

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第3区分

【発行日】平成25年3月14日(2013.3.14)

【公開番号】特開2012-28975(P2012-28975A)

【公開日】平成24年2月9日(2012.2.9)

【年通号数】公開・登録公報2012-006

【出願番号】特願2010-164791(P2010-164791)

【国際特許分類】

H 0 4 N 5/374 (2011.01)

H 0 1 L 31/10 (2006.01)

H 0 1 L 27/146 (2006.01)

H 0 4 N 5/357 (2011.01)

【F I】

H 0 4 N 5/335 7 4 0

H 0 1 L 31/10 G

H 0 1 L 27/14 A

H 0 4 N 5/335 5 7 0

【手続補正書】

【提出日】平成25年1月25日(2013.1.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0002】

従来フォトトランジスタの2次元アレイから画素情報を読み出す場合には、図1に示すように画素としてのフォトトランジスタのエミッタをワード線に接続し、コレクタをビット線に接続して、コレクタに負荷抵抗を接続して負荷抵抗を接続されたコレクタの電位変化から画素情報を読み出していた(図1は非特許文献1のFig.5を引用)。コレクタ・ベース間容量と負荷抵抗で計算される読み出し時間の遅れが、コレクタ電位が出力信号により変化するためのミラー効果により増加する問題があった。さらに、コレクタと分離領域および基板との間の浮遊容量のためにも読み出し時間の遅れが生じた。コレクタと分離領域および基板との間に流れるリーク電流のために等価的にフォトトランジスタの暗電流が増加した。また1つのビット線に接続されている非選択フォトトランジスタのコレクタは選択フォトトランジスタの読み出し時電圧変化がそのまま加わり、そのビット線に接続されている他のフォトトランジスタが読み出されるたびに擾乱を受けていた。このため、画素同士の情報相互干渉のない精度のよい検出、または低照度の情報検出には限界があった。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

図8は上記光電変換セルB1の接続模式図を示す。

該光電変換素子100の該第2電気信号出力部102は該第1トランジスタ10の該第2出力部12に接続され、該第2トランジスタ20の第5出力部25は該第1トランジスタ10の第1出力部11に接続され、第4出力部24は光電変換セルB1の第2セル出力部となる。なお、該光電変換素子100の該第1電気信号出力部101は第1セルバイアス電位2010が与えられる。この光電変換セル

B1により2次元アレイを構成する場合は、該第1トランジスタ10の第3制御部13は光電変換セルB1の第1セル選択部として第1選択線14へ接続され、該第2トランジスタ20の第6制御部26は光電変換セルB1の第2セル選択部としてアレイの第2選択線16に接続され、第4セル出力部24はアレイの第2出力線17に接続される。第2出力線17はアレイ内の必要な光電変換セルB1の第2セル出力部すべてを1本で接続するアレイ構成もとることができるが、第2出力線17はある光電変換セルB1グループごとの第2セル出力部に（たとえば一列おきなど）接続される複数本を設けても良い。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0046】

光電変換セルB1、またはB2によればアレイを構成するセンスアンプの数は削減できるが、セル選択線が2本とセル出力線が1本、合計3本の配線が必要となる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0063

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0063】

この光電変換アレイ1000の番地(i, j)選択は該複数の第1選択線14-1、14-2、14-3、---、14-nから選ばれた1つの第1選択線14-jと上記複数の第1出力線15-1、15-2、15-3、---、15-mから選ばれた1つの第1出力線15-iとの交点で行われる。このアレイの出力を順次読み出すためには非選択の複数の第1選択線14-1、14-2、14-3、---、14-nへ該第1選択電位を供給している状態で、該選ばれた第1選択線14-jを該第1選択電位から該第2選択電位（通常パルス状）を印加することにより個々の光電変換セルの電気信号を順次取り出す。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0066

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0066】

この光電変換アレイ1002の番地(i, j)選択は該複数の第1選択線14-1、14-2、14-3、---、14-nから選ばれた1つの第1選択線14-jと上記複数の第2選択線16-1、16-2、16-3、---、16-mから選ばれた1つの第2選択線16-iとの交点で行われる。このアレイの出力を順次読み出すためには非選択の複数の第1選択線14-1、14-2、14-3、---、14-n、非選択の第2選択線16-1、16-2、16-3、---、16-mへそれぞれ該第1選択電位、第3選択電位を供給している状態で、該選ばれた第1選択線14-jと該選ばれた第2選択線16-iをそれぞれ該第1選択電位、第3選択電位から該第2選択電位（通常パルス状）、第4選択電位（通常パルス状）を印加することにより個々の光電変換セルの電気信号を順次取り出す。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0079

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0079】

第3半導体領域の第3表面の不純物濃度は $2 \times 10^{19}$ 原子/cc以上とすることが望ましい。第2、第3半導体領域が複数の場合は複合トランジスタの増幅率は1つのトランジスタの複数乗、耐圧は複数倍となるので、第2半導体領域の第2表面の不純物濃度は $1 \times 10^{19}$ 原子/cc程度まで

増加できる。なお、電流利得が小さい場合でも第2半導体領域と第1半導体領域110との接合容量に非選択の間にその光電変換セルに照射された光量の積分値に対応する電荷が蓄積されるのでその情報を読み出すことはできる。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0092

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0092】

第6トランジスタ4006-j ( $j=1,2,3, \dots, m$ ) のゲートには (該リセット回路端子4010-3を介して) 該第6トランジスタ4006-j ( $j=1,2,3, \dots, m$ ) をオフにする電位からオンにする制御電圧パルスが与えられる。オンのための制御電圧パルスは第1選択線電位が第1選択電位である時間の少なくとも1部、または、第1選択線電位が第2選択電位にあり第1選択電位に変化する前段階に第6トランジスタ4006-j ( $j=1,2,3, \dots, m$ ) のゲートへ加えられる。後者は光電変換セル内のセル電位リセットのために有効であり、光電変換セルの信号が読み出された後ならば第1選択線電位が第2選択電位にあるときの一部でもよい。言い換えれば、少なくとも該第1選択線14が該第1選択電位から該第2選択電位へ遷移するセンスが開始される時点では該第6トランジスタ4006-j ( $j=1,2,3, \dots, m$ ) をオフとする制御電位が第6トランジスタ4006-j ( $j=1,2,3, \dots, m$ ) のゲートへ与えられていけばよい。この場合のリセット電位は (第2選択電位) -  $V_{th1}$  より第1選択電位側の電位に設定するとリセットの収束が速い。上記の制御電圧パルスは第6トランジスタをオフからオン、オンからオフへ駆動する電位変化をもち、それぞれ上記の必要なタイミングで、たとえば公知のシフトレジスタ等のパルス発生回路からなる制御パルス供給部から供給される。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0096

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0096】

このリセット回路RSA2のトランジスタ記号を用いた回路図の具体例を図18に示す。4011はリセット回路RSA2全体を示す。該リセット回路4011は第4トランジスタ4004-1、4004-2、4004-3、 $\dots$ 、4004-mと第6トランジスタ4006-0で構成される。第4トランジスタ4004-1、4004-2、4004-3、 $\dots$ 、4004-mは電界効果トランジスタであり、2つの出力 (ソース、ドレイン) の一方4004-1-1、4004-2-1、4004-3-1、 $\dots$ 、4004-m-1はそれぞれ第1出力線15-1、15-2、15-3、 $\dots$ 、15-mに接続されている。該第4トランジスタ4004-1、4004-2、4004-3、 $\dots$ 、4004-mの出力の他方はセンスアンプ2003の入力2003-1に接続されている。第6トランジスタ4006-0は電界効果トランジスタであり、2つの出力 (ソース、ドレイン) の一方は該複数の第4トランジスタ4004-1、4004-2、4004-3、 $\dots$ 、4004-mの出力の他方に接続され、2つの出力の他方4006-0-2はリセット電位供給手段6001に接続されている。なお、センスアンプ2003は参照入力を有し、該リセット電位と接続されている。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0097

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0097】

図19はこのリセット回路RSA2の動作を示す電圧波形例である。光電変換セルから電気信号を読み出すためにまず、ひとつの第1選択線14-i ( $i=1,2,3, \dots, n$ ) を第1選択電位から第2選択電位へ駆動する。図の電圧波形 (5)、(6) では 1つの第1選択線14-1 と続いて 次ぎの第1選択線14-2 が駆動される場合が示されている。ひとつの第1選択線14-iが第2電

位に駆動されているとき、波形(1)、(2)、(3)、(4)で示すように第4トランジスタ4004-j ( $j=1,2,3, \dots, m$ ) のゲート4004-j-3に第4トランジスタ4004-jがオフ・オン・オフとなる電圧パルスを順次印加する。これにより第1出力線15-j ( $j=1,2,3, \dots, m$ ) とセンスアンプ2003の入力2003-1が順次接続され、該ひとつの第1選択線14-iと第1出力線15-jとの交点にある光電変換セルの電気信号が読み出される。第4トランジスタ4004-jがオフ状態のとき第6トランジスタがオンとなるゲート電位を与えておけばセンスアンプの入力へはリセット電位を基点として光電変換セルの電気信号が伝えられる。電圧波形(9)は更に第4トランジスタ4004-jがオンとなった後半に第6トランジスタがオンとなる動作波形が示されている。この場合は電気信号読み出し後に該光電変換セルのセル内電位をリセットすることができる。図の電圧波形の極性は第4トランジスタ4004-jがpチャネルトランジスタ、第6トランジスタ4006-0がnチャネルとして示されている。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0099】

このリセット回路RSB1のトランジスタ記号を用いた回路図の具体例を図20に示す。図において、4020はリセット回路RSB1を示す。該リセット回路4020は第6トランジスタ4006-0から構成される。該第6トランジスタ4006-0は電界効果トランジスタであり、第6トランジスタ4006-0の2つの出力(ソースまたはドレイン)のうちその一方の出力4006-0-1が第2出力線17へ接続され、他方4006-0-2がリセット電位6001へ接続されている。センスアンプ2002の入力2002-0-1は該第2出力線17、該第6トランジスタの出力の一方4006-0-1が接続されている。該センスアンプ2002の参照入力2002-0-2にはリセット電位供給手段6001が接続されている。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0104

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0104】

選択された第3出力線18-jへ接続された光電変換セルC1は、複数の第1選択線14-i ( $i=1,2,3, \dots, n$ ) を第1選択線スキャン回路で順次第2選択電位へ駆動することによりその電気信号が読み出される。どの第1選択線14-i ( $i=1,2,3, \dots, n$ ) も第1選択電位にある時間の少なくとも1部において、該電気信号センス制御回路4030で該第3出力線18-jを第5電位に駆動することにより隣接する光電変換セルC1からの電気信号の相互重畳を防ぐことができる。また、第1選択線電位が第2選択電位にあり第1選択電位に遷移する前段階に該電気信号センス制御回路4030で該第3出力線18-jを第6電位に駆動することで光電変換セルC1内のセル電位リセットが可能である。なお、上記手順のうち、1)と2)は入れ替わってもよい。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0118

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0118】

第4トランジスタ4004-1がオンになっているフェーズで、第1選択線14-1、14-2、14-3、 $\dots$ 、14-nが波形(5)、(6)、(7)、(8)に示すように各々第1選択電位・第2選択電位・第1選択電位と順次駆動される。これにより、第3出力線18-1・端子4030-1・第4トランジスタ4004-1の一方の出力・他方の出力・端子4032を通して第3出力線18-1と各第1選択線14-1、14-2、14-3、 $\dots$ 、14-nとの交点に位置する光電変換セルC1の電気信号が順次読み出

され、センスアンプ入力端子2002-1を介してセンスアンプへ順次入力される。波形(10)はこのときの第3出力線18-1(これと接続されている端子4030-1)の電圧波形であり、波形(12)はこのときのセンスアンプ入力2002-1の波形である(端子4032-0の波形でもある)。図中の破線丸印は電気信号がセンスされる時間フェーズを示している。波形(10)すなわち第3出力線18-1の波形の第5電位は第4トランジスタ4005-1がオフ状態であるためにセンスアンプ入力へは伝わらない。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 2 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 2 4】

図24にこの光電変換セルA1strの平面図例を示す。図23と同じ数字記号は同じ断面構造を有し、同じ機能を果たす。なお、図で示す第1半導体領域110の表面は表面漏洩電流を防止するために半導体領域114で覆われている。図23に示されていないコンタクトホールも図24では示されており、123-2、123-3はそれぞれ第2半導体領域120-2、120-3上に設けられた絶縁膜に穿孔された配線用コンタクトホールであり、133-1、133-2、133-3はそれぞれ第3半導体領域130-1、130-2、130-3上に設けられた絶縁膜へ穿孔された配線用コンタクトホールである。273、283はそれぞれ第7、第8半導体領域270、280上に設けられた絶縁膜へ穿孔された配線用のコンタクトホール、313は第1ゲート延在部分上の絶縁膜へ穿孔されたコンタクトホールである。図24には図23において模式的に点線で記載されている相互接続が平面図形で示されているが番号付けは省く。なお、第7、8半導体領域270、280の第1ゲート112の長手方向に沿った寸法(チャネル幅)はセルの電気信号読み出し速度、またはリセット速度を速めるために図24の例より大きく設定することができる。図24で14-kはアレイを構成するときの第1選択線14であり、15-jはアレイを構成するときの第1出力線15である。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 2 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 2 5】

図25は図24の光電変換セルA1strをCMOSベースの製造プロセスに、第2半導体領域120-1、120-2、120-3作成のためにイオン注入、拡散工程の1工程のドーズとドライブイン温度、時間に変更を加えて作成した光電変換セルA1strの微弱光照射時の第1セル出力部の電圧電流特性を示す。第1セル出力部からは第2半導体領域120-1と第1半導体領域110で形成されるホトダイオードの光電流の約38万倍の電流が得られていることが確かめられている。この光電変換セルA1strでは第1選択電位はVcc(5V)、第2選択電位はVss(0V)に設定されている。この場合、第1セル選択部電位Vselectp1が第2選択電位から1V強増加するまで第1出力線15(0Vに設定された)から読み出される信号電流Iout1に大きな変化はない。また、第1セル選択部の電位が第1選択電位から約0.5V少ない状態までは光電変換セルA1strからの電流は遮断されている。この光電変換セルA1strの暗電流は1E-11Aのレベルである。この実験に使われた照明は室内照明レベルより桁違いに暗いので、出力電流は図25の値が上限ではなく照度を増加すれば一桁は増加する。従って、本発明の光電変換セルA1strでは7桁のダイナミックレンジが可能である。なお出力電流上限は、第1トランジスタ10のチャネル幅で決まっている。

【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 2 8

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

【0128】

上記光電変換セルB2strでは第4半導体領域と該第8半導体領域とは連続して形成することができる。

## 【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0129

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

【0129】

上記光電変換セルB2strでは該第8半導体領域と該第6半導体領域は $2E19$ 原子/cc以上の不純物濃度部分で接触させて相互の電気接続を行うことができる。

## 【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0131

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

【0131】

更に、第8半導体領域と第6半導体領域とが $2E19$ 原子/cc以上の高不純物濃度部分で互いに接している場合はこれらの領域を電気接続するための導電膜を設ける必要がない低抵抗接合が形成される場合がある。

## 【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0141

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

【0141】

それぞれの半導体領域間の相互接続は概念的に点線で示され、図の例では、第2半導体領域120-2はそれに設けられている第3半導体領域130-2以外の第3半導体領域130-1に接続されている。第3半導体領域130-2は第8半導体領域280に接続されている。第7半導体領域270は第11半導体領域310に接続されている。該第1ゲート112はこの光電変換セルC1の第1セル選択部を構成する。31は光電変換アレイR1Cを構成する場合の第1選択線14への接続を模式的に示している。第12半導体領域320は光電変換セルC1の第3セル出力を構成する。光電変換セルC1の選択には第12半導体領域320と第11半導体領域310間に形成される接合の整流特性を利用する。第3セル出力部が第5出力電位のときは該接合が逆バイアスされ光電変換セルC1の信号電流は読み出されない。第3セル出力部が第6出力電位の場合は該接合が順バイアスされ光電変換セルC1の信号電流は読み出される。このとき読み出される電流は第1半導体領域110をコレクタ、第11半導体領域310をベース、第12半導体領域320をエミッタとしたバイポーラトランジスタ動作で増幅される様に各半導体領域の不純物濃度を設定することができる。63は光電変換アレイR1Cを構成する場合の第3出力線18への接続を模式的に示している。

## 【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0144

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

【0144】

10：第1トランジスタ

11：第1トランジスタの第1出力部

12：第1トランジスタの第2出力部

13：第1トランジスタの第3制御部  
14、14-k：第1選択線  
15、15-j：第1出力線  
16：第2選択線  
17：第2出力線  
18：第3出力線  
20：第2トランジスタ  
24：第2トランジスタの第4出力部  
25：第2トランジスタの第5出力部  
26：第2トランジスタの第6制御部  
30：第3素子  
31：アレイ接続する場合の第1選択線への接続（模式的表示）  
41：アレイ接続する場合の第2選択線への接続（模式的表示）  
42：第4バイアス電位への接続（模式的表示）  
36：第3素子の第6出力部  
37：第3素子の第7入力部  
38：第3素子の第8出力部  
61：アレイを構成する場合の第1出力線への接続（模式的表示）  
62：アレイを構成する場合の第2出力線への接続（模式的表示）  
63：アレイを構成する場合の第3出力線への接続（模式的表示）  
100：光電変換素子  
101：光電変換素子の第1電気信号出力部  
102：光電変換素子の第2電気信号出力部  
110：第1半導体領域  
111：第1絶縁膜  
112：第1ゲート  
114：より高不純物濃度の領域  
120：第2半導体領域  
123：コンタクトホール  
130：第3半導体領域  
133：コンタクトホール  
140：第4半導体領域  
141：第4絶縁膜  
142：第4ゲート  
150：第5半導体領域  
160：第6半導体領域  
270：第7半導体領域  
273：コンタクトホール  
280：第8半導体領域  
283：コンタクトホール  
310：第11半導体領域  
320：第12半導体領域  
313：コンタクトホール  
1000：光電変換セル  
1002：光電変換セル  
2000：センスアンプ  
2001：センスアンプ  
2002：参照入力付センスアンプ  
2010：第1セルバイアス  
2030：第3セルバイアス

3000：スイッチ回路  
3001：スイッチ回路  
3003：シフトレジスタ回路  
4004：第4トランジスタ  
4005：第5トランジスタ  
4006：第6トランジスタ  
4010：リセット回路  
4011：リセット回路  
4020：リセット回路  
4030：電気信号センス制御回路  
4034：接続回路  
4035：出力非選択電位設定回路  
4036：出力選択電位設定回路  
5003：第5電位供給手段  
6001：リセット電位供給手段  
6003：第6電位供給手段

【手続補正 2 0】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 1 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 1 0】

前記第4半導体領域と前記第8半導体領域とは連続して形成されていることを特徴とする請求項9記載の光電変換セル。

【手続補正 2 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 1 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 1 1】

前記第8半導体領域と前記第6半導体領域は $2 \times 10^{19}$ 原子/cc以上の不純物濃度部分で接触していることを特徴とする請求項9記載の光電変換セル。