(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
2006 年10 月19 日 (19.10.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/109683 A1

(51) 国際特許分類:
H04N 5/335 (2006.01) *H01L 31/10* (2006.01)
H01L 27/146 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/307349

(22) 国際出願日: 2006 年4 月6 日 (06.04.2006)

(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2005-111071 2005 年4 月7 日 (07.04.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人東北大学 (TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目１番１号 Miyagi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 須川 成利 (SUGAWA, Shigetoshi) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目１番１号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 赤羽 奈々 (AKAHANE, Nana) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目１番１号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).

(74) 代理人: 池田 憲保, 外(IKEDA, Noriyasu et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋１丁目４番１０号 第三森ビル Tokyo (JP).

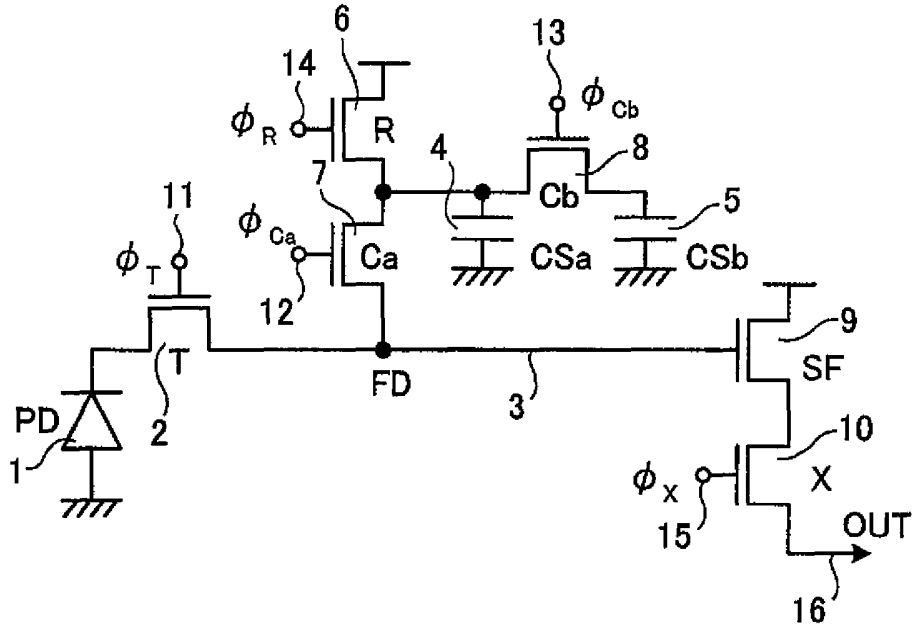
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

[続葉有]

(54) Title: LIGHT SENSOR, SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE AND METHOD FOR OPERATING SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE

(54) 発明の名称: 光センサ、固体撮像装置、および固体撮像装置の動作方法



(57) Abstract: In optical devices such as a light sensor provided with a photodiode which generates optical charges by receiving light and a transfer transistor (or an overflow gate) which transfers optical charges, and a solid-state image pickup device, optical charges overflowed from the photodiode are stored in a plurality of storage capacitor elements during storing operation, through the transfer transistor or the overflow gate. Thus, the optical devices which maintain a high sensitivity and a high S/N ratio and have a wide dynamic range can be obtained.

[続葉有]

WO 2006/109683 A1

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオード、及び、光電荷を転送する転送トランジスタ（又は、オーバーフローゲート）を備えた光センサ、固体撮像装置等の光デバイスにおいて、前記転送トランジスタまたはオーバーフローゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を複数の蓄積容量素子に蓄積する構成を有し、これによって、高感度、高Ｓ／Ｎ比を維持すると共に、ダイナミックレンジの広い光デバイスが得られる。

明 細 書

光センサ、固体撮像装置、および固体撮像装置の動作方法

技術分野

[0001] 本発明は、光センサ、固体撮像装置等の光デバイス、および、その動作方法に関し、特に、CMOS型あるいはCCD型の二次元ないしは一次元固体撮像装置と当該固体撮像装置の動作方法に関する。

背景技術

[0002] CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)イメージセンサあるいはCCD(Charge Coupled Device)イメージセンサなどのイメージセンサは、その特性向上とともに、デジタルカメラ、カメラ付き携帯電話、スキャナなどの用途に幅広く使用されてきている。

[0003] 上記のイメージセンサはさらなる特性向上が望まれており、そのひとつがダイナミックレンジ広くすることである。従来用いられているイメージセンサのダイナミックレンジは、例えば3～4桁(60～80dB)程度にとどまっており、肉眼や銀塩フィルムに匹敵する5～6桁(100～120dB)以上のダイナミックレンジをもつ高画質イメージセンサの実現が望まれている。

[0004] 上記のイメージセンサの画質特性を向上させる技術として、例えば非特許文献1などに、高感度および高S／N比化するために、各画素のフォトダイオードに隣接したフローティングディフュージョンで発生するノイズ信号と当該ノイズ信号に光信号が加算された信号とをそれぞれ読み出し、両者の差分をとることでノイズを抑圧する技術が開発されている。

[0005] しかしこの方法でもダイナミックレンジは80dB程度以下であり、これより広いダイナミックレンジ化をすることが望まれている。

[0006] 例えば、特許文献1には、図19に示すように、フォトダイオードPDに高感度低照度側の小容量C1のフローティングディフュージョンと低感度高照度側の大容量C2のフローティングディフュージョンを接続して、低照度側の出力OUT1と高照度側出力OUT2をそれぞれ出力することで広ダイナミックレンジ化する技術が開示されている。

[0007] また、特許文献2には、図20に示すように、フローティングディフュージョンFDの容量CSを可変とした広ダイナミックレンジ化技術が開示されている。他には、短い露光時間による高照度側に対応した撮像と長い露光時間により低照度に対応した撮像とを行い、互いに異なる2回以上の露光時間に分割することによって広ダイナミックレンジを実現する技術が開示されている。

[0008] また、特許文献3および非特許文献2には、図21に示すように、フォトダイオードPDと容量Cの間にトランジスタスイッチTを設け、1回目の露光期間でスイッチTをオンして光信号電荷をフォトダイオードPDと容量Cの両方に蓄積し、2回目の露光時間でスイッチTをオフして前者の蓄積電荷に加えてフォトダイオードPDで光電荷を蓄積することで広ダイナミックレンジ化する技術が開示されている。この例では、飽和を上回る光照射があった場合、過剰電荷はリセットトランジスタRを介して排出されている。

[0009] また、特許文献4には、図22に示すように、フォトダイオードPDとして容量Cを従来よりも大きなものを使用することで高照度撮像に対応できるようにする技術が開示されている。

[0010] また、非特許文献3には、図23に示すように、フォトダイオードPDからの光電流信号を、MOSトランジスタを組み合わせて構成されている対数変換回路により、対数変換しながら蓄積および出力することで、広ダイナミックレンジ化する技術が開示されている。

[0011] 特許文献1:特開2003－134396号公報

特許文献2:特開2000－165754号公報

特許文献3:特開2002－77737号公報

特許文献4:特開平5－90556号公報

非特許文献1:S. Inoue et al., IEEE Workshop on CCDs and Advanced Image Sensor 2001, pp.16-19.

非特許文献2:Y. Muramatsu et al., IEEE Journal of Sold-state Circuits, Vol.38, No. 1, 2003.

非特許文献3:映像情報メディア学会誌, Vol. 57, 2003.

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0012] しかしながら、上記の特許文献1、2、3および非特許文献2に記載の方法あるいは異なる2回以上の露光時間で撮像する方法では、低照度の撮像と高照度側の撮像を異なる時刻において行っているので、撮像時間にずれが生じ動画撮像の画質を損なうという問題がある。

[0013] また、上記の特許文献4および特許文献3に記載の方法では、高照度側の撮像に対応するようにして広ダイナミックレンジを達成できるものの、低照度側の撮像に関しては低感度、低S／N比となってしまい、画質を損なうという問題がある。

[0014] 上記のように、CMOSイメージセンサなどのイメージセンサにおいて、高感度、高S／N比を維持したままで広ダイナミックレンジ化を達成することが困難になっていた。また、上記のことは二次元アレイに画素を配置したイメージセンサに限ったことではなく、画素を一次元に配置したリニアセンサや複数の画素を持たない光センサでも同様であった。

[0015] 本発明は、上記の状況に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、高感度、高S／N比を維持したままで広ダイナミックレンジ化できる固体撮像素子とその動作方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明の態様に係る光センサは、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、前記転送トランジスタを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する複数の蓄積容量素子と、を備えたことを特徴とする。

[0017] 本発明の態様に係る固体撮像装置は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、前記転送トランジスタを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する複数の蓄積容量素子と、を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積されていることを特徴とする。

[0018] 本発明の態様に係る固体撮像装置は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと

、前記転送トランジスタを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を順次蓄積する第1および第2の蓄積容量素子を少なくとも含む複数の蓄積容量素子からなる蓄積容量素子群と、を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積されていることを特徴とする。

[0019] 本発明の態様に係る固体撮像装置は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送ゲートと、前記転送ゲートに接続された第1の蓄積ゲートと、前記転送ゲートおよび前記第1の蓄積ゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する第1の蓄積容量素子と、前記第1の蓄積容量素子に第2の蓄積ゲートを介して接続される第2の蓄積容量素子とを有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積されていることを特徴とする。

[0020] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記複数の蓄積容量素子が互いに蓄積ゲート手段を介して接続されている。

[0021] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記画素が、前記転送トランジスタを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域をさらに有する。

[0022] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記画素が、前記転送ゲートを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域をさらに有する。

[0023] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記第2の蓄積容量素子が、前記第1の蓄積容量素子よりも大きな容量を有する。

[0024] 上記の本発明の固体撮像装置は、前記複数の蓄積容量素子がすべて同じ容量を有していても良い。

[0025] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記フローティング領域または前記第1および第2の蓄積容量素子の少なくとも1つに接続され前記第1および第2の蓄積容量素子および前記フローティング領域内の信号電荷を排出するためのリセットトランジスタと、前記フローティング領域の信号電荷、または前記フローティング領域と前記第1および第2の蓄積容量素子の少なくとも一方との信号電荷を電圧として読み出すための増幅トランジスタと、前記増幅トランジスタに接続され前記画素を選択するための選択トランジスタと、をさらに有する。

[0026] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記フローティング領域、前記第1の蓄積容量素子、および前記第2の蓄積容量素子の1つまたは複数から得られた電圧信号と、前記フローティング領域に前記フォトダイオードからの前記光電荷を転送するとともに前記第1の蓄積ゲートおよび前記第2の蓄積ゲートのうちの少なくとも1つをオンとして、前記フローティング領域、前記第1の蓄積容量素子、および前記第2の蓄積容量素子の1つまたは複数に転送された光電荷から得られた電圧信号と、の差分を取るノイズキャンセル手段を、さらに有する。

[0027] また、本発明の別の態様に係る固体撮像装置は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、前記転送トランジスタを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域と、前記転送トランジスタに接続される第1の蓄積トランジスタと、蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を前記転送トランジスタおよび前記第1の蓄積トランジスタを通じて蓄積する第1の蓄積容量素子と、前記第1の蓄積容量素子からあふれる光電荷を転送する第2の蓄積トランジスタと、前記第1の蓄積容量素子からあふれる光電荷を前記第2の蓄積トランジスタを通じて蓄積する第2の蓄積容量素子と、を少なくとも有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積されていることを特徴とする。

[0028] また、本発明の更に別の態様に係る固体撮像装置の動作方法は、上記した固体撮像装置の動作方法であって、電荷蓄積前において、前記第1および第2の蓄積トランジスタをオンとして、前記フローティング領域および前記第1および第2の蓄積容量素子内の光電荷を排出する工程と、前記フォトダイオードで発生する光電荷のうち飽和前電荷を前記フォトダイオードに蓄積し、前記フォトダイオードからあふれる過飽和電荷を前記フローティング領域および前記第1の蓄積容量素子において蓄積する工程と、前記第1の蓄積トランジスタをオフとして、前記フローティング領域内の光電荷を排出する工程と、前記転送トランジスタをオンとして前記飽和前電荷を前記フローティング領域に転送し、前記飽和前電荷の電圧信号を示す飽和前信号を読み出す工程と、前記第1の蓄積トランジスタをオンとして、前記飽和前電荷と前記フォトダイオードからあふれる前記過飽和電荷との和の電圧信号を示す第1の過飽和信号を読み出

す工程と、前記第2の蓄積トランジスタをオンとして、前記飽和前電荷と前記フォトダイオードからあふれる前記過飽和電荷と前記第1の蓄積容量素子からあふれる過飽和電荷との和の電圧信号を示す第2の過飽和信号を読み出す工程とを有することを特徴とする。

[0029] 上記の本発明の固体撮像装置の動作方法は、好適には、前記飽和前信号と、前記第1の過飽和信号と、前記第2の過飽和信号との少なくともいずれか一つを所定の基準電圧との比較によって選択する出力信号選択工程をさらに有する。

[0030] 上記の本発明の固体撮像装置の動作方法は、好適には、前記出力信号選択工程が、前記飽和前信号が第1の基準電圧より大きい場合に出力信号として前記第1の過飽和信号を選択し、前記第1の過飽和信号が第2の基準電圧より大きい場合に出力信号として前記第2の過飽和信号を選択する。

[0031] また、本発明の他の態様に係る光センサは、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、前記フォトダイオードに接続されるオーバーフローゲートと、前記オーバーフローゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する複数の蓄積容量素子と、を備えたことを特徴とする。

[0032] 更に、本発明の更に他の態様に係る固体撮像装置は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、前記フォトダイオードに接続されるオーバーフローゲートと、前記オーバーフローゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する複数の蓄積容量素子と、を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積されたことを特徴とする。

[0033] 本発明の別の態様に係る固体撮像装置は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、前記フォトダイオードに接続されるオーバーフローゲートと、前記オーバーフローゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を順次蓄積する第1および第2の蓄積容量素子を少なくとも含む複数の蓄積容量素子からなる蓄積容量素子群と、を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積さ

れたことを特徴とする。

[0034] また、本発明の更に別の態様に係る固体撮像装置は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送ゲートと、前記フォトダイオードに接続され蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を転送するオーバーフローゲートと、前記オーバーフローゲートに接続された第1の蓄積ゲートと、前記オーバーフローゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する第1の蓄積容量素子と、前記第1の蓄積容量素子に接続される第2の蓄積ゲートと、前記第1の蓄積容量素子に前記第2の蓄積ゲートを介して接続される第2の蓄積容量素子とを有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積されていることを特徴とする。

[0035] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記オーバーフローゲートがMOS型トランジスタまたは接合型トランジスタからなる。

[0036] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記複数の蓄積容量素子が互いに蓄積トランジスタを介して接続されている。

[0037] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記画素が、前記転送トランジスタを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域をさらに有する。

[0038] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記画素が、前記転送ゲートを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域をさらに有する。

[0039] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記第2の蓄積容量素子が、前記第1の蓄積容量素子よりも大きな容量を有する。

[0040] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記複数の蓄積容量素子がすべて同じ容量を有する。

[0041] 上記の本発明の固体撮像装置は、好適には、前記フローティング領域または前記第1および第2の蓄積容量素子の少なくとも1つに接続され前記第1および第2の蓄積容量素子および前記フローティング領域内の信号電荷を排出するためのリセットトランジスタと、前記フローティング領域の信号電荷、または前記フローティング領域と前記第1および第2の蓄積容量素子の少なくとも一方との信号電荷を電圧として読み出すための増幅トランジスタと、前記増幅トランジスタに接続され前記画素を選択する

ための選択トランジスタと、をさらに有する。

[0042] 本発明の他の態様に係る固体撮像装置は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、前記転送トランジスタを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域と、前記フォトダイオードに接続されるオーバーフローゲートと、蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を前記オーバーフローゲートを通じて蓄積する第1の蓄積容量素子と、前記第1の蓄積容量素子からあふれる光電荷を転送する第1の蓄積トランジスタと、前記第1の蓄積容量素子からあふれる光電荷を前記第1の蓄積トランジスタを通じて蓄積する第2の蓄積容量素子と、前記フローティング領域と前記第1の蓄積容量素子の間に接続された第2の蓄積トランジスタと、を少なくとも有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積されていることを特徴とする。

[0043] また、本発明の別の態様に係る固体撮像装置の動作方法は、上記した固体撮像装置の動作方法であって、電荷蓄積前において、前記第1の蓄積トランジスタおよび前記第2の蓄積トランジスタをオンとして、前記フローティング領域および前記第1および第2の蓄積容量素子内の光電荷を排出する工程と、前記フォトダイオードで発生する光電荷のうち飽和前電荷を前記フォトダイオードに蓄積し、前記フォトダイオードからあふれる過飽和電荷を前記オーバーフローゲートを介して前記第1の蓄積容量素子において蓄積する工程と、前記転送トランジスタをオンとして前記飽和前電荷を前記フローティング領域に転送し、前記飽和前電荷の電圧信号を示す飽和前信号を読み出す工程と、前記第2の蓄積トランジスタをオンとして、前記飽和前電荷と前記フォトダイオードからあふれた前記過飽和電荷との和の電圧信号を示す第1の過飽和信号を読み出す工程と、前記第1の蓄積トランジスタをオンとして、前記飽和前電荷と前記フォトダイオードからあふれた前記過飽和電荷と前記第1の蓄積容量素子からあふれた過飽和電荷との和の電圧信号を示す第2の過飽和信号を読み出す工程と、を有することを特徴とする。

[0044] 上記の本発明の固体撮像装置の動作方法は、好適には、前記飽和前信号と、前記第1の過飽和信号と、前記第2の過飽和信号との少なくともいずれか一つを所定の基準電圧との比較によって選択する出力信号選択工程をさらに有する。

[0045] 上記の本発明の固体撮像装置の動作方法は、好適には、前記出力信号選択工程が、前記飽和前信号が第1の基準電圧より大きい場合に出力信号として前記第1の過飽和信号を選択し、前記第1の過飽和信号が第2の基準電圧より大きい場合に出力信号として前記第2の過飽和信号を選択する。

発明の効果

[0046] 本発明の固体撮像装置によれば、光を受光して光電荷を生成および蓄積するフォトダイオードによる低照度撮像において高感度、高S／N比を維持し、さらに複数の蓄積容量にフォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積することで高照度における撮像を行って広ダイナミックレンジ化することができる。

図面の簡単な説明

[0047] [図1]本発明の第1実施形態に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る固体撮像装置の概略断面図である。

[図3]本発明の第1実施形態に係る固体撮像装置の一画素の概略平面図である。

[図4]本発明の第1実施形態に係る固体撮像装置のブロック図である。

[図5]本発明の第1実施形態に係る固体撮像装置の主要な駆動タイミング図である。

[図6]本発明の第1実施形態に係る固体撮像装置の概略ポテンシャル図である。

[図7]本発明の第1実施形態に係る固体撮像装置の光電変換特性の概略図である。

[図8]本発明の第2実施形態に係る固体撮像装置の駆動タイミング図である。

[図9]本発明の第2実施形態に係る固体撮像装置の概略ポテンシャル図である。

[図10]本発明の第3実施形態に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図である。

[図11]本発明の第3実施形態に係る固体撮像装置の概略断面図である。

[図12]本発明の第3実施形態に係る固体撮像装置の駆動タイミング図である。

[図13]本発明の第3実施形態に係る固体撮像装置の概略ポテンシャル図である。

[図14]本発明の第4実施形態に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図である。

[図15-1]本発明の第4実施形態に係る固体撮像装置の概略断面図である。

[図15-2]本発明の第4実施形態に係る固体撮像装置の他の概略断面図である。

[図16]本発明の第4実施形態に係る固体撮像装置の一画素の概略平面図である。

[図17]本発明の第5実施形態に係る固体撮像装置のブロック図である。

[図18]本発明の実施例1に係る固体撮像装置の光電変換特性を示す図である。

[図19]本発明の特許文献1に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図である。

[図20]本発明の特許文献2に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図である。

[図21]本発明の特許文献3に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図である。

[図22]本発明の特許文献4に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図である。

[図23]本発明の非特許文献3に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図である。

発明を実施するための最良の形態

[0048] 以下に本発明の固体撮像装置の実施の形態について、図面を参照して説明する。

[0049] 第1実施形態

本実施例に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図を図1に、概略断面図を図2に、概略平面図を図3に示す。

[0050] 各画素は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードPD1と、フォトダイオードPD1に隣接して設けられた光電荷を転送する転送トランジスタT2と、転送トランジスタT2を介してフォトダイオードPD1に接続して設けられたフローティングディフュージョンFD3と、露光蓄積動作時に前記フォトダイオードPD1からあふれる光電荷を、転送トランジスタT2を通じて蓄積する第1の蓄積容量CSa4および第2の蓄積容量CSb5と、第1の蓄積容量CSa4に接続して形成され、第1の蓄積容量CSa4、第2の蓄積容量CSb5およびフローティングディフュージョンFD3内の信号電荷を排出するためのリセットトランジスタR6と、フローティングディフュージョンFD3と第1の蓄積容量CSa4の間に設けられた第1の蓄積トランジスタCa7と、第1の蓄積容量CSa4と第2の蓄積容量CSb5の間に設けられた第2の蓄積トランジスタCb8と、フローティングディフュージョンFD3の信号電荷またはフローティングディフュージョンFD3と第1の蓄積容量CSa4の信号電荷またはフローティングディフュージョンFD3と第1の蓄積容量CSa4と第2の蓄積容量CSb5の信号電荷を電圧として読み出すための増幅トランジスタSF9と、増幅トランジスタに接続して設けられ前記画素ないしは画素ブロックを選択するための選択トランジスタX10とから構成されている。

[0051] 本実施形態に係る固体撮像装置は、上記の構成の画素が二次元または一次元のアレイ状に複数個集積されており、各画素において、転送トランジスタT2、第1の蓄

積トランジスタCa7、第2の蓄積トランジスタCb8、リセットトランジスタR6のゲート電極に、φT11、φCa12、φCb13、φR14の各駆動ラインが接続され、また、選択トランジスタX10のゲート電極には行シフトレジスタから駆動される画素選択ラインφX15が接続され、さらに、選択トランジスタX10の出力側ソースに出力ラインOUT16が接続され、列シフトレジスタにより制御されて出力される。

[0052] 図2において、例えば、n型シリコン半導体基板(n－sub)20にp型ウェル(p－well)21が形成されており、さらに、p型ウェル21中にn型半導体領域22が形成され、その表層にp＋型半導体領域23が形成され、このpn接合により電荷転送埋め込み型のフォトダイオードPDが構成されている。pn接合に適当なバイアスを印加して発生させた空乏層中に光LTが入射すると、光電効果により光電荷が生じる。

[0053] n型半導体領域22の端部においてp＋型半導体領域23よりはみ出して形成された領域があり、この領域から所定の距離を離間してp型ウェル21の表層にフローティングディフュージョンFDとなるn＋型半導体領域24が形成され、この領域から所定の距離を離間してn＋型半導体領域25とさらにn＋型半導体領域26が形成されている。

[0054] ここで、n型半導体領域22とn＋型半導体領域24に係る領域において、p型ウェル21上面に酸化シリコンなどからなるゲート絶縁膜を介してポリシリコンなどからなるゲート電極が形成され、n型半導体領域22とn＋型半導体領域24をソース・ドレインとし、p型ウェル21の表層にチャネル形成領域を有する転送トランジスタT2が構成されている。

[0055] また、n＋型半導体領域24とn＋型半導体領域25に係る領域において、p型ウェル21上面に酸化シリコンなどからなるゲート絶縁膜を介してポリシリコンなどからなるゲート電極が形成され、n＋型半導体領域24とn＋型半導体領域25をソース・ドレインとし、p型ウェル21の表層にチャネル形成領域を有する蓄積トランジスタCaが構成されている。

[0056] さらにまた、n＋型半導体領域25とn＋型半導体領域26に係る領域において、p型ウェル21上面に酸化シリコンなどからなるゲート絶縁膜を介してポリシリコンなどからなるゲート電極が形成され、n＋型半導体領域25とn＋型半導体領域26をソース・ド

レインとし、p型ウェル21の表層にチャネル形成領域を有する蓄積トランジスタCbが構成されている。ここで第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧は転送トランジスタTの閾値電圧よりも低くしておく。

[0057] 図3において、フォトダイオードPD1の周囲に、転送トランジスタT2と、第1の蓄積容量CSa4、第2の蓄積容量CSb5と、リセットトランジスタR6と、第1の蓄積トランジスタCa7と、第2の蓄積トランジスタCb8と、増幅トランジスタSF9と、選択トランジスタX10が形成される領域が示されている。フローティングディフュージョンFD3は不図示であるが転送トランジスタT2と第1の蓄積容量CSa4の近傍に設けられている。

[0058] 図4に本実施形態の固体撮像装置のブロック図を示す。2次元に配置された画素アレイ(30、31、32、33)の周辺部に行シフトレジスタ34、列シフトレジスタ35、信号およびノイズホールド部36、出力回路37を設けている。ここでは簡単のため2画素×2画素の画素アレイを示しているが、画素の数はこれに限定されない。

[0059] 各画素から順次読み出される信号は、雑音信号N1、およびFDで電荷電圧変換された飽和前の光信号＋雑音信号(S1＋N1)、雑音信号N2、FD＋CSaで電荷電圧変換された飽和前と飽和後の加算された光信号＋雑音信号(S1＋S2＋N2)、雑音信号N3、FD＋CSa＋CSbで電荷電圧変換された飽和前と飽和後の加算された光信号＋雑音信号(S1＋S2＋S3＋N3)となる。減算回路によりノイズ除去(S1＋N1)－N1、(S1＋S2＋N2)－N2、(S1＋S2＋S3＋N3)－N3の動作を行い、ランダムノイズ成分および固定パターンノイズ成分の両方を除去する。後述するように蓄積開始直後ノイズ信号N1、N2、N3のひとつないしは複数が読み出される場合に対応して、ノイズ信号をフレームメモリに一旦保存した後、減算回路によりノイズ除去を行う。このようにして、ノイズ除去された飽和前側信号S1および過飽和側信号S1＋S2、S1＋S2＋S3を得られる。

[0060] 減算回路、フレームメモリは、イメージセンサチップ上に形成しても、また別チップとして形成してもどちらでも構わない。

[0061] 図1から図4で説明される本実施形態の固体撮像装置の動作方法について説明する。図5は本実施形態の固体撮像装置の主要な駆動タイミング図、図6は画素のフォトダイオードからフローティングディフュージョンFD、第1の蓄積容量をへて第2の蓄

積容量にいたる部分の概略ポテンシャル図である。

[0062] 図5及び図6を参照すると、まず、露光蓄積前に、第1の蓄積トランジスタCaおよび第1の蓄積トランジスタCbをオン、転送トランジスタT、リセットトランジスタRをオフにセットされる。次に、リセットトランジスタR、転送トランジスタTをオンしてフローティングディフュージョンFDと第1の蓄積容量CSa、第2の蓄積容量CSbのリセットを行う(時刻t_0)。このとき、フォトダイオードPDは完全空乏化している。次に、リセットトランジスタRをオフした直後に取り込まれるFD+CSa+CSbのリセットノイズをN3として読み出す(時刻t_1)。この際ノイズ信号N3には増幅トランジスタSFの閾値電圧ばらつきが固定パターンノイズ成分として含まれる。

[0063] 次に、第2の蓄積トランジスタCbをオフすると、FD+CSa+CSbに蓄積されていた信号電荷はFD+CSaとCSbにその容量比に応じて分配される。このうち、FD+CSaに分配された信号をN2として読み出す(時刻t_2)。この際、N2にも増幅トランジスタSFの閾値電圧ばらつきが固定パターンノイズ成分として含まれる。蓄積期間中(時刻t_3)においては、第1の蓄積トランジスタCaをオン、第2の蓄積トランジスタCb、リセットトランジスタR、選択トランジスタXをオフした状態で、フォトダイオードPDが飽和前の光電荷はフォトダイオードPDで蓄積し、また飽和を超えた際の過剰光電荷は、転送トランジスタTおよび第1の蓄積トランジスタCaを介して、N2に重畳して、フローティングディフュージョンFDおよび第1の蓄積容量CSaに蓄積する。さらに、強い光の照射がありフォトダイオードPDおよび第1の蓄積容量CSaの飽和を超えた際の過剰光電荷は第2の蓄積トランジスタCbを介して第2の蓄積容量CSbにも蓄積する。第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧が転送トランジスタTの閾値電圧よりも低く設定されているので、フローティングディフュージョンFDおよび第1の蓄積容量CSaが飽和した際にはフォトダイオードPD側に過剰電荷が戻ることなく、第2の蓄積容量CSbに効率的に転送される。この動作により、過飽和状態においてフォトダイオードPDからあふれた電荷を捨てずに有効活用する。このようにして、飽和前および過飽和後とも画素毎に同一のフォトダイオードPDで同一期間内に受光することで蓄積動作を行なう。

[0064] 蓄積終了後(時刻t_4)に選択トランジスタXをオンした後、第1の蓄積トランジスタCaをオフすると、FD+CSaに蓄積されていた信号電荷はフローティングディフュージョ

ンFDと蓄積容量CSaにその容量比に応じて分配される。このうちフローティングディフュージョンFDに分配された信号をN1として読み出す。この際N1にも増幅トランジスタSFの閾値電圧ばらつきが固定パターンノイズ成分として含まれる。次に、転送トランジスタTをオンしてフォトダイオードPDに蓄積された光信号電荷をフローティングディフュージョンFDへ完全転送し信号N1に重畳してS1＋N1として信号を読み出す(時刻t_5)。次に第1の蓄積トランジスタCaもオンして(時刻t_6)、FDの電荷とCSaに蓄積された電荷を混合して、S1＋S2＋N2として信号を読み出す。次に第2の蓄積トランジスタCbもオンして(時刻t_7)、FD＋CSaの電荷とCSbに蓄積された電荷を混合して、S1＋S2＋S3＋N3として信号を読み出す。

[0065] 次に、リセットトランジスタRをオンしてフローティングディフュージョンFDと第1の蓄積容量CSa、第2の蓄積容量CSbのリセットを行う(時刻t_8)。以上の動作を繰り返すことで本実施形態の固体撮像素子は動作する。

[0066] ダイナミックレンジの拡大率は、FDの容量をC_{FD}、第1の蓄積容量CSaの容量をC_{CS_a}、第2の蓄積容量CSbの容量をC_{CSb}とすると、簡単には$(C_{FD}+C_{CSa}+C_{CSb})/C_{FD}$と表せる。実際には、リセットトランジスタRのクロックフィードスルーの影響はFD、FD＋CSa、FD＋CSa＋CSbをリセットする順番で受けにくくなり、飽和前側信号S1の飽和電圧よりも過飽和側信号S1＋S2の飽和電圧が高くなり、さらに過飽和側信号S1＋S2＋S3の飽和信号のほうが高くなるので、ダイナミックレンジはこれ以上の比率で拡大する。高いフォトダイオード開口率を維持した上で画素サイズを拡大せずダイナミックレンジを効果的に拡大するためには、面積効率の良い大きな蓄積容量を形成できることが求められる。

[0067] 広ダイナミックレンジ信号の合成は、ノイズ除去された飽和前側信号S1、第1の過飽和側信号(S1＋S2)、第2の過飽和側信号(S1＋S2＋S3)のいずれかの信号を選択することで実現する。図7はS1、S1＋S2、S1＋S2＋S3の信号選択の様子を表した概略的光電変換特性図である。S1、S1＋S2、S1＋S2＋S3の選択は、予め設定したS1と(S1＋S2)の切り替え基準電圧とS1の信号出力電圧を比較すること、および、(S1＋S2)と(S1＋S2＋S3)の切り替え基準電圧と(S1＋S2)の信号出力電圧を比較することで、S1またはS1＋S2またはS1＋S2＋S3のいずれかの信号を

選択することで実現する。

[0068] ここでS1と(S1＋S2)の切り替え基準電圧と、(S1＋S2)と(S1＋S2＋S3)の切り替え基準電圧は同じ電圧でも構わない。図7ではS1と(S1＋S2)の切り替え基準電圧と、(S1＋S2)と(S1＋S2＋S3)の切り替え基準電圧が同一のものとして表している。この切り替え基準電圧は、S1およびS1＋S2の飽和電圧ばらつきの影響を受けないようにS1飽和電圧およびS1＋S2飽和電圧よりも低くし、かつ、切り替え点における過飽和側信号S1＋S2(図7中A点)およびS1＋S2＋S3(図7中B点)とノイズ除去後に残留するノイズ信号(図7中C点)とのS／N比を高く維持するような電圧に設定すればよい。このS／N比は、固体撮像装置で得られる画像を人間の目で鑑賞するような用途に使用する場合には、輝度のばらつきが観測されないように、好ましくは40dB以上、より好ましくは43dB以上、さらに好ましくは46dB以上になるように設定する。

[0069] ここで、第1の過飽和側信号S1＋S2はそのゲインに$(C_{FD}+C_{CSa})/C_{FD}$比を乗じることで飽和前側信号S1のゲインに合せることができ、また、第2の過飽和側信号S1＋S2＋S3はそのゲインに$(C_{FD}+C_{CSa}+C_{CSb})/C_{FD}$比を乗じることで飽和前側信号S1のゲインに合せることができる。このようにして低照度から高照度までリニアな信号で選択合成された広ダイナミックレンジ拡大された映像信号を得ることができる。

[0070] 上述した動作からも明らかなように、本固体撮像装置では飽和前側と第1の過飽和側の信号電荷を混合して第1の過飽和側の信号S1＋S2としているので、S1＋S2には、最低でも飽和前側光信号S1の飽和に近い信号電荷が存在し、第1の過飽和側におけるリセットノイズ、暗電流などのノイズ成分に対する許容度が高くなる。同様に、第2の過飽和側の信号S1＋S2＋S3には、最低でも第1の過飽和側の信号S1＋S2の飽和に近い信号電荷が存在し、第2の過飽和側におけるリセットノイズ、暗電流などのノイズ成分に対する許容度が高くなる。第1の過飽和側の信号S1＋S2および第2の過飽和側の信号S1＋S2＋S3に対するノイズ許容度が高くなることを利用して、図5に示す次フィールドの信号N3'やN2'を利用して、S1＋S2＋S3＋N3とN3'の差分((S1＋S2＋S3＋N3)－N3')やS1＋S2＋N2とN2'の差分((S1＋S2＋N2)－N2')を取り固定パターン雑音成分を除去することでも、飽和前側と過飽和側信

号の選択切り替え点付近においても、十分なS／N比を確保することが可能となる。したがって、必ずしもフレームメモリは必要ではない。

[0071] このように、フォトダイオードPDが飽和していない低照度撮像においてはノイズをキャンセルして得た飽和前電荷信号（S1）により高感度、高S／N比を維持することができ、さらにフォトダイオードPDが飽和した高照度撮像においては、フォトダイオードからあふれる光電荷を第1および第2の蓄積容量により蓄積してこれを取り入れ、上記同様にノイズをキャンセルして得た信号（S1＋S2）および（S1＋S2＋S3）により、高S／N比を維持して、高照度側に十分に広いダイナミックレンジ拡大を実現できる。

[0072] 本実施形態の固体撮像装置は、上記のように低照度側の感度を下げずに高照度側の感度を上げて広ダイナミックレンジ化を図るほか、電源電圧を通常用いられている範囲から上げないので将来のイメージセンサの微細化に対応することができる。素子の追加は極小に抑えられており、画素サイズの拡大を招くことはない。

[0073] さらに、従来の広ダイナミックレンジ化を実現するイメージセンサのように高照度側と低照度側で蓄積時間を分割しない、即ち、フレームをまたがずに同一の蓄積時間に蓄積しているので、動画の撮像においても画質を劣化させることがない。

[0074] また、フローティングディフュージョンFDのリーク電流についても、本実施形態のイメージセンサではC_{FD}＋C_{CSa}の最小信号が過飽和電荷＋フォトダイオードPDからの飽和電荷となり、また、C_{FD}＋C_{CSa}＋C_{CSb}の最小信号が過飽和電荷＋フォトダイオードPDからの飽和電荷＋フローティングディフュージョンFDと第1の蓄積容量CSaの飽和電荷となってFDリークの電荷よりも大きな電荷量を取り扱うようになるので、FDリークの影響を受け難いという利点がある。

[0075] 上記の実施形態では、第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧を転送トランジスタTの閾値電圧よりも低くしているが、第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧を転送トランジスタTの閾値電圧と同程度にし、蓄積期間中に第2の蓄積トランジスタCbのゲート電位を正にして、フローティングディフュージョンFDおよび第1の蓄積容量CSaが飽和した際にフォトダイオードPD側に過剰電荷が戻ることなく、第2の蓄積容量CSbに効率的に転送してもよい。

[0076] 上記の実施形態は2つの蓄積容量を使用したものであるが、3つ以上の蓄積容量

を使用しても同様に構成し動作させることができる。3つ以上の蓄積容量を使用する際にも、切り替え基準電圧を、飽和電圧ばらつきの影響を受けないように飽和電圧よりも低くし、かつ切り替え点における信号とノイズの比S／N比を高く維持するような電圧を設定してやればよい。3つ以上の蓄積容量を使用することで高S／N比を維持して、高照度側にさらに十分に広いダイナミックレンジ拡大を実現できる。また、複数の蓄積容量はすべて同じ容量値を有してもよいし、異なっていてもよい。好ましくは、フローティングディフュジョンFDから離れた位置にある蓄積容量ほど大きな容量値を有している方がよい。

[0077] 第2実施形態

本実施形態は、第1の実施形態に係る本実施例に係る固体撮像装置の他の動作方法にもとづく実施形態である。本実施形態の固体撮像装置の構成は図1から図4で説明される第1の実施形態の固体撮像装置と同様である。ただし第1の蓄積トランジスタCaおよび第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧は転送トランジスタTの閾値電圧よりも低くしておく。

[0078] 図8は本実施形態の固体撮像装置の主要な駆動タイミング図、図9は画素のフォトダイオードからフローティングディフュージョンFD、第1の蓄積容量をへて第2の蓄積容量にいたる部分の概略ポテンシャル図である。

[0079] まず、露光蓄積前に、第1の蓄積トランジスタCaおよび第2の蓄積トランジスタCbをオン、転送トランジスタT、リセットトランジスタRをオフにセットする。次に、リセットトランジスタR、転送トランジスタTをオンしてフローティングディフュージョンFDと第1の蓄積容量CSa、第2の蓄積容量CSbのリセットを行う（時刻t_0'）。このとき、フォトダイオードPDは完全空乏化している。

[0080] 次にリセットトランジスタRをオフした直後に取り込まれるFD＋CSa＋CSbのリセットノイズをN3として読み出す（時刻t_1'）。この際ノイズ信号N3には増幅トランジスタSFの閾値電圧ばらつきが固定パターンノイズ成分として含まれる。次に、第2の蓄積トランジスタCbをオフすると、FD＋CSa＋CSbに蓄積されていた信号電荷はFD＋CSaとCSbにその容量比に応じて分配される。このうちFD＋CSaに分配された信号をN2として読み出す（時刻t_2'）。この際N2にも増幅トランジスタSFの閾値電圧ばらつき

が固定パターンノイズ成分として含まれる。

[0081] 次に、第1の蓄積トランジスタCaをオフすると、FD＋CSaに蓄積されていた信号電荷はFDとCSaにその容量比に応じて分配される。このうち、FDに分配された信号をN1として読み出す(時刻t_3')。この際N1にも増幅トランジスタSFの閾値電圧ばらつきが固定パターンノイズ成分として含まれる。蓄積期間中(時刻t_4')においては、第1の蓄積トランジスタCa、第2の蓄積トランジスタCb、リセットトランジスタR、選択トランジスタXをオフした状態で、フォトダイオードPDが飽和する前の光電荷はフォトダイオードPDで蓄積し、また飽和を超えた際の過剰光電荷は、転送トランジスタTを介してN1に重畳して、フローティングディフュージョンFDに蓄積する。より強い光の照射があり、フォトダイオードPDおよびフローティングディフュージョンFDの飽和を超えた際の過剰電荷は第1の蓄積トランジスタCaを介して、N2に重畳して、第1の蓄積容量CSaに蓄積する。さらに、強い光の照射がありフォトダイオードPDおよびフローティングディフュージョンFDおよび第1の蓄積容量CSaの飽和を超えた際の過剰光電荷は第2の蓄積トランジスタCbを介して第2の蓄積容量CSbにも蓄積する。第1の蓄積トランジスタCaおよび第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧が転送トランジスタTの閾値電圧よりも低く設定されているので、フローティングディフュージョンFDが飽和した際にはPD側に過剰電荷が戻ることなく第1の蓄積容量CSaに効率的に転送され、フローティングディフュージョンFDおよび第1の蓄積容量CSaが飽和した際にはフォトダイオードPD側に過剰電荷が戻ることなく、第2の蓄積容量CSbに効率的に転送される。この動作により、過飽和状態においてフォトダイオードPDからあふれた電荷を捨てずに有効活用する。このようにして、飽和前および過飽和後とも画素毎に同一のフォトダイオードPDで同一期間内に受光することで蓄積動作を行なう。

[0082] 蓄積終了後に、選択トランジスタX、転送トランジスタTをオンしてフォトダイオードPDに蓄積された光信号電荷をフローティングディフュージョンFDへ完全転送し信号N1に重畳してS1＋N1として信号を読み出す(時刻t_5')。次に第1の蓄積トランジスタCaもオンして(時刻t_6')、FDの電荷とCSaに蓄積された電荷を混合して、S1＋S2＋N2として信号を読み出す。次に第2の蓄積トランジスタCbもオンして(時刻t_7')、FD＋CSaの電荷とCSbに蓄積された電荷を混合して、S1＋S2＋S3＋N3として信

号を読み出す。次にリセットトランジスタRをオンしてフローティングディフュージョンFDと第1の蓄積容量CSa、第2の蓄積容量CSbのリセットを行う(時刻t_8')。以上の動作を繰り返すことで本実施形態の固体撮像素子は動作する。

[0083] 上記の実施形態では、第1の蓄積トランジスタCaおよび第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧を転送トランジスタTの閾値電圧よりも低くしているが、第1の蓄積トランジスタCaおよび第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧を転送トランジスタTの閾値電圧と同程度にし、蓄積期間中に第1の蓄積トランジスタCaおよび第2の蓄積トランジスタCbのゲート電位を正にして、フローティングディフュージョンFDおよび第1の蓄積容量CSaが飽和した際にフォトダイオードPD側に過剰電荷が戻ることなく、第2の蓄積容量CSbに効率的に転送してもよい。

[0084] 本実施形態においても、第1実施形態に示したものと同様な効果が得られ、高S／N比を維持して、高照度側に十分に広いダイナミックレンジ拡大を実現できる。

[0085] 第3実施形態

本実施例に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図を図10に、概略断面図を図11に示す。概略平面図は第1実施形態の図3と同様である。

[0086] 各画素は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードPD1と、フォトダイオードPD1に隣接して設けられた光電荷を転送する転送トランジスタT2と、転送トランジスタT2を介してフォトダイオードPD1に接続して設けられたフローティングディフュージョンFD3と、露光蓄積動作時に前記フォトダイオードPD1からあふれる光電荷を転送トランジスタT2を通じて蓄積する第1の蓄積容量CSa4および第2の蓄積容量CSb5と、フローティングディフュージョンFD3に接続して形成され、フローティングディフュージョンFD3、第1の蓄積容量CSa4および第2の蓄積容量CSb5内の信号電荷を排出するためのリセットトランジスタR6と、フローティングディフュージョンFD3と第1の蓄積容量CSa4の間に設けられた第1の蓄積トランジスタCa7と、第1の蓄積容量CSa4と第2の蓄積容量CSb5の間に設けられた第2の蓄積トランジスタCb8と、フローティングディフュージョンFD3の信号電荷またはフローティングディフュージョンFD3と第1の蓄積容量CSa4の信号電荷またはフローティングディフュージョンFD3と第1の蓄積容量CSa4と第2の蓄積容量CSb5の信号電荷を電圧として読み出すための増

幅トランジスタSF9と、増幅トランジスタに接続して設けられ前記画素ないしは画素ブロックを選択するための選択トランジスタX10とから構成されている。

[0087] 本実施形態に係る固体撮像装置は、上記の構成の画素が二次元または一次元のアレイ状に複数個集積されており、各画素において、転送トランジスタT2、第1の蓄積トランジスタCa7、第2の蓄積トランジスタCb8、リセットトランジスタR6のゲート電極に、ϕ_T11、ϕ_{Ca}12、ϕ_{Cb}13、ϕ_R14の各駆動ラインが接続され、また、選択トランジスタX10のゲート電極には行シフトレジスタから駆動される画素選択ラインϕ_X15が接続され、さらに、選択トランジスタX10の出力側ソースに出力ラインOUT16が接続され、列シフトレジスタにより制御されて出力される。

[0088] 図11において、リセットトランジスタR6が第1の蓄積容量CSa4の替わりにフローティングディフュージョンとなるn＋半導体領域に接続されていることの他は第1実施形態の図2と同様である。また、第1実施形態と同様に第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧が転送トランジスタTの閾値電圧よりも低く設定されている。また、本実施形態の固体撮像装置のブロック図も第1実施形態の図4と同様である。

[0089] 図10から図11で説明される本実施形態の固体撮像装置の動作方法について説明する。図12は本実施形態の固体撮像装置の主要な駆動タイミング図、図13は画素のフォトダイオードからフローティングディフュージョンFD、第1の蓄積容量をへて第2の蓄積容量にいたる部分の概略ポテンシャル図である。

[0090] まず、露光蓄積前に、第1の蓄積トランジスタCaおよび第2の蓄積トランジスタCbをオン、転送トランジスタT、リセットトランジスタRをオフにセットする。次に、リセットトランジスタR、転送トランジスタTをオンしてフローティングディフュージョンFDと第1の蓄積容量CSa、第2の蓄積容量CSbのリセットを行う(時刻t_0'')。このとき、フォトダイオードPDは完全空乏化している。次にリセットトランジスタRをオフした直後に取り込まれるFD＋CSa＋CSbのリセットノイズをN3として読み出す(時刻t_1'')。この際ノイズ信号N3には増幅トランジスタSFの閾値電圧ばらつきが固定パターンノイズ成分として含まれる。

[0091] 次に、第2の蓄積トランジスタCbをオフすると、FD＋CSa＋CSbに蓄積されていた信号電荷はFD＋CSaとCSbにその容量比に応じて分配される。このうちFD＋CSa

に分配された信号をN2として読み出す(時刻t_2'')。この際N2にも増幅トランジスタSFの閾値電圧ばらつきが固定パターンノイズ成分として含まれる。蓄積期間中(時刻t_3'')においては、第1の蓄積トランジスタCaをオン、第2の蓄積トランジスタCb、リセットトランジスタR、選択トランジスタXをオフした状態で、フォトダイオードPDが飽和する前の光電荷はフォトダイオードPDで蓄積し、また飽和を超えた際の過剰光電荷は、転送トランジスタTおよび第1の蓄積トランジスタCaを介して、N2に重畳して、フローティングディフュージョンFDおよび第1の蓄積容量CSaに蓄積する。さらに、強い光の照射がありフォトダイオードPDおよび第1の蓄積容量CSaの飽和を超えた際の過剰光電荷は第2の蓄積トランジスタCbを介して第2の蓄積容量CSbにも蓄積する。第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧が転送トランジスタTの閾値電圧よりも低く設定されているので、フローティングディフュージョンFDおよび第1の蓄積容量CSaが飽和した際にはフォトダイオードPD側に過剰電荷が戻ることなく、第2の蓄積容量CSbに効率的に転送される。この動作により、過飽和状態においてフォトダイオードPDからあふれた電荷を捨てずに有効活用する。このようにして、飽和前および過飽和後とも画素毎に同一のフォトダイオードPDで同一期間内に受光することで蓄積動作を行なう。

[0092] 蓄積終了後(時刻t_4'')に選択トランジスタXをオンした後、リセットトランジスタRをオンし(時刻t_5'')、FDをリセットした後、リセットトランジスタRをオフしてからFDに存在する信号をN1として読み出す(時刻t_6'')。この際N1にも増幅トランジスタSFの閾値電圧ばらつきが固定パターンノイズ成分として含まれる。次に、転送トランジスタTをオンしてフォトダイオードPDに蓄積された光信号電荷をフローティングディフュージョンFDへ完全転送し信号N1に重畳して(時刻t_7'')、S1+N1として信号を読み出す。

[0093] 次に第1の蓄積トランジスタCaもオンして(時刻t_8'')、FDの電荷とCSaに蓄積された電荷を混合して、S1+S2+N2として信号を読み出す。次に第2の蓄積トランジスタCbもオンして(時刻t_9'')、FD+CSaの電荷とCSbに蓄積された電荷を混合して、S1+S2+S3+N3として信号を読み出す。次に、リセットトランジスタRをオンしてフローティングディフュージョンFDと第1の蓄積容量CSa、第2の蓄積容量CSbのリセットを行う(時刻t_{10}'')。以上の動作を繰り返すことで本実施形態の固体撮像素子は動

作する。ダイナミックレンジの拡大率、広ダイナミックレンジ信号の合成方法などは、第1の実施形態と同様である。

[0094] 本実施形態においても、第1実施形態に示したものと同様な効果が得られ、高S／N比を維持して、高照度側に十分に広いダイナミックレンジ拡大を実現できる。

[0095] 第4実施形態

本実施形態に係る固体撮像装置の一画素の等価回路図を図14に、概略断面図を図15－1，図15－2に、概略平面図を図16に示す。

[0096] 各画素は、光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードPD1と、フォトダイオードPD1に隣接して設けられた光電荷を転送する転送トランジスタT2と、転送トランジスタT2を介してフォトダイオードPD1に接続して設けられたフローティングディフュージョンFD3と、フォトダイオードPD1と第1の蓄積容量CSa4の間に設けられたオーバーフローゲートLO17と、露光蓄積動作時に前記フォトダイオードPD1からあふれる光電荷をオーバーフローゲートLO17を通じて蓄積する第1の蓄積容量CSa4および第2の蓄積容量CSb5と、フローティングディフュージョンFD3に接続して形成され、フローティングディフュージョンFD3、第1の蓄積容量CSa4および第2の蓄積容量CSb5内の信号電荷を排出するためのリセットトランジスタR6と、フローティングディフュージョンFD3と第1の蓄積容量CSa4の間に設けられた第1の蓄積トランジスタCa7と、第1の蓄積容量CSa4と第2の蓄積容量CSb5の間に設けられた第2の蓄積トランジスタCb8と、フローティングディフュージョンFD3の信号電荷またはフローティングディフュージョンFD3と第1の蓄積容量CSa4の信号電荷またはフローティングディフュージョンFD3と第1の蓄積容量CSa4と第2の蓄積容量CSb5の信号電荷を電圧として読み出すための増幅トランジスタSF9と、増幅トランジスタに接続して設けられ前記画素ないしは画素ブロックを選択するための選択トランジスタX10とから構成されている。

[0097] 図15－1および図15－2において、n型半導体領域22とn＋型半導体領域25に係る領域において、p型ウェル21上面にp＋半導体領域18が形成され、n型半導体領域22とn＋型半導体領域25をソース・ドレインとし、p＋型半導体領域18をゲートとする接合トランジスタ型のオーバーフローゲートLOが構成されている。他の構造は前

記第3実施形態と同様である。p＋半導体領域18はp＋型半導体領域23およびp型ウェル領域21に電気的に接続されている。

[0098] 本実施形態に係る固体撮像装置は、上記の構成の画素が二次元または一次元のアレイ状に複数個集積されており、各画素において、転送トランジスタT2、第1の蓄積トランジスタCa7、第2の蓄積トランジスタCb8、リセットトランジスタR6のゲート電極に、ϕ_T11、ϕ_{Ca}12、ϕ_{Cb}13、ϕ_R14の各駆動ラインが接続され、また、選択トランジスタX10のゲート電極には行シフトレジスタから駆動される画素選択ラインϕ_X15が接続され、さらに、選択トランジスタX10の出力側ソースに出力ラインOUT16が接続され、列シフトレジスタにより制御されて出力される。

[0099] 本実施形態において、第1実施形態と同様に第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧が転送トランジスタTの閾値電圧よりも低く設定されていると同時に、オーバーフローゲートLOの閾値電圧が転送トランジスタTの閾値電圧よりも低く設定されている。また、本実施形態の固体撮像装置のブロック図も第1実施形態の図4と同様である。

[0100] 図14から図16で説明される本実施形態の固体撮像装置の動作方法は第3の実施形態の図12と同様であるが、蓄積期間中（時刻t_3''）においては、第1の蓄積トランジスタCaをオフ、第2の蓄積トランジスタCb、リセットトランジスタR、選択トランジスタXをオフした状態で、フォトダイオードPDが飽和前の光電荷はフォトダイオードPDで蓄積し、また飽和を超えた際の過剰光電荷は、オーバーフローゲートLOを介して、第1の蓄積容量CSaに蓄積する。さらに、強い光の照射がありフォトダイオードPDおよび第1の蓄積容量CSaの飽和を超えた際の過剰光電荷は第2の蓄積トランジスタCbを介して第2の蓄積容量CSbにも蓄積する。オーバーフローゲートLOおよび第2の蓄積トランジスタCbの閾値電圧が転送トランジスタTの閾値電圧よりも低く設定されているので、第1の蓄積容量CSaが飽和した際にはフォトダイオードPD側に過剰電荷が戻ることなく、第2の蓄積容量CSbに効率的に転送される。この動作により、過飽和状態においてフォトダイオードPDからあふれた電荷を捨てずに有効活用する。このようにして、飽和前および過飽和後とも画素毎に同一のフォトダイオードPDで同一期間内に受光することで蓄積動作を行なう。ダイナミックレンジの拡大率、広ダイナミックレンジ信号の合成方法などは、第1の実施形態と同様である。

[0101] 本実施形態においても、第1実施形態に示したものと同様な効果が得られ、高S／N比を維持して、高照度側に十分に広いダイナミックレンジ拡大を実現できる。

[0102] 第5実施形態

本実施形態は、第1から第4の実施形態に係る固体撮像装置の他のブロック図と動作方法にもとづく実施形態である。本実施形態の固体撮像装置の画素の構成は第1から第4の実施形態で説明される固体撮像装置と同様である。

[0103] 図17に本実施形態の固体撮像装置のブロック図を示す。2次元に配置された画素アレイ(30、31、32、33)の周辺部に行シフトレジスタ34、列シフトレジスタ35、垂直信号線38、38‘、水平信号線39、出力回路37を設けている。ここでは簡単のため2画素×2画素の画素アレイを示しているが、画素の数はこれに限定されない。

[0104] 各画素から順次に読み出される信号は、雑音信号N1、およびFDで電荷電圧変換された飽和前の光信号＋雑音信号S1＋N1、雑音信号N2、FD＋CSaで電荷電圧変換された飽和前と飽和後の加算された光信号＋雑音信号S1＋S2＋N2、雑音信号N3、FD＋CSa＋CSbで電荷電圧変換された飽和前と飽和後の加算された光信号＋雑音信号S1＋S2＋S3＋N3となる。これらの出力信号は、行シフトレジスタ34および列シフトレジスタ35により、各画素から垂直信号線38、38‘、水平信号線39および出力回路39を点順次に選択されて読み出される。減算回路によりノイズ除去(S1＋N1)－N1、(S1＋S2＋N2)－N2、(S1＋S2＋S3＋N3)－N3の動作を行い、ランダムノイズ成分および固定パターンノイズ成分の両方を除去する。後述するように蓄積開始直後ノイズ信号N1、N2、N3のひとつないしは複数が読み出される場合に対応して、ノイズ信号をフレームメモリに一旦保存した後、減算回路によりノイズ除去を行う。このようにして、ノイズ除去された飽和前側信号S1および過飽和側信号S1＋S2、S1＋S2＋S3を得られる。減算回路、フレームメモリは、イメージセンサチップ上に形成しても、また別チップとして形成してもどちらでも構わない。本実施形態の固体撮像素子は読み出し回路系が簡単になる。

[0105] (実施例1)

本発明の固体撮像装置において、画素サイズ20um角、フローティングディフュージョン容量C_{FD}＝3．4fF、第1の蓄積容量CSa＝73fF、第2の蓄積容量CSb＝370

0fFをもつ固体撮像素子を作成し、その光電変換特性とダイナミックレンジ特性を求めた。各蓄積容量はMOS容量とポリシリコン－ポリシリコン容量の並列容量で構成した。

[0106] 図18は本実施例の光電変換特性である。信号S1、S1＋S2、S1＋S2＋S3の飽和信号電圧はそれぞれ500mV、1000mV、1200mVである。また、ノイズ除去後にS1、S1＋S2、S1＋S2＋S3に残留する残留ノイズ電圧はみな等しく0．09mVである。

[0107] S1からS1＋S2への切り替え電圧、S1＋S2からS1＋S2＋S3への切り替え電圧はそれぞれの飽和電圧よりも低く設定し400mV、900mVとした。

[0108] 各切り替え点でのS1＋S2信号、S1＋S2＋S3信号と残留ノイズとのS／N比はどちらも46dBが得られており、高画質な性能を持つ固体撮像素子が実現できている。

[0109] また、S1、S1＋S2、S1＋S2＋S3のダイナミックレンジはそれぞれ、75dB、108dB、143dBを実現できている。

[0110] 本実施例において、高S／N比を維持して、高照度側に十分に広いダイナミックレンジ拡大を実現できている。

[0111] (実施例2)

本発明の固体撮像装置において、トレンチ型蓄積容量素子を適用して、画素サイズ10um角、フローティングディフュージョン容量C_{FD}＝3．4fF、第1の蓄積容量CSa＝148fF、第2の蓄積容量CSb＝15pFをもつ固体撮像素子を作成し、その光電変換特性とダイナミックレンジ特性を求めた。

[0112] 信号S1、S1＋S2、S1＋S2＋S3の飽和信号電圧はそれぞれ500mV、1000mV、1200mVである。またノイズ除去後にS1、S1＋S2、S1＋S2＋S3に残留する残留ノイズ電圧はみな等しく0．09mVである。また、S1からS1＋S2への切り替え電圧、S1＋S2からS1＋S2＋S3への切り替え電圧はそれぞれの飽和電圧よりも低く設定し400mV、900mVとした。

[0113] 各切り替え点でのS1＋S2信号、S1＋S2＋S3信号と残留ノイズとのS／N比はどちらも40dBが得られており、高画質な性能を持つ固体撮像素子が実現できている。また、S1、S1＋S2、S1＋S2＋S3のダイナミックレンジはそれぞれ、75dB、114dB

、175dBを実現できている。

[0114] 本実施例において、高S／N比を維持して、高照度側に十分に広いダイナミックレンジ拡大を実現できている。

[0115] 本発明は上記の説明に限定されない。例えば、実施形態においては、固体撮像装置について説明しているが、これに限らず、各固体撮像装置の画素を直線状に配したラインセンサや、各固体撮像装置の画素をそのまま単独で構成することで得られる光センサについても、従来には得られなかった広ダイナミックレンジ化と高感度、高S／N比を達成することができる。

[0116] また、蓄積容量の形状などは特に限定はなく、MOS容量、ポリシリコン－ポリシリコン間容量、DRAMのメモリ蓄積容量などで容量を高めるためにこれまでに開発されたトレンチ容量やスタック容量など種々の方法を採用することができる。固体撮像装置としては、CMOSイメージセンサの他、CCDにも適用することができる。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。例えば、実施例では、第1及び第2の蓄積容量に信号電荷を蓄積する場合について説明したが、本発明は、更に、多段の蓄積容量に信号電荷を蓄積する構成にも適用できる。

産業上の利用可能性

[0117] 本発明の固体撮像装置は、デジタルカメラ、カメラ付き携帯電話、監視カメラ、車載カメラなどの広いダイナミックレンジが望まれているイメージセンサに適応できる。

[0118] 本発明の固体撮像装置の動作方法は広いダイナミックレンジが望まれているイメージセンサの動作方法に適応できる。

請求の範囲

[1] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、

前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、

前記転送トランジスタを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する複数の蓄積容量素子と、

を備えた光センサ。

[2] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、

前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、

前記転送トランジスタを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する複数の蓄積容量素子と、

を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積された固体撮像装置。

[3] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、

前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、

前記転送トランジスタを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を順次蓄積する第1および第2の蓄積容量素子を少なくとも含む複数の蓄積容量素子からなる蓄積容量素子群と、

を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積された固体撮像装置。

[4] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、

前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送ゲートと、

前記転送ゲートに接続された第1の蓄積ゲートと、

前記転送ゲートおよび前記第1の蓄積ゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する第1の蓄積容量素子と、

前記第1の蓄積容量素子に第2の蓄積ゲートを介して接続される第2の蓄積容量素子と

を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積された固体撮像装置。

[5] 前記複数の蓄積容量素子は互いに蓄積ゲート手段を介して接続されていることを特徴とする、請求項2記載の固体撮像装置。

[6] 前記画素は、前記転送トランジスタを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域をさらに有する、請求項2に記載の固体撮像装置。

[7] 前記画素は、前記転送ゲートを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域をさらに有する、請求項4に記載の固体撮像装置。

[8] 前記フローティング領域または前記第1および第2の蓄積容量素子の少なくとも1つに接続され前記第1および第2の蓄積容量素子および前記フローティング領域内の信号電荷を排出するためのリセットトランジスタと、

前記フローティング領域の信号電荷、または前記フローティング領域と前記第1および第2の蓄積容量素子の少なくとも一方との信号電荷を電圧として読み出すための増幅トランジスタと、

前記増幅トランジスタに接続され前記画素を選択するための選択トランジスタと、

をさらに有する請求項6記載の固体撮像装置。

[9] 前記フローティング領域、前記第1の蓄積容量素子、および前記第2の蓄積容量素子の1つまたは複数から得られた電圧信号と、

前記フローティング領域に前記フォトダイオードからの前記光電荷を転送するとともに前記第1の蓄積ゲートおよび前記第2の蓄積ゲートのうちの少なくとも1つをオンとして、前記フローティング領域、前記第1の蓄積容量素子、および前記第2の蓄積容量素子の1つまたは複数に転送された光電荷から得られた電圧信号と、の差分を取るノイズキャンセル手段を、さらに有する請求項7に記載の固体撮像装置。

[10] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、前記転送トランジスタを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域と、前記転送トランジスタに接続される第1の蓄積トランジスタと、蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を前記転送トランジスタおよび前記第1の蓄積トランジスタを通じて蓄積する第1の蓄積容量素子と、前記第1の蓄積容量素子からあふれる光電荷を転送する第2の蓄積トランジスタと、前記第1の蓄積容量素子からあふれる光電荷を前記第2の蓄積トランジスタを通じ

て蓄積する第2の蓄積容量素子と、を少なくとも有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積された固体撮像装置。

[11] 請求項10の固体撮像装置の動作方法であって、

電荷蓄積前において、前記第1および第2の蓄積トランジスタをオンとして、前記フローティング領域および前記第1および第2の蓄積容量素子内の光電荷を排出する工程と、

前記フォトダイオードで発生する光電荷のうち飽和前電荷を前記フォトダイオードに蓄積し、前記フォトダイオードからあふれる過飽和電荷を前記フローティング領域および前記第1の蓄積容量素子において蓄積する工程と、

前記第1の蓄積トランジスタをオフとして、前記フローティング領域内の光電荷を排出する工程と、

前記転送トランジスタをオンとして前記飽和前電荷を前記フローティング領域に転送し、前記飽和前電荷の電圧信号を示す飽和前信号を読み出す工程と、

前記第1の蓄積トランジスタをオンとして、前記飽和前電荷と前記フォトダイオードからあふれる前記過飽和電荷との和の電圧信号を示す第1の過飽和信号を読み出す工程と、

前記第2の蓄積トランジスタをオンとして、前記飽和前電荷と前記フォトダイオードからあふれる前記過飽和電荷と前記第1の蓄積容量素子からあふれる過飽和電荷との和の電圧信号を示す第2の過飽和信号を読み出す工程と、

を有する固体撮像装置の動作方法。

[12] 前記飽和前信号と、前記第1の過飽和信号と、前記第2の過飽和信号との少なくともいずれか一つを所定の基準電圧との比較によって選択する出力信号選択工程をさらに有する請求項11に記載の固体撮像装置の動作方法。

[13] 前記出力信号選択工程は、前記飽和前信号が第1の基準電圧より大きい場合に出力信号として前記第1の過飽和信号を選択し、前記第1の過飽和信号が第2の基準電圧より大きい場合に出力信号として前記第2の過飽和信号を選択する、請求項12に記載の固体撮像装置の動作方法。

[14] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、

前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、

前記フォトダイオードに接続されるオーバーフローゲートと、

前記オーバーフローゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する複数の蓄積容量素子と、

を備えた光センサ。

[15] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、

前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、

前記フォトダイオードに接続されるオーバーフローゲートと、

前記オーバーフローゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する複数の蓄積容量素子と、

を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積された固体撮像装置。

[16] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、

前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、

前記フォトダイオードに接続されるオーバーフローゲートと、

前記オーバーフローゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を順次蓄積する第1および第2の蓄積容量素子を少なくとも含む複数の蓄積容量素子からなる蓄積容量素子群と、

を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積された固体撮像装置。

[17] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、

前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送ゲートと、

前記フォトダイオードに接続され蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を転送するオーバーフローゲートと、

前記オーバーフローゲートに接続された第1の蓄積ゲートと、

前記オーバーフローゲートを介して蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を蓄積する第1の蓄積容量素子と、

前記第1の蓄積容量素子に接続される第2の蓄積ゲートと、

前記第1の蓄積容量素子に前記第2の蓄積ゲートを介して接続される第2の蓄積容量素子を有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積された固体撮像装置。

[18] 前記オーバーフローゲートはMOS型トランジスタまたは接合型トランジスタからなる請求項15記載の固体撮像装置。

[19] 前記複数の蓄積容量素子は互いに蓄積トランジスタを介して接続されていることを特徴とする、請求項15記載の固体撮像装置。

[20] 前記画素は、前記転送トランジスタを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域をさらに有する、請求項15記載の固体撮像装置。

[21] 前記画素は、前記転送ゲートを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域をさらに有する、請求項17に記載の固体撮像装置。

[22] 前記第2の蓄積容量素子は、前記第1の蓄積容量素子よりも大きな容量を有する、請求項16記載の固体撮像装置。

[23] 前記フローティング領域または前記第1および第2の蓄積容量素子の少なくとも1つに接続され前記第1および第2の蓄積容量素子および前記フローティング領域内の信号電荷を排出するためのリセットトランジスタと、

前記フローティング領域の信号電荷、または前記フローティング領域と前記第1および第2の蓄積容量素子の少なくとも一方との信号電荷を電圧として読み出すための増幅トランジスタと、

前記増幅トランジスタに接続され前記画素を選択するための選択トランジスタと、

をさらに有する請求項19記載の固体撮像装置。

[24] 光を受光して光電荷を生成するフォトダイオードと、前記フォトダイオードに接続され前記光電荷を転送する転送トランジスタと、前記転送トランジスタを介して前記光電荷が転送されるフローティング領域と、前記フォトダイオードに接続されるオーバーフローゲートと、蓄積動作時に前記フォトダイオードからあふれる光電荷を前記オーバーフローゲートを通じて蓄積する第1の蓄積容量素子と、前記第1の蓄積容量素子からあふれる光電荷を転送する第1の蓄積トランジスタと、前記第1の蓄積容量素子からあふれる光電荷を前記第1の蓄積トランジスタを通じて蓄積する第2の蓄積容量

素子と、前記フローティング領域と前記第1の蓄積容量素子の間に接続された第2の蓄積トランジスタと、を少なくとも有する画素が一次元または二次元のアレイ状に複数個集積された固体撮像装置。

[25] 請求項24に記載の固体撮像装置の動作方法であって、

電荷蓄積前において、前記第1の蓄積トランジスタおよび前記第2の蓄積トランジスタをオンとして、前記フローティング領域および前記第1および第2の蓄積容量素子内の光電荷を排出する工程と、

前記フォトダイオードで発生する光電荷のうち飽和前電荷を前記フォトダイオードに蓄積し、前記フォトダイオードからあふれる過飽和電荷を前記オーバーフローゲートを介して前記第1の蓄積容量素子において蓄積する工程と、

前記転送トランジスタをオンとして前記飽和前電荷を前記フローティング領域に転送し、前記飽和前電荷の電圧信号を示す飽和前信号を読み出す工程と、

前記第2の蓄積トランジスタをオンとして、前記飽和前電荷と前記フォトダイオードからあふれた前記過飽和電荷との和の電圧信号を示す第1の過飽和信号を読み出す工程と、

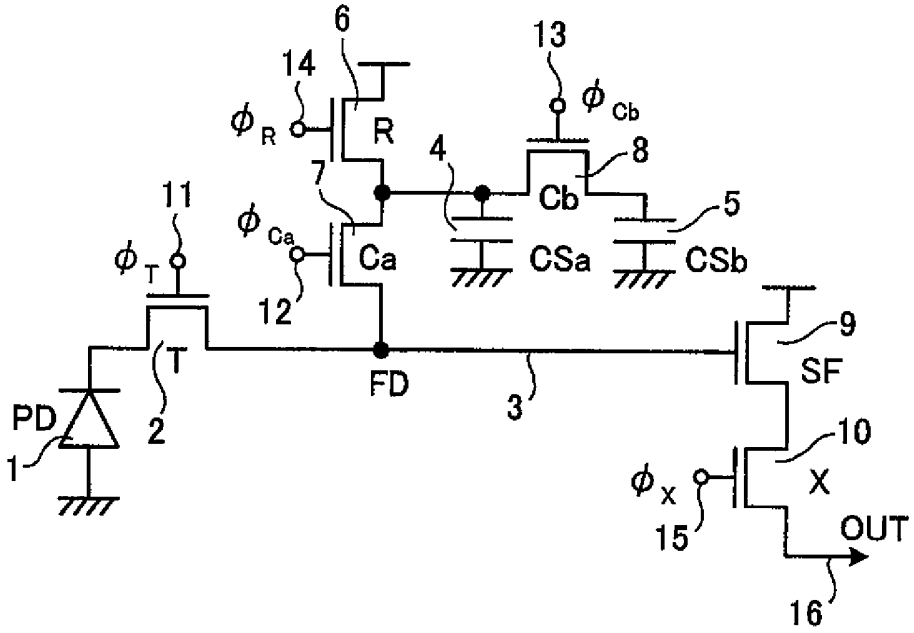
前記第1の蓄積トランジスタをオンとして、前記飽和前電荷と前記フォトダイオードからあふれた前記過飽和電荷と前記第1の蓄積容量素子からあふれた過飽和電荷との和の電圧信号を示す第2の過飽和信号を読み出す工程と、

を有する固体撮像装置の動作方法。

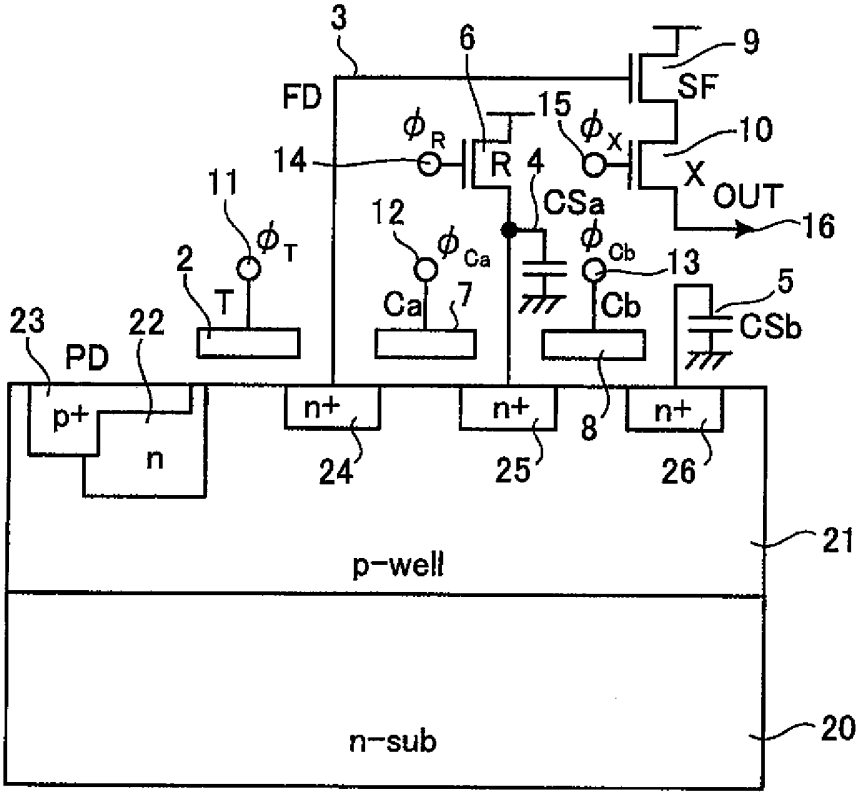
[26] 前記飽和前信号と、前記第1の過飽和信号と、前記第2の過飽和信号との少なくともいずれか一つを所定の基準電圧との比較によって選択する出力信号選択工程をさらに有する請求項25に記載の固体撮像装置の動作方法。

[27] 前記出力信号選択工程は、前記飽和前信号が第1の基準電圧より大きい場合に出力信号として前記第1の過飽和信号を選択し、前記第1の過飽和信号が第2の基準電圧より大きい場合に出力信号として前記第2の過飽和信号を選択する、請求項26に記載の固体撮像装置の動作方法。

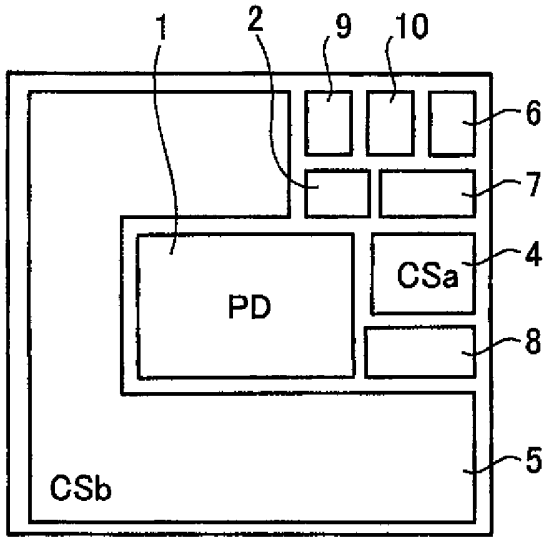
[図1]


6
13
14
ϕ_R
R
ϕ_{Cb}
4
8
7
Cb
5
11
ϕ_{Ca}
ϕ_T
Ca
CSa
CSb
12
9
T
SF
FD
3
PD
2
10
1
ϕ_X
X
15
OUT
16

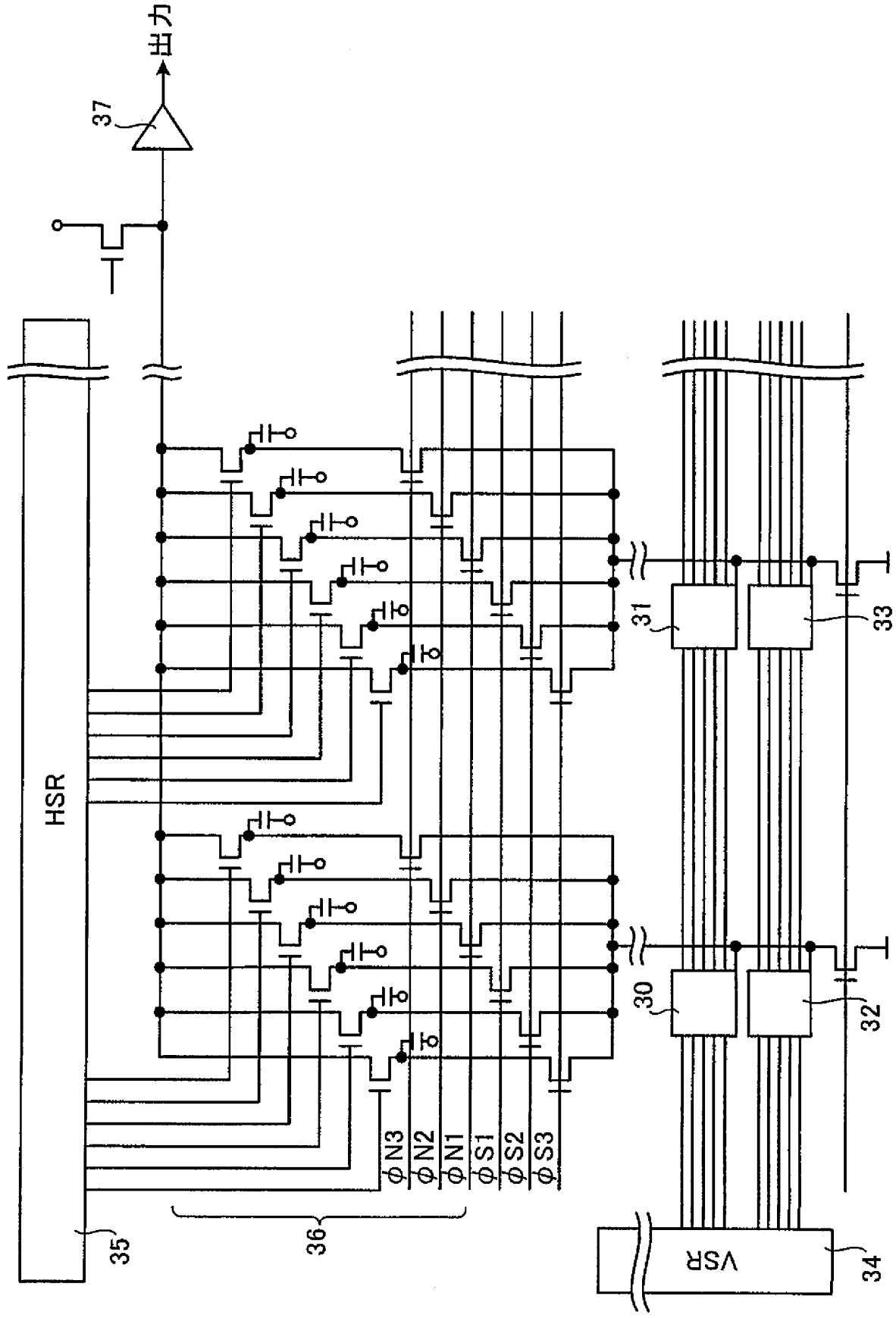
[図2]


3
6
9
FD
SF
15
ϕ_R
ϕ_X
10
14
R
4
X
OUT
16
11
12
CSa
ϕ_T
ϕ_{Ca}
ϕ_{Cb}
2
13
5
T
Ca
7
Cb
CSb
23
22
PD
p+
n
n+
n+
n+
8
24
25
26
21
p-well
n-sub
20

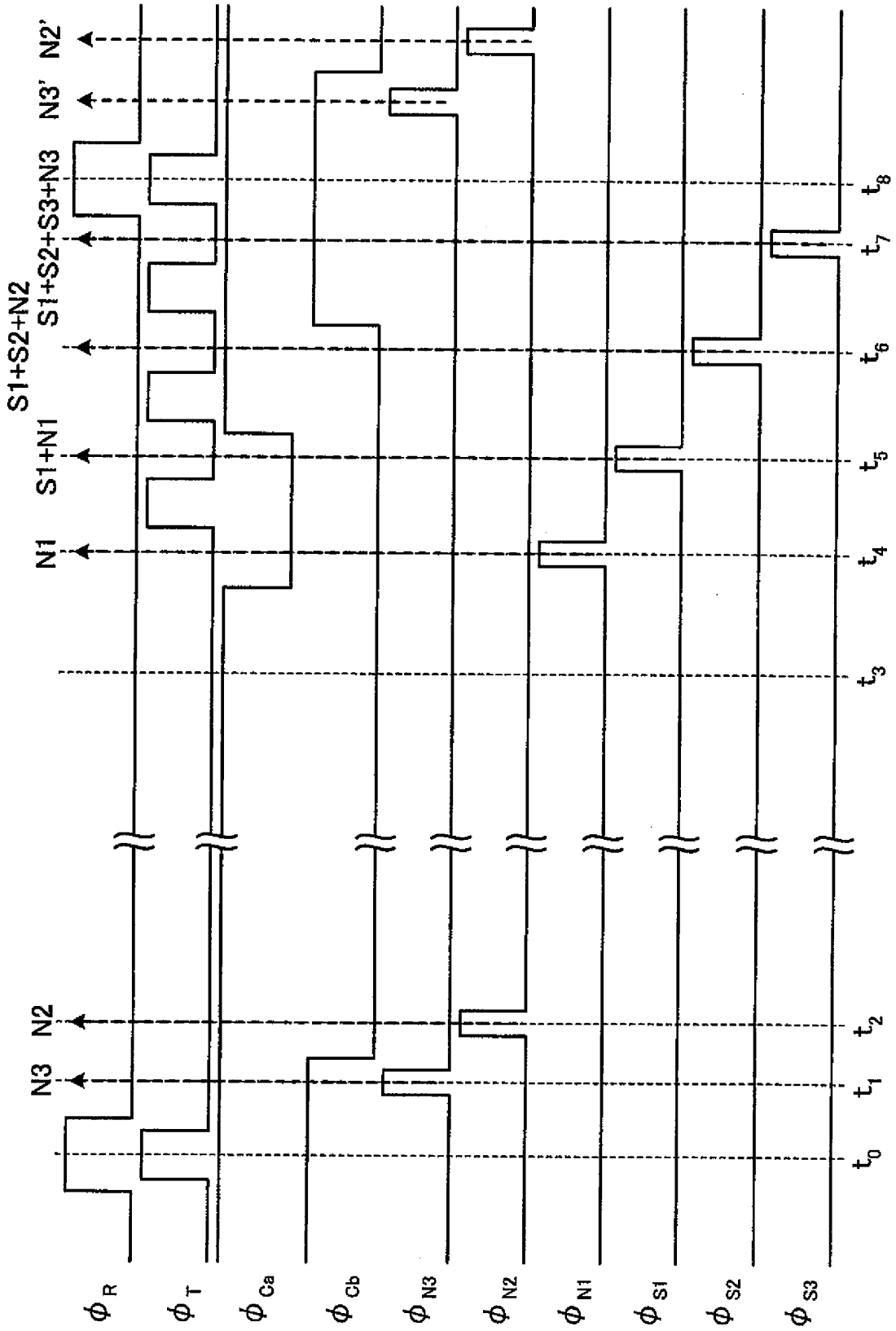
[図3]



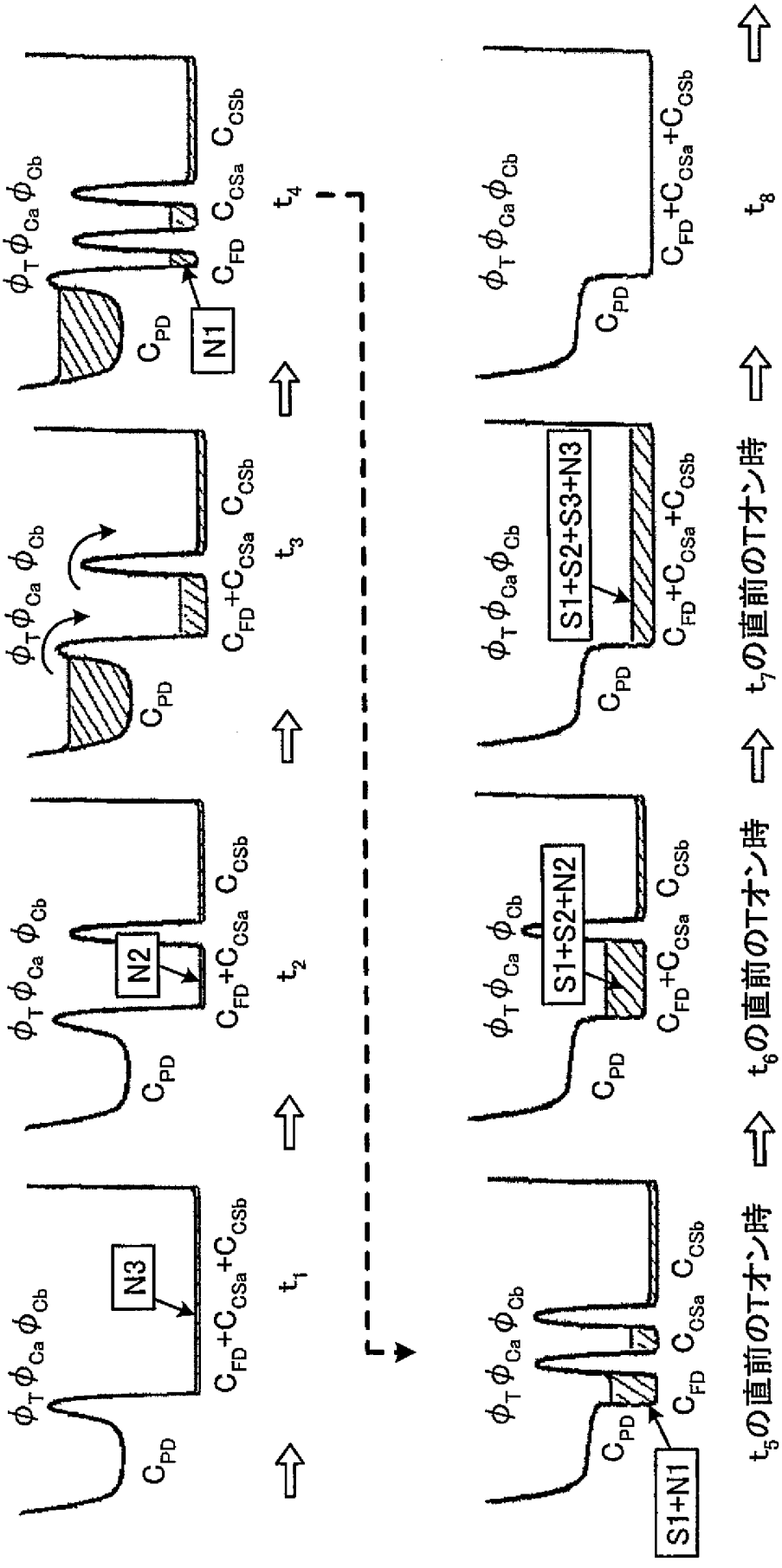
[図4]



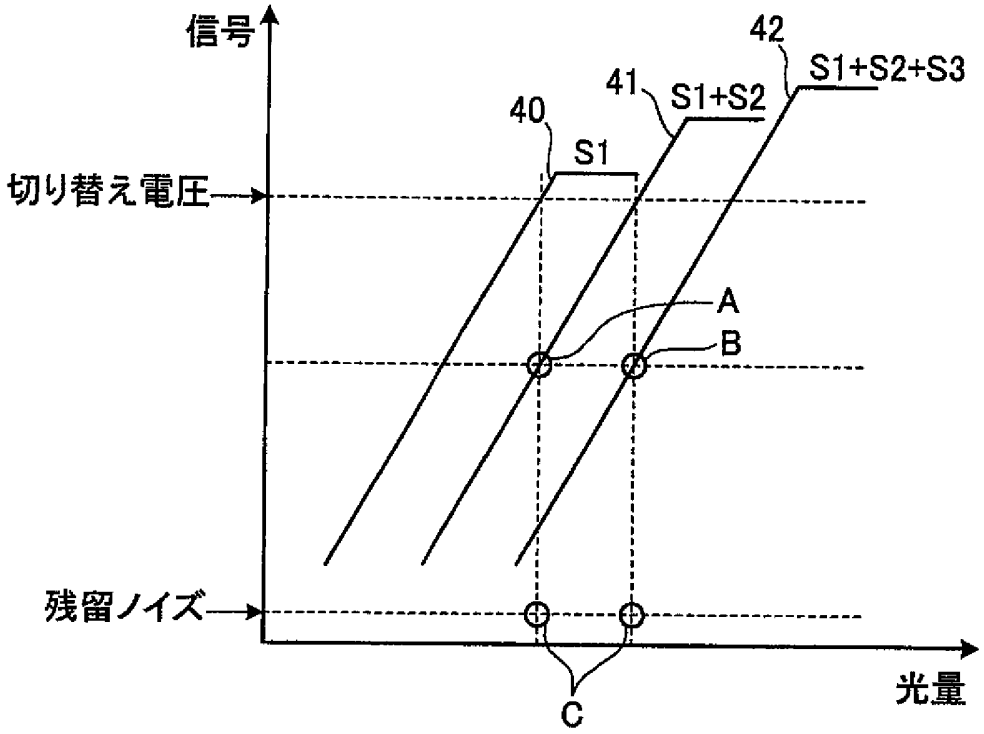
[図5]


N2'
N3'
S1+S2+S3+N3
S1+S2+N2
S1+N1
N1
N2
N3
t0
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
t8
φR
φT
φCa
φCb
φN3
φN2
φN1
φS1
φS2
φS3

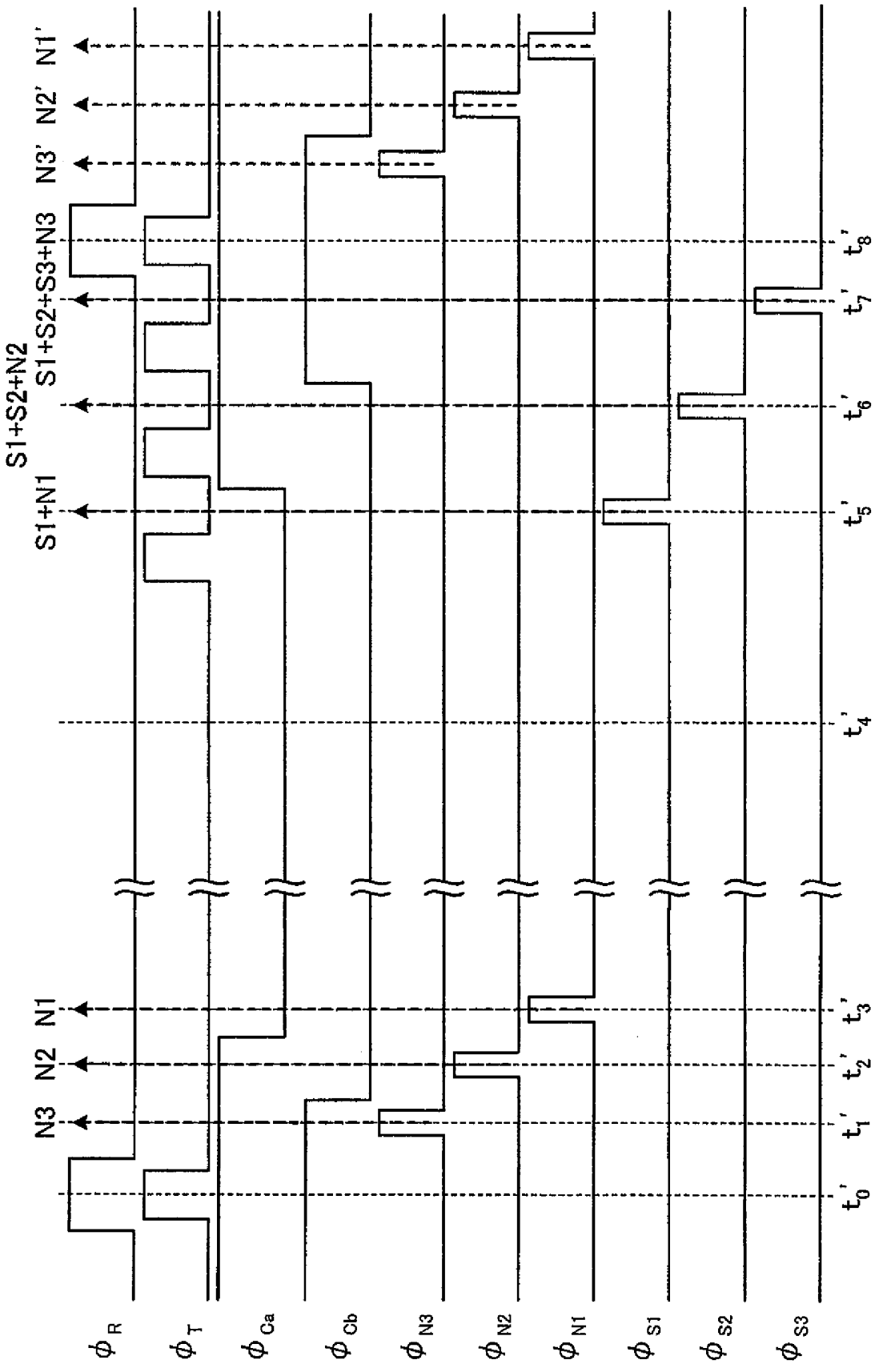
[図6]


ϕ_T ϕ_{Ca} ϕ_{Cb}
C_{PD}
C_{FD} C_{CSa} C_{CSb}
N3
N2
N1
S1+N1
S1+S2+N2
S1+S2+S3+N3
t_1
t_2
t_3
t_4
t_5の直前のTオン時
t_6の直前のTオン時
t_7の直前のTオン時
t_8

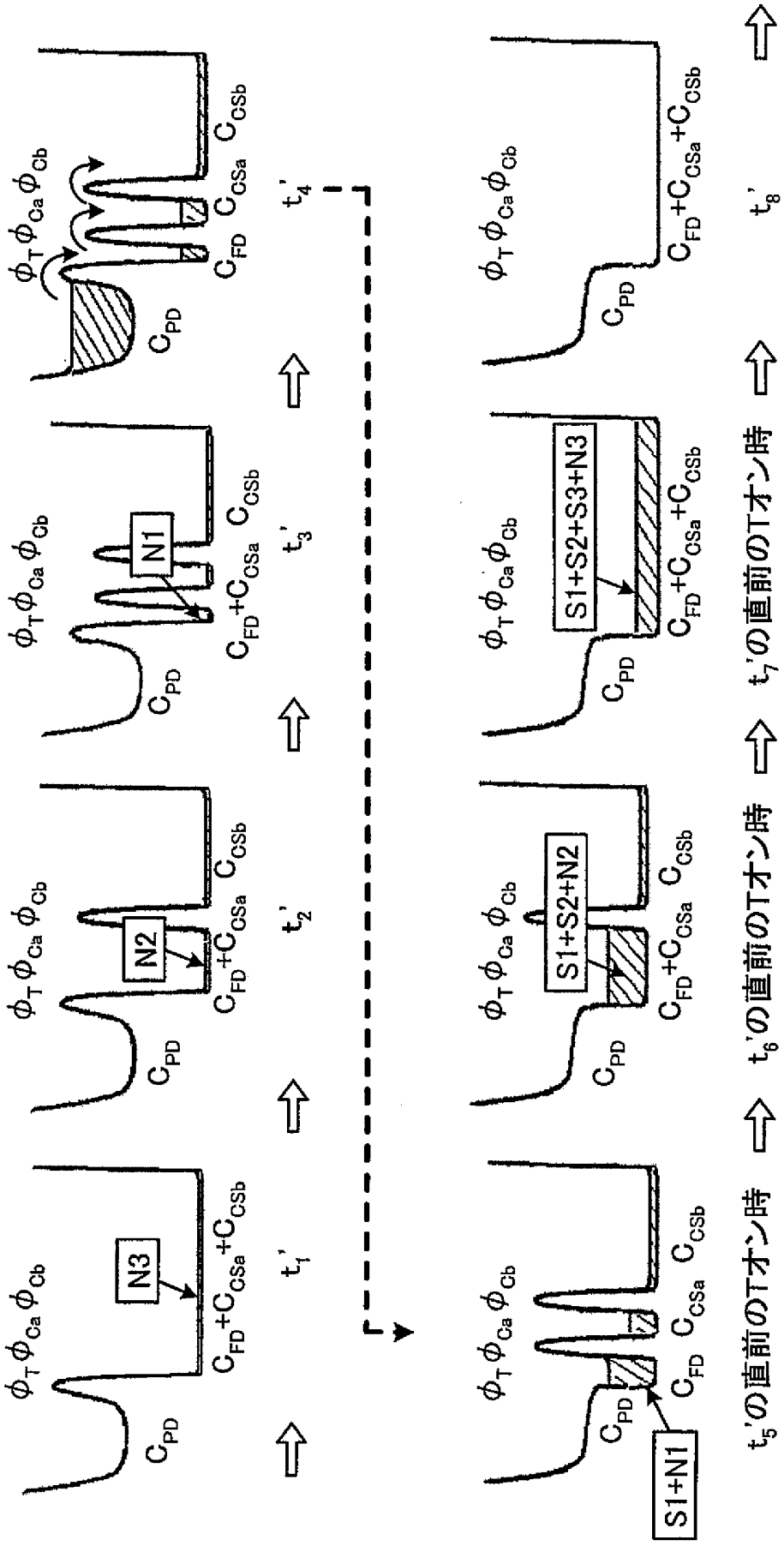
[図7]



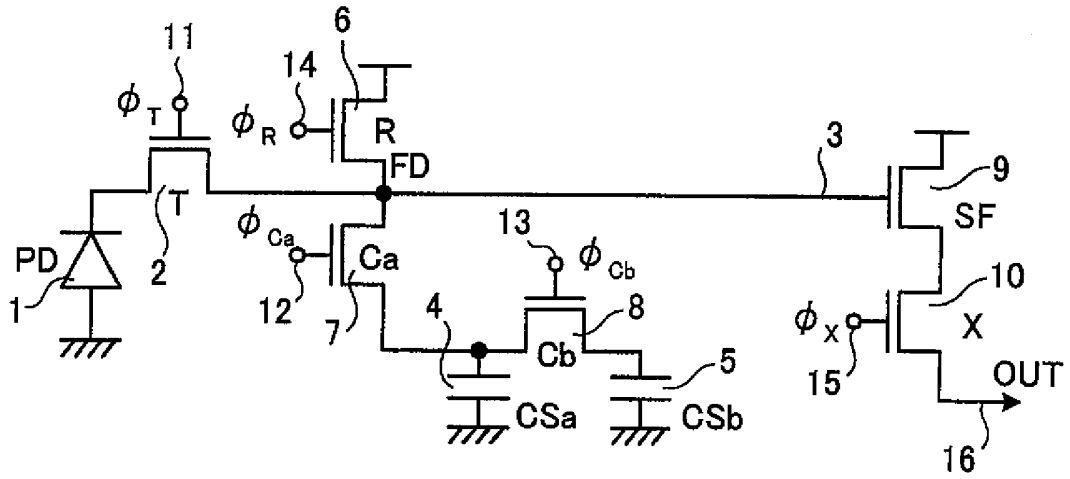
[図8]


N1'
N2'
N3'
S1+S2+S3+N3
S1+S2+N2
S1+N1
N1
N2
N3
t_0'
t_1'
t_2'
t_3'
t_4'
t_5'
t_6'
t_7'
t_8'
ϕ_R
ϕ_T
ϕ_{Ca}
ϕ_{Cb}
ϕ_{N3}
ϕ_{N2}
ϕ_{N1}
ϕ_{S1}
ϕ_{S2}
ϕ_{S3}

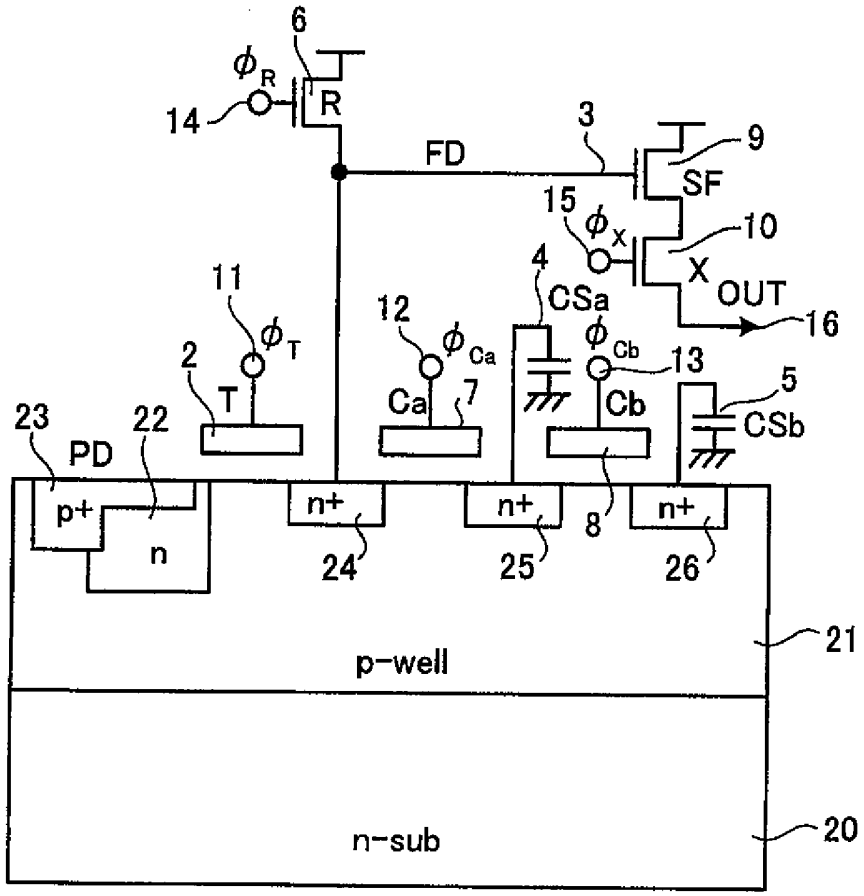
[図9]


$\phi_T \phi_{Ca} \phi_{Cb}$
C_{PD}
$C_{FD}+C_{CSa}+C_{CSb}$
N3
t_1'
$C_{FD}+C_{CSa}$ C_{CSb}
N2
t_2'
N1
t_3'
C_{FD} C_{CSa} C_{CSb}
t_4'
S1+N1
t_5'の直前のTオン時
S1+S2+N2
t_6'の直前のTオン時
S1+S2+S3+N3
t_7'の直前のTオン時
t_8'

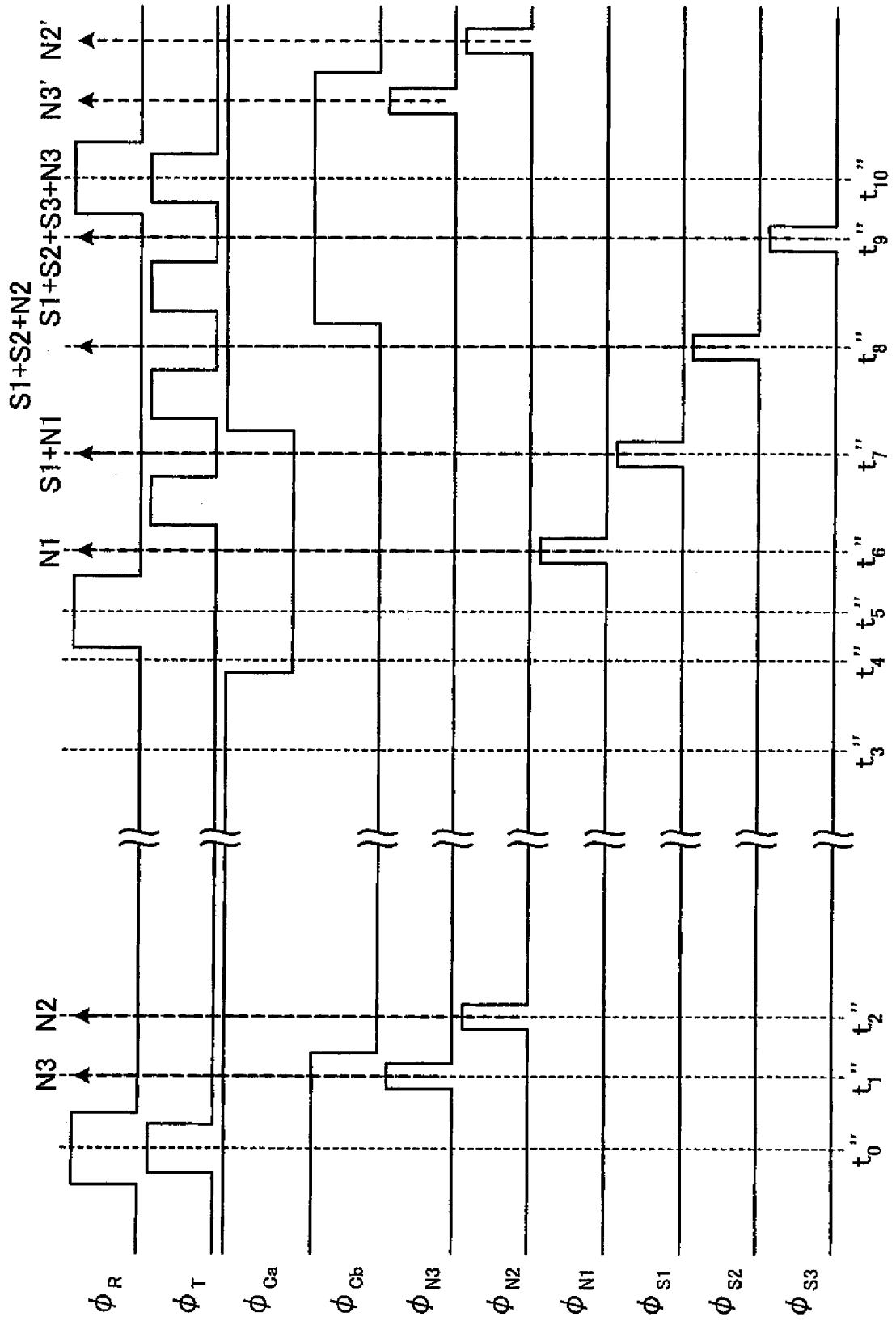
[図10]


11
6
14
ϕ_T
ϕ_R
R
FD
3
9
SF
T
PD
2
1
ϕ_{Ca}
Ca
12
7
13
ϕ_{Cb}
4
8
Cb
5
CSa
CSb
10
X
ϕ_X
15
OUT
16

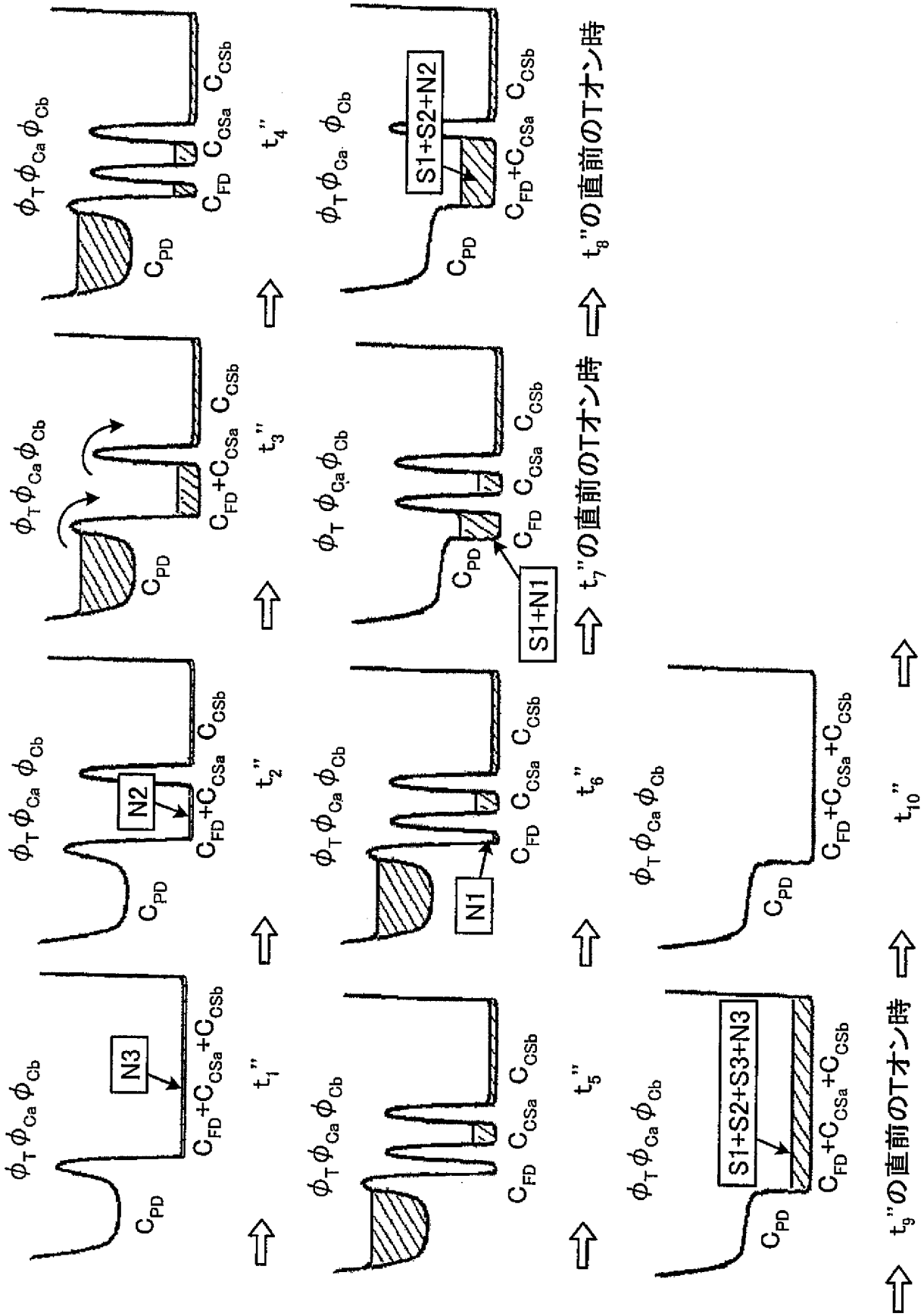
[図11]


6
ϕ_R
14
R
FD
3
9
SF
15
ϕ_X
10
X
OUT
16
4
CSa
11
12
ϕ_{Ca}
ϕ_{Cb}
13
2
ϕ_T
T
Ca
7
Cb
5
CSb
23
22
PD
p+
n
n+
n+
n+
24
25
8
26
21
p-well
n-sub
20

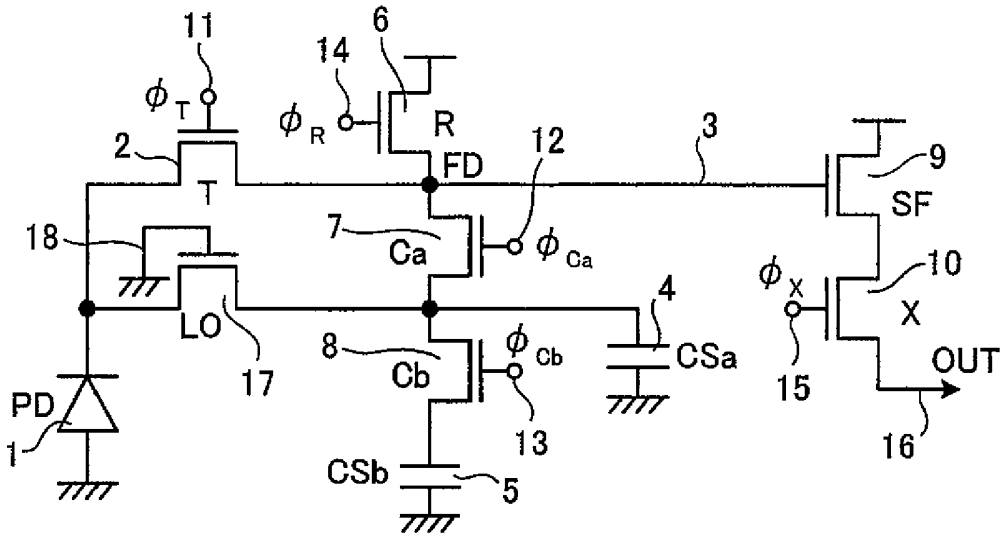
[図12]


N2'
N3'
S1+S2+S3+N3
S1+S2+N2
S1+N1
N1
N2
N3
t_0'' t_1'' t_2'' t_3'' t_4'' t_5'' t_6'' t_7'' t_8'' t_9'' t_{10}''
ϕ_R ϕ_T ϕ_{Ca} ϕ_{Cb} ϕ_{N3} ϕ_{N2} ϕ_{N1} ϕ_{S1} ϕ_{S2} ϕ_{S3}

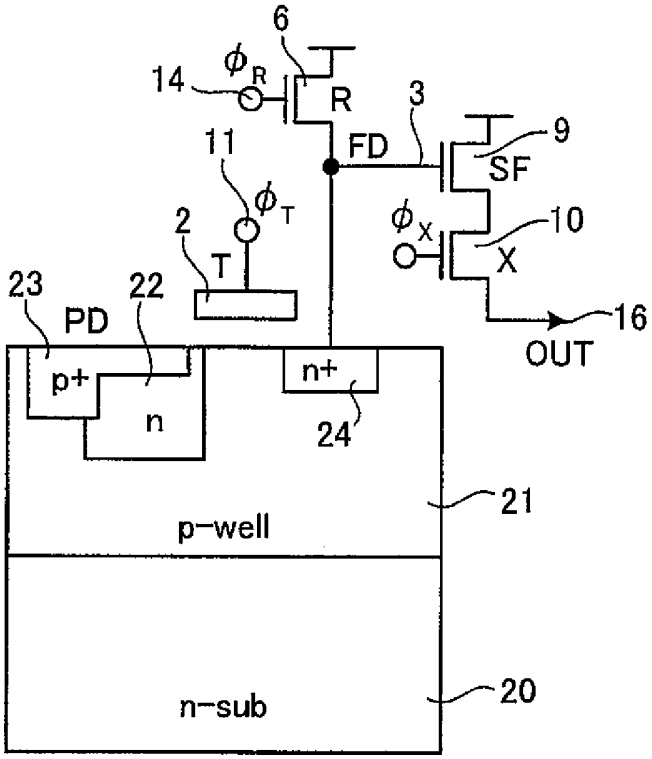
[図13]


$\phi_T \phi_{Ca} \phi_{Cb}$
C_{PD}
$C_{FD}+C_{CSa}+C_{CSb}$
N3
t_1"
N2
$C_{FD}+C_{CSa}$
t_2"
C_{FD} C_{CSa} C_{CSb}
t_3"
t_4"
N1
S1+N1
t_5"
t_6"
t_7"の直前のTオン時
S1+S2+N2
t_8"の直前のTオン時
S1+S2+S3+N3
t_9"の直前のTオン時
t_{10}"

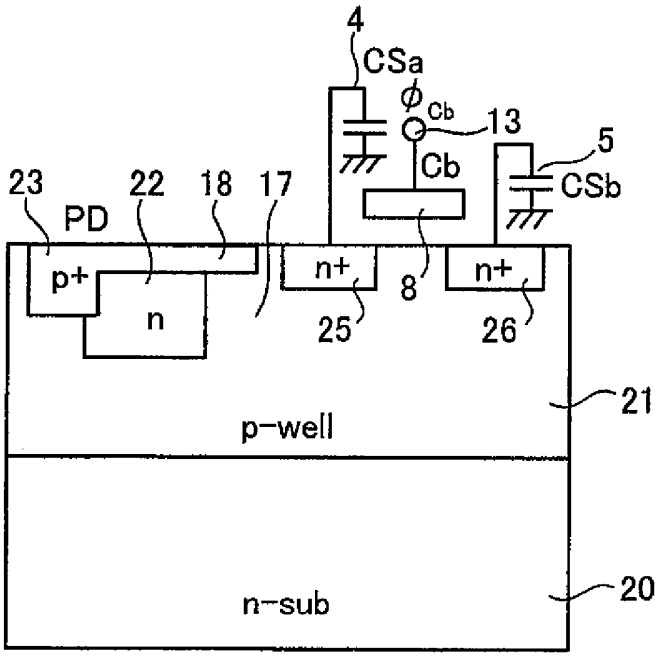
[図14]


11
6
14
ϕ_T
ϕ_R
R
2
T
FD
12
3
9
SF
18
7
Ca
ϕ_{Ca}
ϕ_X
10
X
4
LO
8
ϕ_{Cb}
CSa
OUT
PD
17
Cb
15
1
13
16
CSb
5

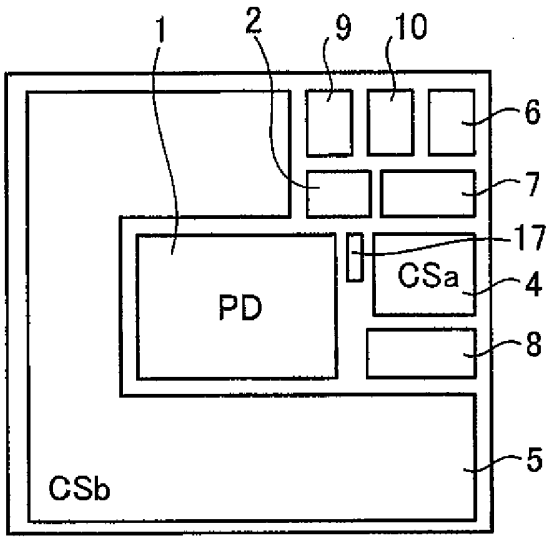
[図15-1]


6
14
ϕ_R
R
3
FD
9
SF
11
ϕ_T
ϕ_X
10
2
T
X
23
22
16
PD
OUT
p+
n+
n
24
21
p-well
n-sub
20

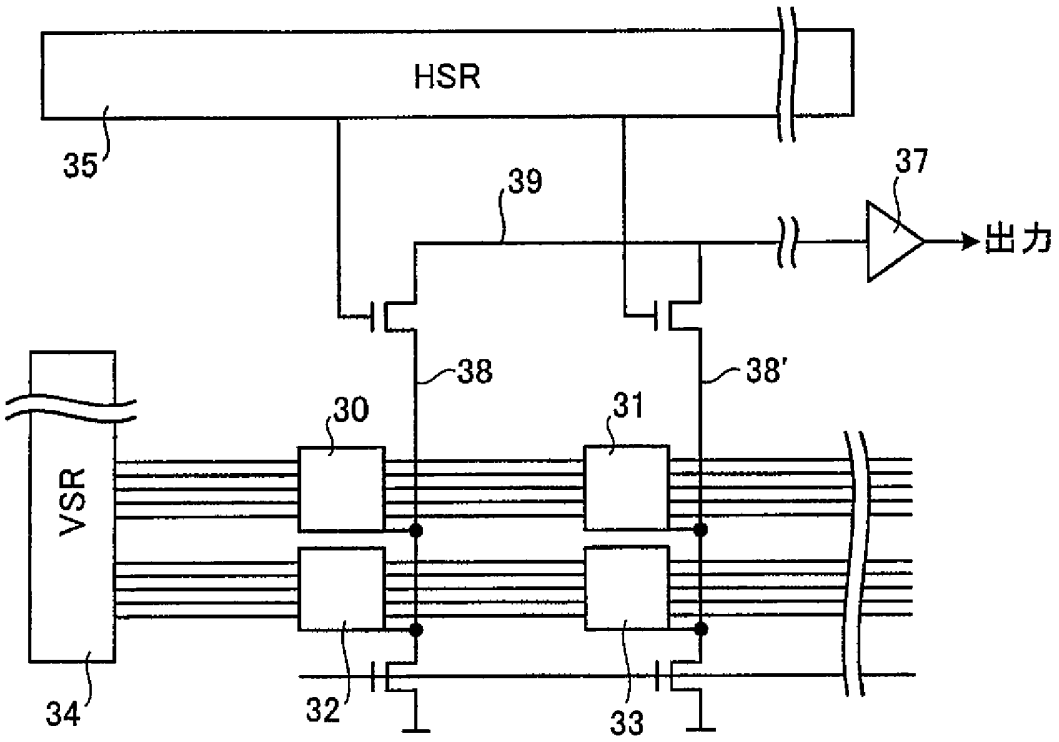
[図15-2]


4
CSa
ϕ_{Cb}
13
5
Cb
CSb
23
22
18
17
PD
p+
n
n+
n+
8
25
26
21
p-well
n-sub
20

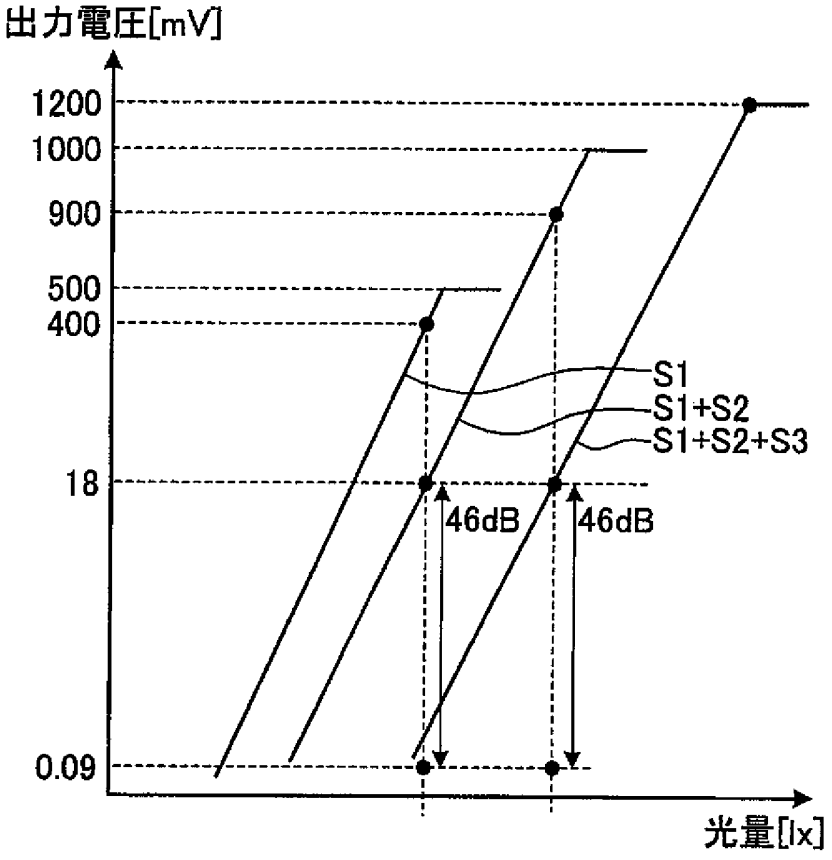
[図16]


1
2
9
10
6
7
17
CSa
4
PD
8
5
CSb

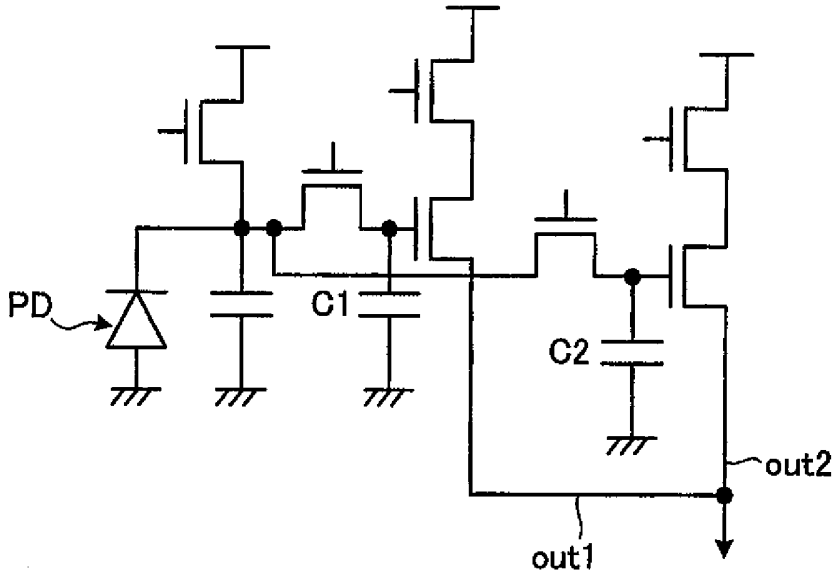
[図17]


HSR
35
39
37
出力
38
38'
30
31
VSR
34
32
33

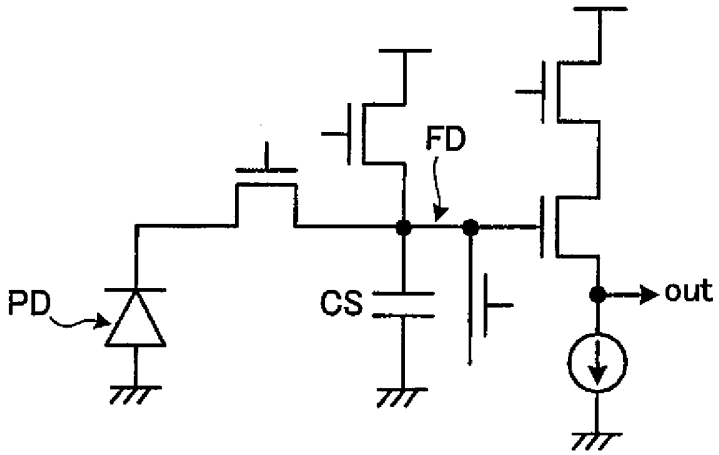
[図18]


出力電圧[mV]
1200
1000
900
500
400
18
0.09
S1
S1+S2
S1+S2+S3
46dB
46dB
光量[lx]

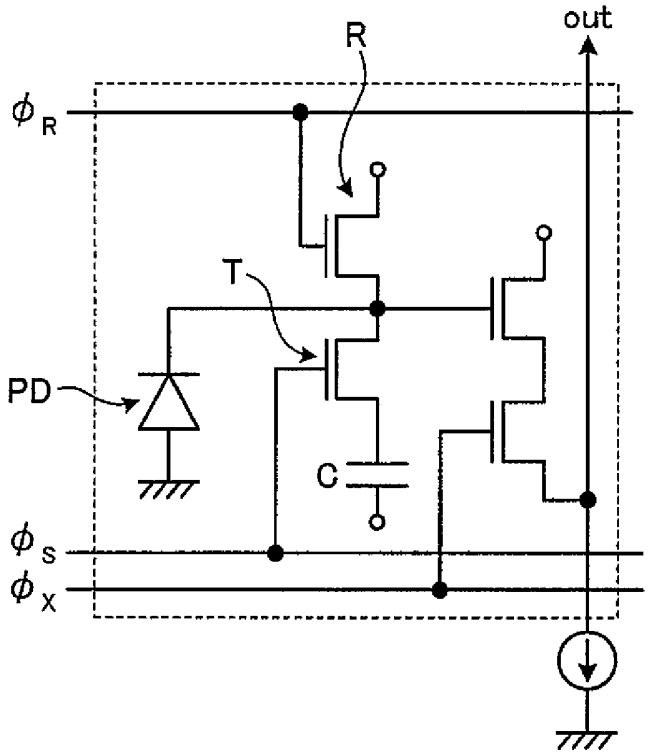
[図19]



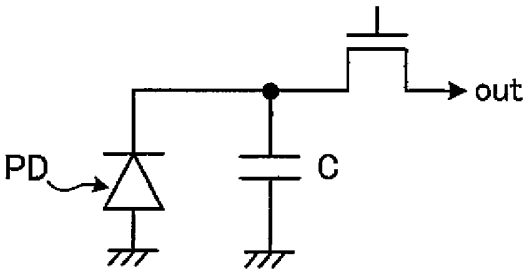
[図20]



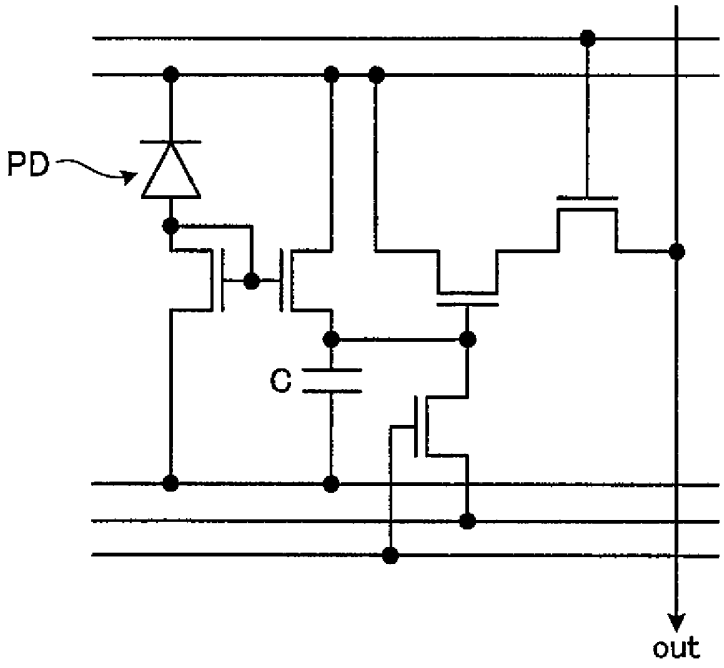
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/307349

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04N5/335(2006.01), ***H01L27/146***(2006.01), ***H01L31/10***(2006.01)

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)
H04N5/335(2006.01), ***H01L27/146***(2006.01), ***H01L31/10***(2006.01)

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 1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

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	JP 6-244403 A (Fujitsu Ltd.), 02 September, 1994 (02.09.94), Par. Nos. [0001] to [0023]; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1-7,10, 14-22,24
X	JP 2003-101881 A (Sony Corp.), 04 April, 2003 (04.04.03), Par. Nos. [0027] to [0090]; Figs. 1 to 8 & WO 2003/005707 A1 & EP 1429545 A1 & US 2004/0239791 A1	1,14
X	JP 2004-335802 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 25 November, 2004 (25.11.04), Par. Nos. [0016] to [0094]; Figs. 1 to 17 & US 2005/0139845 A1	1,14

☒ 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	Date of mailing of the international search report
04 July, 2006 (04.07.06)	11 July, 2006 (11.07.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/307349

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 2003-209242 A (Sony Corp.), 25 July, 2003 (25.07.03), Par. Nos. [0009] to [0020]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-27
A	JP 3-270579 A (Fujitsu Ltd.), 02 December, 1991 (02.12.91), Page 2, lower right column, line 5 to page 3, lower right column, line 9; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-27

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００６／３０７３４９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　*H04N5/335(2006.01), H01L27/146(2006.01), H01L31/10(2006.01)*

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.　*H04N5/335(2006.01), H01L27/146(2006.01), H01L31/10(2006.01)*

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	１９７１－２００６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００６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	関連する請求の範囲の番号
X	JP 6-244403 A（富士通株式会社）1994.09.02, 段落[0001]-[0023]、図1-9　（ファミリー無し）	1-7,10,14-22,24
X	JP 2003-101881 A（ソニー株式会社）2003.04.04, 段落[0027]-[0090]、図1-8 & WO 2003/005707 A1 & EP 1429545 A1 & US 2004/0239791 A1	1,14
X	JP 2004-335802 A（富士写真フイルム株式会社）2004.11.25, 段落[0016]-[0094]、図1-17 & US 2005/0139845 A1	1,14

☑　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 ０４．０７．２００６	国際調査報告の発送日 １１．０７．２００６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　５Ｐ　９６５４ ▲徳▼田　賢二 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５８１

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	関連する請求の範囲の番号
A	JP 2003-209242 A（ソニー株式会社）2003.07.25, 段落[0009]-[0020]、図1-4　（ファミリー無し）	1-27
A	JP 3-270579 A（富士通株式会社）1991.12.02, 第2頁右下欄第5行-第3頁右下欄第9行、図1-5　（ファミリー無し）	1-27