(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 7 月 23 日(23.07.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/107777 A1

(51) 国際特許分類:
G01T 1/24 (2006.01) *H01L 27/146* (2006.01)
H01L 27/144 (2006.01) *H01L 31/08* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/081229

(22) 国際出願日: 2014 年 11 月 26 日(26.11.2014)

(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 2014-005326 2014 年 1 月 15 日(15.01.2014) JP

(71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 増田　亮一(MASUDA, Ryohichi). 片山　幹雄(KATAYAMA, Mikio). 河西　秀典(KAWANISHI, Hidenori).

(74) 代理人: 特許業務法人ＨＡＲＡＫＥＮＺＯ ＷＯＲＬＤ ＰＡＴＥＮＴ ＆ ＴＲＡＤＥＭＡＲＫ (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋２丁目北２番６号　大和南森町ビル Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, JP, 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.

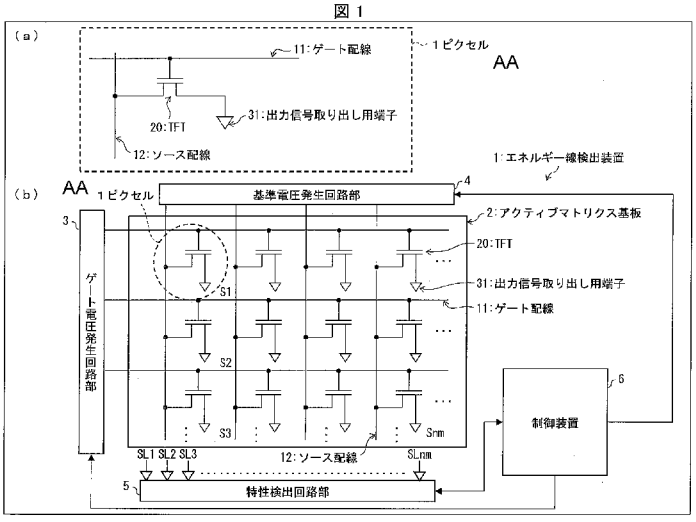
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) **Title**: ENERGY RAY DETECTOR

(54) 発明の名称 : エネルギー線検出装置

図 1



1 Energy ray detector
2 Active matrix substrate
3 Gate voltage generation circuit unit
4 Reference voltage generation circuit unit
5 Characteristic detection circuit unit
6 Control device
11 Gate wiring
12 Source wiring
31 Output signal extraction terminal
AA 1 pixel

(57) **Abstract**: Provided is an energy ray detector that is light and thin and capable of making highly reliable and fast readings. An energy ray detector (1) is provided with TFTs (20) that are disposed in a grid shape and have active layers formed from semiconductors having electrical characteristics that change according to an amount of irradiated energy rays, a characteristic detection circuit unit (5) that detects information about the energy rays from changes in the electrical characteristics of each TFT (20), and a control device (60).

(57) 要約:　軽量で薄く、高信頼性かつ高速読出し可能なエネルギー線検出装置を提供する。エネルギー線検出装置（１）は、格子状に配され、照射されたエネルギー線の量に応じて電気的特性が変化する半導体で活性層を構成したＴＦＴ（２０）と、各ＴＦＴ（２０）の電気的特性の変化から上記エネルギー線の情報を検出する、特性検出回路部（５）および制御装置（６０）と、を備えている。

WO 2015/107777 A1

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).

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 ： エネルギー線検出装置

技術分野

[0001] 本発明は、格子状に配置された半導体を備え、該半導体の電気的特性の変化によってエネルギー線の検出を行うエネルギー線検出装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、Ｘ線等のエネルギー線（放射線）を検出するエネルギー線検出器としては、大きく分けて２種類の検出器が知られている。１つは、シンチレータでエネルギー線を光に変換し、フォトダイオード等の光電変換素子で光を電気信号に変換する間接変換方式を用いたシンチレーション検出器である。もう１つは、エネルギー線を半導体層で直接電荷に変換する直接変換方式を用いた半導体検出器である。

[0003] しかしながら、シンチレーション検出器は、入射されたエネルギー線を一旦光に変換し、その後、光電子増倍管やフォトダイオード等の光電変換素子で光を電気信号に再変換して読み出す必要があり、エネルギー変換効率が悪い。また、シンチレーション検出器は、分子を励起するために必要なエネルギーが大きく、１キャリアを得るのに１００ｅＶ程度のエネルギーを必要とする。

[0004] これに対し、半導体検出器では、１対のキャリアを得るのに必要なエネルギーが数ｅＶ程度でよく、シンチレーション検出器と比較して、同じエネルギーで多くのキャリアを得ることができる。また、シンチレーション検出器のようにシンチレータ内での光学的な散乱による影響を受けないため、分解能が高い。しかも、半導体検出器は、半導体中をキャリアが伝わる速度がシンチレーション検出器に比べて速いため、タイミング特性にも優れている。

[0005] このため、近年、フラットパネル型放射線検出器には、直接変換方式を用いた半導体検出器が使用されることが多い。このようなフラットパネル型放

射検出器は、例えば、特許文献１、２に開示されている。

[0006] 直接変換方式を用いたフラットパネル型放射検出器は、略正方形のアクティブマトリクス基板と、略正方形の半導体層（半導体基板）と、バイアス電極とを備えている。

[0007] アクティブマトリクス基板には、複数のピクセルが格子状に配されている。アクティブマトリクス基板における各ピクセルは、複数のゲート配線と複数のソース配線とからなるＸＹマトリクス状の電極配線と、ＴＦＴ（Thin Film Transistor：薄膜トランジスタ）と、アクティブマトリクス基板に対して形成されたＣｓ（Charge storage：電荷蓄積容量）とを備えている。

[0008] アクティブマトリクス基板には、液晶表示装置を製造する過程で形成されるアクティブマトリクス基板を流用することが可能である。

[0009] 例えば、ＡＭＬＣＤ（Active Matrix Liquid Crystal Display：アクティブマトリクス型液晶表示装置）に用いられるアクティブマトリクス基板の各ピクセルは、ａ－Ｓｉ（アモルファスシリコン）またはｐ－Ｓｉ（ポリシリコン）で形成されたトランジスタと、ＸＹマトリクス電極と、Ｃｓとを備えている。このため、若干の設計変更を行うだけで、フラットパネル型放射線検出器用のアクティブマトリクス基板として容易に利用することができる。

[0010] 半導体層は、アクティブマトリクス基板上に、アクティブマトリクス基板と中心を同じくして形成されている。バイアス電極は、上記半導体層におけるアクティブマトリクス基板との対向面上の略全面に形成されている。

[0011] 半導体層には、Ｘ線等の放射線を照射することにより電荷が発生する光導電性を示す物質が用いられる。ここで、光導電性とは、Ｘ線等の照射により電荷を発生する性質を言う。

[0012] 例えば、特許文献１では、半導体層に、暗抵抗が高く、Ｘ線照射に対して良好な光導電性を示し、蒸着により大面積の成膜が容易なａ－Ｓｅ（アモルファスセレニウム）が用いられている。また、特許文献２では、半導体層に、結晶（もしくは多結晶）材料で、かつＸ線に対する感度（Ｓ／Ｎ比）が優れた光導電膜材料であるテルル化カドミウムが用いられている。

[0013] ここで、半導体検出器を用いた従来のフラットパネル型放射線検出器の機能について説明する。

[0014] ａ－Ｓｅ膜等の半導体層に、Ｘ線等の放射線が照射されると、該半導体層内に電荷が発生する。ここでバイアス電極に電圧を印加しておくと、半導体層内で発生した電荷が、それぞれ正（＋）電位側と負（－）電位側とに移動する。その結果、アクティブマトリクス基板に形成されているＣｓに電荷が蓄積される。

[0015] このように、Ｃｓに蓄積された電荷は、ゲート配線からの入力信号によりトランジスタをオン状態にすることで、ソース配線を通じて外部に取り出すことが可能である。

[0016] また、ゲート電極線配線とソース配線とからなる電極配線、トランジスタ、Ｃｓ等は、全て、アクティブマトリクス基板上に、ＸＹマトリクス状に設けられている。

[0017] したがって、各ゲート配線について入力信号を順次に走査することにより、各ＴＦＴをオン状態にして、各Ｃｓに蓄積された画像情報としての電荷を、各ソース配線を通じて外部に取り出して、二次元的にＸ線の画像情報を得ることが可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0018] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開２００２－０４０１４５号公報（２００２年２月６日公開）」

特許文献2：日本国公開特許公報「特開２００７－１７３８６１号公報（２００７年７月５日公開）」

特許文献3：日本国公開特許公報「特開２０１３－００３０９４号公報（２０１３年１月７日公開）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0019] このように、半導体検出器は、シンチレーション検出器と比べて前述した利点を有し、フラットパネル型放射線検出器として使用される。

[0020] しかしながら、その一方で、半導体検出器は、放射線を吸収し、検出するためには、半導体層の十分な層厚を確保する必要があるという欠点を有している。

[0021] 例えば、上述したフラットパネル型放射検出器では、Ｘ線の吸収効率を向上させるために、数百μｍ～１ｍｍ程度の厚さの半導体層が形成される。

[0022] 特許文献１あるいは特許文献２のように、半導体材料の中で吸収係数が大きいａ－Ｓｅもしくはテルル化カドミウムを半導体層に使用したとしても、半導体層の厚さを薄くすることはできない。例えば、特許文献２のように半導体層としてテルル化カドミウムを採用した場合でも、その層厚は、１００μｍ～１ｍｍの範囲内である。

[0023] アクティブマトリスク基板との対向面側にバイアス電極が設けられた半導体層とアクティブマトリスク基板との貼り合わせは、絶縁層樹脂を介して行われる。

[0024] このため、半導体検出器をフラットパネル型放射検出器に使用すると、アクティブマトリクス基板上に形成される絶縁性樹脂の厚さが、アクティブマトリクス基板上において半導体層が形成されている領域と、その周辺の、半導体層が形成されていない領域とで、異なってしまう。すなわち、半導体層が形成されていない領域に形成される絶縁性樹脂の厚さは、半導体層が形成されている領域に形成される絶縁性樹脂の厚さに比べて、半導体層の厚さ分だけ厚くなる。

[0025] 絶縁性樹脂として用いられる光硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、２液硬化性樹脂等の樹脂材料は、硬化反応に伴い、５～１０％程度の体積収縮を伴う。例えば、半導体層の厚さが１ｍｍの場合、半導体層が形成されている領域と、その周辺の領域とでは、絶縁性樹脂の厚さに、１ｍｍの差が生じる。したがって、この場合、半導体層が形成されている領域と、その周辺の領域とでは、絶縁性樹脂の厚さ方向の硬化収縮量の差は、５０～１００μｍ程度にもな

る。

[0026] このように、アクティブマトリクス基板上において半導体層が形成されている領域と、その周辺の領域とで絶縁性樹脂に厚さ方向の硬化収縮量の差が生じると、絶縁性樹脂における、下層に半導体層が形成されている領域と形成されていない領域との境目近傍で、大きな内部応力が蓄積されてしまう。

[0027] 前述したように、半導体層は、アクティブマトリクス基板上に、アクティブマトリクス基板と中心を同じくして形成されている。したがって、内部応力は、アクティブマトリクス基板周縁部における、絶縁性樹脂に蓄積される。

[0028] この結果、従来のフラットパネル型放射検出器は、アクティブマトリクス基板周縁部で、絶縁性樹脂に蓄積された内部応力によるアクティブマトリクス基板の反りが生じ、衝撃に対するフラットパネル型放射検出器の耐性が劣化する等、信頼性に欠けるという問題点を有している。

[0029] なお、特許文献３には、医療、核関連、および他の産業分野の作業要員が使用する個人用の放射線量計として、金属酸化物半導体電界効果型トランジスタ（ＭＯＳＦＥＴ）を有する放射線集積回路からなるＭＯＳＦＥＴ放射線量計が開示されている。

[0030] ＭＯＳＦＥＴ放射線量計は、一般に放射線電界効果型トランジスタ（ＲＡＤＦＥＴ）として知られており、特許文献３では、放射線によって生じたＲＡＤＦＥＴの閾値電圧のシフトを測定することにより放射線量を測定する。

[0031] 放射線量計に、特許文献３に記載のＲＡＤＦＥＴを使用すれば、特許文献１、２のように、放射線を検出するために、アクティブマトリクス基板上に、絶縁性樹脂を介して、厚みが大きい半導体層（半導体基板）を貼り合わせる必要がなく、上述した問題は生じない。

[0032] しかしながら、特許文献３によれば、閾値電圧を測定するために、１対のＲＡＤＦＥＴに対し、ＲＡＤＦＥＴ毎に接続する負荷を必要とする。

[0033] このため、放射線検出素子をマトリクス状に配置するフラットパネル型放射線検出器に、特許文献３に記載の放射線集積回路を使用すると、放射線の

測定に使用される素子数が多くなり、放射線検出器自体が大きくなるという別の問題が発生する。

[0034] また、半導体検出器を用いた従来のフラットパネル型放射検出器は、半導体層に放射線を照射することで半導体層内に発生した電荷をＣｓに蓄積し、蓄積した電荷を、各ソース配線を通じて外部に取り出すことで放射線を検出する。このため、半導体層に長時間放射線を照射してＣｓを十分に充電してからでないと情報を読み出すことができない。したがって、情報を高速読み出しすることができない。

[0035] 本発明は、上記問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、軽量で薄く、高信頼性かつ高速読出し可能なエネルギー線検出装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0036] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係るエネルギー線検出装置は、格子状に配され、照射されたエネルギー線の量に応じて電気的特性が変化する半導体と、各半導体の電気的特性の変化から上記エネルギー線の情報を検出する検出部と、を備えている。

発明の効果

[0037] 本発明の一態様によれば、格子状に配され、照射されたエネルギー線の量に応じて電気的特性が変化する半導体の電気的特性の変化からエネルギー線の情報を検出する。このため、特許文献１、２のように半導体膜に放射線（エネルギー線）を照射することで半導体膜内に発生した電荷を電荷蓄積容量に蓄積し、蓄積した電荷を取り出すことで放射線を検出する場合のように半導体の膜厚を大きくする必要がなく、半導体、ひいては装置全体の厚みを薄くすることができる。

[0038] また、このように半導体の厚みを薄くすることができるので、半導体層が形成されている領域とそうでない領域との境目近傍で硬化収縮量の厚さの差から大きな内部応力が蓄積されることにより、反りや衝撃に対する耐性の劣化等、信頼性が欠けるという問題を招来することがない。

[0039] さらに、特許文献１、２のように半導体膜に放射線を照射することで半導体膜内に発生した電荷を電荷蓄積容量に蓄積し、蓄積した電荷を取り出すことで放射線を検出する場合、長時間放射線を照射して電荷蓄積容量を十分に充電してからでないと情報を読み出すことができない。しかしながら、本発明の一態様に係るエネルギー線検出装置は、このような充電時間を必要としないことから、情報の高速読み出しが可能である。

[0040] また、本発明の一態様に係るエネルギー線検出装置は、特許文献３のように、放射線の検出に、１対の放射線電界効果型トランジスタとトランジスタ毎に接続する負荷を必要としない。本発明の一態様に係るエネルギー線検出装置は、格子状に配されたそれぞれの半導体がエネルギー線検出素子として機能する。このため、エネルギー検出素子が格子状に配置された、小型で軽量のエネルギー線検出装置を実現することができる。

[0041] したがって、本発明の一態様によれば、軽量で薄く、高信頼性かつ高速読出し可能なエネルギー線検出装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0042] [図1]（ａ）は、実施形態１に係るエネルギー線検出装置における、１ピクセル当たりの基本的な回路構成を示す回路図であり、（ｂ）は、実施形態１に係るエネルギー線検出装置の概略構成の一例を示すブロック図である。

[図2]実施形態１に係るトランジスタに、放射線を照射したときの該トランジスタの閾値電圧のシフト量と放射線検出量との関係の一例を示すグラフである。

[図3]特性変動の測定に用いた、実施形態１に係るトランジスタの回路構成を示す図である。

[図4]図３に示すトランジスタのゲート－ソース間電圧を可変としたときのドレイン－ソース間電圧とドレイン電流との関係を示すグラフである。

[図5]図３に示すトランジスタに放射線を照射したときの該トランジスタの電気的特性の一例を示すグラフである。

[図6]実施形態１に係るエネルギー線検出装置における、特性検出回路部およ

び制御装置の概略構成を示すブロック図である。

[図7]実施形態１に係るエネルギー線検出装置の要部の概略構成を示す断面図である。

[図8]実施形態１において半導体素子としてダイオードを用いたエネルギー線検出装置の概略構成の一例を示すブロック図である。

[図9]（ａ）は、実施形態２に係るエネルギー線検出装置における、１ピクセル当たりの基本的な回路構成を示す回路図であり、（ｂ）は、実施形態２に係るエネルギー線検出装置の概略構成の一例を示すブロック図である。

[図10]（ａ）は、実施形態３に係るエネルギー線検出装置における、１ピクセル当たりの基本的な回路構成を示す回路図であり、（ｂ）は、実施形態３に係るエネルギー線検出装置の概略構成の一例を示すブロック図である。

[図11]（ａ）は、実施形態４の例１に係るエネルギー線検出装置における要部の概略構成を示す平面図であり、（ｂ）は、（ａ）に示すアクティブマトリクス基板のＡ－Ａ線矢視断面図である。

[図12]実施形態４の例２に係るエネルギー線検出装置の要部の概略構成を示す断面図である。

[図13]実施形態５に係る医療用Ｘ線一般撮影装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[図14]実施形態５に係る医療用ＣＴ装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[図15]実施形態５に係る産業用ＣＴ装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[図16]実施形態５に係るマンモグラフィの概略構成の一例を示す模式図である。

[図17]実施形態５に係る荷物検査装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[図18]実施形態５に係る非破壊検査装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[図19]実施形態５に係る線量計の概略構成の一例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0043] 以下、本発明の実施形態について、詳細に説明する。

[0044] ＜実施形態概要＞

本発明の各実施形態に係るエネルギー線検出装置は、格子状に配置された半導体を備え、該半導体の電気的特性の変化によってエネルギー線の検出を行うエネルギー線検出装置（エネルギー線半導体検出装置）である。

[0045] 以下の各実施形態に係るエネルギー線検出装置は、半導体の電気的特性がエネルギー線量によって変化することを用いてエネルギー線を検出する。具体的には、上記エネルギー線検出装置は、フラットパネル型エネルギー線検出装置であり、格子状に配置された半導体に照射されたエネルギー線によって変化する、該半導体の電気的特性の変化を検出することで、例えば、上記エネルギー線（つまり、照射されたエネルギー線）の有無あるいは上記エネルギー線の量といった、上記エネルギー線の情報を検出する。

[0046] エネルギー線としては、例えば、放射線が挙げられる。放射線の種類は特に限定されるものではなく、例えば、Ｘ線、γ線等の電波放射線であってもよく、α線、β線、電子線、陽子線、重陽子線等の荷電粒子線であってもよく、中性子線等の非荷電粒子線であってもよい。

[0047] 但し、上記エネルギー線としては、放射線に限定されるものではなく、所定の電磁波等、放射線以外のエネルギー線であってもよく、放射線等から構成されるエネルギー線であってもよい。

[0048] 使用する半導体が、放射線だけでなく、例えば可視光または赤外光に対しても同様の特性変化を示す場合、上記エネルギー線検出装置を、可視光または赤外光の二次元画像検出器として用いることもできる。

[0049] ＜エネルギー線の測定原理＞

まず、本発明の各実施形態に係るエネルギー線検出装置によるエネルギー線の測定原理について図２～図５を参照して以下に説明する。

[0050] 上述したように半導体で活性層を構成したトランジスタにエネルギー線を

照射すると、エネルギー線が照射されたトランジスタの電気的特性が変化する。特に、酸化物半導体で活性層を構成したトランジスタにおいては、エネルギー線の照射量に応じて電気的特性が大きく変化する。

[0051] 図２は、半導体で活性層を構成したトランジスタに、放射線として例えばＸ線を照射したときの該トランジスタの閾値電圧のシフト量と放射線検出量との関係の一例を示すグラフである。

[0052] 図２に示すように、半導体で活性層を構成したトランジスタに放射線を照射すると、照射された放射線量に応じて、トランジスタの閾値電圧のシフト（遷移）量が線形に変化する。例えば、トランジスタとして、活性層にＳｉを使用したＭＯＳＦＥＴ（metal-oxide-semiconductor filed-effect transistor）を使用した場合、ｎ型トランジスタ（ｎチャンネルトランジスタ）において閾値電圧は負方向、ｐ型トランジスタ（ｐチャンネルトランジスタ）において閾値電圧は正方向に、放射線の照射量に応じて遷移する。

[0053] 上述したように、トランジスタの閾値電圧は、照射された放射線量が高いほど遷移量が大きい。したがって、この閾値電圧の変化量（遷移量）を測定することで、放射線量を検出することができる。

[0054] また、上記性質を利用し、放射線を照射しないときはトランジスタがオフの状態になり、放射線を照射しているときには、閾値のシフトによりトランジスタがオンの状態となるようにゲート電極に印加する電圧を調整し、トランジスタの出力値をモニタリングすることによって、放射線を検出することも可能である。

[0055] また、放射線が多く照射された領域に配置されているトランジスタは、閾値電圧の遷移が大きくなり、放射線量が少ない箇所においては閾値電圧の遷移が小さくなるとともに、上述したように、遷移量は、放射線の照射量に応じて線形に変化する。したがって、トランジスタを格子状に配列し、各トランジスタの閾値電圧の遷移量からそれぞれのトランジスタに照射された放射線量を検出することで、照射された放射線のエネルギー分布を検出することができる。

[0056] しかしながら、トランジスタの閾値電圧を直接測定することは容易ではない。

[0057] このため、以下では、トランジスタの閾値電圧の変動によるトランジスタの特性変動を電気的に測定し、測定によって得られた値と放射線量との関係から放射線量を特定する場合を例に挙げて説明する。

[0058] なお、勿論、図２に示したように、トランジスタの閾値電圧から放射線を検出してもよく、本発明の各実施形態は、トランジスタの閾値電圧から放射線を検出する場合を否定するものではない。

[0059] 閾値電圧の変動によるトランジスタの特性変動を電気的に測定するのに都合が良いのは、例えば、トランジスタに流れる電流（ドレイン電流）を測定することである。

[0060] 図３に、トランジスタの特性変動の測定に用いた、実施形態１等の、後述する実施形態に係るトランジスタの回路構成を示す。なお、以下では、トランジスタとして、半導体で活性層を構成した、ｎ型のトランジスタを用いた場合を例に挙げて説明する。

[0061] 図３中、Ｇ、Ｄ、Ｓは、順に、ゲート電極、ドレイン電極、ソース電極を示し、ソース電極Ｓは、ＧＮＤ（グランド）に接続している。

[0062] また、図４は、図３に示すトランジスタのゲート－ソース間電圧V_{GS}を可変（パラメータ）としたときのドレイン－ソース間電圧V_{DS}とドレイン電流I_Dとの関係を示すグラフである。図３に示すようにドレイン－ソース間電圧V_{DS}に対して、ゲート－ソース間電圧V_{GS}に応じたドレイン電流I_Dがドレイン電極Ｄに流れる。図４に示すように、ドレイン電流I_Dは、ゲート－ソース間電圧V_{GS}が大きいほど大きくなる。

[0063] また、図４に示すように、ドレイン－ソース間電圧V_{DS}を増加させると、最初、ドレイン電流I_Dは増加するが、やがて殆ど一定になる。このため、トランジスタの作動領域には、ドレイン－ソース間電圧V_{DS}が低く、ドレイン－ソース間電圧V_{DS}の変化に応じてドレイン電流I_Dが線形に変化する非飽和領域（線形領域）と、ドレイン－ソース間電圧V_{DS}が変化してもドレイン電

流I_Dが殆ど変化しない飽和領域とが存在する。

[0064] 後述する実施形態では、上述したように、複数のトランジスタを格子状に配列し、各トランジスタの閾値電圧の遷移量からそれぞれのトランジスタに照射された放射線量を検出する。このため、各トランジスタにおけるドレイン－ソース間電圧V_{DS}の差（ばらつき）により、ドレイン電流I_Dの変化が少ないように、飽和領域の範囲内において、ドレイン－ソース間電圧V_{DS}を設定する。

[0065] 図５は、図３に示すトランジスタに放射線として例えばＸ線を照射したときの該トランジスタの電気的特性の一例を示すグラフである。図５中、横軸はゲート電圧Ｖｇを示し、縦軸はトランジスタのドレイン電流I_Dを示している。

[0066] 図３に示すトランジスタに放射線を照射すると、トランジスタの閾値電圧がマイナス側に遷移するため、トランジスタに流れる電流（ドレイン電流I_D）が増加する。なお、ｐ型のトランジスタを用いた場合には、図３に示すｎ型のトランジスタを用いた場合とは逆に、トランジスタに流れる電流（ドレイン電流）が減少する。

[0067] 図５において、点線で示すように、Ｘ線照射前（つまり、放射線を照射していない場合）には、ゲート電圧が５Ｖのとき、トランジスタがオン状態の電流（オン電流）が、5×10^{-8}Ａ程度流れている。

[0068] 一方、Ｘ線照射後（つまり、放射線が照射された場合）には、図５に実線で示すように、オン電流が増加し、8×10^{-7}Ａ程度になる。

[0069] したがって、このようにトランジスタに流れる電流の増加割合を測定すれば、放射線の照射の有無が判る。また、トランジスタに流れる電流の増加割合と放射線量との関係から、トランジスタに流れる電流の増加割合に対応する放射線量を、演算により求めることができる。

[0070] また、オフしているトランジスタに、放射線により電流が流れ始めることを利用することもできる。

[0071] 図５に示す例では、点線で示すようにＸ線照射前には、ゲート電圧が－２

Ｖのとき、ドレイン電流はほぼ０Ａ（１×１０$^{-12}$Ａ以下）だが、実線で示すようにＸ線が照射された場合、１×１０$^{-8}$Ａのドレイン電流が流れる。これにより、放射線の有無を検出することができる。

[0072] 以下の実施形態では、上記半導体がトランジスタ（半導体素子）を構成しており、エネルギー線検出装置が、格子状に配列された、活性層を有しているトランジスタを備え、該トランジスタの特性変化により、放射線の情報を検出する場合を例に挙げて説明する。

[0073] なお、以下の各実施形態において、半導体とは、ｎ型、ｐ型等の１種類の不純物で構成された部分を示し、半導体素子とは、トランジスタ、ダイオード、コンデンサ等のように、半導体を組み合わせて作成したものを示す。

[0074] 〔実施形態１〕

本発明の一実施形態について、図１の（ａ）・（ｂ）～図８に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

[0075] ＜エネルギー線検出装置１の概略構成＞

まず、図５に示すゲート電圧－ドレイン電流特性を有する、図３に示すトランジスタとして、ＴＦＴを用いた、本実施形態に係るエネルギー線検出装置の概略構成の一例について説明する。

[0076] 図１の（ａ）は、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１における、１ピクセル当たりの基本的な回路構成を示す回路図であり、図１の（ｂ）は、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１の概略構成の一例を示すブロック図である。

[0077] 図１の（ｂ）に示すように、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１は、アクティブマトリクス基板２と、駆動回路としてのゲート電圧発生回路部３および基準電圧発生回路部４と、特性検出回路部５と、制御装置６と、を備えている。

[0078] 以下に、各構成要素について詳細に説明する。

[0079] （アクティブマトリクス基板２）

本実施形態に係るエネルギー線検出装置１は、図１の（ｂ）に示すように

、該アクティブマトリクス基板２に格子状に配列された、複数（ｎ×ｍ個）のピクセルＳ１～Ｓｎｍ（ｎおよびｍはそれぞれ１以上の任意の整数を示す）を備えている。なお、以下、これらピクセルＳ１～Ｓｎｍを総称して、ピクセルＳｘと称する。アクティブマトリクス基板２は、例えば略正方形状に形成されている。

[0080] 図１の（ｂ）に示すように、各ピクセルＳｘは、複数（ｎ本）のゲート配線１１（走査配線）と複数（ｍ本）のソース配線１２（センサ行選択線）とからなるＸＹマトリクス状の電極配線と、ＴＦＴ２０と、出力信号取り出し用端子３１とを備えている。ＴＦＴ２０は、図５に示すゲート電圧―ドレイン電流特性を有するトランジスタである。ＴＦＴ２０は、放射線検出素子として機能し、ＴＦＴ２０の活性層は、放射線検出層として機能する。したがって、アクティブマトリクス基板２における各ピクセルＳｘは、放射線検出部として機能する。なお、ＴＦＴ２０の構成、すなわち、本実施形態で用いられるトランジスタの構成については、後で詳述する。

[0081] ゲート配線１１とソース配線１２とは、図１の（ｂ）に示すように互いに格子状に配されており、これらゲート配線１１とソース配線１２との組み合わせ毎に、各ピクセルＳｘが設けられている。したがって、アクティブマトリクス基板２には、ＴＦＴ２０が、格子状に配置されている。

[0082] 図１の（ａ）に示すように、各ピクセルＳｘにおけるＴＦＴ２０のゲート電極Ｇ（図３参照）は、対応するピクセルＳｘにおけるゲート配線１１に接続されている。また、各ピクセルＳｘにおけるＴＦＴ２０のソース電極Ｓ（図３参照）およびドレイン電極Ｄ（図３参照）のうち一方の電極は、対応するピクセルＳｘにおけるソース配線１２に接続されている。また、各ピクセルＳｘにおけるＴＦＴ２０のソース電極ＳおよびドレインＤのうち他方の電極は、ピクセルＳｘ毎に設けられた出力信号取り出し用端子３１に接続されており、該出力信号取り出し用端子３１を介して、特性検出回路部５の信号配線ＳＬ１～ＳＬｎｍに接続されている。

[0083] 各ゲート配線１１は、それぞれ行方向（図１の（ａ）・（ｂ）中、左右方

向）に延設されており、それぞれゲート電圧発生回路部３の出力に接続されている。また、各ソース配線１２は、それぞれ列方向（図１の（ａ）・（ｂ）中、上下方向）に延設されており、それぞれ基準電圧発生回路部４の出力に接続されている。

[0084] （ゲート電圧発生回路部３および基準電圧発生回路部４）

ゲート電圧発生回路部３は、例えば、ゲート配線１１の延設方向の一方側に設けられている。また、基準電圧発生回路部４は、例えば、ソース配線１２の延設方向の一方側に設けられている。

[0085] ゲート電圧発生回路部３は、ＴＦＴ２０のゲート電圧を与える回路であり、各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０を動作させるためのゲート電圧をゲート配線１１に与える。ゲート電圧発生回路部３は、ＴＦＴ２０がＯＮ（オン）またはＯＦＦ（オフ）する電圧をゲート配線１１に与えることで、ＴＦＴ２０のＯＮ（オン）と、ＯＦＦ（オフ）とを切り替える。ゲート電圧発生回路部３は、制御装置６からの制御信号に基づいて、ゲート電圧の印加タイミングを制御する。

[0086] 基準電圧発生回路部４は、ソース配線１２に、基準電圧として一定電圧（図５に示す特性を測定したときのソース電圧）を与える。

[0087] 各ピクセルＳｘにおいて、ソース配線１２に基準電圧が印加され、ゲート配線１１にＴＦＴ２０がオンする電圧が印加されたピクセルＳｘは、出力信号取り出し用端子３１に電流が流れる。これにより、任意のピクセルＳｘにのみ電流を流すことができるため、ＴＦＴ２０の電流を、全てのピクセルＳｘで一度に測定することも、任意のピクセルＳｘのみで測定することもできる。

[0088] （特性検出回路部５）

本実施形態に係る特性検出回路部５は、ドレイン電流検出回路部であり、ＴＦＴ２０の特性として、ＴＦＴ２０に流れる電流（ドレイン電流）を検出する。

[0089] 図６は、特性検出回路部５および制御装置６の概略構成を示すブロック図

である。

[0090] 本実施形態に係る特性検出回路部５は、図６に示すように、信号配線ＳＬ１～ＳＬｎｍと、ドレイン電流を電圧信号に変換する電流－電圧変換回路４１と、アナログ信号をデジタル信号に変換するＡ／Ｄ変換器４２（アナログ－デジタル変換器）とを備えている。

[0091] 各ＴＦＴ２０に接続された出力信号取り出し用端子３１は、電流－電圧変換回路４１に接続された各信号配線ＳＬ１～ＳＬｎｍを介して、電流－電圧変換回路４１に接続されている。また、電流－電圧変換回路４１の出力側には、Ａ／Ｄ変換器４２が接続されている。

[0092] なお、電流－電圧変換回路４１の出力側には、電流－電圧変換回路４１から出力された電圧信号の振幅レベルを、Ａ／Ｄ変換器４２によって変換できるレベルに調整するレベル調整器（図示せず）が設けられ、該レベル調整器を介してＡ／Ｄ変換器４２に接続されていてもよい。

[0093] 各ＴＦＴ２０に流れる電流は、電流－電圧変換回路４１に入力され、該電流－電圧変換回路４１で電圧に変換された後、Ａ／Ｄ変換器４２でデジタル信号に変換されて制御装置６に送られる。

[0094] （制御装置６）

特性検出回路部５および制御装置６は、半導体の電気的特性としてＴＦＴ２０の電気的特性の変化を検出することで該半導体に照射された放射線の情報を検出する検出部として機能する。

[0095] 本実施形態に係る制御装置６は、図６に示すように、記憶部５０と、制御部６０とを備えている。まず、記憶部５０について説明する。

[0096] 記憶部５０は、図６に示すように、第１記憶部５１と第２記憶部５２とを有している。

[0097] 第１記憶部５１には、放射線が無い状態で基準電圧発生回路部４から各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０に流れる電流により特性検出回路部５で作成されたデジタル値が記憶される。

[0098] また、第２記憶部５２には、予め測定した、ＴＦＴ２０の電気的特性の変

化量とエネルギー線量との関係が記憶されている。

[0099] 第２記憶部５２には、例えば、ＴＦＴ２０の電気的特性の変化量から該変化量に対応するエネルギー線量を算出する関係式が記憶されていてもよく、ＴＦＴ２０の電気的特性の変化量から該変化量に対応するエネルギー線量を導出するためのＬＵＴ（ルックアップテーブル、変換テーブル）が記憶（格納）されていてもよい。

[0100] 第１記憶部５１には、例えば、フラッシュメモリ等の、書き換え可能な不揮発性のメモリが用いられる。また、第２記憶部５２には、例えば、電源を切ってもデータが保持され続ける、半導体メモリであるＥＥＰＲＯＭ（登録商標）等が用いられる。

[0101] 次に、制御部６０について説明する。

[0102] 制御部６０は、マイクロプロセッサや、ＤＳＰ（Digital Signal Processor：デジタルシグナルプロセッサ）等のプロセッサを備えている。

[0103] 制御部６０は、基準電圧発生回路部４およびゲート電圧発生回路部３に制御信号を出力するタイミング制御部を備え、制御信号により、上記（アクティブマトリクス基板２）の項で説明したように、所定の動作の間、行および列に配置された複数のＴＦＴ２０それぞれに対して、電流測定のタイミングを制御することができる。なお、このタイミング制御を行う例については後述するとして、先に、制御部６０でのエネルギー線検出について説明する。

[0104] 制御部６０は、特性検出回路部５でデジタル信号に変換されたＴＦＴ２０の電圧値からエネルギー線量を算出するエネルギー線検出処理部６１を備えている。

[0105] エネルギー線検出処理部６１は、変化量算出と放射線量算出とを行う。

[0106] 変化量算出では、放射線量に応じて各ＴＦＴ２０に生じた電気的特性の変化量を算出する。

[0107] 放射線照射後に各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０に流れる電流値は、特性検出回路部５で処理された後、エネルギー線検出処理部６１にて、第１記憶部５１に記憶された値と比較される。

[0108] ＴＦＴ２０に放射線が照射されると、放射線が照射されたＴＦＴ２０の電流が増加する。このため、変化量算出では、この増加した電流の値を、第１記憶部５１に記憶された、放射線が無い状態でピクセルＳｘのＴＦＴ２０に流れる電流の値と比較することにより、放射線によるＴＦＴ２０の電気的特性の変化量を検出している。

[0109] 放射線量算出は、第２記憶部５２に記憶された、ＴＦＴ２０の電気的特性の変化量とエネルギー線量との関係と、変化量算出で算出した各ＴＦＴ２０の電気的特性の変化量とを比較することにより、変化量算出で検出した各ＴＦＴ２０の電気的特性の変化量に対応する放射線量（エネルギー線量）を検出する。

[0110] なお、検出は、関係式による演算により行われてもよく、ＬＵＴを用いて行われても構わない。また、第２記憶部５２にＬＵＴが記憶されている場合、ＬＵＴに含まれない特性変化量に対しては、ＬＵＴで得られるエネルギー線量から補間演算されてエネルギー線量が決定されてもよい。また、一定範囲の特性変化量に対して一定範囲のエネルギー線量が対応付けられていてもよい。

[0111] （放射線量の分布の検出方法）

以下に、本実施形態の応用例として放射線量の分布を検出する方法を示す。

[0112] 図１の（ｂ）に示す各ピクセルＳｘにおけるＴＦＴ２０の電流を測定する場合、全てのピクセルＳｘでＴＦＴ２０の電流を同時に測定することもできるし、時分割で順次測定することもできる。

[0113] 全てのピクセルＳｘにおけるＴＦＴ２０の電流を同時に測定する場合には、制御部６０からの制御信号により、基準電圧発生回路部４とゲート電圧発生回路部３とを制御して、全ソース配線１２に基準電圧を与えると共に、全ゲート配線１１にトランジスタがオンする電圧を与える。このように制御することにより、全てのピクセルＳｘに流れる電流を測定することができる。このため、上述したように、放射線の照射前後での電流値の増加を測定する

ことにより、全てのピクセルＳｘに照射された放射線量を測定することができる。なお、各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０の出力信号取り出し用端子３１が独立して特性検出回路部５に接続されていることから、ピクセルＳｘ毎の放射線量の検出が可能である。

[0114] 次に、全てのピクセルＳｘにおけるＴＦＴ２０の電流を時分割で順次測定する例として、１個のピクセルＳｘ毎に順次測定を行う場合について説明する。

[0115] 図１の（ｂ）に示すピクセルＳ１のＴＦＴ２０の電流を測定する場合、まず、制御部６０からの制御信号により、基準電圧発生回路部４とゲート電圧発生回路部３とを制御して、ピクセルＳ１に繋がるソース配線１２のみに基準電圧を与えると共に、ピクセルＳ１に繋がるゲート配線１１にのみトランジスタがオンする電圧を与える。このように制御することにより、ピクセルＳ１にのみ流れる電流を測定することができる。このため、上述したように、放射線の照射前後での電流値の増加を測定することにより、ピクセルＳ１に照射された放射線量を測定することができる。同様にして、ピクセルＳｎｍまでの全てのピクセルＳｘの放射線量を測定することにより、アクティブマトリクス基板２上に照射される放射線の分布を検出することができる。

[0116] このように、二次元的な放射線の線量分布（エネルギー分布）を測定することにより、被写体を透過した透過画像に画像処理で再構成する元となる、各ピクセルＳｘの放射線量値とを得ることが可能になる。得られた放射線量値は、表示モニタ等の表示パネルに表示させることで、視覚化することができる。

[0117] なお、図１の（ｂ）では、各ピクセルＳｘの出力信号取り出し用端子３１は、それぞれ独立して特性検出回路部５の信号配線ＳＬ１～ＳＬｎｍに繋がる構成としている。しかしながら、各ピクセルＳｘを個別に順次測定する場合には、各ピクセルＳｘの出力信号取り出し用端子３１をそれぞれ独立して設ける必要はない。制御部６０からの信号で、どのピクセルＳｘの電流を測定しているか確認できるので、各ピクセルＳｘの出力信号取り出し用端子３

１を一つにして特性検出回路部５に接続しても電流の測定は可能である。

[0118] しかしながら、例えば、エネルギー線検出装置１のピクセルサイズを５０μｍで作成した場合、あるアプリケーションでは、２００μｍの分解能しか必要ではない場合、５０μｕｍのセルをサブピクセルとして扱い、４つのサブピクセルを纏めたものを１ピクセルとして取り扱うことも可能である。制御信号により２本のソース配線と２本のゲート配線とを選択してトランジスタがオンするようにすれば、４つのサブピクセルを１ピクセルとして取り扱うことができる。

[0119] すなわち、本実施形態では、各ピクセルＳｘに配置された各ＴＦＴ２０の電気的特性を検出するが、検出そのものは、必ずしもピクセルＳｘ毎に行われる必要はなく、予め設定した単位領域毎に行われてもよい。この場合、単位領域は、１ピクセルであってもよく、複数ピクセルであってもよい。この場合、各ピクセルＳｘの出力信号取り出し用端子３１は、独立して特性検出回路部５に繋がる必要がある。

[0120] 上記のように、各ピクセルＳｘを個別に順次測定する場合以外は、出力信号取り出し用端子３１は、独立して特性検出回路部５に繋がる必要がある。このため、本実施形態では図１の（ｂ）に示すように、出力信号取り出し用端子３１が独立して特性検出回路部５に繋がる図を用いて説明した。

[0121] （トランジスタの構成）

次に、本実施形態で用いられるトランジスタの構成について説明する。

[0122] 本実施形態において放射線検出層を形成するトランジスタの活性層は、トランジスタの電気的特性とエネルギー線量とに一定の相関関係が得られるものであればよいが、そのなかでも、上述したように、放射線量に応じて、トランジスタの電気的特性が、エネルギー線量に応じて電気的特性が線形に変化する半導体であることが好ましい。

[0123] トランジスタの電気的特性とエネルギー線量とが一定の相関関係を有することで、トランジスタの電気的特性の変化量からエネルギー線量を求めることが可能になる。しかしながら、トランジスタの電気的特性が、エネルギー

線量に応じて電気的特性が線形に変化することで、エネルギー線量の検出を容易に行うことができる。

[0124] したがって、本実施形態に係るトランジスタの活性層を構成する半導体は、放射線照射により、トランジスタの電気的特性（例えば、閾値電圧、オン電流、オフ電流）が線形的に変化するような材料が好適であり、放射線照射により、トランジスタの電気的特性（例えば、閾値電圧、オン電流、オフ電流）が線形的に変化するような酸化物半導体がより好適である。

[0125] 前述したように、酸化物半導体で活性層を構成したトランジスタにおいては、エネルギー線の照射量に応じて電気的特性が大きく変化する。

[0126] 例えば、酸化物半導体のバンドギャップは、該酸化物半導体が例えばＩｎ－Ｚｎ－Ｇａ－Ｏ系酸化物の場合、２．８～３．３ｅＶである。可視光や紫外光等、光子のエネルギーがバンドギャップエネルギーの数倍程度までの範囲においては、電子－正孔対が発生した後に、エネルギーは熱エネルギー等に変わって失われてしまう。

[0127] しかしながら、バンドギャップエネルギーの数千倍から数万倍のエネルギーを持った放射線が活性層に照射されると、光誘起キャリア（電子－正孔対）が、半導体や酸化物半導体等で活性層を構成したトランジスタ内で連鎖的に発生する。

[0128] また、酸化物半導体はリーク電流が極めて少ないことから、一旦照射された放射線量を、外部からデータ保持用の電圧を印加せずに、情報として、トランジスタに長期間保持することも可能となる。このため、酸化物半導体を用いたエネルギー線検出装置１は、例えばモニタリング用途等に特に好適に用いることができる。

[0129] このため、トランジスタの活性層を構成する半導体としては、酸化物半導体が好適である。なお、好ましい半導体材料の例としては、例えば、Ｉｎ－Ｚｎ－Ｇａ－Ｏ系酸化物、Ｉｎ－Ｚｎ－Ｇａ－Ｍｇ－Ｏ系酸化物、Ｉｎ－Ｚｎ－Ｏ系酸化物、Ｉｎ－Ｓｎ－系酸化物、Ｉｎ－Ｏ系酸化物、Ｉｎ－Ｇａ－Ｏ系酸化物、Ｓｎ－Ｉｎ－Ｚｎ－Ｏ系酸化物のうちの少なくとも一つを含む

非晶質酸化物を有している酸化物半導体が挙げられる。

[0130] 但し、本実施形態においてトランジスタの活性層に用いられる半導体としては、酸化物半導体に限定されず、導電性が半導体を示す材料であればよい。このような半導体における酸化物半導体以外に好ましい例としては、例えば、Ｓｉ、Ｇａ、ＧａＡｓ、ＧａＮ、ＧａＰ、ＳｉＣ、グラフェン、硫化モリブデン等が挙げられる。

[0131] また、酸化物半導体を含め、本実施形態で用いられる半導体の結晶構造は、非単結晶に限定されず、単結晶でもよく、非単結晶においては非晶質もしくは多結晶でもよい。また、非晶質中に結晶性を有する部分を含む構造もしくは非晶質構造でもよい。また、低分子系および高分子系を問わず、有機半導体材料を使用してもよい。

[0132] また、非晶質酸化物の電子キャリア濃度は、酸化物半導体層の酸素濃度等によって変化するが、10^{18}／ｃｍ^3（つまり、1×10^{18}／ｃｍ^3）以下が好適である。なお、上記非晶質酸化物は、少なくとも一部が非晶質の酸化物で構成されていればよい。

[0133] また、本実施形態に係るトランジスタの導電型は限定されず、上述したｎ型導電の他に、ｐ型導電でもよく、また、真性（intrinsic：イントリンシック）層を用いたｉ型導電でもよい。

[0134] また、ゲート電極材料は、ＴａＮ、ＴａＣ、ＴｉＮ、ＴｉＣＮ、ＴｉＡｌＮ、Ｗ、ＷＮＭｏのうち少なくとも一つを含んでいることが好適であるが、本実施形態に係るトランジスタのゲート電極材料は、ゲート電極の仕事関数が所望の特性を満たせばよく、これらに限定されるものではない。

[0135] なお、上記トランジスタの活性層が、非晶質酸化物を有している酸化物半導体である場合、ゲート電極Ｇ、ソース電極Ｓ、ドレイン電極Ｄのうち少なくとも１つが酸化物で構成されていることが好ましい。

[0136] また、トランジスタの活性層は、スパッタリング法によって作製することが好適であるが、製造プロセスは、本方式に限定されるものではない。

[0137] 本実施形態は、上述したようにアクティブマトリクス基板２の表面に設け

たトランジスタの特性変化を利用して放射線を検出するものであり、そのトランジスタの活性層の膜厚は、例えば１μｍ以下でも、良好に放射線を検出することができる。

[0138] （トランジスタの好適例）

次に、本実施形態で用いられるトランジスタの好適な構成について説明する。

[0139] 本実施形態で用いられるトランジスタ、つまり、例えば図１の（ａ）・（ｂ）に記載のトランジスタとしては、通常のＭＯＳ（metal oxide semiconductor）トランジスタを用いてもよい。しかしながら、放射線に対するトランジスタの特性変化が大きいことから、図７に示す構造を有するＴＦＴ２０を用いることが好ましい。

[0140] 図７は、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１の要部の概略構成を示す断面図である。図７に、本実施形態に係るアクティブマトリクス基板２におけるＴＦＴ２０の好適な構成の一例を示す。

[0141] ＴＦＴ２０は、図７に示すように、ガラス基板等の絶縁性基板１０上に設けられた活性層２１上に、ソース電極Ｓおよびドレイン電極Ｄが設けられているとともに、ソース電極Ｓとドレイン電極Ｄとの間の活性層２１上に、ゲート絶縁膜２２を介してゲート電極Ｇが設けられた構成を有している。

[0142] ゲート絶縁膜２２は、珪素と酸素とを含むことが好ましい。また、ゲート絶縁膜２２は、珪素と窒素とを含むことが好ましい。

[0143] 本実施形態では、活性層２１に、半導体として、酸化物半導体を使用するとともに、ゲート絶縁膜２２を、窒素と珪素とを含む第１の絶縁膜２３と、酸素と珪素とを含む第２の絶縁膜２４との積層構造としている。

[0144] 上述したように、酸化物半導体のバンドギャップエネルギーの数千倍から数万倍のエネルギーを持った放射線が活性層２１に照射されると、光誘起キャリアが、半導体や酸化物半導体等で活性層２１を構成したＴＦＴ２０内で連鎖的に発生する。

[0145] ゲート絶縁膜２２を第１の絶縁膜２３と第２の絶縁膜２４とからなる積層

構造とし、かつ第１の絶縁膜２３は窒素と珪素とを含み、第２の絶縁膜２４は酸素と珪素とを含む構成とすることにより、この連鎖的に発生した光誘起キャリアのうち、ゲート絶縁膜２２の電界によって誘導される正孔を、効率的に捕集することができる。

[0146] また、ゲート絶縁膜２２は、窒素と酸素と珪素とを含む第１の絶縁膜２３と、窒素と酸素と珪素とを含む第２の絶縁膜２４との積層構造としてもよく、この場合、第１の絶縁膜２３において、窒素は酸素よりも多く含まれ、第２の絶縁膜２４において、酸素は窒素よりも多く含まれていることが好ましい。

[0147] なお、第１の絶縁膜２３は、窒素と酸素と珪素とを含む膜に限定されず、電子または正孔を捕獲する能力があれば他の絶縁膜でもよく、例えば、ＨｆＡｌＯ等からなる高誘電体膜や、シリコン窒化膜、ＨｆＡｌＯ膜、およびアルミナ膜等の、複数の膜からなる積層膜とすることもできる。

[0148] また、ゲート絶縁膜２２を第１の絶縁膜２３と第２の絶縁膜２４とからなる積層構造とする場合、第１の絶縁膜２３の膜厚は、第２の絶縁膜２４よりも厚いことが好ましい。

[0149] この理由の一つとしては、第１の絶縁膜２３の膜厚を第２の絶縁膜２４よりも厚くすることで、キャリアの捕獲総数を確保することができることが挙げられる。また、他の理由として、第１の絶縁膜２３の膜厚が第２の絶縁膜２４よりも薄いと、ゲート絶縁膜２２に求められる絶縁破壊耐性や被覆性等の信頼性に関する仕様を十分に満たすことが難しいことが挙げられる。

[0150] 但し、必ずしも上記構成に限定されるものではなく、第１の絶縁膜２３の膜厚を第２の絶縁膜２４よりも薄くしても構わない。このように第１の絶縁膜２３の膜厚を薄膜化する際の対策として、例えば、第１の絶縁膜２３を酸化し、第１の絶縁膜２３上に酸化膜を形成してもよい。第１の絶縁膜２３上に酸化膜を形成することで、酸化膜と第１の絶縁膜２３との界面のキャリア捕獲数が増加し、第１の絶縁膜２３に存在するピンホールを埋めることで、信頼性の向上も期待できる。

[0151] なお、トランジスタの閾値電圧の変動量は、ゲート絶縁膜２２の種類や膜質や構造に加え、半導体および酸化物半導体のキャリア濃度によっても変化するため、プロセス・デバイス構造から、最適な閾値電圧の変動量に制御することが可能である。

[0152] 例えば、第１の絶縁膜２３にＳｉＮｘ膜を使用した場合、Ｓｉに対するＮのモル比ｘが、０．６７＜ｘ＜１．３３の範囲内の値であり、第１の絶縁膜２３の膜厚Ｔｃｔ１は、１０ｎｍ＜Ｔｃｔ１＜９９０ｎｍの範囲内の値とすることが好適である。但し、本実施形態は、上記値に限定されるものではない。

[0153] ＳｉＮｘ膜の化学量論的組成はSi_3N_4であり、その場合のＳｉに対するＮのモル比ｘはｘ＝１．３３となる。ｘ＜１．３３のＳｉＮｘ膜は、Ｓｉの組成比が大きいＳｉリッチな組成となり、Ｓｉ原子のダングリングボンドにより、キャリアトラップが生成されると考えられる。

[0154] キャリアトラップの密度は、Ｓｉに対するＮのモル比ｘが１．３３よりも低下するに従って増加する傾向にある。ｘ＝０．６７は、平均的に、Ｓｉの４つの結合手のうち２つが未結合手となるか、隣接Ｓｉと共有結合を形成する組成に相当するので、共有結合が大量に存在することになり、ＳｉＮｘ膜の絶縁性が劣化して、ゲートリーク電流が著しく増大する。

[0155] 従って、Ｓｉに対するＮのモル比ｘは、０．６７＜ｘであることが望ましいが、上記値に限定されない。例えば、第１の絶縁膜２３にＳｉＯｘＮｙ膜を使用した場合、ＳｉとＯとＮとの合計に対するＮのモル比ｘは、Ｎ／（Ｓｉ＋Ｎ＋Ｏ）で表される。Ｎ／（Ｓｉ＋Ｎ＋Ｏ）は、最小で０、最大で０．３５である。従って、ＳｉとＯとＮとの合計に対するＮのモル比ｘは、０．３５＜ｘが望ましいが、上記値に限定されない。

[0156] また、上記ＴＦＴ２０において、ゲート絶縁膜２２の膜厚Ｔｏｘ（すなわち、第１の絶縁膜２３と第２の絶縁膜２４との合計の膜厚）は、１μｍ以下が好適である。

[0157] トランジスタの電気的特性の変化量は、絶縁膜の厚さに比例し、厚いほど

変化量が大きくなる傾向にある。しかしながら、一般的に、トランジスタの電源電圧（ＶＤＤ）は、オン状態のトランジスタのゲート絶縁膜の電界Ｆｃｘが、５～６ＭＶ／ｃｍとなるように設計される。このため、上記ＴＦＴ２０における、ゲート絶縁膜２２の膜厚Ｔｏｘは、１μｍ以下であることが望ましい。

[0158] また、第２の絶縁膜２４にＳｉＯｘ膜を使用した場合、シリコン酸化物におけるシリコンに対する酸素のモル比は０～２とされていることから、Ｓｉに対するＯのモル比ｘは、１≦ｘ≦２の範囲内の値であり、第２の絶縁膜２４の膜厚Ｔｃｔ２は、１０ｎｍ＜Ｔｃｔ２＜９９０ｎｍの範囲内の値とすることが好適である。但し、本実施形態は、上記値に限定されるものではない。

[0159] また、上述した説明では、ゲート絶縁膜２２を、第１の絶縁膜２３と第２の絶縁膜２４との積層構造とした場合を例に挙げて説明したが、本実施形態に係るトランジスタは、図７に示すように第１の絶縁膜２３と第２の絶縁膜２４とを有する構造に限定されるものではない。

[0160] なお、絶縁性基板１０は、放射線のエネルギーが非常に大きく、活性層２１を突き抜けてしまう可能性があるため、耐放射線性に優れる絶縁材料で構成することが好適である。

[0161] ＜効果＞

本実施形態に係るエネルギー線検出装置１では、上述したように、アクティブマトリクス基板２上に照射された放射線（エネルギー線）によって、半導体からなる、ＴＦＴ２０の活性層２１に発生する光誘起キャリア（電子－正孔対）による電気的特性の変化量を検出することで、放射線を検出する。このため、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１では、特許文献１、２のように半導体膜に放射線を照射することで半導体膜内に発生した電荷を電荷蓄積容量に蓄積し、蓄積した電荷を取り出すことで放射線を検出する場合のように半導体の膜厚を大きくする必要がなく、半導体、ひいては装置全体の厚みを薄くすることができる。

[0162] すなわち、エネルギー線検出装置１は、上述したようにアクティブマトリクス基板２の表面に設けたトランジスタの特性変化を利用して放射線を検出するものであり、そのトランジスタの活性層の膜厚は、例えば１μｍ以下でも、良好に放射線を検出することができる。このため、従来の半導体検出器のように厚い放射線変換膜は不要である。

[0163] また、このように半導体の厚みを薄くすることができるので、半導体層が形成されている領域とそうでない領域との境目近傍で硬化収縮量の厚さの差から大きな内部応力が蓄積されることにより、反りや衝撃に対する耐性の劣化等、信頼性が欠けるという問題を招来することがない。このため、本実施形態によれば、信頼性の高いエネルギー線検出装置１を提供することができる。

[0164] さらに、従来のように半導体膜にエネルギー線を照射することで半導体膜内に発生した電荷を電荷蓄積容量に蓄積し、蓄積した電荷を取り出すことでエネルギー線を検出する場合、長時間エネルギー線を照射して電荷蓄積容量を十分に充電してからでないと情報を読み出すことができない。

[0165] しかしながら、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１は、このような充電時間を必要としないことから、情報の高速読み出しが可能である。しかも、放射線に対する感度（Ｓ／Ｎ比）が高いことから、放射線の照射時間は短時間でよく、被爆線量を低減させることができる。

[0166] また、本実施形態によれば、放射線が多く照射されたピクセルＳｘ（単位領域）に配置されているトランジスタは閾値電圧の遷移が大きくなり、放射線量が少ないピクセルＳｘ（単位領域）においては閾値電圧の遷移が小さくなり、かつ、遷移量は、放射線の照射量に応じて線形に変化する。このため、微弱な放射線量から、広範囲の放射線量を確実に検出することができる。

[0167] また、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１は、特許文献３のように、放射線の検出に、１対の放射線電界効果型トランジスタとトランジスタ毎に接続する負荷をとしない。本実施形態に係るエネルギー線検出装置１は、格子状に配されたそれぞれのＴＦＴ２０が放射線検出素子（エネルギー検出

素子）として機能する。このため、本実施形態によれば、放射線検出素子（エネルギー検出素子）としてのＴＦＴ２０が格子状に配置された、小型で軽量のエネルギー線検出装置１を提供することができる。

[0168] また、本実施形態で用いられるトランジスタは、放射線照射後、無照射期間を設けることで、閾値電圧の遷移（例えばｎ型であれば上述したように負方向への遷移）が旧に復する。このため、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１は、放射線照射後、無照射期間を設けることで、繰り返し、放射線の検出に用いることができる。

[0169] さらに、本実施形態によれば、本実施形態で用いられるトランジスタと同一工程で、アンプ、スイッチ、レベルシフタ、バッファ等、その他の周辺回路に用いるトランジスタを一括で形成することもできる。このように複数のトランジスタを同一工程で形成することにより、工程数の増加を低減することが可能となる。

[0170] ＜ダイオード＞

図８は、半導体素子としてダイオードを用いたエネルギー線検出装置１の概略構成の一例を示すブロック図である。

[0171] 図８に示すエネルギー線検出装置１は、半導体素子として、ダイオード９１を備えている。このように、本実施形態の半導体素子は、トランジスタ以外のダイオード素子で構成することも可能である。

[0172] 上記ダイオード（例えばダイオード９１）としては、例えば、ＰＮダイオード、ショットキーダイオード、ＰＩＮダイオード、ＭＩＭ（Metal Insulator Metal）ダイオード、ＭＩＳ（Metal Insulator Semiconductor）ダイオード等が挙げられる。また、上記ダイオードは、例えばＴＦＴ２０の一方の導通端子をゲート電極Ｇに繋いでダイオード接続した、ダイオード接続ＴＦＴであってもよい。

[0173] 〔実施形態２〕

本発明の他の実施形態について、図９の（ａ）・（ｂ）に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、本実施形態では、実施形態１との相違点に

ついて説明するものとし、実施形態１で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0174] 本実施形態でも、発明の概要から見た基本的な考え方並びにエネルギー線の検出原理そのものは、実施形態１と同じである。

[0175] 実施形態１では、各ピクセルＳｘにおけるＴＦＴ２０がオンしているときの電流の増加から放射線量を検出する場合を例に挙げて説明した。本実施形態では、放射線を照射による閾値が変化により、オフしているＴＦＴ２０がオンの状態に変化するときの電流増加から放射線量を検出する場合を例に挙げて説明する。

[0176] ＜エネルギー線検出装置１の概略構成および放射線の検出方法＞

図９の（ａ）は、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１における、１ピクセル当たりの基本的な回路構成を示す回路図であり、図９の（ｂ）は、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１の概略構成の一例を示すブロック図である。

[0177] 以下では、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１による放射線の検出方法について、制御装置６０の機能および記憶部５０の構成を交えて説明する。

[0178] まず、基準電圧発生回路部４にて、ソース配線１２に、基準電圧として一定電圧（図５に示す特性を測定したときのソース電圧）を与え、ゲート電圧発生回路部３にて、ゲート配線１１に－２Ｖのゲート電圧を与える。

[0179] 本実施形態では、図９の（ａ）に示すように、出力信号取り出し用端子３１をアクティブマトリクス基板２の図示しない共通電極に接地している。本実施形態では、基準電圧発生回路部４から各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０を介してアクティブマトリクス基板２の共通電極に流れる電流を、特性検出回路部７で検出する。検出は、基準電圧を与える電源と基準電圧発生回路部４との間に、特性検出回路部５内の電流－電圧変換回路４１を設けることにより行うことができる。

[0180] 実施形態１で説明したように、アクティブマトリクス基板２に放射線が照

射されると、各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０に流れる電流量が増加する。

[0181] 本実施形態でも、この増加した電流量に対応する放射線量を求めることで、照射された放射線量を検出することができる。

[0182] 但し、本実施形態では、まず、放射線照射前の、放射線が無い状態で、基準電圧発生回路部４から各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０を介してアクティブマトリクス基板２の共通電極に流れる電流の総和（I_{off}）を測定して、第１記憶部５１に記憶する。

[0183] なお、放射線が無いあるいは放射線量が少ない状態では、各ピクセルＳｘのトランジスタはオフしているため、このときのドレイン電流の電流量は、０Ａ付近の小さい値である。

[0184] 次いで、放射線照射後に基準電圧発生回路部４から各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０を介して共通電極に流れる電流の総和（I_{sum}）を測定して、エネルギー線検出処理部６１に送る。そして、エネルギー線検出処理部６１で、I_{sum}を、第１記憶部５１に記憶されたI_{off}と比較することで、増加した電流量を検出する。

[0185] 放射線が照射された場合、各ピクセルＳｘのトランジスタには、図５で説明したように、1×10^{-8}Ａのドレイン電流が流れる。したがって、基準電圧発生回路部４から各ピクセルＳｘのトランジスタを介して共通電極に流れる電流の総和（I_{sum}）は、$1\times10^{-8}\times$（ｎ×ｍ）Ａになる。

[0186] そこで、本実施形態でも、エネルギー線検出処理部６１で、この増加した電流量に対応する放射線量を求めることで、照射された放射線量を検出することができる。

[0187] この場合、第２記憶部５２に、ＴＦＴ２０の電気的特性の変化量とエネルギー線量との関係として、アクティブマトリクス基板２のメタル層に流れる電流の変化量（$I_{sum}-I_{off}$）とエネルギー線量との関係を記憶しておけばよい。

[0188] 但し、本実施形態において、上述したように、放射線が無いあるいは放射線量が少ない状態では、各ピクセルＳｘのトランジスタはオフしているため

、このときのドレイン電流の電流量は、０Ａ付近の小さい値である。

[0189] したがって、本実施形態によれば、I_{sum}を測定するだけで、一定量以上の放射線量を検出することもできる。

[0190] この場合、第２記憶部５２に、ＴＦＴ２０の電気的特性の変化量とエネルギー線量との関係として、放射線照射後に共通電極に流れる電流（I_{sum}）とエネルギー線量との関係を記憶しておけばよい。なお、このとき、予め、I_{off}との差を考慮し、I_{sum}と、（$I_{sum}-I_{off}$）に対応したエネルギー線量との関係が記憶されていてもよい。

[0191] これにより、エネルギー線検出処理部６１における放射線量検出部で、I_{sum}から放射線量を求めることで、照射された放射線量を検出することができる。この場合、第１記憶部５１を省略することができるので、部品点数を削減することができる。また、I_{sum}を変化量として用いることで、（$I_{sum}-I_{off}$）を演算する必要がなく、解析処理を簡素化することができる。言い換えれば、この場合、特性検出回路部７が変化量検出部として機能するため、エネルギー線検出処理部６１における解析部としての変化量算出を省くことができる。

[0192] また、放射線量ではなく放射線の有無を検出する場合には、エネルギー線検出処理部６１で、I_{sum}とI_{off}との差を考慮し、（$I_{sum}-I_{off}$）もしくはI_{sum}が、（$I_{sum}-I_{off}$）もしくはI_{sum}と、（$I_{sum}-I_{off}$）もしくはI_{sum}に対応した放射線量との関係から予め決定した閾値を超えた場合、放射線が照射されていると判断することにより、放射線を検知したと判断することができる。

[0193] また、（$I_{sum}-I_{off}$）もしくはI_{sum}の値が、予め小さい場合、基準電圧発生回路部４の電圧を上げ、ゲート電圧発生回路部３の電圧を再検討することで、（$I_{sum}-I_{off}$）もしくはI_{sum}の値を大きくしてもよい。

[0194] なお、ピクセルＳｘを構成するトランジスタの特性を変更した場合、図５と同様の測定を行って、ソース電圧およびゲート電圧を決定すればよい。

[0195] 検知した放射線は、例えば、音、光、振動、画像等により使用者に報知す

ることができる。すなわち、上記エネルギー線検出装置１は、報知部（報知手段）として例えば、図示しないスピーカを備え、該スピーカにより、音声、音楽、警告音等の音により放射線の検知を使用者に報知してもよい。また、上記エネルギー線検出装置１は、報知部（報知手段）として例えば、パイロットランプ等の図示しない報知光出力部を備え、放射線の検知を、光によって使用者に報知してもよい。さらに、上記エネルギー線検出装置１は、報知部（報知手段）として振動部（振動手段）を備え、放射線の検知を、振動によって使用者に報知してもよい。なお、報知部（報知手段）は、１つに限定されず、複数備えていてもよい。言い換えれば、報知部は、上述した各報知手段のうち少なくとも１つを備えていてもよい。

[0196] なお、本実施形態では、各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０に流れる電流を総和（全て合計）することにより、全ピクセルＳｘのＴＦＴ２０に流れる電流の変化量の和（合計の変化量）を検出した。しかしながら、本実施形態は、これに限定されるものではなく、全ピクセルＳｘを複数のソース配線毎の単位領域に分け、各単位領域を構成する複数のピクセルＳｘのＴＦＴ２０に流れる電流の和（合計）を求めることにより、該複数のピクセルＳｘのＴＦＴ２０に流れる電流の変化量の和を検出してもよい。

[0197] ＜効果＞

以上のように、本実施形態は、エネルギー線検出装置１全体の概略構成、並びに、発明の概要から見た基本的な考え方やエネルギー線の検出原理そのものは実施形態１と同じであることから、実施形態１と同様の効果を得ることができる。

[0198] また、本実施形態では、以上のように、各ピクセルＳｘにおけるＴＦＴ２０の特性変化の総和を検出して変化量を増幅させることで、実施形態１よりも微弱な放射線量から、放射線の有無あるいは放射線量を、確実に検出することができる。

[0199] さらに、本実施形態によれば、上述したように、I_{sum}から閾値を超えた放射線量もしくは放射線の有無を検出することもできる。この場合、実施形態

１と比較して、部品点数を削減したり、解析処理を簡素化したりすることができる。また、ある閾値を超えた放射線が照射された場合、放射線源（例えばＸ線管）のオン・オフ制御を行うシステム制御を行って、検出に必要な線量以上の放射線をカットすることで被爆線量を低減することもできる。

[0200] 〔実施形態３〕

本発明のさらに他の実施形態について、図１０の（ａ）・（ｂ）に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、本実施形態では、実施形態１、２との相違点について説明するものとし、実施形態１、２で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0201] 半導体で活性層を構成したトランジスタで構成した容量素子は、該容量素子に放射線を照射すると、照射された放射線量に応じて、容量値が線形に遷移する。

[0202] したがって、半導体の電気的特性の変化量として、半導体で活性層を構成したトランジスタで構成した容量素子の容量値の変化量（遷移量）を検出することで、この容量値の変化量から放射線量を求めることができる。

[0203] ＜エネルギー線検出装置１の概略構成＞

図１０の（ａ）は、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１における、１ピクセル当たりの基本的な回路構成を示す回路図であり、図１０の（ｂ）は、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１の概略構成の一例を示すブロック図である。

[0204] 図１０の（ｂ）に示すように、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１は、アクティブマトリクス基板２と、駆動回路としてのゲート電圧発生回路部３およびスイッチ駆動回路部８と、特性検出回路部５と、制御装置６と、を備えている。また、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１は、放射線発生装置７１をさらに備えたシステムであってもよい。

[0205] 本実施形態でも、アクティブマトリクス基板２は、図１０の（ｂ）に示すように、複数（ｎ×ｍ個）のピクセルＳ１～Ｓｎｍ（ｎおよびｍはそれぞれ１以上の任意の整数を示す）が格子状に配された、例えば略正方形状を有し

ている。

[0206] 図１０の（ｂ）に示すように、アクティブマトリクス基板２における各ピクセルＳｘは、複数（ｎ本）のゲート配線１１と複数（ｍ本）のスイッチ信号配線１３（センサ行選択線）とからなるＸＹマトリクス状の電極配線と、ＴＦＴ２０と、出力信号取り出し用端子３１と、接地用端子３２と、を備えている。

[0207] 本実施形態でも、ゲート配線１１は、ゲート電圧発生回路部３に接続されている。スイッチ信号配線１３は、スイッチ駆動回路部８に接続されている。

[0208] ＴＦＴ２０は、ソース電極Ｓとドレイン電極Ｄとを短絡して、ゲート電極Ｇとソース電極ＳおよびドレインＤとの間に（ゲート－ソース・ドレイン間容量；以下、単に「容量」と記す）を形成している。

[0209] ＴＦＴ２０のゲート電極Ｇはゲート配線１１に接続されており、ソース電極ＳおよびドレインＤは、スイッチＳｗに接続されている。

[0210] スイッチＳｗは、スイッチ駆動回路部８からの信号に基づいて、ソース電極ＳおよびドレインＤの接続先を、出力信号取り出し用端子３１側および接地用端子３２側の何れかに切り替える。

[0211] スイッチ駆動回路部８は、スイッチ信号配線１３を介して、各ピクセルＳｘに設けられたスイッチＳｗに、該スイッチＳｗの接続先を切り替える信号を送る。

[0212] 各ピクセルＳｘの出力信号取り出し用端子３１は、特性検出回路部５の信号配線ＳＬ１～ＳＬｎｍに接続されている。

[0213] 特性検出回路部５には、容量検出回路が設けられている。容量検出回路は、例えば、チャージセンシングアンプ、もしくは、共振周波数または位相の遷移量を測定する回路で構成される。但し、これに限定されるものではなく、上記方式とは異なる方式を用いて容量を検出する回路で構成されていてもよい。

[0214] チャージセンシングアンプは、例えばオペアンプと容量素子とにより構成

され、電荷を容量素子に保持することで積分して増幅し、電気信号を出力する。なお、容量値は、各ピクセルＳｘに含まれるそれぞれの容量素子において計測され、特定の容量素子に対する放射線入射の有無および放射線量の多寡を表すことになる。

[0215] 共振周波数または位相の遷移量を測定する回路は、自励発振回路、利得変化補正回路、アンプからなる読出し回路とトランジスタとで構成した容量素子との間で帰還回路を形成し、放射線照射前後における共振周波数または位相の遷移量を検出する。

[0216] 具体的には、上記帰還回路においては、利得＝１かつ位相条件が０なら正帰還がかかり、特定の周波数で共振する。しかし、放射線照射により容量値が遷移することで、共振周波数が変化した場合は位相差が０にならず、利得は共振周波数の利得よりも小さくなるので、帰還回路の利得・位相条件が満たされず、自励発振の発振が停止する。しかしながら、利得変化補正回路で共振周波数を調整し、位相差が０となるように帰還回路で制御を行えば、発振が再開される。これにより、帰還回路で、放射線照射前後における周波数差および位相の遷移量が検出（計測）される。

[0217] ＜放射線の検出方法＞

次に、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１による放射線の検出方法について、制御装置６０の機能および記憶部５０の構成を交えて説明する。

[0218] まず、容量に蓄えられた電荷を除去して、ＴＦＴ２０の容量を検出する。

[0219] 具体的には、まず、各ピクセルＳｘに設けられたスイッチＳｗを、スイッチ駆動回路部８からのからの信号により、接地用端子３２側にして、各ＴＦＴ２０のソース電極Ｓおよびドレイン電極Ｄを接地することにより、上記容量に蓄えられた電荷を除去する。

[0220] 次に、各ピクセルＳｘに設けられたスイッチＳｗを、スイッチ駆動回路部８からのからの信号により、出力信号取り出し用端子３１側にして、各ＴＦＴ２０のソース電極Ｓおよびドレイン電極Ｄを、出力信号取り出し用端子３１に接続し、該出力信号取り出し用端子３１を介して特性検出回路部５に接

続することで、各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０の容量値を測定する。放射線が無いときの容量値と、放射線が有るときの容量値とを、実施形態１、２と同様に比較して、容量値の変化量（遷移量）を検出する。

[0221] 放射線をエネルギー線検出装置１に照射すると、ピクセルＳｘ毎に配置されたトランジスタを用いた容量素子の容量値の変化が放射線量に応じて発生する。そこで、本実施形態でも、ゲート配線１１からの入力電圧により容量素子に保持される電荷量を、各信号配線ＳＬ１～ＳＬｎｍを通じて外部に取り出すことで、例えば、二次元的に、放射線の線量と、被写体を透過した透過画像とを得ることが可能となる。本実施形態では、容量素子に蓄積された電荷を、特性検出回路部５に送り、信号として読み出す。

[0222] 特性検出回路部５には、前述したように容量検出回路が設けられており、各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０の容量値を読み出すことができる。

[0223] このとき、容量検出回路に、前述したようにチャージセンシングアンプを用いることで、電荷を容量素子に保持することで積分して増幅し、電気信号を出力することができる。

[0224] また、容量値を直接読み出す代わりに、前述したように、例えば自励発振回路、利得変化補正回路、アンプからなる読出し回路とトランジスタで構成した容量素子との間で帰還回路を形成し、放射線照射前後における共振周波数もしくは位相の遷移量を測定することで、二次元的な放射線の線量分布と被写体を透過した透過画像に画像処理で再構成する元となるピクセルＳｘの放射線量値とを検出する構成としてもよい。

[0225] 第２記憶部５２には、容量値の変化量と放射線量との関係が記憶されている。

[0226] エネルギー線検出処理部６１は、放射線量検出部にて、第２記憶部５２に記憶された、容量値の変化量と放射線量との関係から、特性検出回路部５で検出された容量値の変化量に対応する放射線量を検出する。

[0227] なお、容量検出回路で、ＴＦＴ２０の電気的特性として各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０の容量値を検出する場合には、放射線照射前の各ピクセルＳｘの

ＴＦＴ２０の容量値を第１記憶部５１に記憶することで、実施形態１と同様にしてＴＦＴ２０の電気的特性の変化量を求めることができる。

[0228] すなわち、本実施形態でも、第１記憶部５１を用いて、変化量検出部にて、特性検出回路部５で検出された、放射線照射前後の各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０の容量値から、容量値の変化量を検出してもよい。なお、容量値の変化量から放射線量を検出する方法は、容量検出回路でＴＦＴ２０の容量値の変化量を検出する場合と同じである。

[0229] 本実施形態のように放射線検出素子として容量素子を用いる場合、上述したように、容量素子を構成するトランジスタの活性層に放射線が照射されると、光誘起キャリア（電子－正孔対）が連鎖的に発生し、放射線の照射量に応じた容量値の遷移が発生する。

[0230] この結果、放射線が多く照射されたピクセルＳｘに配置されているトランジスタは、容量値の遷移が大きくなり、放射線量が少ないピクセルＳｘに配置されているトランジスタは、容量値の遷移が小さくなるとともに、遷移量は、放射線の照射量に応じて線形に変化する。このため、本実施形態でも、微弱な放射線量から、広範囲の放射線量を確実に検出することができる。

[0231] また、本実施形態に係るエネルギー線検出装置１も、従来のように充電時間を必要としないことから、情報の高速読み出しが可能である。しかも、放射線に対する感度（Ｓ／Ｎ比）が高いことから、放射線の照射時間は短時間でよく、被爆線量を低減させることができる。

[0232] なお、解像度の向上を図るためには、ピクセルサイズの縮小が行われるが、ピクセルサイズの縮小に伴って容量素子の容量値が小さくなると、各ピクセルＳｘの電荷量が小さくなる。このため、トランジスタのリーク電流ばらつきによる、各ピクセルＳｘ間の電荷量ばらつきが顕著化し、データの正確さを維持することが困難となるが、前述したように、半導体として、リーク電流が極めて少ない酸化物半導体を用いることで、大面積の検出器においても、ピクセルＳｘ毎の容量値を正確に測定することができる。

[0233] 本実施形態において、ピクセルＳｘ毎に配置される容量の大きさは、ピク

セルＳｘに配置されるトランジスタのリーク電流等を勘案し、所定の期間、電荷を保持できるように設定される。

[0234] 例えば、酸化物半導体の活性層を有するトランジスタで構成した容量素子を用いることで、従来のアモルファスシリコンで形成された容量素子に比べ、その容量値は１／２以下、好ましくは１／５以下の容量値でもよく、ピクセルサイズの縮小と、セルの高開口率化とを図ることができる。

[0235] また、本実施形によれば、容量値を小さくできることから、例えば上述したように帰還回路を形成する場合、該帰還回路の共振点をシステム仕様に合せて任意に設定することができる。

[0236] なお、本実施形態では、各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０の容量値の変化量から該変化量に対応する放射線量を検出する場合を例に挙げて説明したが、本実施形態はこれに限定されるものではない。

[0237] 例えば、本実施形態でも、実施形態２で説明したように、各ピクセルＳｘのＴＦＴ２０の容量値の変化量から閾値を超える放射線の有無を検出したり、各ピクセルＳｘの容量値の総和の変化量を検出することで、放射線量を増幅して微弱な放射線量を検出したりしてもよい。

[0238] また、上述したようにエネルギー線検出装置１が放射線発生装置７１（エネルギー線発生装置）を備える場合等において、ある閾値を超えた放射線が照射された場合、放射線発生装置７１における放射線源（例えばＸ線管）のオン・オフ制御を行うシステム制御を行う構成としてもよい。

[0239] また、本実施形態でも、出力信号取り出し用端子３１および接地用端子３２を各ピクセルＳｘに設ける場合を例に挙げて説明したが、本実施形態は、これに限定されるものではない。

[0240] 例えば、接地用端子３２を、全ピクセルに対して１つ、もしくは、数ピクセル毎に設けてもよい。接地は、容量に蓄えられた電荷を除去するために必要であるが、このように各ＴＦＴ２０に対し、接地用端子３２を共通化することで、アクティブマトリクス基板２における、セレクト用のスイッチＳｗが占有する面積を抑制することができる。

[0241] また、出力信号取り出し用端子３１を各ＴＦＴ２０で共通にして、ＴＦＴ２０の出力、つまり、容量値または容量値の変化量を、時分割で読み出してもよい。

[0242] また、ピクセルＳｘの開口率の低下を防ぐために、各ピクセルＳｘに電極を配置し、配線で各ＴＦＴ２０を、各ＴＦＴ２０に共通のスイッチング素子に接続してもよい。

[0243] ＜効果＞

以上のように、本実施形態もまた、発明の概要から見た基本的な考え方やエネルギー線の検出原理そのものは、実施形態１および２と同じである。

[0244] したがって、本実施形態でも、実施形態１、２と同様の効果を得ることができる。

[0245] 〔実施形態４〕

本発明のさらに他の実施形態について、図１１の（ａ）・（ｂ）および図１２に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、本実施形態では、実施形態１～３との相違点について説明するものとし、実施形態１～３で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0246] 絶縁性基板１０には耐放射線性に優れる絶縁材料を用いることが望ましく、実施形態１では、一例として、絶縁性基板１０としてガラス基板を用いた。

[0247] 本実施形態では、アクティブマトリクス基板２における絶縁性基板の構成の他の例について説明する。

[0248] ＜例１＞

図１１の（ａ）は、本例に係るエネルギー線検出装置１における要部の概略構成を示す平面図であり、図１１の（ｂ）は、図１１の（ａ）に示すアクティブマトリクス基板２のＡ－Ａ線矢視断面図である。なお、図１１の（ｂ）は、図１１の（ａ）に示す１ピクセルの断面を示している。

[0249] 前述したように、トランジスタの活性層に用いる半導体は、酸化物半導体

であることが望ましい。酸化物半導体は、基本的にアルカリイオンによる特性変動を受けにくい。このため、基本的に、アクティブマトリクス基板のベース基板として用いられる絶縁性基板は、絶縁性と平坦性とが確保されていればよい。

[0250] また、トランジスタの活性層に用いる酸化物半導体は、低温で成膜できる。

[0251] このため、ＴＦＴ２０の活性層２１に酸化物半導体を用いる場合、図１１の（ｂ）に示すように、フィルムやポリエチレン等の樹脂板やプラスチック板等、有機材料や高分子材料による可曲性を備えた可曲性絶縁基板８０上に、フレキシブルなＴＦＴ２０を形成することができる。

[0252] また、前述したように、ＴＦＴ２０の活性層２１には、低分子系および高分子系を問わず、有機半導体材料を使用することができる。このようにＴＦＴ２０の活性層２１に、有機半導体材料を用いる場合にも、図１１の（ｂ）に示すように、フィルムやポリエチレン等の樹脂板やプラスチック板等、有機材料や高分子材料による可曲性を備えた可曲性絶縁基板８０上に、フレキシブルなＴＦＴ２０を形成することができる。

[0253] （効果）

上述したように、本例によれば、一般的にはアクティブマトリックス基板としては使用が困難であるとされているフィルムやポリエチレン等の樹脂板やプラスチック板等が使用可能である。このため、本例によれば、従来の検出器に比べて軽量で薄く、可曲性を備えたエネルギー線検出装置１を実現することができる。したがって、本例に係るエネルギー線検出装置１は、例えば、非平面型のエネルギー線検出装置として用いることもできる。

[0254] また、上述したように可曲性を備えたエネルギー線検出装置１の用途は、医療用途以外にも、産業用途での利用が想定できる。

[0255] 例えば、本例に係るエネルギー線検出装置１は、原子力発電所やプラント、船内や機械内の配管、車両や船舶や航空機のエンジンルーム等、限られた狭い範囲に、複雑に折り重なるように配管や配線等が敷設されている場所で

の使用に、好適に用いることができる。

[0256] 本例に係るエネルギー線検出装置１は、可曲性を備え、かつ、従来の半導体検出器と比べて厚さも薄く、軽くできることから、複雑な配管や配線の間に挿入し、対象となる箇所だけの放射線透過像を確認することができる。

[0257] ＜例２＞

図１２は、本例に係るエネルギー線検出装置１の要部の概略構成を示す断面図である。

[0258] 本例に係るエネルギー線検出装置１は、図１２に示すように、アクティブマトリクス基板２の絶縁性基板として、薄いガラス板からなるガラス基板８１と、可曲性絶縁基板８０とを接合してなる絶縁性基板を備えている。

[0259] なお、可曲性絶縁基板８０には、上述したように、例えば、可曲性を備えた有機材料や高分子材料からなる基板を用いることができる。

[0260] ガラス基板８１と、可曲性絶縁基板８０との接合に際し、ＴＦＴ２０の活性層２１に用いられる酸化物半導体は、低温で成膜できる。このため、図１２に示すように、活性層２１側から、可曲性絶縁基板８０／ガラス基板８１の順に積層されている構成としてもよく、活性層２１側から、ガラス基板８１／可曲性絶縁基板８０の順に積層されている構成としてもよい。

[0261] （効果）

本例によれば、絶縁性基板の一部に、フィルムやポリエチレン等の樹脂板やプラスチック板等の可曲性絶縁基板８０を用いていることから、本例でも、従来の検出器に比べて軽量で薄いエネルギー線検出装置１を実現することができる。

[0262] 〔実施形態５〕

実施形態１～４に係るエネルギー線検出装置１を用いた装置の一例について、図１３～図１９に基づいて説明すれば、以下の通りである。

[0263] 上述したように、実施形態１～４に係るエネルギー線検出装置１を用いれば、実施形態１～４で説明したように、エネルギー線の情報として、例えば、放射線の有無や放射線量といった放射線の情報を検出することができる。

[0264] 例えば、実施形態１～４に係るエネルギー線検出装置１を用いれば、放射線検出面での放射線量の分布を測定することができる。したがって、この分布を画像として処理すれば、放射線透過画像を作成することができるため、例えば、Ｘ透過画像のモニタとして使用が可能である。

[0265] 以下では、主に、アクティブマトリクス基板２の半導体上のエネルギー線被照射体を被写体とし、該被写体を透過するエネルギー線を検出して該エネルギー線のエネルギー分布を作成する場合を例に挙げて説明する。

[0266] 以下に、実施形態１～４に係るエネルギー線検出装置１の利用例について説明する。

[0267] ＜医療用Ｘ線一般撮影装置＞

図１３は、本実施形態に係る医療用Ｘ線一般撮影装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[0268] 図１３に示す医療用Ｘ線一般撮影装置は、制御ユニット、Ｘ線検出ユニット、Ｘ線発生ユニット、表示モニタ、操作パネル、架台等を備えている。

[0269] エネルギー線検出装置１は、図１３に示す医療用Ｘ線一般撮影装置、あるいは、その一部であってもよい。この場合、例えば、Ｘ線検出ユニットを、アクティブマトリクス基板２およびその周辺回路（例えばゲート電圧発生回路部３、基準電圧発生回路部４、スイッチ駆動回路部８等）により構成し、制御ユニットを制御装置６により構成し、Ｘ線発生ユニットに、例えば放射線発生装置７１を用いることができる。

[0270] なお、Ｘ線検出ユニット、あるいは、Ｘ線検出ユニットおよび制御ユニットにエネルギー線検出装置１を用いてもよい。

[0271] 前述したように、制御装置６は制御部６０を備え、該制御部６０で、エネルギー線検出装置１全体の制御が行われる。なお、エネルギー線検出処理部６１による制御以外は、公知の医療用Ｘ線一般撮影装置の制御と同じであるため、ここでは、その説明を省略する。

[0272] 上記医療用Ｘ線一般撮影装置の例としては、例えば、レントゲン、歯科用レントゲン、Ｃアーム、アンギオグラフィ等が挙げられる。但し、本実施形

態は、これに限定されるものではなく、上記医療用Ｘ線一般撮影装置は、Ｘ線を含む放射線検出用途に幅広く利用可能であり、医療用としても上記用途に限定されない。

[0273] ＜医療用ＣＴ（computerized tomography）装置＞

図１４は、本実施形態に係る医療用ＣＴ装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[0274] 図１４に示す医療用ＣＴ装置は、制御ユニット、Ｘ線検出ユニット、Ｘ線発生ユニット、表示モニタ、操作パネル、ガントリー、架台等を備えている。

[0275] エネルギー線検出装置１は、図１４に示す医療用ＣＴ装置、あるいは、その一部であってもよい。この場合にも、例えば、Ｘ線検出ユニットを、アクティブマトリクス基板２およびその周辺回路により構成し、制御ユニットを制御装置６により構成し、Ｘ線発生ユニットに、例えば放射線発生装置７１を用いることができる。

[0276] また、本例でも、Ｘ線検出ユニット、あるいは、Ｘ線検出ユニットおよび制御ユニットにエネルギー線検出装置１を用いてもよい。

[0277] なお、本例でも、前述したように、制御装置６は制御部６０を備え、該制御部６０で、エネルギー線検出装置１全体の制御が行われる。なお、エネルギー線検出処理部６１による制御以外は、公知の医療用ＣＴ装置の制御と同じであるため、ここでは、その説明を省略する。

[0278] ＜産業用ＣＴ装置＞

図１５は、本実施形態に係る産業用ＣＴ装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[0279] 図１５に示す産業用ＣＴ装置は、制御ユニット、Ｘ線検出ユニット、Ｘ線発生ユニット、表示モニタ、操作パネル、コーンビーム発生ユニット、架台等を備えている。

[0280] エネルギー線検出装置１は、図１５に示す産業用ＣＴ装置、あるいは、その一部であってもよい。この場合にも、例えば、Ｘ線検出ユニットを、アク

ティブマトリクス基板２およびその周辺回路により構成し、制御ユニットを制御装置６により構成し、Ｘ線発生ユニットに、例えば放射線発生装置７１を用いることができる。

[0281] また、本例でも、Ｘ線検出ユニット、あるいは、Ｘ線検出ユニットおよび制御ユニットにエネルギー線検出装置１を用いてもよい。

[0282] なお、本例でも、前述したように、制御装置６は制御部６０を備え、該制御部６０で、エネルギー線検出装置１全体の制御が行われる。なお、エネルギー線検出処理部６１による制御以外は、公知の産業用ＣＴ装置の制御と同じであるため、ここでは、その説明を省略する。

[0283] ＜マンモグラフィ＞

図１６は、本実施形態に係るマンモグラフィの概略構成の一例を示す模式図である。

[0284] 図１６に示すマンモグラフィは、制御ユニット、Ｘ線検出ユニット、Ｘ線発生ユニット、表示モニタ、操作パネル、架台、圧迫板等を備えている。

[0285] エネルギー線検出装置１は、図１６に示すマンモグラフィ、あるいは、その一部であってもよい。この場合にも、例えば、Ｘ線検出ユニットを、アクティブマトリクス基板２およびその周辺回路により構成し、制御ユニットを制御装置６により構成し、Ｘ線発生ユニットに、例えば放射線発生装置７１を用いることができる。

[0286] また、本例でも、Ｘ線検出ユニット、あるいは、Ｘ線検出ユニットおよび制御ユニットにエネルギー線検出装置１を用いてもよい。

[0287] なお、本例でも、前述したように、制御装置６は制御部６０を備え、該制御部６０で、エネルギー線検出装置１全体の制御が行われる。なお、エネルギー線検出処理部６１による制御以外は、公知のマンモグラフィの制御と同じであるため、ここでは、その説明を省略する。

[0288] ＜荷物検査装置＞

図１７は、本実施形態に係る荷物検査装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[0289] 図１７に示す荷物検査装置は、制御ユニット、Ｘ線検出ユニット、Ｘ線発生ユニット、表示モニタ、操作パネル、ベトコンベア等を備えている。

[0290] エネルギー線検出装置１は、図１７に示す荷物検査装置、あるいは、その一部であってもよい。この場合にも、例えば、Ｘ線検出ユニットを、アクティブマトリクス基板２およびその周辺回路により構成し、制御ユニットを制御装置６により構成し、Ｘ線発生ユニットに、例えば放射線発生装置７１を用いることができる。

[0291] また、本例でも、Ｘ線検出ユニット、あるいは、Ｘ線検出ユニットおよび制御ユニットにエネルギー線検出装置１を用いてもよい。

[0292] なお、本例でも、前述したように、制御装置６は制御部６０を備え、該制御部６０で、エネルギー線検出装置１全体の制御が行われる。なお、エネルギー線検出処理部６１による制御以外は、公知の荷物検査装置の制御と同じであるため、ここでは、その説明を省略する。

[0293] ＜非破壊検査装置＞

図１８は、本実施形態に係る非破壊検査装置の概略構成の一例を示す模式図である。

[0294] 図１８に示す非破壊検査装置は、制御ユニット、Ｘ線検出ユニット、Ｘ線発生ユニット、表示モニタ、操作パネル等を備えている。

[0295] エネルギー線検出装置１は、図１８に示す非破壊検査装置、あるいは、その一部であってもよい。この場合にも、例えば、Ｘ線検出ユニットを、アクティブマトリクス基板２およびその周辺回路により構成し、制御ユニットを制御装置６により構成し、Ｘ線発生ユニットに、例えば放射線発生装置７１を用いることができる。

[0296] また、本例でも、Ｘ線検出ユニット、あるいは、Ｘ線検出ユニットおよび制御ユニットにエネルギー線検出装置１を用いてもよい。

[0297] なお、本例でも、前述したように、制御装置６は制御部６０を備え、該制御部６０で、エネルギー線検出装置１全体の制御が行われる。なお、エネルギー線検出処理部６１による制御以外は、公知の非破壊検査装置の制御と同

じであるため、ここでは、その説明を省略する。

[0298] ＜線量計＞

図１９は、本実施形態に係る線量計の概略構成の一例を示す模式図である。

[0299] 図１９に示す線量計は、Ｘ線検出ユニット、ケース等を備えている。また、図１９に示す線量計は、Ｘ線量あるいはＸ線の有無を使用者に報知する、表示モニタ（図示せず）等の報知部（報知手段）や、操作パネル（図示せず）等を備えていてもよい。

[0300] すなわち、上記線量計は、報知部として例えば表示モニタを備えていてもよく、スピーカや、パイロットランプ、振動源等を内蔵していてもよい。

[0301] エネルギー線検出装置１は、図１９に示す線量計、あるいは、その一部であってもよく、例えば、Ｘ線検出ユニットにエネルギー線検出装置１を用いてもよい。

[0302] なお、本例でも、前述したように、制御装置６は制御部６０を備え、該制御部６０で、エネルギー線検出装置１全体の制御が行われる。なお、エネルギー線検出処理部６１による制御以外は、公知の線量計の制御と同じであるため、ここでは、その説明を省略する。

[0303] 前述したように、エネルギー線検出装置１は、可曲性を有するエネルギー線検出装置とすることができることから、携帯用フィルムバッチ、携帯端末（携帯情報端末）等の携帯用の線量計に搭載したり、そのような携帯用の線量計として用いたりすることができる。

[0304] なお、図１９では、携帯用の線量計を例に挙げて図示しているが、据置型の線量計にも使用可能であることは、言うまでもない。

[0305] また、上記例示はあくまでも一例であって、エネルギー線としては、Ｘ線以外のエネルギー線であってもよいことも言うまでもない。

[0306] エネルギー線検出装置１は、前述したように、例えば、各ピクセルＳｘの半導体に流れる電流の総和を測定することで、微弱な放射線による電気的特性の変化量（例えばトランジスタに流れる電流量等）をピクセル数倍するこ

とができる。このため、線量計等、微弱な放射線の測定に応用することができる。

[0307] この場合、前述したように、例えば、総和した電気的特性の変化量に対応する放射線量を予め測定しておけば、各ピクセルＳｘの半導体に照射される放射線量や、単位面積当たりに放射される放射線量を算出することが可能である。

[0308] 以上のように、本発明の一態様に係るエネルギー線検出装置１は、上述したように、放射線検査装置等、エネルギー線の検出に用いられる様々な電子機器、あるいは、該電子機器に搭載されるエネルギー線検出器として好適に適用することができる。

[0309] 本発明の一態様により設計したエネルギー線検出装置１を、エネルギー線検出部あるいはエネルギー線検出器として用いることにより、医療用途、産業用用途を問わず、放射線検査装置等の、エネルギー線の検出を必要とする各種電子機器を提供することができる。

[0310] なお、本実施形態は、他の実施形態と適宜組み合わせることが可能である。

[0311] 上述した説明では、以上のように、本発明の好ましい実施形態を用いて本発明を例示してきたが、本発明は、これら実施形態に限定して解釈されるべきものではない。本発明は、特許請求の範囲によってその範囲が解釈されるべきであり、当業者は、本発明の具体的な好ましい実施形態の記載から、本発明の記載並びに技術常識に基づいて等価な範囲を実施することができる。また、本明細書において引用した文献は、その内容自体が具体的に本明細書に記載されているのと同様にその内容が本明細書に対する参考として援用されるべきであることが理解される。

[0312] 〔まとめ〕

本発明の態様１に係るエネルギー線検出装置１は、格子状に配され、照射されたエネルギー線の量に応じて電気的特性が変化する半導体（例えばＴＦＴ２０やダイオード接続ＴＦＴ９１を構成する半導体）と、各半導体の電気

的特性の変化からエネルギー線の情報を検出する検出部（例えば特性検出回路部５・７および制御装置６）と、を備えている。

[0313] 本発明の態様２に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１において、上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化として、各半導体の電気的特性の変化量を検出し、該変化量から、上記エネルギー線の情報として、各半導体に照射されたエネルギー線の量を検出してもよい。

[0314] 本発明の態様３に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１または２において、上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化から、上記エネルギー線の情報として、各半導体に照射されたエネルギー線のエネルギー分布を得るものであってもよい。

[0315] 本発明の態様４に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様３において、上記エネルギー分布を視覚化する表示部（例えば表示モニタ）をさらに備えていてもよい。

[0316] 本発明の態様５に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１～４の何れかにおいて、上記検出部は、上記半導体上のエネルギー線被照射体を透過したエネルギー線のエネルギー分布を検出してもよい。

[0317] 本発明の態様６に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１において、上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化から、上記エネルギー線の情報として、上記エネルギー線の有無を検出してもよい。

[0318] 本発明の態様７に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１において、上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化量の和から上記エネルギー線の情報を検出してもよい。

[0319] なお、各半導体の電気的特性の変化量の和は、上記全ての半導体の電気的特性の変化量の総和であってもよく、複数の半導体毎の和であってもよい。すなわち、例えば、上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化量の総和から上記エネルギー線の情報を検出してもよい。

[0320] 本発明の態様８に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１または７において、上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化量の和から、上記エネ

ルギー線の情報として、単位面積当たりに照射されたエネルギー線の量を検出してもよい。

[0321] 本発明の態様９に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１～８の何れかにおいて、上記半導体の活性層が酸化物半導体であってもよい。

[0322] 本発明の態様１０に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１または７において、上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化量の和から、上記エネルギー線の情報として、閾値を超える上記エネルギー線の有無を検出してもよい。

[0323] 本発明の態様１１に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１または７において、上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化量の和から、上記エネルギー線の情報として、各半導体に照射されたエネルギー線の量の和を検出してもよい。

[0324] 本発明の態様１２に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１、２、６～１１の何れかにおいて、上記エネルギー線の情報を報知する報知部（例えば表示モニタ）をさらに備えていてもよい。

[0325] 本発明の態様１３に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１２において、上記報知部は、音、光、振動、画像のうち少なくとも１つを用いて上記エネルギー線の情報を報知してもよい。

[0326] 本発明の態様１４に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１２または１３において、上記報知部は、上記エネルギー線の情報を視覚化する表示部（例えば表示モニタ）を備えていてもよい。

[0327] 本発明の態様１５に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１～１４の何れかにおいて、上記半導体は、可曲性を備えた絶縁基板（可曲性絶縁基板８０）上に形成されていてもよい。

[0328] 本発明の態様１６に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１～１５の何れかにおいて、上記半導体は半導体素子（例えばＴＦＴ２０、ダイオード９１）を構成していてもよい。

[0329] 本発明の態様１７に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６におい

て、上記電気的特性が上記半導体素子を流れる電流であってもよい。

[0330] 本発明の態様１８に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６または１７において、上記電気的特性が上記半導体素子のオン電流であってもよい。

[0331] 本発明の態様１９に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６または１７において、上記電気的特性が上記半導体素子のオフ電流であってもよい。

[0332] 本発明の態様２０に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６において、上記電気的特性が上記半導体素子の相互コンダクタンスであってもよい。

[0333] 本発明の態様２１に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６において、上記電気的特性が上記半導体素子の閾値電圧であってもよい。

[0334] 本発明の態様２２に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１～１５の何れかにおいて、上記半導体が、電荷を蓄積する容量素子（例えばＴＦＴ２０やダイオード９１で構成される容量素子）を構成していてもよい。

[0335] 本発明の態様２３に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様２２において、上記電気的特性が上記容量素子の容量であってもよい。

[0336] 本発明の態様２４に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様２２または２３において、上記容量素子が、半導体素子（例えばＴＦＴ２０、ダイオード９１）で構成されていてもよい。

[0337] 本発明の態様２５に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４の何れかにおいて、上記半導体素子はトランジスタ（例えばＴＦＴ２０）であってもよい。

[0338] 本発明の態様２６に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４の何れかにおいて、上記半導体素子はダイオード（例えばダイオード９１）であってもよい。

[0339] 本発明の態様２７に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～２６の何れかにおいて、上記半導体素子が、第１の絶縁膜２３と第

２の絶縁膜２４との積層構造を有するゲート絶縁膜２２を備えていてもよい。

[0340] 本発明の態様２８に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様２７において、上記第１の絶縁膜２３が窒素と珪素とを含むとともに、上記第２の絶縁膜２４が酸素と珪素とを含んでいてもよい。

[0341] 本発明の態様２９に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～２８の何れかにおいて、上記半導体素子の活性層２１の膜厚が１μｍ以下であってもよい。

[0342] 本発明の態様３０に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～２９の何れかにおいて、上記半導体素子の活性層２１の結晶構造が単結晶であってもよい。

[0343] 本発明の態様３１に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～３０の何れかにおいて、上記半導体素子の活性層２１の結晶構造が非単結晶であってもよい。

[0344] 本発明の態様３２に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～２９の何れかにおいて、上記半導体素子の活性層２１の結晶構造が非単結晶かつ非晶質であってもよい。

[0345] 本発明の態様３３に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～２９の何れかにおいて、上記半導体素子の活性層２１の結晶構造が非単結晶かつ多結晶であってもよい。

[0346] 本発明の態様３４に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～２９の何れかにおいて、上記半導体素子の活性層２１の結晶構造が非晶質中に結晶構造を有する部分を含んでいてもよい。

[0347] 本発明の態様３５に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～２９の何れかにおいて、上記半導体素子の活性層２１が、非晶質酸化物を有し、Ｉｎ－Ｚｎ－Ｇａ－Ｏ系酸化物、Ｉｎ－Ｚｎ－Ｇａ－Ｍｇ－Ｏ系酸化物、Ｉｎ－Ｚｎ－Ｏ系酸化物、Ｉｎ－Ｓｎ－系酸化物、Ｉｎ－Ｏ系酸化物、Ｉｎ－Ｇａ－Ｏ系酸化物、Ｓｎ－Ｉｎ－Ｚｎ－Ｏ系酸化物のうちの少

なくとも一つを含む非晶質酸化物を有していてもよい。

[0348] 本発明の態様３６に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様３５において、上記非晶質酸化物は、少なくとも一部が非晶質の酸化物であり、かつ、電子キャリア濃度が10^{18}／ｃｍ^{3}であってもよい。

[0349] 本発明の態様３７に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様３５または３６において、上記半導体素子が、ゲート電極Ｇ、ソース電極Ｓ、およびドレイン電極Ｄを備え、かつ、上記ゲート電極Ｇ、ソース電極Ｓ、およびドレイン電極Ｄのうち少なくとも１つの電極が酸化物で形成されていてもよい。

[0350] 本発明の態様３８に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～２６の何れかにおいて、上記半導体素子が、珪素と酸素とを含むゲート絶縁膜２２を備えていてもよい。

[0351] 本発明の態様３９に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～２６の何れかにおいて、上記半導体素子が、珪素と窒素とを含むゲート絶縁膜２２を備えていてもよい。

[0352] 本発明の態様４０に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様２７において、上記第１の絶縁膜２３が窒素と酸素と珪素とを含むとともに窒素を酸素よりも多く含み、上記第２の絶縁膜２４が窒素と酸素と珪素とを含むとともに酸素を窒素よりも多く含んでいてもよい。

[0353] 本発明の態様４１に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様２７、２８、４０の何れかにおいて、上記第１の絶縁膜２３の膜厚は上記第２の絶縁膜２４の膜厚よりも厚くてもよい。

[0354] 本発明の態様４２に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～３６、３８～４１の何れかにおいて、上記半導体素子が、ＴａＮ、ＴａＣ、ＴｉＮ、ＴｉＣＮ、ＴｉＡｌＮ、Ｗ、ＷＮ、Ｍｏの少なくとも一つを含むゲート電極材料からなるゲート電極Ｇを備えていてもよい。

[0355] 本発明の態様４３に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１の何れかにおいて、各半導体の電気的特性は、各半導体素子に接続された信号線を介して上記検出部に出力されてもよい。

[0356] 本発明の態様４４に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１６～２１、２４～４２の何れかにおいて、上記検出部は、各半導体の電気的特性を時系列で検出することにより、各半導体の電気的特性の変化を検出してもよい。

[0357] 本発明の態様４５に係るエネルギー線検出装置１は、上記態様１において、上記半導体は半導体素子（例えばＴＦＴ２０、ダイオード９１）であり、上記半導体素子にエネルギー線が照射されていないときは上記半導体素子がオフの状態になり、上記半導体素子にエネルギー線が照射されているときは上記半導体素子がオンの状態になるように、上記半導体素子に印加する駆動電圧（ゲート電圧）が調整されていてもよい。

[0358] 以上のように、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。さらに、各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を組み合わせることにより、新しい技術的特徴を形成することができる。

産業上の利用可能性

[0359] 本発明に係るエネルギー線検出装置は、放射線等のエネルギー線の検出に利用することができる。

符号の説明

[0360]
１ エネルギー線検出装置
２ アクティブマトリクス基板
３ ゲート電圧発生回路部
４ 基準電圧発生回路部
５ 特性検出回路部（検出部）
６ 制御装置（検出部）
７ 特性検出回路部
８ スイッチ駆動回路部

１０　絶縁性基板

１１　ゲート配線

１２　ソース配線

１３　スイッチ信号配線

２０　ＴＦＴ（半導体素子）

２１　活性層

２２　ゲート絶縁膜

２３　第１の絶縁膜

２４　第２の絶縁膜

３１　出力信号取り出し用端子

３２　接地用端子

４１　電流－電圧変換回路

４２　Ａ／Ｄ変換器

５０　記憶部

５１　第１記憶部

５２　第２記憶部

６０　制御装置（検出部）

６０　制御部（検出部）

６１　エネルギー線検出処理部（検出部）

７１　放射線発生装置

８０　可曲性絶縁基板

８１　ガラス基板

９１　ダイオード

Ｇ　ゲート電極

Ｓ　ソース電極

Ｄ　ドレイン電極

Ｓ１～Ｓｎｍ　ピクセル

ＳＬ１～ＳＬｎｍ　信号配線

Ｓｗ　　スイッチ

請求の範囲

[請求項1] 格子状に配され、照射されたエネルギー線の量に応じて電気的特性が変化する半導体と、

各半導体の電気的特性の変化から上記エネルギー線の情報を検出する検出部と、を備えていることを特徴とするエネルギー線検出装置。

[請求項2] 上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化として、各半導体の電気的特性の変化量を検出し、該変化量から、上記エネルギー線の情報として、各半導体に照射されたエネルギー線の量を検出することを特徴とする請求項１に記載のエネルギー線検出装置。

[請求項3] 上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化から、上記エネルギー線の情報として、各半導体に照射されたエネルギー線のエネルギー分布を得ることを特徴とする請求項１または２に記載のエネルギー線検出装置。

[請求項4] 上記エネルギー分布を視覚化する表示部をさらに備えていることを特徴とする請求項３に記載のエネルギー線検出装置。

[請求項5] 上記検出部は、各半導体の電気的特性の変化量の和から、上記エネルギー線の情報として、単位面積当たりに照射されたエネルギー線の量を検出することを特徴とする請求項１に記載のエネルギー線検出装置。

[請求項6] 上記半導体の活性層が酸化物半導体であることを特徴とする請求項１～５の何れか１項に記載のエネルギー線検出装置。

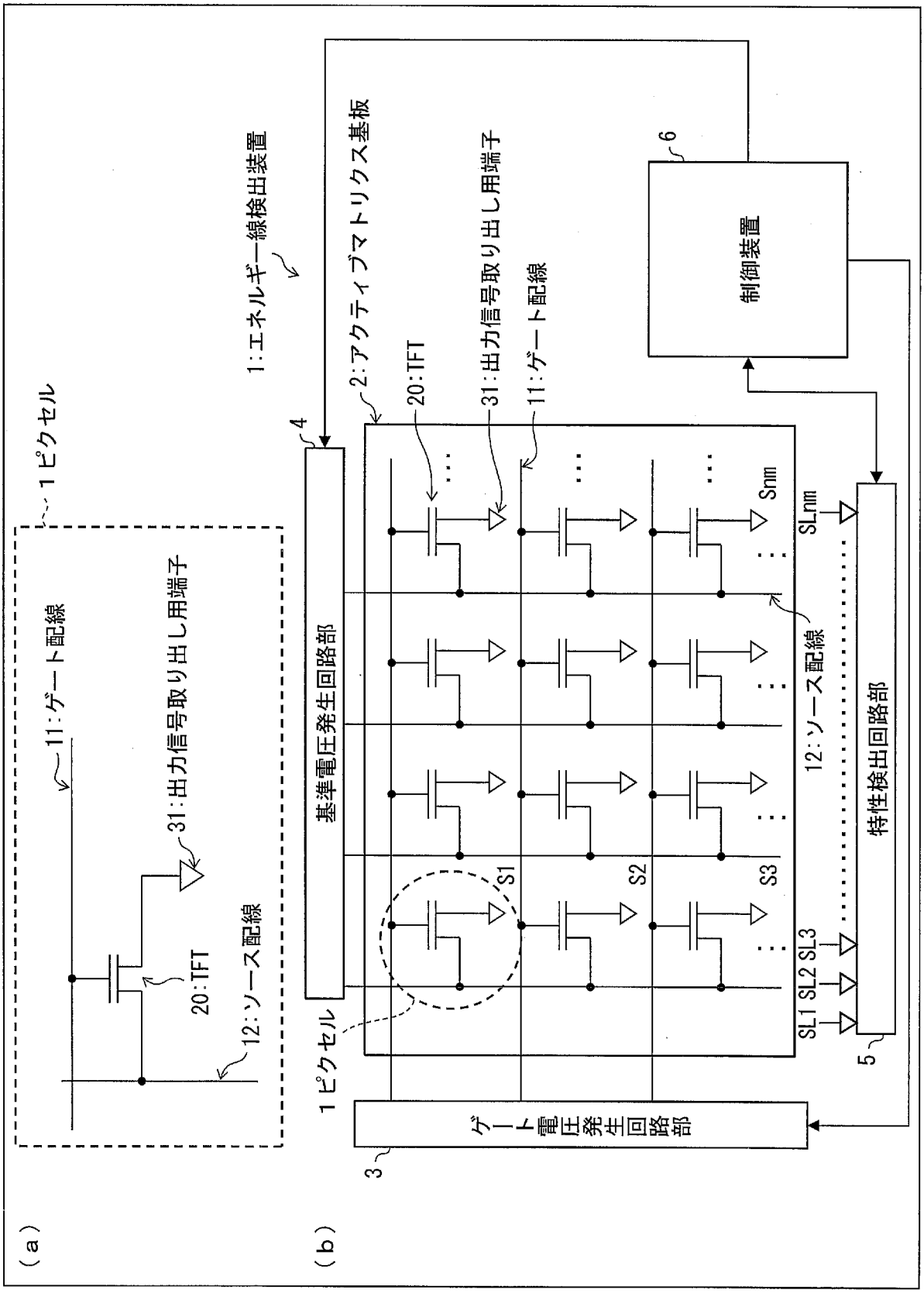
[請求項7] 上記半導体は半導体素子を構成していることを特徴とする請求項１～６の何れか１項に記載のエネルギー線検出装置。

[請求項8] 上記半導体素子はトランジスタであることを特徴とする請求項７に記載のエネルギー線検出装置。

WO 2015/107777 PCT/JP2014/081229

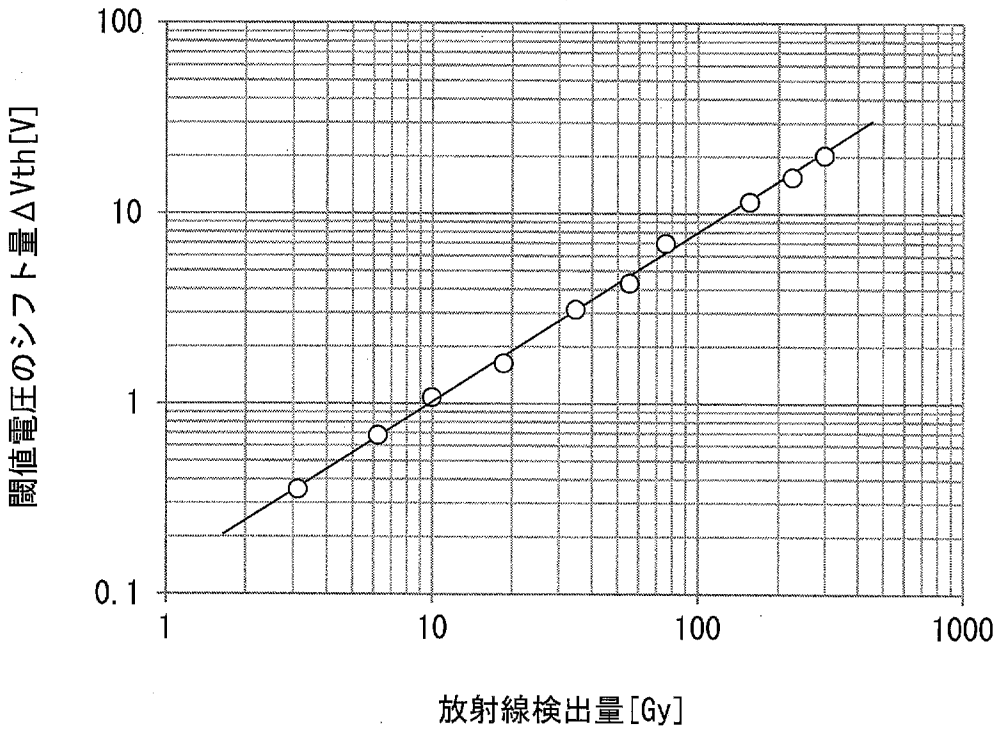
[図1]

図 1



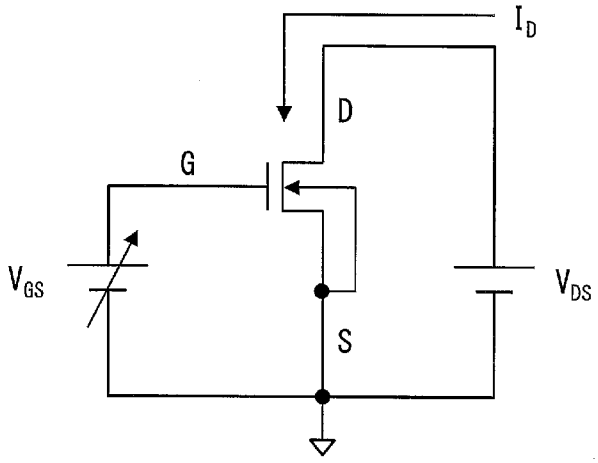
[図2]

図 2


100
10
1
0.1
1
10
100
1000
閾値電圧のシフト量ΔVth[V]
放射線検出量[Gy]

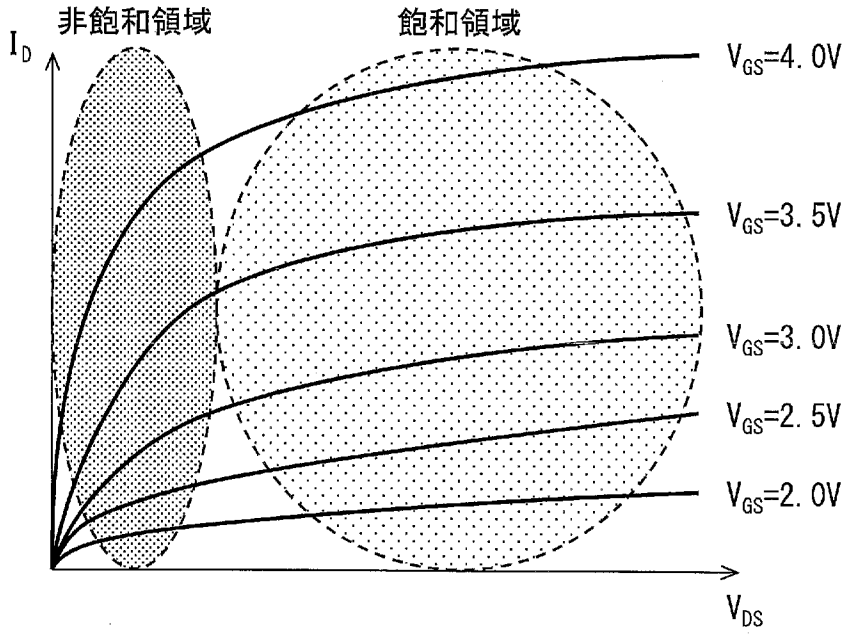
[図3]

図 3


I_D
D
G
V_{GS}
V_{DS}
S

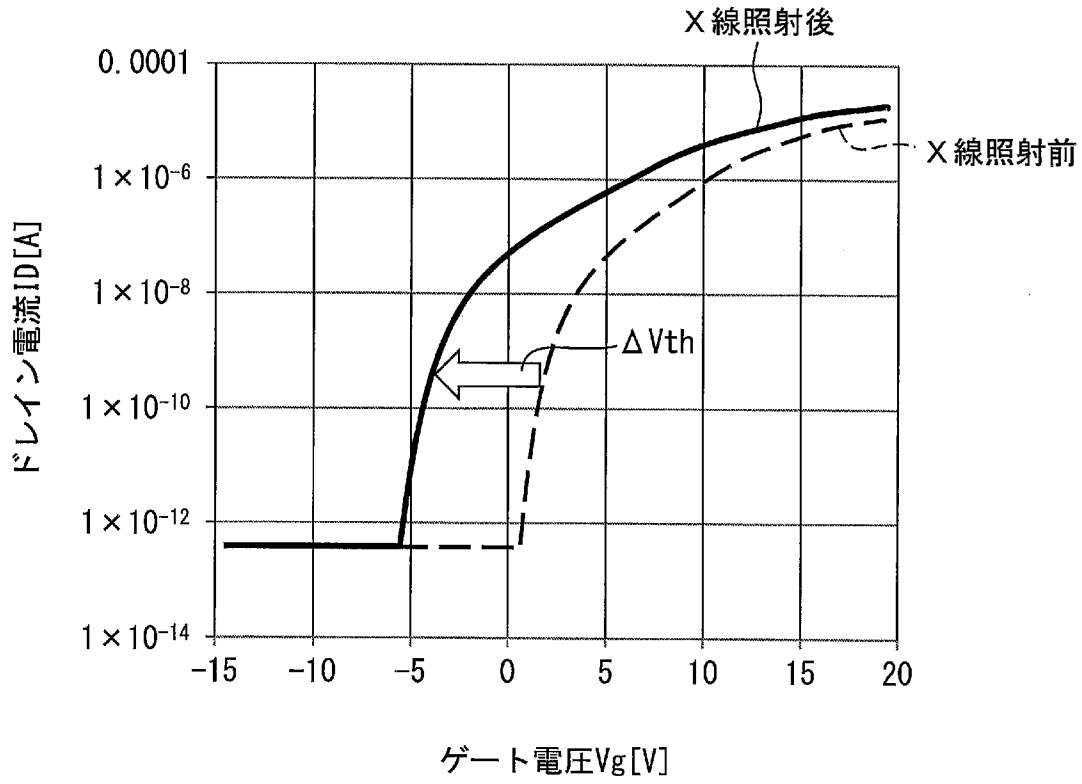
[図4]

図 4


非飽和領域
飽和領域
I_D
V_{GS}=4.0V
V_{GS}=3.5V
V_{GS}=3.0V
V_{GS}=2.5V
V_{GS}=2.0V
V_{DS}

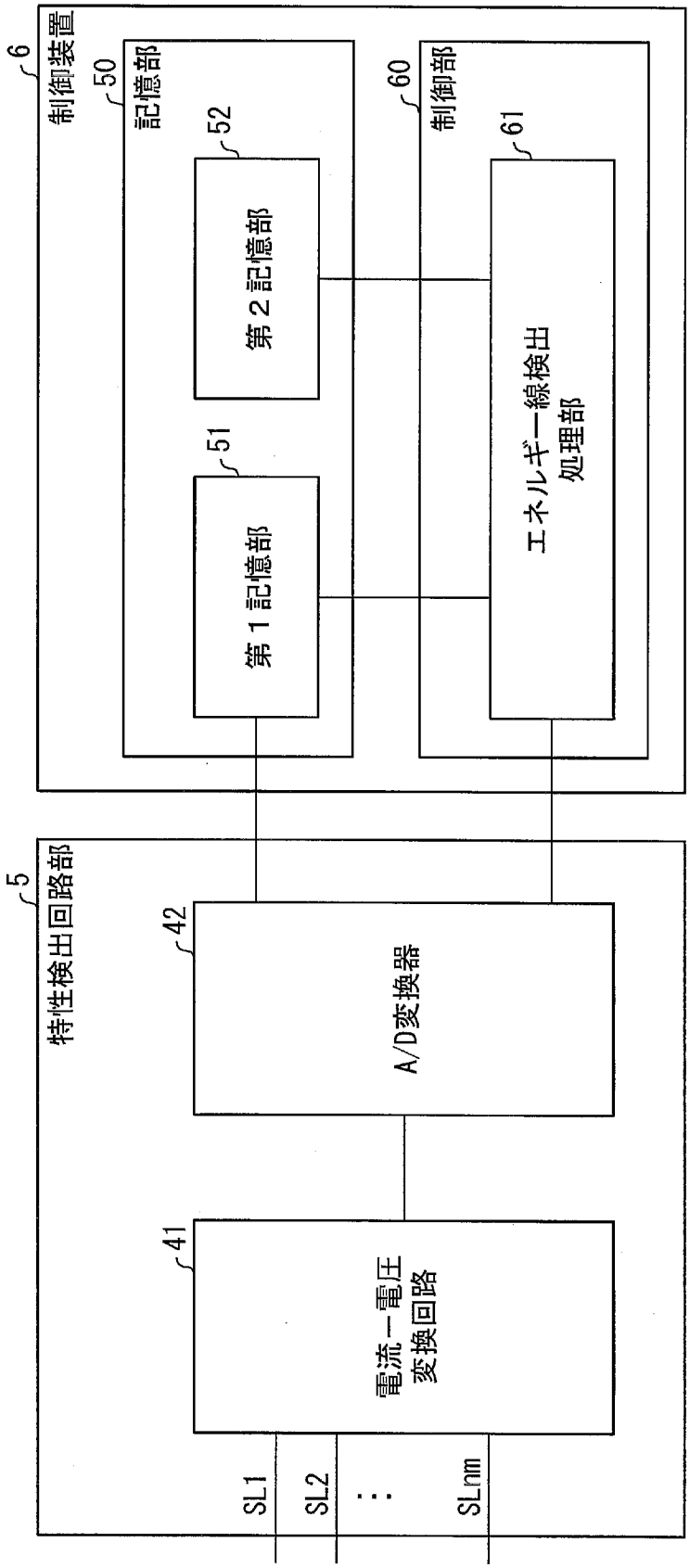
[図5]

図 5


X線照射後
X線照射前
ΔVth
0.0001
1×10^{-6}
1×10^{-8}
1×10^{-10}
1×10^{-12}
1×10^{-14}
ドレイン電流ID[A]
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
ゲート電圧Vg[V]

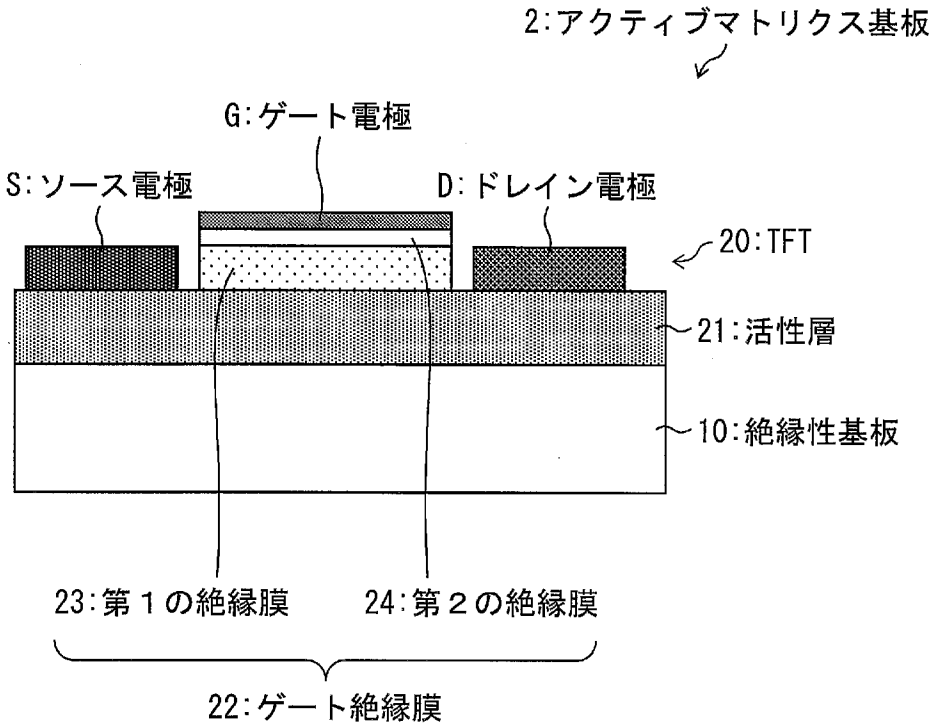
[図6]

図 6


6
制御装置
50
記憶部
52
第２記憶部
51
第１記憶部
60
制御部
61
エネルギー線検出
処理部
5
特性検出回路部
42
A/D変換器
41
電流ー電圧
変換回路
SL1
SL2
SLnm

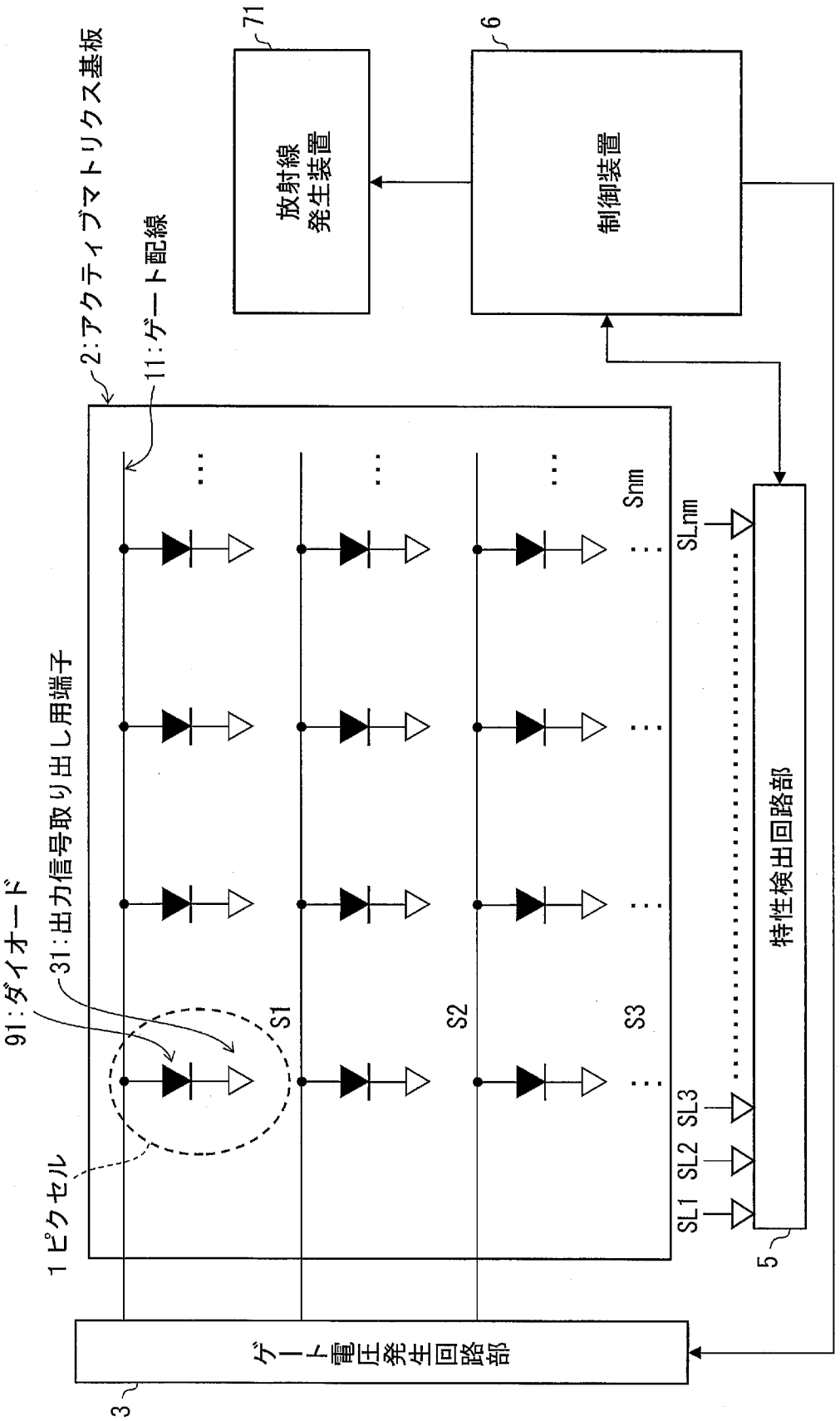
[図7]

図 7


2:アクティブマトリクス基板
G:ゲート電極
S:ソース電極
D:ドレイン電極
20:TFT
21:活性層
10:絶縁性基板
23:第１の絶縁膜
24:第２の絶縁膜
22:ゲート絶縁膜

[図8]

図 8


71
放射線
発生装置
6
制御装置
2:アクティブマトリクス基板
11:ゲート配線
91:ダイオード
31:出力信号取り出し用端子
1ピクセル
S1
S2
S3
Snm
SLnm
SL1
SL2
SL3
特性検出回路部
5
ゲート電圧発生回路部
3

[図9]

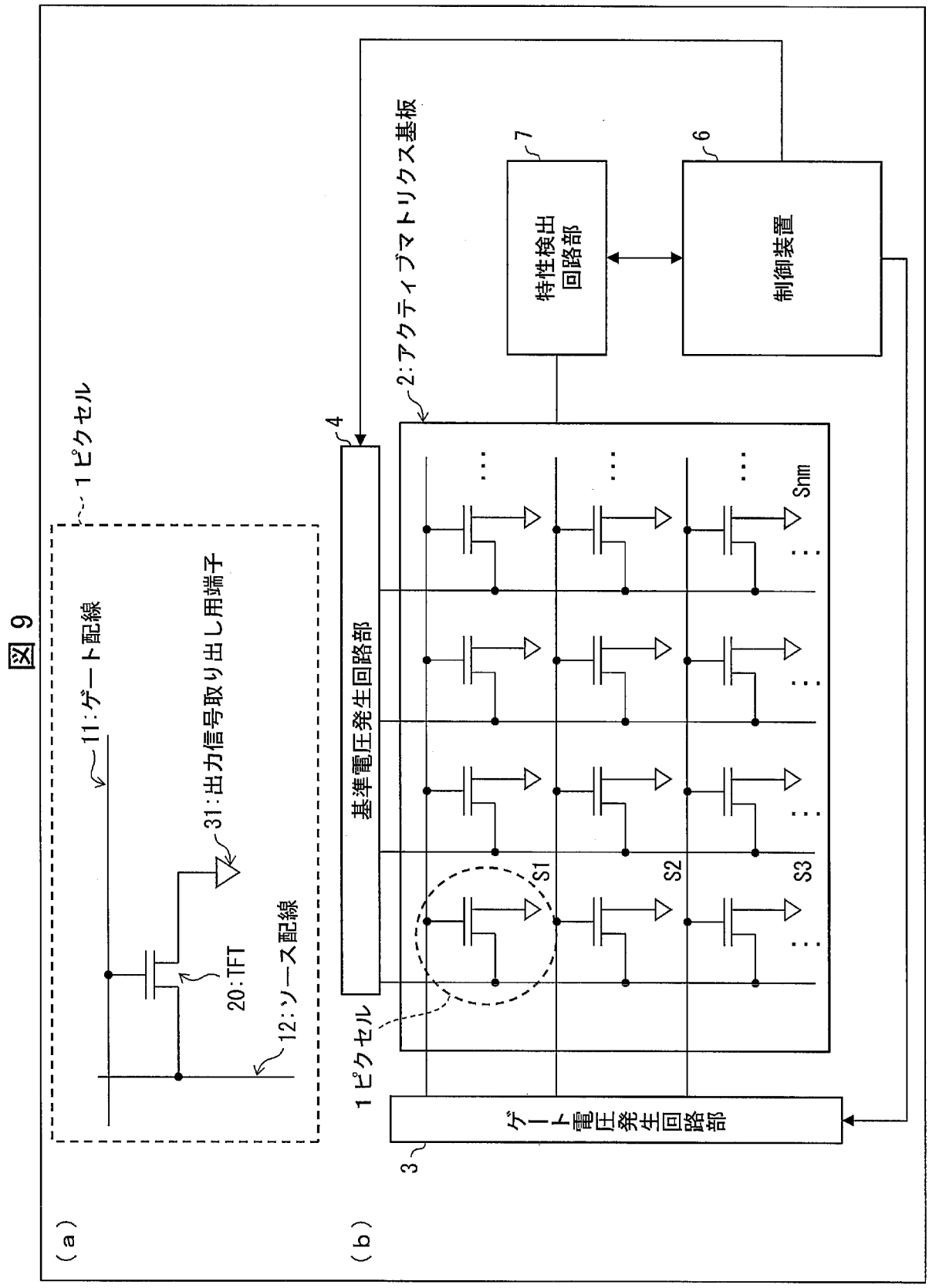


図 9
(a)
1ピクセル
11:ゲート配線
31:出力信号取り出し用端子
20:TFT
12:ソース配線
(b)
1ピクセル
4
基準電圧発生回路部
2:アクティブマトリクス基板
7
特性検出回路部
6
制御装置
Snm
S1
S2
S3
3
ゲート電圧発生回路部

[図10]

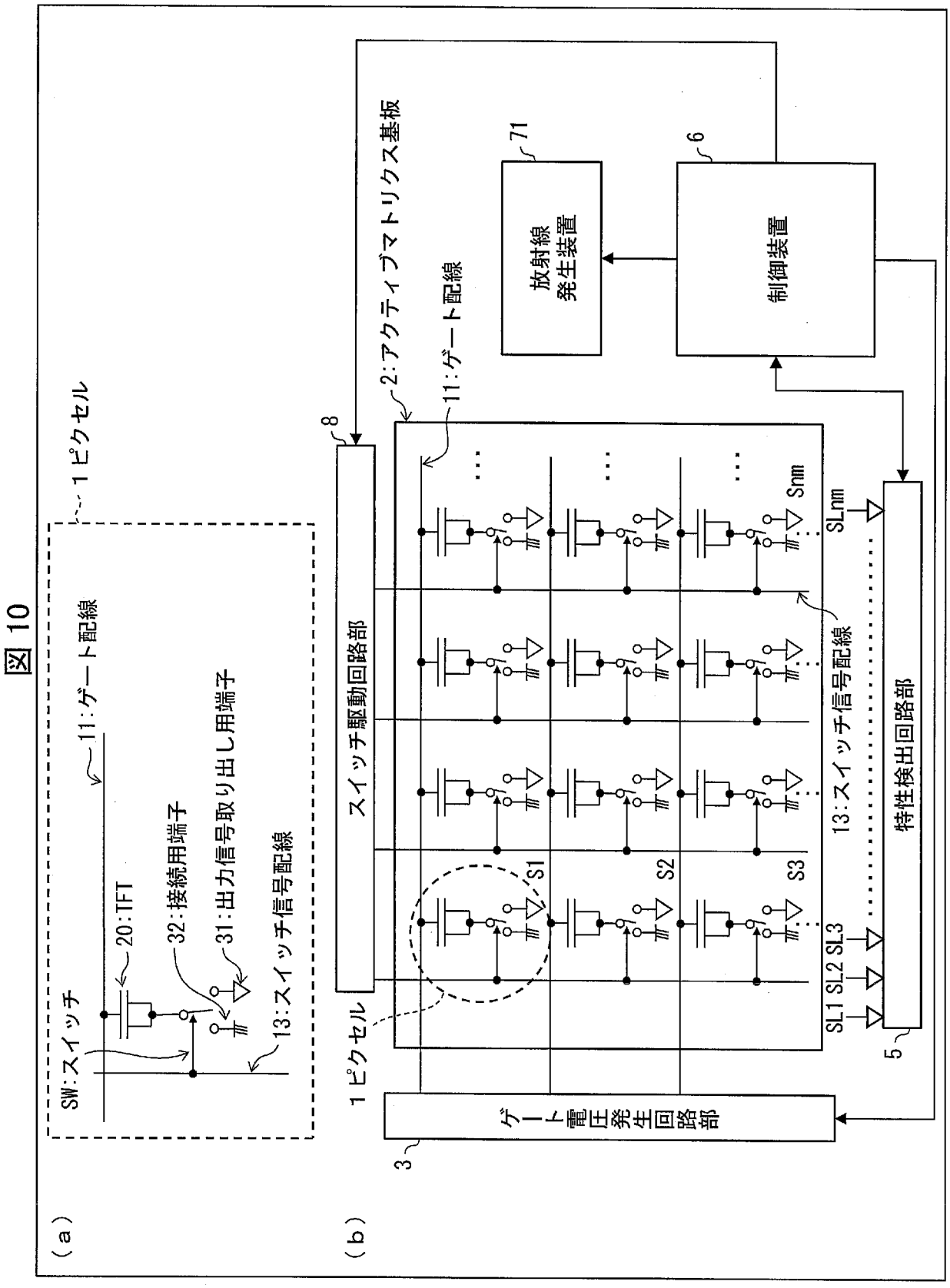
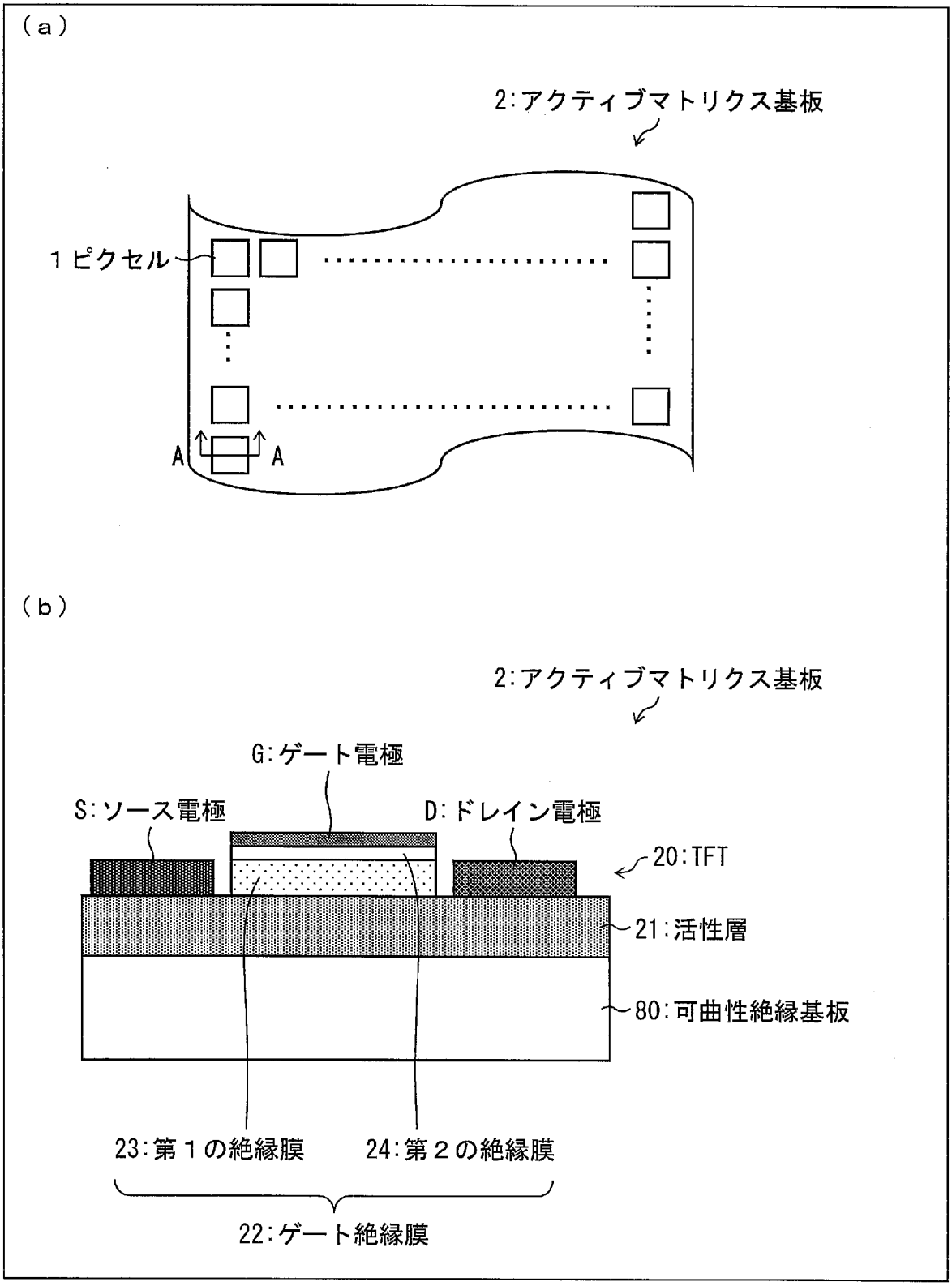


図 10
（a）
1ピクセル
11:ゲート配線
SW:スイッチ
20:TFT
32:接続用端子
31:出力信号取り出し用端子
13:スイッチ信号配線
（b）
1ピクセル
8
スイッチ駆動回路部
2:アクティブマトリクス基板
11:ゲート配線
71
放射線発生装置
6
制御装置
Snm
SLnm
S1
S2
S3
13:スイッチ信号配線
SL1 SL2 SL3
特性検出回路部
5
3
ゲート電圧発生回路部

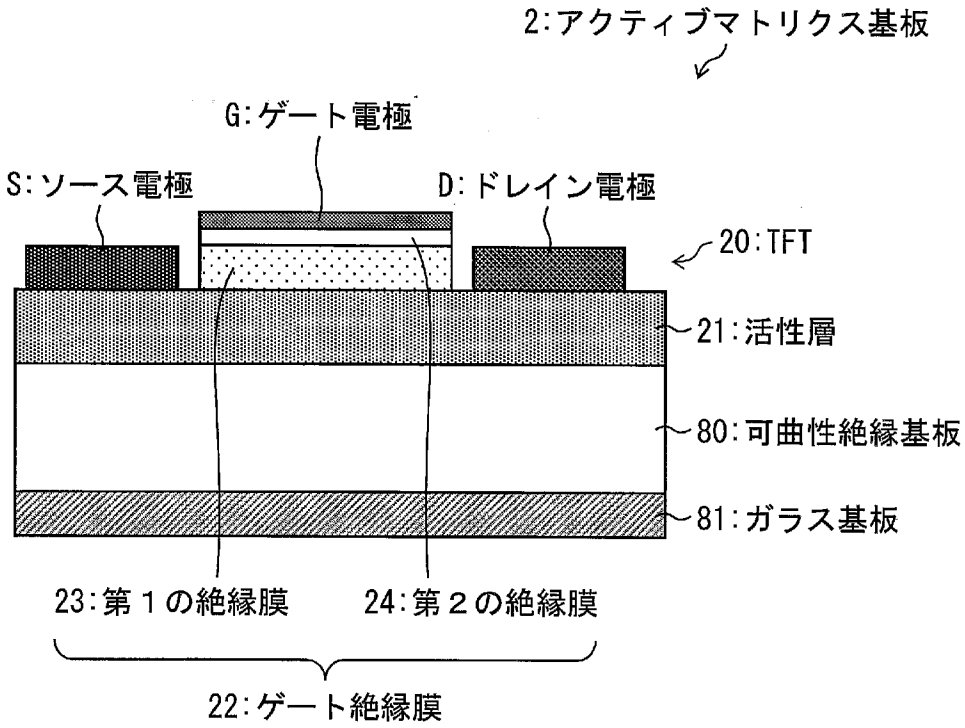
[図11]

図 11


(a)
2:アクティブマトリクス基板
1ピクセル
A
A
(b)
2:アクティブマトリクス基板
G:ゲート電極
S:ソース電極
D:ドレイン電極
20:TFT
21:活性層
80:可曲性絶縁基板
23:第1の絶縁膜
24:第2の絶縁膜
22:ゲート絶縁膜

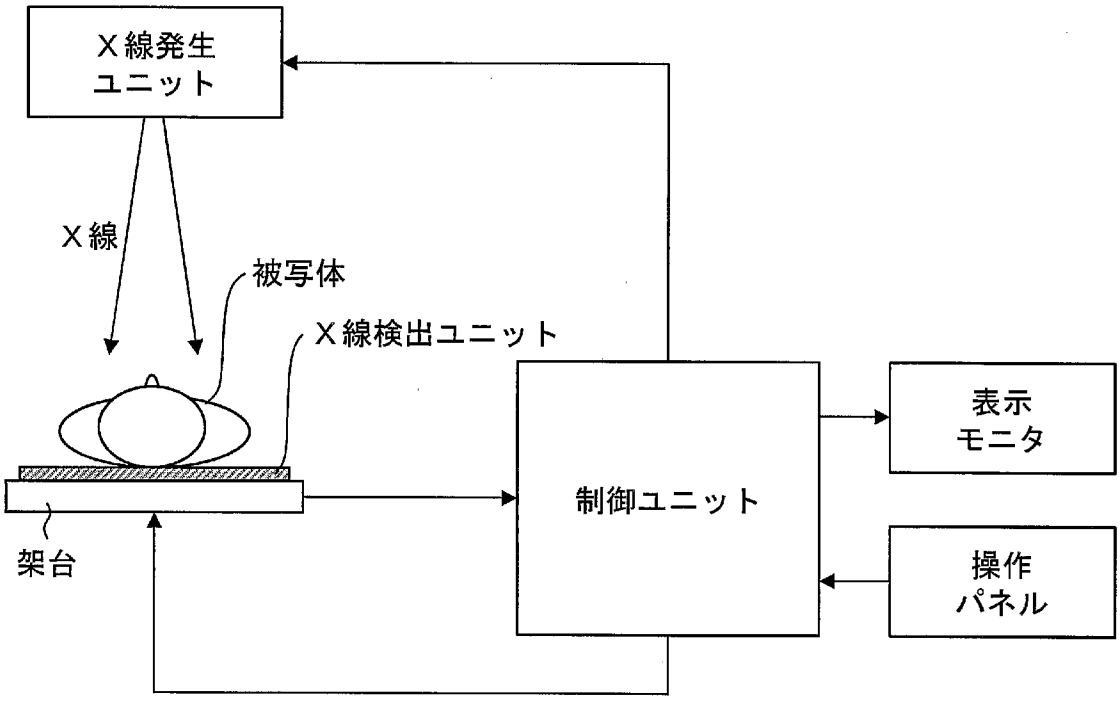
[図12]

図 12



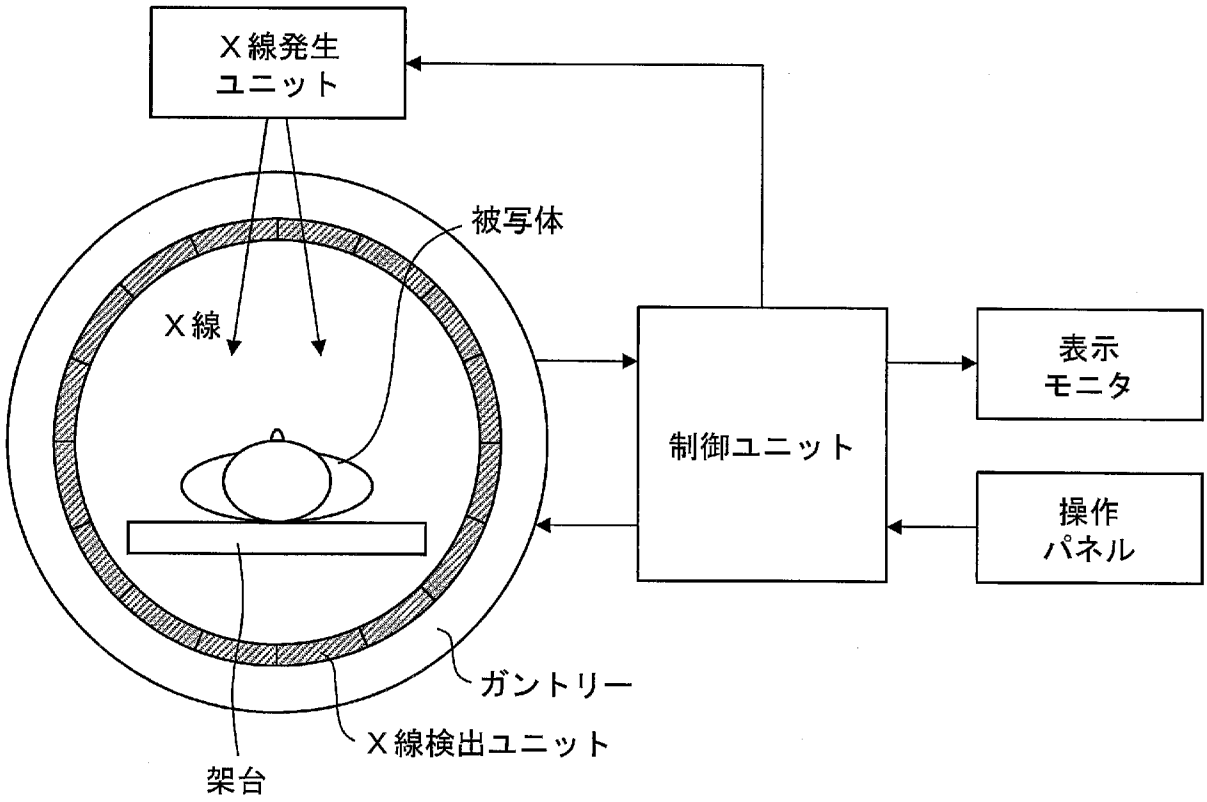
[図13]

図 13



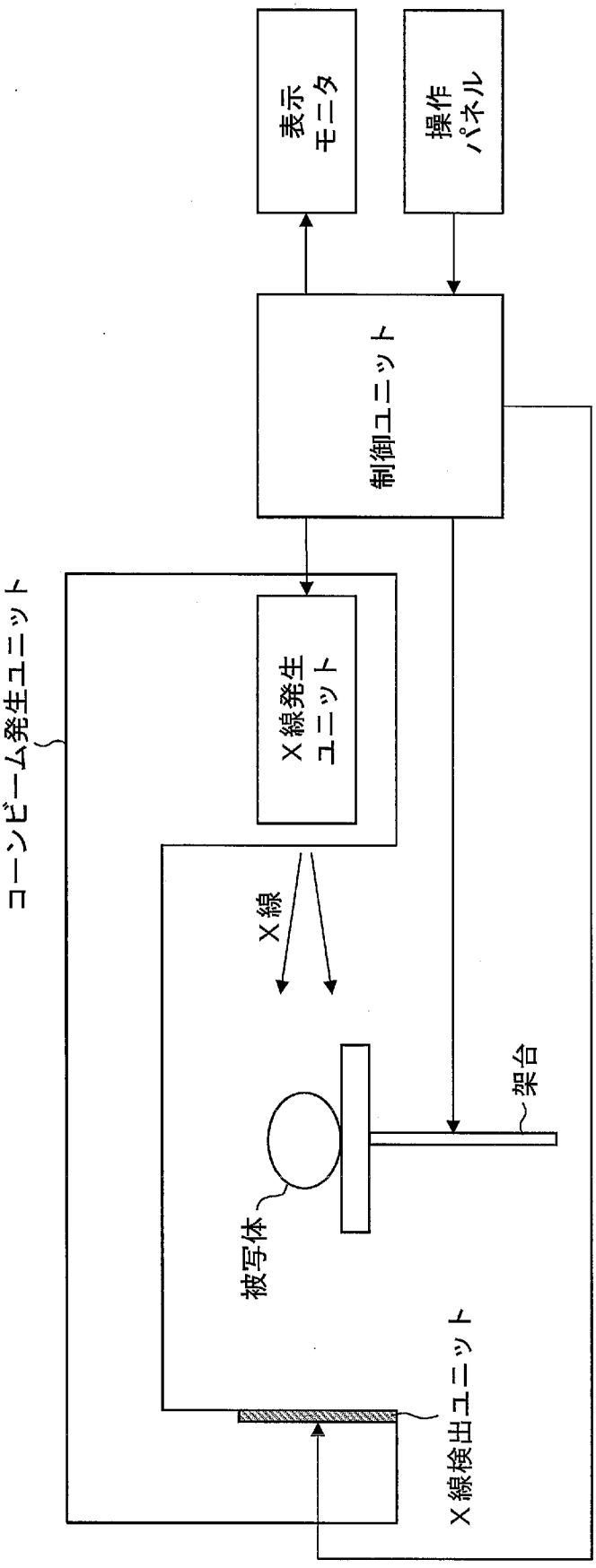
[図14]

図 14



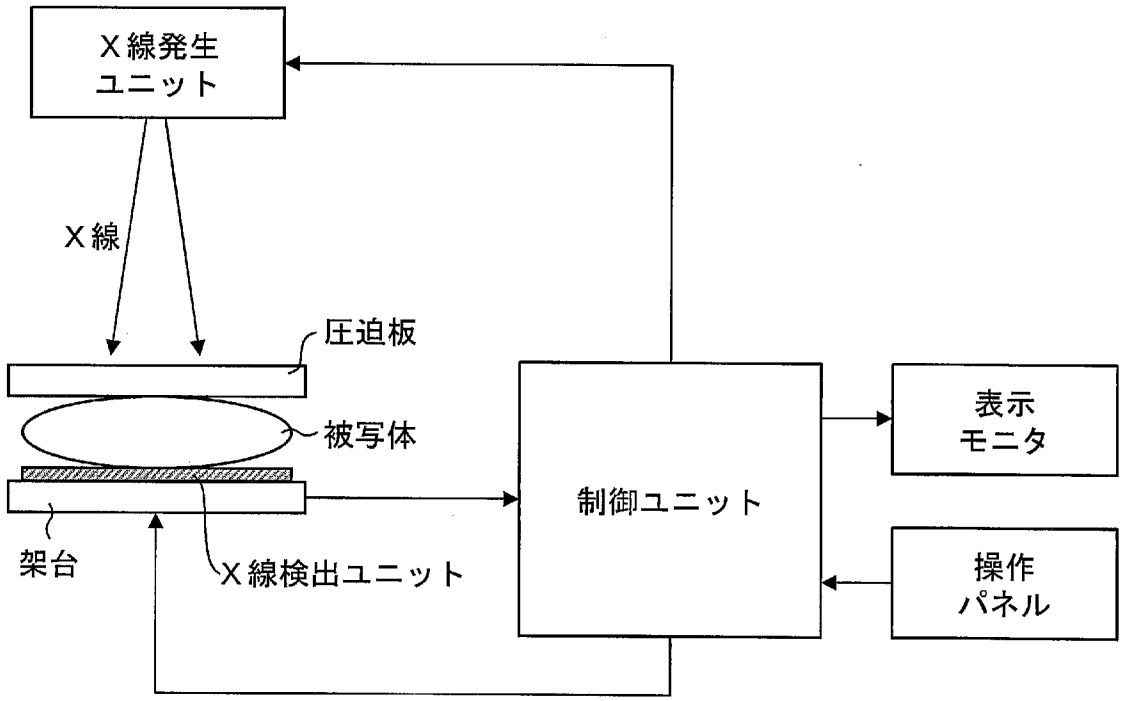
[図15]

図 15


表示
モニタ
操作
パネル
制御ユニット
コーンビーム発生ユニット
X線発生
ユニット
X線
架台
被写体
X線検出ユニット

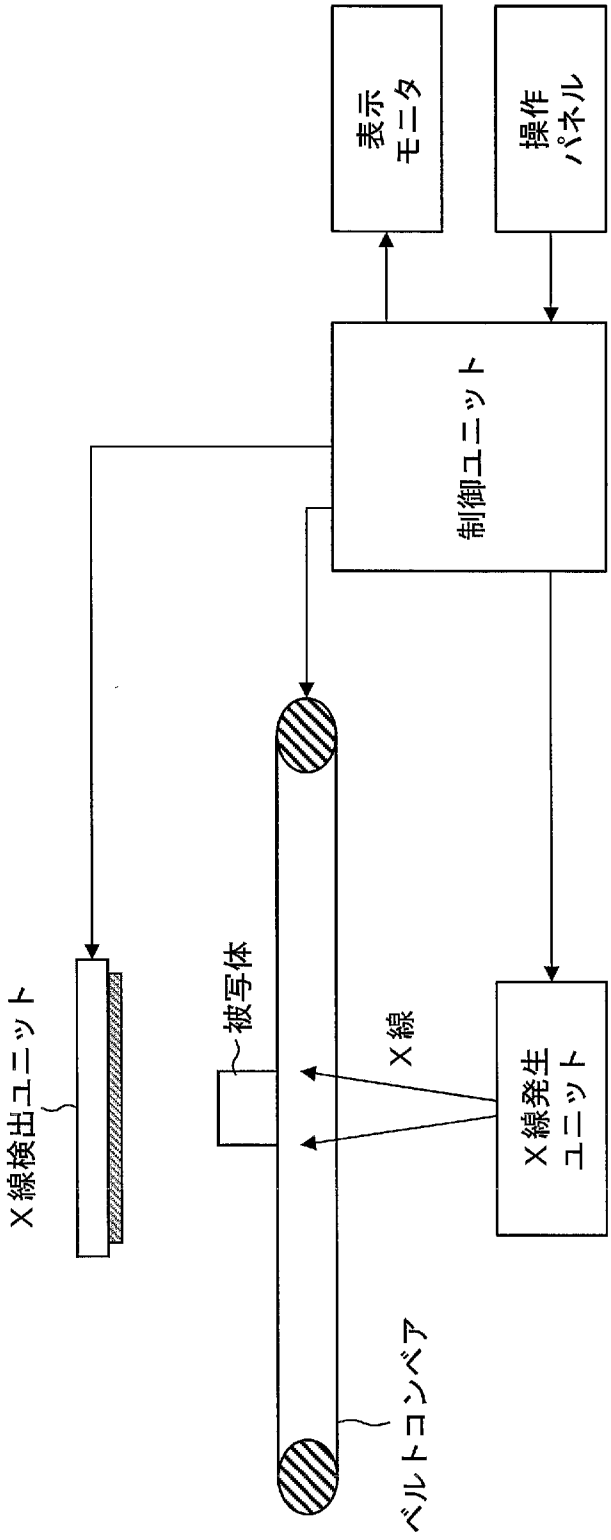
[図16]

図 16



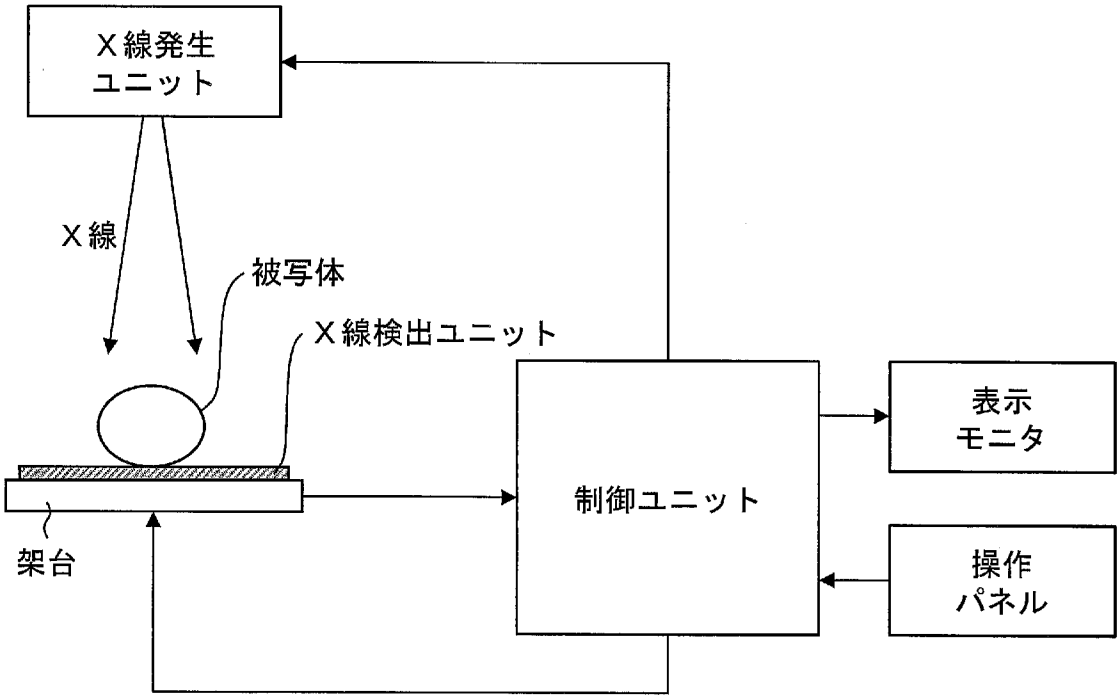
[図17]

図 17



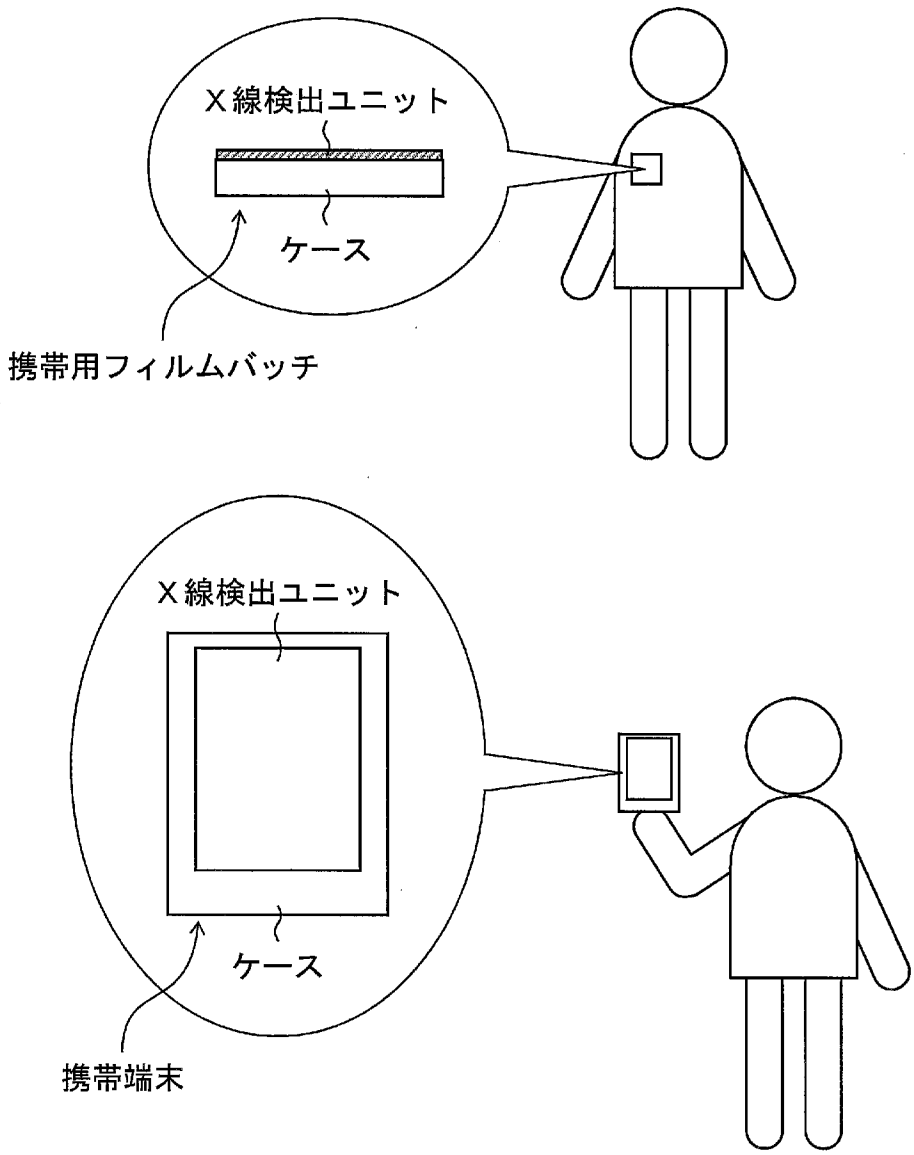
[図18]

図 18



[図19]

図 19



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/081229

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01T1/24(2006.01)i, *H01L27/144*(2006.01)i, *H01L27/146*(2006.01)i, *H01L31/08*(2006.01)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)
G01T1/24, H01L27/144, H01L27/146, H01L31/08

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.
X Y	JP 2008-520999 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 19 June 2008 (19.06.2008), fig. 2 to 3; paragraphs [0017] to [0021], [0027] to [0029] & US 2009/0146068 A1 & EP 1817610 A1 & WO 2006/056916 A1 & CN 101065684 A	1-2,5-8 3-4
Y	MARTIN M N ET AL, FGMOS Dosimetry: Design and Implementation, IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE IEEE, 2001.12, vol. 48, no. 6, pages 2050-2055, page 2052, paragraph III - paragraph IV	3-4

☒ 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
18 February 2015 (18.02.15)	03 March 2015 (03.03.15)

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/JP2014/081229

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 2004-279277 A (Seiko Epson Corp.), 07 October 2004 (07.10.2004), fig. 1 to 3; paragraphs [0021] to [0022] (Family: none)	1-8
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 119401/1990(Laid-open No. 075986/1992) (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 02 July 1992 (02.07.1992), fig. 1 to 4; page 19, line 5 to page 20, line 19 (Family: none)	1-8
A	JP 2009-265074 A (Epson Imaging Devices Corp.), 12 November 2009 (12.11.2009), fig. 11, 15; paragraphs [0059] to [0067] & US 2009/0248344 A1 & US 7885778 B2 & CN 101552278 A & CN 101552278 B & TW 200945311 A & TW I416484 B	3-4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０８１２２９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01T1/24(2006.01)i, H01L27/144(2006.01)i, H01L27/146(2006.01)i, H01L31/08(2006.01)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.　G01T1/24, H01L27/144, H01L27/146, H01L31/08

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
X Y	JP 2008-520999 A（コーニンクレッカ　フィリップス　エレクトロニクス　エヌ　ヴィ） 2008.06.19, 第２－３図, 第【００１７】－【００２１】段落, 第【００２７】－【００２９】段落 & US 2009/0146068 A1 & EP 1817610 A1 & WO 2006/056916 A1 & CN 101065684 A	1-2,5-8 3-4
Y	MARTIN M N ET AL, FGMOS Dosimetry: Design and Implementation, IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE IEEE, 2001.12, vol. 48, no. 6, pages 2050-2055, page 2052, paragraph III - paragraph IV	3-4

☑　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 １８．０２．２０１５	国際調査報告の発送日 ０３．０３．２０１５
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）　２Ｉ　５５５２ 青木　洋平 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７３

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 2004-279277 A (セイコーエプソン株式会社) 2004.10.07, 第１－３図, 第【００２１】－【００２２】段落（ファミリーなし）	1-8
A	日本国実用新案登録出願02-119401号(日本国実用新案登録出願公開04-075986号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（沖電気工業株式会社） 1992.07.02, 第１－４図, 第１９頁第５行目－第２０頁第１９行目(ファミリーなし)	1-8
A	JP 2009-265074 A (エプソンイメージングデバイス株式会社) 2009.11.12, 第１１図, 第１５図, 第【００５９】－【００６７】段落 & US 2009/0248344 A1 & US 7885778 B2 CN 101552278 A & CN 101552278 B & TW 200945311 A & TW I416484 B	3-4