(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
2015 年 10 月 22 日(22.10.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/159977 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 7/486 (2006.01) *H01L 27/146* (2006.01)
G01C 3/06 (2006.01) *H04N 5/3745* (2011.01)
G01S 17/89 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/061876

(22) 国際出願日: 2015 年 4 月 17 日(17.04.2015)

(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 2014-086175 2014 年 4 月 18 日(18.04.2014) JP

(71) 出願人: 浜松ホトニクス株式会社(**HAMAMATSU PHOTONICS K.K.**) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町１１２６番地の１ Shizuoka (JP).

(72) 発明者: 間瀬 光人(**MASE Mitsuhito**); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町１１２６番地の１ 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 平光 純(**HIRAMITSU Jun**); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町１１２６番地の１ 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 島田 明洋(**SHIMADA Akihiro**); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町１１２６番地の１ 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(**HASEGAWA Yoshiki** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル） ９階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

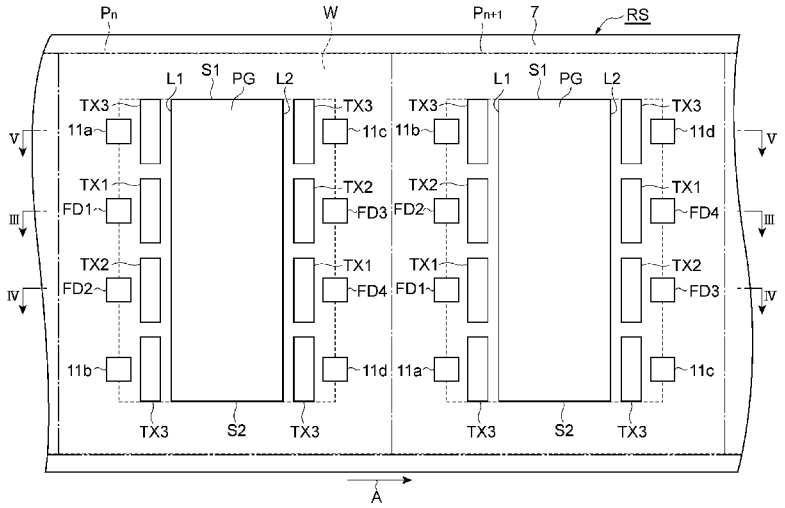
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: RANGE IMAGE SENSOR

(54) 発明の名称 : 距離画像センサ



(57) **Abstract**: In a range image sensor (RS), a plurality of range sensors (P_1 to P_N) are arranged one-dimensionally. The plurality of range sensors (P_1 to P_N) are provided with a photogate electrode (PG), first and second signal charge accumulation regions (FD1, FD2) disposed on one side of the photogate electrode (PG), third and fourth signal charge accumulation regions (FD3, FD4) disposed on the other side of the photogate electrode (PG), a first transfer electrode (TX1) for causing charge to flow to the first and fourth signal charge accumulation regions (FD1, FD4) in accordance with a first transfer signal (S_1), and a second transfer electrode (TX2) for causing charge to flow to the second and third signal charge accumulation regions (FD2, FD3) in accordance with a second transfer signal (S_2).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/159977 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

距離画像センサＲＳでは、複数の距離センサＰ$_1$～Ｐ$_N$が一次元方向に配置されている。複数の距離センサＰ$_1$～Ｐ$_N$は、フォトゲート電極ＰＧと、フォトゲート電極ＰＧの一方側に配置される第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２と、他方側に配置される第三及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ３，ＦＤ４と、第一転送信号Ｓ$_1$に応じて電荷を第一及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ４に流入させる第一転送電極ＴＸ１と、第二転送信号Ｓ$_2$に応じて電荷を第二及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ２，ＦＤ３に流入させる第二転送電極ＴＸ２と、を備えている。

明　細　書

発明の名称 ： 距離画像センサ

技術分野

[0001] 本発明は、距離画像センサに関する。

背景技術

[0002] ＴＯＦ（Time-Of-Flight）型の距離画像センサが知られている（たとえば、特許文献１参照）。特許文献１に記載された距離画像センサは、一次元方向に配置された各距離センサが、矩形の電荷発生領域と、電荷発生領域の一組の対向する二辺に沿ってそれぞれ設けられた転送電極と、転送電極により転送された信号電荷をそれぞれ蓄積する信号電荷蓄積領域と、を備えて構成されている。

[0003] この距離画像センサでは、転送電極が電荷発生領域に発生した電荷を信号電荷として位相の異なる転送信号に応じて各信号電荷蓄積領域に振り分ける。振り分けられた信号電荷は、対応する各信号電荷蓄積領域にそれぞれ蓄積される。各信号電荷蓄積領域に蓄積された信号電荷は、蓄積された電荷量に対応した出力として読み出される。これらの出力の比率に基づいて、対象物までの距離が算出される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第２００７／０２６７７９号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 複数の距離センサが一次元方向に配置されている電荷振り分け型の距離画像センサでは、一次元方向で隣り合う距離センサ間で電荷のクロストーク（漏れ込み）が生じる場合、隣り合う距離センサ間で、距離計測に対する電荷のクロストークの影響が異なる懼れがある。距離計測に対する電荷のクロストークの影響が隣り合う距離センサ間で異なると、距離計測を適切に行うこ

とが困難となる。

[0006] 本発明の一態様は、電荷振り分け型の距離画像センサであって、一次元方向で隣り合う距離センサ同士で距離計測に対する電荷のクロストークの影響が同様となる距離画像センサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、電荷振り分け型の距離画像センサであって、一次元方向で隣り合う距離センサ同士で距離計測に対する電荷のクロストークの影響が同様となる距離画像センサについて、調査研究を行った。その結果、本発明者らは以下の事実を見出した。

[0008] 上記特許文献１に記載されるような距離画像センサでは、光が入射した距離センサ（以下、入射距離センサと称する）以外の他の距離センサでも信号が検出される場合がある。これは、入射距離センサの電荷発生領域で生成された電荷が、他の距離センサの各信号電荷蓄積領域に流入するクロストークが生じているためと考えられる。他の距離センサの各信号電荷蓄積領域へのクロストークの影響は、当該各信号電荷蓄積領域の配置によって異なる。特に、他の距離センサの各信号電荷蓄積領域の配置が、入射距離センサ側であるか否かによって大きく異なる。すなわち、他の距離センサにおいて光入射距離センサ側に配置される信号電荷蓄積領域では、クロストークの影響が大きくなり、光入射距離センサ側とは逆側に配置される信号電荷蓄積領域では、クロストークの影響が小さくなる。

[0009] 電荷振り分け型の距離センサでは、上記のように、各信号電荷蓄積領域の出力の比率に基づいて、対象物までの距離が算出される。このため、各信号電荷蓄積領域に対して、周りの距離センサからの電荷の漏れ込みがあると、算出される距離が変化する。例えば、光が入射された二つの距離センサの各信号電荷蓄積領域において、一方の位相の転送信号に応じて振り分けられる電荷量と、他方の位相に応じて振り分けられる電荷量とが同じとなる場合であっても、クロストークの影響が異なるために、測定距離が異なる場合がある。すなわち、二つの光入射距離センサにおいて、測定距離が同じとなるべ

き場合であっても、同じ位相の転送信号に応じて信号電荷を蓄積する各信号電荷蓄積領域同士の配置が、もう一方の光入射距離センサ側であるか否かで互いに異なる場合は、測定距離が距離センサによって異なり得る。

[0010] 本発明者らは、自らが見出したこれらの事実に着目して、一次元方向で隣り合う距離センサ同士で距離計測に対する電荷のクロストークの影響が同様となる構成について更に鋭意研究を行い、本発明を想到するに至った。

[0011] 本発明の一態様に係る距離画像センサは、複数の距離センサが一次元方向に配置されている距離画像センサであって、複数の距離センサそれぞれは、入射光に応じて電荷が発生する電荷発生領域と、電荷発生領域の一次元方向の一方側に電荷発生領域から離間し且つ一次元方向と直交する方向に沿って互いに離間して配置され、電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として蓄積する第一及び第二信号電荷蓄積領域と、電荷発生領域の一次元方向の他方側に電荷発生領域から離間し且つ一次元方向で電荷発生領域を挟んで第一信号電荷蓄積領域と対向して配置され、電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として蓄積する第三信号電荷蓄積領域と、電荷発生領域の一次元方向の他方側に電荷発生領域から離間し且つ一次元方向で電荷発生領域を挟んで第二信号電荷蓄積領域と対向して配置され、電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として蓄積する第四信号電荷蓄積領域と、第一及び第四信号電荷蓄積領域と電荷発生領域との間にそれぞれ配置され、第一転送信号に応じて電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として第一及び第四信号電荷蓄積領域に流入させる二つの第一転送電極と、第二及び第三信号電荷蓄積領域と電荷発生領域との間にそれぞれ配置され、第一転送信号と位相が異なる第二転送信号に応じて電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として第二及び第三信号電荷蓄積領域に流入させる二つの第二転送電極と、を備えており、一次元方向に隣り合ういずれの二つの距離センサにおいて、第一信号電荷蓄積領域と第四信号電荷蓄積領域とが一次元方向で隣り合うと共に、第二信号電荷蓄積領域と第三信号電荷蓄積領域とが一次元方向で隣り合っている。

[0012] 本態様では、複数の距離センサが一次元方向に配置されている。複数の距

離センサそれぞれは、電荷発生領域の一次元方向の一方側に第一及び第二信号電荷蓄積領域を備えると共に、電荷発生領域の他方側に第三及び第四信号電荷蓄積領域を備えている。第一及び第四信号電荷蓄積領域は、第一転送信号に応じて流入される信号電荷を蓄積する。第二及び第三信号電荷蓄積領域は、第二転送信号に応じて流入される信号電荷を蓄積する。すなわち、複数の距離センサそれぞれにおいて、第一転送信号に応じて流入される信号電荷を蓄積する信号電荷蓄積領域が、電荷発生領域の一次元方向の両側それぞれに配置されると共に、第二転送信号に応じて流入される信号電荷を蓄積する信号電荷蓄積領域が、電荷発生領域の一次元方向の両側それぞれに配置されている。このため、複数の距離センサそれぞれにおいて、他の距離センサから漏れ込む電荷は、第一転送信号に応じて流入される信号電荷を蓄積する信号電荷蓄積領域と、第二転送信号に応じて流入される信号電荷を蓄積する信号電荷蓄積領域とにバランスよく分配される。したがって、一次元方向で隣り合う距離センサ同士で距離計測に対する電荷のクロストークの影響が同様となる。

[0013] 本態様では、電荷発生領域の一次元方向の一方側及び他方側に電荷発生領域から離間して配置され、電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として収集する複数の不要電荷収集領域と、複数の不要電荷収集領域と電荷発生領域との間にそれぞれ配置され、第一及び第二転送信号と位相が異なる第三転送信号に応じて電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として複数の不要電荷収集領域に流入させる複数の第三転送電極と、を更に備えていてもよい。この場合、不要電荷を外部に排出することができるので、距離の測定精度を向上させることが可能である。

[0014] 本態様では、一次元方向と直交する方向で電荷発生領域を挟み且つ電荷発生領域から離間して配置され、電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として収集する複数の不要電荷収集領域と、複数の不要電荷収集領域と電荷発生領域との間にそれぞれ配置され、第一及び第二転送信号と位相が異なる第三転送信号に応じて電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として複数の

不要電荷収集領域に流入させる複数の第三転送電極と、を更に備えていてもよい。この場合、不要電荷を外部に排出することができるので、距離の測定精度を向上させることが可能である。

発明の効果

[0015] 本発明の上記一態様によれば、電荷振り分け型の距離画像センサであって、一次元方向で隣り合う距離センサ同士で距離計測に対する電荷のクロストークの影響が同様となる距離画像センサを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図１は、本発明の一実施形態に係る距離画像センサの構成図である。

[図2]図２は、図１の距離画像センサにおける撮像領域の一部を示す概略平面図である。

[図3]図３は、図２におけるIII－III線に沿った断面構成を示す図である。

[図4]図４は、図２におけるIV－IV線に沿った断面構成を示す図である。

[図5]図５は、図２におけるV－V線に沿った断面構成を示す図である。

[図6]図６は、半導体基板の第二主面近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。

[図7]図７は、半導体基板の第二主面近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。

[図8]図８は、半導体基板の第二主面近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。

[図9]図９は、各種信号のタイミングチャートである。

[図10]図１０は、撮像デバイスの全体の断面図である。

[図11]図１１は、各種信号のタイミングチャートである。

[図12]図１２は、距離画像測定装置の全体構成を示す図である。

[図13]図１３は、従来の距離画像センサにおける電荷の漏れ込みについて説明する図である。

[図14]図１４は、変形例に係る距離画像センサの撮像領域を構成する画素を示す概略平面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

[0018] 図１は、本実施形態に係る距離画像センサの構成図である。

[0019] 距離画像センサＲＳは、複数の距離センサ$Ｐ_{1}$～$Ｐ_{N}$（Ｎは２以上の自然数）が一次元方向Ａに配置されたアレイ構造を成すラインセンサである。複数の距離センサ$Ｐ_{1}$～$Ｐ_{N}$それぞれは、一つ又は二つ以上ずつで距離画像センサＲＳの一画素を構成している。本実施形態では、複数の距離センサ$Ｐ_{1}$～$Ｐ_{N}$それぞれは、一つで距離画像センサＲＳの一画素を構成している。

[0020] 図２は、図１の距離画像センサにおける撮像領域の一部を示す概略平面図である。図３は、図２におけるIII－III線に沿った断面構成を示す図である。図４は、図２におけるIV－IV線に沿った断面構成を示す図である。図５は、図２におけるV－V線に沿った断面構成を示す図である。図２～５では、特に、隣り合う二つの距離センサ$Ｐ_{n}$，$Ｐ_{n+1}$（ｎはＮ－１以下の自然数）について示す。

[0021] 距離画像センサＲＳは、表面入射型の距離画像センサであって、互いに対向する第一及び第二主面１ａ，１ｂを有する半導体基板１を備えている。第二主面１ｂは、光入射面である。距離画像センサＲＳは、光入射面である第二主面１ｂの前方に遮光層ＬＩを備えている。遮光層ＬＩには、複数の距離センサ$Ｐ_{1}$～$Ｐ_{N}$に対応する領域それぞれにおいて、一次元方向Ａに開口ＬＩａが形成されている。開口ＬＩａは、矩形状を呈している。本実施形態では、開口ＬＩａは、長方形状を呈している。光は、遮光層ＬＩの開口ＬＩａを通って、半導体基板１に入射する。したがって、開口ＬＩａにより、半導体基板１には、受光領域が規定される。遮光層ＬＩは、たとえば、アルミニウムなどの金属からなる。

[0022] 半導体基板１は、第一主面１ａ側に位置するｐ型の第一半導体領域３と、第一半導体領域３よりも不純物濃度が低く且つ第二主面１ｂ側に位置するｐ－

型の第二半導体領域５と、からなる。半導体基板１は、例えば、ｐ型の半導体基板上に、当該半導体基板よりも不純物濃度が低いｐ⁻型のエピタキシャル層を成長させることにより得ることができる。半導体基板１の第二主面１ｂ（第二半導体領域５）上には、絶縁層７が形成されている。

[0023] 絶縁層７上には、複数の距離センサP_1～P_Nが一次元方向Ａに配置されている。複数の距離センサP_1～P_Nそれぞれは、フォトゲート電極ＰＧと、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１と、第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２と、第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３と、第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４と、二つの第一転送電極ＴＸ１と、二つの第二転送電極ＴＸ２と、四つの不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄと、四つの第三転送電極ＴＸ３と、ｐ型のウェル領域Ｗと、を備えている。なお、図２では、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４上に配置されている導体１３（図３～図５参照）を省略して示す。

[0024] フォトゲート電極ＰＧは、開口ＬＩａに対応して配置されている。半導体基板１（第二半導体領域５）におけるフォトゲート電極ＰＧに対応する領域（図３～図５において、フォトゲート電極ＰＧの下方に位置する領域）は、入射光に応じて電荷が発生する電荷発生領域として機能する。フォトゲート電極ＰＧは、開口ＬＩａの形状にも対応し、平面視で矩形状を呈している。本実施形態では、フォトゲート電極ＰＧは、開口ＬＩａと同様に長方形状を呈している。すなわち、フォトゲート電極ＰＧは、一次元方向Ａと直交し且つ互いに対向する第一及び第二長辺Ｌ１，Ｌ２と、一次元方向Ａと平行で且つ互いに対向する第一及び第二短辺Ｓ１，Ｓ２とを有する平面形状を有している。フォトゲート電極ＰＧは、一次元方向Ａの一方側に第一長辺Ｌ１、一次元方向Ａの他方側に第二長辺Ｌ２を有している。

[0025] 第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２は、フォトゲート電極ＰＧの第一長辺Ｌ１側（一次元方向Ａの一方側）にフォトゲート電極ＰＧから離間し、且つ一次元方向Ａと直交する方向に沿って互いに離間して配置されている。第三及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ３，ＦＤ４は、フォトゲート電極ＰＧの第二長辺Ｌ２側（一次元方向Ａの他方側）にフォトゲート電極ＰＧか

ら離間し、且つ一次元方向Ａと直交する方向に沿って互いに離間して配置されている。

[0026] すなわち、第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３は、一次元方向Ａでフォトゲート電極ＰＧを挟んで第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１と対向して配置されている。第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４は、一次元方向Ａでフォトゲート電極ＰＧを挟んで第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２と対向して配置されている。第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４は、第二半導体領域５に形成された不純物濃度が高いｎ型の半導体領域であり、電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として蓄積する。

[0027] 不要電荷収集領域１１ａ，１１ｂは、フォトゲート電極ＰＧの第一長辺Ｌ１側にフォトゲート電極ＰＧから離間し、且つ一次元方向Ａと直交する方向に沿って第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２を挟んで互いに対向して配置されている。一次元方向Ａと直交する方向に沿って、不要電荷収集領域１１ａは第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１と隣り合い、不要電荷収集領域１１ｂは第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２と隣り合う。

[0028] 不要電荷収集領域１１ｃ，１１ｄは、フォトゲート電極ＰＧの第二長辺Ｌ２側にフォトゲート電極ＰＧから離間し、且つ一次元方向Ａと直交する方向に沿って第三及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ３，ＦＤ４を挟んで互いに対向して配置されている。一次元方向Ａと直交する方向に沿って、不要電荷収集領域１１ｃは第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３と隣り合い、不要電荷収集領域１１ｄは第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４と隣り合う。不要電荷収集領域１１ａ，１１ｃは、一次元方向Ａでフォトゲート電極ＰＧを挟んで互いに対向して配置されている。不要電荷収集領域１１ｂ，１１ｄは、一次元方向Ａでフォトゲート電極ＰＧを挟んで互いに対向して配置されている。

[0029] 不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄは、第二半導体領域５に形成された不純物濃度が高いｎ型の半導体領域であり、電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として収集する。

[0030] ウェル領域Ｗは、第二主面１ｂに直交する方向から見て、フォトゲート電

極ＰＧ、第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２、並びに第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４を囲むように第二半導体領域５に形成されている。ウェル領域Wは、第二主面１ｂに直交する方向から見て、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４それぞれの一部と重なっている。ウェル領域Wの外縁は、複数の距離センサP_1～P_Nの外縁と略一致している。ウェル領域Wは、第二半導体領域５の導電型と同一の導電型であって、第二半導体領域５の不純物濃度よりも高い不純物濃度を有する。ウェル領域Wは、フォトゲート電極ＰＧへの電圧の印加によって広がった空乏層と、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４から広がる空乏層との結合を抑制している。これにより、クロストークが抑制される。

[0031] 第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２並びに不要電荷収集領域１１ａ，１１ｂは、フォトゲート電極ＰＧの第一長辺Ｌ１側において、一次元方向Ａに直交する方向に沿って互いに離間して配置されている。第三及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ３，ＦＤ４並びに不要電荷収集領域１１ｃ，１１ｄは、フォトゲート電極ＰＧの第二長辺Ｌ２側において、一次元方向Ａに直交する方向に沿って互いに離間して配置されている。第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４及び不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄは、平面視で矩形状を呈している。本実施形態では、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４及び不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄは、平面視で正方形状を呈しており、互いに同形状を成している。

[0032] 距離センサP_n及び距離センサP_{n+1}は、一方が偶数番目に配置され、他方が奇数番目に配置されている。すなわち、距離画像センサＲＳでは、距離センサP_n及び距離センサP_{n+1}が一次元方向Ａに交互に配置されている。

[0033] 距離センサP_n及び距離センサP_{n+1}は、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４と不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄとの並び順、及び第一～第三転送電極ＴＸ１～ＴＸ３の並び順が異なる点のみで相違する。すなわち、フォトゲート電極ＰＧの第一長辺Ｌ１側において、距離センサP_nでは、不要電荷収集領域１１ａ、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１、第二信号電荷蓄積領域Ｆ

Ｄ２、及び不要電荷収集領域１１ｂがこの順番で第一短辺Ｓ１側から配置されているのに対し、距離センサ$Ｐ_{n+1}$では、この順番で第二短辺Ｓ２側から配置されている。フォトゲート電極ＰＧの長辺Ｌ２側において、距離センサ$Ｐ_{n}$では、不要電荷収集領域１１ｃ、第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３、第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４、及び不要電荷収集領域１１ｄがこの順番で第一短辺Ｓ１側から配置されているのに対し、距離センサ$Ｐ_{n+1}$では、この順番で第二短辺Ｓ２側から配置されている。

[0034] フォトゲート電極ＰＧの第一長辺Ｌ１側において、距離センサ$Ｐ_{n}$では、第三転送電極ＴＸ３、第一転送電極ＴＸ１、第二転送電極ＴＸ２、及び第三転送電極ＴＸ３がこの順番で第一短辺Ｓ１側から配置されているのに対し、距離センサ$Ｐ_{n+1}$では、この順番で第二短辺Ｓ２側から配置されている。フォトゲート電極ＰＧの長辺Ｌ２側において、距離センサ$Ｐ_{n}$では、第三転送電極ＴＸ３、第二転送電極ＴＸ２、第一転送電極ＴＸ１、及び第三転送電極ＴＸ３がこの順番で第一短辺Ｓ１側から配置されているのに対し、距離センサ$Ｐ_{n+1}$では、この順番で第二短辺Ｓ２側から配置されている。

[0035] 距離センサ$Ｐ_{n}$の第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４と距離センサ$Ｐ_{n+1}$の第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１とは、一次元方向Ａで隣り合っている。距離センサ$Ｐ_{n}$の第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３と距離センサ$Ｐ_{n+1}$の第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２とは、一次元方向Ａで隣り合っている。このように、距離画像センサＲＳでは、一次元方向Ａで隣り合う二つの距離センサ$Ｐ_{n}$及び距離センサ$Ｐ_{n+1}$において、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１と第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４とが一次元方向Ａで隣り合うと共に、第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２と第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３とが一次元方向Ａで隣り合っている。

[0036] 本実施形態では、「不純物濃度が高い」とは例えば不純物濃度が$１×１０^{17}ｃｍ^{-3}$程度以上のことであって、「＋」を導電型に付けて示す。一方、「不純物濃度が低い」とは例えば$１０×１０^{15}ｃｍ^{-3}$程度以下のことであって、「－」を導電型に付けて示す。

[0037] 各半導体領域の厚さ／不純物濃度は以下の通りである。

第一半導体領域３：厚さ１０～１０００μｍ／不純物濃度１×１０^{12}～１０^{19}ｃｍ$^{-3}$

第二半導体領域５：厚さ１～５０μｍ／不純物濃度１×１０^{12}～１０^{15}ｃｍ$^{-3}$

第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４、不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄ：厚さ０．１～１μｍ／不純物濃度１×１０^{18}～１０^{20}ｃｍ$^{-3}$

ウェル領域Ｗ：厚さ０．５～５μｍ／不純物濃度１×１０^{16}～１０^{18}ｃｍ$^{-3}$

[0038] 半導体基板１（第一及び第二半導体領域３，５）には、バックゲート又は貫通電極などを介してグラウンド電位などの基準電位が与えられる。

[0039] 第一転送電極ＴＸ１は、絶縁層７上であって、第一及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ４とフォトゲート電極ＰＧとの間にそれぞれ配置されている。第一転送電極ＴＸ１は、第一及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ４とフォトゲート電極ＰＧとからそれぞれ離れて配置されている。第一転送電極ＴＸ１は、第一転送信号S_1（図９参照）に応じて電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として第一及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ４に流入させる。

[0040] 第二転送電極ＴＸ２は、絶縁層７上であって、第二及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ２，ＦＤ３とフォトゲート電極ＰＧとの間にそれぞれ配置されている。第二転送電極ＴＸ２は、第二及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ２，ＦＤ３とフォトゲート電極ＰＧとからそれぞれ離れて配置されている。第二転送電極ＴＸ２は、第一転送信号S_1と位相が異なる第二転送信号S_2（図９参照）に応じて電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として第二及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ２，ＦＤ３に流入させる。

[0041] 第三転送電極ＴＸ３は、絶縁層７上であって、不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄとフォトゲート電極ＰＧとの間にそれぞれ配置されている。第三転送電極ＴＸ３は、不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄとフォトゲート電極ＰＧとからそれぞれ離れて配置されている。第三転送電極ＴＸ３は、第一転送信号S_1及び第二転送信号S_2と位相が異なる第三転送信号S_3（図９参照）に応じ

て電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄに流入させる。

[0042] 第一～第三転送電極ＴＸ１～ＴＸ３は、フォトゲート電極ＰＧの第一長辺Ｌ１側及び第二長辺Ｌ２側において、一次元方向Ａに直交する方向に沿って互いに離間して配置されている。第一～第三転送電極ＴＸ１～ＴＸ３は、平面視で矩形状を呈している。本実施形態では、第一～第三転送電極ＴＸ１～ＴＸ３は、一次元方向Ａに直交する方向を長辺とする長方形状を呈し、互いに同形状を成している。第一～第三転送電極ＴＸ１～ＴＸ３の長辺の長さは、例えば、フォトゲート電極ＰＧの第一長辺Ｌ１を４等分した長さにほぼ等しい。

[0043] 絶縁層７には、第二半導体領域５の表面を露出させるためのコンタクトホールが設けられている。コンタクトホール内には、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４及び不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄを外部に接続するための導体１３が配置される。

[0044] 半導体基板はＳｉからなり、絶縁層７はSiO_2からなり、フォトゲート電極ＰＧ及び第一～第三転送電極ＴＸ１～ＴＸ３はポリシリコンからなるが、これらは他の材料を用いてもよい。

[0045] 第一転送電極ＴＸ１に印加される第一転送信号S_1の位相と第二転送電極ＴＸ２に印加される第二転送信号S_2の位相とは、１８０度ずれている。複数の距離センサP_1～P_Nそれぞれに入射した光は、半導体基板１（第二半導体領域５）内において電荷に変換される。このようにして発生した電荷のうち一部は、信号電荷として、フォトゲート電極ＰＧ並びに第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２に印加される電圧により形成されるポテンシャル勾配にしたがって、第一転送電極ＴＸ１又は第二転送電極ＴＸ２の方向、すなわちフォトゲート電極ＰＧの第一及び第二短辺Ｓ１，Ｓ２に平行な方向に走行する。

[0046] 第一又は第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２に正電位を与えると、第一又は第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２の下のポテンシャルがフォトゲート電極ＰＧの下の部分の半導体基板１（第二半導体領域５）のポテンシャルより電子に対して

低くなり、負の電荷（電子）は、第一又は第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２の方向に引き込まれ、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４によって形成されるポテンシャル井戸内に蓄積される。ｎ型の半導体は、正にイオン化したドナーを含んでおり、正のポテンシャルを有し、電子を引き付ける。第一又は第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２に、上記正電位よりも低い電位（たとえば、グラウンド電位）を与えると、第一又は第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２によるポテンシャル障壁が生じ、半導体基板１で発生した電荷は、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４には引き込まれない。

[0047] 複数の距離センサP_1～P_Nそれぞれに光が入射することにより発生した電荷のうち一部は、不要電荷として、フォトゲート電極ＰＧ及び第三転送電極ＴＸ３に印加される電圧により形成されるポテンシャル勾配にしたがって、第三転送電極ＴＸ３の方向に走行する。

[0048] 第三転送電極ＴＸ３に、正電位を与えると、第三転送電極ＴＸ３の下のポテンシャルが、フォトゲート電極ＰＧの下の部分の半導体基板１（第二半導体領域５）のポテンシャルより電子に対して低くなり、負の電荷（電子）は、第三転送電極ＴＸ３の方向に引き込まれ、不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄによって形成されるポテンシャル井戸内に収集される。第三転送電極ＴＸ３に、上記正電位よりも低い電位（たとえば、グラウンド電位）を与えると、第三転送電極ＴＸ３によるポテンシャル障壁が生じ、半導体基板１で発生した電荷は、不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄには引き込まれない。

[0049] 図６は、図２のIII－III線に沿った半導体基板の第二主面近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。図７は、図２のIV－IV線に沿った半導体基板の第二主面近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。図８は、図２のV－V線に沿った半導体基板の第二主面近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。図６～８では、下向きがポテンシャルの正方向である。図６（ａ）、（ｂ）、図７（ａ）、（ｂ）、及び図８（ａ）は、信号電荷の蓄積動作を説明するための図である。図６（ｃ）、図７（ｃ）、及び図８（ｂ）は、不要電荷の排出動作を説明するための図である。

[0050] 図６～８には、第一転送電極ＴＸ１の直下の領域のポテンシャルϕ_{TX1}、第二転送電極ＴＸ２の直下の領域のポテンシャルϕ_{TX2}、第三転送電極ＴＸ３の直下の領域のポテンシャルϕ_{TX3}、フォトゲート電極ＰＧの直下の電荷発生領域のポテンシャルϕ_{PG}、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１のポテンシャルϕ_{FD1}、第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２のポテンシャルϕ_{FD2}、第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３のポテンシャルϕ_{FD3}、第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４のポテンシャルϕ_{FD4}、不要電荷収集領域１１ａのポテンシャルϕ_{OFDa}、不要電荷収集領域１１ｃのポテンシャルϕ_{OFDb}、不要電荷収集領域１１ｃのポテンシャルϕ_{OFDc}、及び不要電荷収集領域１１ｃのポテンシャルϕ_{OFDd}が示されている。

[0051] フォトゲート電極ＰＧの直下の領域（電荷発生領域）のポテンシャルϕ_{PG}は、無バイアス時における隣接する第一～第三転送電極ＴＸ１～ＴＸ３直下の領域のポテンシャル（ϕ_{TX1}，ϕ_{TX2}，ϕ_{TX3}）を基準電位とすると、この基準電位よりも高く設定されている。この電荷発生領域のポテンシャルϕ_{PG}はポテンシャルϕ_{TX1}，ϕ_{TX2}，ϕ_{TX3}よりも高くなり、ポテンシャル分布は電荷発生領域において図面の下向きに凹んだ形状となる。

[0052] 図６（ａ）、（ｂ）、図７（ａ）、（ｂ）、及び図８（ａ）を参照して、信号電荷の蓄積動作を説明する。

[0053] 第一転送電極ＴＸ１に印加される第一転送信号S_1の位相が０度のとき、第一転送電極ＴＸ１には正の電位が与えられる。第二転送電極ＴＸ２には、逆相の電位、すなわち位相が１８０度の電位（たとえば、グラウンド電位）が与えられる。フォトゲート電極ＰＧには、第一転送電極ＴＸ１に与えられる電位と、第二転送電極ＴＸ２に与えられる電位との間の電位が与えられる。この場合、図６（ａ）及び図７（ａ）に示されるように、電荷発生領域で発生した負の電荷ｅは、第一転送電極ＴＸ１直下の半導体のポテンシャルϕ_{TX1}が電荷発生領域のポテンシャルϕ_{PG}よりも下がることにより、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４のポテンシャル井戸内に流れ込む。

[0054] 一方、第二転送電極ＴＸ２直下の半導体のポテンシャルϕ_{TX2}は下がらず、

第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３のポテンシャル井戸内には、電荷は流れ込まない。これにより、信号電荷が第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４のポテンシャル井戸に収集されて、蓄積される。第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４では、ｎ型の不純物が添加されているため、正方向にポテンシャルが凹んでいる。

[0055] 第二転送電極ＴＸ２に印加される第二転送信号S_2の位相が０度のとき、第二転送電極ＴＸ２には正の電位が与えられ、第一転送電極ＴＸ１には、逆相の電位、すなわち位相が１８０度の電位（たとえば、グラウンド電位）が与えられる。フォトゲート電極ＰＧには、第一転送電極ＴＸ１に与えられる電位と、第二転送電極ＴＸ２に与えられる電位との間の電位が与えられる。この場合、図６（ｂ）及び図７（ｂ）に示されるように、電荷発生領域で発生した負の電荷ｅは、第二転送電極ＴＸ２直下の半導体のポテンシャルϕ_{TX2}が電荷発生領域のポテンシャルϕ_{PG}よりも下がることにより、第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３のポテンシャル井戸内に流れ込む。

[0056] 一方、第一転送電極ＴＸ１直下の半導体のポテンシャルϕ_{TX1}は下がらず、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ４のポテンシャル井戸内には、電荷は流れ込まない。これにより、信号電荷が第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ３のポテンシャル井戸に収集されて、蓄積される。

[0057] 第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２に位相が１８０度ずれた第一及び第二転送信号S_1、S_2が印加されている間、第三転送電極ＴＸ３にはグラウンド電位が与えられている。このため、図８（ａ）に示されるように、第三転送電極ＴＸ３直下の半導体のポテンシャルφＴＸ３は下がらず、不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄのポテンシャル井戸内には、電荷は流れ込まない。

[0058] 以上により、信号電荷が第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４のポテンシャル井戸に収集されて、蓄積される。第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４のポテンシャル井戸に蓄積された信号電荷は、外部に読み出さ

れる。

[0059] 図６（ｃ）、図７（ｃ）、及び図８（ｂ）を参照して、不要電荷の排出動作を説明する。

[0060] 第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２には、グラウンド電位が与えられている。このため、図６（ｃ）及び図７（ｃ）に示されるように、第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２直下の半導体のポテンシャルϕ_{TX1}，ϕ_{TX2}は下がらず、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４のポテンシャル井戸内には、電荷は流れ込まない。一方、第三転送電極ＴＸ３には正の電位が与えられる。この場合、図８（ｂ）に示されるように、電荷発生領域で発生した負の電荷ｅは、第三転送電極ＴＸ３直下の半導体のポテンシャルϕ_{TX3}が電荷発生領域のポテンシャルϕ_{PG}よりも下がることにより、不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄのポテンシャル井戸内に流れ込む。以上により、不要電荷が不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄのポテンシャル井戸に収集される。不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄのポテンシャル井戸に収集された不要電荷は、外部に排出される。すなわち、不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄは、不要電荷排出領域（不要電荷排出ドレイン）としても機能する。不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄは、たとえば固定電位に接続されている。

[0061] 図９は、各種信号のタイミングチャートである。

[0062] 後述の光源ＬＳ（図１２参照）の駆動信号S_D、光源ＬＳから出射された光が対象物ＯＪ（図１２参照）に当たって撮像領域まで戻ってきたときの反射光の強度信号L_P、第一転送電極ＴＸ１に印加される第一転送信号S_1、及び、第二転送電極ＴＸ２に印加される第二転送信号S_2が示されている。第一転送信号S_1は、駆動信号S_Dに同期しているので、反射光の強度信号L_Pの第一転送信号S_1に対する位相が、光の飛行時間であり、これは距離画像センサＲＳから対象物ＯＪまでの距離を示している。

[0063] 反射光の強度信号L_Pと第一転送電極ＴＸ１に印加される第一転送信号S_1との重なり合った部分が、第一及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ４にそれぞれ蓄積される電荷量の総和である電荷量Q_1に当たる。反射光の強度信

号L_Pと第二転送電極ＴＸ２に印加される第二転送信号S_2の重なり合った部分が、第二及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ２，ＦＤ３にそれぞれ蓄積される電荷量の総和である電荷量Q_2に当たる。ここでは、第一及び第二転送信号S_1，S_2の印加時に、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４で収集された電荷量Q_1，Q_2の比率を用いて、距離ｄ（図１２参照）を演算する。すなわち、駆動信号S_Dの１つのパルス幅をT_Pとすると、距離ｄ＝（ｃ／２）×（$T_P \times Q_2 /（Q_1 + Q_2）$）で与えられる。なお、ｃは光速である。

[0064] 図１０は、撮像デバイスの全体の断面図である。

[0065] 撮像デバイスＩＭは、距離画像センサＲＳと、配線基板ＷＢと、を備えている。距離画像センサＲＳは、半導体基板１の第一主面１ａ側を配線基板ＷＢに対向させた状態で、接着領域ＦＬを介して配線基板ＷＢに貼り付けられている。接着領域ＦＬは、絶縁性の接着剤やフィラーを有している。

[0066] 図１１は、実際の各種信号のタイミングチャートである。

[0067] １フレームの期間T_Fは、信号電荷を蓄積する期間（蓄積期間）T_{acc}と、信号電荷を読み出す期間（読み出し期間）T_{ro}と、からなる。１つの画素に着目すると、蓄積期間T_{acc}において、複数のパルスを有する駆動信号S_Dが光源ＬＳ（図１２参照）に印加され、これに同期して、第一及び第二転送信号S_1，S_2が互いに逆位相で第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２に印加される。なお、距離測定に先立って、リセット信号ｒｅｓｅｔが第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４に印加され、内部に蓄積された電荷が外部に排出される。本例では、リセット信号ｒｅｓｅｔが一瞬ＯＮし、続いてＯＦＦした後、複数の駆動信号S_Dが逐次印加され、更に、これに同期して電荷転送が逐次的に行われ、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４に信号電荷が積算して蓄積される。

[0068] その後、読み出し期間T_{ro}において、第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４内に蓄積された信号電荷が読み出される。このとき、第三転送電極ＴＸ３に印加される第三転送信号S_3がＯＮして、第三転送電極ＴＸ３に正の電位が与えられ、不要電荷が不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄのポテンシャ

ル井戸に収集される。

[0069] 図１２は、距離画像測定装置の全体構成を示す図である。

[0070] 対象物ＯＪまでの距離ｄは、距離画像測定装置によって測定される。上記のように、レーザ光照射装置及びＬＥＤなどの光源ＬＳには、駆動信号S_Dが印加され、対象物ＯＪで反射された反射光像の強度信号L_Pが距離画像センサＲＳの電荷発生領域に入射する。距離画像センサＲＳからは、画素毎に、第一及び第二転送信号S_1，S_2に同期して収集された電荷量Q_1，Q_2が出力され、駆動信号S_Dに同期して演算回路ＡＲＴに入力される。演算回路ＡＲＴでは、上記のように画素毎に距離ｄを演算し、演算結果を制御部ＣＯＮＴに転送する。制御部ＣＯＮＴは、光源ＬＳを駆動する駆動回路ＤＲＶを制御すると共に、第一～第三転送信号S_1～S_3を出力し、演算回路ＡＲＴから入力された演算結果を表示器ＤＳＰに表示する。

[0071] 以上のように構成された距離画像センサＲＳの作用及び効果について説明する。ここでは、従来の距離画像センサと比較しながら、距離画像センサＲＳの作用及び効果について説明する。

[0072] 図１３は、従来の距離画像センサにおける電荷の漏れ込みについて説明する図である。

[0073] 従来の距離画像センサは、一次元方向に配置された複数の距離センサR_1～R_Nそれぞれが、フォトゲート電極ＰＧの一次元方向の一方側に第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１及び第一転送電極ＴＸ１を備えると共に、フォトゲート電極ＰＧの一次元方向の他方側に第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２及び第二転送電極ＴＸ２を備えている。すなわち、複数の距離センサR_1～R_Nは、電荷の振り分け方向に一次元に配置されている。隣り合う二つの距離センサR_n，R_{n+1}において、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１と第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２とは一次元方向で隣り合っている。従来の距離画像センサは、ｐ型のウェル領域Ｗを更に備えている。ウェル領域Ｗは、第二主面１ｂに直交する方向から見て、フォトゲート電極ＰＧ、第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２、並びに第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２を囲むように第二半導体領域５

に形成されている。ウェル領域Wは、第二主面１ｂに直交する方向から見て、第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２それぞれの一部と重なっている。ウェル領域Wの外縁は、複数の距離センサR_1～R_Nの外縁と略一致している。

[0074] このような距離画像センサにおいて、例えば、距離センサR_nに光が入射されると、距離センサR_nでは入射光に応じて電荷が発生する。発生した電荷は、第一及び第二転送信号S_1，S_2にしたがって、距離センサR_nの第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２へと振り分けられる。このとき電荷の一部が他の距離センサＲの第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２に漏れ込む。漏れ込み量は、他の距離センサＲにおける第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２の配置が、距離センサR_n側であるか否かによって大きく異なる。

[0075] 距離センサR_{n+1}において、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１は、距離センサR_n側に配置されており、第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２は、距離センサR_nとは逆側に配置されている。このため、距離センサR_nから距離センサR_{n+1}に電荷が漏れ込む場合、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１への漏れ込み量Ｂ％は，第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２への漏れ込み量Ａ％よりも大きくなる。同様に、距離センサR_{n+1}に光が入射され、距離センサR_{n+1}から距離センサR_nに電荷が漏れ込む場合、距離センサR_nにおいて、距離センサR_{n+1}側には第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２が配置されているため、第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２への漏れ込み量Ｄ％は、第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１への漏れ込み量Ｃ％よりも大きくなる。

[0076] 距離センサR_n，R_{n+1}において、第一転送電極ＴＸ１よって第一信号電荷蓄積領域ＦＤ１に振り分けられる電荷量と、第二転送電極ＴＸ２によって第二信号電荷蓄積領域ＦＤ２に振り分けられる電荷量との比が同じとなる場合、測定される距離は、距離センサR_nと距離センサR_{n+1}とで同じとなるべきである。しかしながら、上記したように、距離センサR_n，R_{n+1}において互いに電荷が漏れ込み合うことにより、第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，Ｆ

Ｄ２それぞれに蓄積される電荷量は、距離センサ$Ｒ_{n}$と距離センサ$Ｒ_{n+1}$とで異なる。このため、測定される距離が、距離センサ$Ｒ_{n}$と距離センサ$Ｒ_{n+1}$とで異なる場合がある。

[0077] これに対して、本実施形態に係る距離画像センサＲＳでは、複数の距離センサ$Ｐ_{1}$～$Ｐ_{N}$が一次元方向Ａに配置され、複数の距離センサ$Ｐ_{1}$～$Ｐ_{N}$それぞれは、フォトゲート電極ＰＧの一次元方向Ａの一方側に第一及び第二信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ２を備えると共に、フォトゲート電極ＰＧの他方側に第三及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ３，ＦＤ４を備えている。第一及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ４は、第一転送信号$Ｓ_{1}$に応じて流入される信号電荷を蓄積する。第二及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ２，ＦＤ３は、第二転送信号$Ｓ_{2}$に応じて流入される信号電荷を蓄積する。すなわち、複数の距離センサ$Ｐ_{1}$～$Ｐ_{N}$それぞれにおいて、第一転送信号$Ｓ_{1}$に応じて流入される信号電荷を蓄積する第一及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ４が、電荷発生領域の一次元方向Ａの両側それぞれに配置されると共に、第二転送信号$Ｓ_{2}$に応じて流入される信号電荷を蓄積する第二及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ２，ＦＤ３が、電荷発生領域の一次元方向Ａの両側それぞれに配置されている。このため、複数の距離センサ$Ｐ_{1}$～$Ｐ_{N}$それぞれにおいて、他の距離センサから漏れ込む電荷は、第一転送信号$Ｓ_{1}$に応じて流入される信号電荷を蓄積する第一及び第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１，ＦＤ４と、第二転送信号$Ｓ_{2}$に応じて流入される信号電荷を蓄積する第二及び第三信号電荷蓄積領域ＦＤ２，ＦＤ３と、にバランスよく分配される。したがって、一次元方向Ａで隣り合う距離センサ同士で距離計測に対する電荷のクロストークの影響が同様となる。

[0078] 距離画像センサＲＳは、電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として収集する不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄと、第一及び第二転送信号$Ｓ_{1}$，$Ｓ_{2}$と位相が異なる第三転送信号$Ｓ_{3}$に応じて電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄに流入させる第三転送電極ＴＸ３と、を更に備えている。このため、不要電荷を外部に排出することが

できるので、距離の測定精度を向上させることが可能である。

[0079] 複数の距離センサP_1～P_Nそれぞれにおいて、第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２は、一次元方向Ａでフォトゲート電極ＰＧを挟んで互いに対向して配置されている。すなわち、複数の距離センサP_1～P_Nそれぞれにおいて、第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２は、一次元方向Ａに直交する方向において偏りなく配置されている。このため、仮にフォトゲート電極ＰＧの一次元方向Ａに直交する方向における一部分にのみ光が入射され、電荷発生領域内で発生する電荷量が一次元方向Ａに直交する方向において偏る場合でも、第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２に振り分けられる電荷量には偏りが生じ難い。この結果、測定距離の精度が向上する。

[0080] 本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態では、不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄ及び第三転送電極ＴＸ３が、フォトゲート電極ＰＧの第一長辺Ｌ１側又は第二長辺Ｌ２側に配置されているが、これに限られない。

[0081] 図１４は、変形例に係る距離画像センサの撮像領域を構成する画素を示す概略平面図である。

[0082] 同図に示されるように、変形例に係る距離画像センサＲＳは、複数の距離センサP_1～P_Nそれぞれが、第一長辺Ｌ１側及び第二長辺Ｌ２側に配置される不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄの代わりに、第一短辺Ｓ１側及び第二短辺Ｓ２側に配置される不要電荷収集領域１１ｅ，１１ｆを１つずつ備える点と、第一長辺Ｌ１側及び第二長辺Ｌ２側に配置される四つの第三転送電極ＴＸ３の代わりに、第一短辺Ｓ１側及び第二短辺Ｓ２側に配置される二つの第三転送電極ＴＸ３を備える点とで、実施形態に係る距離画像センサＲＳと主に相違している。

[0083] 不要電荷収集領域１１ｅは、フォトゲート電極ＰＧの第一短辺Ｓ１側に、フォトゲート電極ＰＧから離間して配置されている。不要電荷収集領域１１ｆは、フォトゲート電極ＰＧの第二短辺Ｓ２側に、フォトゲート電極ＰＧから離間して配置されている。すなわち、不要電荷収集領域１１ｅ，１１ｆは

、一次元方向Ａに直交する方向でフォトゲート電極ＰＧを挟み且つフォトゲート電極ＰＧから離間して配置されている。不要電荷収集領域１１ｅ，１１ｆは、平面視で矩形状を呈している。ここでは、長方形状を呈し、互いに同形状で、一次元方向Ａに平行な長辺を有している。第一～第四信号電荷蓄積領域ＦＤ１～ＦＤ４は、平面視で長方形状を呈しており、互いに同形状で、一次元方向Ａに直交する方向に平行な長辺を有している。

[0084] 第三転送電極ＴＸ３は、不要電荷収集領域１１ｅ，１１ｆとフォトゲート電極ＰＧとの間にそれぞれ配置されている。第三転送電極ＴＸ３は、不要電荷収集領域１１ｅ，１１ｆとフォトゲート電極ＰＧとからそれぞれ離れて配置されている。ここでは、第三転送電極ＴＸ３は、平面視で長方形状を呈しており、互いに同形状で、一次元方向Ａに平行な長辺を有している。この長辺の長さは、例えば、フォトゲート電極ＰＧの第一及び第二短辺Ｓ１，Ｓ２の長さにそれぞれ等しい。第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２の長辺の長さは、例えば、フォトゲート電極ＰＧの第一及び第二長辺Ｌ１，Ｌ２の長さをそれぞれ２等分した長さにほぼ等しい。

[0085] このような構成の距離画像センサＲＳであっても、図２の距離画像センサＲＳと同様の作用・効果を得ることができる。なお、フォトゲート電極ＰＧの第一長辺Ｌ１側及び第二長辺Ｌ２側に不要電荷収集領域１１ａ～１１ｄ及び第三転送電極ＴＸ３が配置されるのに加え、フォトゲート電極ＰＧの第一短辺Ｓ１側又は第二短辺Ｓ２側に不要電荷収集領域１１ｅ，１１ｆ及び第三転送電極ＴＸ３が更に配置されてもよい。

[0086] 不要電荷収集領域の数は四つ又は二つに限られず適宜設定することができ、備えなくてもよい。不要電荷収集領域の配置は、例えば、第一及び第二転送電極ＴＸ１，ＴＸ２の間としてもよく、適宜配置することができる。

[0087] 距離画像センサＲＳは、複数の距離センサP_1～P_Nそれぞれが一次元に配置されたラインセンサであるが、二次元に配置してもよい。この場合、二次元画像を容易に得ることができる。なお、ラインセンサを回転させることによって、または、２つのラインセンサを用いて走査させることによっても二

次元画像を得ることができる。

[0088] 距離画像センサＲＳは、表面入射型の距離画像センサに限られない。距離画像センサＲＳは、裏面入射型の距離画像センサであってもよい。

[0089] 入射光に応じて電荷が発生する電荷発生領域をフォトダイオード（たとえば、埋め込み型のフォトダイオードなど）により構成してもよい。

[0090] 本実施形態に係る距離画像センサＲＳにおけるｐ型およびｎ型の各導電型は、上述したものとは逆になるように入れ替えられていてもよい。

産業上の利用可能性

[0091] 本発明は、電荷振り分け型の距離画像センサに利用できる。

符号の説明

[0092] １１ａ～１１ｆ…不要電荷収集領域、Ａ…一次元方向、ＦＤ１…第一信号電荷蓄積領域、ＦＤ２…第二信号電荷蓄積領域、ＦＤ３…第三信号電荷蓄積領域、ＦＤ４…第四信号電荷蓄積領域、P_1～P_N…距離センサ、ＰＧ…フォトゲート電極、ＲＳ…距離画像センサ、S_1…第一転送信号、S_2…第二転送信号、S_3…第三転送信号、ＴＸ１…第一転送電極、ＴＸ２…第二転送電極、ＴＸ３…第三転送電極。

請求の範囲

[請求項1] 複数の距離センサが一次元方向に配置されている距離画像センサであって、

前記複数の距離センサそれぞれは、

入射光に応じて電荷が発生する電荷発生領域と、

前記電荷発生領域の前記一次元方向の一方側に前記電荷発生領域から離間し且つ前記一次元方向と直交する方向に沿って互いに離間して配置され、前記電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として蓄積する前記第一及び第二信号電荷蓄積領域と、

前記電荷発生領域の前記一次元方向の他方側に前記電荷発生領域から離間し且つ前記一次元方向で前記電荷発生領域を挟んで前記第一信号電荷蓄積領域と対向して配置され、前記電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として蓄積する第三信号電荷蓄積領域と、

前記電荷発生領域の前記一次元方向の他方側に前記電荷発生領域から離間し且つ前記一次元方向で前記電荷発生領域を挟んで前記第二信号電荷蓄積領域と対向して配置され、前記電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として蓄積する第四信号電荷蓄積領域と、

前記第一及び第四信号電荷蓄積領域と前記電荷発生領域との間にそれぞれ配置され、第一転送信号に応じて前記電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として前記第一及び第四信号電荷蓄積領域に流入させる二つの第一転送電極と、

前記第二及び第三信号電荷蓄積領域と前記電荷発生領域との間にそれぞれ配置され、前記第一転送信号と位相が異なる第二転送信号に応じて前記電荷発生領域にて発生した電荷を信号電荷として前記第二及び前記第三信号電荷蓄積領域に流入させる二つの第二転送電極と、を備えており、

前記一次元方向に隣り合ういずれの二つの前記距離センサにおいて、前記第一信号電荷蓄積領域と前記第四信号電荷蓄積領域とが前記一

次元方向で隣り合うと共に、前記第二信号電荷蓄積領域と前記第三信号電荷蓄積領域とが前記一次元方向で隣り合っている、距離画像センサ。

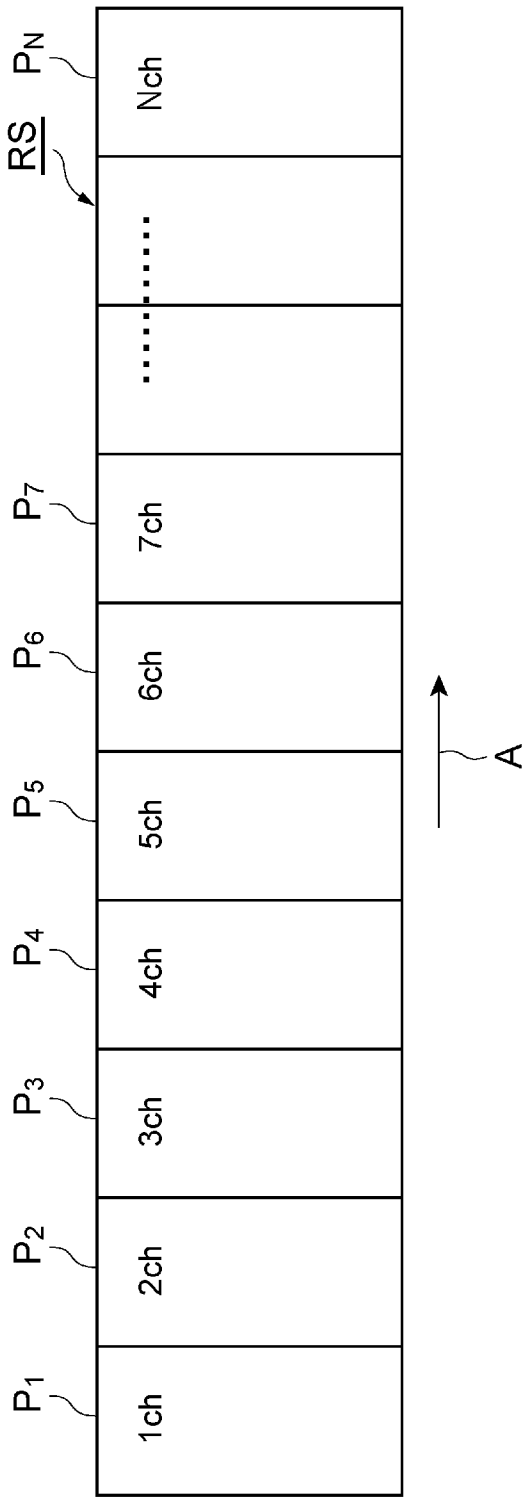
[請求項2] 前記電荷発生領域の前記一次元方向の一方側及び他方側に前記電荷発生領域から離間して配置され、前記電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として収集する複数の不要電荷収集領域と、

前記複数の不要電荷収集領域と前記電荷発生領域との間にそれぞれ配置され、前記第一及び第二転送信号と位相が異なる第三転送信号に応じて前記電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として前記複数の不要電荷収集領域に流入させる複数の第三転送電極と、を更に備えている、請求項１に記載の距離画像センサ。

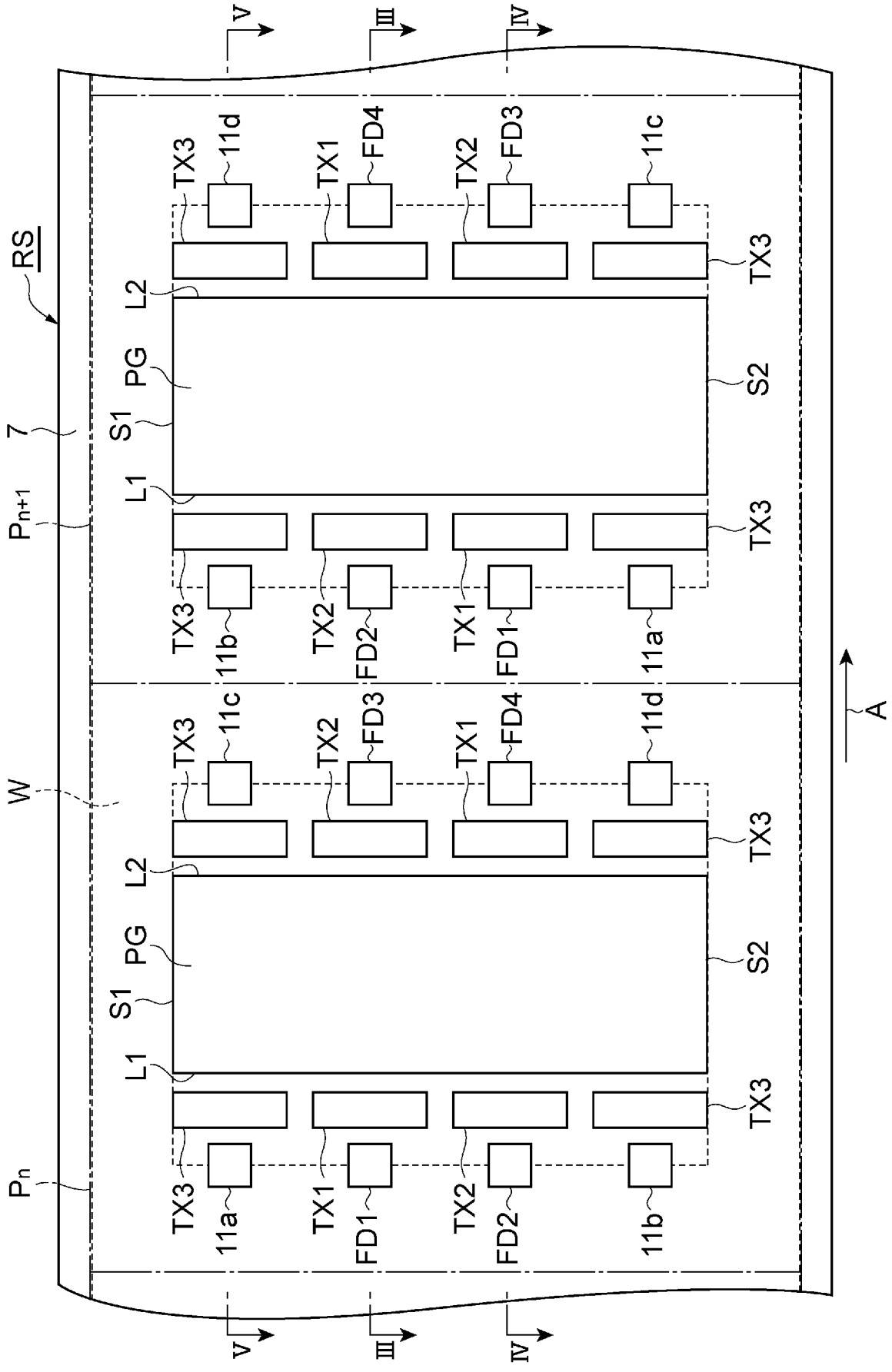
[請求項3] 前記一次元方向と直交する方向で前記電荷発生領域を挟み且つ前記電荷発生領域から離間して配置され、前記電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として収集する複数の不要電荷収集領域と、

前記複数の不要電荷収集領域と前記電荷発生領域との間にそれぞれ配置され、前記第一及び第二転送信号と位相が異なる第三転送信号に応じて前記電荷発生領域にて発生した電荷を不要電荷として前記複数の不要電荷収集領域に流入させる複数の第三転送電極と、を更に備えている、請求項１に記載の距離画像センサ。

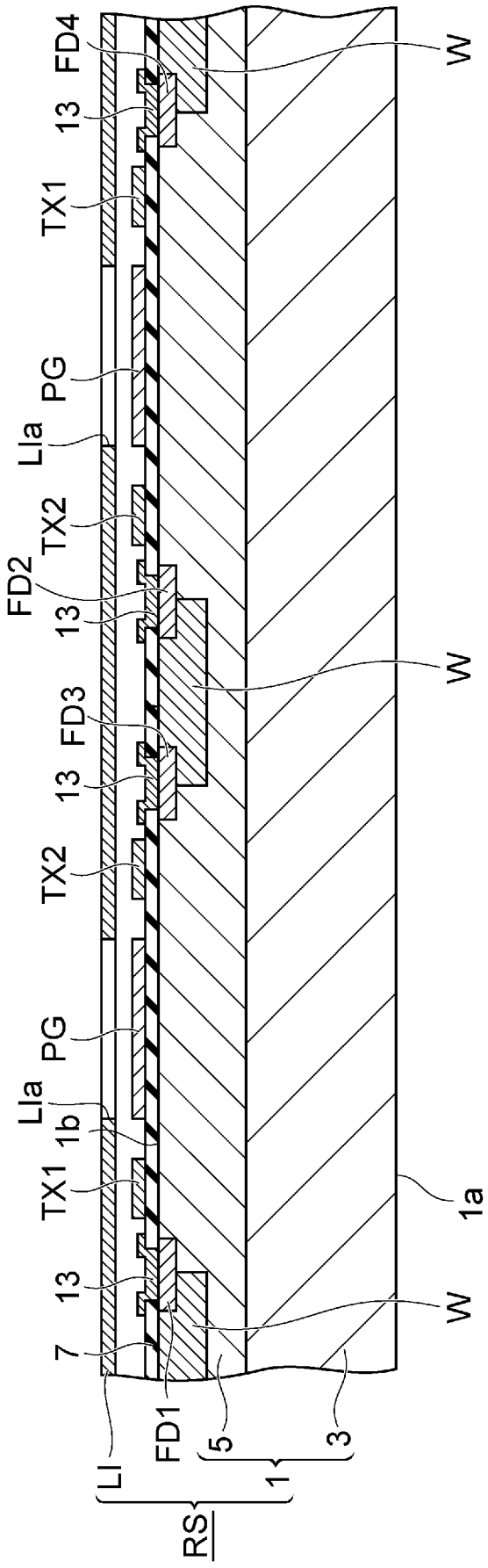
[図1]



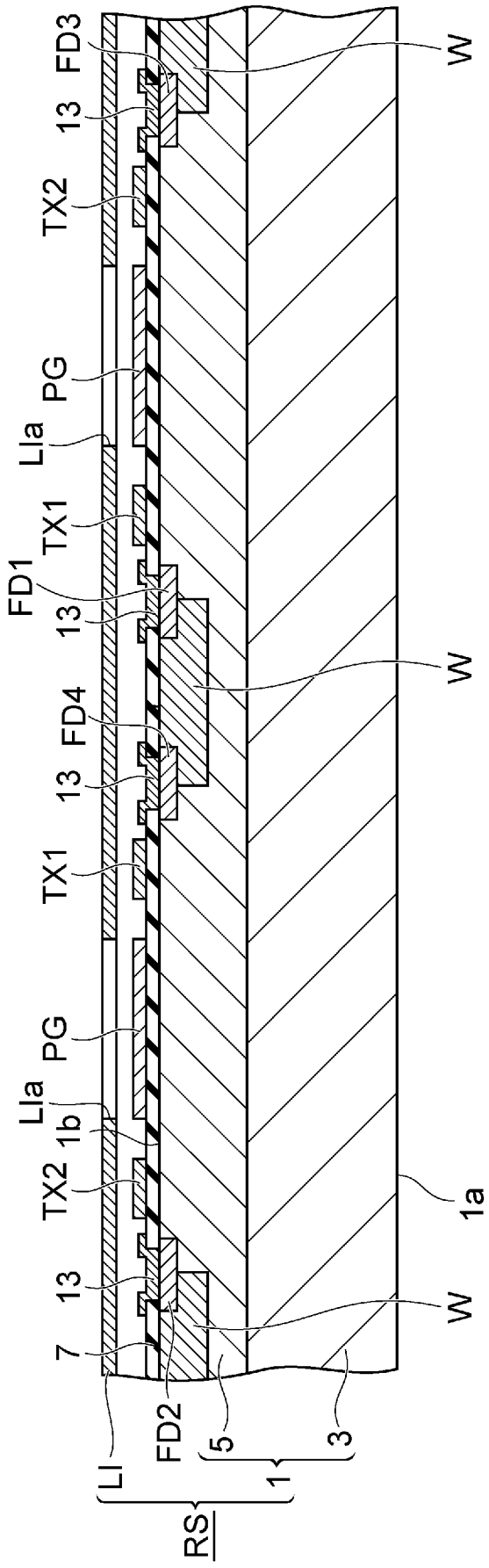
[図2]


RS
7
W
Pn+1
Pn
V
III
IV
A
TX3
11d
TX1
FD4
TX2
FD3
11c
L2
PG
S1
L1
S2
11b
FD2
FD1
11a

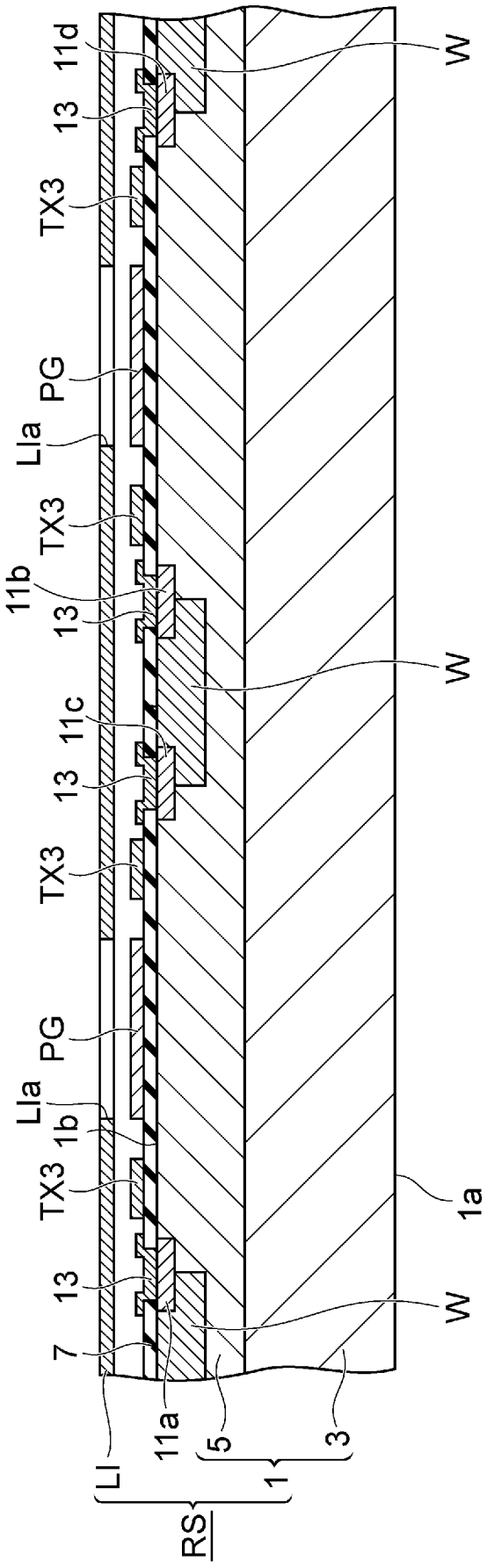
[図3]


FD4
13
TX1
PG
LIa
TX2
FD2
13
FD3
13
TX2
PG
LIa
1b
TX1
13
7
LI
FD1
5
3
1
RS
W
W
W
1a

[図4]

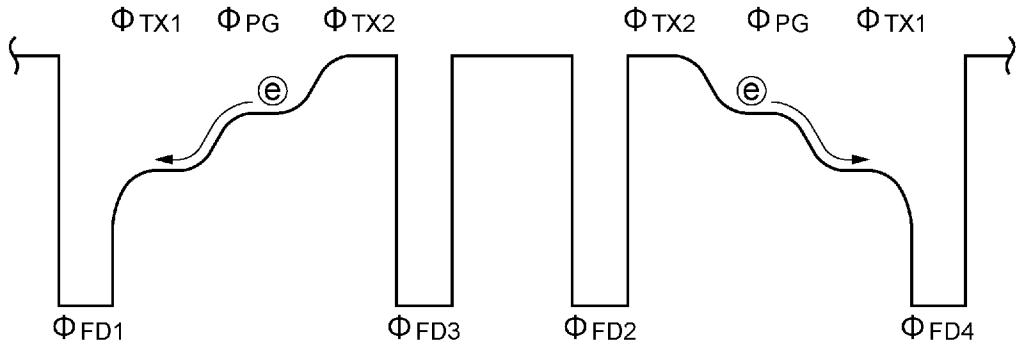

FD3
13
TX2
PG
LIa
TX1
FD1
13
FD4
13
TX1
PG
LIa
1b
TX2
13
7
LI
FD2
5
3
1
RS
W
W
W
1a

[図5]

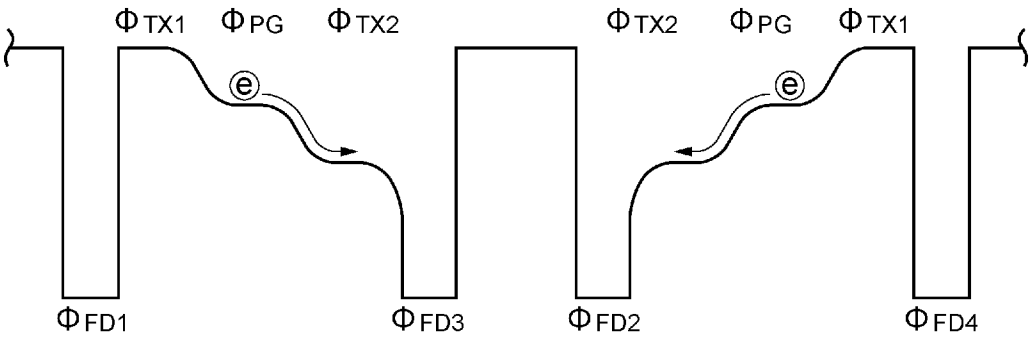

11d
13
TX3
PG
Lla
TX3
11b
13
11c
13
TX3
PG
Lla
1b
TX3
13
7
W
W
W
1a
LI
11a
5
3
1
RS

[図6]

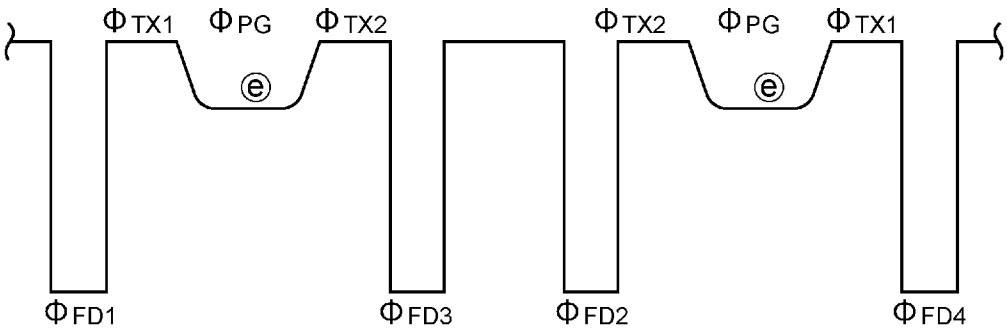
(a)


ΦTX1
ΦPG
ΦTX2
ΦTX2
ΦPG
ΦTX1
e
e
ΦFD1
ΦFD3
ΦFD2
ΦFD4

(b)

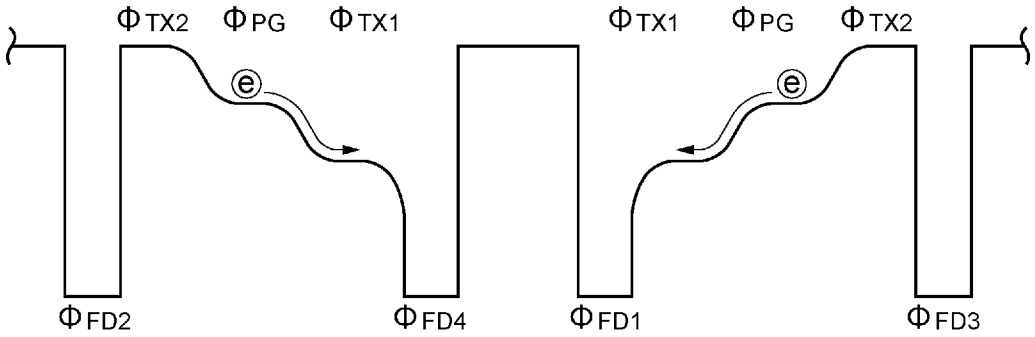

ΦTX1
ΦPG
ΦTX2
ΦTX2
ΦPG
ΦTX1
e
e
ΦFD1
ΦFD3
ΦFD2
ΦFD4

(c)

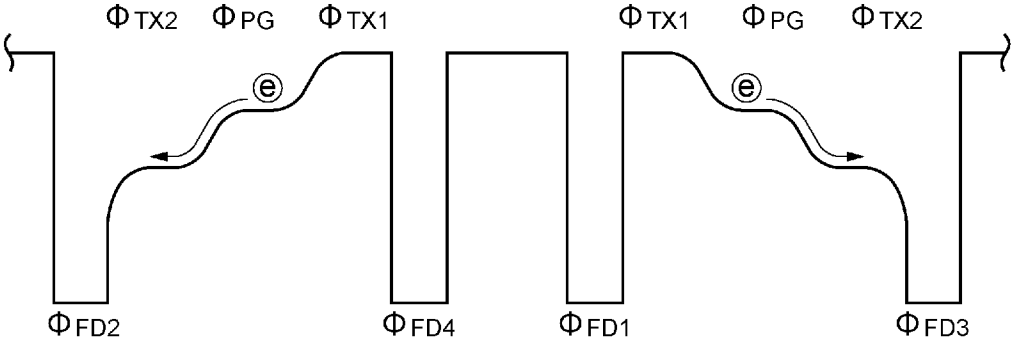

ΦTX1
ΦPG
ΦTX2
ΦTX2
ΦPG
ΦTX1
e
e
ΦFD1
ΦFD3
ΦFD2
ΦFD4

[図7]

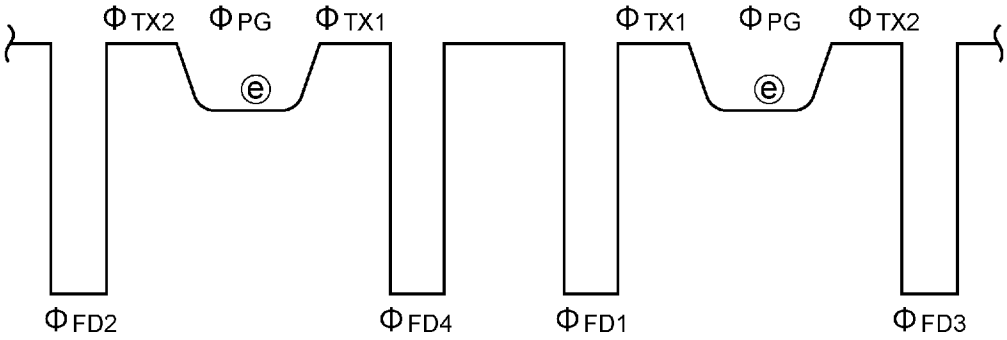
(a)


ΦTX2
ΦPG
ΦTX1
ΦTX1
ΦPG
ΦTX2
e
e
ΦFD2
ΦFD4
ΦFD1
ΦFD3

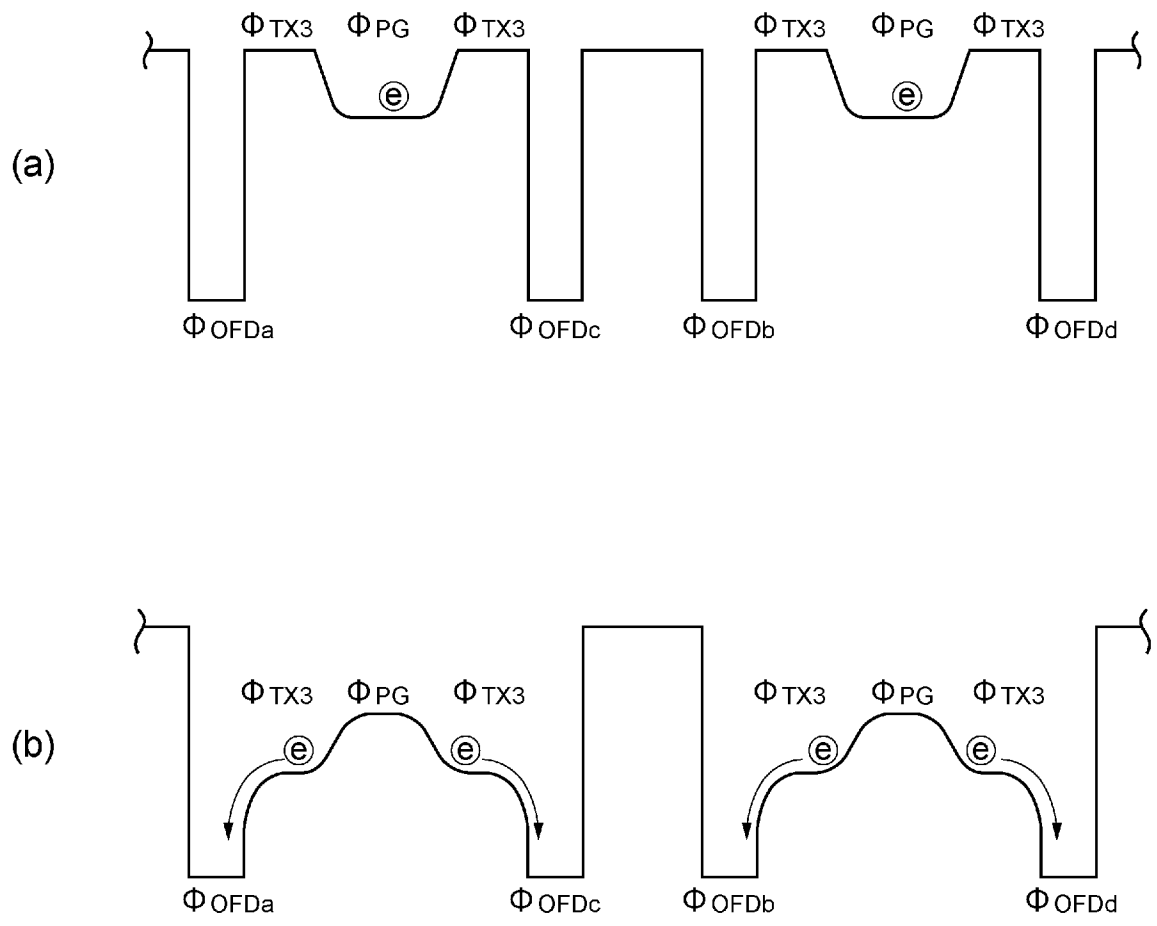
(b)


ΦTX2
ΦPG
ΦTX1
ΦTX1
ΦPG
ΦTX2
e
e
ΦFD2
ΦFD4
ΦFD1
ΦFD3

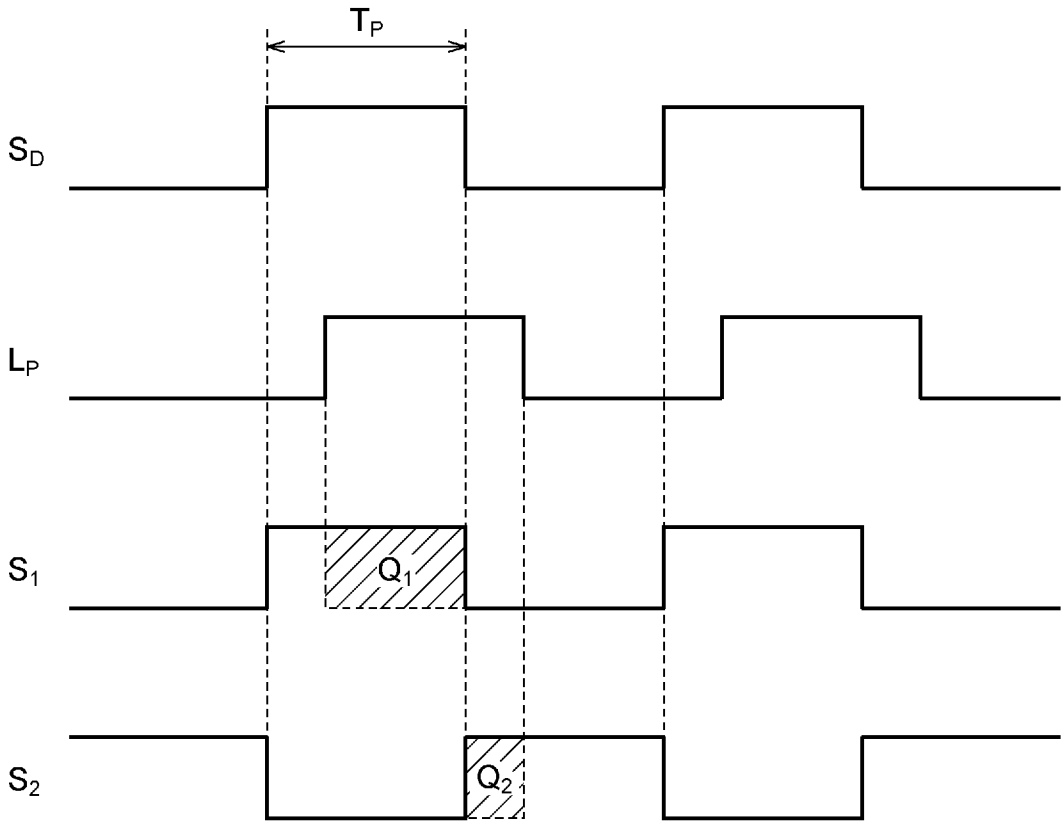
(c)


ΦTX2
ΦPG
ΦTX1
ΦTX1
ΦPG
ΦTX2
e
e
ΦFD2
ΦFD4
ΦFD1
ΦFD3

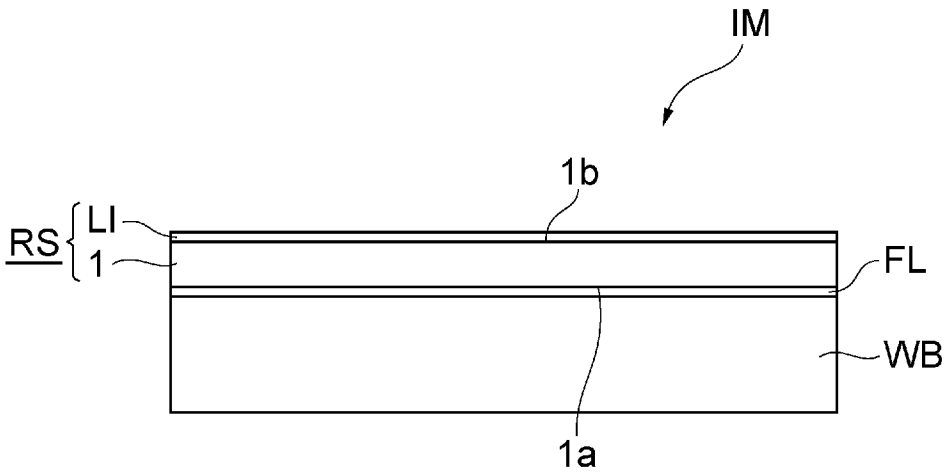
[図8]


(a)
ΦTX3
ΦPG
ΦTX3
ΦTX3
ΦPG
ΦTX3
e
e
ΦOFDa
ΦOFDc
ΦOFDb
ΦOFDd
(b)
ΦTX3
ΦPG
ΦTX3
ΦTX3
ΦPG
ΦTX3
e
e
e
e
ΦOFDa
ΦOFDc
ΦOFDb
ΦOFDd

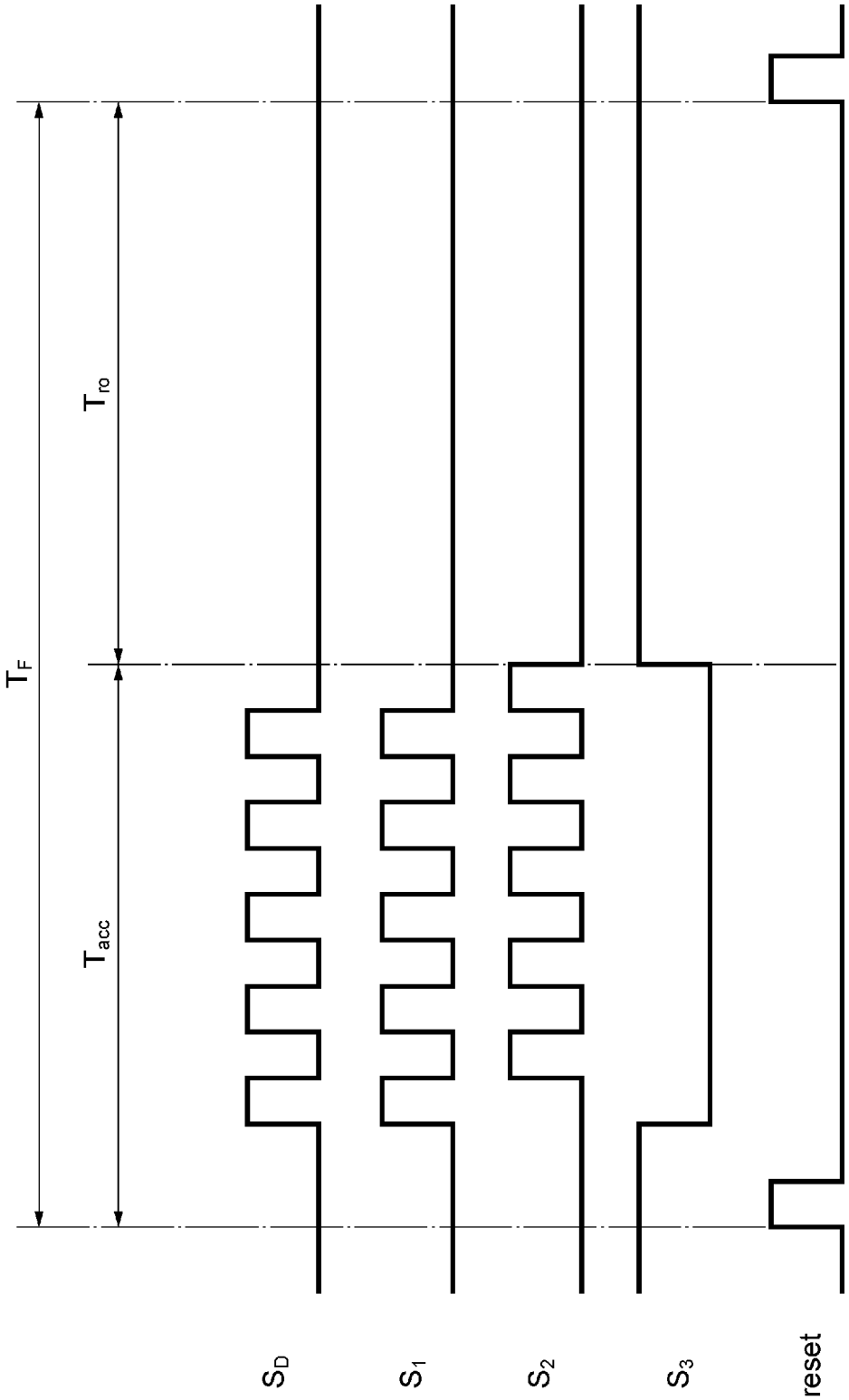
[図9]



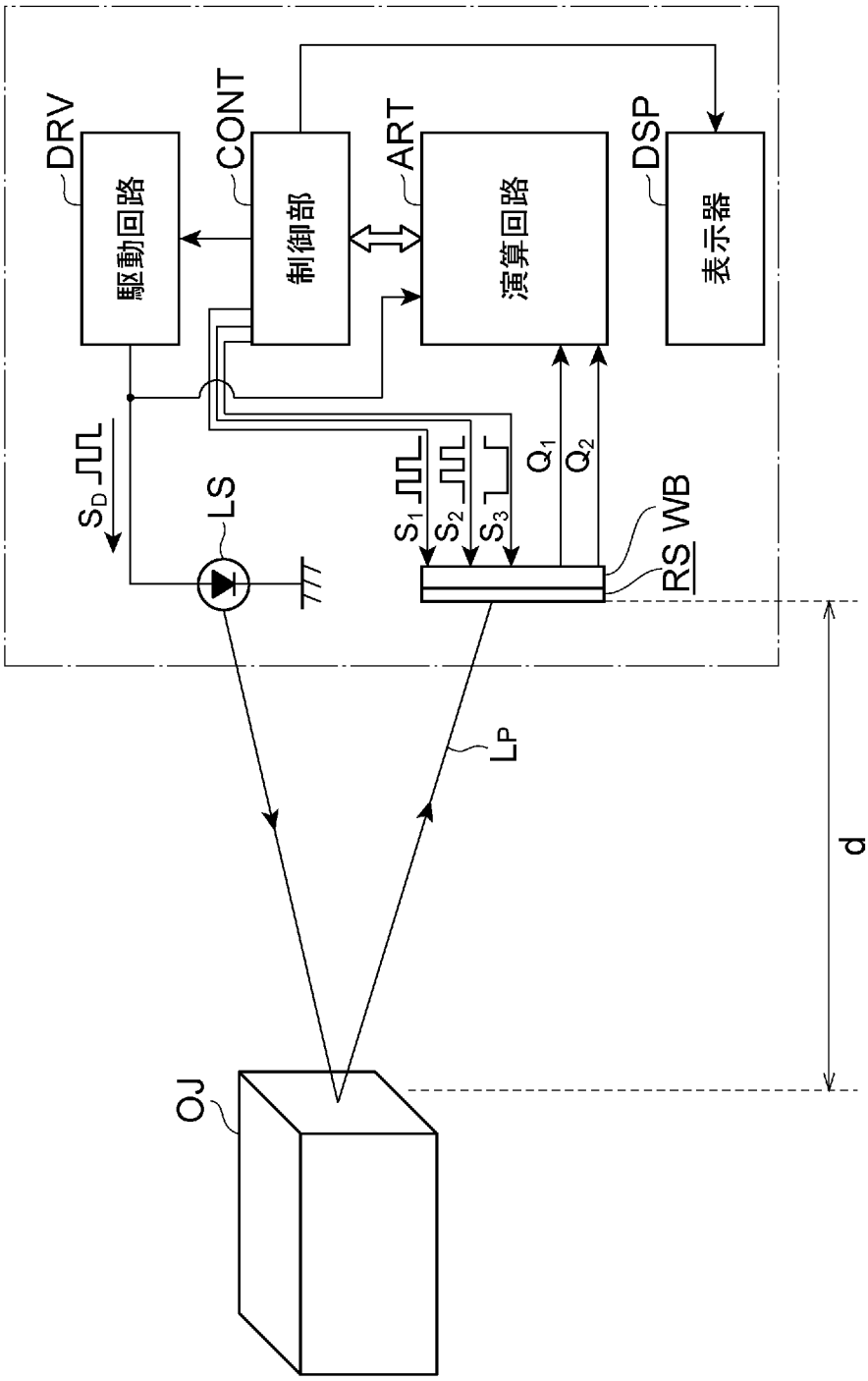
[図10]



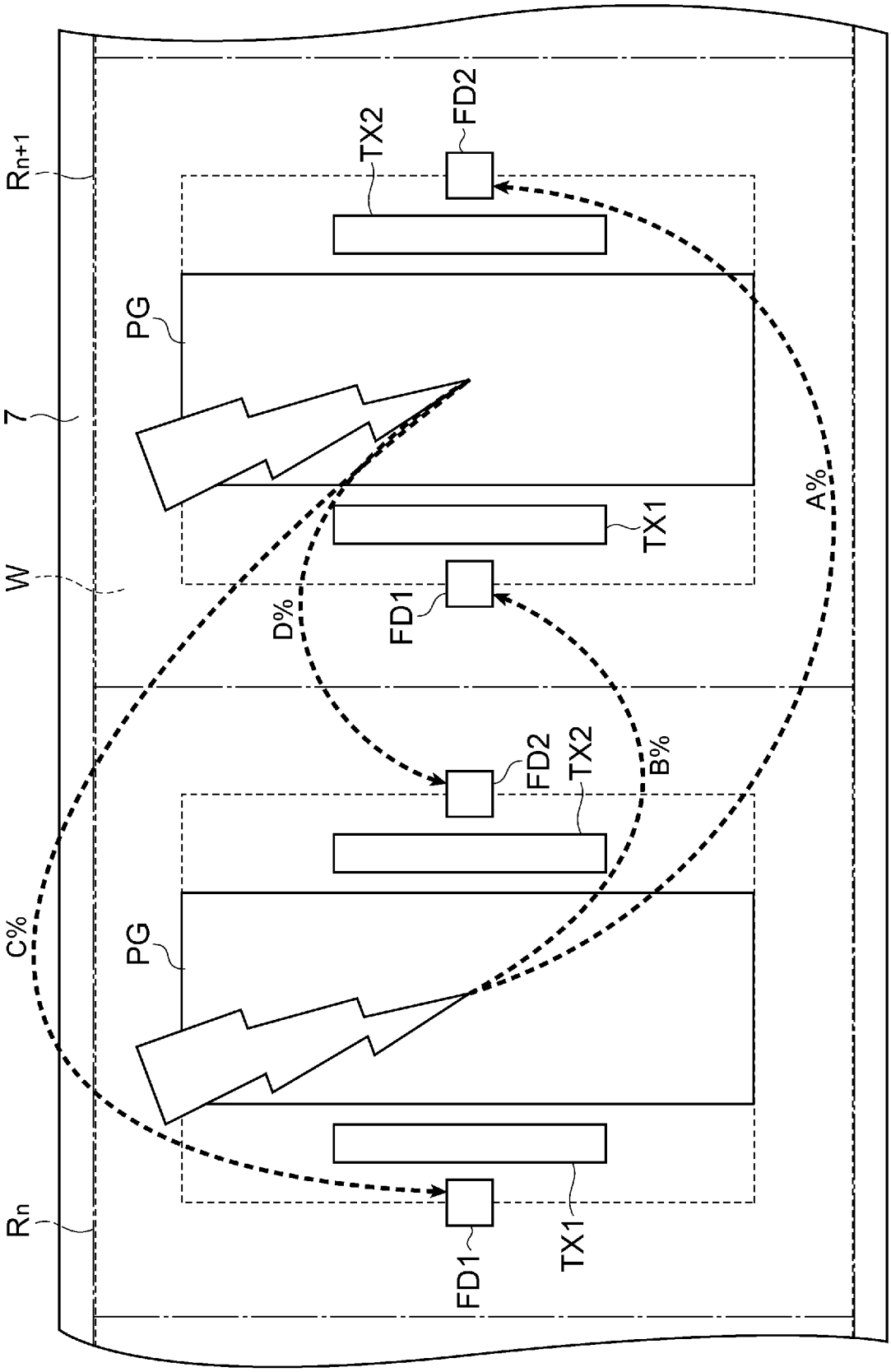
[図11]



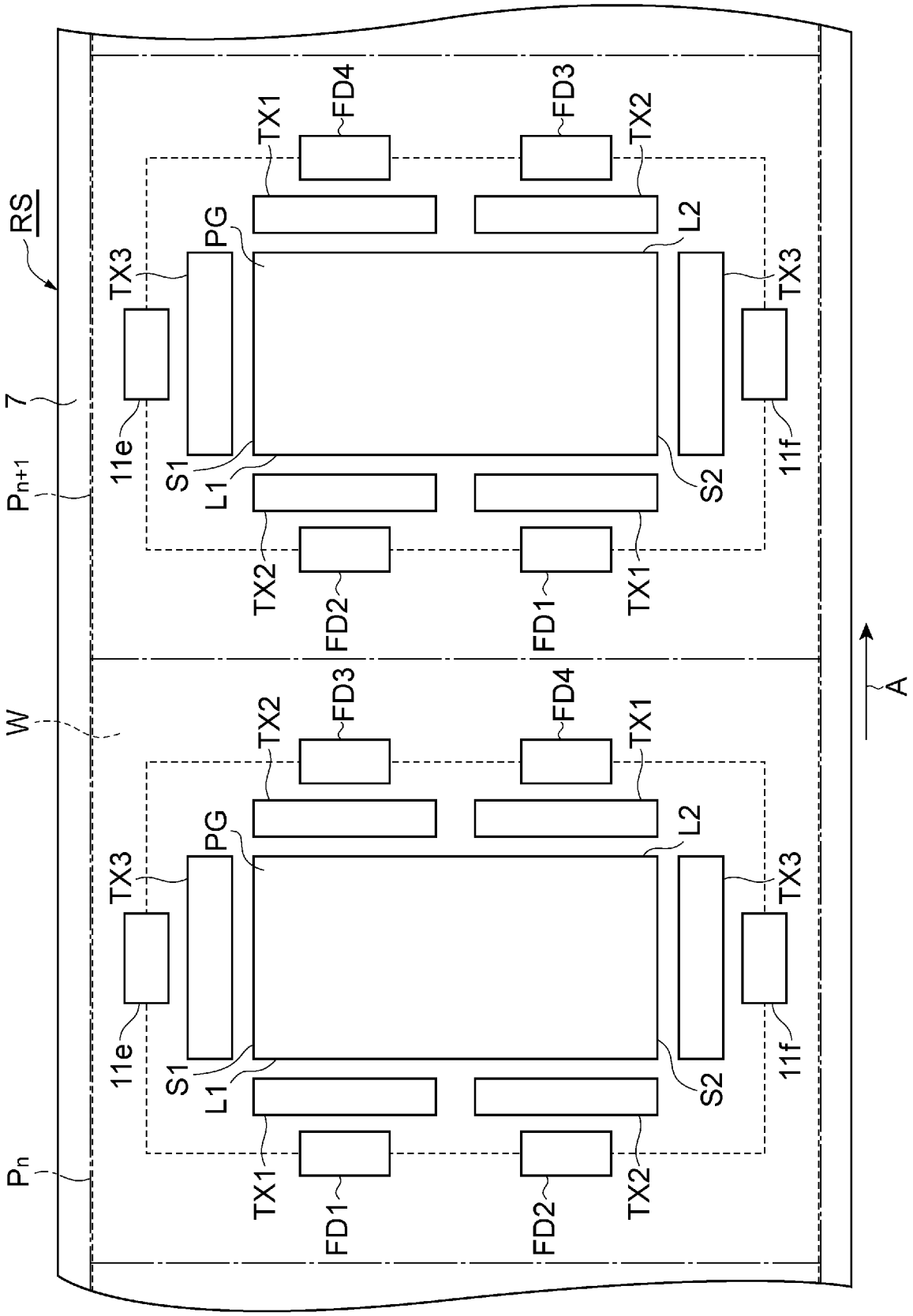
[図12]


DRV
駆動回路
CONT
制御部
ART
演算回路
DSP
表示器
S_D
LS
S_1
S_2
S_3
Q_1
Q_2
RS WB
L_P
d
OJ

[図13]



[図14]


RS
7
P_{n+1}
W
P_n
A
TX1
FD4
FD3
TX2
PG
L2
TX3
11e
S1
L1
S2
11f
TX2
FD2
FD1
TX1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/061876

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01S7/486(2006.01)i, *G01C3/06*(2006.01)i, *G01S17/89*(2006.01)i, *H01L27/146*(2006.01)i, *H04N5/3745*(2011.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S7/486, G01C3/06, G01S17/89, H01L27/146, H04N5/3745

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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	JP 2011-112376 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 09 June 2011 (09.06.2011), paragraphs [0042] to [0047], [0062] to [0065], [0071]; fig. 4, 9, 12 & US 2012/0236145 A1 & WO 2011/065167 A1 & EP 2506031 A1 & KR 10-2012-0102039 A	1-3
A	JP 2011-133464 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 07 July 2011 (07.07.2011), paragraphs [0018] to [0035]; fig. 1 & US 2012/0182540 A1 & WO 2011/065280 A1 & EP 2506036 A1 & KR 10-2012-0104969 A	1-3

☒ 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
06 July 2015 (06.07.15)	14 July 2015 (14.07.15)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/061876

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 2007-526448 A (Canesta Inc.), 13 September 2007 (13.09.2007), paragraphs [0105] to [0109], [0131] to [0137]; fig. 8, 12 & JP 2004-525351 A & US 2003/0223053 A1 & US 2003/0076484 A1 & US 2005/0156121 A1 & US 2006/0128087 A1 & US 2002/0084430 A1 & US 7994465 B1 & WO 2004/114369 A2 & WO 2002/049339 A2 & EP 2442068 A2	1-3

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０６１８７６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S7/486(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i, G01S17/89(2006.01)i, H01L27/146(2006.01)i, H04N5/3745(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.　G01S7/486, G01C3/06, G01S17/89, H01L27/146, H04N5/3745

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	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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	JP 2011-112376 A (浜松ホトニクス株式会社) 2011.06.09, 段落 0042-0047,0062-0065,0071,図 4,9,12 & US 2012/0236145 A1 & WO 2011/065167 A1 & EP 2506031 A1 & KR 10-2012-0102039 A	1-3
A	JP 2011-133464 A (浜松ホトニクス株式会社) 2011.07.07, 段落 0018-0035,図 1 & US 2012/0182540 A1 & WO 2011/065280 A1 & EP 2506036 A1 & KR 10-2012-0104969 A	1-3

☑　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 ０６．０７．２０１５	国際調査報告の発送日 １４．０７．２０１５
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）　２Ｓ　３２０６ 中村　説志 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８

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 2007-526448 A (カネスタ　インコーポレイテッド) 2007.09.13, 段落 0105-0109,0131-0137,図 8,12 & JP 2004-525351 A & US 2003/0223053 A1 & US 2003/0076484 A1 & US 2005/0156121 A1 & US 2006/0128087 A1 & US 2002/0084430 A1 & US 7994465 B1 & WO 2004/114369 A2 & WO 2002/049339 A2 & EP 2442068 A2	1-3