

(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1月22日(22.01.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/008630 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 27/144 (2006.01) H01L 27/146 (2006.01)
G01T 1/20 (2006.01) H01L 29/786 (2006.01)
G01T 1/24 (2006.01) H04N 5/32 (2006.01)
G01T 7/00 (2006.01) H04N 5/374 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/067752
- (22) 国際出願日: 2014年7月3日(03.07.2014)
- (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 2013-148271 2013年7月17日(17.07.2013) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山田 泰弘 (YAMADA, Yasuhiro); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人つばさ国際特許事務所 (TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORA-

TION); 〒1600022 東京都新宿区新宿1丁目15番9号さわかビル3階 Tokyo (JP).

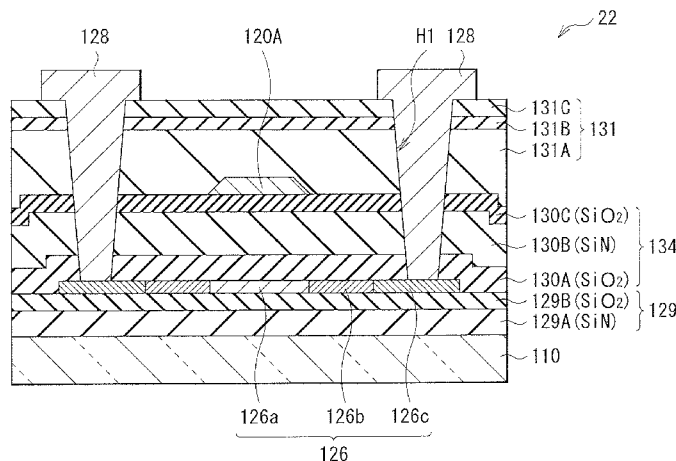
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG,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

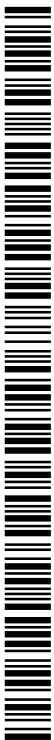
(54) 発明の名称: 放射線撮像装置および放射線撮像表示システム

【図4】



(57) Abstract: This radiographic imaging device has the following: a plurality of pixels that generate signal charge based on radiation; and field-effect transistors for reading out said signal charge from the plurality of pixels. Each transistor has a first silicon-oxide film, an active-layer-containing semiconductor layer, and a second silicon-oxide film layered on top of a substrate, in that order from the substrate side. Each transistor also has a first gate electrode positioned so as to face the semiconductor layer with the first silicon-oxide film or the second silicon-oxide film interposed therebetween. The second silicon-oxide films are at least as thick as the first silicon-oxide films.

(57) 要約: 放射線撮像装置は、放射線に基づく信号電荷を発生する複数の画素と、複数の画素から信号電荷を読み出すための電界効果型のトランジスタとを備え、トランジスタは、基板側から順に積層された、第1のシリコン酸化物膜、活性層を含む半導体層および第2のシリコン酸化物膜と、第1または第2のシリコン酸化膜を間にして半導体層に対向配置された第1ゲート電極とを有する。第2のシリコン酸化物膜の厚みは、第1のシリコン酸化物膜の厚みと同等以上である。



WO 2015/008630 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：放射線撮像装置および放射線撮像表示システム

技術分野

[0001] 本開示は、例えば放射線に基づいて画像を取得する放射線撮像装置、およびそのような放射線撮像装置を備えた放射線撮像表示システムに関する。

背景技術

[0002] 例えばX線などの放射線に基づく画像信号を取得する放射線撮像装置が提案されている（例えば特許文献1，2）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-252074号公報

特許文献2：特開2004-265935号公報

発明の概要

[0004] 上記放射線撮像装置では、放射線に基づく信号電荷を各画素から読み出すためのスイッチング素子として、薄膜トランジスタ（TFT：Thin Film Transistor）が用いられる。このTFTにおいて、放射線に対して高信頼性を有する素子構造の実現が望まれている。

[0005] したがって、高信頼性を有する素子構造を実現可能な放射線撮像装置、およびそのような放射線撮像装置を備えた放射線撮像表示システムを提供することが望ましい。

[0006] 本開示の一実施の形態の放射線撮像装置は、放射線に基づく信号電荷を発生する複数の画素と、複数の画素から信号電荷を読み出すための電界効果型のトランジスタとを備え、トランジスタは、基板側から順に積層された、第1のシリコン酸化物膜、活性層を含む半導体層および第2のシリコン酸化物膜と、第1または第2のシリコン酸化物膜を間にして半導体層に対向配置された第1ゲート電極とを有する。第2のシリコン酸化物膜の厚みは、第1のシリコン酸化物膜の厚みと同等以上である。

[0007] 本開示の一実施の形態の放射線撮像表示システムは、上記本開示の放射線撮像装置と、この放射線撮像装置により得られた撮像信号に基づく画像表示を行う表示装置とを備えたものである。

[0008] 本開示の一実施の形態の放射線撮像装置および放射線撮像表示システムでは、各画素から信号電荷を読み出すためのトランジスタが、基板側から順に積層された第1のシリコン酸化物膜、半導体層および第2のシリコン酸化物膜と、第1または第2のシリコン酸化膜を間にして半導体層に対向配置された第1ゲート電極とを有する。ここで、第2のシリコン酸化物膜の厚みが、第1のシリコン酸化物膜の厚みと同等以上であることにより、製造プロセスにおいて、半導体層の第2のシリコン酸化物膜側の界面劣化が抑制され、トランジスタ特性が良好となる。

[0009] 本開示の一実施の形態の放射線撮像装置および放射線撮像表示システムによれば、各画素から放射線に基づく信号電荷を読み出すためのトランジスタが、基板側から順に積層された第1のシリコン酸化物膜、半導体層および第2のシリコン酸化物膜と、第1または第2のシリコン酸化膜を間にして半導体層に対向配置された第1ゲート電極とを有する。ここで、第2のシリコン酸化物膜の厚みが、第1のシリコン酸化物膜の厚みと同等以上となるようにしたので、トランジスタ特性が良好となる。よって、高信頼性を有する素子構造を実現可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本開示の一実施の形態に係る放射線撮像装置の全体構成を表すブロック図である。

[図2A]間接変換型の場合の画素部の概略構成を表す模式図である。

[図2B]直接変換型の場合の画素部の概略構成を表す模式図である。

[図3]図1に示した画素等の詳細構成例を表す回路図である。

[図4]図2に示したトランジスタの構成を表す断面図である。

[図5A]シリコン酸化膜の膜厚について説明するためのTEM (Transmission Electron Microscope) 写真 (図12に示した構造に相当) である。

[図5B]図5Aの一部を模式的に表した断面図である。

[図6]図1に示した列選択部の詳細構成例を表すブロック図である。

[図7A]X線によるトランジスタの電流電圧特性への影響を説明するための特性図である。

[図7B]半導体層の形成工程を含む製造プロセスを説明するための断面図である。

[図7C]図7Bに続く工程を表す断面図である。

[図7D]図7Cに続く工程を表す断面図である。

[図7E]図7Dに続く工程を表す断面図である。

[図7F]シリコン酸化膜の膜厚の合計と閾値電圧シフトの関係を表す特性図である。

[図8]変形例1に係るトランジスタの構成を表す断面図である。

[図9A]実施例1に係るトランジスタのX線照射前後における電流電圧特性を表す図である。

[図9B]実施例2に係るトランジスタのX線照射前後における電流電圧特性を表す図である。

[図10]実施例1, 2の各場合の閾値電圧のシフト量を表す特性図である。

[図11]変形例2に係るトランジスタの構成を表す断面図である。

[図12]変形例3-1に係るトランジスタの構成を表す断面図である。

[図13]変形例3-2に係るトランジスタの構成を表す断面図である。

[図14]変形例4に係る画素等の構成を表す回路図である。

[図15]変形例5に係る画素等の構成を表す回路図である。

[図16]変形例6-1に係る画素等の構成を表す回路図である。

[図17]変形例6-2に係る画素等の構成を表す回路図である。

[図18]適用例に係る撮像表示システムの概略構成を表す模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。尚、説明は以下の順序で行う。

1. 実施の形態（半導体層の上側に隣接するシリコン酸化物膜の厚みを、下側に隣接するシリコン酸化物膜よりも大きくしたトップゲート型TFTを含む放射線撮像装置の例）
2. 変形例1（トップゲート型トランジスタの他の例）
3. 変形例2（ボトムゲート型トランジスタの例）
4. 変形例3-1（デュアルゲート型トランジスタの例）
5. 変形例3-2（デュアルゲート型トランジスタの他の例）
6. 変形例4（パッシブ型の他の画素回路の例）
7. 変形例5（パッシブ型の他の画素回路の例）
8. 変形例6-1, 6-2（アクティブ型の画素回路の例）
9. 適用例（放射線撮像表示システムの例）

[0012] <実施の形態>

[構成]

図1は、本開示の一実施の形態に係る放射線撮像装置（放射線撮像装置1）の全体のブロック構成を表すものである。放射線撮像装置1は、例えば入射する放射線Rrad（例えば α 線、 β 線、 γ 線、X線等）に基づいて被写体の情報を読み取る（被写体を撮像する）ものである。この放射線撮像装置1は、画素部11を備えると共に、この画素部11の駆動回路として、行走査部13、A/D変換部14、列走査部15およびシステム制御部16を備えている。

[0013]（画素部11）

画素部11は、放射線に基づいて信号電荷を発生させる複数の画素（撮像画素、単位画素）20を備えたものである。複数の画素20は、行列状（マトリクス状）に2次元配置されている。尚、図1中に示したように、以下、画素部11内における水平方向（行方向）を「H」方向とし、垂直方向（列方向）を「V」方向として説明する。放射線撮像装置1は、この画素部11からの信号電荷の読み出しのためのスイッチング素子として後述のトランジスタ22を用いるものであれば、いわゆる間接変換型および直接変換型のい

ずれのタイプであってもよい。図2Aに、間接変換型の場合の画素部11の構成、図2Bに、直接変換型の場合の画素部11の構成をそれぞれ示す。

[0014] 間接変換型（図2A）の場合には、画素部11は、光電変換層111A上（受光面側）に波長変換層112を有している。波長変換層112は、放射線Rradを、光電変換層111の感度域の波長（例えば可視光）に変換するものである。この波長変換層112は、例えばX線を可視光に変換する蛍光体（例えば、CsI（Tl添加）、Gd₂O₂S、BaFX（XはCl、Br、I等）、NaIまたはCaF₂等のシンチレータ）からなる。このような波長変換層112は、光電変換層111A上に、例えば有機材料またはスピノングラス材料等からなる平坦化膜を介して形成されている。光電変換層111Aは、フォトダイオードなどの光電変換素子（後述の光電変換素子21）を含んで構成されている。

[0015] 直接変換型（図2B）の場合には、画素部11は、入射した放射線Rradを吸収して電気信号（正孔および電子）を発生する変換層（直接変換層111B）を有する。直接変換層111Bは、例えばアモルファスセレン（a-Se）半導体や、カドミニウムテルル（CdTe）半導体などにより構成される。

[0016] このように、放射線撮像装置1は、間接変換型および直接変換型のいずれのタイプであってもよいが、以下の実施の形態等では、主に間接変換型の場合を例に挙げて説明する。即ち、画素部11では、詳細は後述するが、放射線Rradが波長変換層112において可視光に変換された後、この可視光が光電変換層111A（光電変換素子21）において電気信号に変換され、信号電荷として読み出されるようになっている。

[0017] 図3は、画素20の回路構成（いわゆるパッシブ型の回路構成）を、A/D変換部14内の後述するチャージアンプ回路171の回路構成とともに例示したものである。このパッシブ型の画素20には、1つの光電変換素子21と、1つのトランジスタ22とが設けられている。この画素20にはまた、H方向に沿って延在する読み出し制御線Lreadと、V方向に沿って延在す

る信号線L sigとが接続されている。

[0018] 光電変換素子21は、例えばPIN (Positive Intrinsic Negative) 型のフォトダイオードまたはMIS (Metal-Insulator-Semiconductor) 型センサからなり、前述したように、入射光量に応じた電荷量の信号電荷を発生させる。尚、この光電変換素子21のカソードは、ここでは蓄積ノードNに接続されている。

[0019] トランジスタ22は、読み出し制御線L readから供給される行走査信号に応じてオン状態となることにより、光電変換素子21により得られた信号電荷(入力電圧Vin)を信号線L sigへ出力するトランジスタ(読み出し用トランジスタ)である。このトランジスタ22は、ここではNチャネル型(N型)の電界効果トランジスタ(FET; Field Effect Transistor)により構成されている。但し、トランジスタ22はPチャネル型(P型)のFET等により構成されていてもよい。

[0020] 図4は、トランジスタ22の断面構造を表したものである。本実施の形態では、トランジスタ22は、いわゆるトップゲート型の薄膜トランジスタの素子構造を有する。トランジスタ22は、例えば、基板110上に、第1ゲート絶縁膜129(第1のゲート絶縁膜)、半導体層126、第2ゲート絶縁膜130(第2のゲート絶縁膜)、第1ゲート電極120Aをこの順に有している。第1ゲート電極120A上には、層間絶縁膜131が形成されており、この層間絶縁膜131と、第2ゲート絶縁膜130とを貫通するコンタクトホールH1が形成されている。層間絶縁膜131上には、コンタクトホールH1を埋め込むようにソース・ドレイン電極128が設けられている。

[0021] 半導体層126は、例えばチャネル層(活性層)126a、LDD(Lightly Doped Drain)層126bおよびN+層126cを含み、例えば非晶質シリコン(アモルファスシリコン)、微結晶シリコンまたは多結晶シリコン(ポリシリコン)等のシリコン系半導体、望ましくは低温多結晶シリコン(LTPS: Low Temperature Poly-silicon)により構成されている。あるいは、酸化インジウムガリウム亜鉛(InGaZnO)または酸化亜鉛(ZnO)等

の酸化物半導体により構成されていてもよい。LDD層126bは、チャンネル層126aとN+層126cとの間に、リーク電流を低減する目的で形成されている。

[0022] ソース・ドレイン電極128は、ソースまたはドレインとして機能し、例えばチタン(Ti)、アルミニウム(Al)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)およびクロム(Cr)等のうちのいずれかよりなる単層膜、またはそれらのうちの2種以上を含む積層膜である。

[0023] 第1ゲート電極120Aは、例えばモリブデン、チタン、アルミニウム、タングステンおよびクロム等のうちのいずれかよりなる単層膜、またはそれらのうちの2種以上を含む積層膜である。この第1ゲート電極120Aは、第2ゲート絶縁膜130を間にして半導体層126(詳細にはチャンネル層126a)に対向して設けられている(半導体層126のうち第1ゲート電極120Aに対向する領域がチャンネル層126aとなる)。

[0024] (ゲート絶縁膜の構成)

第1ゲート絶縁膜129および第2ゲート絶縁膜130はそれぞれ、例えば酸化シリコン(SiO_x)または酸窒化シリコン(SiON)等のシリコン酸化物膜(酸素を含むシリコン化合物膜)を含んで構成されている。具体的には、第1ゲート絶縁膜129および第2ゲート絶縁膜130はそれぞれ、例えば酸化シリコンまたは酸窒化シリコン等からなる単層膜であるか、あるいはこのようなシリコン酸化物膜と、窒化シリコン(SiN_x)膜等のシリコン窒化物膜とを含む積層膜である。これらの第1ゲート絶縁膜129および第2ゲート絶縁膜130のいずれにおいても、上記シリコン酸化物膜が、半導体層126側に(半導体層126に隣接して)設けられている。半導体層126が例えば低温多結晶シリコンからなる場合には、製造プロセス上の理由から、半導体層126に隣接して、シリコン酸化物膜が形成される。

[0025] 第1ゲート絶縁膜129および第2ゲート絶縁膜130はそれぞれ、上記シリコン酸化物膜およびシリコン窒化物膜を含む積層膜であることが望ましい。ここでは、第1ゲート絶縁膜129および第2ゲート絶縁膜130はそ

れぞれ積層膜となっている。具体的には、第1ゲート絶縁膜129は、基板110側から順に、例えば窒化シリコン膜129Aおよび酸化シリコン膜129Bを積層したものである。第2ゲート絶縁膜130は、半導体層126側から順に、例えば酸化シリコン膜130A、窒化シリコン膜130Bおよび酸化シリコン膜130Cを積層したものである。尚、本実施の形態の酸化シリコン膜129Bが本開示の「第1のシリコン酸化物膜」の一具体例に相当し、酸化シリコン膜130Aが本開示の「第2のシリコン酸化物膜」の一具体例に相当する。

[0026] 本実施の形態では、半導体層126の上側（上面）に隣接する第2ゲート絶縁膜130の酸化シリコン膜130Aの厚みが、半導体層126の下側（下面）に隣接する第1ゲート絶縁膜129の酸化シリコン膜129Bと同等かそれ以上となっている。また、これらの酸化シリコン膜129Bおよび酸化シリコン膜130Aの厚みの総和は、例えば65nm以下であることが望ましい。トランジスタ22の閾値電圧の負側へのシフトを軽減して特性劣化を抑制することができるからである。

[0027] 第1ゲート絶縁膜129および第2ゲート絶縁膜130の各厚みの一例を挙げると、例えば、第1ゲート絶縁膜129では、窒化シリコン膜129Aの厚みは、例えば30nm~120nmであり、酸化シリコン膜129Bの厚みは例えば5nm~60nmである。第2ゲート絶縁膜130では、酸化シリコン膜130Aの厚みは、例えば5nm~60nmであり、窒化シリコン膜130Bの厚みは例えば10nm~120nm、酸化シリコン膜130Cの厚みは例えば5nm~60nmである。これらの膜厚範囲において、酸化シリコン膜129B、130Aの各厚みが上記大小関係を満たすように設定され、望ましくは総厚が65nm以下となるように設定される。

[0028] ここで、半導体層126および第1ゲート電極120A間の静電容量（ゲート容量）は、第2ゲート絶縁膜130を構成する各膜の誘電率および厚み等に応じて決定される。一方で、上記のように半導体層126には、製造プロセス上の理由から酸化シリコン膜129B、130Aが隣接するが、トラ

ンジスタ特性の観点（詳細は後述）では、これらの酸化シリコン膜129B、130Aの厚みの総和は、比較的薄い（例えば65nm以下である）ことが望ましい。このため、第2ゲート絶縁膜130では、上記積層構造において、主に窒化シリコン膜130Bの厚みを調整することによって、ゲート容量を設定することができる。

[0029] 窒化シリコン膜130Bの厚みは、酸化シリコン膜130Aの厚みよりも大きくなっていることが望ましく、例えば10nm以上である。これにより、シリコン酸化膜129Aおよびシリコン酸化膜130Bの厚みの総和を、例えば65nm以下となるように保持しつつ、所望のゲート容量を形成し易くなる。

[0030] 尚、上記の第2ゲート絶縁膜130における各膜（特に酸化シリコン膜130A）の厚みは、例えば以下のような特定の部位において測定されたものであることが望ましい。即ち、図5Aに示したように、トランジスタ22の積層構造においては、例えば多結晶シリコンよりなる半導体層126（チャネル層126a）の表面に、微小な突起Xが生じ易い。この結果、半導体層126よりも上層の各膜、特に酸化シリコン膜130Aでは、突起X付近において良好なカバレッジが得られにくい（局所的に薄くなり易い）。そこで、図5Bに模式的に示したように、第2ゲート絶縁膜130の少なくとも酸化シリコン膜130Aの厚みとしては、突起X間の平坦部Aにおける厚み（t）を用いることが望ましい。

[0031] 層間絶縁膜131は、例えば酸化シリコン、酸窒化シリコンおよび窒化シリコンのうちのいずれかよりなる単層膜、またはそれらのうちの2種以上を含む積層膜である。例えば、層間絶縁膜131は、第1ゲート電極120Aの側から順に、酸化シリコン膜131A、窒化シリコン膜131Bおよび酸化シリコン膜131Cを積層したものである。尚、この層間絶縁膜131およびソース・ドレイン電極128を覆って更に他の層間絶縁膜が形成されていてもよい。

[0032] （行走査部13）

行走査部 13 は、後述のシフトレジスタ回路や所定の論理回路等を含んで構成されており、画素部 11 内の複数の画素 20 に対して行単位（水平ライン単位）での駆動（線順次走査）を行う画素駆動部（行走査回路）である。具体的には、各画素 20 の読み出し動作やリセット動作等の撮像動作を例えば線順次走査により行う。尚、この線順次走査は、読み出し制御線 L_{read} を介して前述した行走査信号を各画素 20 へ供給することによって行われる。

[0033] (A/D変換部 14)

A/D変換部 14 は、複数（ここでは4つ）の信号線 L_{sig} ごとに1つ設けられた複数の列選択部 17 を有しており、信号線 L_{sig} を介して入力された信号電圧（信号電荷に応じた電圧）に基づいてA/D変換（アナログ/デジタル変換）を行うものである。これにより、デジタル信号からなる出力データ D_{out} （撮像信号）が生成され、外部へ出力される。

[0034] 各列選択部 17 は、例えば図6に示したように、チャージアンプ 172、容量素子（コンデンサあるいはフィードバック容量素子等）C1、スイッチ SW1、サンプルホールド（S/H）回路 173、4つのスイッチ SW2 を含むマルチプレクサ回路（選択回路） 174、およびA/Dコンバータ 175 を有している。これらのうち、チャージアンプ 172、容量素子 C1、スイッチ SW1、S/H回路 173 およびスイッチ SW2 はそれぞれ、信号線 L_{sig} 毎に設けられている。マルチプレクサ回路 174 およびA/Dコンバータ 175 は、列選択部 17 毎に設けられている。尚、チャージアンプ 172、容量素子 C1 およびスイッチ SW1 は、図3のチャージアンプ回路 171 を構成するものである。

[0035] チャージアンプ 172 は、信号線 L_{sig} から読み出された信号電荷を電圧に変換（Q-V変換）するためのアンプ（増幅器）である。このチャージアンプ 172 では、負側（-側）の入力端子に信号線 L_{sig} の一端が接続され、正側（+側）の入力端子には所定のリセット電圧 V_{rst} が入力されるようになっている。チャージアンプ 172 の出力端子と負側の入力端子との間は、容量素子 C1 とスイッチ SW1 との並列接続回路を介して帰還接続（フィードバ

ック接続) されている。即ち、容量素子C 1の一方の端子がチャージアンプ172の負側の入力端子に接続され、他方の端子がチャージアンプ172の出力端子に接続されている。同様に、スイッチSW1の一方の端子がチャージアンプ172の負側の入力端子に接続され、他方の端子がチャージアンプ172の出力端子に接続されている。尚、このスイッチSW1のオン・オフ状態は、システム制御部16からアンプリセット制御線L carstを介して供給される制御信号(アンプリセット制御信号)によって制御される。

[0036] S/H回路173は、チャージアンプ172とマルチプレクサ回路174(スイッチSW2)との間に配置されており、チャージアンプ172からの出力電圧V_{ca}を一時的に保持するための回路である。

[0037] マルチプレクサ回路174は、列走査部15による走査駆動に従って4つのスイッチSW2のうちの1つが順次オン状態となることにより、各S/H回路173とA/Dコンバータ175との間を選択的に接続または遮断する回路である。

[0038] A/Dコンバータ175は、スイッチSW2を介して入力されたS/H回路173からの出力電圧に対してA/D変換を行うことにより、上記した出力データD_{out}を生成して出力する回路である。

[0039] (列走査部15)

列走査部15は、例えば図示しないシフトレジスタやアドレスデコーダ等を含んで構成されており、上記した列選択部17内の各スイッチSW2を走査しつつ順番に駆動するものである。このような列走査部15による選択走査によって、信号線L_{sig}の各々を介して読み出された各画素20の信号(上記出力データD_{out})が、順番に外部へ出力されるようになっている。

[0040] (システム制御部16)

システム制御部16は、行走査部13、A/D変換部14および列走査部15の各動作を制御するものである。具体的には、システム制御部16は、前述した各種のタイミング信号(制御信号)を生成するタイミングジェネレ

ータを有しており、このタイミングジェネレータにおいて生成される各種のタイミング信号を基に、行走査部13、A/D変換部14および列走査部15の駆動制御を行う。このシステム制御部16の制御に基づいて、行走査部13、A/D変換部14および列走査部15がそれぞれ画素部11内の複数の画素20に対する撮像駆動（線順次撮像駆動）を行うことにより、画素部11から出力データDoutが取得されるようになっている。

[0041] [作用、効果]

本実施の形態の放射線撮像装置1では、例えばX線などの放射線Rradが画素部11へ入射すると、各画素20（ここでは、光電変換素子21）において、入射光に基づく信号電荷が発生する。このとき、詳細には、図3に示した蓄積ノードNにおいて、発生した信号電荷の蓄積により、ノード容量に応じた電圧変化が生じる。これにより、トランジスタ22のドレインには入力電圧Vin（信号電荷に対応した電圧）が供給される。この後、読み出し制御線Lreadから供給される行走査信号に応じてトランジスタ22がオン状態になると、上記した信号電荷が信号線Lsigへ読み出される。

[0042] このようにして読み出された信号電荷は、信号線Lsigを介して複数（ここでは4つ）の画素列ごとに、A/D変換部14内の列選択部17へ入力される。列選択部17では、まず、各信号線Lsigから入力される信号電荷毎に、チャージアンプ172等からなるチャージアンプ回路においてQ-V変換（信号電荷から信号電圧への変換）を行う。次いで、変換された信号電圧（チャージアンプ172からの出力電圧Vca）毎に、S/H回路173およびマルチプレクサ回路174を介してA/Dコンバータ175においてA/D変換を行い、デジタル信号からなる出力データDout（撮像信号）を生成する。このようにして、各列選択部17から出力データDoutが順番に出力され、外部へ伝送される（または図示しない内部メモリへ入力される）。

[0043] ここで、放射線撮像装置1へ入射した放射線Rradの中には、上記した波長変換層112（あるいは直接変換層111B）において吸収されずに、その下層に漏れ込むものがあり、このような放射線によりトランジスタ22が被

曝すると、次のような不具合が生じる。即ち、トランジスタ 22 は、第 1 ゲート絶縁膜 129 および第 2 ゲート絶縁膜 130 において、シリコン酸化物膜（酸化シリコン膜 129B, 130A）を有する。これらのシリコン酸化物膜中に放射線が入射すると、いわゆる光電効果、コンプトン散乱あるいは電子対生成等により膜中の電子が励起される。その結果、第 1 ゲート絶縁膜 129 および第 2 ゲート絶縁膜 130 内に正孔がトラップされて溜まり、また、チャネル層 126a との界面にも正孔がトラップされて溜まる。このため、例えば、トランジスタ 22 の閾値電圧 V_{th} が負側（マイナス側）へシフトしたり、 S （スレッシュホールド）値の悪化等が生じ、オフ電流の増大あるいはオン電流の減少等の発生要因となる。

[0044] 図 7A に、トランジスタ 22 のゲート電圧 V_g に対するドレイン電流（ソースおよびドレイン間の電流） I_d の関係（電流電圧特性）を、X線照射線量毎に示す。照射条件は、管電圧 80 kV, 線量率 3.2 mGy/秒とし、照射線量が 0 Gy（初期値）, 54 Gy, 79 Gy, 104 Gy, 129 Gy, 154 Gy, 254 Gy, 354 Gy の各場合の特性をそれぞれ示す。尚、半導体層 126 には低温多結晶シリコンを用い、ソースおよびドレイン間の電圧 V_{ds} は 0.1 V である。このように、X線照射量が増すに従って、閾値電圧 V_{th} （例えば $I_d = 1.0 \times 10^{-13}$ A におけるゲート電圧 V_g ）が負側にシフトとすると共に、 S 値が悪化することがわかる。

[0045] ここで、トランジスタ 22 では、上述のように半導体層 126 の表面が荒れ易く（突起 X が生じ易く）、酸化シリコン膜 130A が局所的に薄くなり易い。本実施の形態のように、第 2 ゲート絶縁膜 130 の酸化シリコン膜 130A の厚みが、第 1 ゲート絶縁膜 129 の酸化シリコン膜 129B の厚み以上であることにより、例えば酸化シリコン膜 130A の良好なカバレッジが得られ、トランジスタ特性（閾値電圧特性あるいは S 値）が良好なものとなる。また、素子毎の特性にばらつきが生じること等も抑制できる。

[0046] これは、詳細には、次のような理由による。即ち、トランジスタ 22 の製造プロセスにおいて、半導体層 126 を形成する際に、例えば酸化シリコン

(SiO_2) よりなるストッパー膜 (ストッパー膜 130a1) を用いるためである。但し、上記のような良好なカバレッジを得るための手法の一例として、ストッパー膜 130a1 を用いる場合について以下に説明し、必ずしもストッパー膜 130a1 が形成されなくともよい。

[0047] 具体的には、図 7B に示したように、第 1 ゲート絶縁膜 129 上にポリシリコン層 1260 を形成後 (ELA による結晶化工程の後)、ポリシリコン層 1260 上にストッパー膜 130a1 を成膜する。続いて、図 7C に示したように、そのストッパー膜 130a1 越しにポリシリコン層 1260 に対して不純物ドーピングを行い、半導体層 126 を形成する。このように、半導体層 126 を形成する際にストッパー膜 130a1 を用いることで、半導体層 126 (特にチャネル層 126a) の界面を露出せずに (むき出しにせずに)、工程を進めることができる。このため、半導体層 126 の界面劣化 (汚染など) が生じにくく、特性劣化を抑制できる。一方で、結晶化工程の前、即ち、窒化シリコン膜 129A、酸化シリコン膜 129B およびアモルファスシリコン層 (結晶化前の半導体層 126) までの各成膜工程は、連続的に (真空チャンバー内で大気中などに露出することなく) 行うことができる。このため、半導体層 126 の下側の界面は劣化しにくい。

[0048] その後、図 7D に示したように、半導体層 126 およびストッパー膜 130a1 を所定の形状にパターニングする。このパターニングにより、半導体層 126 の端面 (N^+ 層 126c の側面) が露出するが、この状態のまま、例えば窒化シリコン膜 130B を成膜すると、界面準位の影響により閾値電圧が負側にシフトし易くなる。そこで、図 7E に示したように、半導体層 126 の端面およびストッパー膜 130a1 を覆うように、更にもう 1 層の酸化シリコン膜 130a2 を形成する。その後、酸化シリコン膜 130a2 上に、窒化シリコン膜 130B を形成することが望ましい。つまり、製造プロセスにおいて、良好なトランジスタ特性を保持するためには、上述の酸化シリコン膜 130A は、ストッパー膜 130a1 と酸化シリコン膜 130a2 とを含んで構成される (多段階の成膜工程により成膜される) ことが望ましい

- 。
- [0049] 上記のような理由から、半導体層 126 の下側の酸化シリコン膜 129B の厚みに比べ、上側の酸化シリコン膜 130A の厚みが同等以上であることにより、トランジスタ特性の劣化を抑制することができる。
- [0050] このため、トランジスタ 22 の特性が良好なものとなる。また、これは、後述するように半導体層 126 に隣接する酸化シリコン膜 129B、130A の厚みの総和を 65 nm 以下とする（薄膜化する）場合に特に有効である。上述したような正孔トラップに起因する特性劣化についても抑制することができ、より信頼性を高めることができる。
- [0051] 図 7F に、酸化シリコン (SiO_2) 膜の厚みの合計（総厚）と、閾値電圧のシフト量 (ΔV_{th}) との関係について示す。尚、図中縦軸の -（マイナス）の符号は、閾値電圧が負側へシフトしていることを表す。このように、シリコン酸化物膜の厚みと閾値電圧との間には相関があり、線形性を有する。例えば酸化シリコン膜 129B、130A の厚みの合計が 65 nm 以下とすることにより、シフト量を 2 V 以下に維持することができ、十分なトランジスタ寿命を確保することができる。
- [0052] 以上のように本実施の形態では、各画素 20 から放射線 Rrad に基づく信号電荷を読み出すためのトランジスタ 22 が、基板 110 側から順に、酸化シリコン膜 129B、半導体層 126、酸化シリコン膜 130A および第 1 ゲート電極とを含む素子構造を有する。酸化シリコン膜 130A の厚みが、酸化シリコン膜 129B の厚み以上となるようにしたので、トランジスタ 22 の製造歩留まりが良好となる。よって、高信頼性を有する素子構造を実現可能となる。
- [0053] 続いて、上記実施の形態の変形例について説明する。尚、上記実施の形態における構成要素と同一のものには同一の符号を付し、適宜説明を省略する。
- 。
- [0054] <変形例 1>

図 8 は、変形例 1 に係るトランジスタの断面構成を表したものである。上

記実施の形態（図3の例）では、第2ゲート絶縁膜（第2ゲート絶縁膜130）を、半導体層126の側から順に、酸化シリコン膜130A、窒化シリコン膜130Bおよび酸化シリコン膜130Cを積層した3層構造としたが、第2ゲート絶縁膜の積層構造はこれに限定されるものではない。例えば、本変形例のように、第2ゲート絶縁膜（第2ゲート絶縁膜134）のように、半導体層126の側から順に酸化シリコン膜134Aおよび窒化シリコン膜134Bを積層した2層構造であってもよい。

[0055] 図9Aは、上記実施の形態のトランジスタ22（実施例1とする）のX線照射前後の電流電圧特性、図9Bは、本変形例のトランジスタ（実施例2とする）のX線照射前後の電流電圧特性をそれぞれ表したものである。X線照射条件は、図7Fの場合と同様とし、X線照射線量が0Gyと25Gyの各場合について示す。また、図10には、実施例1, 2の各電流電圧特性において、X線照射後（25Gy）の閾値電圧シフト量（ ΔV_{th} ）を示したものである。閾値電圧 V_{th} としては、電流 I_d を 1.0×10^{-13} （A）の場合のゲート電圧を用いた。これらの結果から、本変形例の素子構造における電流電圧特性は、上記実施の形態の場合と同様であり、またX線照射による挙動も同様のものとなった。従って、本変形例においても、上記実施の形態と同等の効果を得ることができる。このように、半導体層126に隣接する酸化シリコン膜130Aが、酸化シリコン膜129Bの厚み以上の厚みで形成されていれば、第2ゲート絶縁膜130は、3層構造であってもよいし2層構造であってもよい。あるいは、図示はしないが第2ゲート絶縁膜130が、例えば酸化シリコン膜130Aの単層膜から構成されていてもよい。

[0056] <変形例2>

図11は、変形例2に係るトランジスタの断面構成を表したものである。上記実施の形態では、トップゲート型の素子構造を例示したが、本開示のトランジスタは、本変形例のようにいわゆるボトムゲート型の素子構造であってもよい。本変形例の素子構造は、例えば基板110側から順に、第1ゲート電極120A、第1ゲート絶縁膜129、半導体層126および酸化シリ

コン膜 130A を有している。また、酸化シリコン膜 130A 上には、層間絶縁膜 132 が形成されており、この層間絶縁膜 132 と、酸化シリコン膜 130A とを貫通するコンタクトホール H1 が形成されている。層間絶縁膜 132 上には、コンタクトホール H1 を埋め込むようにソース・ドレイン電極 128 が設けられている。層間絶縁膜 132 は、酸化シリコン膜 130A の側から順に、例えば窒化シリコン膜 132A および酸化シリコン膜 132B を有する積層膜である。

[0057] 本変形例においても、酸化シリコン膜 130A の厚みが、酸化シリコン膜 129B の厚み以上であることにより、上記実施の形態と同等の効果を得ることができる。また、層間絶縁膜 132 の窒化シリコン膜 132A の厚みが、酸化シリコン膜 130A の厚みよりも大きくなっている（例えば 10nm 以上である）ことが望ましい。更に、上記実施の形態と同様の理由から、半導体層 126 に隣接する酸化シリコン膜 129B、130a の厚みの合計が、65nm 以下であることが望ましい。

[0058] <変形例 3-1>

図 12 は、変形例 3-1 に係るトランジスタの断面構成を表したものである。上記実施の形態では、トップゲート型の素子構造を例示したが、本開示のトランジスタは、本変形例のようにいわゆるデュアルゲート型の素子構造であってもよい。本変形例の素子構造は、例えば基板 110 側から順に、第 1 ゲート電極 120A、第 1 ゲート絶縁膜 129、半導体層 126、第 2 ゲート絶縁膜 130 および第 2 ゲート電極 120B を有している。また、第 2 ゲート絶縁膜 130 および第 2 ゲート電極 120B 上には、層間絶縁膜 133 が形成されており、この層間絶縁膜 133 と第 2 ゲート絶縁膜 130 とを貫通するコンタクトホール H1 が形成されている。層間絶縁膜 133 上には、コンタクトホール H1 を埋め込むようにソース・ドレイン電極 128 が設けられている。層間絶縁膜 133 は、酸化シリコン膜 130A の側から順に、例えば酸化シリコン膜 133A、窒化シリコン膜 133B および酸化シリコン膜 133C を有する積層膜である。

[0059] 本変形例においても、酸化シリコン膜130Aの厚みが、酸化シリコン膜129Bの厚み以上であることにより、上記実施の形態と同等の効果を得ることができる。また、上記実施の形態と同様の理由から、層間絶縁膜132の窒化シリコン膜132Aの厚みが、酸化シリコン膜130Aの厚みよりも大きくなっている（例えば10nm以上である）ことが望ましい。更に、上記実施の形態と同様の理由から、半導体層126に隣接する酸化シリコン膜129B、130aの厚みの合計が、65nm以下であることが望ましい。

[0060] <変形例3-2>

図13は、変形例3-2に係るトランジスタの断面構成を表したものである。上記変形例3-1のデュアルゲート型の素子構造においても、第2ゲート絶縁膜の積層構造は特に限定されず、上記変形例1において説明した2層構造の第2ゲート絶縁膜134が用いられてもよい。

[0061] <変形例4>

図14は、変形例4に係る画素（画素20A）の回路構成を、上記実施の形態で説明したチャージアンプ回路171の回路構成例と共に表したものである。本変形例の画素20Aは、実施の形態の画素20と同様にいわゆるパッシブ型の回路構成となっており、1つの光電変換素子21と1つのトランジスタ22とを有している。また、この画素20AにはH方向に沿って延在する読み出し制御線L_{read}と、V方向に沿って延在する信号線L_{sig}とが接続されている。

[0062] 但し、本変形例の画素20Aでは、上記実施の形態の画素20とは異なり、光電変換素子21のアノードが蓄積ノードNに接続され、カソードがグラウンド（接地）に接続されている。このように、画素20Aにおいて光電変換素子21のアノードに蓄積ノードNが接続されるようにしてもよく、このように構成した場合であっても、上記実施の形態の放射線撮像装置1と同様の効果を得ることが可能である。

[0063] <変形例5>

図15は、変形例5に係る画素（画素20B）の回路構成を、上記実施の

形態で説明したチャージアンプ回路 171 の回路構成例と共に表したものである。本変形例の画素 20B は、実施の形態の画素 20 と同様にいわゆるパッシブ型の回路構成を有し、1つの光電変換素子 21 を有すると共に、H方向に沿って延在する読み出し制御線 L_{read}と、V方向に沿って延在する信号線 L_{sig}とに接続されている。

[0064] 但し、本変形例では、画素 20B が、2つのトランジスタ 22 を有している。これら2つのトランジスタ 22 は、互いに直列に接続されている（一方のソースまたはドレインと他方のソースまたはドレインとが電氣的に接続されている。このように1つの画素 20B に2つのトランジスタ 22 を設けることにより、オフリークを低減させることができる。

[0065] このように、画素 20B 内に直列接続させた2つのトランジスタ 22 を設けてもよく、この場合にも、上記実施の形態と同等の効果を得ることができる。尚、3つ以上のトランジスタを直列接続させてもよい。

[0066] <変形例 6-1, 6-2>

図 16 は、変形例 6-1 に係る画素（画素 20C）の回路構成を、以下説明するチャージアンプ回路 171A の回路構成例とともに表したものである。また、図 17 は、変形例 6-2 に係る画素（画素 20D）の回路構成を、チャージアンプ回路 171A の回路構成例とともに表したものである。これらの変形例 6-1, 6-2 に係る画素 20C, 20D はそれぞれ、これまで説明した画素 20, 20A, 20B とは異なり、いわゆるアクティブ型の画素回路を有している。

[0067] このアクティブ型の画素 20C, 20D には、1つの光電変換素子 21 と、3つのトランジスタ 22, 23, 24 とが設けられている。これらの画素 20C, 20D にはまた、H方向に沿って延在する読み出し制御線 L_{read}およびリセット制御線 L_{rst}と、V方向に沿って延在する信号線 L_{sig}とが接続されている。

[0068] 画素 20C, 20D ではそれぞれ、トランジスタ 22 のゲートが読み出し制御線 L_{read}に接続され、ソースが信号線 L_{sig}に接続され、ドレインが、ソ

ースフォロワ回路を構成するトランジスタ23のドレインに接続されている。トランジスタ23のソースは電源VDDに接続され、ゲートは、蓄積ノードNを介して、光電変換素子21のカソード（図16の例）またはアノード（図17の例）と、リセット用トランジスタとして機能するトランジスタ24のドレインとに接続されている。トランジスタ24のゲートはリセット制御線Lrstに接続され、ソースにはリセット電圧Vrstが印加されるようになっている。変形例6-1では、光電変換素子21のアノードがグランドに接続され、変形例6-2では、光電変換素子21のカソードがグランドに接続されている。

[0069] また、これらの変形例6-1, 6-2においてチャージアンプ回路171Aは、前述したチャージアンプ回路171におけるチャージアンプ172、容量素子C1およびスイッチSW1に代わりに、アンプ176および定電流源177を設けたものである。アンプ176では、正側の入力端子には信号線Lsigが接続されると共に、負側の入力端子と出力端子とが互いに接続され、ボルテージフォロワ回路が形成されている。尚、信号線Lsigの一端側には定電流源177の一方の端子が接続され、この定電流源177の他方の端子には電源VSSが接続されている。

[0070] 上記のような間接変換型または直接変換型の放射線撮像装置は、放射線Rradに基づいて電気信号を得る、様々な種類の放射線撮像装置として利用される。例えば、医療用のX線撮像装置（Digital Radiography等）、空港等で用いられる携帯物検査用のX線撮影装置、工業用X線撮像装置（例えば、コンテナ内の危険物等の検査を行う装置）などに適用可能である。

[0071] <適用例>

続いて、上記実施の形態および変形例に係る放射線撮像装置は、以下に説明するような放射線撮像表示システムへ適用することも可能である。

[0072] 図18は、適用例に係る放射線撮像表示システム（放射線撮像表示システム5）の概略構成例を模式的に表したものである。放射線撮像表示システム5は、上記実施の形態等に係る画素部11等を有する放射線撮像装置1と、

画像処理部 5 2 と、表示装置 4 とを備えており、この例では放射線を用いた放射線撮像表示システムとなっている。

[0073] 画像処理部 5 2 は、放射線撮像装置 1 から出力される出力データ D out（撮像信号）に対して所定の画像処理を施すことにより、画像データ D 1 を生成するものである。表示装置 4 は、画像処理部 5 2 において生成された画像データ D 1 に基づく画像表示を、所定のモニタ画面 4 0 上で行うものである。

[0074] この放射線撮像表示システム 5 では、放射線撮像装置 1 が、X線源などの放射線源 5 1 から被写体 5 0 に向けて照射された放射線 R radに基づき、被写体 5 0 の画像データ D outを取得し、画像処理部 5 2 へ出力する。画像処理部 5 2 は、入力された画像データ D outに対して上記した所定の画像処理を施し、その画像処理後の画像データ（表示データ）D 1 を表示装置 4 へ出力する。表示装置 4 は、入力された画像データ D 1 に基づいて、モニタ画面 4 0 上に画像情報（撮像画像）を表示する。

[0075] このように、本適用例の放射線撮像表示システム 5 では、放射線撮像装置 1 において被写体 5 0 の画像を電気信号として取得可能であるため、取得した電気信号を表示装置 4 へ伝送することによって画像表示を行うことができる。即ち、写真フィルムを用いることなく、被写体 5 0 の画像を観察することが可能となり、また、動画撮影および動画表示にも対応することが可能となる。

[0076] 以上、実施の形態、変形例および適用例を挙げたが、本開示内容はこれらの実施の形態等に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記実施の形態等では、第 1, 第 2 のゲート絶縁膜として、1~3つの絶縁膜を積層したものを例示したが、第 1, 第 2 のゲート絶縁膜が 4 つ以上の絶縁膜を積層したものであってもよい。どのような積層構造であっても、第 2 のゲート絶縁膜のうち半導体層側にシリコン酸化物膜が設けられ、かつこのシリコン酸化物膜が、第 1 ゲート絶縁膜におけるシリコン酸化物膜の厚み以上の厚みにより形成されていれば、本開示の効果を得ることができる。

[0077] また、上記実施の形態等の画素部における画素の回路構成は、上記実施の

形態等で説明したもの（画素 20, 20A~20Dの回路構成）には限られず、他の回路構成であってもよい。同様に、行走査部や列選択部等の回路構成についても、上記実施の形態等で説明したものには限られず、他の回路構成であってもよい。

[0078] 更に、上記実施の形態等で説明した画素部、行走査部、A/D変換部（列選択部）および列走査部等はそれぞれ、例えば同一基板上に形成されているようにしてもよい。具体的には、例えば低温多結晶シリコンなどの多結晶半導体を用いることにより、これらの回路部分におけるスイッチ等も同一基板上に形成することができるようになる。このため、例えば外部のシステム制御部からの制御信号に基づいて、同一基板上における駆動動作を行うことが可能となり、狭額縁化（3辺フリーの額縁構造）や配線接続の際の信頼性向上を実現することができる。

[0079] 尚、本開示は以下のような構成を取ることも可能である。

(1)

放射線に基づく信号電荷を発生する複数の画素と、
前記複数の画素から前記信号電荷を読み出すための電界効果型のトランジスタとを備え、

前記トランジスタは、

基板側から順に積層された、第1のシリコン酸化物膜、活性層を含む半導体層および第2のシリコン酸化物膜と、

前記第1または第2のシリコン酸化物膜を間にして前記半導体層に対向配置された第1ゲート電極とを有し、

前記第2のシリコン酸化物膜の厚みは、前記第1のシリコン酸化物膜の厚みと同等以上である

放射線撮像装置。

(2)

前記トランジスタは、前記基板側から順に、前記第1のシリコン酸化物膜、前記半導体層、前記第2のシリコン酸化物膜および前記第1ゲート電極を

有する

上記（１）に記載の放射線撮像装置。

（３）

前記第２のシリコン酸化物膜と前記第１のゲート電極との間に、前記第２のシリコン酸化物膜よりも大きな厚みを有するシリコン窒化物膜を有する

上記（２）に記載の放射線撮像装置。

（４）

前記シリコン窒化物膜の厚みは１０ｎｍ以上である

上記（３）に記載の放射線撮像装置。

（５）

前記第１および第２のシリコン酸化物膜の厚みの総和が６５ｎｍ以下である

上記（１）～（４）のいずれかに記載の放射線撮像装置。

（６）

前記トランジスタは、前記基板側から順に、前記第１ゲート電極、前記第１のシリコン酸化物膜、前記半導体層および前記第２のシリコン酸化物膜を有する

上記（１）に記載の放射線撮像装置。

（７）

前記第２のシリコン酸化物膜上に、前記第２のシリコン酸化物膜よりも大きな厚みを有するシリコン窒化物膜を有する

上記（６）に記載の放射線撮像装置。

（８）

前記シリコン窒化物膜の厚みは１０ｎｍ以上である

上記（７）に記載の放射線撮像装置。

（９）

前記トランジスタは、前記基板側から順に、前記第１ゲート電極、前記第１のシリコン酸化物膜、前記半導体層および前記第２のシリコン酸化物膜を

有し、かつ

前記第2のシリコン酸化物膜上に前記第1ゲート電極に対向して第2ゲート電極を有する

上記(1)に記載の放射線撮像装置。

(10)

前記第2のシリコン酸化物膜と前記第1のゲート電極との間に、前記第2のシリコン酸化物膜よりも大きな厚みを有するシリコン窒化物膜を有する

上記(9)に記載の放射線撮像装置。

(11)

前記シリコン窒化物膜の厚みは10nm以上である

上記(10)に記載の放射線撮像装置。

(12)

前記半導体層は、多結晶シリコン、微結晶シリコン、非結晶シリコンまたは酸化物半導体を含む

上記(1)～(11)に記載の放射線撮像装置。

(13)

前記半導体層は、低温多結晶シリコンを含む

上記(12)に記載の放射線撮像装置。

(14)

前記複数の画素がそれぞれ光電変換素子を有し、

前記複数の画素の光入射側に、前記放射線を前記光電変換素子の感度域の波長に変換する波長変換層を備えた

上記(1)～(13)に記載の放射線撮像装置。

(15)

前記光電変換素子が、PIN型のフォトダイオードまたはMIS型センサからなる

上記(14)に記載の放射線撮像装置。

(16)

前記複数の画素はそれぞれ、前記放射線を吸収して前記信号電荷を発生させる変換層を備えた

上記（１）～（１３）に記載の放射線撮像装置。

（１７）

前記放射線はX線である

上記（１）～（１６）に記載の放射線撮像装置。

（１８）

放射線撮像装置と、この放射線撮像装置により得られた撮像信号に基づく画像表示を行う表示装置とを備え、

前記放射線撮像装置は、

放射線に基づく信号電荷を発生する複数の画素と、

前記複数の画素から前記信号電荷を読み出すための電界効果型のトランジスタとを備え、

前記トランジスタは、

基板側から順に積層された、第１のシリコン酸化物膜、活性層を含む半導体層および第２のシリコン酸化物膜と、

前記第１または第２のシリコン酸化膜を間にして前記半導体層に対向配置された第１ゲート電極とを有し、

前記第２のシリコン酸化物膜の厚みは、前記第１のシリコン酸化物膜の厚みと同等以上である

放射線撮像表示システム。

[0080] 本出願は、日本国特許庁において２０１３年７月１７日に出願された日本特許出願番号第２０１３－１４８２７１号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

[0081] 当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

請求の範囲

- [請求項1] 放射線に基づく信号電荷を発生する複数の画素と、
前記複数の画素から前記信号電荷を読み出すための電界効果型のトランジスタとを備え、
前記トランジスタは、
基板側から順に積層された、第1のシリコン酸化物膜、活性層を含む半導体層および第2のシリコン酸化物膜と、
前記第1または第2のシリコン酸化膜を間にして前記半導体層に対向配置された第1ゲート電極とを有し、
前記第2のシリコン酸化物膜の厚みは、前記第1のシリコン酸化物膜の厚みと同等以上である
放射線撮像装置。
- [請求項2] 前記トランジスタは、前記基板側から順に、前記第1のシリコン酸化物膜、前記半導体層、前記第2のシリコン酸化物膜および前記第1ゲート電極を有する
請求項1に記載の放射線撮像装置。
- [請求項3] 前記第2のシリコン酸化物膜と前記第1のゲート電極との間に、前記第2のシリコン酸化物膜よりも大きな厚みを有するシリコン窒化物膜を有する
請求項2に記載の放射線撮像装置。
- [請求項4] 前記シリコン窒化物膜の厚みは10nm以上である
請求項3に記載の放射線撮像装置。
- [請求項5] 前記第1および第2のシリコン酸化物膜の厚みの総和が65nm以下である
請求項1に記載の放射線撮像装置。
- [請求項6] 前記トランジスタは、前記基板側から順に、前記第1ゲート電極、前記第1のシリコン酸化物膜、前記半導体層および前記第2のシリコン酸化物膜を有する

- 請求項 1 に記載の放射線撮像装置。
- [請求項7] 前記第 2 のシリコン酸化物膜上に、前記第 2 のシリコン酸化物膜よりも大きな厚みを有するシリコン窒化物膜を有する
請求項 6 に記載の放射線撮像装置。
- [請求項8] 前記シリコン窒化物膜の厚みは 10 nm 以上である
請求項 7 に記載の放射線撮像装置。
- [請求項9] 前記トランジスタは、前記基板側から順に、前記第 1 ゲート電極、前記第 1 のシリコン酸化物膜、前記半導体層および前記第 2 のシリコン酸化物膜を有し、かつ
前記第 2 のシリコン酸化物膜上に前記第 1 ゲート電極に対向して第 2 ゲート電極を有する
請求項 1 に記載の放射線撮像装置。
- [請求項10] 前記第 2 のシリコン酸化物膜と前記第 1 のゲート電極との間に、前記第 2 のシリコン酸化物膜よりも大きな厚みを有するシリコン窒化物膜を有する
請求項 9 に記載の放射線撮像装置。
- [請求項11] 前記シリコン窒化物膜の厚みは 10 nm 以上である
請求項 10 に記載の放射線撮像装置。
- [請求項12] 前記半導体層は、多結晶シリコン、微結晶シリコン、非結晶シリコンまたは酸化物半導体を含む
請求項 1 に記載の放射線撮像装置。
- [請求項13] 前記半導体層は、低温多結晶シリコンを含む
請求項 12 に記載の放射線撮像装置。
- [請求項14] 前記複数の画素がそれぞれ光電変換素子を有し、
前記複数の画素の光入射側に、前記放射線を前記光電変換素子の感度域の波長に変換する波長変換層を備えた
請求項 1 に記載の放射線撮像装置。
- [請求項15] 前記光電変換素子が、PIN型のフォトダイオードまたはMIS型

センサからなる

請求項 1 4 に記載の放射線撮像装置。

[請求項16] 前記複数の画素はそれぞれ、前記放射線を吸収して前記信号電荷を発生させる変換層を備えた

請求項 1 に記載の放射線撮像装置。

[請求項17] 前記放射線は X 線である

請求項 1 に記載の放射線撮像装置。

[請求項18] 放射線撮像装置と、この放射線撮像装置により得られた撮像信号に基づく画像表示を行う表示装置とを備え、

前記放射線撮像装置は、

放射線に基づく信号電荷を発生する複数の画素と、

前記複数の画素から前記信号電荷を読み出すための電界効果型のトランジスタとを備え、

前記トランジスタは、

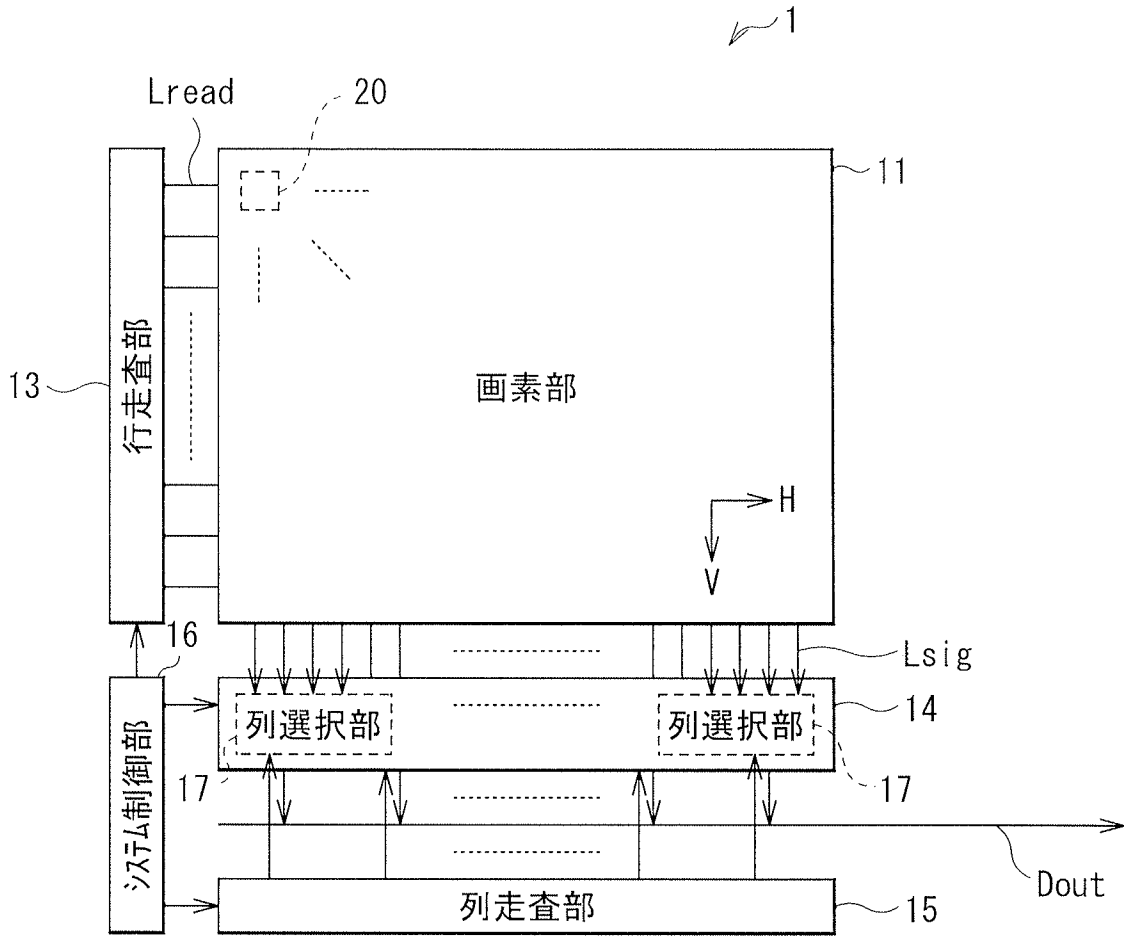
基板側から順に積層された、第 1 のシリコン酸化物膜、活性層を含む半導体層および第 2 のシリコン酸化物膜と、

前記第 1 または第 2 のシリコン酸化物膜を間にして前記半導体層に対向配置された第 1 ゲート電極とを有し、

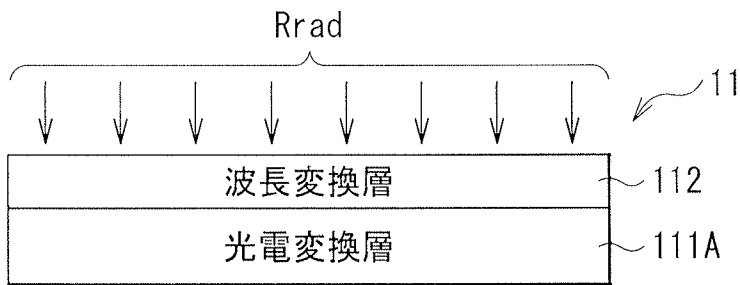
前記第 2 のシリコン酸化物膜の厚みは、前記第 1 のシリコン酸化物膜の厚みと同等以上である

放射線撮像表示システム。

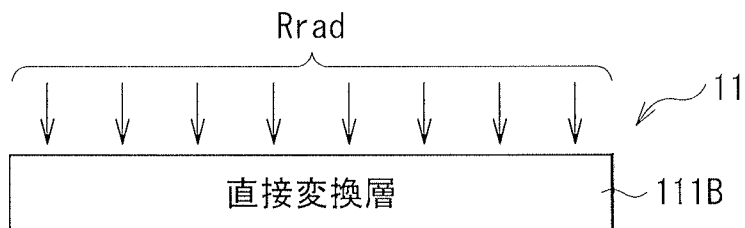
[図1]



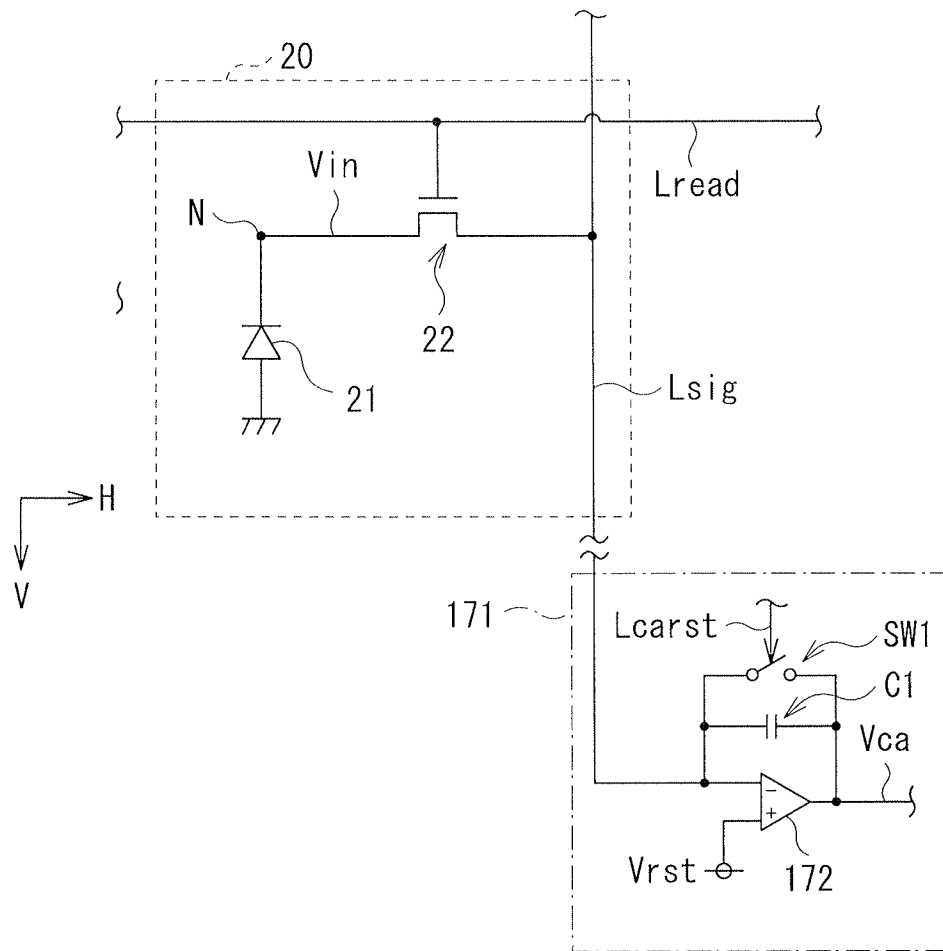
[図2A]



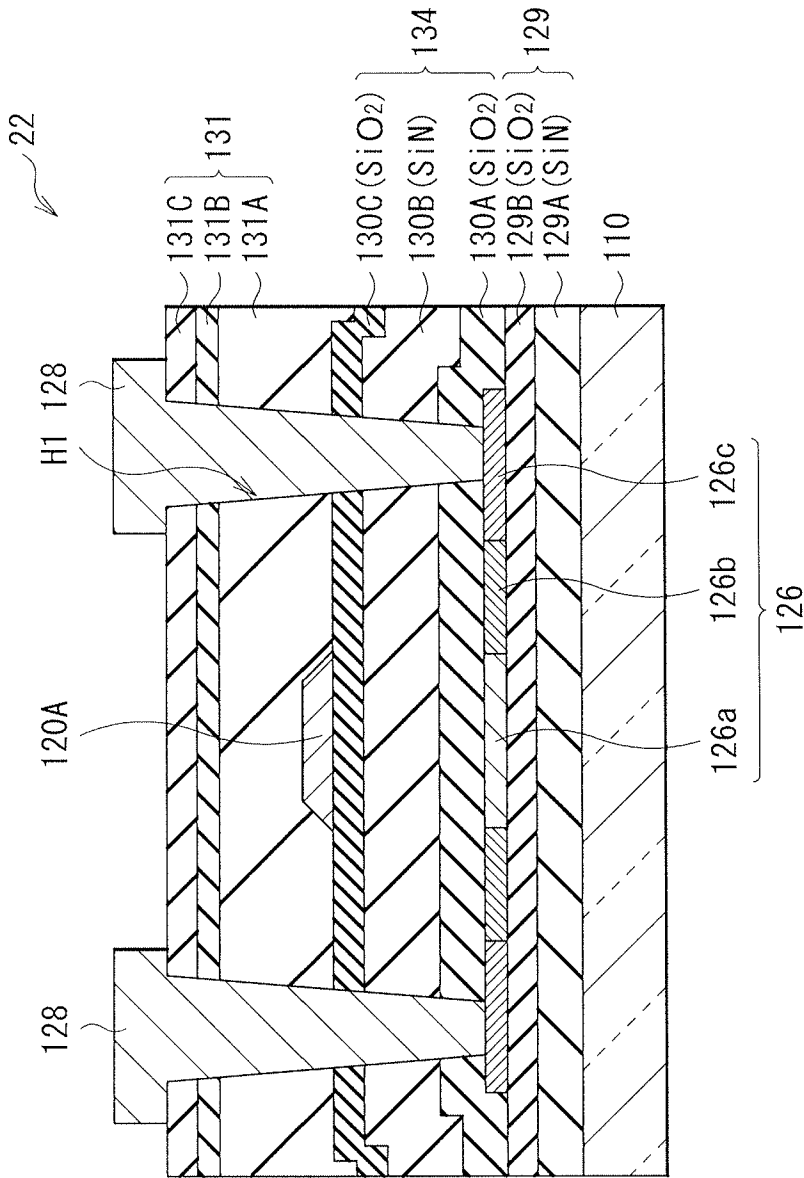
[図2B]



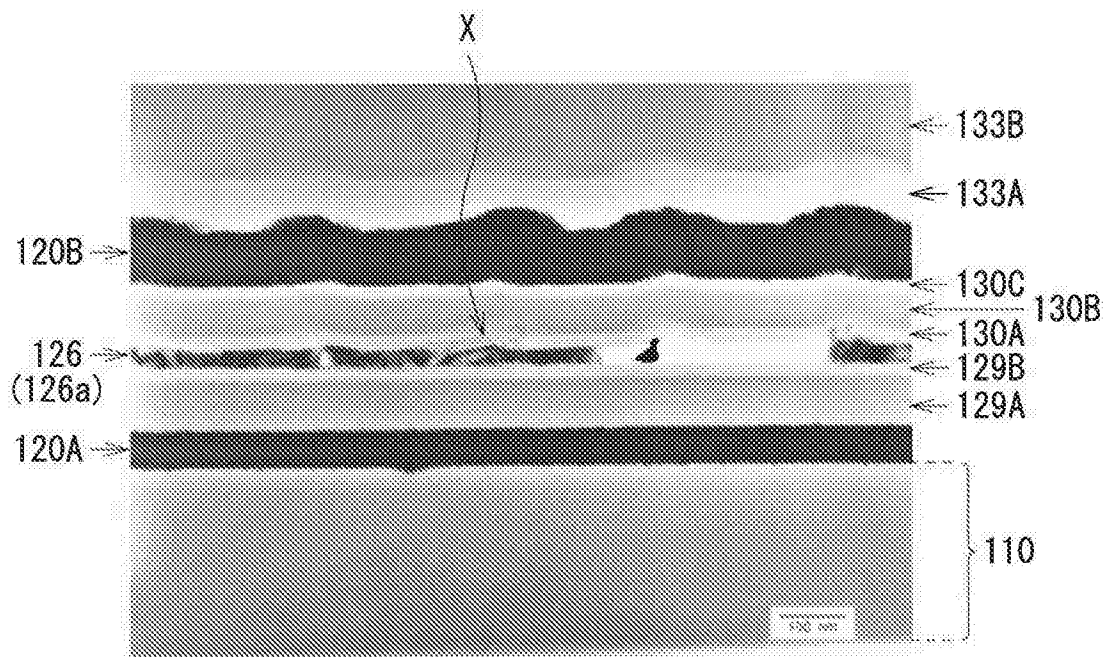
[図3]



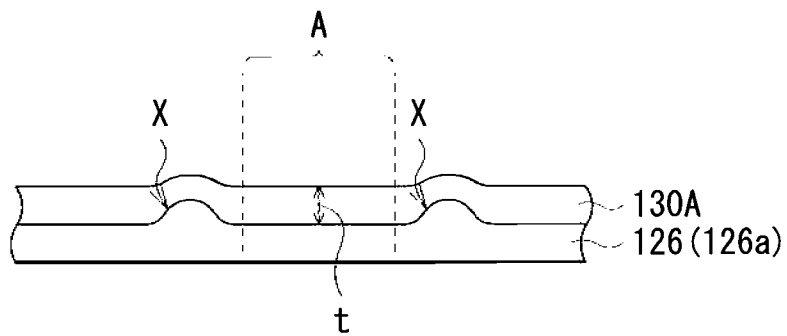
[図4]



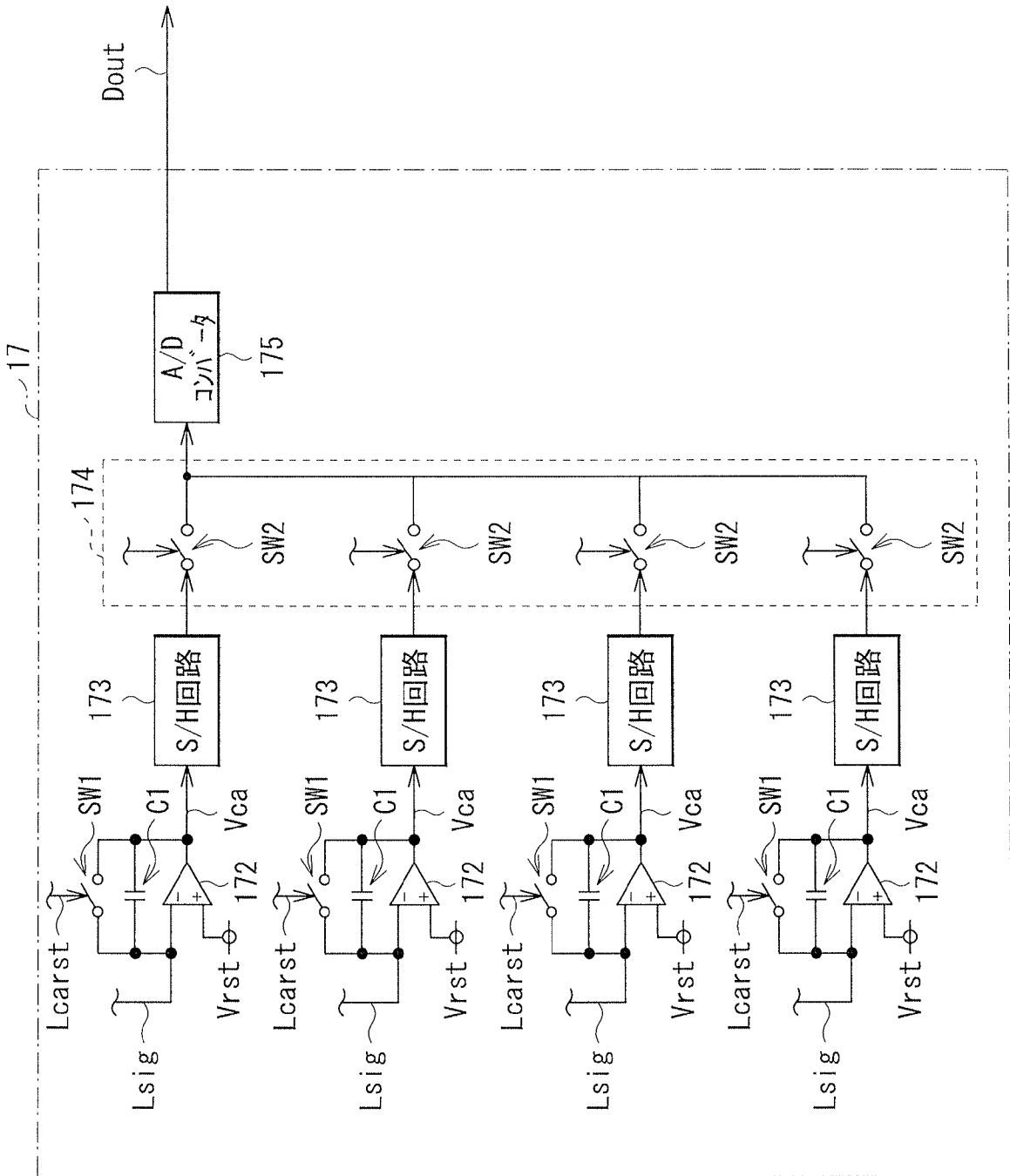
[図5A]



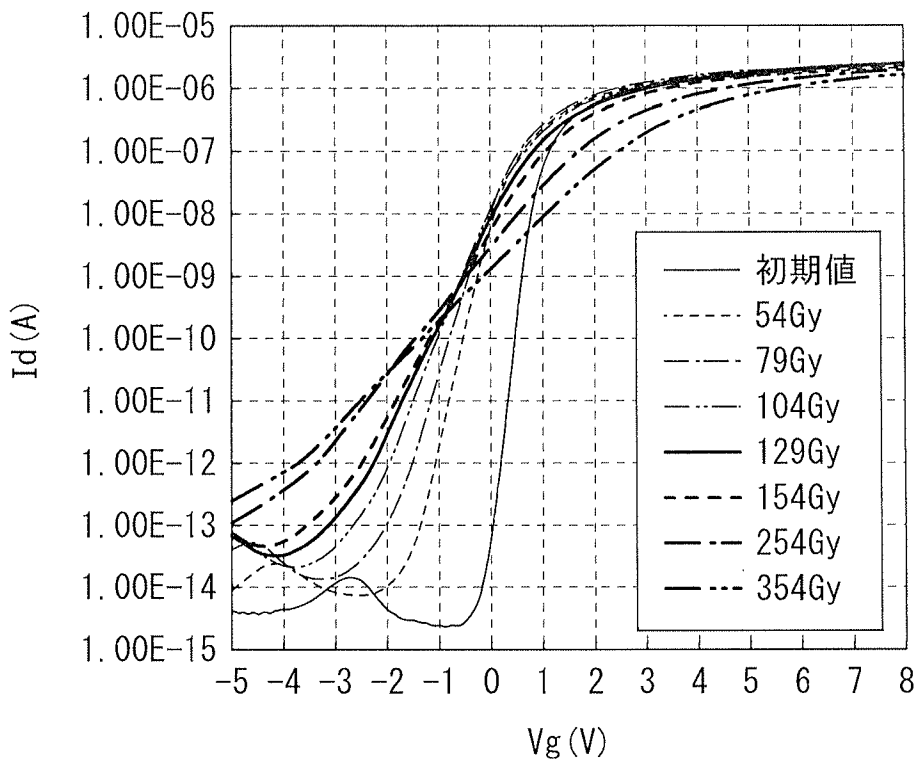
[図5B]



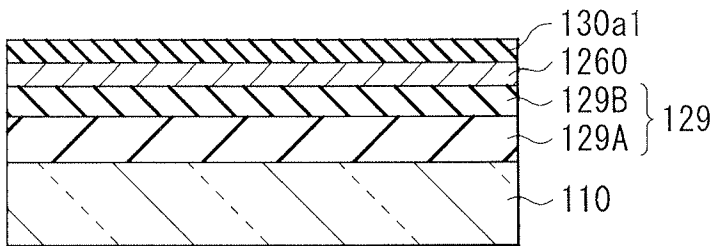
[図6]



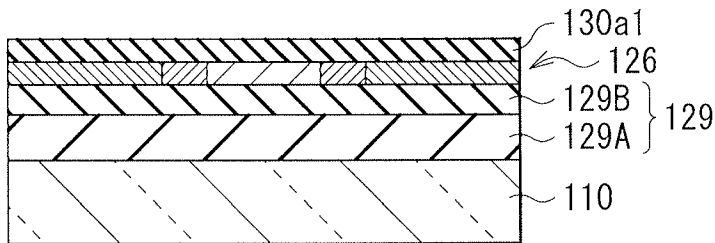
[図7A]



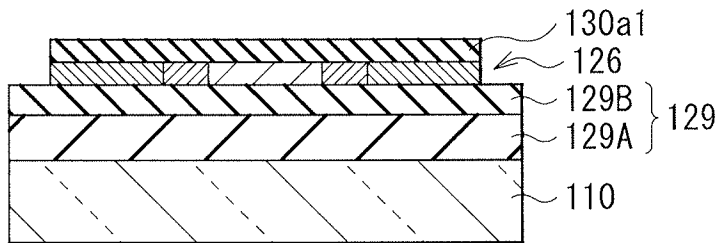
[図7B]



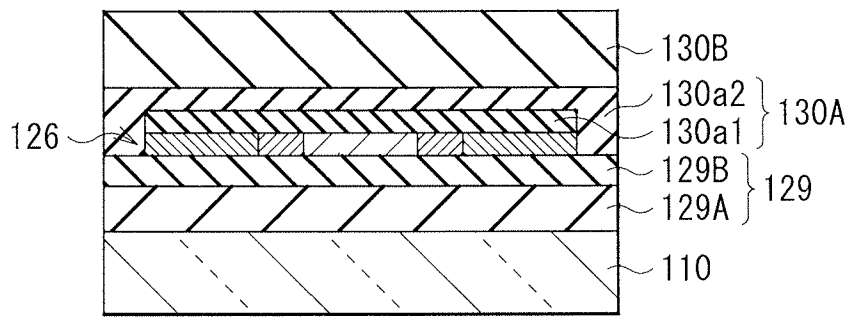
[図7C]



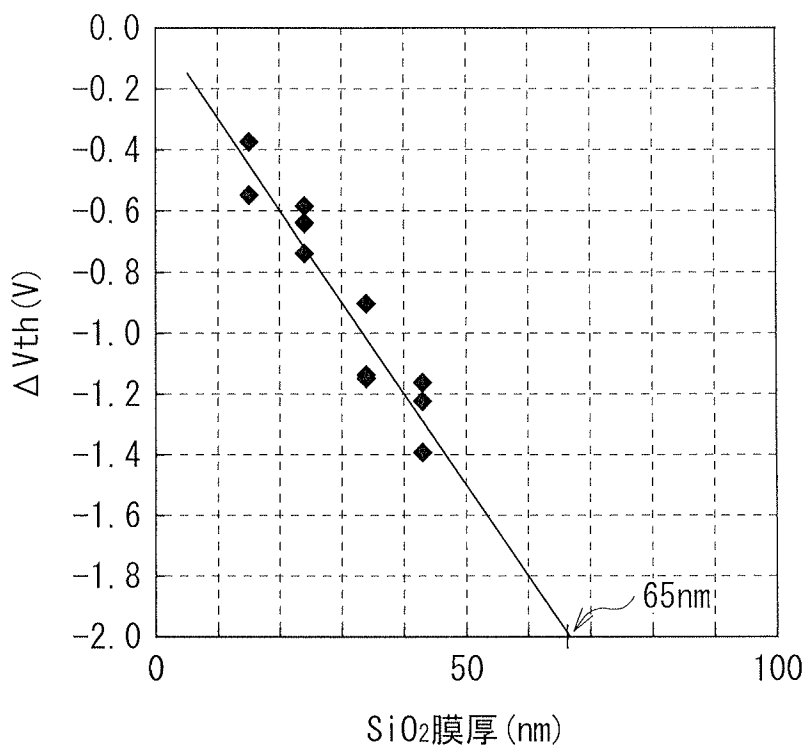
[図7D]



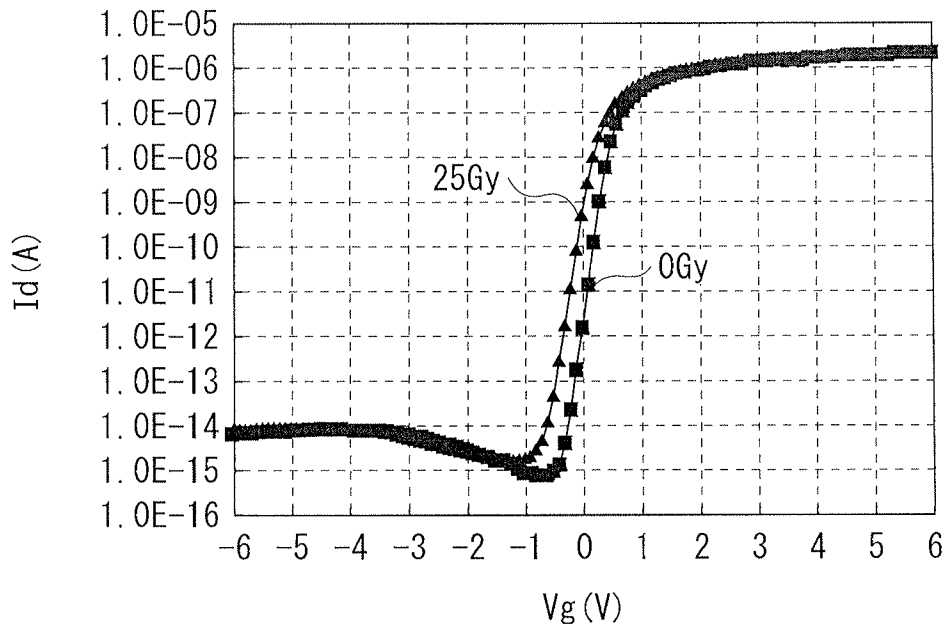
[図7E]



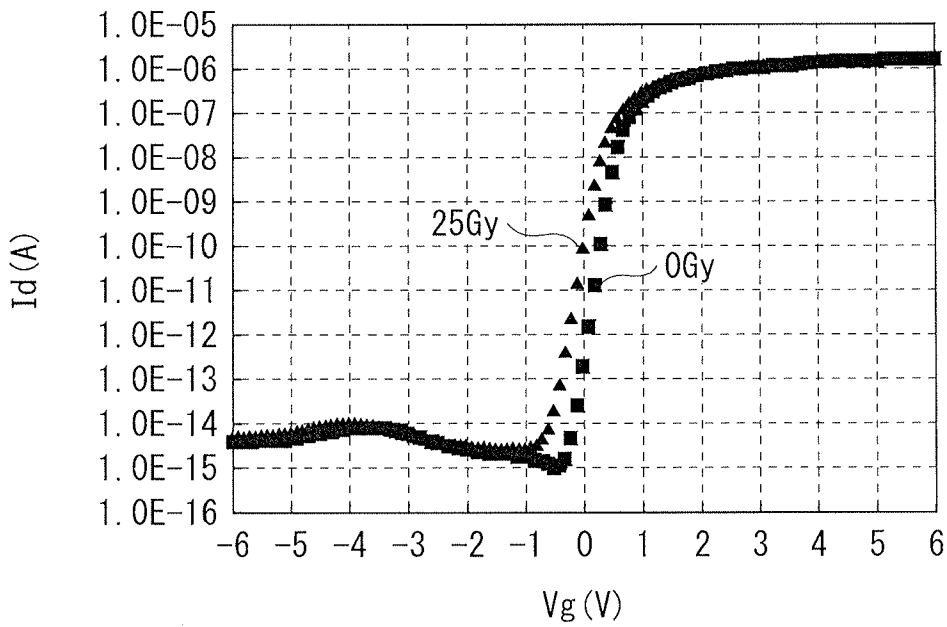
[図7F]



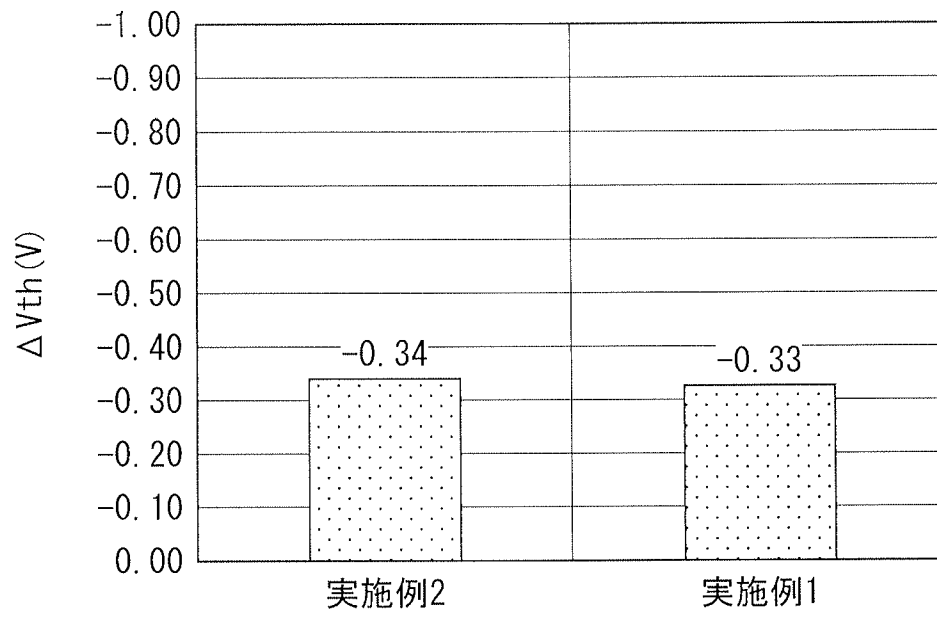
[図9A]



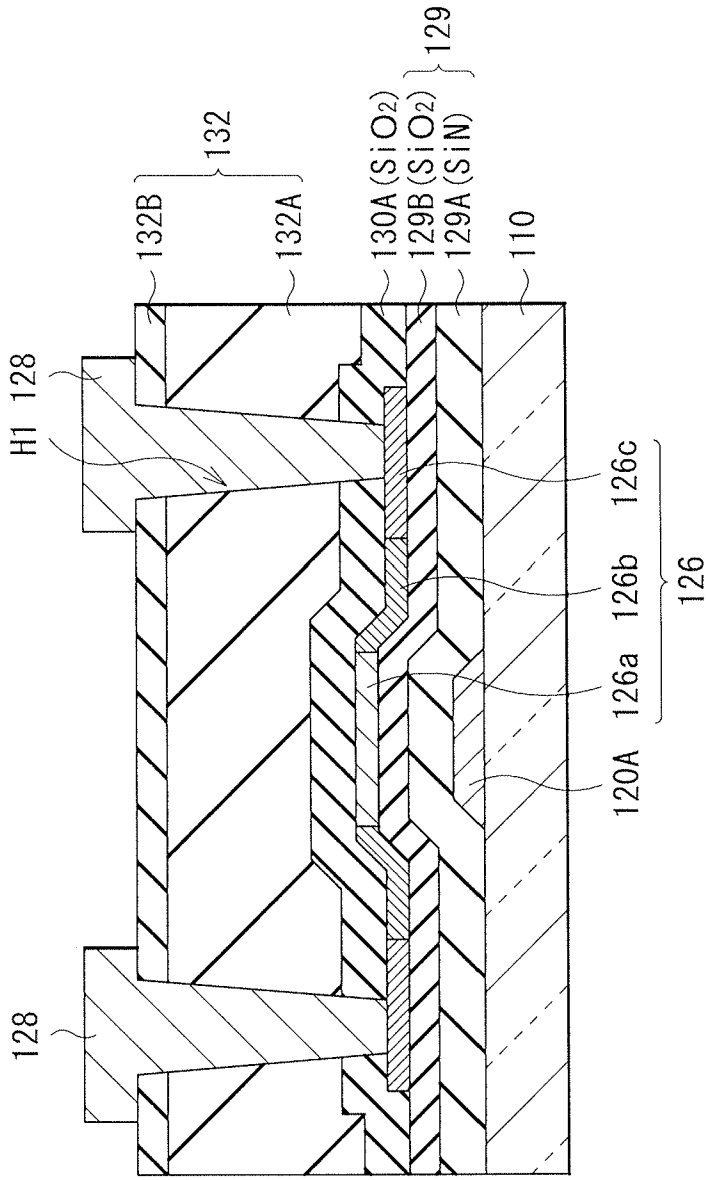
[図9B]



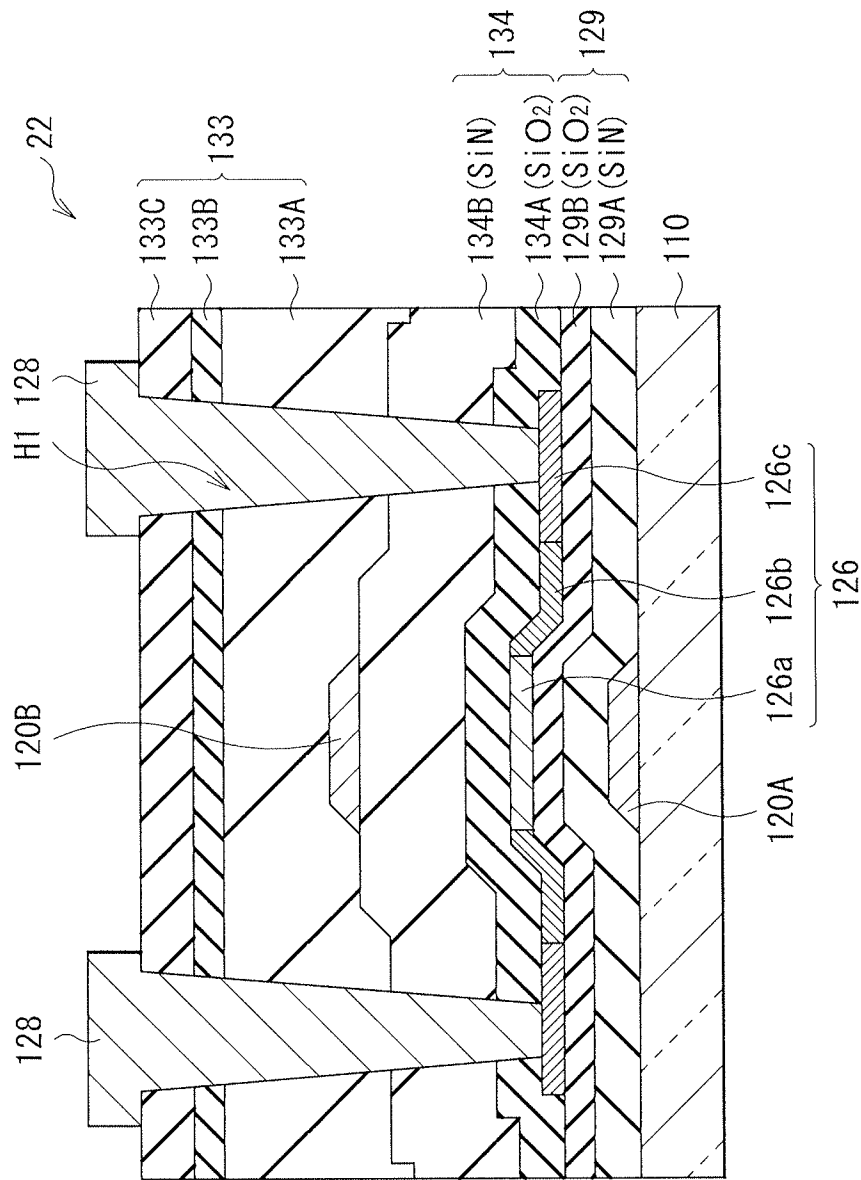
[図10]



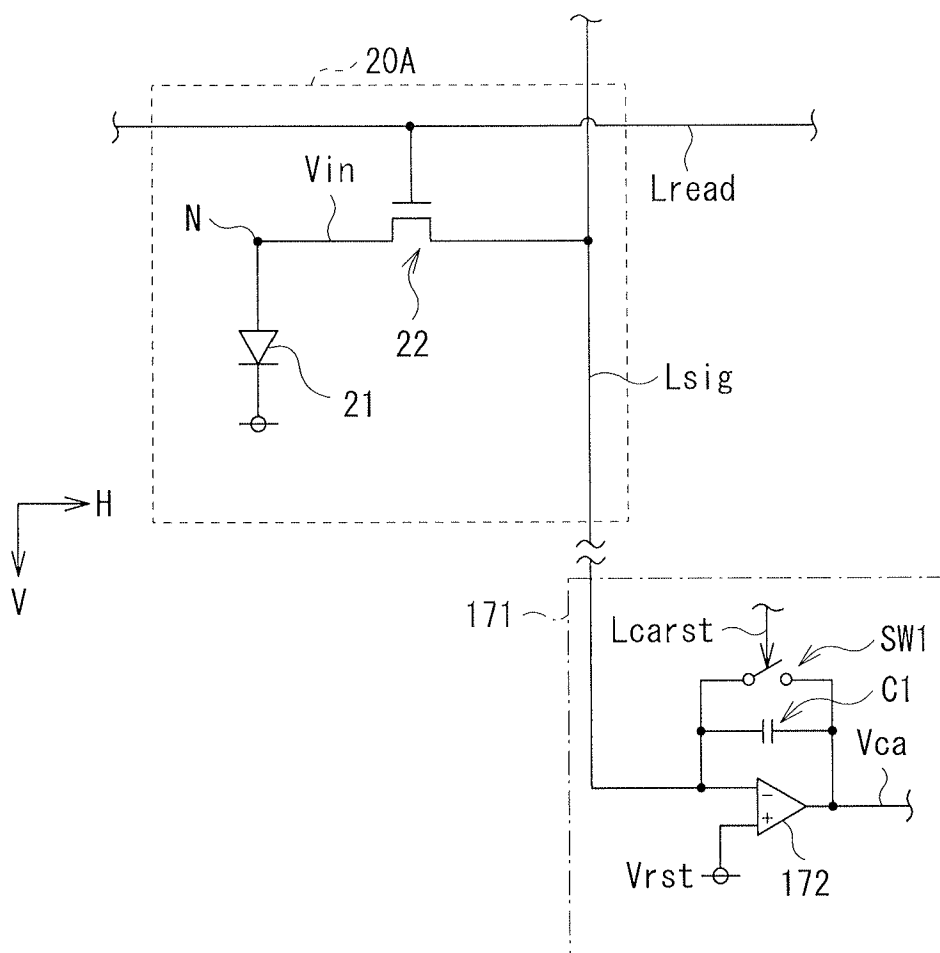
[図11]



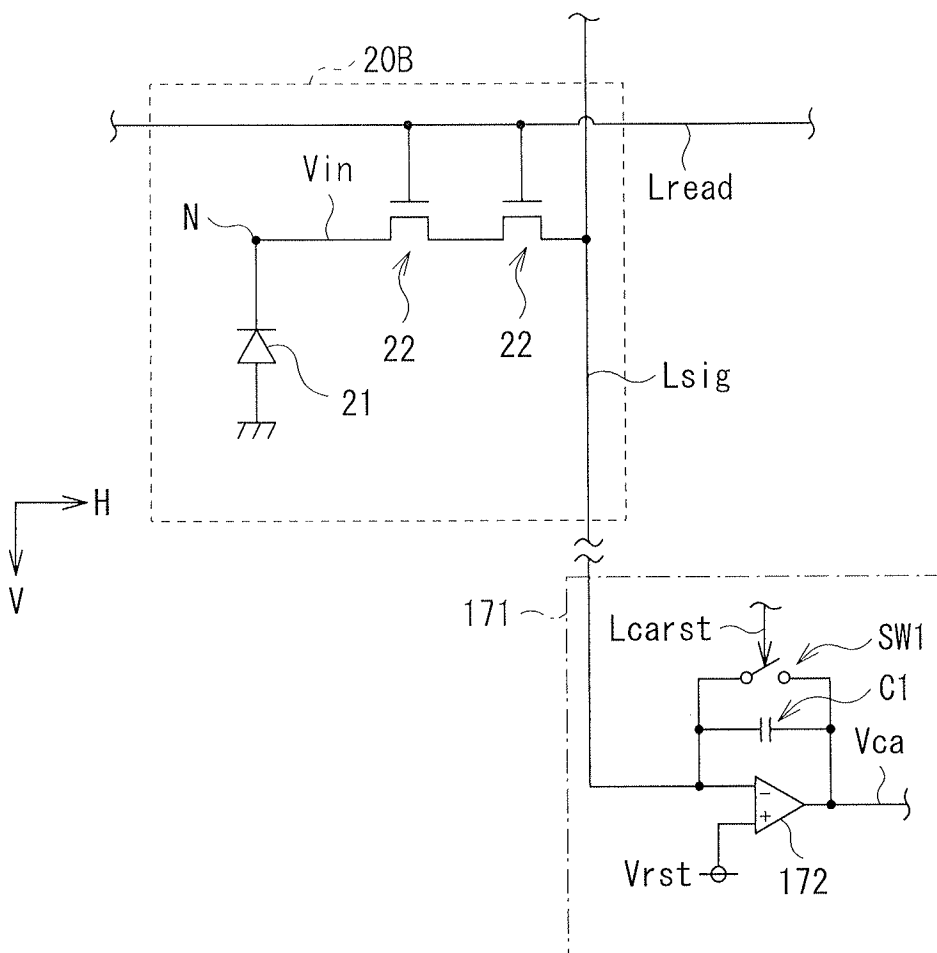
[図13]



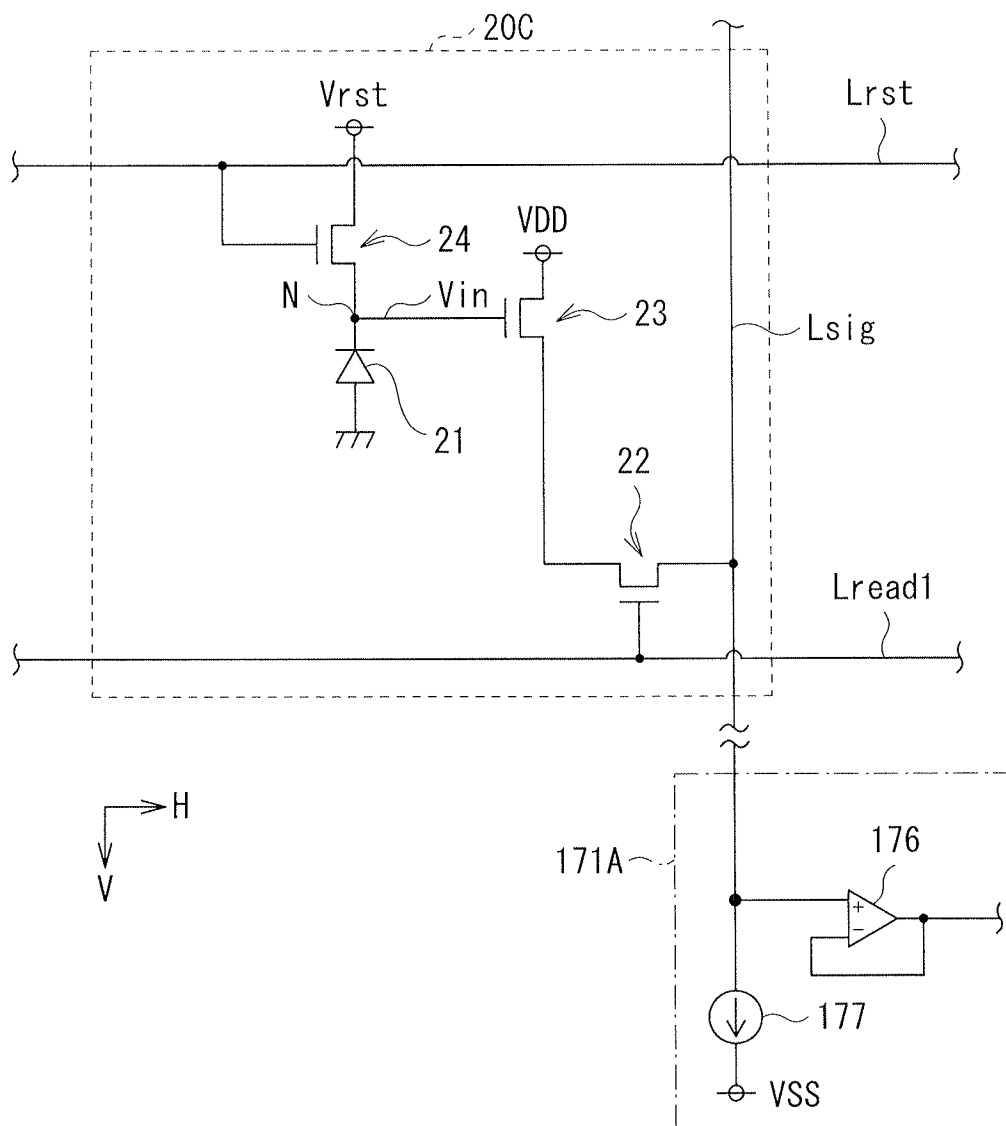
[図14]



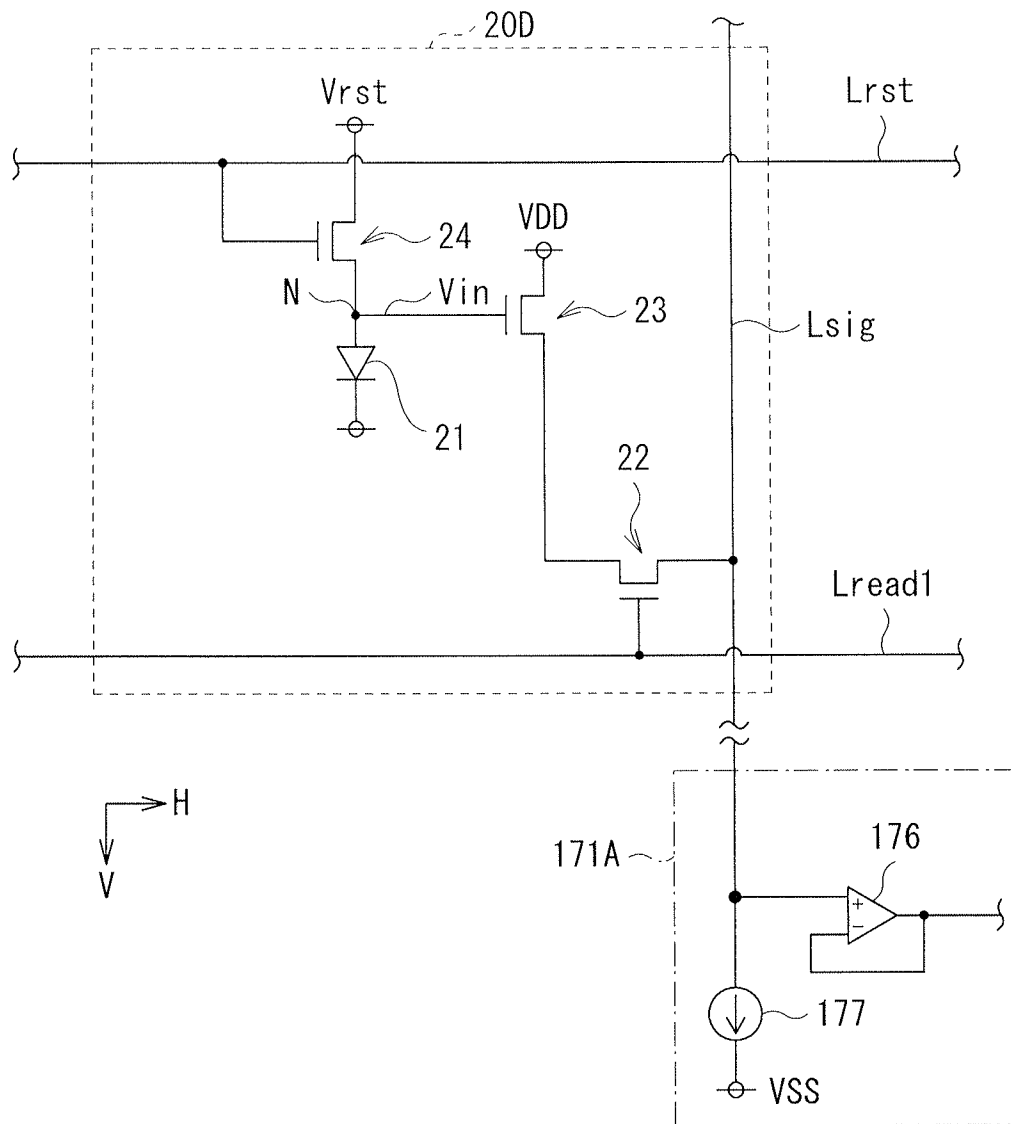
[図15]



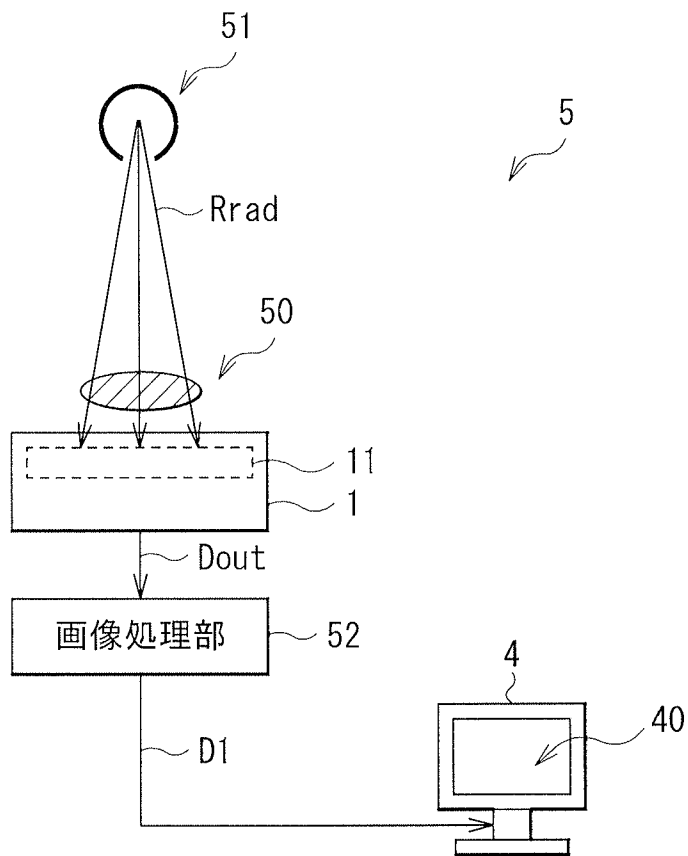
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/067752

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L27/144(2006.01)i, G01T1/20(2006.01)i, G01T1/24(2006.01)i, G01T7/00(2006.01)i, H01L27/146(2006.01)i, H01L29/786(2006.01)i, H04N5/32(2006.01)i, H04N5/374(2011.01)i
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H01L27/144, G01T1/20, G01T1/24, G01T7/00, H01L27/146, H01L29/786, H04N5/32, H04N5/374

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------------------|
| X Y | JP 2012-146805 A (Sony Corp.), 02 August 2012 (02.08.2012), claims 6 to 13; paragraphs [0017] to [0084]; fig. 4, 9, 11, 13, 14 & US 2012/0175618 A1 & CN 102593164 A & KR 10-2012-0081926 A & TW 201244069 A | 1-18 13, 16 |
| X Y | JP 2011-176235 A (Sony Corp.), 08 September 2011 (08.09.2011), entire text (particularly, claims 8, 9; paragraphs [0037], [0046], [0047], [0055]); fig. 3, 5, 9 & US 2011/0204246 A1 & CN 102196194 A | 1-12, 14, 15, 17, 18 13, 16 |

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "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 |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "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 |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "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 |
| "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) | "&" document member of the same patent family |
| "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 | |

| | |
|--|---|
| Date of the actual completion of the international search 09 September, 2014 (09.09.14) | Date of mailing of the international search report 16 September, 2014 (16.09.14) |
|--|---|

| | |
|--|--------------------|
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office | Authorized officer |
| Facsimile No. | Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/067752

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 2012-028617 A (Sony Corp.), 09 February 2012 (09.02.2012), entire text; all drawings (Family: none) | 1-18 |

| <p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. H01L27/144(2006.01)i, G01T1/20(2006.01)i, G01T1/24(2006.01)i, G01T7/00(2006.01)i, H01L27/146(2006.01)i, H01L29/786(2006.01)i, H04N5/32(2006.01)i, H04N5/374(2011.01)i</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|-----------------|-----------------------------------|----------------|------------|--|------------|-------------|---|--------|---|--|----------------------|---|--|--------|
| <p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. H01L27/144, G01T1/20, G01T1/24, G01T7/00, H01L27/146, H01L29/786, H04N5/32, H04N5/374</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2014年</td> </tr> </table> | | | 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 | 日本国公開実用新案公報 | 1971-2014年 | 日本国実用新案登録公報 | 1996-2014年 | 日本国登録実用新案公報 | 1994-2014年 | | | | | | | |
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2014年 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2014年 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2014年 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>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）</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2012-146805 A（ソニー株式会社）2012.08.02, 請求項6-13, 段落【0017】-【0084】, 図4, 9, 11, 13, 14</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>& US 2012/0175618 A1 & CN 102593164 A & KR 10-2012-0081926 A & TW 201244069 A</td> <td>13, 16</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 2011-176235 A（ソニー株式会社）2011.09.08, 全文（特に請求項8, 9, 段落【0037】, 【0046】, 【0047】, 【0055】）, 図3, 5, 9 & US 2011/0204246 A1 & CN 102196194 A</td> <td>1-12, 14, 15, 17, 18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>13, 16</td> </tr> </tbody> </table> | | | 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 | X | JP 2012-146805 A（ソニー株式会社）2012.08.02, 請求項6-13, 段落【0017】-【0084】, 図4, 9, 11, 13, 14 | 1-18 | Y | & US 2012/0175618 A1 & CN 102593164 A & KR 10-2012-0081926 A & TW 201244069 A | 13, 16 | X | JP 2011-176235 A（ソニー株式会社）2011.09.08, 全文（特に請求項8, 9, 段落【0037】, 【0046】, 【0047】, 【0055】）, 図3, 5, 9 & US 2011/0204246 A1 & CN 102196194 A | 1-12, 14, 15, 17, 18 | Y | | 13, 16 |
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | JP 2012-146805 A（ソニー株式会社）2012.08.02, 請求項6-13, 段落【0017】-【0084】, 図4, 9, 11, 13, 14 | 1-18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y | & US 2012/0175618 A1 & CN 102593164 A & KR 10-2012-0081926 A & TW 201244069 A | 13, 16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | JP 2011-176235 A（ソニー株式会社）2011.09.08, 全文（特に請求項8, 9, 段落【0037】, 【0046】, 【0047】, 【0055】）, 図3, 5, 9 & US 2011/0204246 A1 & CN 102196194 A | 1-12, 14, 15, 17, 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y | | 13, 16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>国際調査を完了した日</p> <p>09.09.2014</p> | <p>国際調査報告の発送日</p> <p>16.09.2014</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁（ISA/J P）</p> <p>郵便番号100-8915</p> <p>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p> | <p>特許庁審査官（権限のある職員）</p> <p>柴山 将隆</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3516</p> | <table border="1"> <tr> <td>5 F</td> <td>3 0 3 5</td> </tr> </table> | 5 F | 3 0 3 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 F | 3 0 3 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 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 2012-028617 A (ソニー株式会社) 2012.02.09, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-18 |