間よりも長い露出時間である。「長時間露出」の時間（第1の露出時間）は、「短時間露出」の1フレームの期間よりも長く、「短時間露出」の時間（第2の露出時間）は、「短時間露出」の1フレームの期間に等しいか、この期間よりも短い。

[0078] なお、上で述べた短時間露出、長時間露出、高フレームレート、低フレームレートという言葉の意味は相対的なものである。すなわち、短時間画素の露出時間は、長時間画素の露出時間よりも短く、短時間画素のフレームレートは長時間画素のそれよりも高ければよく、上記に例示した数値の範囲に限定するものではない。

[0079] R/B画素AD変換部302は、R画素及びB画素の出力信号を、アナログ信号からデジタル信号へと変換する。

[0080] ラッチ部303は、R画素及びB画素の出力デジタル信号をR/B画素HSR304から撮像素子外に出力するタイミングと、Gr画素及びGb画素の出力デジタル信号をGr/Gb画素HSR307から撮像素子外に出力するタイミングを揃えるために、R/B画素AD変換部302の出力を一時的に保持する。

[0081] R/B画素HSR304は、R/B画素AD変換部302によってデジタル信号に変換されたR画素及びB画素の画素信号を、水平転送によって撮像素子外に出力する。

- [0082] Gr/Gb画素AD変換部305は、Gr画素及びGb画素の画素出力信号を、アナログ信号からデジタル信号へと変換する。
- [0083] ラッチ部306は、Gr画素及びGb画素の出力デジタル信号をGr/Gb画素HSR307から撮像素子外に出力するタイミングと、R画素及びB画素の出力デジタル信号をR/B画素HSR304から撮像素子外に出力するタイミングを揃えるために、Gr/Gb画素AD変換部305の出力を一時的に保持する。
- [0084] Gr/Gb画素HSR307は、Gr/Gb画素AD変換部305によってデジタル信号に変換されたGr/Gb画素の画素信号を、水平転送によって撮像素子外に出力する。
- [0085] 撮像制御部103は、画素アレイ301に対し、読み出し信号を出力する機能、およびAD変換部302、305への入力信号の選択を行う制御信号を出力する。
- [0086] 図4は、画素アレイ301の詳細な構成を示す。本実施形態の固体撮像素子は、図4に示すように、行および列状に配列された複数の画素（R、Gr、Gb、B、・・・）と、各々が、行方向に配列された複数の画素に接続された複数の読み出し信号線401、402と、各々が、列方向に配列された複数の画素に接続された複数の出力信号線403、404、405、406とを備えている。複数の画素（R、Gr、Gb、B、・・・）にそれぞれ入射する光の色成分は、カラーフィルタアレイによって調節されている。
- [0087] 読み出し信号線401、402は、長時間露出によって撮像を行う画素の群に接続された複数の第1読み出し信号線401と、短時間露出によって撮像を行う画素の群に接続された複数の第2読み出し信号線402とに分かれている。
- [0088] 図4に示す例では、長時間画素（図中で R_L 、 G_{rL} 、 G_{bL} 、 B_L と表記）が水平方向に2個連続して配置されたている。本明細書では、下付文字の「L」は長時間（Long）を意味し、下付文字の「S」は短時間（Short）を意味している。また、図2のGr画素位置の長時間画素及び短時間画素

を、それぞれ、 $G r_L$ 画素及び $G r_S$ 画素と呼ぶ。同様に、図2の $G b$ 画素位置の長時間画素及び短時間画素を、それぞれ、 $G b_L$ 画素及び $G b_S$ 画素と呼ぶ。

[0089] 図4に示さる例では、長時間画素 R_L 、 $G r_L$ 、 $G b_L$ 、 B_L が、第1読み出し信号線401に接続されている。これらの長時間画素のうち、隣接する2つの列にそれぞれ属する2つの画素のペア(R_L と $G r_L$ 、 $G b_L$ と B_L)は、第1読み出し信号線401に関して反対の側にそれぞれ配置されている。言い換えると、ある1本の第1読み出し信号線401に対して、図4の上側に位置する長時間画素 R_L 、 $G r_L$ と、図4の下側に位置する長時間画素 $G b_L$ 、 B_L が接続されている。

[0090] また、短時間画素(図中で R_S 、 $G r_S$ 、 $G b_S$ 、 B_S と表記)が水平方向に2個連続して配置されている。短時間画素は、第2読み出し信号線402に接続されている。これらの短時間画素のうち、隣接する2つの列にそれぞれ属する2つの画素のペアは、第2読み出し信号線402に関して反対の側にそれぞれ配置されている。言い換えると、ある1本の第2読み出し信号線402に対して、図4の上側に位置する短時間画素 $G b_S$ 、 B_S と、図4の下側に位置する短時間画素 R_S 、 $G r_S$ が接続されている。

[0091] 図4に示すように、第1読み出し信号線401は、垂直方向に隣接する2つの水平走査線上の長時間画素の組で共有されており、第2読み出し信号線402は、垂直方向に隣接する2つの水平走査線上の短時間画素の組で共有されている。例えば、図4中において破線で囲った水平方向に並ぶ2列の画素列において、それぞれの画素列に属する長時間画素(添え字L)が、読み出し信号線401を共有している。

[0092] 出力信号線403は R_L 画素と $G b_S$ 画素で共有され、出力信号線404は $G r_L$ 画素と B_S 画素で共有され、出力信号線405は R_S 画素と $G b_L$ 画素で共有され、出力信号線406は $G r_S$ 画素と B_L 画素で共有されている。

[0093] 出力信号線403は、 R_L および $G b_S$ 画素の画素出力信号を伝達する。出力信号線404は、 $G r_L$ および B_S 画素の画素出力信号を伝達する。出力信号線405は、 R_S および $G b_L$ 画素の画素出力信号を伝達する。出力信号線406

は、 G_{r_s} および B_L 画素の画素出力信号を伝達する。より詳細には、 R_s 画素、 R_L 画素、 B_s 画素、 B_L 画素の出力信号はそれぞれ出力信号線403、405、404、406を通して、同図中、上向きに出力される。同様に、 G_{r_s} 画素、 G_{r_L} 画素、 G_{b_s} 画素、 G_{b_L} 画素の出力信号はそれぞれ出力信号線404、406、403、405を通して、同図中、下向きに出力され、AD変換部305に入力される。

[0094] 読み出し信号および画素出力信号について、図5を参照しながら説明する。図5は画素の回路図の一例を示す。

[0095] フォトダイオード501は、入射光の強度を電気信号に変換する。スイッチ502は、フォトダイオード501の光電変換によって得られた電気信号を出力信号線へ出力する。スイッチ503は、画素のリセットを行う。アナログバッファ504は、画素出力信号を受ける。入力端子505は、前記読み出し信号の入力端子である。506は前記出力信号の出力端子である。同図中、画素バイアス信号はスイッチ503およびアナログバッファ504のドレインに入力され、画素リセット信号はスイッチ503のゲートに入力される。前記読み出し信号は、スイッチ502のゲートの入力となり、前記画素出力信号は、アナログバッファ504の出力となる。つまり、前記読み出し信号とは、フォトダイオード501の光電変換によって得られた電気信号を出力信号線に出力するタイミングを規定する信号である。前記画素出力信号とは、フォトダイオード501における光電変換によって得られた電気信号である。

[0096] AD変換部302および305は、例えば、図6Aに示すような、ランプ波生成器601、比較器602およびカウンタ603からなる構成を採用することができる。図6Bに示すように、ランプ波生成器601より生成されたランプ波と画素出力信号を比較し、ランプ波が画素出力信号より小さい期間、カウンタ603を駆動する。ランプ波が画素出力信号を上回った時点でカウンタを停止し、画素出力信号のデジタル値を該カウンタの出力として得る。

[0097] なお、図3の例においては、AD変換部302および305を撮像素子102の内部に配置している。AD変換部302および305を撮像素子102の外部に配置し、撮像素子102からはアナログの画素信号を出力する構成にしてもよい。図7は、AD変換部302およびAD変換部305が撮像素子102の外部に存在する構成例を示すブロック図である。この例の撮像素子において、画素アレイ301から出力された画素出力信号は、アナログラッチ部702および704に一度保持された後に、アナログ信号を転送する短時間HSR703および長時間HSR705から撮像素子701外に出力される。その後、撮像素子外のAD変換部706および707において、デジタル信号に変換される。なお、アナログラッチ部702および704は、例えば図4における出力信号線403から406に並列に挿入されたコンデンサによって電荷を保持する構成にすることができる。

[0098] 次に、撮像制御部103の動作を説明する。

[0099] 図8は、撮像制御部103から画素アレイ301に出力する読み出し信号の波形を示す。TRANSは読み出し信号線401に与える短時間露出によって撮像を行う画素出力の読み出し信号であり、TRANLは読み出し信号線402に与える長時間露出によって撮像を行う画素出力の読み出し信号である。図8には、ある1つの画素に与えられる読み出し信号の波形が示されている。短時間画素のフレームレートおよび露出時間は、それぞれ、長時間画素の4倍および1/4である。言い換えると、長時間画素の読み出し信号TRANLは、TRANSが4度Hレベルになるたびに1度Hレベルとなる。しかし、フレームレートおよび露出時間は、この値に制限されるものではない。なお、フレームレートと露出時間との間には、ほぼ逆数の関係がある。すなわち、フレームレートが30fps（フレーム毎秒）であれば、1フレームの時間は1/30秒であるため、露出時間は1/30秒程度である。

[0100] 図8に示す例では、TRANSおよびTRANLがともに活性化される（同図中に示すHレベルとなる）フレームにおいて、TRANLはTRANSよりも6μs遅れてHレベルとなっている。しかし、図8に示すこの時間差

は単なる一例である。TRANLがHレベルになるタイミングとTRANSがHレベルになるタイミングとの間の時間差は、この値に制限されるものではない。この時間差は、例えばTRANSがHレベルになることにより短時間画素の出力が出力信号線403~407に出力され、該画素出力が図3のAD変換部302に到達しAD変換動作が完了するまで、または図7のラッチ部702に到達するまでの所要時間に相当する時間に設定することができる。

[0101] TRANSおよびTRANLがHレベルとなるタイミングの時間差は、前記短時間画素の出力が図3のAD変換部302に到達しそこから出力されるまで、または図7のラッチ部702に到達するまでの所要時間を下限とし、短時間画素の1フレームの露出時間を上限とする範囲内で、任意の値に設定することができる。なお、ここで図3に示す構成の場合に上記TRANSとTRANLの時間差にAD変換動作の時間を含めているのは、AD変換部302及び305において同色の短時間画素、長時間画素の両方のAD変換を行うためである。また、前記AD変換部上で前記2種類の露出時間の画素出力が混在することを避けるためでもある。図8の例では、読み出し信号はTRANSがTRANLよりも先にHレベルとなっているが、TRANLがTRANSよりも先にHレベルになってもかまわない。

[0102] 読み出し信号TRANSおよびTRANLがともにHレベルとなるフレームにおける画素アレイ301の動作について、図9および図10を参照しながら説明する。なお、以下の説明では、図3に示す構成を備える固体撮像素子を例にとる。

[0103] 図9は、TRANSがHレベルとなったときの、撮像制御部103および画素アレイ301を示す。TRANSがHレベルとなると、同図中実線で示した読み出し信号線402を伝達する信号がHレベルとなる。このとき、出力信号線403にはG_b_s画素の画素出力信号が伝達され、出力信号線404にはB_s画素の画素出力信号が伝達され、出力信号線405にはR_s画素の画素出力信号が伝達され、出力信号線406にはG_r_s画素の画素出力信号が伝達

される。さらに、このとき撮像制御部103によってR/B画素AD変換部302に通じるスイッチ904及びスイッチ905、及びGr/Gb画素AD変換部305に通じるスイッチ909及びスイッチ912をONの状態にする。その結果、Rs画素、Bs画素の画素出力信号が、それぞれR/B画素AD変換部302内のR画素AD変換部901とB画素AD変換部902に伝達される。また、Gr_s画素およびGb_s画素の画素出力信号が、それぞれ、Gr/Gb画素AD変換部305内のGr画素AD変換部907とGb画素AD変換部908に伝達される。

[0104] その後、例えば直前のTRANSによる読み出し及びAD変換動作が対象となるすべての短時間画素で完了した後に（図8の例では6 μ s後）、TRANLがHレベルとなり、読み出し信号線401を伝達する信号がHレベルとなる。このときの画素アレイ301を図10に示す。このとき、出力信号線403にはR_L画素の画素出力信号が伝達され、出力信号線404にはGr_L画素の画素出力信号が伝達され、出力信号線405にはGb_L画素の画素出力信号が伝達され、出力信号線406にはB_L画素の画素出力信号が伝達される。さらに、このとき撮像制御部103によってR/B画素AD変換部302に通じるスイッチ903及びスイッチ906をONの状態にし、Gr/Gb画素AD変換部305に通じるスイッチ910及びスイッチ911をONの状態にする。その結果、R_L画素及びB_L画素の画素出力信号が、それぞれR/B画素AD変換部302内のR画素AD変換部901とB画素AD変換部902に伝達され、Gr_L画素およびGb_L画素の画素出力信号が、それぞれGr/Gb画素AD変換部305内のGr画素AD変換部907とGb画素AD変換部908に伝達される。

[0105] 図11は、本実施形態に係る撮像素子の、読み出し信号線401及び402に供給する読み出し信号の例を示す。同図において、TRANS_n、TRANS_{n+1}、TRANS_{n+2}、TRANS_{n+3}は、短時間画素の読み出し信号（読み出し信号線402に伝達される信号）であり、TRANL_n、TRANL_{n+1}、TRANL_{n+2}、TRANL_{n+3}は、長時間画素

の読み出し信号（読み出し信号線401に伝達される信号）である。また、TRANS_nは、垂直方向のn番目の短時間画素の組に供給される読み出し信号であり、RANL_nは、垂直方向のn番目の長時間画素の組に供給される読み出し信号である。以下、TRANS_{n+1}、RANL_{n+1}はn+1番目の組、と続く。

[0106] 本実施形態に係る撮像素子では、図4に示されるように、垂直方向に隣接する2つの水平画素ラインに属する長時間画素（例えばR_L、G_{rL}、G_{bL}、B_L）、あるいは垂直方向に隣接する2つの水平画素ラインに属する短時間画素（例えばG_{bS}、B_S、R_S、G_{rS}）に同時に読み出し信号が供給されるため、撮像制御部103は、短時間画素及び長時間画素の組ごとに一つの読み出し信号を生成する。

[0107] 図11には、図8と同様に長時間画素のフレームレートが短時間画素の1/4である場合の例を示しており、TRANSが4度Hレベルとなる間にRANLが1度Hレベルとなる。また、図8と同様に、長時間画素と短時間画素の両方の信号が読み出されるフレームにおいて、同じ水平画素ラインペアに供給されるTRANSとRANL（例えば、TRANS_nとRANL_n）は、6μsの時間差をもってHレベルとなる。さらに、互いに異なる水平画素ラインのペアに供給される読み出し信号（例えばTRANS_n、TRANS_{n+1}、TRANS_{n+2}、TRANS_{n+3}）は、それぞれ1水平スキャン期間（図11で1Hと記載）の時間差をもってHレベルとなる（RANLについても同様）。

[0108] このような構成を採用することで、単板カラー撮像素子において、すべての水平ラインについて長時間画素と短時間画素の双方を含み、またそれらが一定の間隔で交互に配列した、均等な画素配置を実現することができる。この画素配置では、カラーフィルタの各色成分も、通常のベイア配列と同様に均等であり、各色成分に長時間画素および短時間画素の両方が割り当てられている。

[0109] さらに、複数の画素で前記出力信号線を共有させた場合にも、画素同士で

出力信号が混じり合うことなしに各画素の画素出力信号を取得することができる。より具体的には、画素数に対する信号線本数の割合を従来例よりも少なくしながら、複数の行にまたがって配置された短時間画素および長時間画素の出力信号を並列に読み出すことができる。また、同様に、複数の行にまたがって配置された画素（例えばG_r画素およびG_b画素）の出力信号を並列に読み出すこともできる。

[0110] 本実施形態では、画素アレイ301から第1の色成分（R、B）の画素信号と第2の色成分（G）の画素信号とを別々の回路部分によって読み出している。したがって、1つの画素アレイ301からR画素及びB画素の画素信号を読み出す回路部分を「第1の読み出し部」、その画素アレイ301からG_r画素及びG_b画素の画素信号を読み出す回路部分を「第2の読み出し部」と称することができる。図3に示す例において、「第1の読み出し部」の最小構成要素は、R／B画素AD変換部302である。一方、「第2の読み出し部」の最小構成要素は、G_r／G_b画素AD変換部305である。なお、「第1の読み出し部」にラッチ部303、R／B画素HSR（水平シフトレジスタ）304などの付加的構成要素を含めても良い。同様に、「第2の読み出し部」に、ラッチ部306、G_r／G_b画素HSR（水平シフトレジスタ）307などの付加的構成要素を含めても良い。

[0111] ラッチ部303および306は、第1の読み出し部によって得られた色成分の画素出力デジタル信号を水平シフトレジスタ304から撮像素子外に出力するタイミングと、第2の読み出し部によって得られた色成分の画素出力デジタル信号を水平シフトレジスタ307から撮像素子外に出力するタイミングとを揃える。上記のように、読み出し信号のタイミングが短時間画素と長時間画素とで異なる構成では、短時間画素の画素出力信号が画素アレイ301からAD変換部302あるいは305に到達する時刻と、長時間画素の画素出力信号が画素アレイ301から前記AD変換部に到達する時刻にずれが発生する。しかし、色成分ごとの画素信号出力のタイミングは、水平シフトレジスタ304および307から撮像素子102外に出力される時点で揃

えられていればよく、撮像素子内部の画素出力信号の流れのタイミングは任意でかまわない。ラッチ部303および306によって、撮像素子102外に各色成分の画素出力信号が出力される前に該画素出力信号のタイミングを揃える構成を採用することで、撮像素子20外に出力される画素出力信号は、色成分ごとにずれは発生しない。

[0112] なお、図3に示す例では、ラッチ部303および306を、それぞれ、AD変換部302および305の後段に配置し、画素出力信号がデジタル信号に変換された時点でタイミング調整を行っている。しかし、ラッチ部303および306を配置する場所は、これに限定されるものではない。例えばAD変換部302および305の直前に配置し、ラッチ部303および306がアナログ信号を保持するように構成されていても良い。この場合は、例えば、AD変換部302および305の入力端にコンデンサを付加し、第1の読み出し部によって得られる画素出力信号と、第2の読み出し部によって得られる画素出力信号の双方が該コンデンサに保持された時点で、前記AD変換部に入力するという構成とすればよい。

[0113] 撮像制御部103は、撮像素子102内に設置し、撮像素子102の内部で前記読み出し信号および前記スイッチの制御信号を発生する構成してもよいし、撮像素子102の外に配置してもよい。撮像制御部103が撮像素子の外に配置される場合、撮像制御部103は、撮像素子102の外部より前記読み出し信号および前記スイッチの制御信号を与える。

[0114] なお、本実施形態に係る構成において、画素上にオンチップマイクロレンズを配置し、さらに集光能力を高める構成としてもよい。

[0115] 続いて、高画質化処理部105の動作について説明する。本実施形態における高画質化処理部105は、水平方向の画素のペアごとに異なる露出時間（例えば R_L 画素および G_{rL} 画素のペアの露出時間は、 R_S 画素および G_{rS} 画素のペアの露出時間よりも長い）で撮像されたデータを受け取る。そして、これらに高画質化処理を行うことによって各画素における画素値（例えばR、G、Bの画素値）を推定し、カラー画像を得る。

[0116] 図12は、高画質化部105のより詳細な構成の一例を示す構成図である。図12に示す撮像部10において、高画質化部105以外の構成は、図2Cに示す撮像部10の構成と同一である。高画質化処理部105は、動き検出部1101および画像処理部1102を有している。

[0117] 動き検出部1101は、ブロックマッチング、勾配法、位相相関法等の既存の公知技術によって、短時間露出で撮影された画素値から動き（オプティカルフロー）を検出する。公知技術として、たとえばP. Anandan, “Computational framework and an algorithm for the measurement of visual motion”, International Journal of Computer Vision, Vol. 2, pp. 283–310, 1989が知られている。

[0118] 図13（a）および（b）は、ブロックマッチングによって動き検出を行うときの基準フレームと参照フレームとを示している。動き検出部1101は、基準とするフレーム（動きを求めらるべく着目している時刻tにおける画像）内に、図13（a）に示す窓領域Aを設定する。そして、窓領域内のパターンと類似するパターンを参照フレーム内で探索する。参照フレームとして、たとえば着目フレームの次のフレームが利用されることが多い。探索範囲は、図13（b）に示すように、通常、移動量ゼロの位置Bを基準に予め一定の範囲（同図（b）中のC）が設定される。また、パターンの類似の度合い（程度）は、（数1）に示す残差平飽和（SSD: Sum of Square Differences）や、（数2）に示す残差絶対値和（SAD: Sum of Absoluted Differences）を評価値として計算することによって評価する。

[数1]

$$SSD = \sum_{x,y \in W} (I(x+u, y+v, t+\Delta t) - I(x, y, t))^2$$

[数2]

$$SAD = \sum_{x,y \in W} |I(x+u, y+v, t+\Delta t) - I(x, y, t)|$$

[0119] (数1) および(数2)において、 $I(x, y, t)$ は画像すなわち画素値の時空間的な分布であり、 $x, y \in W$ は、基準フレームの窓領域内に含まれる画素の座標値を意味する。本実施形態では、

[数3]

$$I(x, y, t) = 0.30R(x, y, t) + 0.59G(x, y, t) + 0.11B(x, y, t)$$

として輝度成分を求め、動き検出を行っている。

[0120] なお、 $I(x, y, t)$ としては、(数3)に限らず、単純なRGB値の加算等にしてもよい。

[0121] 動き検出部1101は、探索範囲内で (u, v) を変化させることにより、上記評価値を最小とする (u, v) の組を探索し、これをフレーム間での動きベクトルとする。具体的には、窓領域の設定位置を順次シフトさせることによって、動きを画素毎もしくはブロック毎(例えば8画素×8画素)に求め、動きベクトルを生成する。

[0122] 上記の様にして得られた(数1)または(数2)を最小にする (u, v) の近傍での (u, v) の値の分布に対して、1次ないし2次関数を当てはめることによって、サブピクセル精度の動き検出を行う。1次ないし2次関数の当てはめには、等角フィッティング法やパラボラフィッティング法として知られる公知の技術を用いればよい。

[0123] <各画素におけるGの画素値の高画質化処理>

画質処理部1102は、次式で表される評価関数 J を最小化して、各画素における R, G, B の画素値を計算する。

[数4]

$$J = |H_1 f - g_L|^M + |H_2 f - g_S|^M + Q$$

ここで、 H_1 は長時間露出のサンプリング過程、 H_2 は短時間露出のサンプリング過程、 f は高画質化すべき高空間解像度かつ高時間解像度のRGB画像である。撮像部101によって撮像されたRGBの画像のうち、長時間露出で

撮像したものを g_L 、短時間露出で撮像したものを g_s とし、 M はべき指数、 Q は高画質化すべき画像 f が満たすべき条件、すなわち拘束条件である。また、(数4)において $|\cdot|$ はベクトルのノルムを示す。

[0124] (数4)の第1項は、高画質化すべき高空間解像度かつ高時間解像度のRGB画像 f を、長時間露出のサンプリング過程 H_1 によってサンプリングして得られた画像と、実際に長時間露出によって得られた g_L との差の演算を意味する。長時間露出のサンプリング過程 H_1 を予め定めておき、この差分を最小化する f を求めると、この f は、長時間露出によって得られた g_L と最もよく整合するといえる。第2項についても同様に、差分を最小化する f は、短時間露出によって得られた g_s と最もよく整合するといえる。

[0125] そして、(数4)を最小化する f は、長時間露出および短時間露出によって得られた g_L および g_s の両方を総合的によく満足するといえる。高画質処理部1102は、(数4)を最小化する f を計算することで、高空間解像度かつ高時間解像度のRGB画像の画素値を生成する。

[0126] 以下、(数4)に関してより詳しく説明する。

[0127] f 、 g_L および g_s は、動画像の各画素値を要素とする縦ベクトルである。以下では、画像についてベクトル表記は、画素値をラスタースキャン順に並べた縦ベクトルを意味し、関数表記は、画素値の時空間的分布を意味する。画素値としては、輝度値の場合は、1画素につき1個の値を考えればよい。 f の要素数は、例えば、高画質化すべき動画像を横2000画素、縦1000画素、30フレームとすると、 $2000 \times 1000 \times 30 = 60000000$ となる。

[0128] f の縦横の画素数と信号処理に用いるフレーム数は、高画質化処理部105によって設定される。長時間露出のサンプリング過程 H_1 は、行数が g_L の要素数と等しく、列数が f の要素数と等しい行列である。また、短時間露出サンプリング過程 H_2 は、行数が g_s の要素数と等しく、列数が f の要素数と等しい行列である。

[0129] 現在一般に普及しているコンピュータでは、高画質化する動画像が、例え

ば上記のような横2000画素、縦1000画素、30フレームであった場合、計算にかかるコストの点から動画像の全画素（60000000画素）の値を一度に求めることは極めて困難である。この場合、時間的、空間的な部分領域について f の一部を求める処理を繰り返すことにより、高画質化すべき動画像 f を計算することができる。

[0130] 次に、長時間露出のサンプリング過程 H_1 の定式化を簡単な例を用いて説明する。いま、図14に示すような、幅4画素（ $x=0, 1, 2, 3$ ）、高さ2画素（ $y=0, 1$ ）、2フレーム（ $t=0, 1$ ）の画像をベイア配列の撮像素子で撮像し、 $y=0$ のラインにおける紙面左側の2画素（R画素とG画素）及び $y=1$ のラインにおける紙面右側の2画素（G画素とB画素）を2フレーム分時間加算する場合の g_L の撮像過程について考える。

[数5]

$$f = \begin{pmatrix} R_{000} & G_{100} & R_{200} & G_{300} & G_{010} & B_{110} & G_{210} & B_{310} \\ R_{001} & G_{101} & R_{201} & G_{301} & G_{011} & B_{111} & G_{211} & B_{311} \end{pmatrix}^T$$

[数6]

$$H_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

これらによれば、長時間露出の画素の撮像過程は以下のように定式化される。

[数7]

$$g_L = H_1 f = \begin{pmatrix} R_{000} + R_{001} \\ G_{100} + G_{101} \\ G_{210} + G_{211} \\ B_{310} + B_{311} \end{pmatrix}$$

[0131] 次に、短時間露出のサンプリング過程 H_2 の定式化を簡単な例を用いて説明

する。図 1 4 に示す画素配列において、 $y = 0$ のラインにおける紙面右側の 2 画素（R 画素と G 画素）及び $y = 1$ のラインにおける紙面左側の 2 画素（G 画素と B 画素）を撮像する場合について考える。

[数8]

$$H_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

これらによれば、短時間露出ラインの撮像過程は以下のように定式化される。

[数9]

$$g_s = H_2 f = \begin{pmatrix} R_{200} \\ G_{300} \\ G_{010} \\ B_{110} \\ R_{201} \\ G_{301} \\ G_{011} \\ B_{111} \end{pmatrix}$$

[0132] （数 4）のべき指数 M の値は、特に限定するものではないが、演算量の観点から、1 または 2 が好ましい。

[0133] （数 7）や（数 9）は、 f をベイヤ配列の単板撮像素子によりライン毎に露出時間を変えて撮像し g_L 、 g_s を得る過程を示す。逆に、 g_L 、 g_s から f を復元する問題は、一般に逆問題といわれる。拘束条件 Q のない場合、下記（数 10）を最小化する f は無数に存在する。

[数10]

$$|\mathbf{H}_1 \mathbf{f} - \mathbf{g}_L|^M + |\mathbf{H}_2 \mathbf{f} - \mathbf{g}_S|^M$$

[0134] このことは、サンプリングされない画素値に任意の値を入れても（数10）が成り立つことから、容易に説明できる。そのため、 f を一意に解くためには（数10）では不十分である。

[0135] そこで、 f についての一意な解を得るために、拘束条件 Q を導入する。 Q として、画素値 f の分布に関する滑らかさの拘束や、 f から得られる画像の動きの分布に関する滑らかさの拘束を与える。

[0136] 画素値 f の分布に関する滑らかさの拘束としては、（数11）もしくは（数12）の拘束式を用いる。

[数11]

$$Q = \sum_{i=1}^3 \lambda_{Ci} Q_{Ci} = \sum_{i=1}^3 \lambda_{Ci} \left(\left| \frac{\partial C_i(f)}{\partial x} \right|^m + \left| \frac{\partial C_i(f)}{\partial y} \right|^m \right)$$

[数12]

$$Q = \sum_{i=1}^3 \lambda_{Ci} Q_{Ci} = \sum_{i=1}^3 \lambda_{Ci} \left(\left| \frac{\partial^2 C_i(f)}{\partial x^2} \right|^m + \left| \frac{\partial^2 C_i(f)}{\partial y^2} \right|^m \right)$$

[0137] （数11）及び（数12）におけるべき指数 m の値は、（数4）、（数10）におけるべき指数 M と同様に、1または2が望ましい。ここで、 C_i は以下の式で f の要素の R 、 G 、 B 値を変換したものである。

[数13]

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

[0138] （数13）において、 C_1 、 C_2 、 C_3 を一般的な画像における RGB の画素値

の分布の第1主成分から第3主成分にすることにより、滑らかさ拘束についての正則化パラメータの調整をRGB空間で行う場合よりも容易にすることができる。すなわち、 C_1 成分は輝度にほぼ等しく、 C_2 、 C_3 成分は2つの色差成分とみなせ、個別に λ_i を調整することによって、高画質化処理される画像に対する滑らかさ拘束の各項の影響を制御できる。 λ_{c1} から λ_{c3} の値は、3板撮影等で全画素読み出した画素値が事前に用意できる場合には、高画質化処理後の画像のPSNRが最良となるように決めればよい。

[0139] 一方、そうでない場合には、上記の値をもとにマニュアル操作で高画質化処理後の画質をみながら決めればよい。

[0140] なお、上記の偏微分値 $\partial C_i / \partial x$ 、 $\partial C_i / \partial y$ 、 $\partial^2 C_i / \partial x^2$ 、 $\partial^2 C_i / \partial y^2$ は、着目画素近傍の画素値による差分展開により、例えば（数14）により近似計算することができる。

[数14]

$$\begin{aligned}\frac{\partial C_i(x, y, t)}{\partial x} &= \frac{C_i(x+1, y, t) - C_i(x-1, y, t)}{2} \\ \frac{\partial C_i(x, y, t)}{\partial y} &= \frac{C_i(x, y+1, t) - C_i(x, y-1, t)}{2} \\ \frac{\partial^2 C_i(x, y, t)}{\partial x^2} &= C_i(x+1, y, t) - 2C_i(x, y, t) + C_i(x-1, y, t) \\ \frac{\partial^2 C_i(x, y, t)}{\partial y^2} &= C_i(x, y+1, t) - 2C_i(x, y, t) + C_i(x, y-1, t)\end{aligned}$$

差分展開は上記（数14）に限らず、例えば（数15）の様に、近傍の他の画素を参照するようにしてもよい。

[数15]

$$\begin{aligned}
\frac{\partial C_i(x, y, t)}{\partial x} &= \frac{1}{6} \left(C_i(x+1, y-1, t) - C_i(x-1, y-1, t) \right. \\
&\quad \left. + C_i(x+1, y, t) - C_i(x-1, y, t) \right. \\
&\quad \left. + C_i(x+1, y+1, t) - C_i(x-1, y+1, t) \right) \\
\frac{\partial C_i(x, y, t)}{\partial y} &= \frac{1}{6} \left(C_i(x-1, y+1, t) - C_i(x-1, y-1, t) \right. \\
&\quad \left. + C_i(x, y+1, t) - C_i(x, y-1, t) \right. \\
&\quad \left. + C_i(x+1, y+1, t) - C_i(x+1, y-1, t) \right) \\
\frac{\partial^2 C_i(x, y, t)}{\partial x^2} &= \frac{1}{3} \left(C_i(x+1, y-1, t) - 2C_i(x, y-1, t) + C_i(x-1, y-1, t) \right. \\
&\quad \left. + C_i(x+1, y, t) - 2C_i(x, y, t) + C_i(x-1, y, t) \right. \\
&\quad \left. + C_i(x+1, y+1, t) - 2C_i(x, y+1, t) + C_i(x-1, y+1, t) \right) \\
\frac{\partial^2 C_i(x, y, t)}{\partial y^2} &= \frac{1}{3} \left(C_i(x-1, y+1, t) - 2C_i(x-1, y, t) + C_i(x-1, y-1, t) \right. \\
&\quad \left. + C_i(x, y+1, t) - 2C_i(x, y, t) + C_i(x, y-1, t) \right. \\
&\quad \left. + C_i(x+1, y+1, t) - 2C_i(x+1, y, t) + C_i(x+1, y-1, t) \right)
\end{aligned}$$

(数15)は(数14)による計算値に対して、近傍で平均化することになる。これにより、空間解像度は低下するが、ノイズの影響を受けにくくできる。さらに、両者の中間的なものとして、 $0 \leq \alpha \leq 1$ の範囲の α で重み付けをして、以下の式を採用してもよい。

[数16]

$$\begin{aligned}
\frac{\partial C_i(x, y, t)}{\partial x} &= \frac{1-\alpha}{2} \frac{C_i(x+1, y-1, t) - C_i(x-1, y-1, t)}{2} \\
&\quad + \alpha \frac{C_i(x+1, y, t) - C_i(x-1, y, t)}{2} \\
&\quad + \frac{1-\alpha}{2} \frac{C_i(x+1, y+1, t) - C_i(x-1, y+1, t)}{2} \\
\frac{\partial C_i(x, y, t)}{\partial y} &= \frac{1-\alpha}{2} C_i(x-1, y+1, t) - C_i(x-1, y-1, t) \\
&\quad + \alpha \frac{C_i(x, y+1, t) - C_i(x, y-1, t)}{2} \\
&\quad + \frac{1-\alpha}{2} \frac{C_i(x+1, y+1, t) - C_i(x+1, y-1, t)}{2} \\
\frac{\partial^2 C_i(x, y, t)}{\partial x^2} &= \frac{1-\alpha}{2} (C_i(x+1, y-1, t) - 2C_i(x, y-1, t) + C_i(x-1, y-1, t)) \\
&\quad + \alpha (C_i(x+1, y, t) - 2C_i(x, y, t) + C_i(x-1, y, t)) \\
&\quad + \frac{1-\alpha}{2} (C_i(x+1, y+1, t) - 2C_i(x, y+1, t) + C_i(x-1, y+1, t)) \\
\frac{\partial^2 C_i(x, y, t)}{\partial y^2} &= \frac{1-\alpha}{2} (C_i(x-1, y+1, t) - 2C_i(x-1, y, t) + C_i(x-1, y-1, t)) \\
&\quad + \alpha (C_i(x, y+1, t) - 2C_i(x, y, t) + C_i(x, y-1, t)) \\
&\quad + \frac{1-\alpha}{2} (C_i(x+1, y+1, t) - 2C_i(x+1, y, t) + C_i(x+1, y-1, t))
\end{aligned}$$

[0141] 差分展開の計算方法は、処理結果の画質がより改善されるようにノイズレベルに応じて α を予め決めて行ってもよいし、もしくは、回路規模や演算量を少しでも小さくするために、（数14）を用いてもよい。

[0142] なお、画像fの画素値の分布に関する滑らかさの拘束としては、（数11）、（数12）に限らず、例えば、（数17）に示す2階の方向微分の絶対値のm乗を用いても良い。

[数17]

$$\begin{aligned}
Q &= \sum_{i=1}^3 \lambda_{C_i} \left| \frac{\partial}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \left(\frac{\partial C_i}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right) \right|^m = \sum_{i=1}^3 \lambda_{C_i} \left| \frac{\partial}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \left(-\sin \theta \frac{\partial C_i}{\partial x} + \cos \theta \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) \right|^m \\
&= \sum_{i=1}^3 \lambda_{C_i} \left| -\sin \theta \frac{\partial}{\partial x} \left(-\sin \theta \frac{\partial C_i}{\partial x} + \cos \theta \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) + \cos \theta \frac{\partial}{\partial y} \left(-\sin \theta \frac{\partial C_i}{\partial x} + \cos \theta \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) \right|^m \\
&= \sum_{i=1}^3 \lambda_{C_i} \left| \sin^2 \theta \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - \sin \theta \cos \theta \frac{\partial^2 C_i}{\partial x \partial y} - \sin \theta \cos \theta \frac{\partial^2 C_i}{\partial y \partial x} + \cos^2 \theta \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} \right|^m
\end{aligned}$$

ここで、ベクトル $\mathbf{n}_{\min}$ の角度 θ は 1 階の方向微分の 2 乗が最小になる方向であり、下記（数 18）によって与えられる。

[数18]

$$\mathbf{n}_{\min} = \begin{pmatrix} \frac{-\frac{\partial f}{\partial y}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}} & \frac{\frac{\partial f}{\partial x}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}} \end{pmatrix}^T = (-\sin \theta \quad \cos \theta)^T$$

[0143] さらに、画像 f の画素値の分布に関する滑らかさの拘束としては、下記（数 19）から（数 21）のいずれかの Q を用いて、 f の画素値のこの配に応じて拘束条件を適応的に変化させてもよい。

[数19]

$$Q = w(x, y) \left| \left(\frac{\partial C_i}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial C_i}{\partial y} \right)^2 \right|$$

[数20]

$$Q = w(x, y) \left| \left(\frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} \right)^2 \right|$$

[数21]

$$Q = w(x, y) \left| \frac{\partial}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \left(\frac{\partial C_i}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right) \right|^m$$

[0144] (数19) から (数21) において、 $w(x, y)$ は画素値のこう配の関数であり、拘束条件に対する重み関数である。例えば、下記 (数22) に示す画素値のこう配成分の、べき乗和が、大きい場合には $w(x, y)$ の値が小さく、逆の場合には $w(x, y)$ の値が大きくなるようにすると、 f のこの配に応じて拘束条件を適応的に変化させることができる。

[数22]

$$\left| \frac{\partial C_i}{\partial x} \right|^m + \left| \frac{\partial C_i}{\partial y} \right|^m$$

[0145] このような重み関数を導入することにより、高画質化処理される画像 f が必要以上に平滑化されることを防ぐことができる。

[0146] また、(数22) に示す輝度こう配の成分の2乗和の代わりに、(数23) に示す方向微分の、べき乗の大小によって、重み関数 $w(x, y)$ を定義してもよい。

[数23]

$$\left| \frac{\partial C_i}{\partial \mathbf{n}_{\max}} \right|^m = \left| \cos \theta \frac{\partial C_i}{\partial x} + \sin \theta \frac{\partial C_i}{\partial y} \right|^m$$

ここで、ベクトル $\mathbf{n}_{\max}$ および角度 θ は方向微分が最大になる方向であり、下記 (数24) によって与えられる。

[数24]

$$\mathbf{n}_{\max} = \begin{pmatrix} \frac{\frac{\partial C_i}{\partial x}}{\sqrt{\left(\frac{\partial C_i}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial C_i}{\partial y}\right)^2}} & \frac{\frac{\partial C_i}{\partial y}}{\sqrt{\left(\frac{\partial C_i}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial C_i}{\partial y}\right)^2}} \end{pmatrix}^T = (\cos \theta \quad \sin \theta)^T$$

[0147] (数11)、(数12)、(数17)～(数21)に示したような、動画
像 f の画素値の分布に関する滑らかさの拘束を導入して(数4)を解く問題
は、公知の解法(有限要素法等の変分問題の解法)によって計算することが
できる。

[0148] f に含まれる画像の動きの分布に関する滑らかさの拘束として、下記(数
25)または(数26)を用いる。

[数25]

$$Q = \left| \frac{\partial u}{\partial x} \right|^m + \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right|^m + \left| \frac{\partial v}{\partial x} \right|^m + \left| \frac{\partial v}{\partial y} \right|^m$$

[数26]

$$Q = \left| \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right|^m + \left| \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right|^m + \left| \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right|^m + \left| \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right|^m$$

ここで、u は動画像 f から得られる各画素についての動きベクトルの x 方向
の成分を要素とする縦ベクトル、v は動画像 f から得られる各画素について
の動きベクトルの y 方向の成分を要素とする縦ベクトルである。

[0149] f から得られる画像の動きの分布に関する滑らかさの拘束としては、(数
21)、(数22)に限らず、例えば(数27)、(数28)に示す1階ま
たは2階の方向微分としてもよい。

[数27]

$$Q = \left| \frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right|^m + \left| \frac{\partial v}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right|^m$$

[数28]

$$Q = \left| \frac{\partial}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \left(\frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right) \right|^m + \left| \frac{\partial}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \left(\frac{\partial v}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right) \right|^m$$

[0150] さらに、(数29)～(数32)に示すように、(数21)～(数24)の拘束条件を、fの画素値のこう配に応じて適応的に変化させてもよい。

[数29]

$$Q = w(x, y) \left(\left| \frac{\partial u}{\partial x} \right|^m + \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right|^m + \left| \frac{\partial v}{\partial x} \right|^m + \left| \frac{\partial v}{\partial y} \right|^m \right)$$

[数30]

$$Q = w(x, y) \left(\left| \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right|^m + \left| \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right|^m + \left| \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right|^m + \left| \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right|^m \right)$$

[数31]

$$Q = w(x, y) \left(\left| \frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right|^m + \left| \frac{\partial v}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right|^m \right)$$

[数32]

$$Q = w(x, y) \left(\left| \frac{\partial}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \left(\frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right) \right|^m + \left| \frac{\partial}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \left(\frac{\partial v}{\partial \mathbf{n}_{\min}} \right) \right|^m \right)$$

ここで、w(x, y)は、fの画素値のこう配に関する重み関数と同一のものであり、(数22)に示す画素値のこう配の成分の、べき乗和、または、(数23)に示す方向微分の、べき乗によって定義されるものである。

[0151] このような重み関数を導入することにより、fの動き情報が必要以上に平滑化されることを防ぐことができ、その結果、高画質化処理される画像fが

必要以上に平滑化されることを防ぐことができる。

[0152] (数25)～(数32)に示したような、画像 f から得られる動きの分布に関する滑らかさの拘束を導入して(数4)を解く問題は、 f についての滑らかさの拘束を用いる場合と比較して複雑な計算が必要となる。高画質化すべき画像 f と動き情報 (u , v) が相互に依存するためである。

[0153] この問題に対しては、公知の解法 (EMアルゴリズム等を用いた変分問題の解法) によって計算することができる。その際、繰り返し計算に、高画質化すべき画像 f と動き情報 (u , v) の初期値が必要になる。

[0154] f の初期値としては、入力画像の補間拡大画像を用いればよい。一方、動き情報 (u , v) としては、動き検出部 1101において(数1)ないし(数2)を計算して求めた動き情報を用いる。その結果、高画質化処理部 105が、上述のごとく、(数25)～(数32)に示したような、画像 f から得られる動きの分布に関する滑らかさの拘束を導入して(数4)を解くことにより、超解像処理結果の画質を向上させることができる。

[0155] 高画質化処理部 105における処理は、(数11)、(数12)、(数17)～(数21)に示した画素値の分布に関する滑らかさの拘束のいずれかと、(数25)～(数32)に示した動きの分布に関する滑らかさの拘束のいずれかの両方を組み合わせて、(数33)のように同時に用いてもよい。

[数33]

$$Q = \lambda_1 Q_f + \lambda_2 Q_{uv}$$

ここで、 Q_f は f の画素値のこう配に関する滑らかさの拘束、 Q_{uv} は f から得られる画像の動きの分布に関する滑らかさの拘束、 λ_1 , λ_2 は Q_f と Q_{uv} の拘束に関する重みである。

[0156] 画素値の分布に関する滑らかさの拘束と、画像の動きの分布に関する滑らかさの拘束の両方を導入して(数4)を解く問題も、公知の解法 (たとえばEMアルゴリズム等を用いた変分問題の解法) によって計算することができる。

[0157] また、動きに関する拘束は、（数 2 5）～（数 3 2）に示した動きベクトルの分布の滑らかさに関するものに限らず、対応点間の残差（動きベクトルの始点と終点間における画素値の差）を評価値として、これを小さくするようにしてもよい。対応点間の残差は、 f を関数 $f(x, y, t)$ として表すと、（数 3 4）のように表せる。

[数34]

$$f(x+u, y+v, t+\Delta t) - f(x, y, t)$$

[0158] f をベクトルとして、画像全体について考えると、各画素における残差は下記（数 3 5）に示すようにベクトル表現することができる。

[数35]

$$H_m f$$

[0159] 残差の平方和は下記（数 3 6）に示すように表すことができる。

[数36]

$$|H_m f|^2 = f^T H_m^T H_m f$$

[0160] （数 3 5）、（数 3 6）において、 H_m はベクトル f の要素数（時空間の総画素数） $\times f$ の要素数の行列である。 H_m では、各行において、動きベクトルの視点と終点に相当する要素だけが 0 でない値を持ち、それ以外の要素は 0 の値を持つ。動きベクトルが整数精度の場合、視点と終点に相当する要素が、それぞれ、 -1 と 1 の値を持ち、他の要素は 0 である。

[0161] 動きベクトルがサブピクセル精度の場合には、動きベクトルのサブピクセル成分の値に応じて、終点近傍の複数の画素に相当する複数の要素が値を持つことになる。

[0162] （数 3 6）を Q_m とおき、拘束条件を（数 3 7）のようにしてもよい。

[数37]

$$Q = \lambda_1 Q_f + \lambda_2 Q_{uv} + \lambda_3 Q_m$$

ここで、 λ_3 は拘束条件 Q_m に関する重みである。

[0163] 以上に述べた方法により、動き検出部 1101 で G_s と R と B の低解像度動画像から抽出した動き情報を用いることにより、ベイヤ配列の撮像素子によって撮像された R G B の動画像を高画質化部 105 で高時空間解像度化することができる。

[0164] なお、上述した高画質化部 105 における R, G, B の画素値の計算方法は一例であり、他の計算方法を採用してもよい。例えば高画質化処理部 105 において、目的とするカラー画像 f における各色の画像の空間的変化パターンが近い程度を表す評価関数 J を設定し、評価関数 J を最小化する目的画像 f を求める。空間的変化パターンが近いことは、青画像、赤画像、および緑画像の空間的変化が相互に相似していることを意味する。

[0165] 評価関数 J の一例を（数 38）に示す。

[数38]

$$J(f) = \|H_1 f - g_L\|^2 + \|H_2 f - g_S\|^2 \\ + \lambda_\theta \|Q_S C_\theta f\|^p + \lambda_\phi \|Q_S C_\phi f\|^p + \lambda_\gamma \|Q_S C_\gamma f\|^p$$

[0166] 評価関数 J は、生成したい高解像度カラー画像（目的画像） f を構成する赤、緑、および青の各色の画像の関数として定義される。ここで、（数 38）右辺の第 1 項、第 2 項は、（数 4）におけるべき指数 M を 2 としたものと同一である。

[0167] 低解像度化画像および入力画像の対応画素位置における画素値の差の 2 乗和を、評価関数の評価条件として設定する（（数 38）の右辺第 1 項および第 2 項）。つまり、これらの評価条件は、低解像度化画像に含まれる各画素値を要素とするベクトルと、入力画像に含まれる各画素値を要素とするベクトルとの差分ベクトルの大きさを表す。

[0168] （数 38）の右辺第 3 項、第 4 項、第 5 項の Q_s は、画素値の空間的な滑ら

かさを評価する評価条件である。Q_sの例であるQ_{s1}およびQ_{s2}を（数39）および（数40）に示す。

[数39]

$$Q_{s1} = \sum_x \sum_y [\lambda_\theta(x, y) \cdot \{4 \cdot \theta_H(x, y) - \theta_H(x, y-1) - \theta_H(x, y+1) - \theta_H(x-1, y) - \theta_H(x+1, y)\}^2 + \lambda_\phi(x, y) \cdot \{4 \cdot \phi_H(x, y) - \phi_H(x, y-1) - \phi_H(x, y+1) - \phi_H(x-1, y) - \phi_H(x+1, y)\}^2 + \lambda_r(x, y) \cdot \{4 \cdot r_H(x, y) - r_H(x, y-1) - r_H(x, y+1) - r_H(x-1, y) - r_H(x+1, y)\}^2]$$

[0169] （数39）において、 $\theta_H(x, y)$ 、 $\phi_H(x, y)$ 、 $r_H(x, y)$ は、目的画像の画素位置（ x, y ）における赤、緑、青のそれぞれの画素値で表される3次元直交色空間（いわゆるRGB色空間）内の位置を、RGB色空間に対応する球面座標系（ θ, ϕ, r ）で表現した場合の座標値である。ここで、 $\theta_H(x, y)$ と $\phi_H(x, y)$ は2種類の偏角を表し、 $r_H(x, y)$ は動径を表す。

[0170] 図15は、RGB色空間と球面座標系（ θ, ϕ, r ）との対応例を示す。

[0171] 図15では、一例として、 $\theta = 0^\circ$ かつ $\phi = 0^\circ$ の方向をRGB色空間のR軸の正方向とし、 $\theta = 90^\circ$ かつ $\phi = 0^\circ$ の方向をRGB色空間のG軸の正方向としている。ここで、偏角の基準方向は、図15に示す方向に限定されることなく、他の方向であってもよい。このような対応に従って、画素ごとに、RGB色空間の座標値である赤、緑、青のそれぞれの画素値を、球面座標系（ θ, ϕ, r ）の座標値に変換する。

[0172] 目的画像の各画素の画素値をRGB色空間内の3次元ベクトルとして考えた場合に、3次元ベクトルをRGB色空間に対応付けられる球面座標系（ θ, ϕ, r ）で表現すると、画素の明るさ（信号強度、輝度も同義である）は、ベクトルの大きさを表す r 軸の座標値に相当する。また、画素の色彩（色相、色差、彩度などを含む色情報）を表すベクトルの向きは、 θ 軸および ϕ 軸の座標値によって規定される。このため、球面座標系（ θ, ϕ, r ）を用いることにより、画素の明るさおよび色彩を規定する r, θ, ϕ の3つのパラメータを個別に取り扱うことができる。

[0173] (数39)は、目的画像の球面座標系で表現された画素値の、 x y 空間方向の2階差分値の2乗和を定義している。(数39)は、目的画像内で空間的に隣り合う画素における球面座標系で表現された画素値の変化が一様であるほど、値が小さくなる条件 Q_{s1} を定義している。画素値の変化が一様であることは、画素の色が連続していることに対応する。条件 Q_{s1} の値が小さくあるべきということは、目的画像内の空間的に隣り合う画素の色が連続すべきということを表している。

[0174] 画像中において画素の明るさの変化および画素の色彩の変化は、物理的に異なる事象から生じ得る。このため、(数39)に示すように、画素の明るさの連続性(r 軸の座標値の変化の一様性)に関する条件((数39)の大括弧内の第3項)と、画素の色彩の連続性(θ 軸および ϕ 軸の座標値の変化の一様性)に関する条件((数39)の大括弧内の第1項および第2項)とを個別に設定することにより、望ましい画質を得やすくなる。

[0175] $\lambda_{\theta}(x, y)$ 、 $\lambda_{\phi}(x, y)$ 、および $\lambda_r(x, y)$ は、それぞれ、 θ 軸、 ϕ 軸、および r 軸の座標値を用いて設定される条件に対して、目的画像の画素位置(x, y)において適用される重みである。これらの値は、予め定めておく。簡単には、 $\lambda_{\theta}(x, y) = \lambda_{\phi}(x, y) = 1.0$ 、 $\lambda_r(x, y) = 0.01$ のように、画素位置やフレームに依らずに設定してもよい。また、好ましくは、画像中の画素値の不連続性などが予測できる位置において、この重みを小さく設定してもよい。画素値が不連続であることは、入力画像のフレーム画像内の隣り合う画素における画素値の差分値や2階差分値の絶対値が一定値以上であることにより判断してもよい。

[0176] 画素の色彩の連続性に関する条件に適用する重みを、画素の明るさの連続性に関する条件に適用する重みよりも大きくしておくことが望ましい。これは、被写体表面の凹凸や動きによる被写体表面の向き(法線の向き)の変化によって、画像中の画素の明るさが色彩に比べて変化しやすい(一様性に乏しい)ことによる。

[0177] なお、(数39)では、目的画像の球面座標系で表現された画素値の、 x

y 空間方向の 2 階差分値の 2 乗和を条件 Q_{s1} として設定したが、2 階差分値の絶対値和、または 1 階差分値の 2 乗和もしくは絶対値和を条件として設定してもよい。

[0178] 上記説明では R G B 色空間に対応付けられる球面座標系 (θ 、 ϕ 、 r) を用いて色空間条件を設定したが、用いる座標系は球面座標系に限るものではなく、画素の明るさと色彩とを分離しやすい座標軸を有する新たな直交座標系において条件を設定することで、前述と同様の効果が得られる。

[0179] 新たな直交座標系の座標軸は、例えば、入力動画像または基準となる他の動画像に含まれる画素値の R G B 色空間内での頻度分布を主成分分析することで固有ベクトルの方向を求め、求めた固有ベクトルの方向に設ける（固有ベクトル軸とする）ことができる。

[数40]

$$Q_{s2} = \sum_x \sum_y [\lambda_{c1}(x, y) \cdot \{4 \cdot C_1(x, y) - C_1(x, y-1) - C_1(x, y+1) - C_1(x-1, y) - C_1(x+1, y)\}^2 + \lambda_{c2}(x, y) \cdot \{4 \cdot C_2(x, y) - C_2(x, y-1) - C_2(x, y+1) - C_2(x-1, y) - C_2(x+1, y)\}^2 + \lambda_{c3}(x, y) \cdot \{4 \cdot C_3(x, y) - C_3(x, y-1) - C_3(x, y+1) - C_3(x-1, y) - C_3(x+1, y)\}^2]$$

[0180] （数 4 0）において、 $C_1(x, y)$ 、 $C_2(x, y)$ 、 $C_3(x, y)$ は、目的画像の画素位置 (x, y) における赤、緑、青のそれぞれの画素値である R G B 色空間の座標値を、新たな直交座標系の座標軸 C_1 、 C_2 、 C_3 の座標値に変換する回転変換である。

[0181] （数 4 0）は、目的画像の新たな直交座標系で表現された画素値の、 $x y$ 空間方向の 2 階差分値の 2 乗和を定義している。（数 4 0）は、目的画像の各フレーム画像内で空間的に隣り合う画素における新たな直交座標系で表現された画素値の変化が一様である（つまり画素値が連続している）ほど、値が小さくなる条件 Q_{s2} を定義している。

[0182] 条件 Q_{s2} の値が小さくあるべきことは、目的画像内の空間的に隣り合う画素の色が連続すべきことを表している。

[0183] $\lambda_{c1}(x, y)$ 、 $\lambda_{c2}(x, y)$ 、 $\lambda_{c3}(x, y)$ はそれぞれ、 C_1 軸、 C_2 軸

、 C_3 軸の座標値を用いて設定される条件に対して、目的画像の画素位置（ x ， y ）において適用される重みであり、予め定めておく。

[0184] C_1 軸、 C_2 軸、 C_3 軸が固有ベクトル軸である場合、各固有ベクトル軸に沿って $\lambda_{c1}(x, y)$ 、 $\lambda_{c2}(x, y)$ 、 $\lambda_{c3}(x, y)$ の値を個別に設定することで、固有ベクトル軸によって異なる分散の値に応じて好適な λ の値を設定できるという利点がある。すなわち、非主成分の方向には分散が小さく、2階差分の2乗和が小さくなることが期待できるため、 λ の値を大きくする。逆に、主成分の方向には λ の値を相対的に小さくする。

[0185] 以上、2種類の条件 Q_{s1} 、 Q_{s2} の例を説明した。条件 Q_s としては、 Q_{s1} 、 Q_{s2} いずれを用いることもできる。

[0186] 例えば、（数39）に示される条件 Q_{s1} を用いた場合、球面座標系（ θ 、 ϕ 、 r ）を導入することにより、色情報を表す θ 軸および ϕ 軸の座標値、ならびに信号強度を表す r 軸の座標値のそれぞれの座標値を個別に用いて条件を設定し、かつ条件の設定に際して色情報と信号強度とにそれぞれ好適な重みパラメータ λ を付与できるので、高画質の画像の生成が容易になるという利点がある。

[0187] （数40）に示される条件 Q_{s2} を用いた場合、RGB色空間の座標値から線型（回転）変換によって得られる新たな直交座標系の座標値で条件を設定するため、演算が簡素化できる利点がある。

[0188] また、固有ベクトル軸を新たな直交座標系の座標軸 C_1 、 C_2 、 C_3 とすることにより、より多くの画素が影響を受ける色の変化を反映した固有ベクトル軸の座標値を用いて条件設定できる。このため、単純に赤、緑、青の各色成分（コンポーネント）の画素値を用いて条件を設定する場合と比べて、得られる目的画像の画質の向上が期待できる。

[0189] なお、評価関数 J は、上記に限定するものではなく、（数38）の項を類似式からなる項と置換し、また異なる条件を表す新たな項を追加してもよい。

[0190] 次に、（数38）の評価関数 J の値をできるだけ小さく（望ましくは最小

に) する目的画像の各画素値を求めることによって、目的画像の各色画像 R_H 、 G_H 、 B_H を生成する。

[0191] 評価関数 J を最小にする目的画像 g は、例えば、 J を目的画像 f の各色画像 R_H 、 G_H 、 B_H の各画素値成分で微分した式を全て 0 とおいた (数 4 1) の方程式を解いて求めることができる。

[数41]

$$\frac{\partial J}{\partial R_H(x,y)} = \frac{\partial J}{\partial G_H(x,y)} = \frac{\partial J}{\partial B_H(x,y)} = 0$$

[0192] 各辺の微分式が 0 になるのは、(数 3 8) の第 1 項～第 3 項の各項が表している各 2 次式の傾きが 0 となるときである。このときの R_H 、 G_H 、 B_H が、各 2 次式の最小値を与える望ましい目的画像であるといえる。

[0193] 他の方法として、たとえば最急勾配法などの反復演算型の最適化手法を用いて望ましい目的画像を求めてもよい。

[0194] なお、本実施形態では、出力するカラー画像を RGB として説明したが、例えば YPbPr 等、RGB 以外のカラー画像を出力することももちろんできる。すなわち、上記 (数 4 1) と、下記 (数 4 2) とから、(数 4 3) に示す変数変換を行うことができる。

[数42]

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -0.00015 & 1.574765 \\ 1 & -0.18728 & -0.46812 \\ 1 & 1.85561 & 0.000106 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ Pb \\ Pr \end{pmatrix}$$

[数43]

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial J}{\partial Y_H(x,y)} \\ \frac{\partial J}{\partial Pb_H(x,y)} \\ \frac{\partial J}{\partial Pr_H(x,y)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial J}{\partial R_H(x,y)} \frac{\partial R_H(x,y)}{\partial Y_H(x,y)} + \frac{\partial J}{\partial G_H(x,y)} \frac{\partial G_H(x,y)}{\partial Y_H(x,y)} + \frac{\partial J}{\partial B_H(x,y)} \frac{\partial B_H(x,y)}{\partial Y_H(x,y)} \\ \frac{\partial J}{\partial R_H(x,y)} \frac{\partial R_H(x,y)}{\partial Pb_H(x,y)} + \frac{\partial J}{\partial G_H(x,y)} \frac{\partial G_H(x,y)}{\partial Pb_H(x,y)} + \frac{\partial J}{\partial B_H(x,y)} \frac{\partial B_H(x,y)}{\partial Pb_H(x,y)} \\ \frac{\partial J}{\partial R_H(x,y)} \frac{\partial R_H(x,y)}{\partial Pr_H(x,y)} + \frac{\partial J}{\partial G_H(x,y)} \frac{\partial G_H(x,y)}{\partial Pr_H(x,y)} + \frac{\partial J}{\partial B_H(x,y)} \frac{\partial B_H(x,y)}{\partial Pr_H(x,y)} \end{pmatrix} \\
= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -0.00015 & -0.18728 & 1.85561 \\ 1.574765 & -0.46812 & 0.000106 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial J}{\partial R_H(x,y)} \\ \frac{\partial J}{\partial G_H(x,y)} \\ \frac{\partial J}{\partial B_H(x,y)} \end{pmatrix} = 0$$

[0195] さらに、Y P b P r 4 : 2 : 2フォーマットの場合、P b、P rはYと比べて水平画素数が半分であることを考慮して、下記（数44）の関係を利用することにより、Y_H、P b_L、P r_Lについての連立方程式を立てることができる。

[数44]

$$\begin{aligned} Pb_L(x+0.5) &= 0.5(Pb_H(x) + Pb_H(x+1)) \\ Pr_L(x+0.5) &= 0.5(Pr_H(x) + Pr_H(x+1)) \end{aligned}$$

この場合、連立方程式で解くべき変数の総数をRGBの場合と比べて3分の2に低減させることができ、演算量を低減できる。

[0196] 図36に、上記の高画質化処理を実現する画像処理部1102の構成の一例を示す。いま、（数4）のMを2とし、Qとして（数37）を用い、これらの式におけるmを2とし、1階微分、2階微分の差分展開として（数14）（数15）（数16）のいずれかを用いた場合、評価式Jはfの2次式となり、評価式を最小化するfの計算は、

[数45]

$$\frac{\partial J}{\partial \mathbf{f}} = \mathbf{0}$$

により与えられる。(数45)はfについての連立一次方程式の計算に帰着するため、解くべき連立方程式を

[数46]

$$Af = b$$

という形で表現できる。(数46)において、Aは方程式の係数行列を、bは右辺ベクトルをそれぞれ表す。図36に示す画像処理部1102は、長時間露出画像ならびに短時間露出画像から(数46)における係数行列Aおよび右辺bをそれぞれ計算する、係数行列A計算部3601と定数ベクトルb計算部3602を含み、それに加えて(数46)の方程式を解く連立方程式求解部3603を有する。

[0197] また、本実施形態に係る撮像素子において、長時間画素と短時間画素でそれぞれ露出時間が異なることから、それぞれの画素から得られる出力信号のレベルが異なることが考えられる。例えば、図11のように長時間画素の露出時間を短時間画素の4倍とした場合には、長時間画素の画素出力信号は短時間画素の2～4倍程度になりうる。そこで、本発明に係る高画質化処理部105は、図34に示すように、短時間画素の出力信号レベルを長時間画素とそろえるためのゲイン調整部3401を備えていてもよい。ゲイン調整部3401で短時間画素の出力信号に掛け合わせるゲインの値は、例えば2倍としてあらかじめ決められていてもよいし、各フレームの画素信号を測定しながら動的に決められてもよい。各フレームの画素信号を測定しながらゲイン値を決める場合は、例えば図34における破線の矢印に示すように、長時間露出画像のデータをゲイン調整部3401に伝達する経路を設けたうえで、ゲイン調整部3401内で長時間露出および短時間露出画像の各画素値の比を求め、各画素における比の平均を最適なゲインとする形で実現することができる。

[0198] 続いて、本発明による効果について説明する。まず、本実施形態における長時間画素ならびに短時間画素の配置、及び前記の高画質化処理方法の有効

性について、実際の処理結果画像を交えて説明する。

[0199] いま、図 2 6 中の被写体が高速に反時計回りに回転しており、長時間画素において短時間画素の 4 フレーム分に相当する時間の露出を行うことで、例えば図 2 7 のような動きぶれを含んだ画像が撮像されたとする。図 2 8 は、図 2 7 に示す画像を G 成分の入力とし、また低解像度であるが短時間露出のために動きぶれを含まない画像（非図示）を R 及び B 成分の入力として、特許文献 1 及び 2 に記載の従来技術によって高画質化処理を行った結果である。加えて同図には、高画質化処理の性能の客観的指標として広く用いられている P S N R の値を記している。これは、正解画像（図 2 6）との誤差に対応する値であり、下記（数 4 7）で定義される値である。

[数 47]

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \frac{I_{\max}^2}{\frac{1}{N} \sum_{x,y} (I(x,y) - I_{\text{true}}(x,y))^2}$$

[0200] （数 4 7）において、 $I(x, y)$ は高画質化処理の出力画像の位置 (x, y) における画素値、 $I_{\text{true}}(x, y)$ は正解画像の (x, y) における画素値、 N は画像の総画素数、 $I_{\max}$ は画像における画素値の最大値（各画素値が 8 ビットで記述される場合は 255）を表す。P S N R の値が大きいほど、 $I(x, y)$ は正解画像 I_{true} によく類似していることを意味する。

[0201] 同図中の白楕円で囲んだところに、色ずれに起因する偽の輪郭が発生しており、カラー画像において、これは緑色の色にじみとして検知される。これは、被写体の動きが非常に大きく、動き検出範囲を越えるなどの理由で図 1 2 中の動き検出部 1101 において正しく動きが検出できなかったために、長時間露出で撮像を行った G 成分画像の動きぶれがうまく除去されなかったために発生したものである。

[0202] 図 2 9 に、本発明の撮像方式ならびに高画質化処理法によって高画質化を行った画像を示す。同図に示すように、本発明の撮像方式に基づいた高画質化処理結果は、図 2 8 の画像で顕著に見られた色ずれが発生しておらず、正

解画像により近いものとなっている。図中に示したPSNRも、図28に比べ大きな値となっている。

[0203] また、本発明に係る撮像素子では、長時間画素並びに短時間画素が対称的な配置であること、すなわち撮像面上で水平及び垂直方向に交互に繰り返して配置されていることが好ましい。図41に、対称的な配置と、そうでない配置の例を示す。いま、図41中のブロック1およびブロック2を、図41(c)に示すように、R、Gr、Gb、B画素各色成分画素の長時間画素および短時間画素からなる画素の集合とする。つまり、それぞれのブロックは、全8種類の画素(R_L 、 G_{rL} 、 G_{bL} 、 B_L 、 R_S 、 G_{rS} 、 G_{bS} 、 B_S)の一部あるいは全部が、ある順序で配置された画素群である。これらのブロックの一例を同図(c)に示しており、例えばブロック1は R_L 画素、 G_{rL} 画素、 G_{bS} 画素および B_S 画素が同図に示されるように配置された画素群であり、ブロック2は R_S 画素、 G_{rS} 画素、 G_{bL} 画素および B_L 画素が同図に示されるように配置された画素群である。対称的な画素配置とは、図41(a)に示されるような、ブロック1とブロック2が水平・垂直方向ともに交互に配列されている状態を示す。一方で、対称でない配置とは、例えば図41(b)に示されるような、撮像面上の左側にはブロック1が、右側にはブロック2が集中して配置されている状態を示す。

[0204] 本発明の有効性を示すものとして、これらの画素の配置が対称的でない構成の場合の高画質化処理後の画像を示し、本発明による出力画像と比較する。ここでは、その比較対象として、長時間画素及び短時間画素を図30及び図31に示す配列とした場合の高画質化処理後の画像を用いる。図30は、撮像面上の水平画素ライン単位で露出時間を長時間あるいは短時間に設定した場合の構成であり、長時間画素および短時間画素の配置の対称性が崩れている。また、図31は、ベイヤ配列におけるR画素及びB画素を短時間露出に設定し、さらにGr画素とGb画素の両方をいずれか一方(ここではGr画素)を長時間露出、他方を短時間露出と設定した場合の構成である。

[0205] この場合は、長時間画素および短時間画素の配置の対称性は大きく崩れて

いないものの、長時間画素の数が少ない。これらの構成の撮像素子からの出力に対して高画質化処理を行う場合、本実施形態における高画質化方法と処理内容において異なる点は、前記（数6）及び（数8）に示す行列 H_1 及び H_2 の形のみであり、その他の計算は本実施形態に記載の方法とまったく同様に行うことができる。図14に示すような、幅4画素（ $x=0, 1, 2, 3$ ）、高さ2画素（ $y=0, 1$ ）、2フレーム（ $t=0, 1$ ）の画像について、（数6）と同様の表現をした場合、図30の構成に対する行列 H_1 及び H_2 は例えば（数48）に示される形として、図31の構成に対する H_1 及び H_2 は例えば（数49）に示される形としてそれぞれ与えられる。

[数48]

$$H_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$H_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

[0206] なお、（数48）は図14における図中上側（ $y=0$ ）の画素を長時間画素、下側（ $y=1$ ）の画素を短時間画素として記述している。

[数49]

$$H_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$H_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

[0207] なお、図31に示す長時間画素ならびに短時間画素の配列では、長時間画素の数が他の構成に比べて少ないため、長時間画素の露出時間を他の構成と同一にすると、撮像素子全体で取得できる光量は他の構成に比べて少ないこととなる。そこで、他の構成と同等量の入射光を得るために、この構成においては長時間画素の露出時間を他の構成の2倍、すなわち短時間画素の8倍としている。

[0208] 図32は、長時間画素ならびに短時間画素を図30に示す配列とした場合の、高画質化処理出力画像である。図中の白枠内に示すように、回転する被写体内のエッジ部分において、画面水平方向に楕状のアーティファクトが発生している。それに加え、同図中に示したPSNRの値も、図29のものより小さな値となっている。これは、長時間露出のラインで撮像された画像のぶれが除去しきれていないことが原因である。図30に示す画素配列においては、各々の水平ラインはすべて長時間あるいは短時間画素で構成されるために、各長時間画素は動き情報を上下方向に近接する短時間画素からのみ得られ、水平方向からは得られない。このように、長時間画素および短時間画素の配置の対称性が崩れると顕著なアーティファクトが発生し、前記画素配

置の対称性は高画質化処理部 105 の性能に大きく影響する。これに対し、図 29 に示す本発明に係る撮像素子の構成では、水平方向の画素配列の対称性により、このようなアーティファクトの発生を抑制している。

[0209] 図 33 は、長時間画素ならびに短時間画素を図 31 に示す配列とした場合の、高画質化処理出力画像である。この場合の出力画像は、図 28 の従来技術による出力画像のような顕著なアーティファクトは含まれておらず、画質の低下はそれほど大きくない。しかしながら、図 33 内の白楕円内の箇所では色ずれに起因するにせ輪郭が発生しており、またこれはカラー画像の場合より顕著に目立つ。PSNR についても、図 29 の本発明の構成による出力画像よりも低い値となっている。

[0210] この差は、図 31 の構成において撮像面上の長時間画素の数が本発明に係る撮像素子よりも少なく、特に同図中における上から 2 行目及び 4 行目の水平画素ラインが、短時間画素のみによって構成されていることに起因する。これらの水平画素ラインは、同じ水平ラインに長時間画素が存在しないために、高 S/N の長時間画素信号を高画質化処理の過程でうまく引き込めず、その結果高画質化処理後の画像全体の S/N を低下させる。長時間画素の露出時間をより長くすることで全体の光量を増加できるが、上記理由により処理後の画像の S/N 改善効果は乏しく、また長時間画素の露出時間が長くなるほど後段の高画質化処理において性能を出しづらくなるために、全体として処理後の画像の画質は劣化する。これに対し、本実施形態に係る撮像素子では、長時間画素をすべての水平画素ラインに設けているため、長時間画素の露出時間を極端に長くせずとも光量の確保が可能であり、高画質化処理が行いやすい。

[0211] 図 16A および図 16B を参照しながら、本実施形態によって得られる他の効果を説明する。

[0212] 本実施形態における撮像素子は、図 4 に示すように、長時間あるいは短時間画素の配置の対称性に加え、読み出し信号線及び出力信号線の本数を、非特許文献 1 に記載の従来構成よりも減らしている。図 16A は従来構成

を示す図であり、図 1 6 B が本実施形態の構成を示す図である。同図中の太破線で示しているのが画素の開口部である。従来の構成に比べ、本実施形態の構成によれば、開口部の面積を大きくすることができる。例えば、従来技術における開口部のサイズが $2.5 \mu\text{m} \times 2.5 \mu\text{m}$ 、読み出し信号線幅が $0.23 \mu\text{m}$ 、出力信号線幅が $0.26 \mu\text{m}$ である場合、図 1 6 B の構成を採用することにより、画素の開口面積を約 21% 向上させることができる。

[0213] また、ここで注意すべきは、本実施形態にかかる撮像素子は、広大な画素開口面積と高画質の出力画像を同時に実現できることである。図 4 に示すように、本実施形態にかかる撮像素子は、読み出し信号背 4 0 1 と 4 0 2、および出力信号線 4 0 3 から 4 0 6 を隣接画素同士で共有することで、各画素上の読み出し信号線および出力信号線数を 1 本ずつに減らしている。上記で本実施形態における撮像素子との比較に用いた、図 3 0 および 3 1 に示す画素配列に対しては、図 3 0 の配列については上記と同様の配線が可能であるが、図 3 1 の配列については不可能である（図 3 9 および図 4 0 を参照）。

[0214] 図 3 1 の配列では、短時間画素同士が縦方向に連続して配置されるため、それらの画素で出力信号線を共有すると、出力信号線上でそれらの画素の出力が混合するため、出力信号線あるいは読み出し信号線を少なくとも 2 本設置する必要がある（図 4 0 では、出力信号線を 2 本としている）。よって、図 3 1 に示す画素構成は、出力画質の点では本実施形態にかかる撮像素子とほぼ同等であるが、画素の開口面積の点で劣っており、また逆に言うと、本実施形態にかかる撮像素子は、広大な画素開口面積とアーティファクトの少ない出力画像を同時に実現できる点で、図 3 1 を含めた他の構成よりも優れている。

[0215] 図 1 7 A は、本実施形態における他の画素配列（補色系）を示す図である。この画素配列では、シアン（C）、マゼンタ（M）、イエロー（Y）、および G の色成分について、撮像を行うことができる。この場合は、例えば、図 4 における R 画素の位置に M 画素、B 画素の位置に C 画素、G_r 画素の位置に G 画素、G_b 画素の位置に Y 画素が配置され得る。また図 1 7 A におけ

る各記号の添え字S及びLは、図4で用いたものと同じ意味を持つ。このような配置例を採用することにより、C画素、M画素、Y画素及びG画素のそれぞれについて、長時間露出及び短時間露出による撮像信号を取得することが可能となり、またそれらの画素の配置も対称的にすることができる。図17Bは、本実施形態における他の画素配列（補色系）を示す図である。

[0216] なお、本実施形態において、画素アレイ301における画素配列を、水平方向にR画素とG画素、およびB画素とG画素を交互に配置する構成としているが、本発明に係る撮像素子においてはこの配置に限定されるものではない。

[0217] 本実施形態に係る構成を採用することにより、一つの撮像素子から2種類のフレームレートが混在する状態で画素出力を読み出し、かつ複数の行あるいは列にまたがる複数の画素の出力信号を並列に出力する撮像方式のカラー単板撮像素子を有する撮像装置において、色成分画素の配置及び長時間露出・短時間露出で撮像を行う画素の配置を対称的にすることによって高画質化処理後の画像の画質を向上することができる。さらに、画素が微細化した場合でも、画素の開口面積を確保し撮影感度を向上させることができる。

[0218] （実施の形態2）

次に、図18を参照しながら、本発明による撮像素子の第2の実施形態を説明する。本実施形態では、画素アレイ301から出力される画素出力信号の振り分け方が、第1実施形態と異なる。

[0219] 図18は、本発明の第2の実施形態に係る撮像素子102の構成を示す図である。撮像素子102は、画素アレイ301、短時間AD変換部1702、短時間HSR1704、長時間AD変換部1705、長時間HSR1707、ならびにラッチ部1703及び1706を備える。短時間AD変換部1702及び長時間AD変換部1705は、それぞれ、前記短時間画素及び長時間画素の画素出力信号のアナログーデジタル変換を行う。短時間HSR1704及び長時間HSR1707は、それぞれ、前記AD変換部の出力を、撮像素子102外に出力する。すなわち、本実施形態では、画素アレイ30

1 から画素の露出時間に応じて出力方法をそれぞれ変えている。

[0220] 本実施形態において、画素アレイ 301 からの画素出力信号の出力系統を短時間画素・長時間画素で振り分けている。実際は、それぞれの露出時間で撮像を行う画素に対して 4 種類 (R、B、G_r、G_b) の画素が存在する。図 18 において、短時間 AD 変換部 1702、短時間 HSR 1704、長時間 AD 変換部 1705、長時間 HSR 1707 は単一のブロックとして記載しているが、実際は、各々の AD 変換部ならびに HSR は R 画素用、B 画素用、G_r 画素用、G_b 画素用の 4 つの内部機構を持つ。ここで用いている短時間 AD 変換部 1702、短時間 HSR 1704、長時間 AD 変換部 1705、長時間 HSR 1707 という呼称は、それらの 4 種類の画素に対する AD 変換ならびに水平転送機構を総称したものである。

[0221] 本実施形態において、画素出力信号を出力する手順について以下に述べる。第 1 実施形態と同様に、本実施形態においても、短時間画素の読み出し信号を TRANS、長時間画素の読み出し信号を TRANL と呼ぶこととする。

[0222] 本実施形態における、読み出し信号 TRANS および TRANL がともに H レベルとなるフレームにおける画素アレイ 301 の動作について、図 19 および図 20 を参照しながら説明する。以下の説明では、図 18 に示す構成を備える固体撮像素子を例にとる。

[0223] 図 19 は、TRANS が H レベルとなったときの、撮像制御部 103 および画素アレイ 301 を示す。TRANS が H レベルとなると、同図中実線で示した第 2 読み出し信号線 402 を伝達する信号が H レベルとなる。このとき、出力信号線 403 には G_b_s 画素の画素出力信号が伝達され、出力信号線 404 には B_s 画素の画素出力信号が伝達され、出力信号線 405 には R_s 画素の画素出力信号が伝達され、出力信号線 406 には G_r_s 画素の画素出力信号が伝達される。このとき、前記第 1 実施形態との差異として、4 本の出力信号線 403 ~ 406 を一括して短時間 AD 変換部 1702 へと通すスイッチ 1805 を、撮像制御部 103 によって ON の状態にする。その結果、G_b_s

画素、 B_s 画素、 R_s 画素、及び G_b_s 画素の画素出力信号が、それぞれ短時間AD変換部1702内の G_b 画素AD変換部1801、 B 画素AD変換部1802、 R 画素AD変換部1803、及び G_r 画素AD変換部1804に伝達される。

[0224] その後、例えば直前のTRANSによる読み出しが対象となるすべての短時間B画素で完了した後に（図8の例では $6\mu s$ 後）、TRANLがHレベルとなり、読み出し信号線401を伝達する信号がHレベルとなる。このときの画素アレイ301を図20に示す。

[0225] このとき、出力信号線403には R_L 画素の画素出力信号が、出力信号線404には G_r_L 画素の画素出力信号が、出力信号線405には G_b_L 画素の画素出力信号が、出力信号線406には B_L 画素の画素出力信号が、それぞれ伝達される。さらに、このとき4本の出力信号線403～406を一括して長時間AD変換部1705へと通すスイッチ1810を、撮像制御部103によってONの状態にする。その結果、 R_L 画素、 G_r_L 画素、 G_b_L 画素、及び B_L 画素の画素出力信号が、それぞれ長時間AD変換部1705内の R 画素AD変換部1806、 G_r 画素AD変換部1807、 G_b 画素AD変換部1808、及び B 画素AD変換部1809に伝達される。

[0226] なお、図19及び図20において、短時間AD変換部1702及び長時間AD変換部1705の内部構成を、 R 画素AD変換部1803あるいは1806、 G_r 画素AD変換部1804あるいは1807、 G_b 画素AD変換部1801あるいは1808、及び B 画素AD変換部1802あるいは1809が紙面横方向に配列した構成となっているが、実際の撮像素子上でのこれらのAD変換部の配置は任意であり、例えば垂直方向に4種類の画素のAD変換部が配置されている構成でもよい。

[0227] また、図19及び図20に記載のスイッチ1805及び1810は、同図中では4本の出力信号線403から406の導通及び切断を一括して制御しているが、各出力信号線に一つずつスイッチを設け、それぞれのスイッチにON・OFFの制御信号を供給できる構成でもかまわない。

[0228] また、本実施形態に係る撮像素子 102 においては、図 18 におけるラッチ部 1703 及び 1706 は必ずしも必須ではなく、図 21 に示すような前記ラッチ部を除いた構成でもかまわない。これは、本実施形態に係る撮像素子が短時間画素用の出力端と長時間画素用の出力端を個別に有しているため、該撮像素子の後段に位置する信号処理部（例えば図 2C における高画質化処理部 105）において、短時間画素の出力と長時間画素の出力を別々に受け取り、該信号処理部においてそれらの画素信号を一つの画像として再構築させることも可能である。

[0229] 本実施形態に記載の構成とすることにより、各画素の画素出力信号の読み出し速度を前記第 1 実施形態の構成に比べ速くすることができる。本実施形態では、短時間画素用の AD 変換部 1702 と長時間画素用の AD 変換部 1705 を別々に配置しているため、図 19 あるいは図 20 における読み出し信号 TRANS 及び TRANL のそれぞれ H レベルとなる時刻の時間差に、AD 変換に要する時間を含める必要がない。よって、前記時間差を前記第 1 実施形態の構成に比べ短くすることが可能で、読み出しの高速化を図ることができる。

[0230] （実施の形態 3）

第 3 実施形態では、本発明に係る撮像素子における長時間画素及び短時間画素の配列方法について、前記第 1 及び第 2 実施形態に記載の配列以外の他の方法の例を示す。

[0231] 図 22 は、長時間画素及び短時間画素を、水平方向に連続して配置された 3 画素ごとに設定した場合の例である。同図に示すように、本実施形態に係る撮像素子の画素アレイ上では、水平方向に R_L 画素、 G_{rL} 画素、 R_L 画素、 G_{rL} 画素、 R_S 画素、 G_{rS} 画素・・・の順で配列した水平ラインと、 G_{bS} 画素、 B_S 画素、 G_{bS} 画素、 B_L 画素、 G_{bL} 画素、 B_L 画素・・・の順で配列した水平ラインが、垂直方向に交互に繰り返される。図 22 に示す構成では、第 1 実施形態について説明したように、従来技術よりも配線数を少なく抑えることが可能な配線方法を用いることができる。

[0232] 図 2 2 に記載の構成は、水平方向に連続して配置される長時間あるいは短時間画素の数を、3 画素に限らず 4 画素、5 画素・・・と容易に拡張できる。しかし、長時間あるいは短時間画素が連続して配置される画素数が増加すると、連続する長時間画素の水平画素群の中央部に位置する画素は、特に水平方向の被写体の動きに対して、周囲の短時間画素から高フレームレートの情報を得るのが困難になる。よって、実用上は、前記水平方向に連続して配置される長時間あるいは短時間画素の数は、4 画素程度以下に設定することが好ましい。

[0233] 図 2 3 A に、本発明に係る撮像素子の画素アレイにおいて、垂直方向に 2 画素ごとに長時間画素及び短時間画素を配置した場合の一例を示す。同図の配置によっても、前記の色成分画素の配置及び長時間・短時間画素の配置の対称性は維持される。

[0234] しかし、同図に示すように、この構成では前記第 1 実施形態の構成ほどに配線数を減らせず、各画素位置に読み出し信号線あるいは出力信号線のいずれかが 2 本配置されることとなる。図 2 3 A は出力信号線を 2 本配置した例を示し、同図 B は読み出し信号線を 2 本配置した例を示す。図 2 3 A の構成では、短時間画素用の読み出し信号及び長時間画素用の読み出し信号の 2 系統ですべての画素出力を読み出すことができる。一方で、同図 B の構成では、同じ長時間画素であっても、 R_L 画素の読み出し信号と、 G_{bL} 画素の読み出し信号は別系統にし、またそれらを同時に H レベルにせず、時間差を持たせる必要がある。これは、 G_{rL} 画素と B_L 画素も同様で、また短時間画素の R_S 画素と G_{bS} 画素、 G_{rS} 画素と B_S 画素についても同様である。各々の読み出し信号が H レベルになるタイミングに持たせる時間差は、例えば第 1 実施形態における図 8 と同様、 $6 \mu s$ とすればよい。

[0235] 図 2 4 及び図 2 5 は、本発明に係る撮像素子の画素アレイにおいて、垂直及び水平方向に 2 画素ごとに長時間画素及び短時間画素を配置した場合の例を示す。同図は各画素について読み出し信号線を 1 本、出力信号線を 2 本配置する構成となっているが、図 2 4 あるいは図 2 5 の構成についても、図 2

3 Bに示す構成と同様にして、読み出し信号線を2本、出力信号線を1本とする配置も可能である。同図の配置によっても、前記の色成分画素の配置及び長時間・短時間画素の配置の対称性は維持される。

[0236] なお、図23Aから図25に示す構成では、同図に示すように、各画素について読み出し信号線と出力信号線のいずれかが2本配置されることになる。よって、第1実施形態に記載の構成に比べると、画素の開口面積が減少し、画素の感度が低下しうる。しかし、非特許文献1に記載の従来技術の構成では読み出し信号線と出力信号線の双方が画素ごとに2本ずつ配置されていたのに対し、本実施形態の構成ではそのいずれか一方のみ2本配置することで動作させられるため、従来技術の構成に比べると配線数を減らすことができおり、開口面積の点で有利である。

[0237] 本実施形態において述べたように、本発明に係る撮像素子は、長時間画素及び短時間画素の配置を前記第1実施形態に記載の構成に限らず、他の構成によっても実現することが可能である。

[0238] (実施の形態4)

実施の形態1では、高画質化処理部105における処理に、(数10)に示す劣化拘束、例えば(数34)に示す動き拘束、ならびに例えば(数11)に示す滑らかさ拘束の全てを用いる場合を主に述べたが、ここでは、これらのうち動き拘束を用いない場合について説明する。図37は、高画質化処理部105における処理に動き拘束を用いない場合の、本発明に係る撮像装置の構成図である。図37の構成要素のうち、図2Aと同じ動作をする物については、図2Aと同一の符号を付し、説明を省略する。この構成では、前記第1実施形態の図12における動き検出部1101が含まれていない。この構成により、演算量を低減することができる。従来技術では、動き拘束を用いない場合、処理結果に明らかな画質の低下が生じるが、本発明では顕著な画質低下を生じさせずに動き拘束を省くことができる。その理由は、RGBそれぞれの色チャンネルにおいて、短時間露出によって撮影された画素と長時間露出によって撮影された画素が混在するため、動き拘束を用いずに

高画質化処理を行った際に、短時間露出によって撮影された画素値が色にじみの発生を抑える効果があるためである。

[0239] 以下に、高画質処理部 3701 における高画質化処理について説明する。

[0240] (数 4) の M を 2 とし、 Q として (数 11) ないし (数 12) を用い、これらの式における m を 2 とし、1 階微分、2 階微分の差分展開として (数 14) (数 15) (数 16) のいずれかを用いる場合、もしくは、(数 38) の P を 2 とする場合、評価式 J は f の 2 次式となる。すると、前記第 1 実施形態における (数 45) あるいは (数 46) と同様に、 f を連立一次方程式の解として得ることができる。この連立方程式を (数 46) と同様に

[数 50]

$$A\mathbf{f} = \mathbf{b}$$

とおく。(数 50) の連立方程式を解く高画質化処理部 3701 の内部構成の一例を、図 38 に示す。本実施形態では f の方程式に短時間露出画像の動きを用いないため、係数行列 A はコンテンツに依存しない。よって、同図に示すように、係数行列 A テーブル 3801 にあらかじめその値を格納しておくことが可能である。また、係数行列 A テーブル 3801 には、 A の逆行列を格納しておいてもよい。

[0241] 連立方程式求解部 3803 では、 f を求めるために右辺 $\mathbf{b}$ に A の逆行列を直接掛け合わせる操作を行ってもよいし、また A の形が巡回行列であるならば、高速フーリエ変換を行うことによって対角化でき、 A の逆行列と $\mathbf{b}$ の乗算にかかる乗算回数をさらに減らすことも可能であるため、連立方程式求解部 3803 が係数行列 A あるいは右辺ベクトル $\mathbf{b}$ の高速フーリエ変換を行う機能を有していてもよい。連立方程式求解部 3803 が前記フーリエ変換を行う機能を有する場合、フーリエ変換行列を W とおいたときに係数行列 A が

[数 51]

$$A = W\Lambda W^{-1}$$

という形で対角化され、最終的に求めるべき f は

[数52]

$$f = A^{-1}b = W^{-1}A^{-1}Wb$$

として得られる。

[0242] 本実施形態に記載の構成とすることにより、係数行列 A を入力に応じて計算する必要がなくなり、また対角化できる場合はさらに乗算回数を低減できるため、演算量の低減ならびに計算に要する時間の短縮が可能となる。

[0243] (実施の形態 5)

第 1 から第 4 実施形態では、撮像面上で連続して配置される長時間画素の群（第 1 画素群と称する）を構成する画素の数と短時間画素の群（第 2 画素群と称する）を構成する画素の数とが互いに等しい。しかし、本発明にかかる撮像装置は、これに限定されない。例えば、第 1 画素群を構成する長時間画素の数は、第 2 画素群を構成する短時間画素の数よりも多くてもかまわない。さらに、本発明にかかる撮像素子において、第 1 画素群と第 2 画素群の構成は撮像面全体で一定である必要はなく、例えば撮像面上で場所によって第 1 及び第 2 画素群を構成する画素の数を変えてもよい。本実施形態では、第 1 画素群と第 2 画素群の構成が一定でない。

[0244] なお、第 1 画素群を構成する画素数と第 2 画素群を構成する画素数が異なる場合でも、第 1 画素群と第 2 画素群は水平あるいは垂直方向に交互に配列している必要がある。

[0245] 図 4 2 に、本実施形態にかかる撮像素子の例を示す。本実施形態にかかる撮像素子は、図 4 2 に示すように、撮像面の中央部（領域 A）と周辺部（領域 B）で、前記第 1 画素群と第 2 画素群を構成する画素の配列が異なる。

[0246] 領域 A では、図 4 3 A に示すように、長時間画素及び短時間画素が 2 画素単位で水平方向に交互に並んでいる。すなわち、第 1 画素群及び第 2 画素群は水平方向に隣接する 2 画素から構成される。領域 B では、図 4 3 B に示すように、3 画素単位で連続する長時間画素と、2 画素の単位で連続する短時

間画素とが水平方向に交互に配列されている。すなわち、第1画素群は水平方向に連続する3画素で、第2画素群は水平方向に連続する2画素で構成される。

[0247] 領域Aは、例えば、水平方向は撮像面上の有効画素領域の両側1／16を除いた領域、垂直方向は有効画素領域の上下1／9を除いた領域として決定できる。なお、このような配列であっても、図4と同様に、水平及び垂直方向の画素列に対し1本ずつの読み出し信号線及び出力信号線で配線可能である。

[0248] このような構成とすると、例えばレンズの特性によって撮像面の周辺部で撮像素子への入射光量が減少する場合でも、周辺部に長時間画素が多く配置されていることによって、画像の周辺部においても十分に光量を確保することができ、撮像画像ならびに後段の高画質化処理において、周辺減光の影響を減らすことができる。

[0249] 本実施形態について説明したように、本発明に係る撮像素子は、前記第1画素群と第2画素群を構成する画素数が等しくない構成、あるいは撮像面上の位置によって第1画素群と第2画素群の内部構成を変化させるような構成を有することも可能である。このような構成を採用すれば、レンズの周辺減光や画素シェーディングのような、撮像面上での入射光量あるいは出力信号の不均一性の、後段の高画質化処理に対する影響を減少することができる。

[0250] 本発明の画像処理方法は、本発明の固体撮像素子から、第1の露出時間で撮像された第1の動画像及び第2の露出時間で撮像された第2の動画像を受け取るステップと、第1及び第2の動画像から、第1の動画像のフレームレートよりも高いフレームレートのカラー動画像を生成する高画質化処理ステップとを含む。出力カラー動画像を第2の露出時間に対応するフレームレートになるよう時間サンプリングしたときにおける、各フレームの画素値と、第2露出時間によって撮像を行う画素の各フレームの画素値との誤差が減少するよう、出力カラー動画像の各フレームの画素値を決定することが好ましい。

[0251] 高画質化処理ステップは、生成される出力カラー動画像の画素値が、時間的に隣り合う画素の画素値の連続性から満たすべき拘束条件を指定し、この指定された拘束条件が維持されるように出力カラー動画像を生成することができる。好ましい実施形態では、第2の露出時間で撮像された動画像から対象物の動きを検出する動き検出ステップをさらに備える。この高画質化処理ステップは、生成される新たな動画像の画素値が、前記動き検出結果に基づいて満たすべき拘束条件が維持されるように出力カラー動画像を生成する。

[0252] 本発明のコンピュータプログラムは、複数の動画像から新たな動画像を生成するようにコンピュータに上記の画像生成方法を実行させる。このコンピュータプログラムは、好適には有形の（*tangible*）記録媒体に記録されて使用され得る。このような記録媒体は、例えば、半導体集積回路チップ、ハードディスクドライブ、光ディスクであり得る。

産業上の利用可能性

[0253] 本発明は、カラー動画像を撮像する撮像装置、そのような装置が組み込まれた映像機器やシステム、映像合成装置、映像編集装置、画像復元装置等として利用できる。また、前記撮像装置における撮像制御動作を記述するコンピュータプログラムとしても実現することが可能である。

符号の説明

- [0254] 10・・・撮像部
101・・・撮影レンズ
102・・・単板撮像素子
103・・・撮像制御部
105・・・高画質化処理部
301・・・画素アレイ
302・・・R／B画素AD変換部
303・・・ラッチ部
305・・・Gr／Gb画素AD変換部

306・・・ラッチ部
401・・・長時間画素の読み出し信号線
402・・・短時間画素の読み出し信号線
403・・・ R_L 、 G_b_s 画素の出力信号線
404・・・ G_r_L 、 B_s 画素の出力信号線
405・・・ R_s 、 G_b_L 画素の出力信号線
406・・・ G_r_s 、 B_L 画素の出力信号線
903、905・・・R画素AD変換部へ通じるスイッチ
904、906・・・B画素AD変換部へ通じるスイッチ
910、912・・・ G_r 画素AD変換部へ通じるスイッチ
909、911・・・ G_b 画素AD変換部へ通じるスイッチ
1101・・・動き検出部
1102・・・画像処理部
1702・・・短時間画素AD変換部
1705・・・長時間画素AD変換部
3401・・・ゲイン調整部

請求の範囲

[請求項1]

行および列状に配列された複数の画素を有する画素アレイと、
各々が、行方向に配列された複数の画素に接続された複数の読み出し信号線と、

各々が、列方向に配列された複数の画素に接続された複数の出力信号線と、

前記複数の画素にそれぞれ入射する光の色成分を規定するカラーフィルタアレイと、
を備え、

前記画素アレイにおいて、第1の露出時間によって撮像を行う複数の画素からなる第1画素群と、前記第1の露出時間よりも短い第2の露出時間によって撮像を行う複数の画素からなる第2画素群とが、行または列方向に交互に配列されており、前記第1画素群および前記第2画素群は、それぞれ、1行L列（Lは2以上の整数）の画素からなり、

前記複数の読み出し信号線は、

前記第1画素群に接続された複数の第1読み出し信号線と、前記第2画素群に接続された複数の第2読み出し信号線とに分かれており、各第1読み出し信号線は、その一方の側に隣接する行に位置する前記第1画素群と、その他方の側に隣接する行に位置する前記第1画素群とに接続されており、各第2読み出し信号線は、その一方の側に隣接する行に位置する前記第2画素群と、その他方の側に隣接する行に位置する前記第2画素群とに接続されており、

前記カラーフィルタアレイは、前記第1画素群に含まれる複数の画素に、それぞれ、異なる色成分の光を入射させ、かつ、前記第2画素群に含まれる複数の画素に、それぞれ、異なる色成分の光を入射させる、固体撮像素子。

[請求項2]

前記画素アレイの全範囲において、前記第1画素群および前記第2

画素群が行または列方向に交互に配列されている、請求項 1 に記載の固体撮像素子。

[請求項3] 前記カラーフィルタアレイは、前記第 1 画素群に含まれる複数の画素の少なくとも 1 つと、前記第 2 画素群に含まれる複数の画素の少なくとも 1 つに、それぞれ、同じ色成分の光を入射させる、請求項 1 または 2 に記載の固体撮像素子。

[請求項4] 前記カラーフィルタアレイは、前記第 1 画素群に含まれる複数の画素の少なくとも 1 つと、前記第 2 画素群に含まれる複数の画素の少なくとも 1 つに、それぞれ、グリーンの光を入射させる、請求項 3 に記載の固体撮像素子。

[請求項5] 前記カラーフィルタアレイは、隣接する 2 行の一方の行に位置する第 1 画素群、および、前記隣接する 2 行の他方の行に位置する第 1 画素群に、それぞれ、異なる色の組み合わせの光を入射させる、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の固体撮像素子。

[請求項6] 前記第 1 画素群および前記第 2 画素群は、それぞれ、1 行 2 列の画素からなる、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の固体撮像素子。

[請求項7] 前記第 1 画素群および前記第 2 画素群は、行方向に沿って交互に配列され、かつ、列方向に沿って交互に配列されている、請求項 1 から 6 のいずれかに記載の固体撮像素子。

[請求項8] 各第 1 読み出し信号線は、 $2K - 1$ 番目 (K は 1 以上の整数) の行と $2K$ 番目の行との間に位置し、

各第 2 読み出し信号線は、 $2K$ 番目の行と $2K + 1$ 番目の行との間に位置する、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の固体撮像素子。

[請求項9] 各第 2 読み出し信号線は、 $2K - 1$ 番目 (K は 1 以上の整数) の行と $2K$ 番目の行との間に位置し、

各第 1 読み出し信号線は、 $2K$ 番目の行と $2K + 1$ 番目の行との間に位置する、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の固体撮像素子。

[請求項10] 前記第 1 画素群および前記第 2 画素群は、それぞれ、1 行 2 列の画

素からなり、

前記カラーフィルタアレイは、第1色成分、第2色成分、および第3色成分をそれぞれ透過する第1色成分フィルタ、第2色成分フィルタ、および第3色成分フィルタが配列された構成を備え、

2K-1番目（Kは1以上の整数）の行に位置する前記第1画素群は、前記第1色成分および前記第3色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、

前記2K-1番目の行に位置する前記第2画素群は、前記第1色成分および前記第3色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、

2K番目の行に位置する前記第1画素群は、前記第2色成分および前記第3色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、

前記2K番目の行に位置する前記第2画素群は、前記第2色成分および前記第3色成分の光がそれぞれ入射する画素を含む、請求項1に記載の固体撮像素子。

[請求項11] 前記第1色成分は、レッドおよびブルーの一方であり、前記第2色成分は、レッドおよびブルーの他方であり、前記第3色成分はグリーンである請求項10に記載の固体撮像素子。

[請求項12] 前記第1画素群および前記第2画素群は、それぞれ、1行2列の画素からなり、

前記カラーフィルタアレイは、第1色成分、第2色成分、第3色成分、および第4色成分をそれぞれ透過する第1色成分フィルタ、第2色成分フィルタ、第3色成分フィルタ、および第4色成分フィルタが配列された構成を備え、

2K-1番目（Kは1以上の整数）の行に位置する前記第1画素群は、前記第1色成分および前記第4色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、

前記2K-1番目の行に位置する前記第2画素群は、前記第1色成分および前記第4色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、

2 K 番目の行に位置する前記第 1 画素群は、前記第 2 色成分および前記第 3 色成分の光がそれぞれ入射する画素を含み、

前記 2 K 番目の行に位置する前記第 2 画素群は、前記第 2 色成分および前記第 3 色成分の光がそれぞれ入射する画素を含む、請求項 10 に記載の固体撮像素子。

[請求項13] 前記第 1 色成分は、第 2 色成分、第 3 色成分、および第 4 色成分の組は、シアン、マゼンタ、イエロー、およびグリーンの組である、請求項 12 に記載の固体撮像素子。

[請求項14] 請求項 1 から 13 のいずれかに記載の固体撮像素子と、
前記固体撮像素子の前記第 1 読み出し信号線および前記第 2 読み出し信号線に、それぞれ、互いに有効となる期間が重複しない 2 種の読み出し信号を出力する撮像制御部と、

前記固体撮像素子の前記第 1 画素群から得られる前記第 1 の露出時間の画素信号と、前記第 2 画素群から得られる前記第 2 の露出時間の画素信号とから、前記第 2 の露出時間に対応するフレームレートの動画像を高画質化し、カラー動画像を生成する高画質化処理部と、
を備える撮像装置。

[請求項15] 前記高画質化処理部は、
前記第 2 の露出時間に対応するフレームレートになるよう時間サンプリングしたときにおける、各フレームの画素値と、前記第 2 の露出時間によって撮像を行う画素の各フレームの画素値との誤差が減少するよう、前記カラー動画像の各フレームの画素値を決定する、請求項 14 に記載の撮像装置。

[請求項16] 前記高画質化処理部は、
生成されるカラー動画像の画素値が、時空間的に隣り合う画素の画素値の連続性から満たすべき拘束条件を指定し、前記指定された前記拘束条件が維持されるように前記カラー動画像を生成する、請求項 14 または 15 に記載の撮像装置。

[請求項17] 前記第2の露出時間で撮像された動画像から対象物の動きを検出する動き検出部をさらに備え、

前記高画質化処理部は、生成される新たな動画像の画素値が、前記動き検出結果に基づいて満たすべき拘束条件が維持されるように前記カラー動画像を生成する、請求項14から16のいずれかに記載の撮像装置。

[請求項18] 請求項1から13のいずれかに記載の固体撮像素子から、前記第1の露出時間で撮像された第1の動画像及び前記第2の露出時間で撮像された第2の動画像を受け取るステップと、

前記第1及び第2の動画像から、前記第1の動画像のフレームレートよりも高いフレームレートのカラー動画像を生成する高画質化処理ステップと、
を含む画像処理方法。

[請求項19] 前記出力カラー動画像を前記第2の露出時間に対応するフレームレートになるよう時間サンプリングしたときにおける、各フレームの画素値と、前記第2露出時間によって撮像を行う画素の各フレームの画素値との誤差が減少するよう、前記出力カラー動画像の各フレームの画素値を決定する、請求項18に記載の画像処理方法。

[請求項20] 前記高画質化処理ステップは、
生成される出力カラー動画像の画素値が、時空間的に隣り合う画素の画素値の連続性から満たすべき拘束条件を指定し、

前記指定された前記拘束条件が維持されるように前記出力カラー動画像を生成する、請求項18または19に記載の画像処理方法。

[請求項21] 前記第2の露出時間で撮像された動画像から対象物の動きを検出する動き検出ステップをさらに備え、

前記高画質化処理ステップは、生成される新たな動画像の画素値が、前記動き検出結果に基づいて満たすべき拘束条件が維持されるように前記出力カラー動画像を生成する、請求項18から20のいずれか

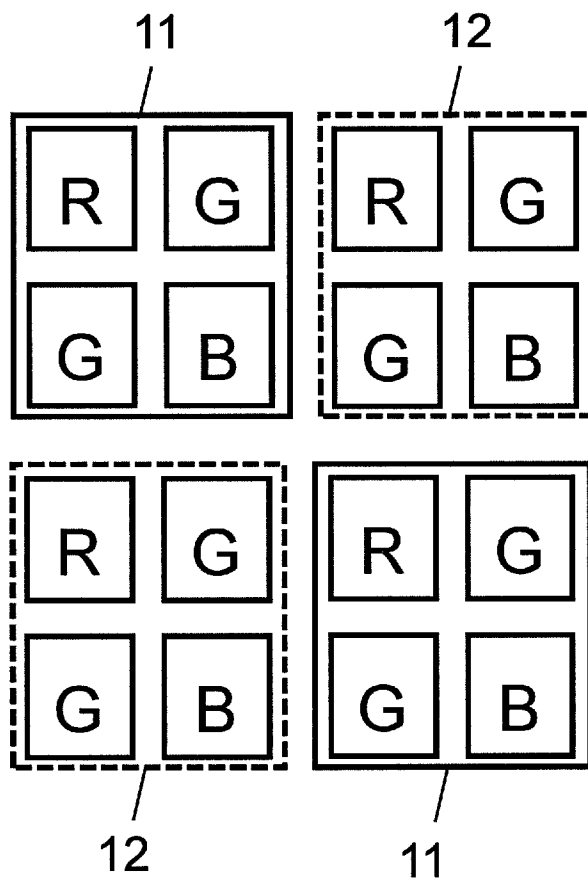
に記載の画像処理方法。

[請求項22] 複数の動画像から新たな動画像を生成するコンピュータプログラムであって、

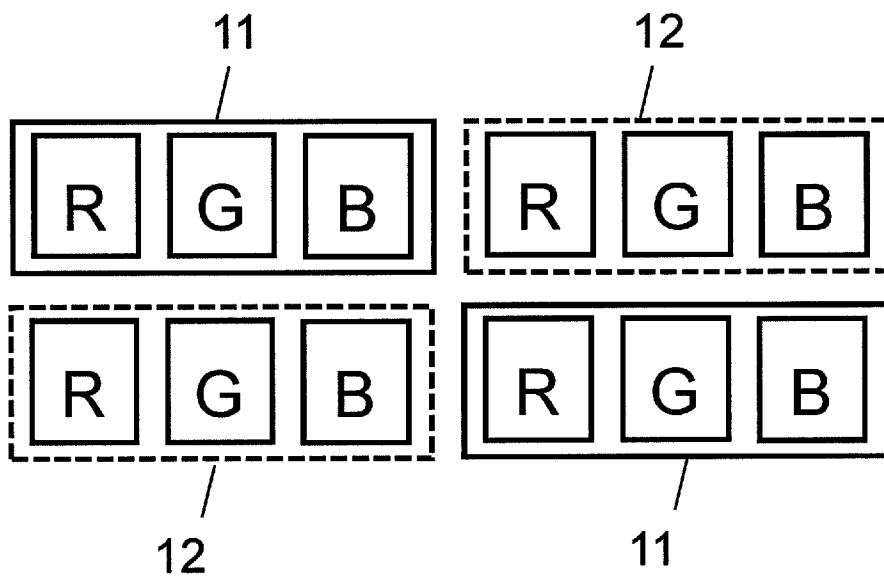
前記コンピュータプログラムは前記コンピュータプログラムを実行するコンピュータに対し、請求項18から21のいずれかに記載の画像処理方法を実行させる、コンピュータプログラム。

[請求項23] 請求項22に記載のコンピュータプログラムを記録した記録媒体。

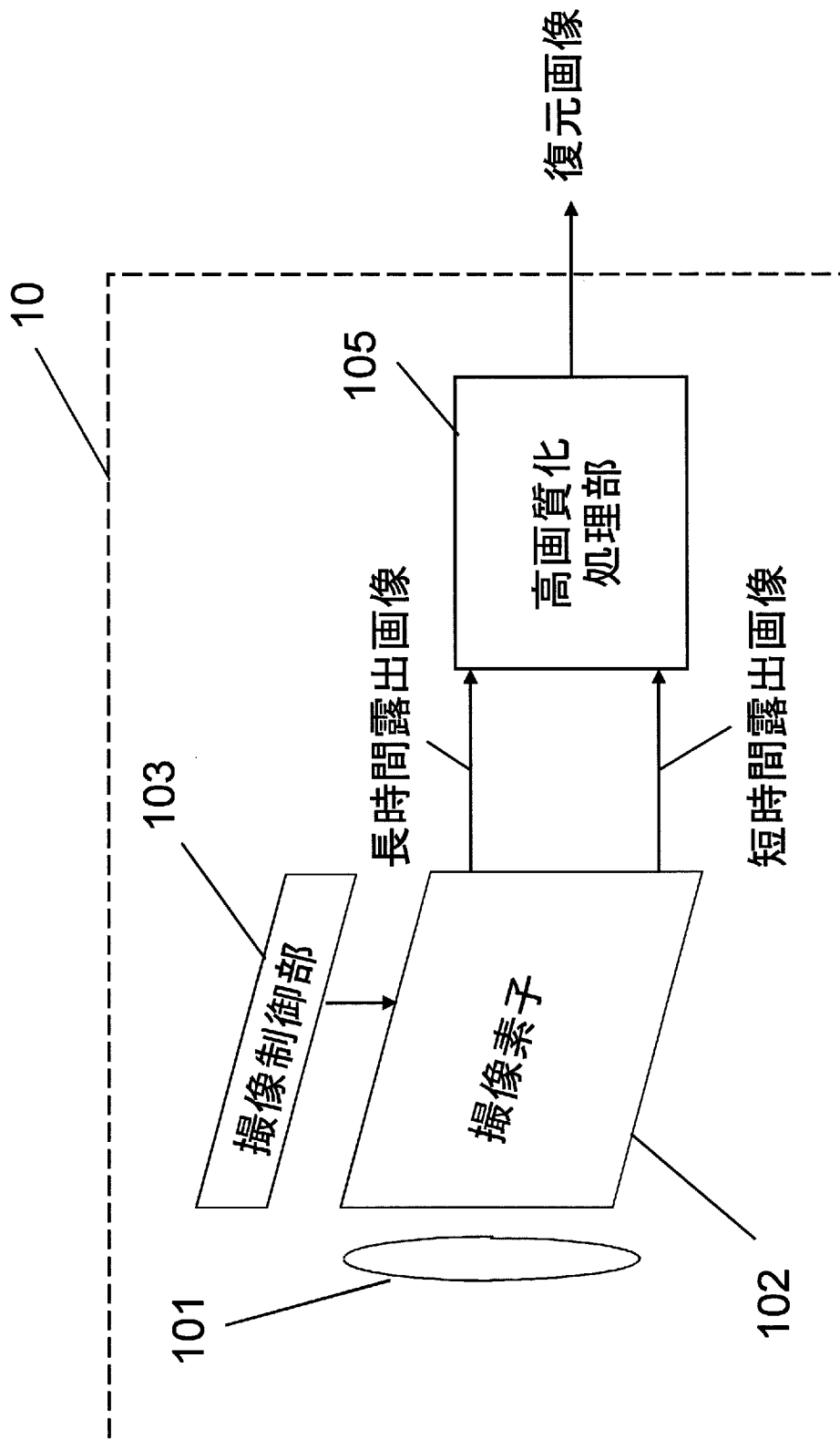
[図1A]



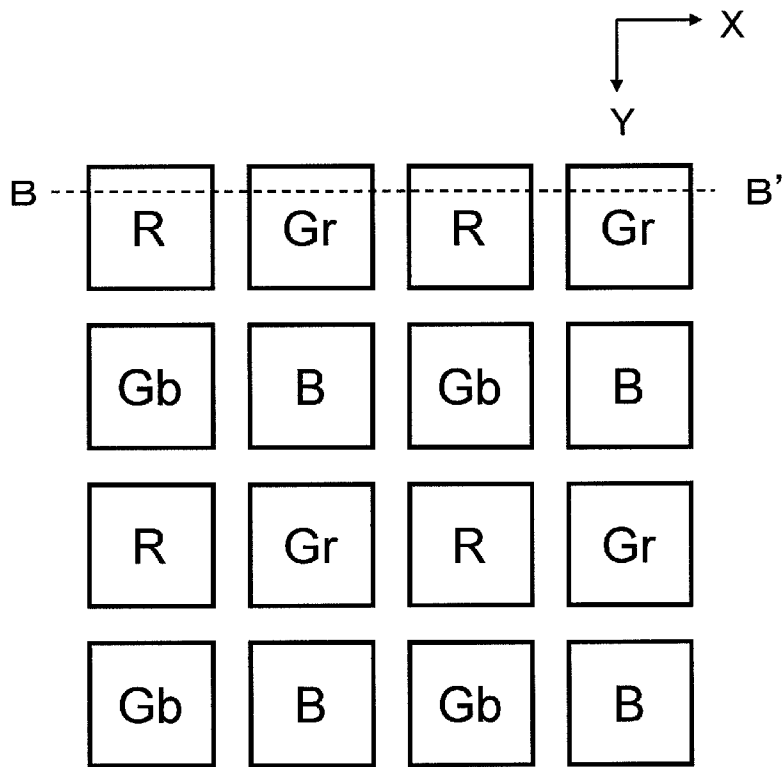
[図1B]



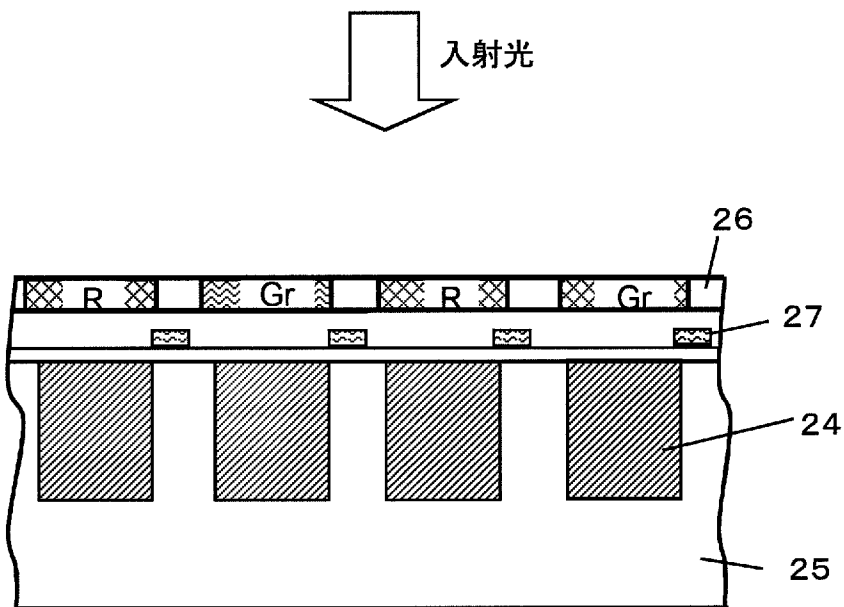
[図2A]



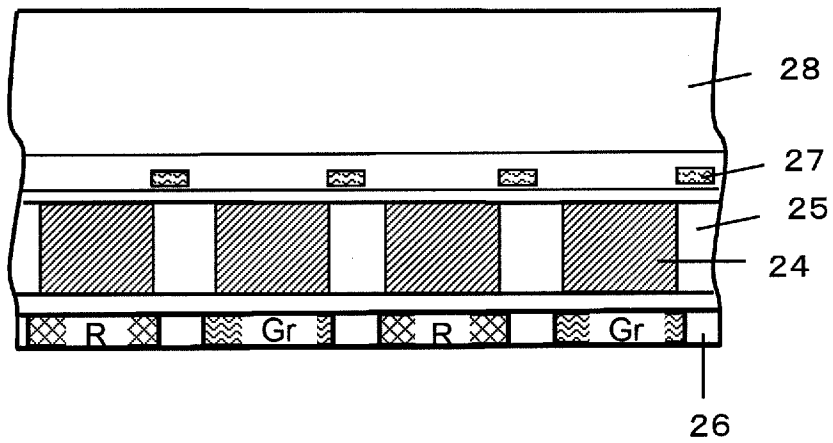
[図2B]



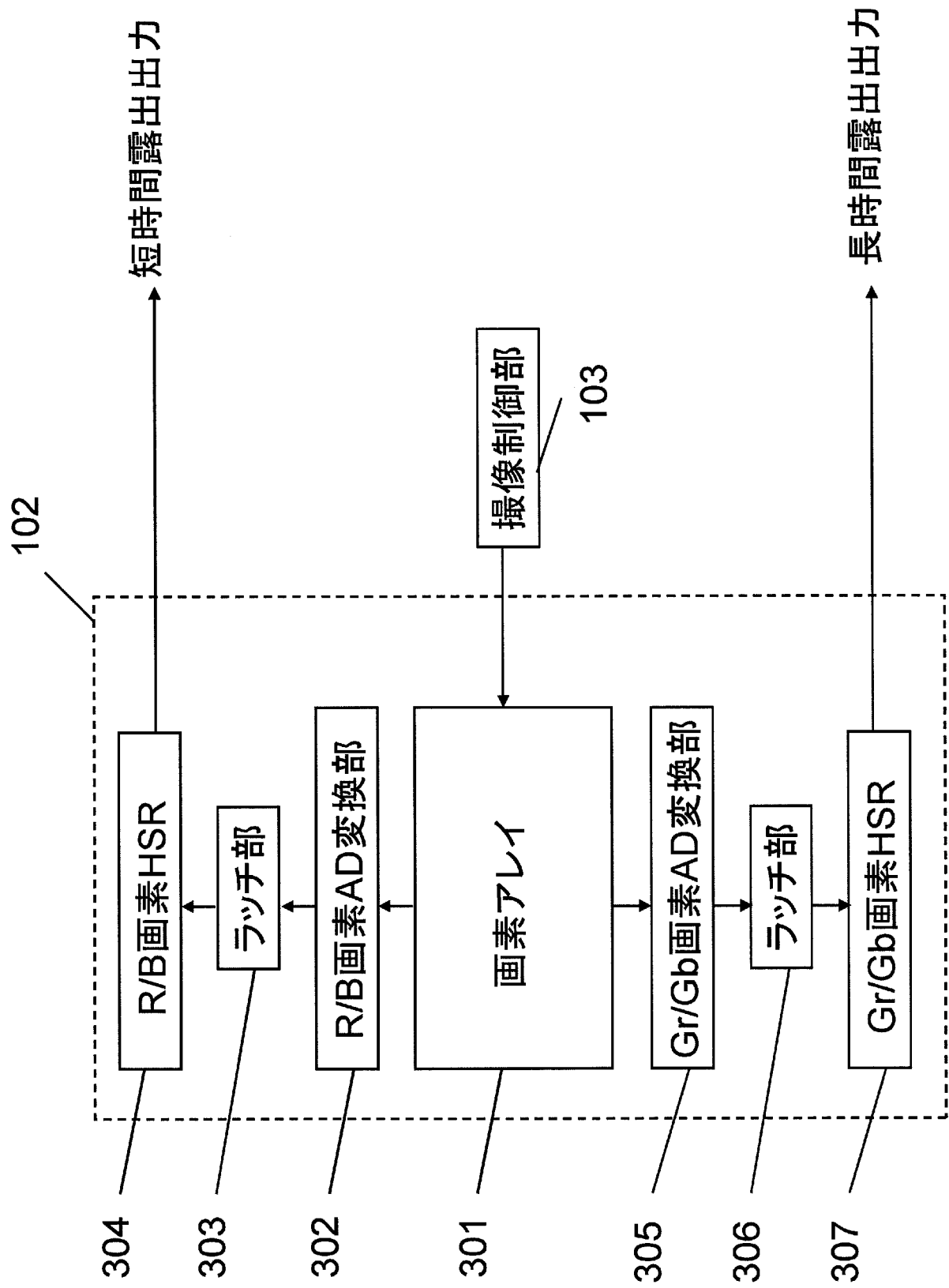
[図2C]



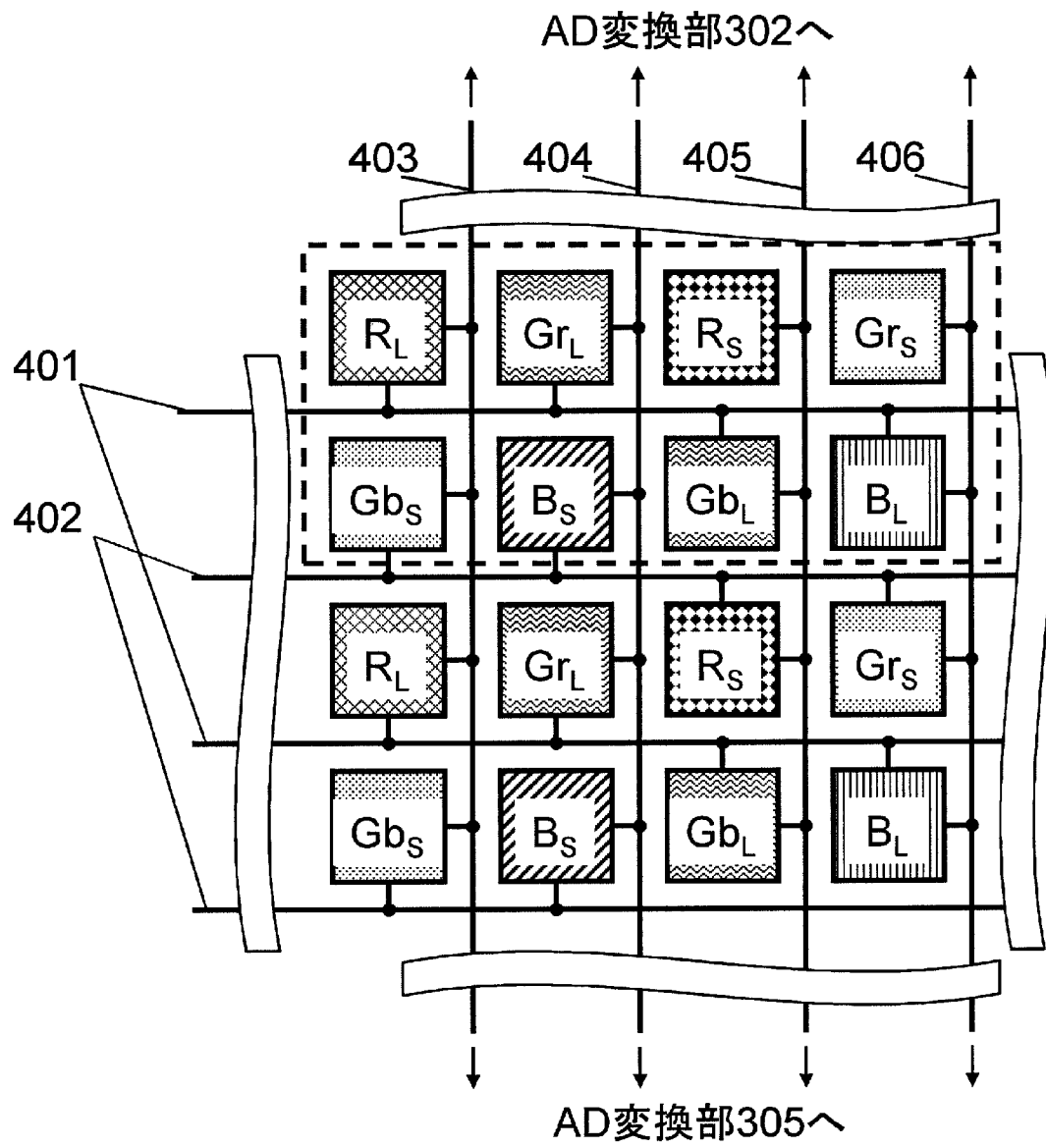
[図2D]



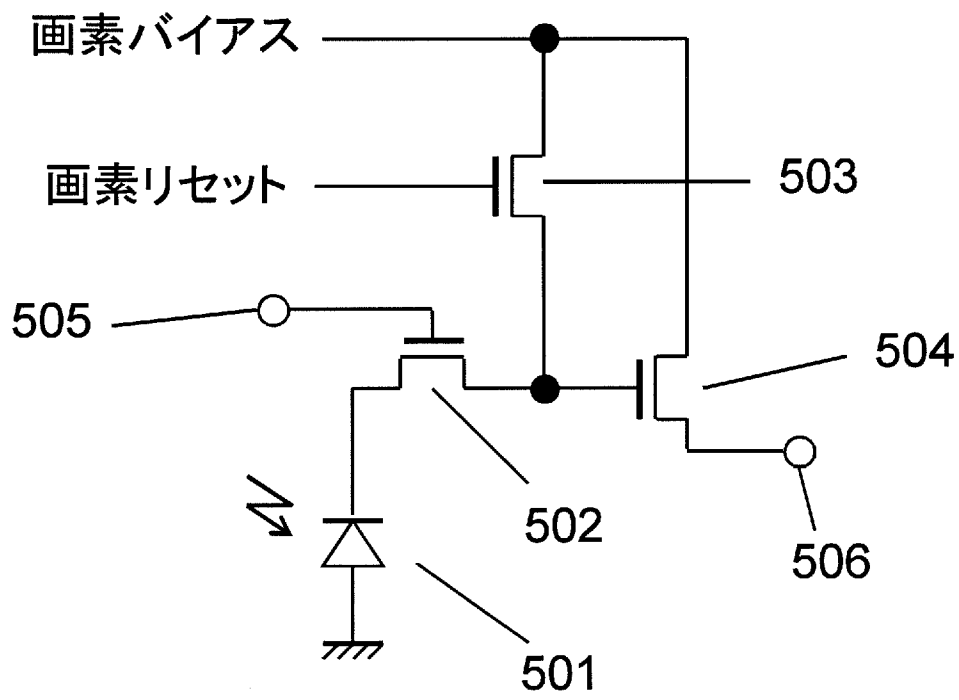
[図3]



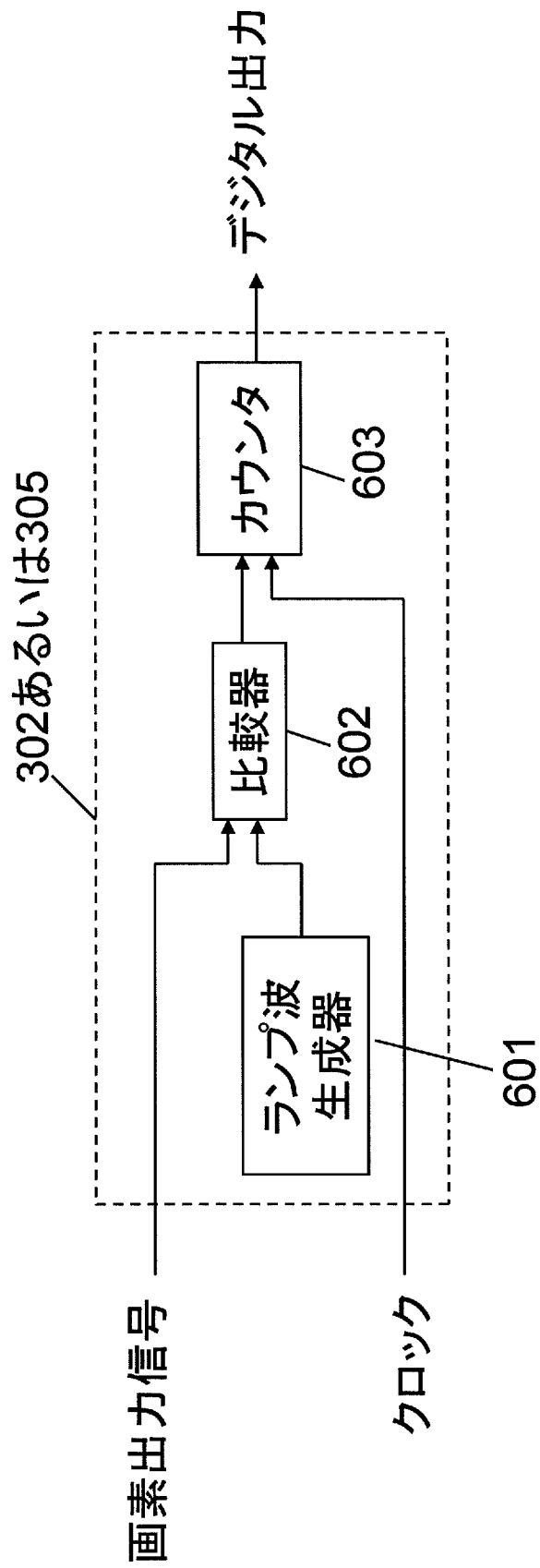
[図4]



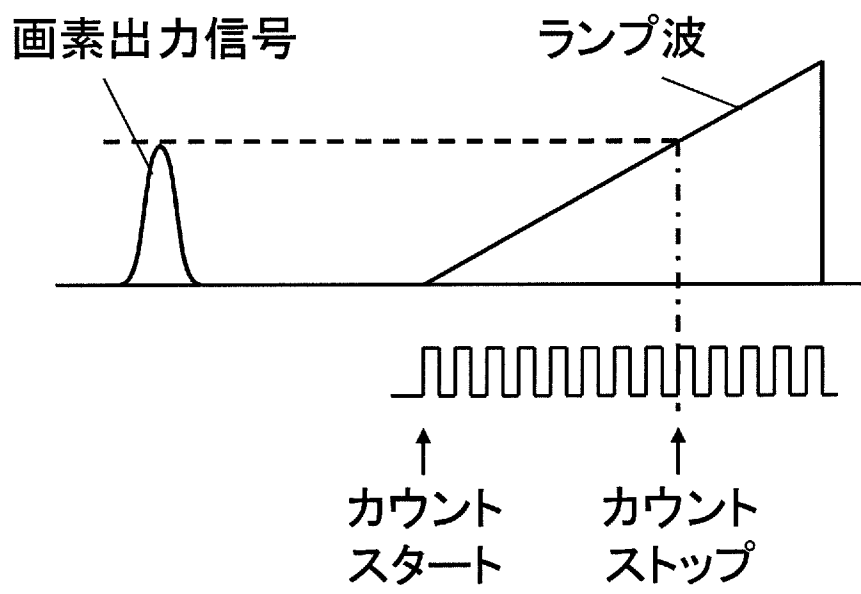
[図5]



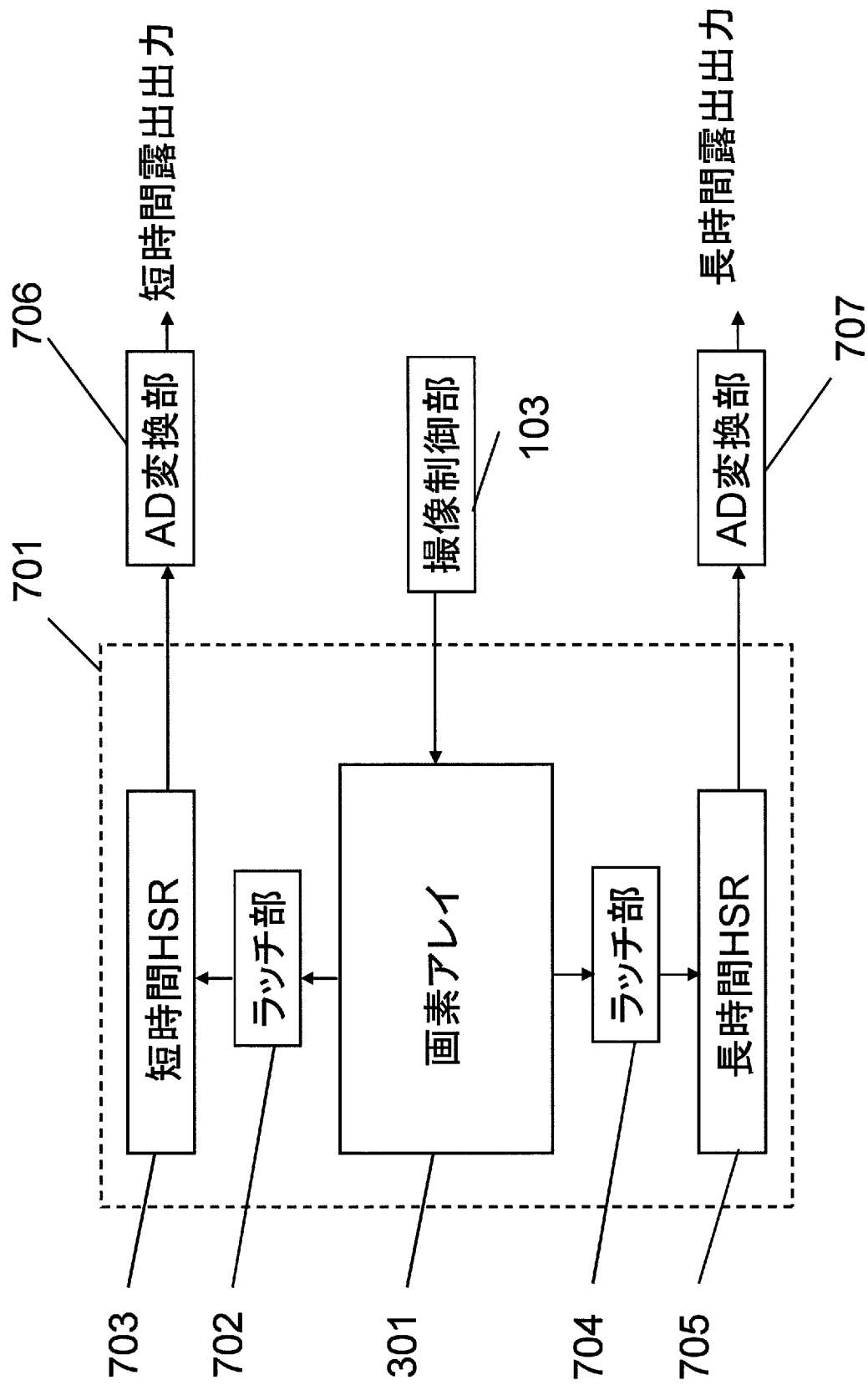
[図6A]



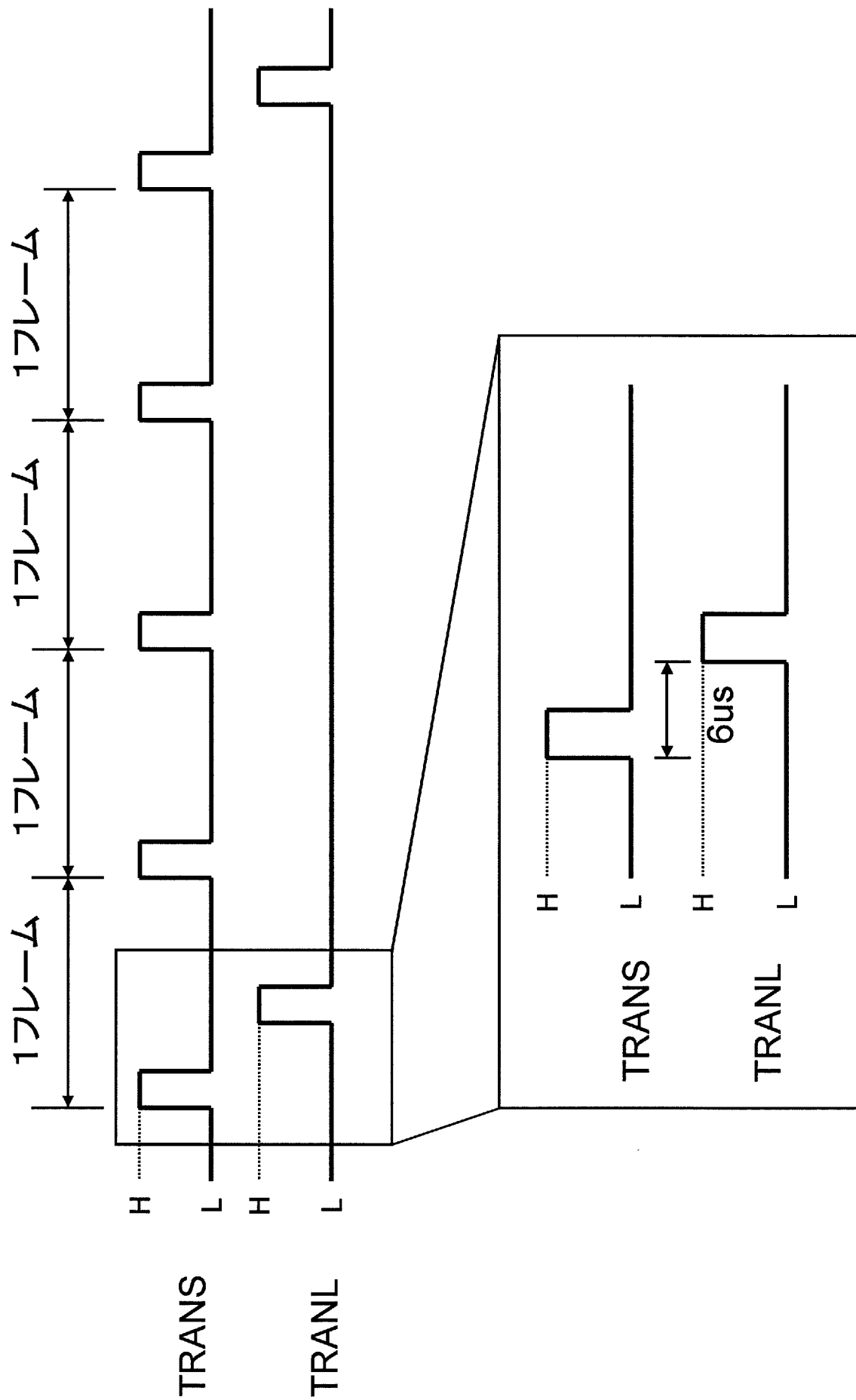
[図6B]



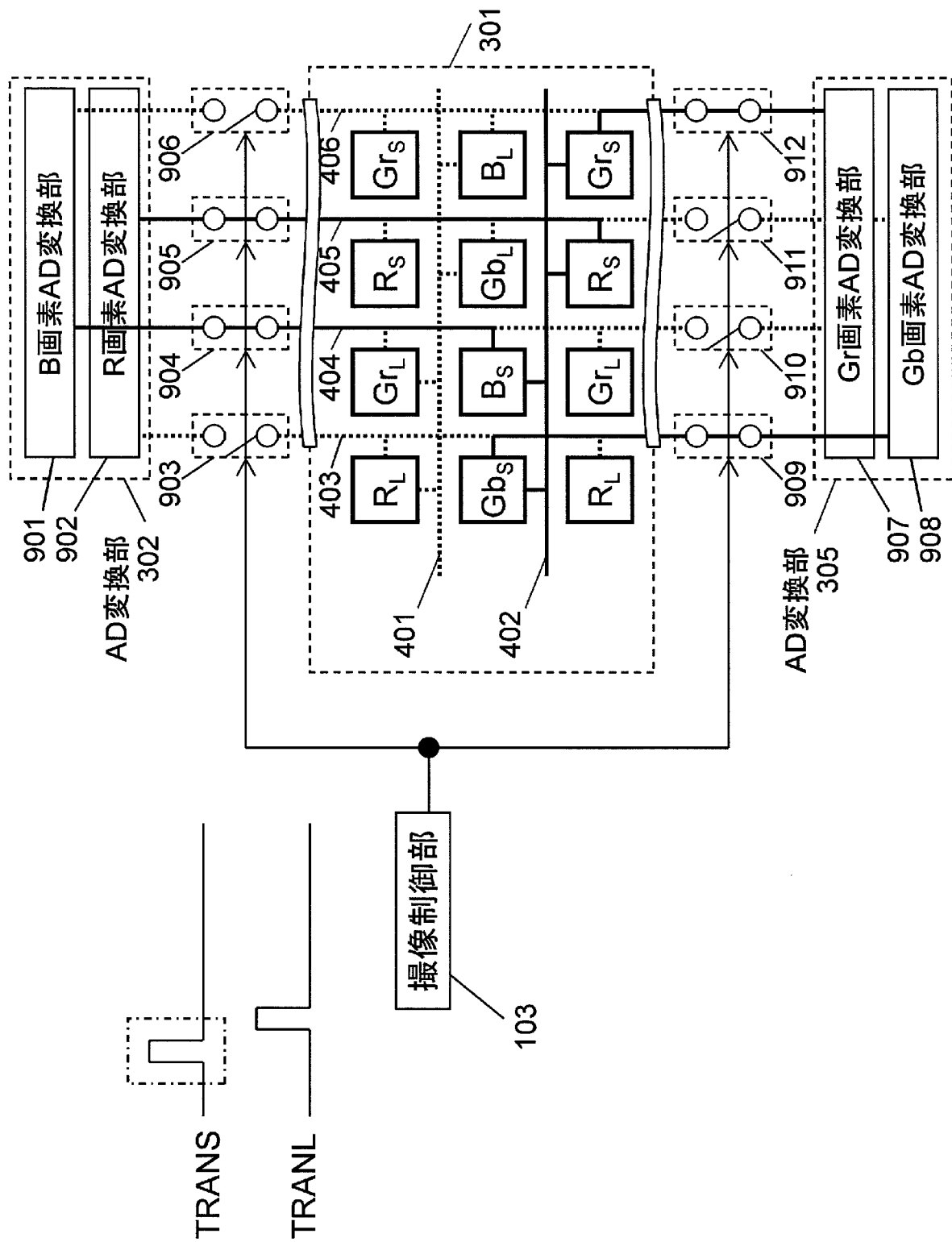
[図7]



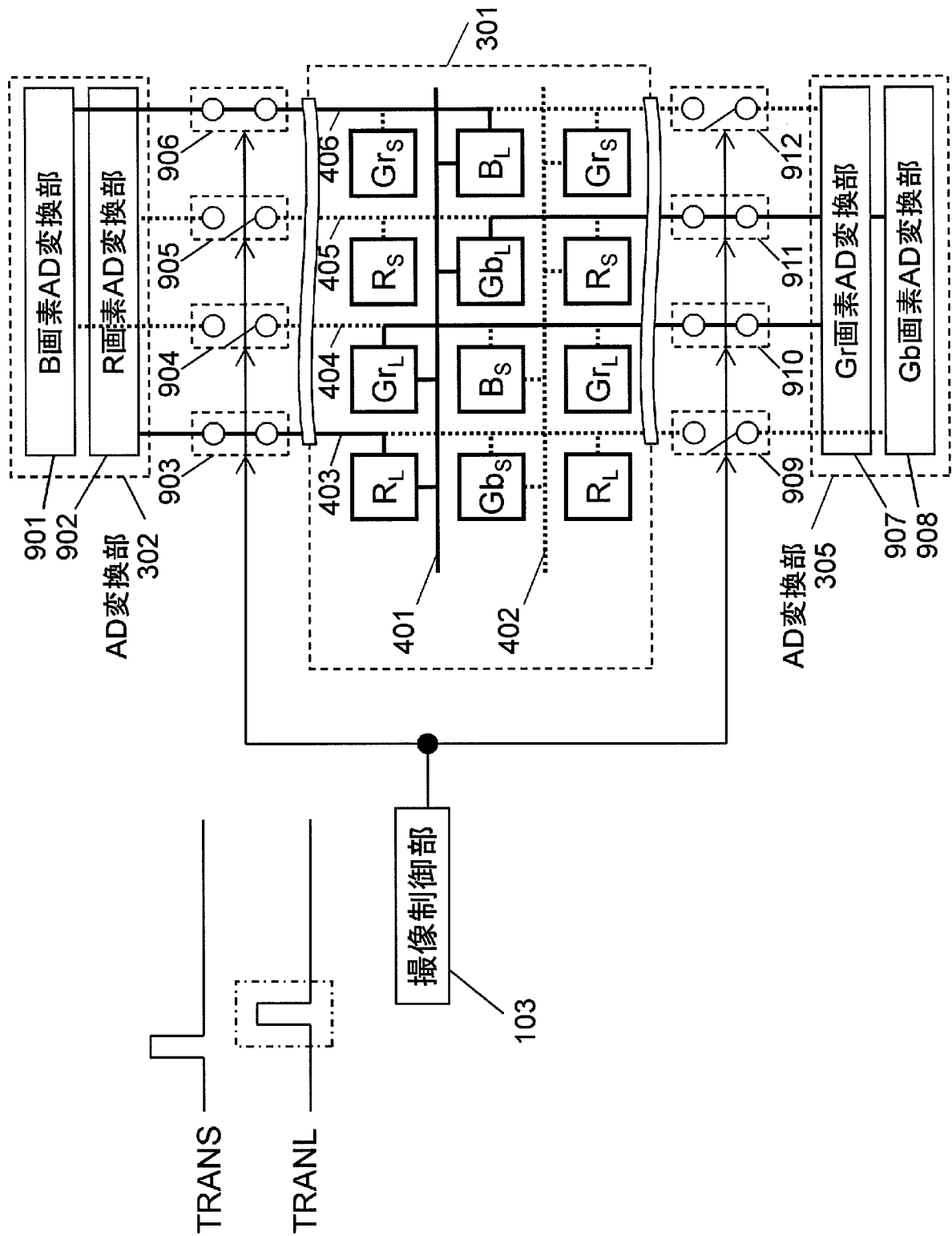
[図8]



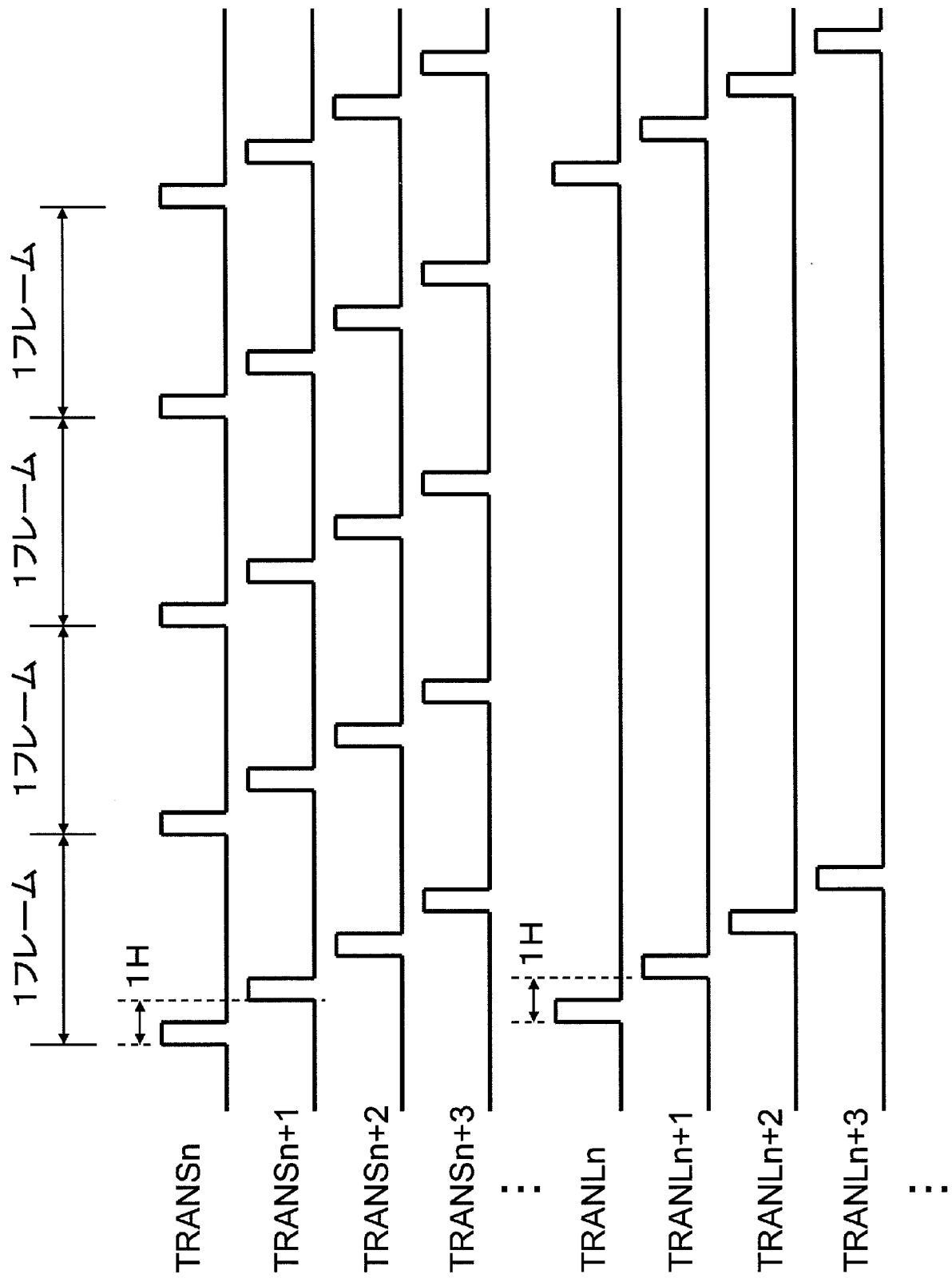
[図9]



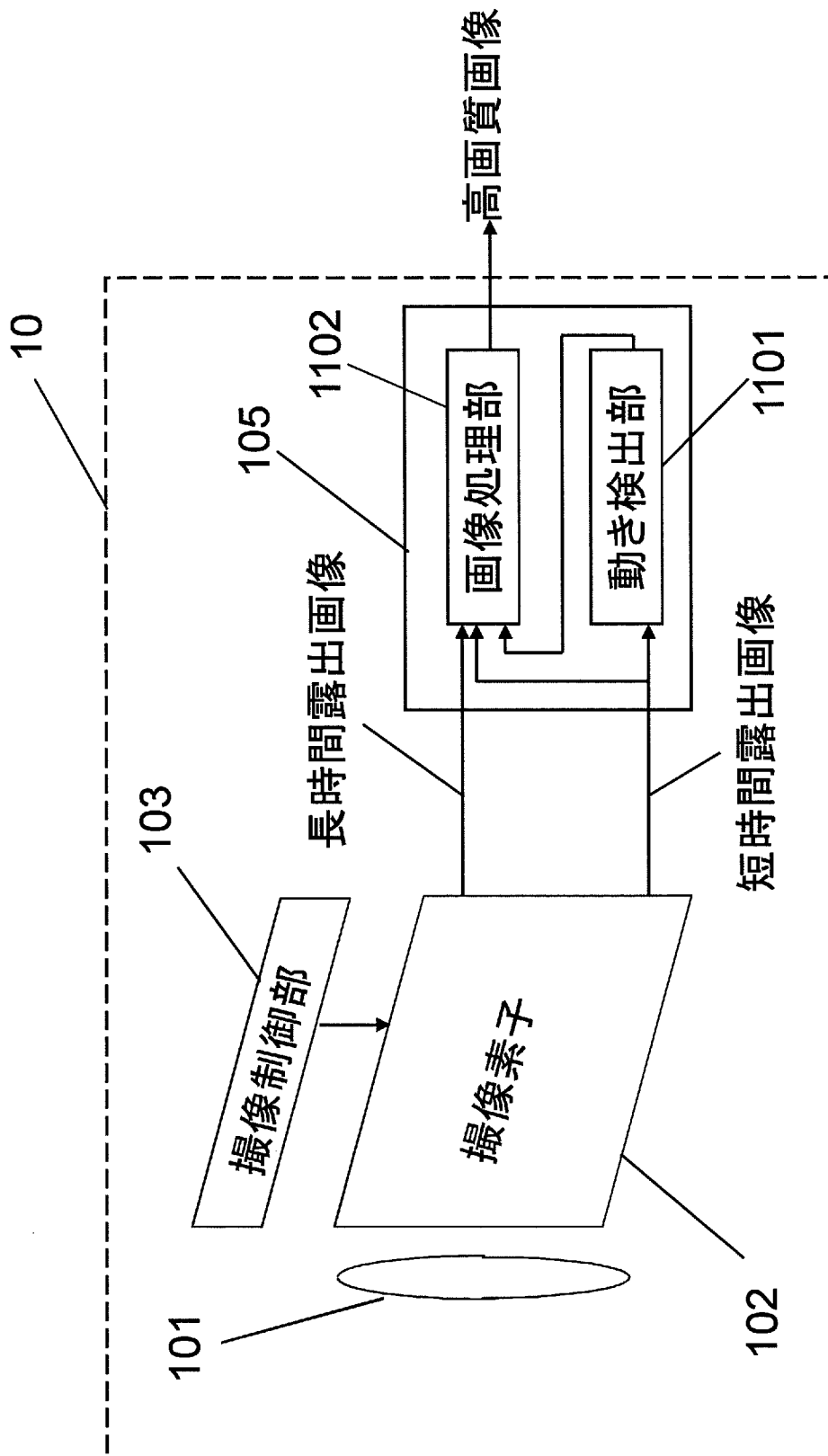
[図10]



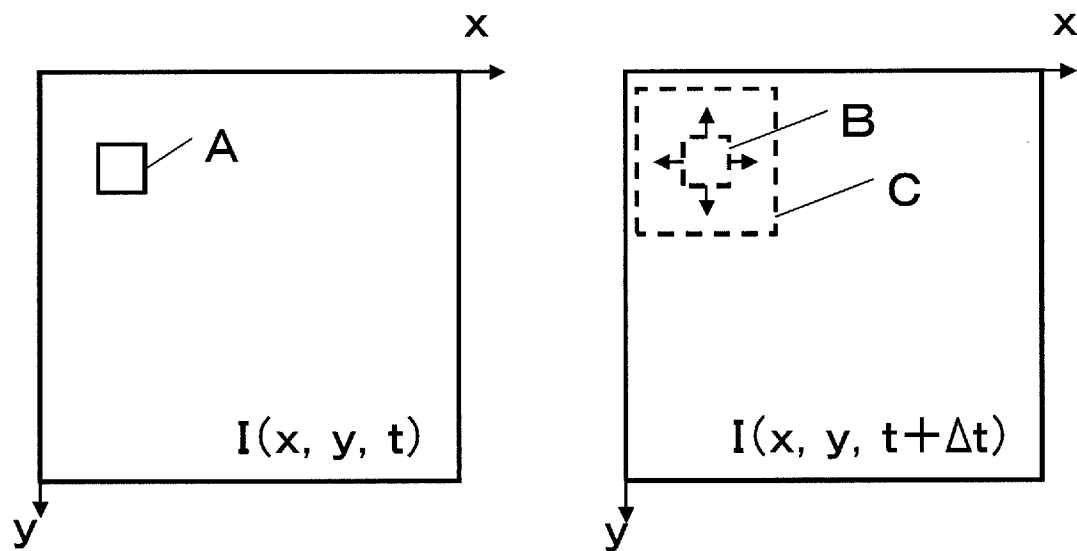
[図11]



[図12]



[図13]



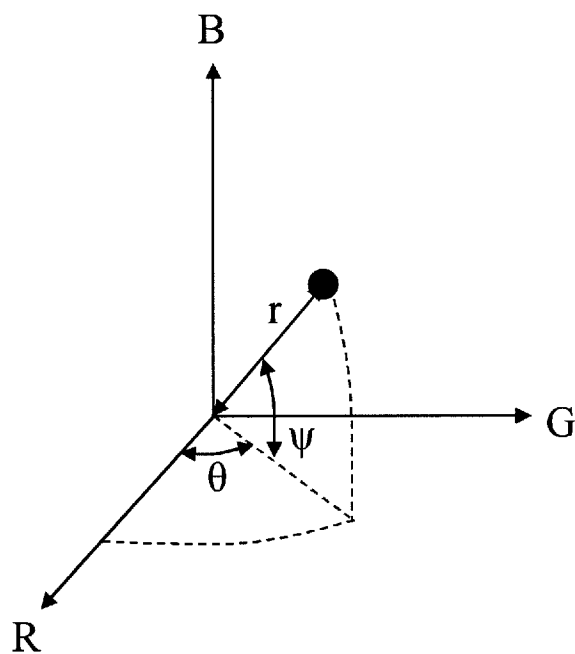
(a) 基準フレーム
(時刻 t における画像)

(b) 参照フレーム
(時刻 $t + \Delta t$ における画像)

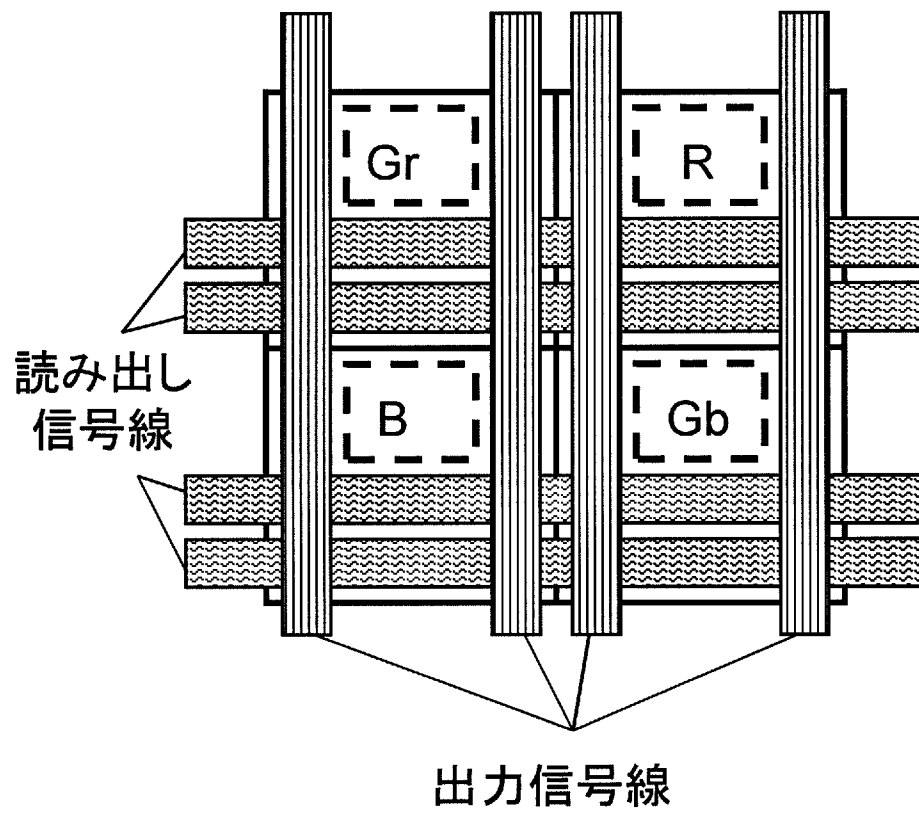
[図14]

$t=0$				$t=1$			
R_{000}	G_{100}	R_{200}	G_{300}	R_{001}	G_{101}	R_{201}	G_{301}
G_{010}	B_{110}	G_{210}	B_{310}	G_{011}	B_{111}	G_{211}	B_{311}

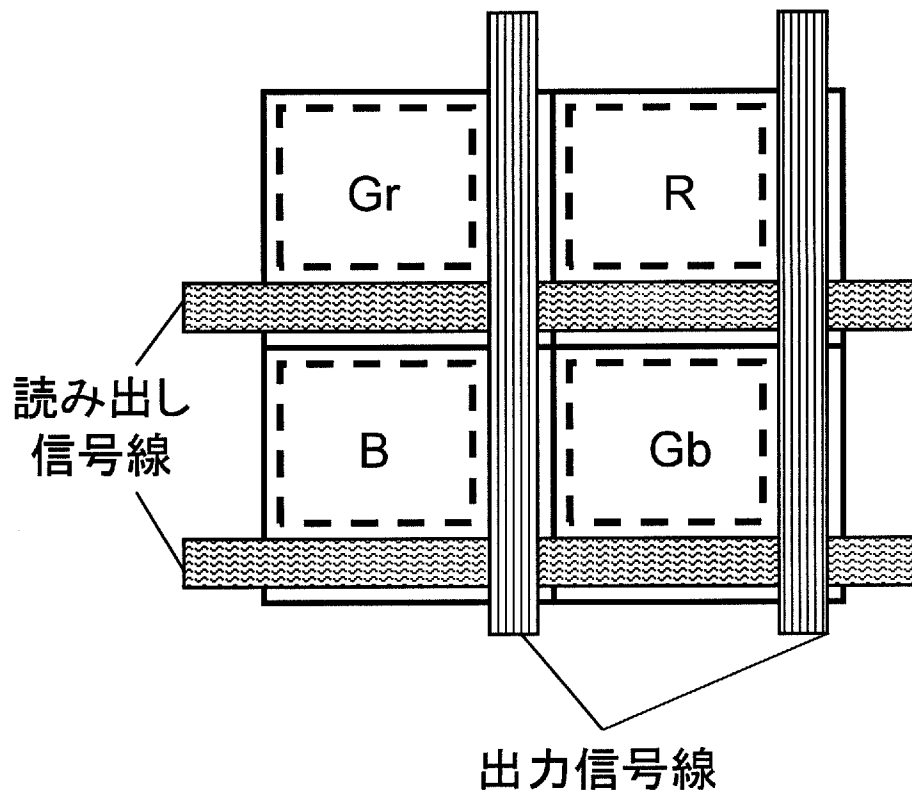
[図15]



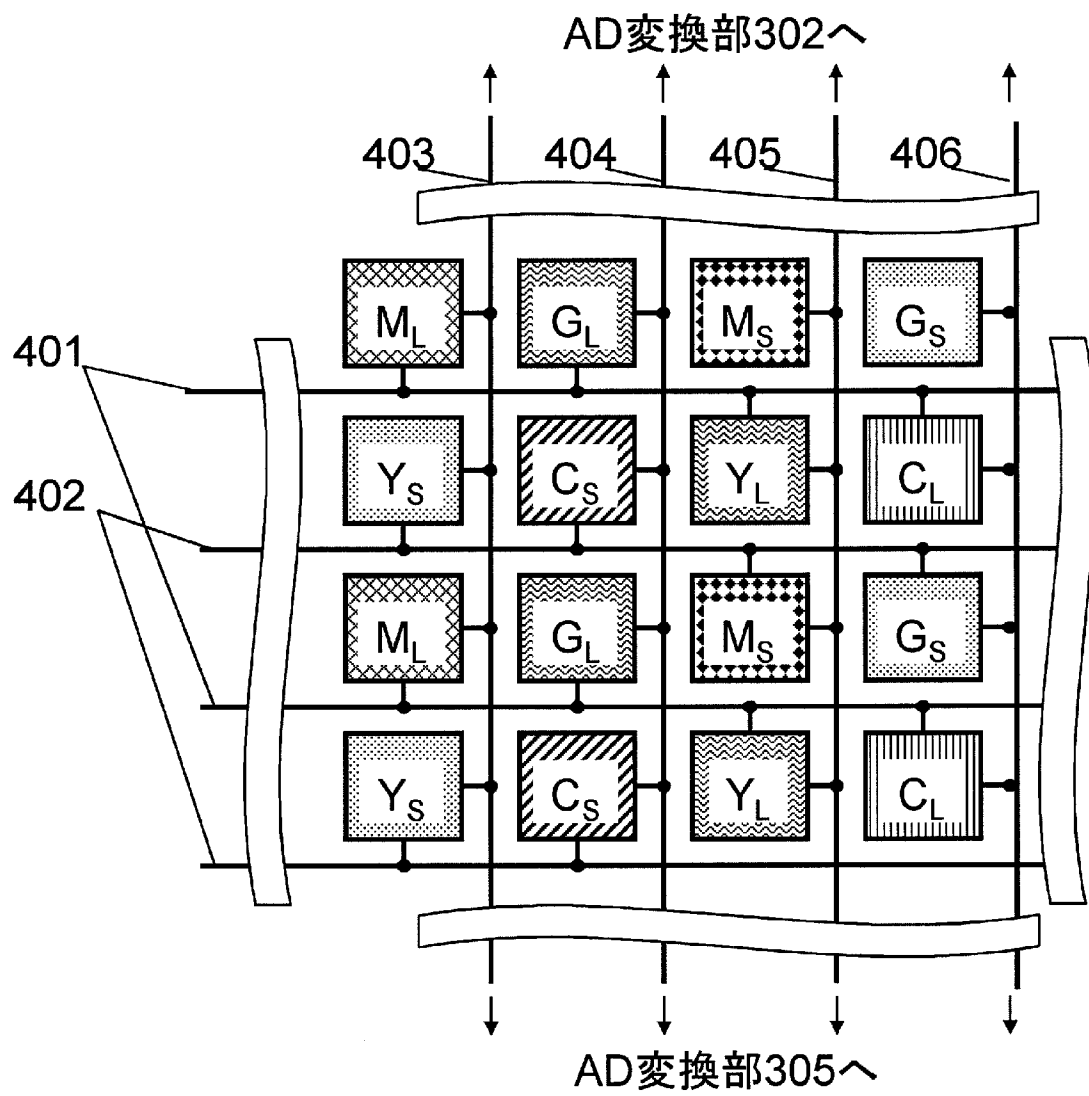
[図16A]



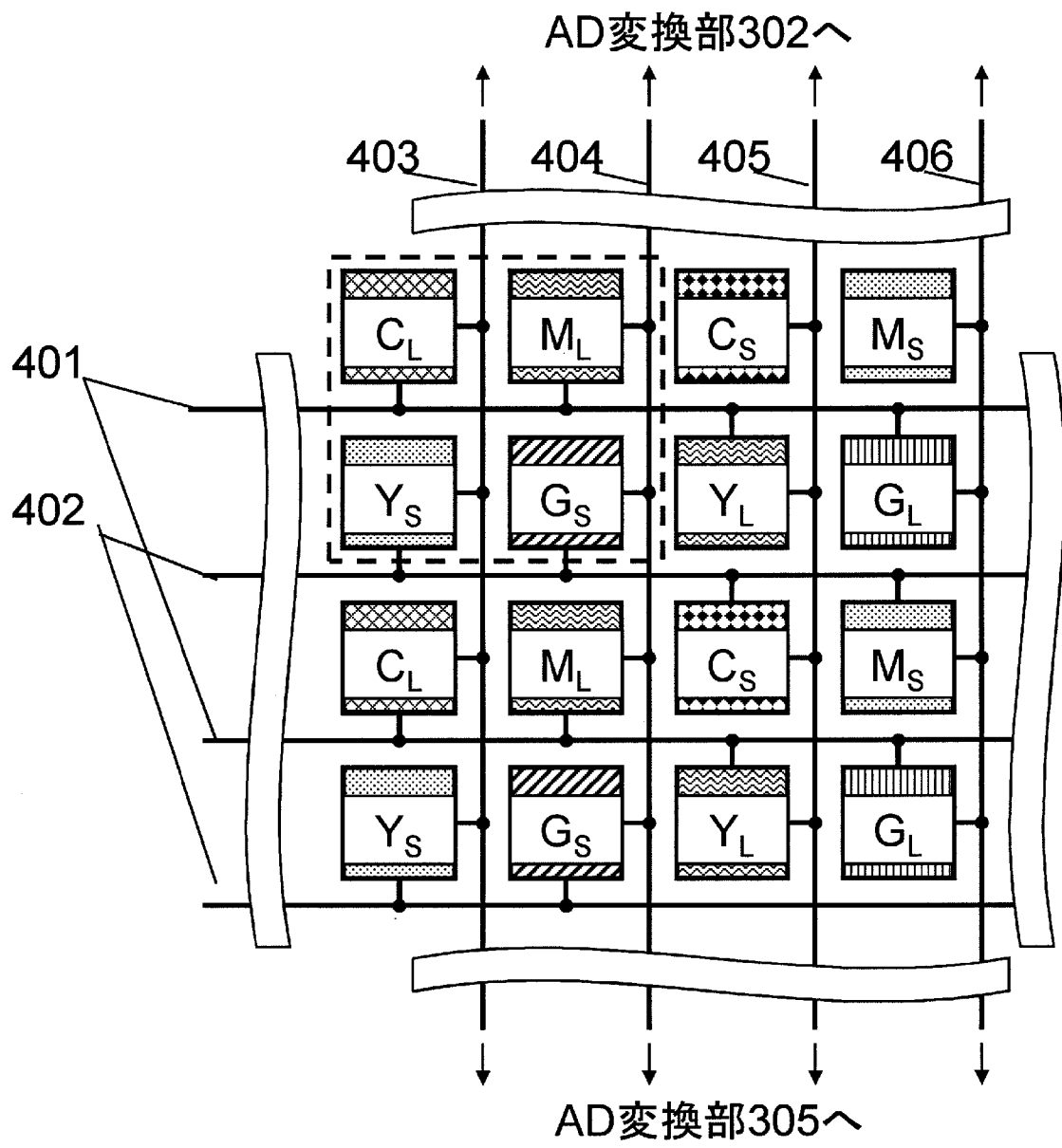
[図16B]



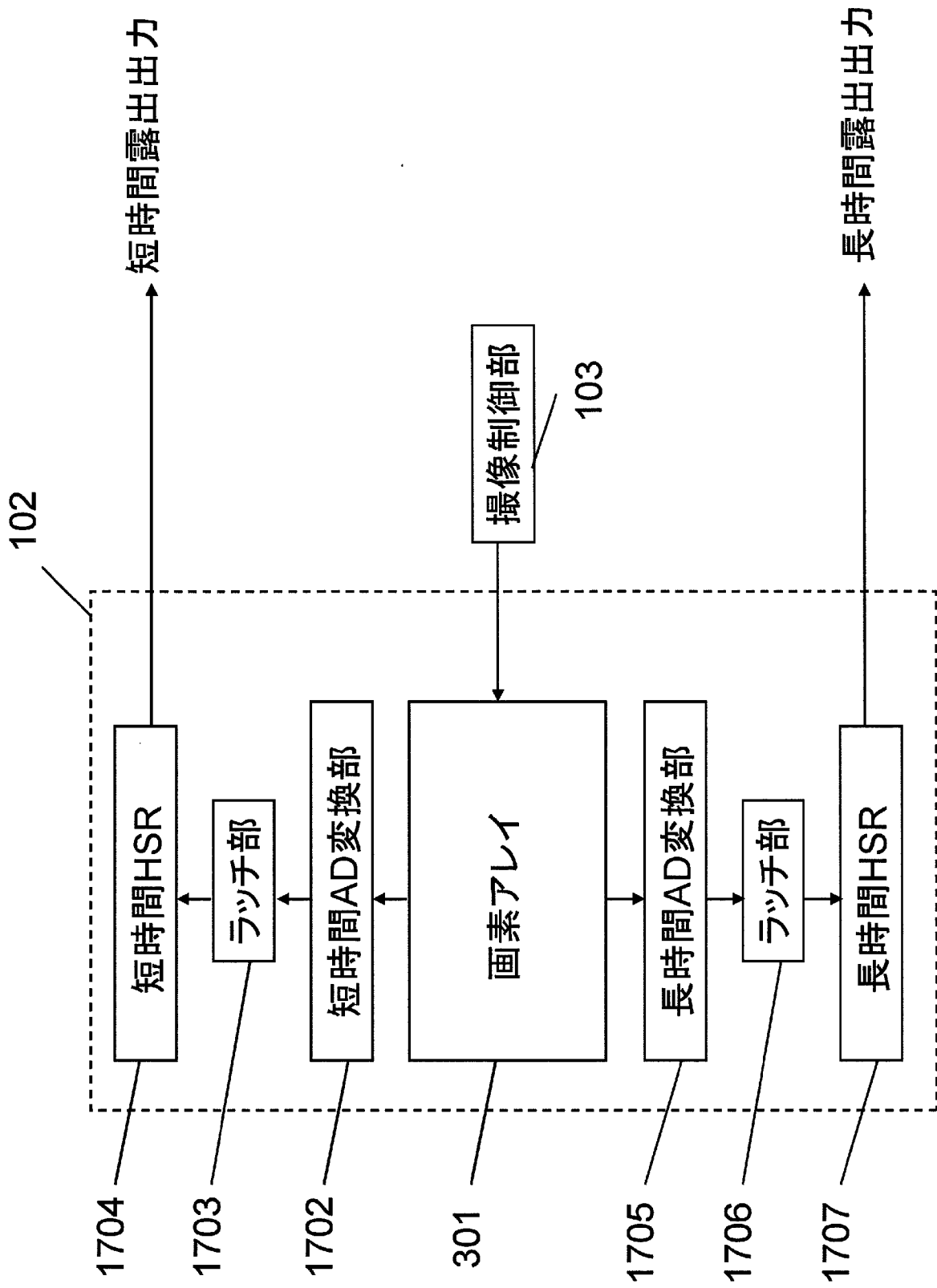
[図17A]



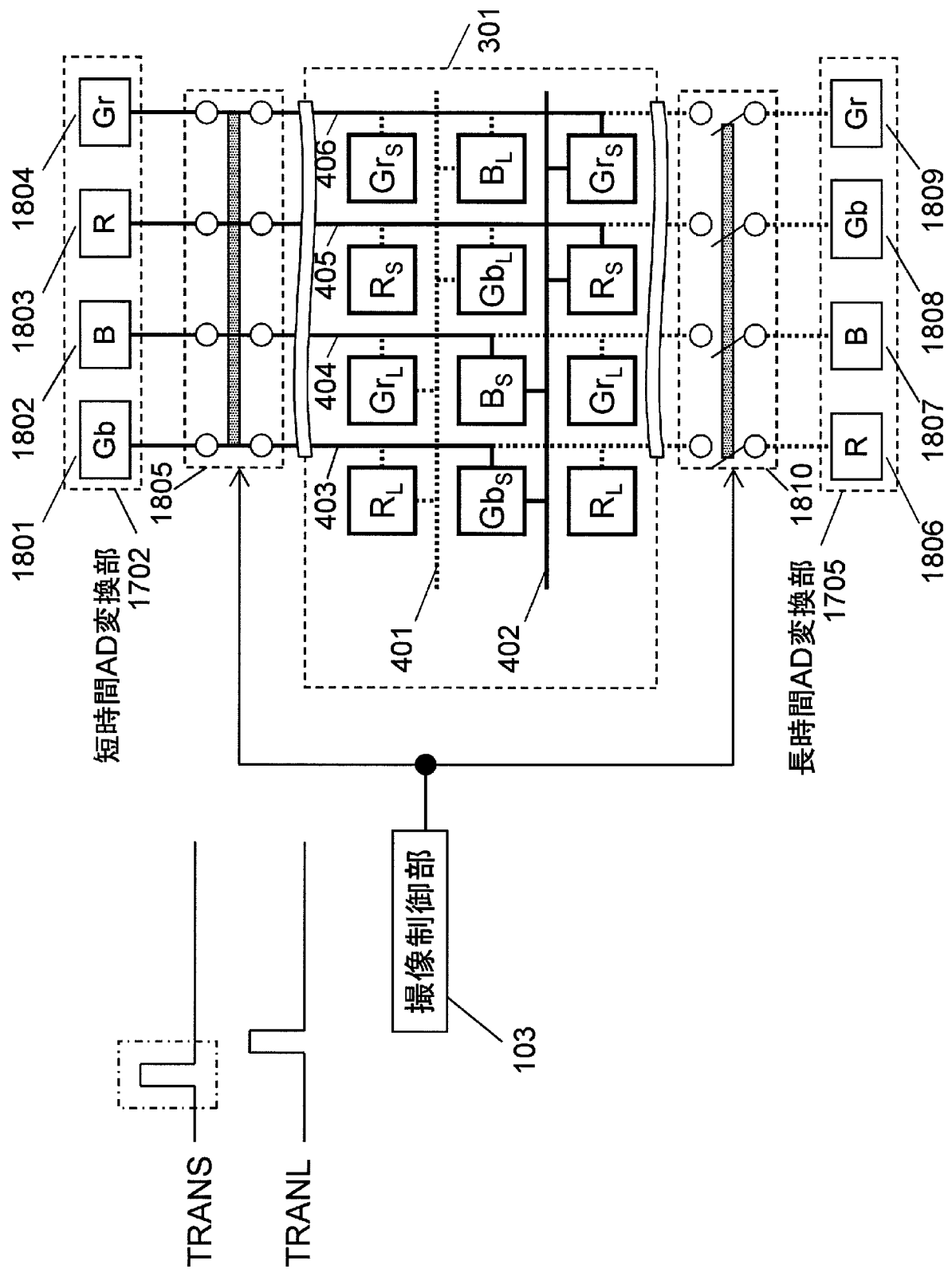
[図17B]



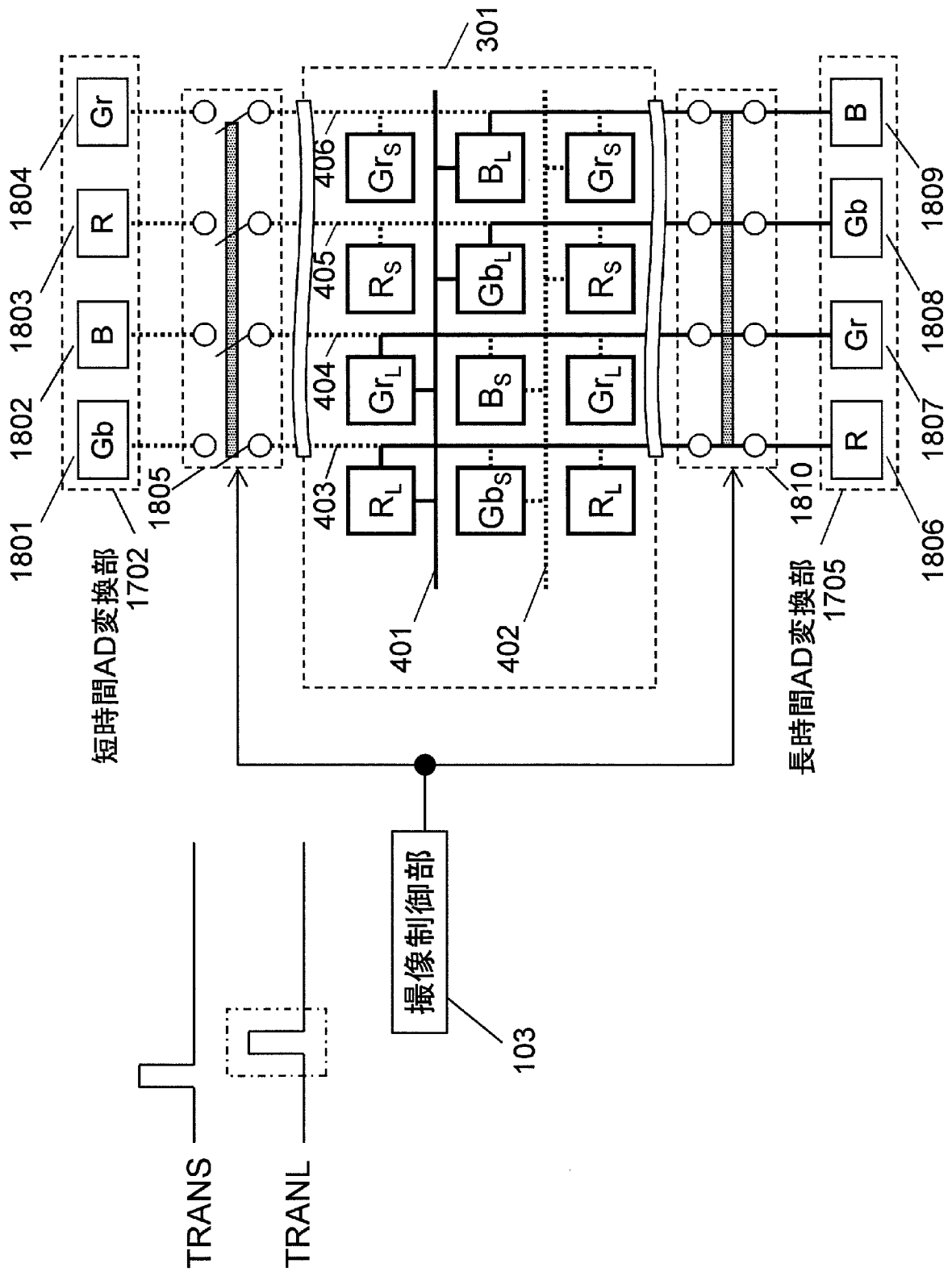
[図18]



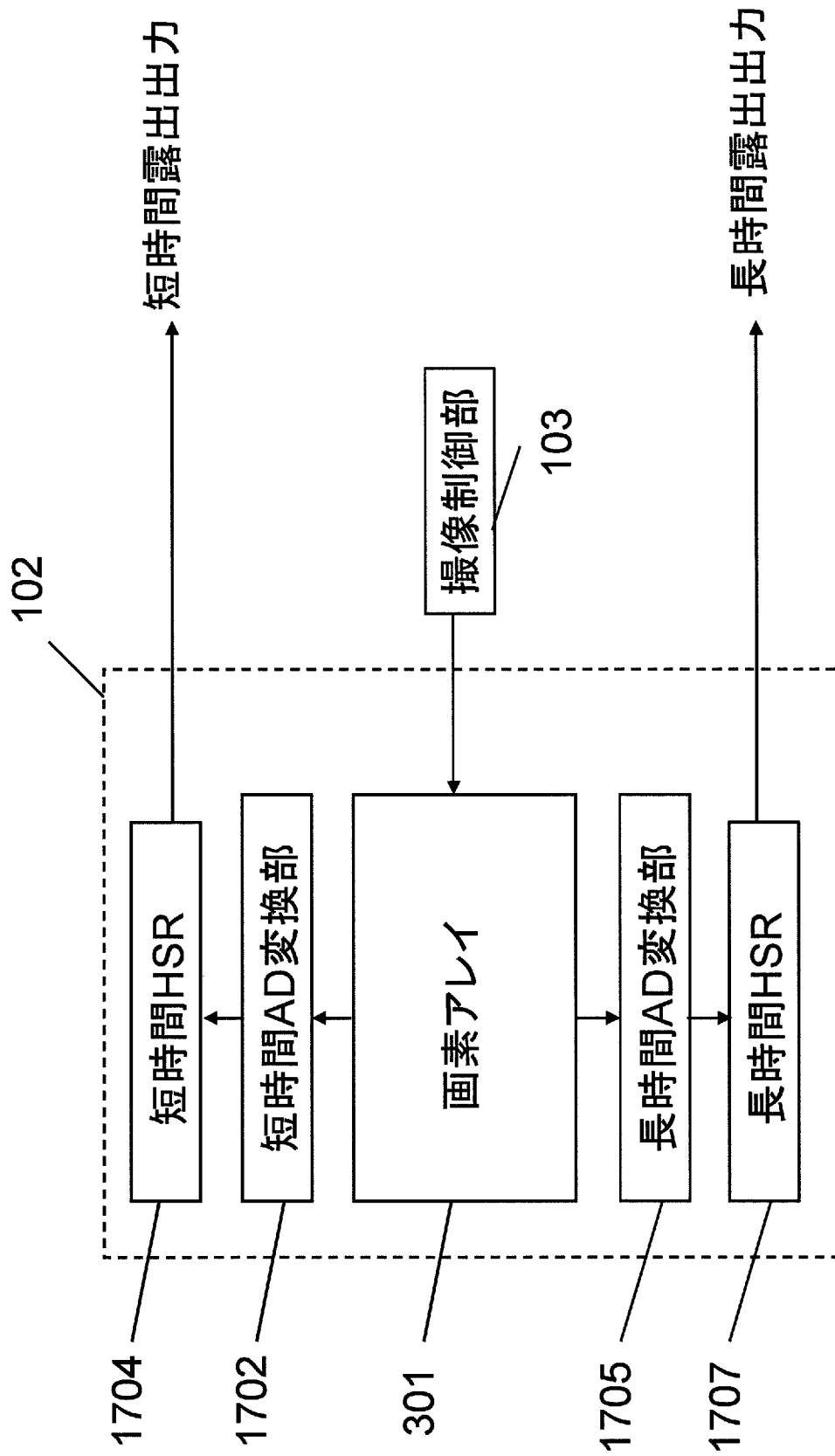
[図19]



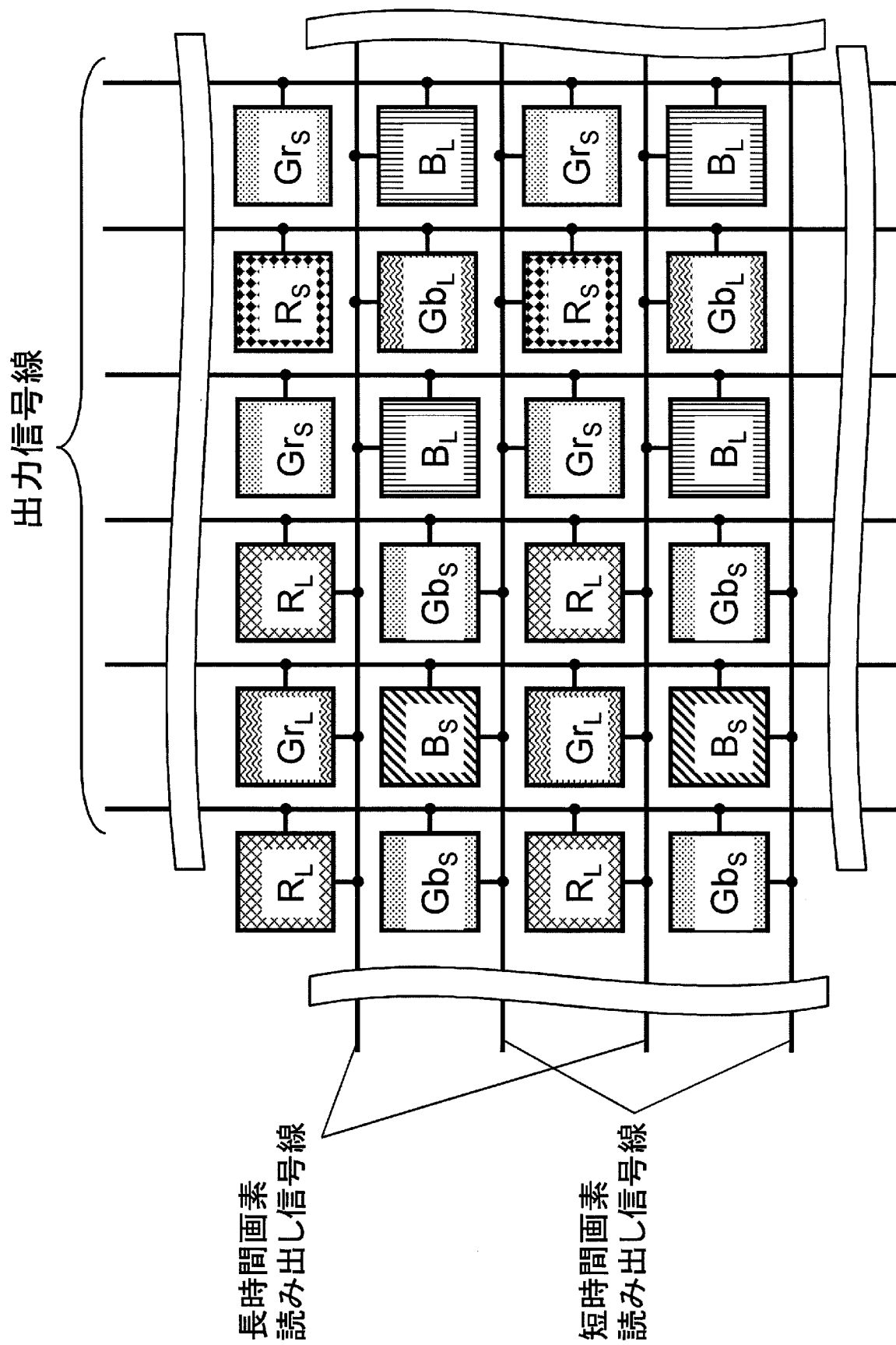
[図20]



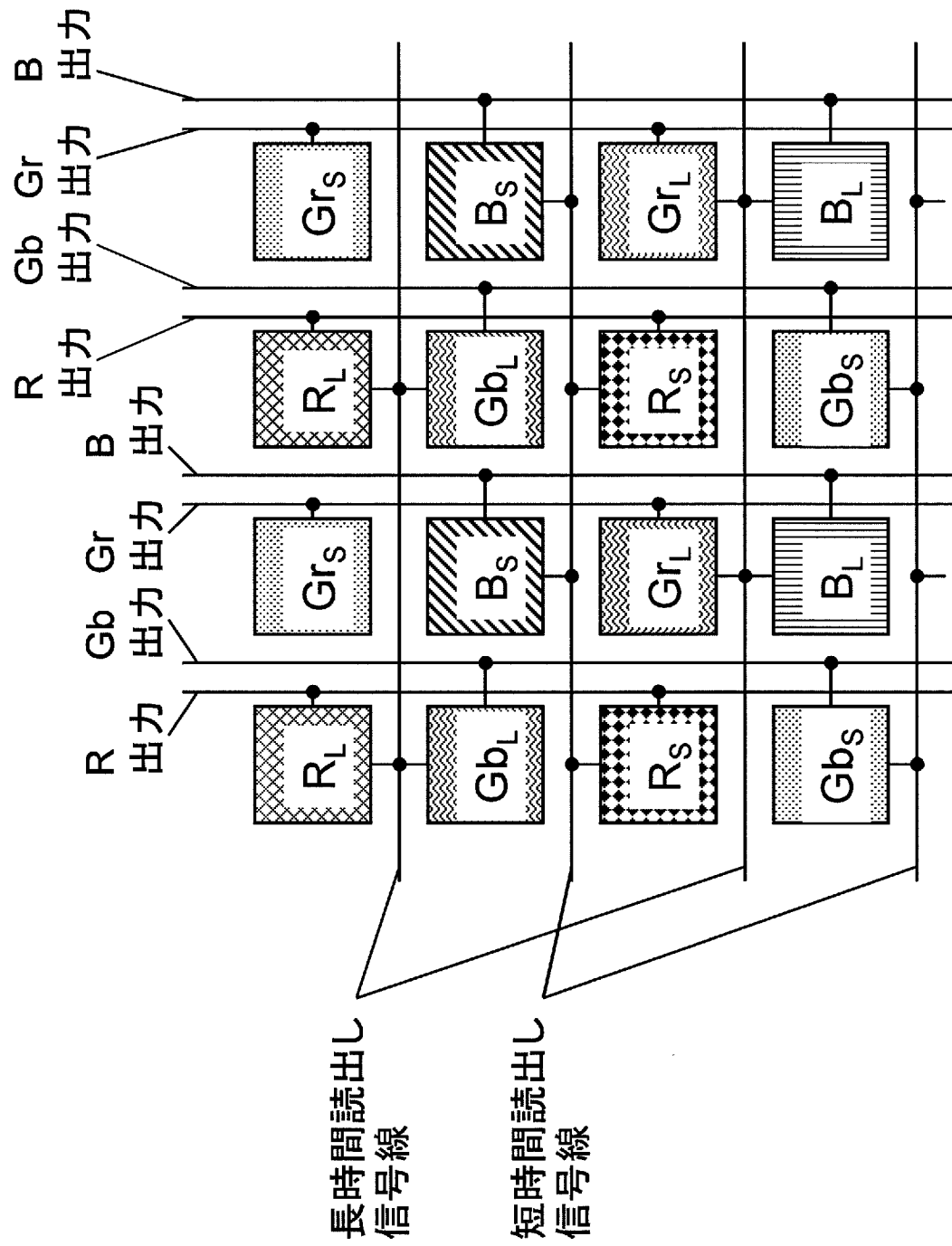
[図21]



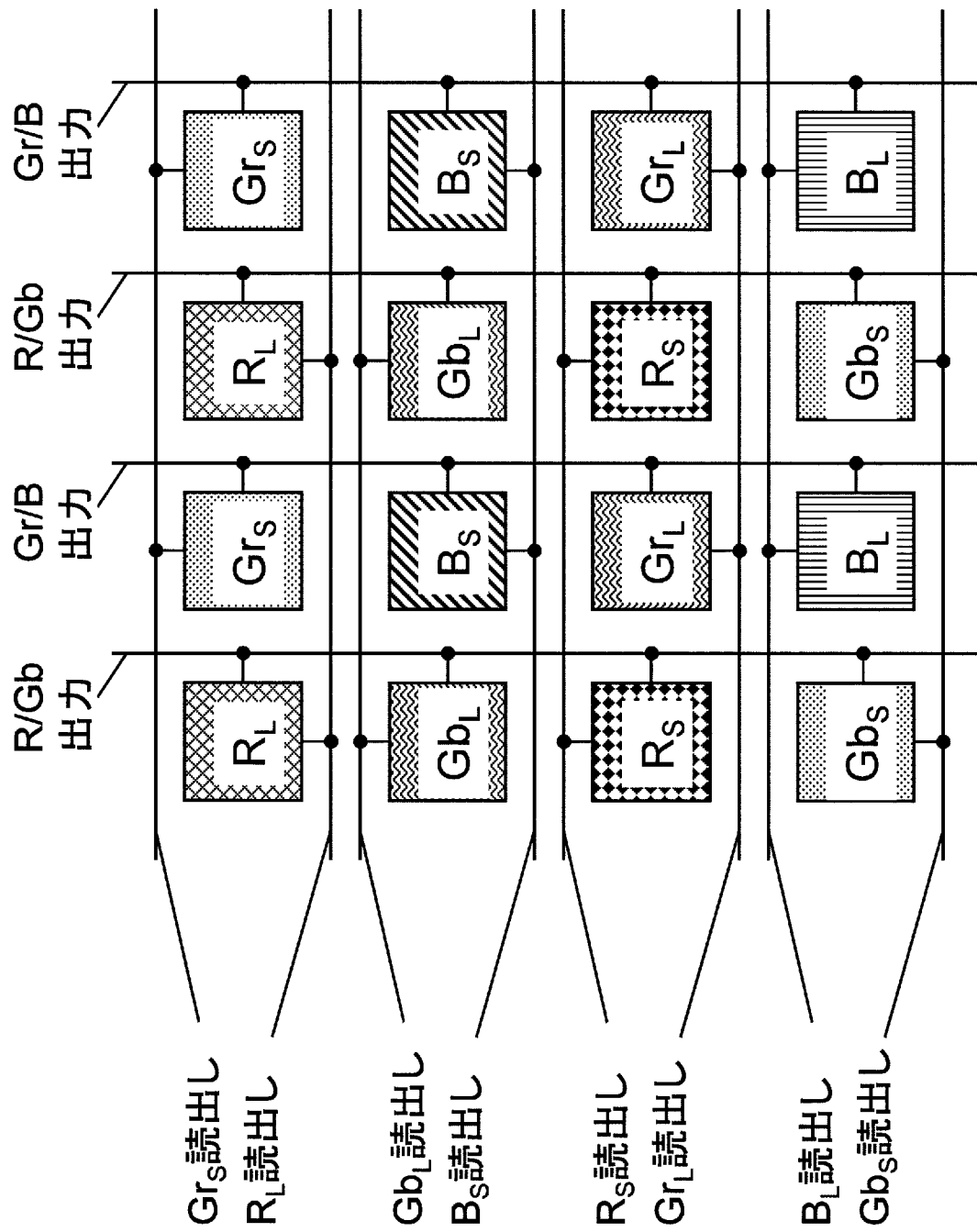
[図22]



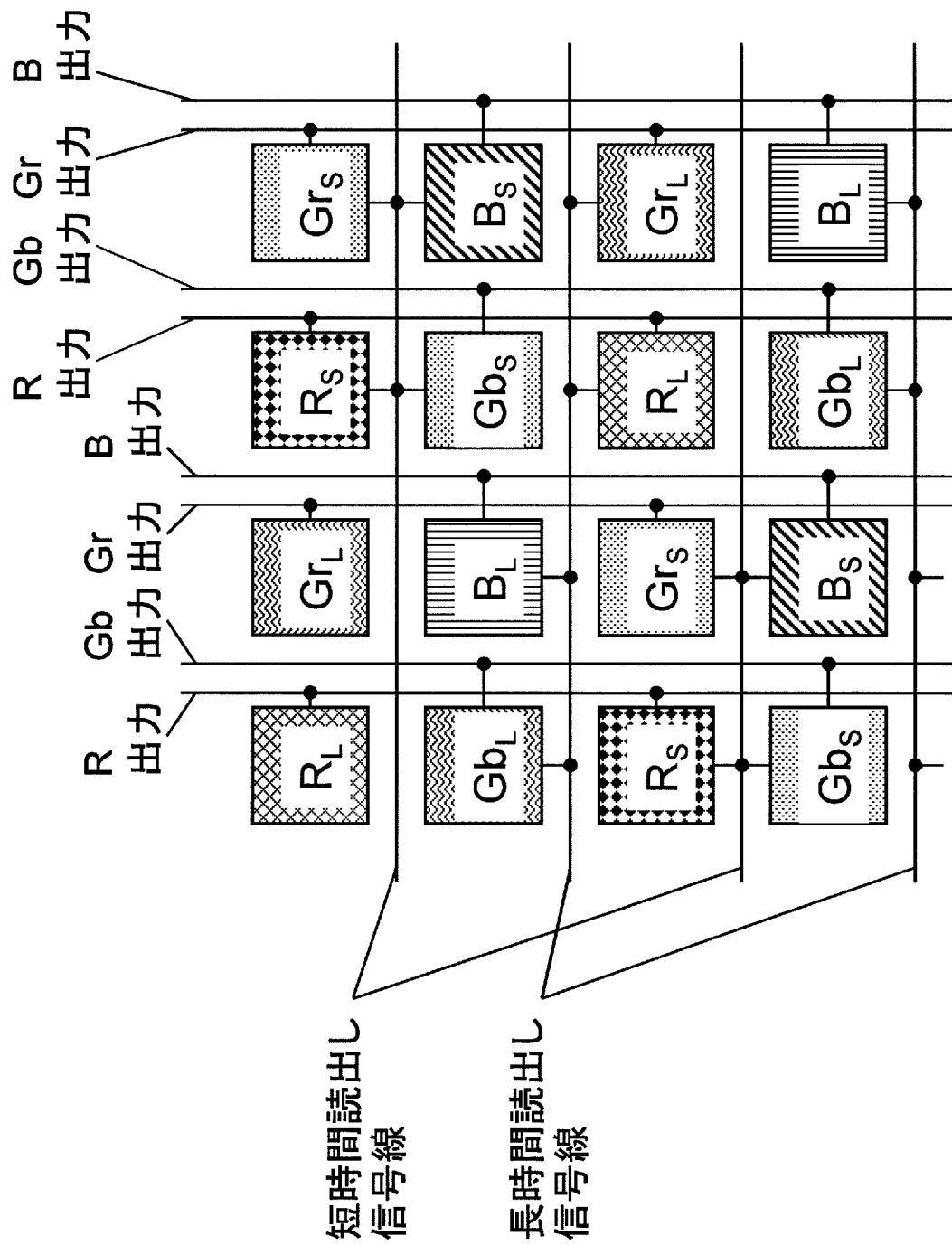
[図23A]



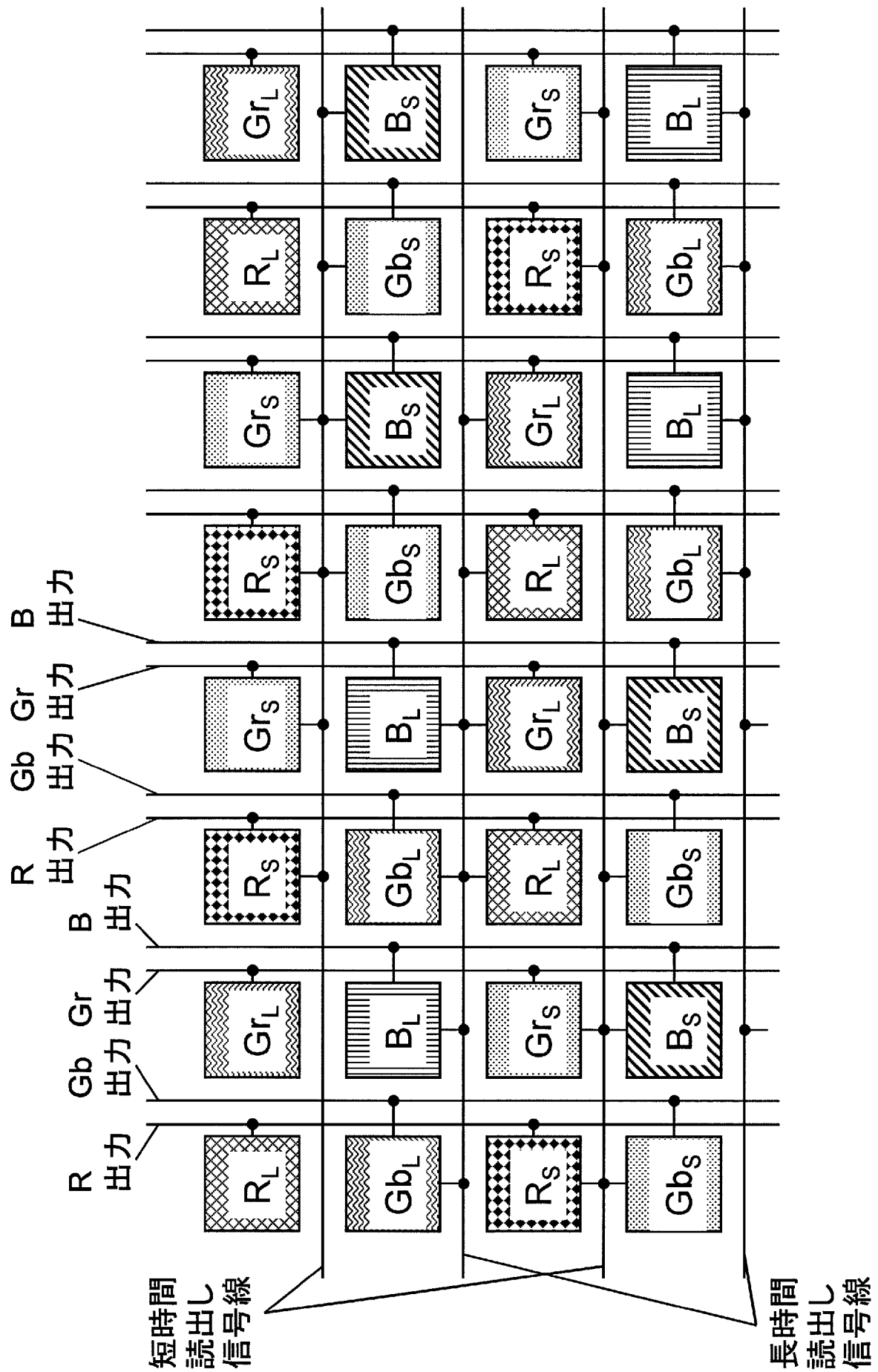
[図23B]



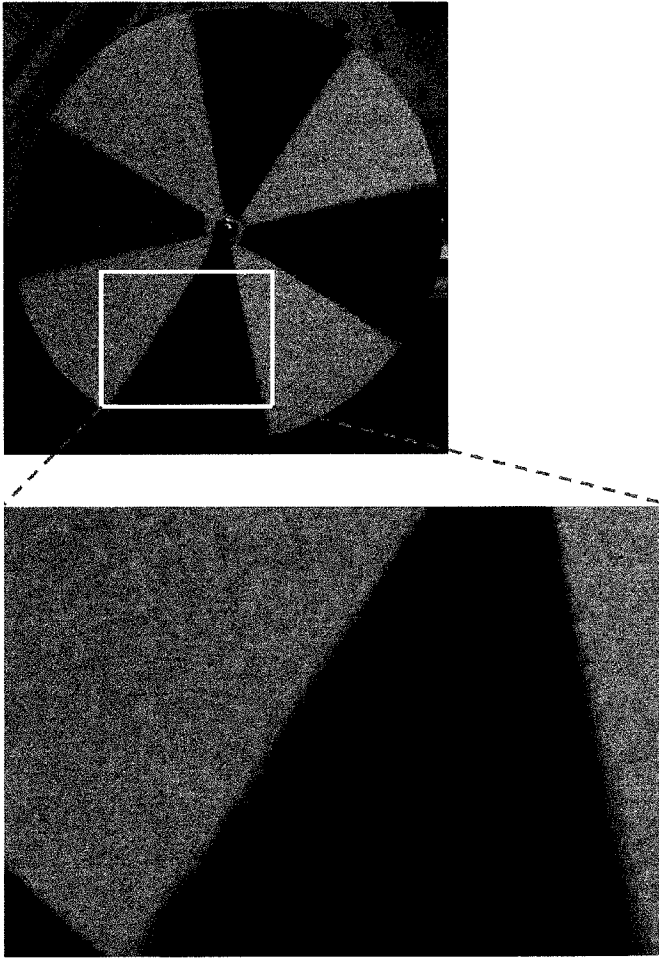
[図24]



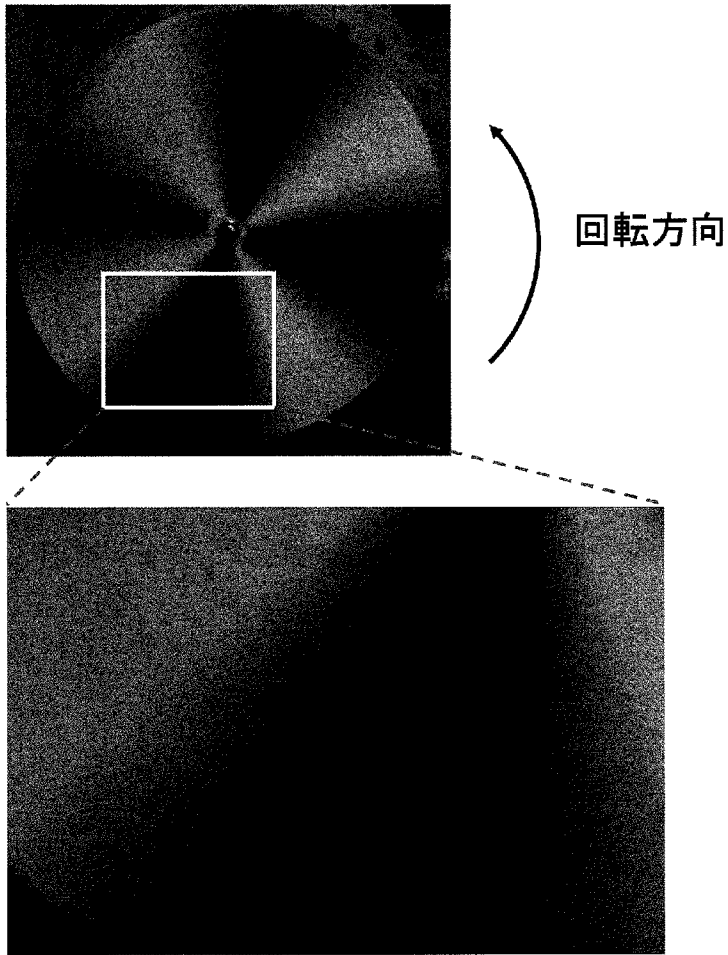
[図25]



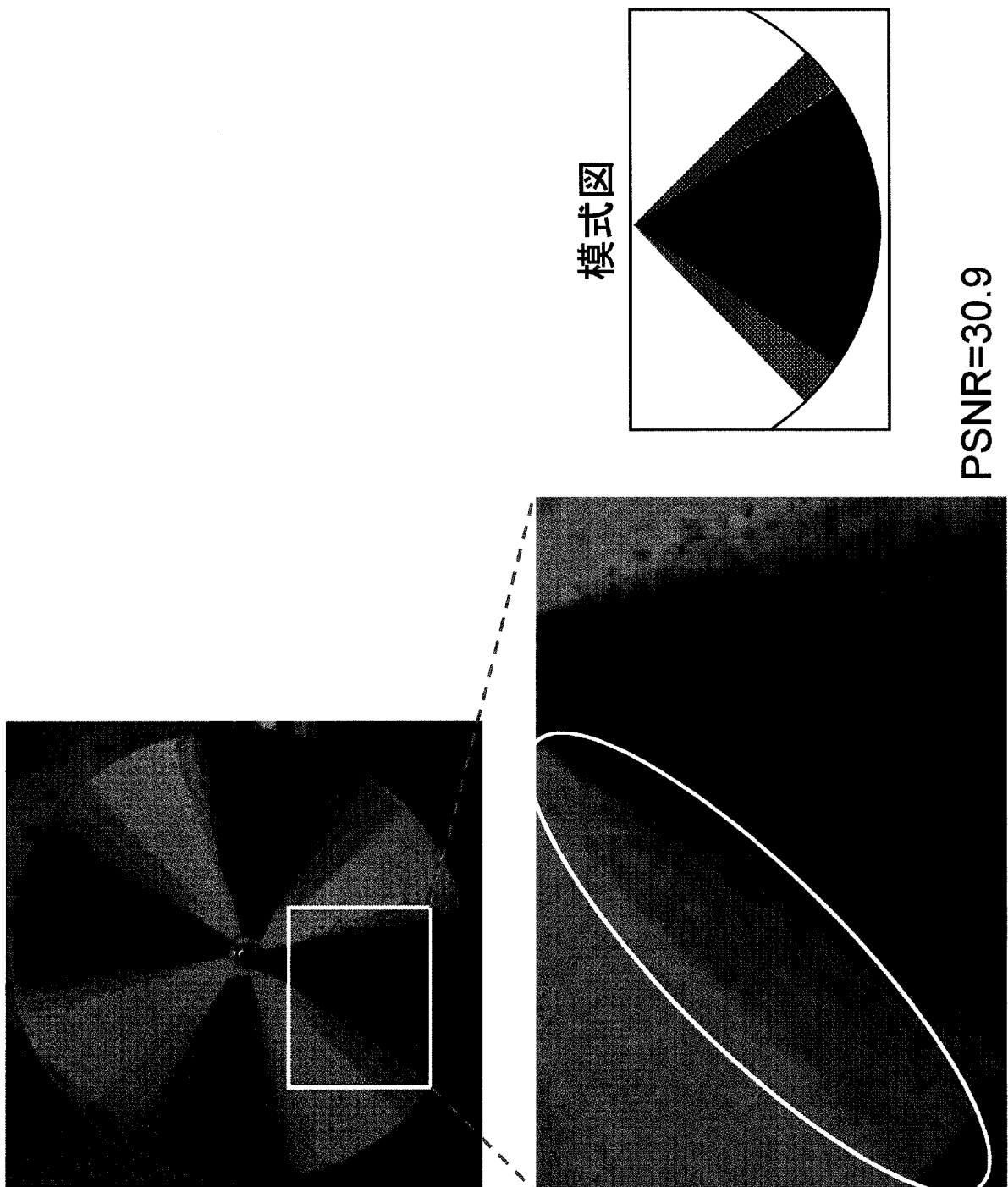
[図26]



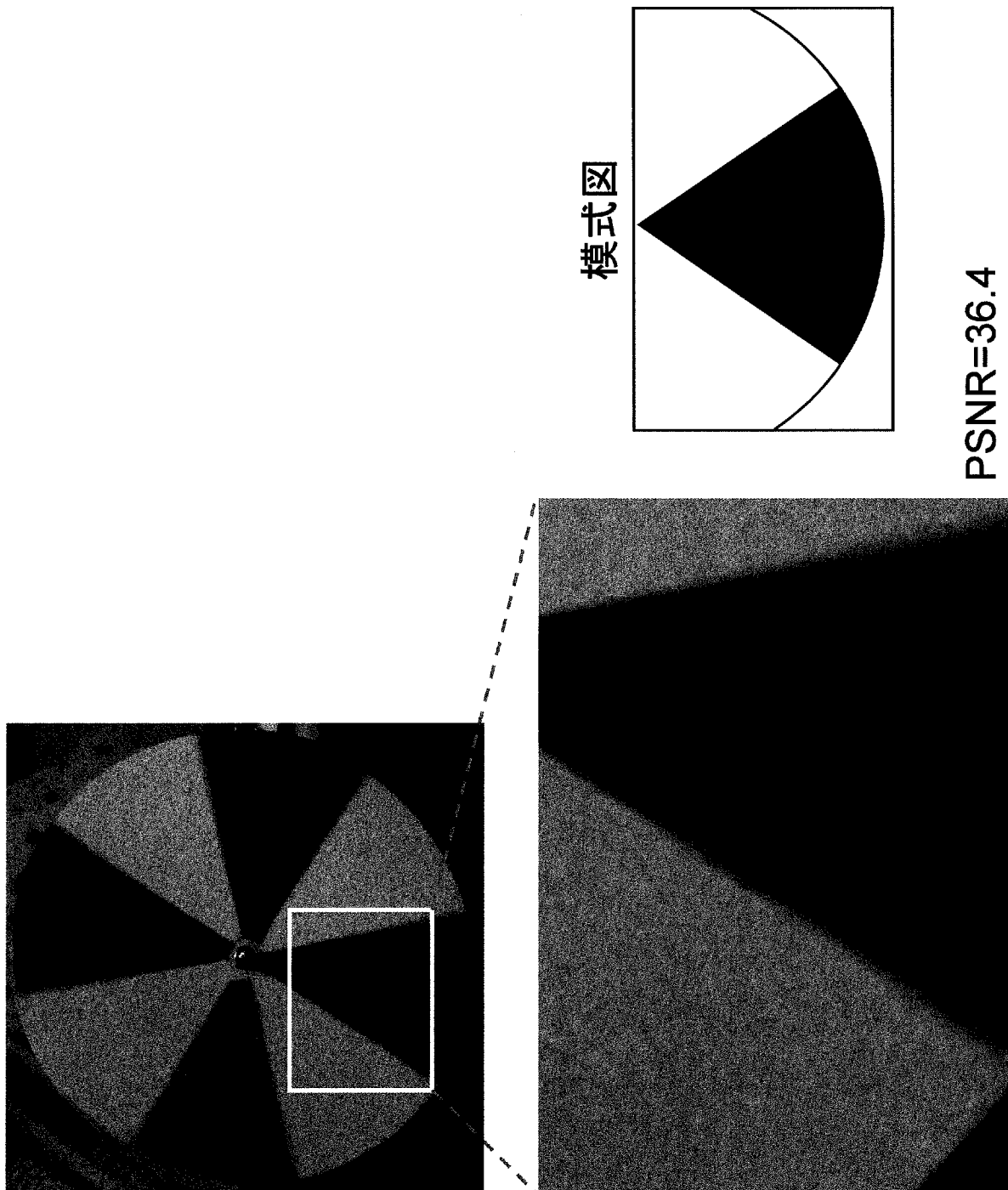
[図27]



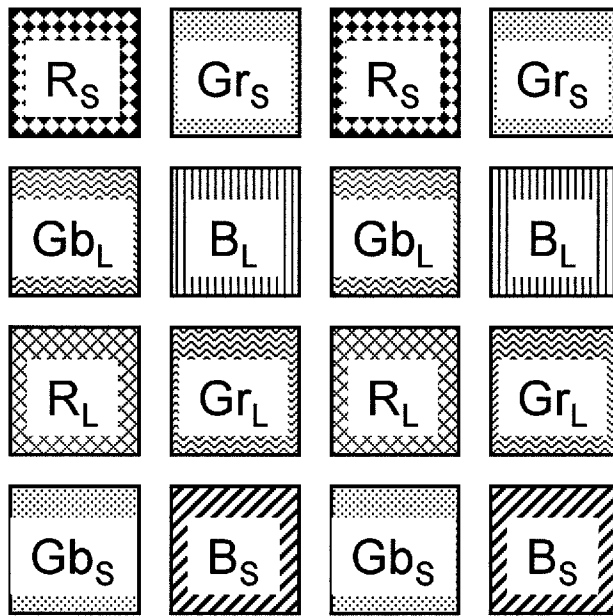
[図28]



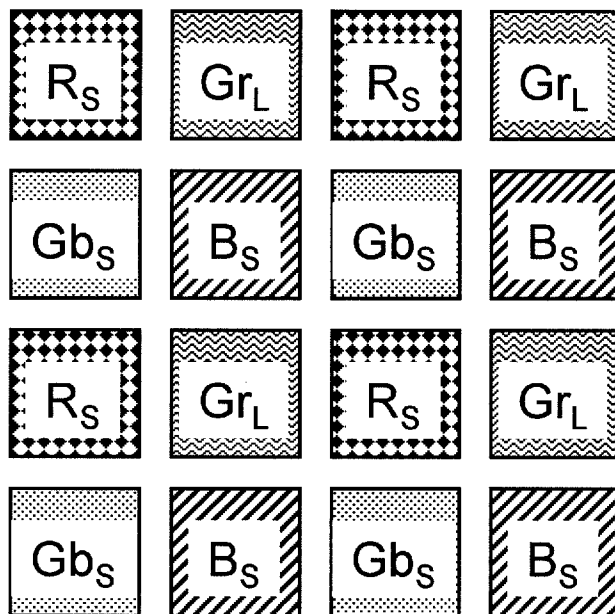
[図29]



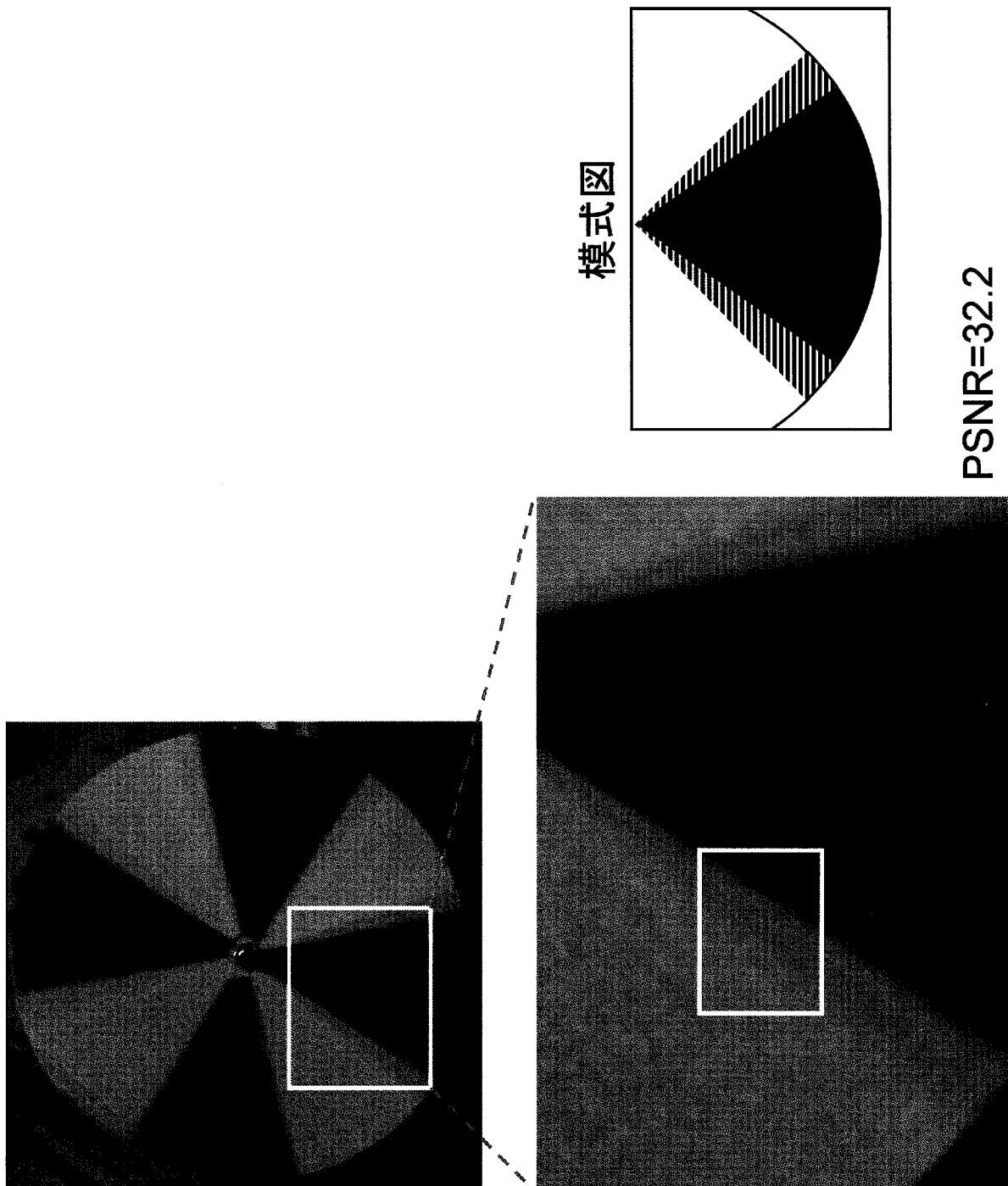
[図30]



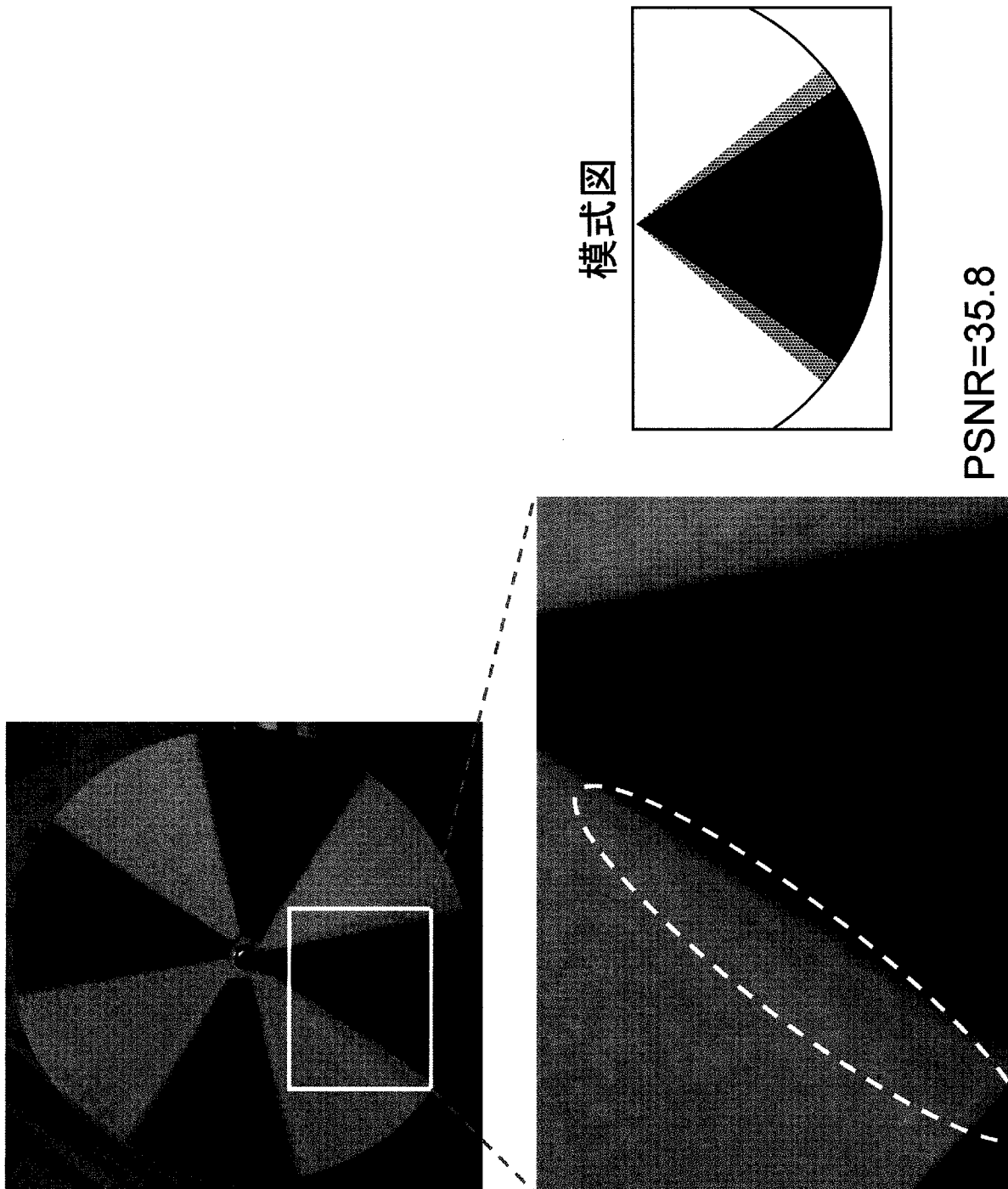
[図31]



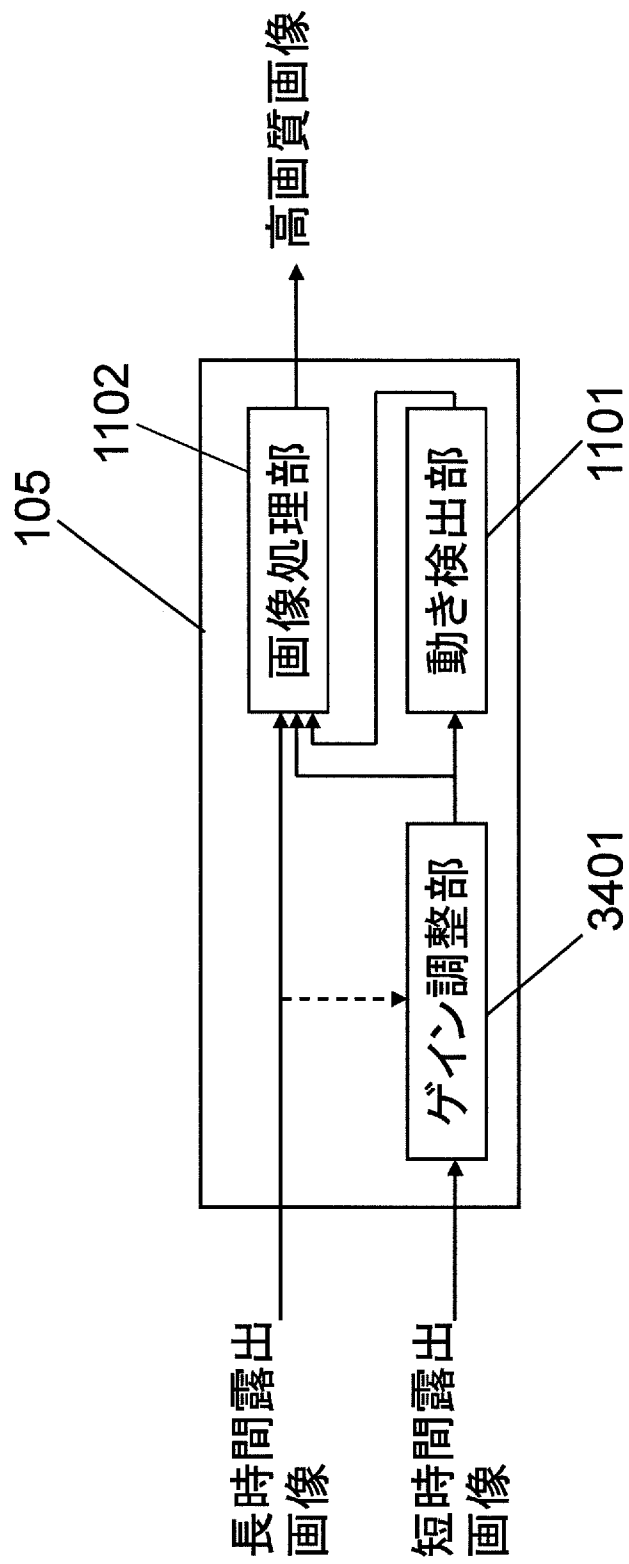
[図32]



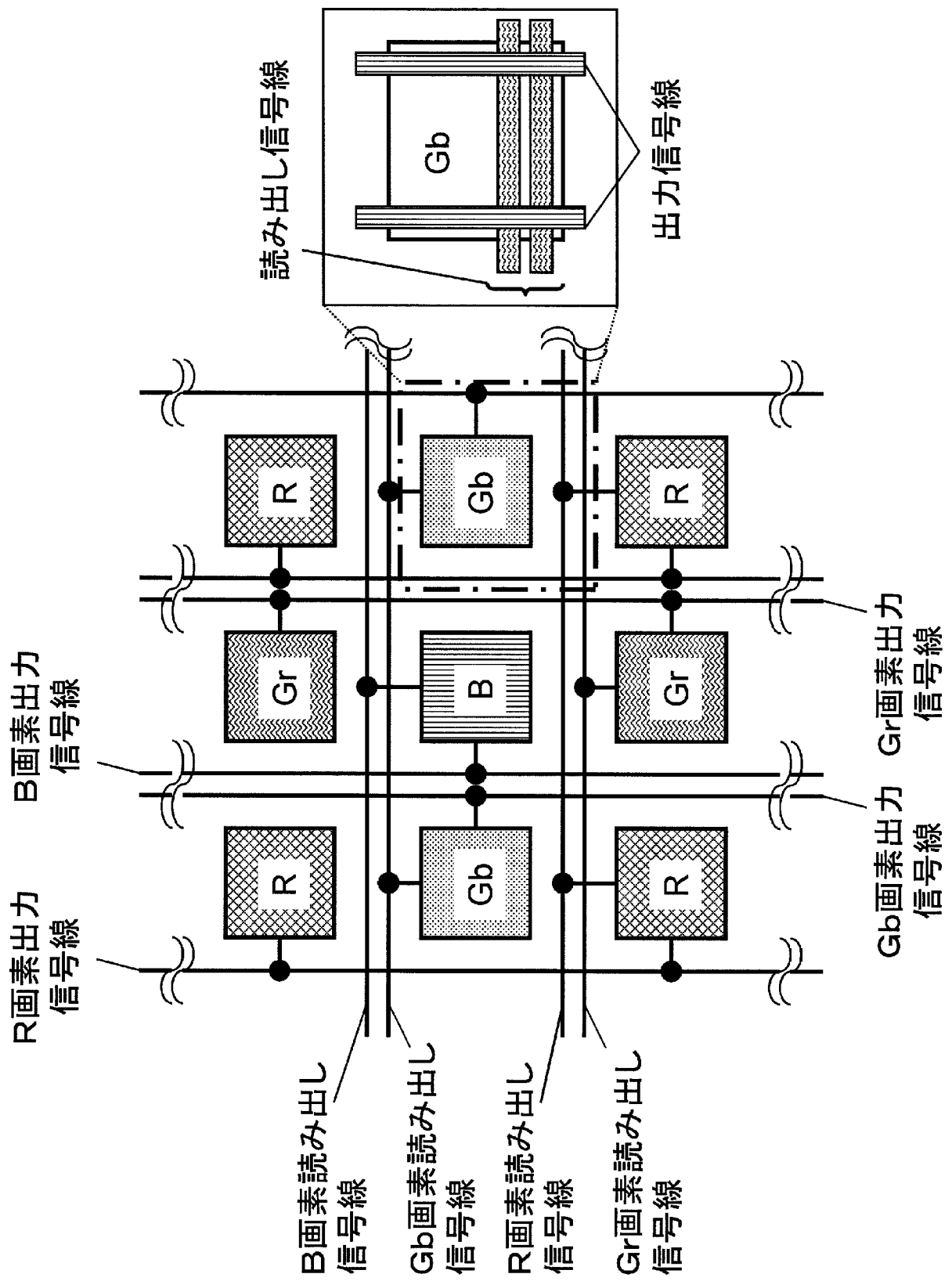
[図33]



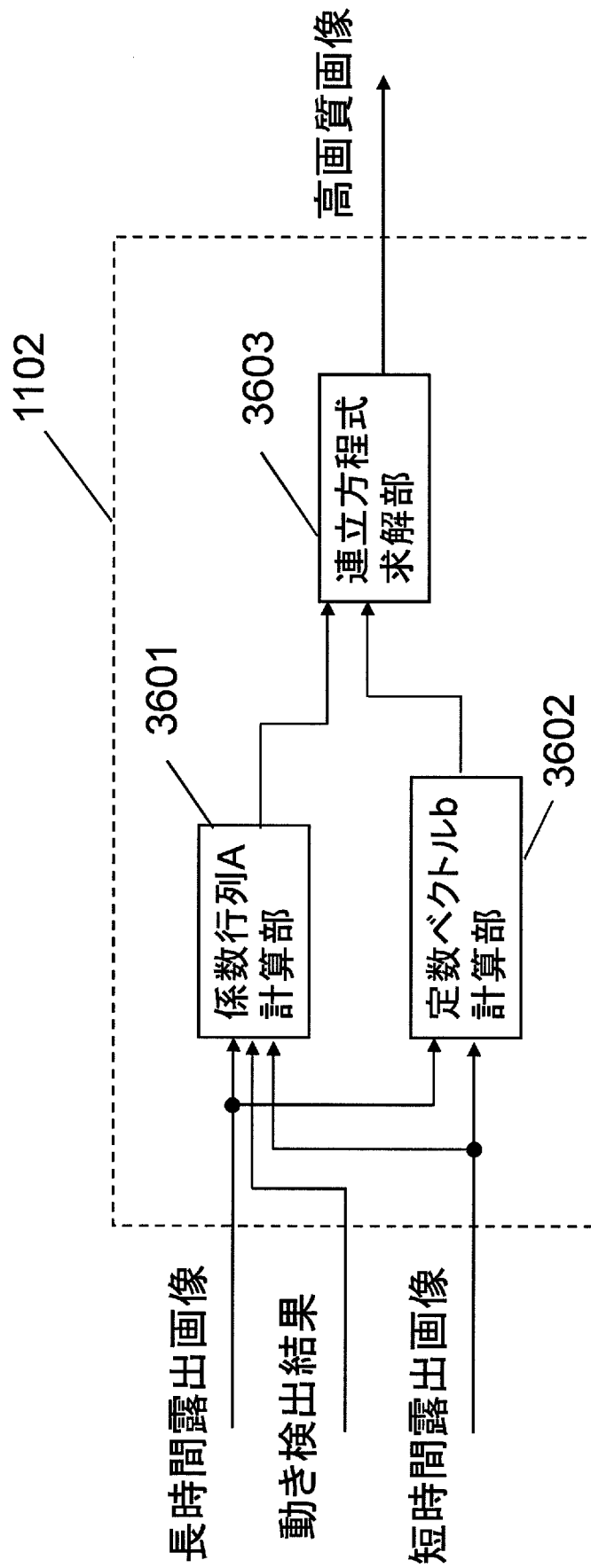
[図34]



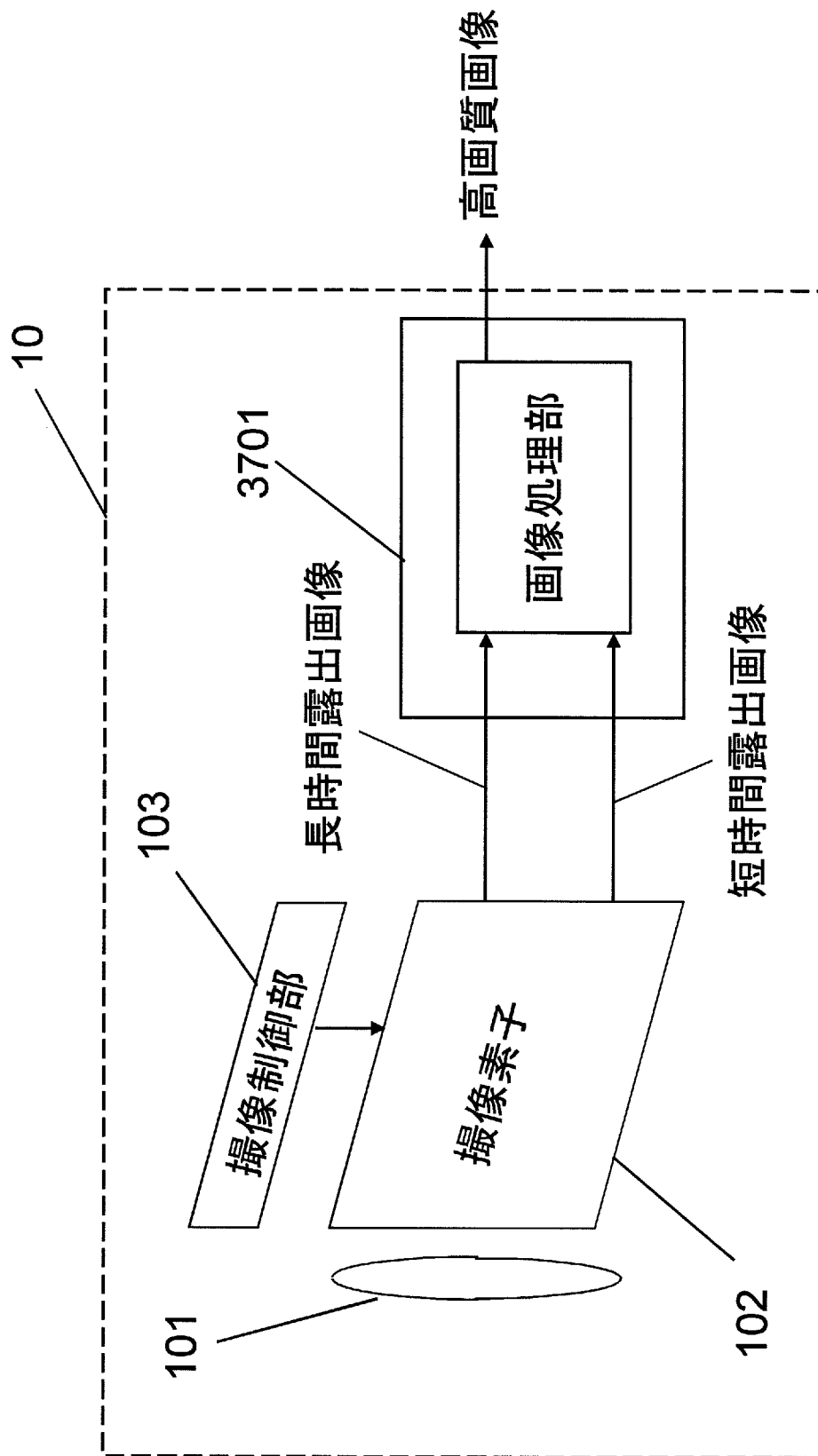
[図35]



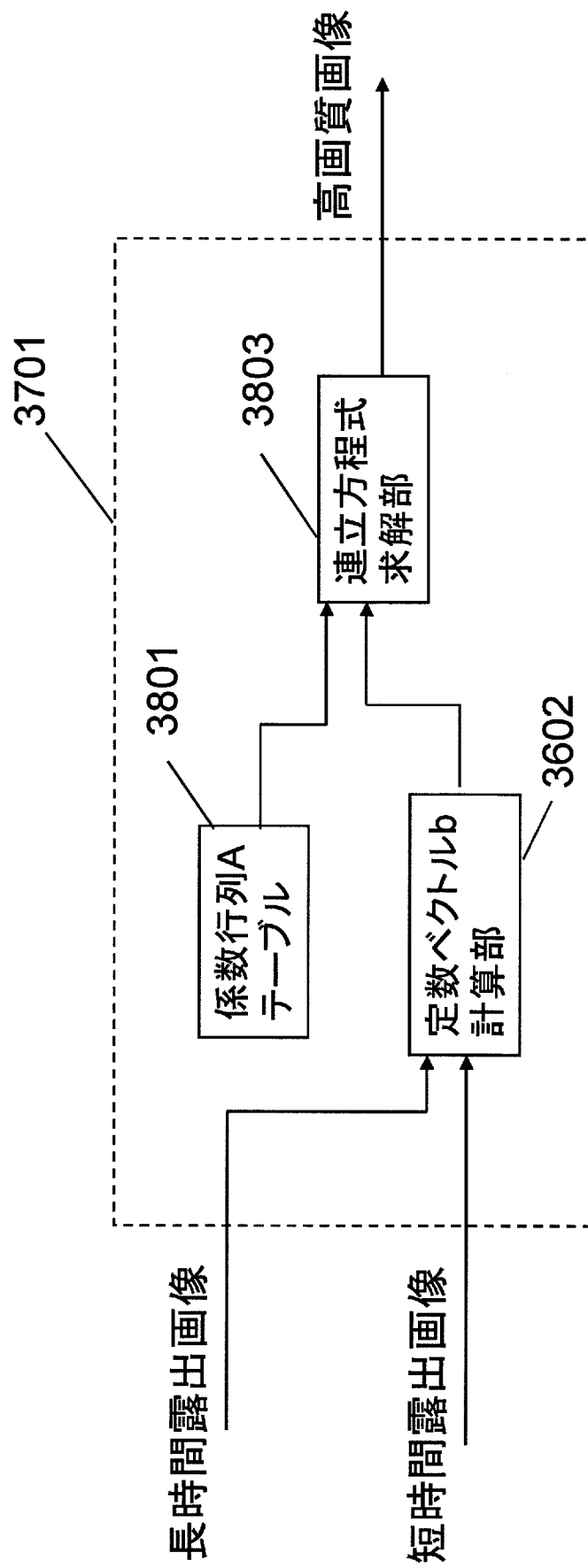
[図36]



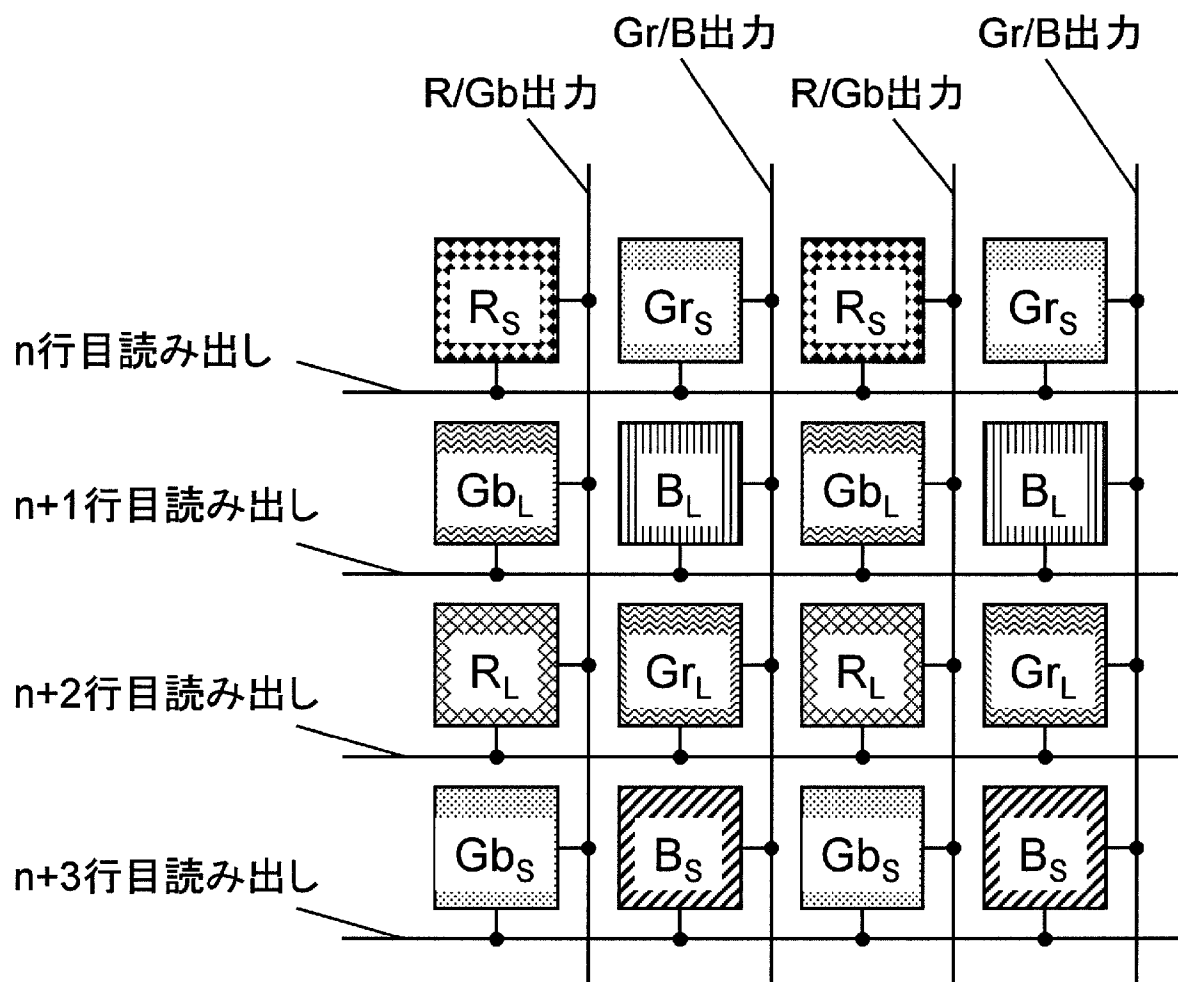
[図37]



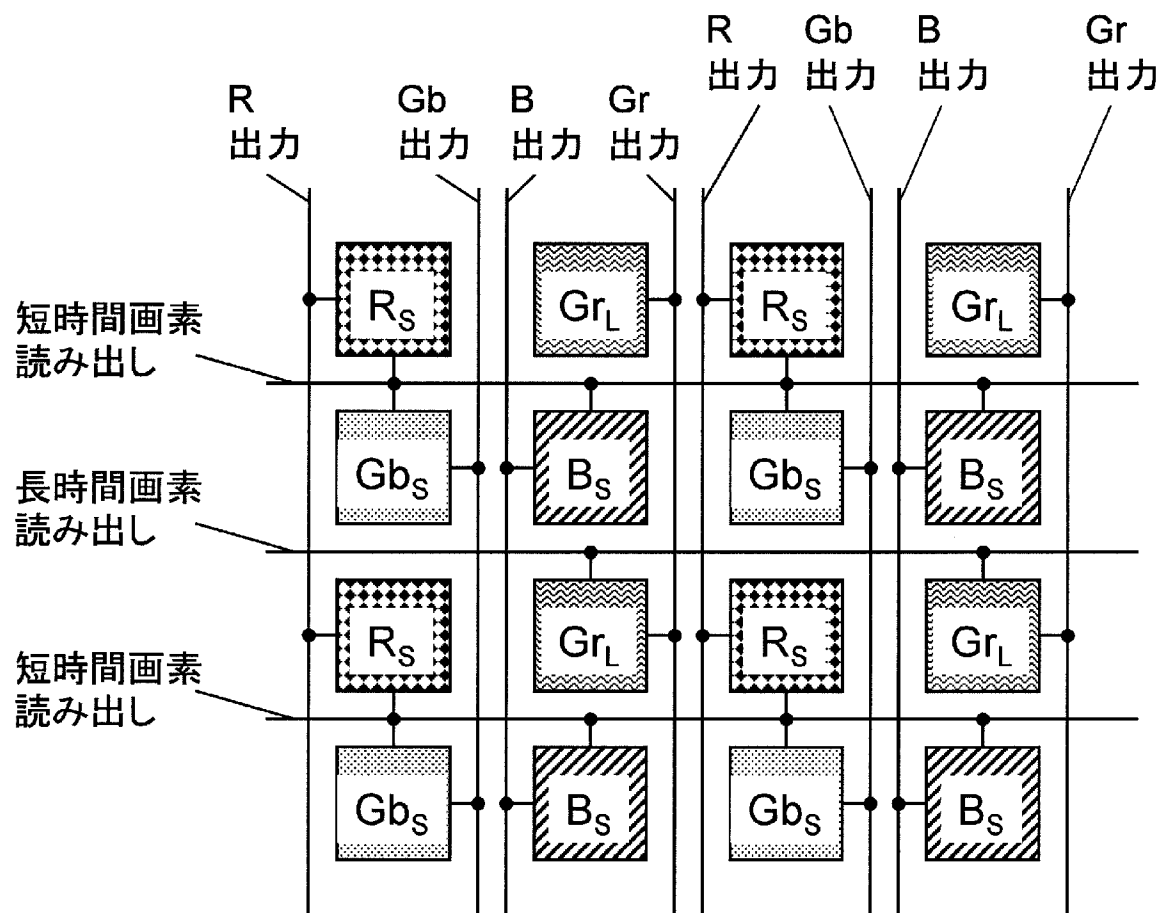
[図38]



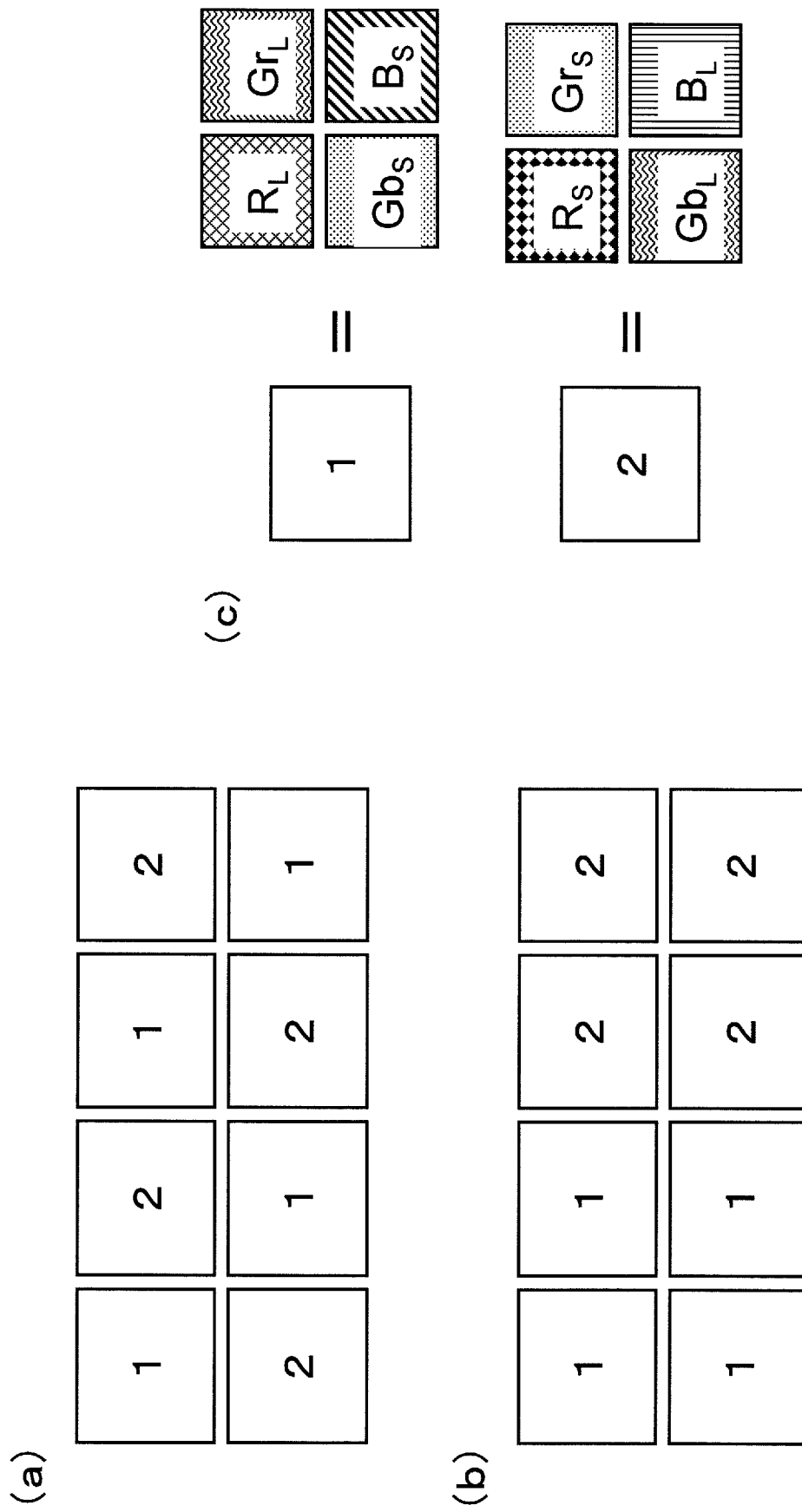
[図39]



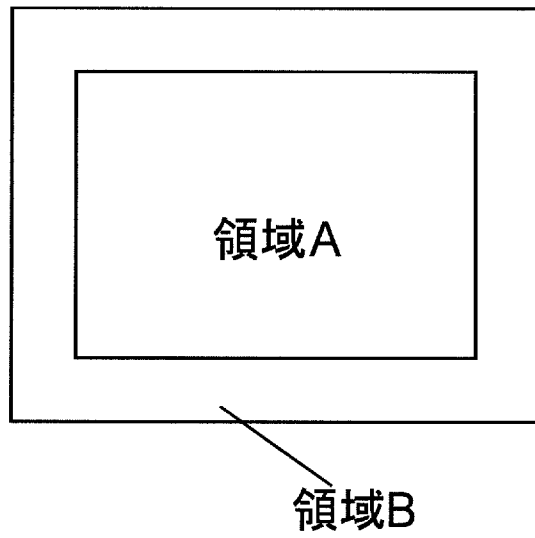
[図40]



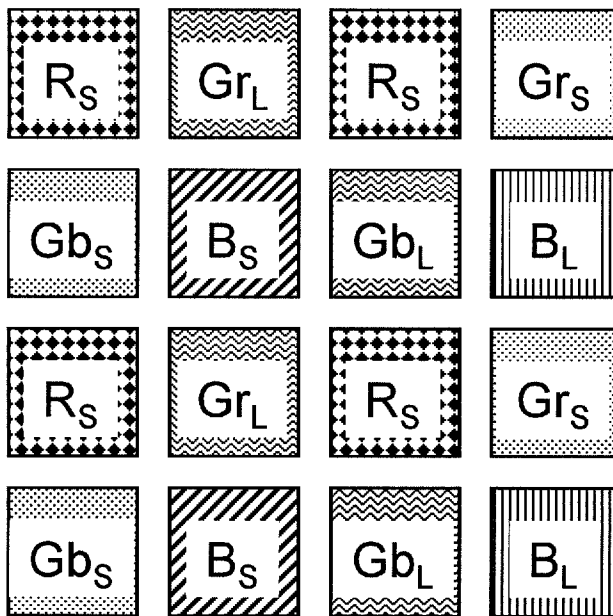
[図41]



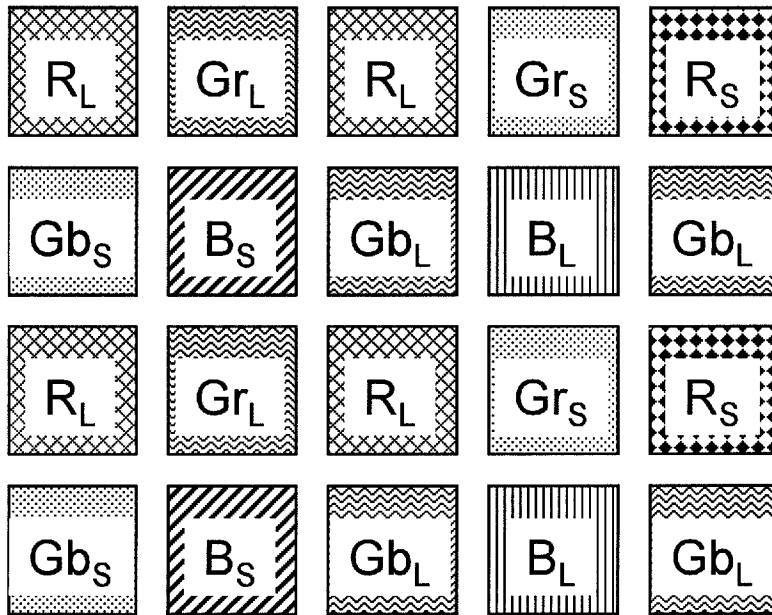
[図42]



[図43A]



[図43B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000993

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N9/07(2006.1) i, H04N5/335, 530(2006.1) 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)

H04N9/04-9/07, H04N5/335

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
A	WO 2010/090025 A1 (Panasonic Corp.), 12 August 2010 (12.08.2010), entire text; all drawings & US 2011-0043670 A1 & EP 002334085 A1 & CN 102106150 A & JP 004598165 B	1-23
A	JP 2007-088842 A (Konica Minolta Photo Imaging Kabushiki Kaisha), 05 April 2007 (05.04.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-23
A	JP 2003-250162 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 05 September 2003 (05.09.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-23

☒ 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
09 May, 2012 (09.05.12)

Date of mailing of the international search report
22 May, 2012 (22.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000993

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 8-037628 A (Canon Inc.), 06 February 1996 (06.02.1996), entire text; all drawings & US 007095434 B1	1-23

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H04N9/07(2006.01)i, H04N5/353(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 (IPC)) Int.Cl. H04N9/07, H04N5/353			
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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	
A	WO 2010/090025 A1 (パナソニック株式会社) 2010.08.12, 全文, 全図 & US 2011-0043670 A1 & EP 002334085 A1 & CN 102106150 A & JP 004598165 B	1-23	
A	JP 2007-088842 A (コミカミノルタフォトイメージング株式会社) 2007.04.05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-23	
☒ 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 20.06.2012		国際調査報告の発送日 22.05.2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 木方 庸輔	5C 9649
		電話番号 03-3581-1101 内線 3541	

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 2003-250162 A (富士写真フイルム株式会社) 2003.09.05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-23
A	JP 8-037628 A (キヤノン株式会社) 1996.02.06, 全文, 全図 & US 007095434 B1	1-23