

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6164924号
(P6164924)

(45) 発行日 平成29年7月19日 (2017. 7. 19)

(24) 登録日 平成29年6月30日 (2017. 6. 30)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 27/146 (2006. 01)

H O 1 L 27/146 C

H O 1 L 27/144 (2006. 01)

H O 1 L 27/144 K

G O 1 T 7/00 (2006. 01)

G O 1 T 7/00 A

H O 4 N 5/376 (2011. 01)

H O 4 N 5/376

H O 4 N 5/32 (2006. 01)

H O 4 N 5/32

請求項の数 12 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-103325 (P2013-103325)
 (22) 出願日 平成25年5月15日 (2013. 5. 15)
 (65) 公開番号 特開2014-225525 (P2014-225525A)
 (43) 公開日 平成26年12月4日 (2014. 12. 4)
 審査請求日 平成28年5月10日 (2016. 5. 10)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 渡辺 実
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内
 (72) 発明者 横山 啓吾
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検出装置、及び、検出システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可視光を透過し得る基板と、前記基板側から順に画素電極と不純物半導体層と半導体層とを有して放射線又は光を電荷に変換する変換素子と、前記基板を透過して前記半導体層へ可視光を照射するための光源と、

を含む検出装置であって、

前記画素電極は、前記半導体層の正射影と重なる領域内に位置する間隙を備える金属層を含み、

前記基板と前記画素電極との間に配置されたトランジスタと、前記トランジスタに電氣的に接続された配線を更に含み、前記配線は、前記間隙の正射影を含む位置に間隙が備えられていることを特徴とする検出装置。

【請求項 2】

各々が、前記変換素子と、前記画素電極に電氣的に接続され前記電荷を転送する前記トランジスタと、を含み、前記基板の上に行列状に配置された複数の画素と、

前記電荷に基づく画像信号を前記複数の画素から出力するために前記複数の画素のトランジスタを行単位で順次駆動する駆動回路と、

を含み、

前記変換素子の容量を C S、前記トランジスタのオン抵抗を R O N、要求される S / N

10

20

比を満たす前記画像信号を出力するために前記駆動回路が前記複数の画素のトランジスタを行単位で順次駆動するのに必要な時間を T 、前記複数の画素の行数を n 、前記不純物半導体層及び前記画素電極からなる部材の抵抗を RS とすると、

$$RS \leq T / (n \times CS) - RON$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の検出装置。

【請求項 3】

前記基板及び前記トランジスタと前記画素電極との間には層間絶縁層が配置されており、

前記層間絶縁層は、前記画素電極と前記トランジスタとを電氣的に接続するためのコンタクトホールが設けられており、

前記コンタクトホールにおいて前記トランジスタと前記画素電極とが電氣的に接続されることを特徴とする請求項 2 に記載の検出装置。

【請求項 4】

前記画素電極は、前記金属層と前記不純物半導体層との間に配置された導電層を更に含み、

前記導電層は、金属材料又は合金材料からなり、前記金属層よりも光透過率が高く、前記金属層と接しており、且つ、前記間隙において前記不純物半導体層と接していることを特徴とする請求項 3 に記載の検出装置。

【請求項 5】

前記画素電極は、前記金属層と前記層間絶縁層との間に配置された導電層を更に含み、

前記導電層は、前記金属層よりも光透過率が高く、前記金属層と接しており、前記間隙において前記不純物半導体層と接していることを特徴とする請求項 3 に記載の検出装置。

【請求項 6】

前記導電層は、透明導電性酸化物からなることを特徴とする請求項 5 に記載の検出装置。

【請求項 7】

前記層間絶縁層の表面を画素電極と覆うように配置された被覆部材を更に有することを特徴とする請求項 3 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 8】

前記金属層の間隙は、前記コンタクトホールに位置する領域を除いて備えられることを特徴とする請求項 3 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 9】

前記半導体層は非晶質シリコンからなり、前記不純物半導体層は n 型の非晶質シリコンからなることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 10】

前記変換素子は、前記画素電極と対向して配置された対向電極と、前記半導体層と前記対向電極との間に配置された p 型の非晶質シリコンからなる他の不純物半導体層と、を更に有することを特徴とする請求項 9 に記載の検出装置。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の検出装置と、

前記検出装置からの信号を処理する信号処理手段と、

前記信号処理手段からの信号を記録するための記録手段と、

前記信号処理手段からの信号を表示するための表示手段と、

前記信号処理手段からの信号を伝送するための伝送処理手段と、

を具備する検出システム。

【請求項 12】

前記検出装置に向かって放射線を出射する放射線源を更に含む請求項 11 に記載の検出システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、医療用画像診断装置、非破壊検査装置、放射線を用いた分析装置などに応用される検出装置、及び、検出システムに関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

近年、薄膜半導体製造技術は、TFT（薄膜トランジスタ）等のスイッチ素子と、フォトダイオード等の放射線又は光を電荷に変換する変換素子と、を組み合わせた画素のアレイ（画素アレイ）を有する検出装置にも利用されている。従来の検出装置として、特許文献1には、基板の上に配置されたスイッチ素子と、スイッチ素子の上に配置されスイッチ素子と電氣的に接続された変換素子と、基板及びスイッチ素子と変換素子との間に配置された層間絶縁層と、を含む検出装置が開示されている。また、特許文献1の変換素子は、スイッチ素子と電氣的に接続された画素電極と、画素電極と対向して配置された対向電極と、画素電極と対向電極との間に配置された半導体層と、画素電極と半導体層との間に配置された不純物半導体層と、を有する。この画素電極には、残像低減のための光の照射の効率化等のため、透明導電性酸化物が用いられている。また、特許文献2では、画素電極には、残像低減のための光の照射の効率化のために、半導体層が配置された領域内に間隙が設けられている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

20

【特許文献1】特開2002-026300号公報

【特許文献2】特開2007-329434号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、特許文献1の構成では、不純物半導体層と透明導電性酸化物の密着性と、変換素子の暗電流特性と、の両立が困難であった。不純物半導体層と透明導電性酸化物との間の密着性を向上させようとする、変換素子の暗電流特性の低下を招き、逆に、変換素子の暗電流特性を向上させようとする、不純物半導体層と透明導電性酸化物との間の密着性の低下を招く。また、特許文献2の構成では、画素電極の間隙によって変換素子とスイッチ素子との接続抵抗が増大し、例えば30fpsといったフレームレートに十分な転送速度の確保が困難となる恐れがある。そこで、本願発明では、不純物半導体層と画素電極の良好な密着性、変換素子の良好な暗電流特性、及び、良好な転送速度の確保が可能な検出装置を提供することを課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本発明の検出装置は、可視光を透過し得る基板と、基板側から順に画素電極と不純物半導体層と半導体層とを有して放射線又は光を電荷に変換する変換素子と、前記基板を透過して前記半導体層へ可視光を照射するための光源と、を含む検出装置であって、前記画素電極は、前記半導体層の正射影と重なる領域内に位置する間隙を備える金属層を含み、前記基板と前記画素電極との間に配置されたトランジスタと、前記トランジスタに電氣的に接続された配線を更に含み、前記配線は、前記間隙の正射影を含む位置に間隙が備えられていることを特徴とする。また、本発明の検出システムは、前記検出装置と、前記検出装置からの信号を処理する信号処理手段と、前記信号処理手段からの信号を記録するための記録手段と、前記信号処理手段からの信号を表示するための表示手段と、前記信号処理手段からの信号を伝送するための伝送処理手段と、を具備する。

40

【発明の効果】

【 0 0 0 6 】

本願発明により、不純物半導体層と画素電極の良好な密着性、変換素子の良好な暗電流特性、及び、良好な転送速度の確保が可能な検出装置を提供することが可能となる。

50

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】第1の実施形態に係る検出装置の1画素あたりの平面模式図、1画素あたりの画素電極の平面模式図、及び、1画素あたりの断面模式図である。

【図2】第1の実施形態の他の例に係る検出装置の1画素あたりの平面模式図である。

【図3】検出装置の模式的等価回路図である。

【図4】検出装置の構成を説明するための断面模式図である。

【図5】第2の実施形態に係る検出装置の1画素あたりの平面模式図及び断面模式図である。

【図6】第3の実施形態に係る検出装置の1画素あたりの平面模式図である。

10

【図7】第4の実施形態に係る検出装置の1画素あたりの平面模式図である。

【図8】第5の実施形態に係る検出装置の1画素あたりの平面模式図である。

【図9】本発明の検出装置を用いた放射線検出システムの概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明の実施形態について、添付の図面を参照して具体的に説明する。なお、本明細書では、放射性崩壊によって放出される粒子（光子を含む）の作るビームである線、線、線などの他に、同程度以上のエネルギーを有するビーム、例えばX線や粒子線、宇宙線なども、放射線に含まれるものとする。

【0009】

20

（第1の実施形態）

先ず、図1（a）～図1（c）を用いて第1の実施形態に係る検出装置について説明する。図1（a）は検出装置を構成する1画素の平面模式図であり、図1（b）は1画素あたりの画素電極の平面模式図であり、図1（c）は図1（a）のA-A'における断面模式図である。なお、図1（a）は、後述する各絶縁層、被覆部材、半導体層、及び、各不純物半導体層は、簡便化の為に省略している。

【0010】

本発明の検出装置は、基板100の上に画素11が行列状に複数配置されている。1つの画素11は、図1（a）～（c）に示すように、放射線又は光を電荷に変換する変換素子12と、変換素子12の電荷に応じた電気信号を出力するスイッチ素子であるTF T（薄膜トランジスタ）13とを含む。本実施形態では、変換素子12として非晶質シリコンのPIN型フォトダイオードを用いている。変換素子12は、ガラス基板等の絶縁性の基板100の上に設けられたTF T13の上に、有機材料からなる層間絶縁層120を挟んで積層されて配置されている。層間絶縁層120は、複数のスイッチ素子である複数のTF T13を覆うように配置されている。なお、図1（c）に示すように、層間絶縁層120の表面は、無機材料からなる被覆部材121と画素電極122により覆われている。

30

【0011】

TF T13は、基板100の上に、基板側から順に配置された、制御電極131と、絶縁層132と、半導体層133と、半導体層133よりも不純物濃度の高い不純物半導体層134と、第1主電極135と、第2主電極136と、を含む。不純物半導体層134はその一部領域で第1主電極135及び第2主電極136と接しており、その一部領域と接する半導体層133の領域の間の領域が、TF Tのチャネル領域となる。制御電極131は制御配線15と電気的に接続されており、第1主電極135は信号配線16と電気的に接続されており、第2主電極136は変換素子12の画素電極122と電気的に接続されている。なお、本実施形態では第1主電極135と第2主電極136と信号配線16とは、同じ導電層で一体的に構成されており、第1主電極135が信号配線16の一部をなしている。保護層137はTF T13、制御配線15、及び信号配線16を覆うように設けられている。本実施形態では、スイッチ素子として非晶質シリコンを主材料とした半導体層133及び不純物半導体層134を用いた逆スタガ型のTF Tを用いたが、本発明はそれに限定されるものではない。例えば、多結晶シリコンを主材料としたスタガ型のTF

40

50

Tを用いたり、有機TFT、酸化物TFT等を用いたりすることができる。なお、本実施形態では、制御電極131と制御配線15は同じ導電層を使用して一体的に形成されている。また、第1主電極135と信号配線16は同じ導電層を使用して一体的に形成されている。

【0012】

層間絶縁層120は、複数のTFT13を覆うように、基板100と後述する変換素子12の画素電極122との間に配置されており、コンタクトホールを有している。変換素子12の画素電極122とTFT13の第2主電極136とが、層間絶縁層120に設けられたコンタクトホールにおいて、電気的に接続される。

【0013】

変換素子12は、層間絶縁層120の上に、層間絶縁層側（基板側）から順に配置された、画素電極となる金属層122と、第1導電型の不純物半導体層123と、半導体層124と、第2導電型の不純物半導体層125と、対向電極126と、を含む。画素電極は、金属材料又は合金材料からなる金属層122を含む。金属材料としては、 $Al(2.655 \times 10^{-6} \text{ cm})$ 、 $Mo(5.0 \times 10^{-8} \text{ cm})$ 、 $Cr(1.29 \times 10^{-5} \text{ cm})$ 、 $Ti(4.2 \times 10^{-5} \text{ cm})$ 、 $W(5.65 \times 10^{-6} \text{ cm})$ 、 $Cu(1.67 \times 10^{-6} \text{ cm})$ から好適に選択され得る。また、合金材料としては、Al系合金が好適に用いられ、例えば $Al-Nd(5.0 \times 10^{-8} \text{ cm})$ が好適に用いられ得る。このような金属材料又は合金材料は、特許文献1にあるような透明導電性酸化物に比べて、第1導電型の不純物半導体層123を形成する際のプラズマCVDにおけるプラズマ耐性が高い。そのため、金属層122は、プラズマCVDによるダメージが透明導電性酸化物の層よりも抑制され、第1導電型の不純物半導体層123との密着性を透明導電性酸化物の層に比べて高くすることができる。また、金属層122は、透明導電性酸化物に比べて表面の平坦性が良好なため、金属層122に接する不純物半導体層123の格子欠陥は、透明導電性酸化物に接する不純物半導体層に比べて少なくなり得る。そのため、金属層122に接する不純物半導体層123は透明導電性酸化物に接する不純物半導体層に比べて不純物の濃度を高くすることができ、PIN型フォトダイオードの逆バイアス時の逆方向飽和電流、すなわち暗電流を抑制できる。ただし、金属層122は、残像低減のために基板100の画素11が配置された表面と対向する表面側に備えられ得る光源（不図示）から照射される可視光を、十分に半導体層124へ透過させることが困難である。そこで、金属層122は、半導体層124の正射影と重なる領域内に位置する間隙122'を備えている。ここで、半導体層124の正投影は、半導体層124から金属層122への正射影である。金属層122が間隙122'を備えることにより、間隙122'を通過して光源（不図示）からの光を十分に半導体層124に照射することが可能となる。また、金属材料又は合金材料は透明導電性酸化物（ $\sim 2.0 \times 10^{-4} \text{ cm}$ ）に比べて比抵抗が低いため、金属層122の抵抗を、間隙122'を備えても画素電極として用い得るに十分低くなるように抑制することが容易となる。そのため、十分な画素の転送速度を確保することが容易となる。このように、半導体層124が配置された領域内に間隙122'を備える金属層122を用いることにより、不純物半導体層と画素電極の良好な密着性、変換素子の良好な暗電流特性、及び、良好な転送速度の確保が可能な検出装置を提供することが可能となる。第1導電型の不純物半導体層123は、第1導電型の極性を示し、半導体層124及び第2導電型の不純物半導体層125よりも第1導電型の不純物の濃度が高いものである。また、第2導電型の不純物半導体層125は、第2導電型の極性を示し、第1導電型の不純物半導体層123及び半導体層124よりも第2導電型の不純物の濃度が高いもので、本発明の他の不純物半導体層に相当する。第1導電型と第2導電型とは互いに異なる極性の導電型であり、本実施形態では第1導電型がn型、第2導電型はp型である。ただし、本発明はそれに限定されるものではなく、第1導電型がp型、第2導電型はn型であってもよい。変換素子12の対向電極126には電極配線（不図示）が電気的に接続される。画素電極となる金属層122は層間絶縁層120に設けられたコンタクトホールにおいて、TFT13の第2主電極136と電気的に接続される。本実施形

10

20

30

40

50

態では、非晶質シリコンを主材料とした第1導電型の不純物半導体層123、半導体層124、第2導電型の不純物半導体層125を用いたフォトダイオードを用いている。なお、本実施形態では、層間絶縁層120の表面が、金属層122と無機材料からなる被覆部材121とで覆われている。つまり、被覆部材121は、金属層122の間隙122'と、隣接する画素11の画素電極の間と、において層間絶縁層120と不純物半導体層123との間に配置されている。そのため、不純物半導体層123となる不純物半導体膜をCVD法、蒸着法、スパッタリング法等により成膜する際に、層間絶縁層120の表面の露出が抑制される。そのため、不純物半導体層123への有機材料の混入が低減できる。また、本実施形態では、不純物半導体層123、半導体層124、及び、不純物半導体層125が、被覆部材121の上で画素ごとに分離または除去されている。その分離または除去の際、被覆部材121がエッチングストッパー層として働くこととなる。そのため、層間絶縁層120がドライエッチングのスピーシーズに晒されることなく、有機材料による変換素子への汚染を抑制することが可能となる。なお、図1(c)では、被覆部材121は層間絶縁層120及び金属層122と不純物半導体層123との間に配置されているが、金属層122及び不純物半導体層123と層間絶縁層120との間に配置されてもよい。

10

【0014】

そして、変換素子12、及び、被覆部材121を覆うように、パッシベーション層127が設けられている。

【0015】

20

なお、本実施形態では、非晶質シリコンを主材料とした第1導電型の不純物半導体層123、半導体層124、第2導電型の不純物半導体層125を用いたフォトダイオードを用いたが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば非晶質セレンを主材料とした第1導電型の不純物半導体層123、半導体層124、第2導電型の不純物半導体層125を用いた、放射線を直接電荷に変換する素子も用いることができる。対向電極126は、画素電極となる金属層122と対向して配置され、電極配線(不図示)と電気的に接続される。非晶質シリコンを主材料とした第1導電型の不純物半導体層123、半導体層124、第2導電型の不純物半導体層125を用いたフォトダイオードを用いる場合、対向電極126は透明導電性酸化物を用いることが好ましい。放射線を可視光に波長変換するシンチレータ(不図示)からの光を良好に半導体層124へ透過させるためである。

30

【0016】

また、本実施形態では、金属層122には、コンタクトホールに位置する領域を除いて、正方形の間隙122'が2次元アレイ状に複数備えられている。金属層122のコンタクトホールに位置する領域に間隙122'を備えると、変換素子12とトランジスタ13との接続抵抗の増加や接続不良の原因となるため、好ましくない。ただし、本願発明の間隙122'の形状はそれに限定されるものではなく、様々な形状の間隙122'が備えられ得る。例えば、図2(a)に示すような、長辺が信号配線16と平行な矩形の間隙122'や、図2(b)に示すような、長辺が制御配線15と平行な矩形の間隙122'が、金属層122に複数備えられていてもよい。また、複数図2(c)に示すような、金属層122に、多角形の間隙122'と矩形の間隙122'と正方形の間隙122'の組み合わせが、コンタクトホール及び/又は金属層122の重心を中心に放射状に複数備えられていてもよい。なお、図1(a)、図2(a)~図2(c)で説明した形態では、間隙122'に対応する被覆部材121は、間隙122'の形状に合わせて、備えられ得る。図1(a)の間隙122'に対しては、被覆部材121は正方形の形状で複数備えられ、図2(a)の間隙122'に対しては、被覆部材121は長辺が信号配線16と平行な矩形の形状で複数備えられる。また、図2(b)の間隙122'に対しては、被覆部材121の形状は長辺が制御配線15と平行な矩形の形状で複数備えられる。図2(c)に対しては、多角形の被覆部材121と矩形の被覆部材121と正方形の被覆部材121がそれぞれの間隙122'に対応して備えられる。また、図1(c)では金属層122は単層で説明したが、本願発明はそれに限定されるものではなく、異なる材料の複数層であってもよい。

40

50

い。

【 0 0 1 7 】

次に、図 3 を用いて本発明の第 1 の実施形態に係る検出装置の概略的等価回路を説明する。なお、図 3 では説明の簡便化のため 3 行 3 列の等価回路図を用いたが、本発明はそれに限定されるものではなく、検出装置は n 行 m 列 (n, m はいずれも 2 以上の自然数) の画素アレイを有する。本実施形態における検出装置は、基板 1 0 0 の表面上に、行方向及び列方向に配列された複数の画素 1 を含む変換部 3 が設けられている。各画素 1 は、放射線又は光を電荷に変換する変換素子 1 2 と、変換素子 1 2 の電荷に応じた電気信号を出力する T F T 1 3 と、を含む。変換素子の対向電極 1 2 6 側の表面に、放射線を可視光に波長変換するシンチレータ (不図示) が配置されてもよい。電極配線 1 4 は、列方向に配列された複数の変換素子 1 2 の対向電極 1 2 6 に共通に接続される。制御配線 1 5 は、行方向に配列された複数の T F T 1 3 の制御電極 1 3 1 に共通に接続され、駆動回路 2 に電気的に接続される。駆動回路 2 が列方向に複数配列された制御配線 1 5 に駆動パルスを順次に又は同時に供給することにより、行単位で画素からの電気信号が、行方向に配列された複数の信号配線 1 6 に並列に出力される。信号配線 1 6 は、列方向に配列された複数の T F T 1 3 の第 1 主電極 1 3 5 に共通に接続され、読出回路 4 に電気的に接続される。読出回路 4 は、信号配線 1 6 毎に、信号配線 1 6 からの電気信号を積分して増幅する積分増幅器 5 と、積分増幅器 5 で増幅して出力された電気信号をサンプルホールドするサンプルホールド回路 6 を備える。読出回路 4 は更に、複数のサンプルホールド回路 6 から並列に出力される電気信号を直列の電気信号に変換するマルチプレクサ 7 と、出力された電気信号をデジタルデータに変換する A / D 変換器 8 を含む。積分増幅器 5 の非反転入力端子には電源回路 9 から基準電位 V_{ref} が供給される。電源回路 9 は更に、行方向に配列された複数の電極配線 1 4 に電気的に接続されており、変換素子 1 2 の対向電極 1 2 6 にバイアス電位 V_s を供給する。

【 0 0 1 8 】

以下に、本実施形態の検出装置の動作について説明する。変換素子 1 2 の画素電極 1 2 2 には T F T 1 3 を介して基準電位 V_{ref} を与え、対向電極 1 2 6 には、放射線又は可視光によって発生した電子正孔対分離に必要なバイアス電位 V_s を与える。この状態で、被検体を透過した放射線又はそれに応じた可視光が変換素子 1 2 に入射し、電荷に変換され変換素子 1 2 に蓄積される。この電荷に応じた電気信号は、駆動回路 2 から制御配線 1 5 に印加される駆動パルスにより行単位で T F T 1 3 が導通状態となることで、各信号配線 1 6 に行単位で並列に出力される。行単位で出力された電気信号は、読出回路 4 により 1 行分のデジタルデータとして外部に読み出される。この動作が行単位で順次行われることにより、画素から 1 画像分の画像信号が複数の画素 1 1 から読出回路 4 に出力され、読出回路 4 により 1 画像分のデジタルデータである画像データが出力される。このような動作を行うため、本願発明の画素電極は、間隙 1 2 2 ' を備えた金属層 1 2 2 を含んでいても、複数の画素 1 1 から十分な画像信号が出力されなければならない。そのため、本願発明では、以下の式 (1) を満たす画素電極であることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

$$R_s \cdot T / (n \times C_s) - R_{ON} \cdots (1)$$

ここで、 C_s は変換素子 1 2 の容量、 R_{ON} は T F T 1 3 のオン抵抗、 T は要求される S / N 比を満たす画像信号を出力するために駆動回路 2 が複数の画素 1 1 の T F T 1 3 を行単位で順次駆動するのに必要な時間である。また、 n は複数の画素 1 1 の行数、 R_s は不純物半導体層 1 2 3 及び画素電極からなる部材の抵抗である。ここで、要求される S / N 比とは、変換素子 1 2 で生成され得る電荷の量と T F T 1 3 の導通によって転送され得る電荷の量の差分、即ち、画素 1 1 に残留する電荷の量を変換素子 1 2 で生成され得る電荷の量で除算した値の逆数である。なお、図 1 (c) に示す形態にあっては、不純物半導体層 1 2 3 のシート抵抗は、T F T 1 3 のオン抵抗 R_{ON} の 2 0 0 倍以下であることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

次に、図４（ａ）及び図４（ｂ）を用いて、本願発明の検出装置の構成を説明する。図４（ａ）に示す検出装置は、基板１００の放射線入射側において、基板１００側から順に、画素１１とシンチレータ２１とを備える。また、検出装置は、基板１００の画素が備えられた側と反対側に、基板１００側から順に、光源２４と回路基板２３とを備える。光源２４は、残像低減のために、基板１００及び金属層１２２の間隙１２２'を透過して画素１１の変換素子１２の半導体層１２４へ可視光を照射するためのものである。回路基板２３は、駆動回路２又は読出回路４が備えられ、画素１１に電氣的に接続されたフレキシブルプリント基板に電氣的に接続されている。また、回路基板２３には、駆動回路２に制御信号を供給する集積回路、及び、読出回路４からの画像信号を処理する集積回路の少なくとも一方が備えられている。一方、図４（ｂ）に示す検出装置は、基板１００の放射線入射側とは反対側において、基板１００側から順に、画素１１とシンチレータ２１と回路基板２３とを備える。そして、基板１００の放射線入射側、即ち、基板１００の画素が備えられた側と反対側に、回路基板２３を備える。そして、図４（ａ）及び図４（ｂ）に示す検出装置は、基板１００、画素１１、シンチレータ２１、フレキシブルプリント基板２２、回路基板２３、及び、光源２４を収容する筐体２０を含む。

10

【００２１】

（第２の実施形態）

次に、図５（ａ）及び図５（ｂ）を用いて第２の実施形態に係る検出装置について説明する。図５（ａ）は検出装置を構成する１画素の平面模式図であり、図５（ｂ）は図５（ａ）のＢ-Ｂ'における断面模式図である。なお、図５（ａ）では、各絶縁層、被覆部材、半導体層、及び、各不純物半導体層は、簡便化の為に省略している。図５（ａ）及び図５（ｂ）に示す第２の実施形態では、図１（ａ）及び図１（ｃ）に示す第１の実施形態に比べて、以下の点で相違する。

20

【００２２】

まず第１の相違点は、間隙１２２'を設ける位置である。第２の実施形態では、間隙１２２'の正射影が制御配線１５及び信号配線１６の少なくとも一方の配線と重ならないように、間隙１２２'が金属層１２２に備えられている。ここで、間隙１２２'の正射影は、間隙１２２'から制御配線１５及び信号配線１６の少なくとも一方の配線への正射影である。制御配線１５に供給される駆動パルスにより、制御配線１５の電位が変動した際に、制御配線１５と間隙１２２'とが対向していると、不純物半導体層１２３の電位に影響を与える。信号配線１６と間隙１２２'とが対向していると、ある画素１１から出力された電気信号により、信号配線１６の電位が変動した際に、他の画素１１の変換素子１２の不純物半導体層１２３の電位に影響を与える。不純物半導体層１２３は金属層１２２に比べて比抵抗が高いため、配線の電位変動による不純物半導体層１２３の電位の変動が収束する時間が金属層１２２に比べて長くなる。それにより、得られる画像信号に配線の電位の変動の影響によるアーチファクトが発生するおそれがある。そのアーチファクトを抑制するために、変換素子１２の配線と対向する領域には、金属層１２２があることが望ましい。そのため、間隙１２２'の正射影が、制御配線１５及び信号配線１６の少なくとも一方の配線と重ならないように、間隙１２２'が金属層１２２に備えられている。なお、間隙１２２'の正射影がトランジスタ１３と重ならないように、間隙１２２'が金属層１２

30

40

【００２３】

第２の相違点は、図５（ｂ）に示すように、半導体層１２４及び不純物半導体層１２５が、画素１１毎に分離されていない。そのため、図１（ｃ）に比べて半導体層１２４及び不純物半導体層１２５が配置される面積が大きくなり、図１（ｃ）に比べて開口率が向上する。なお、図５（ｂ）では、対向電極１２６は画素１１毎に分割されていてもよいが、画素１１毎に分離されていない方が、開口率向上の観点で有利となり、好ましい。この第２の相違点は、本願発明の他の実施形態にも好適に適用され得る。

【００２４】

（第３の実施形態）

50

次に、図 6 を用いて第 3 の実施形態に係る検出装置について説明する。図 6 は検出装置を構成する 1 画素の平面模式図である。なお、図 6 では、各絶縁層、被覆部材、半導体層、及び、各不純物半導体層は、簡便化の為に省略している。図 6 に示す第 3 の実施形態では、図 1 (a) に示す第 1 の実施形態に比べて、以下の点で相違する。

【 0 0 2 5 】

第 3 の実施形態では、トランジスタ 1 3 に電氣的に接続する配線である、制御配線 1 5 及び信号配線 1 6 には、間隙 1 2 2 ' の正射影を含む位置に間隙 1 7 が備えられている。これは、第 2 の実施形態で説明した、配線の電位の変動によるアーチファクトを抑制するためである。間隙 1 2 2 ' と対向する位置に、配線の導電層を設けないようにする、言い換えると配線に間隙 1 7 を設けることにより、不純物半導体層 1 2 3 の電位の変動が抑制され、配線の電位の変動によるアーチファクトが抑制される。

10

【 0 0 2 6 】

(第 4 の実施形態)

次に、図 7 (a) 及び図 7 (b) を用いて第 4 の実施形態に係る検出装置について説明する。図 7 (a) は検出装置を構成する 1 画素の平面模式図であり、図 7 (b) は図 7 (a) の C - C ' における断面模式図である。なお、図 7 (a) では、各絶縁層、被覆部材、半導体層、及び、各不純物半導体層は、簡便化の為に省略している。図 7 (a) 及び図 7 (b) に示す第 4 の実施形態では、図 1 (a) 及び図 1 (c) に示す第 1 の実施形態に比べて、以下の点で相違する。

【 0 0 2 7 】

20

第 4 の実施形態では、金属層 1 2 2 と層間絶縁層 1 2 0 との間に不純物半導体層 1 2 3 よりも比抵抗の低い導電層 1 2 8 が配置されており、画素電極が金属層 1 2 2 と導電層 1 2 8 とを含む構成となっている。そして、導電層 1 2 8 は、金属層 1 2 2 よりも光透過率が高く、金属層 1 2 2 と接しており、間隙 1 2 2 ' において不純物半導体層 1 2 3 と接している。これは、第 2 の実施形態で説明した、配線の電位の変動によるアーチファクトを抑制するためである。間隙 1 2 2 ' において不純物半導体層 1 2 3 と配線との間に、導電層 1 2 8 を備えているため、不純物半導体層 1 2 3 と配線とが対向する場合に比べて、配線の電位の変動による変換素子への影響が抑制される。ただし、光源 2 4 からの光を半導体層 1 2 4 に十分に照射するために、金属層 1 2 2 よりも光透過率が高い必要があるため、導電層 1 2 8 は、透明導電性酸化物からなることが好ましい。透明導電性酸化物は、不純物半導体層 1 2 3 との密着性が良好ではないが、間隙 1 2 2 ' においてのみしか不純物半導体層 1 2 3 と接触しない。そのため、不純物半導体層 1 2 3 との密着性が良好な金属層 1 2 2 によって、画素電極としては十分な密着性が確保され得る。また、このような構成により画素電極のシート抵抗は第 1 の実施形態に比べて低くできるため、第 1 の実施形態に比べて間隙 1 2 2 の面積を大きくすることができる。それにより、光源から照射される光の透過率を第 1 の実施形態に比べて高くすることが可能となり、第 1 の実施形態に比べて残像がより抑制され得る。

30

【 0 0 2 8 】

(第 5 の実施形態)

次に、図 8 (a) 及び図 8 (b) を用いて第 5 の実施形態に係る検出装置について説明する。図 8 (a) は検出装置を構成する 1 画素の平面模式図であり、図 8 (b) は図 8 (a) の C - C ' における断面模式図である。なお、図 8 (a) では、各絶縁層、被覆部材、半導体層、及び、各不純物半導体層は、簡便化の為に省略している。図 8 (a) 及び図 8 (b) に示す第 5 の実施形態では、図 7 (a) 及び図 7 (c) に示す第 4 の実施形態に比べて、以下の点で相違する。

40

【 0 0 2 9 】

第 5 の実施形態では、金属層 1 2 2 と不純物半導体層 1 2 3 との間に不純物半導体層 1 2 3 よりも比抵抗の低い導電層 1 2 9 が配置されており、画素電極が金属層 1 2 2 と導電層 1 2 9 とを含む構成となっている。そして、導電層 1 2 9 は、金属層 1 2 2 よりも可視光の光透過率が高く、金属層 1 2 2 と接しており、少なくとも間隙 1 2 2 ' において不純

50

物半導体層 1 2 3 と接している。この構成では、不純物半導体層 1 2 3 と画素電極の密着性は、不純物半導体層 1 2 3 と導電層 1 2 9 との密着性で決まるため、導電層 1 2 9 は不純物半導体層との密着性が透明導電性酸化物よりも高い金属材料又は合金材料を使用することが望ましい。導電層 1 2 9 の可視光の透過率は、金属層 1 2 2 よりも高く、10%以上であることが好ましい。誠意検討の結果、以下の関係を満たせば、残像の抑制に必要な導電層 1 2 9 の透過率が得られる。残像を抑制するためには、変換素子 1 2 を光照射によって飽和させる必要がある。変換素子 1 2 の飽和電荷量 N_1 は、以下の式 (2) で示される。

【0030】

$$N_1 = (\epsilon_0 * \epsilon_r * S * V) / (q * d) \quad \dots (2)$$

10

ここで、 S (cm^2) は半導体層 1 2 4 の面積、 d は半導体層 1 2 4 の厚さ、 ϵ_r (F cm^{-1}) は半導体層 1 2 4 の比誘電率、 ϵ_0 (F cm^{-1}) は真空の比誘電率、 V (V) は変換素子 1 2 の電圧、 q (C) は素電荷である。一方、図 4 (a) 及び図 4 (b) に示す光源 2 4 からの可視光の照射によって変換素子 1 2 で発生するフォトキャリア N_2 は、以下の式 (3) で示される。

【0031】

$$N_2 = T_s * T_a * T_c * T_i * \eta * P * t * S_0 \quad \dots (3)$$

ここで、 T_s は光源 2 4 が出射する可視光に対する基板 1 0 0 の透過率、 T_a は変換素子 1 2 と基板 1 0 0 の間の構成物の透過率、 T_c は導電層 1 2 9 の透過率、 T_i は不純物半導体層 1 2 3 の透過率である。また、 η は半導体層 1 2 4 の内部量子効率、 P はフォトン流束 ($\text{個} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、 t (s) は可視光の照射の時間、 S_0 (cm^2) は間隙 1 2 2 の面積である。

20

【0032】

変換素子 1 2 が光照射によって飽和するということは $N_2 = N_1$ となる。そのため、式 (2) と式 (3) より、導電層 1 2 9 の透過率 T_c は、以下の式 (4) を満たすことが望ましい。

【0033】

$$T_c = (\epsilon_0 * \epsilon_r * S * V) / (d * q * T_s * T_a * T_i * \eta * P * t * S_0) \quad \dots (4)$$

なお、フォトン流束 P は、光源 2 4 が出射する可視光のピーク波長 (nm)、照度 E (lx)、最大視感度 K_m (lmW^{-1})、波長における比視感度 F 、プランク定数 h (Js)、光速 c (ms^{-1}) から以下の式 (5) によって導き出せる。

30

【0034】

$$P = E * \lambda / (K_m * F * h * c) \quad \dots (5)$$

式 (4) 及び式 (5) より

$$T_c = (\epsilon_0 * \epsilon_r * S * V * K_m * F * h * c) / (d * q * T_s * T_a * T_i * \eta * t * S_0 * E * \lambda) \quad \dots (6)$$

このような構成により、第 1 ~ 4 の実施形態に比べて不純物半導体層 1 2 3 と画素電極の密着性は高くなる。また、画素電極のシート抵抗は第 1 の実施形態に比べて低くできるため、第 1 の実施形態に比べて間隙 1 2 2 の面積を大きくすることができる。それにより、光源から照射される光の透過率を第 1 の実施形態に比べて高くすることが可能となり、第 1 の実施形態に比べて残像がより抑制され得る。なお、導電層 1 2 9 は、薄膜にすると光透過性を有し、ドライエッチングにより加工できる、 Mo や Mo を含む合金、 Al や Al を含む合金が望ましい。

40

【0035】

(応用実施形態)

次に、図 9 を用いて、本発明の検出装置を用いた放射線検出システムを説明する。

【0036】

放射線源である X 線チューブ 6 0 5 0 から出射された X 線 6 0 6 0 は、患者あるいは被験者 6 0 6 1 の胸部 6 0 6 2 を透過し、本願発明の検出装置 6 0 4 0 に含まれる各変換素

50

子に入射する。この入射したX線には患者6061の体内部の情報が含まれている。X線の入射に対応して変換部3で放射線を電荷に変換して、電気的情報を得る。この情報はデジタルデータに変換され信号処理手段となるイメージプロセッサ6070により画像処理され制御室の表示手段となるディスプレイ6080で観察できる。

【0037】

また、この情報は電話回線6090等の伝送処理手段により遠隔地へ転送でき、別の場所のドクタールームなど表示手段となるディスプレイ6081に表示もしくは光ディスク等の記録手段に保存することができ、遠隔地の医師が診断することも可能である。また記録手段となるフィルムプロセッサ6100により記録媒体となるフィルム6110に記録することもできる。

10

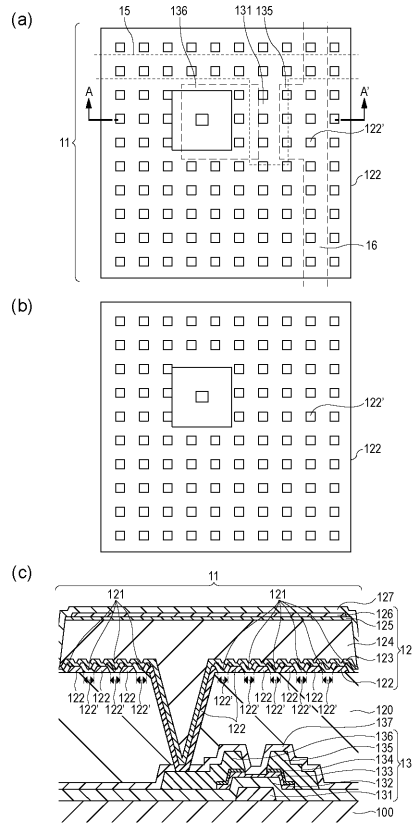
【符号の説明】

【0038】

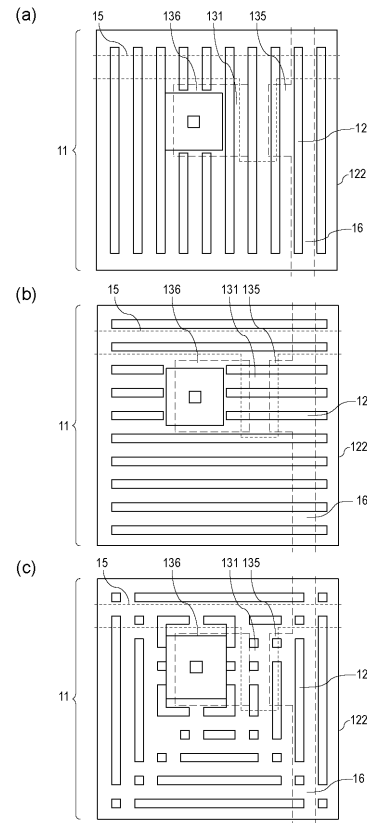
- 11 画素
- 12 変換素子
- 13 スイッチ素子
- 14 電極配線
- 15 制御配線
- 16 信号配線
- 100 基板
- 120 層間絶縁層
- 121 被覆部材
- 122 金属層
- 122' 間隙
- 123 第1導電型の不純物半導体層
- 124 半導体層
- 125 第2導電型の不純物半導体層
- 126 対向電極

20

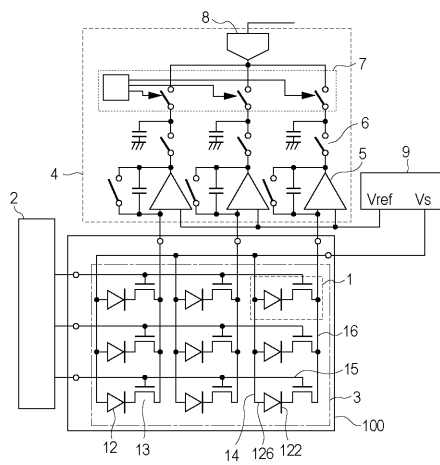
【図 1】



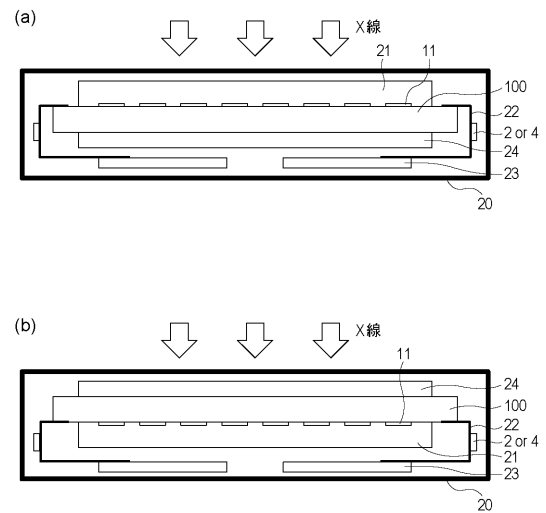
【図 2】



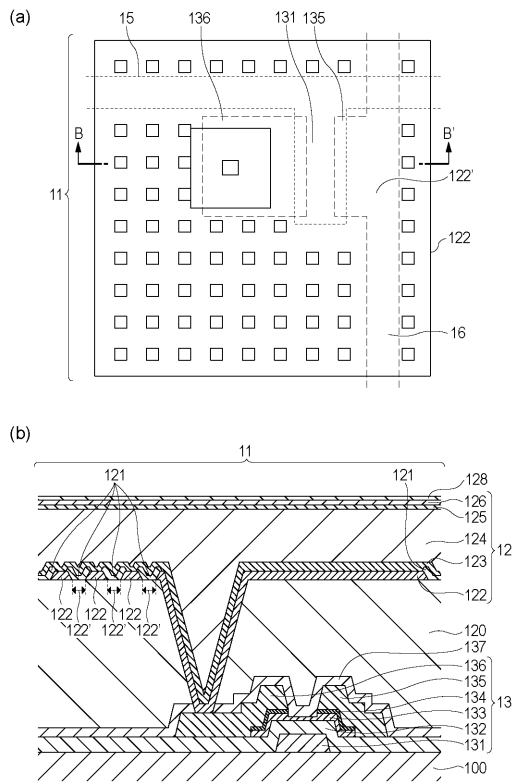
【図 3】



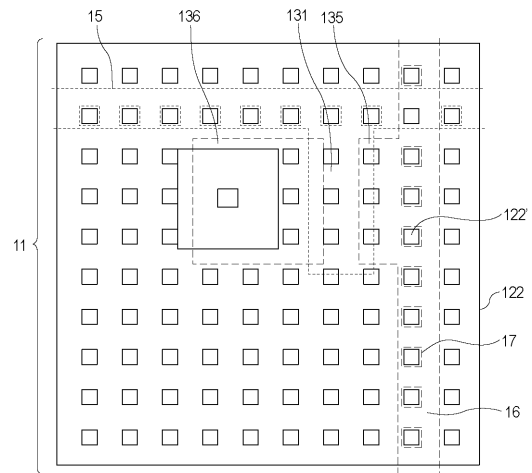
【図 4】



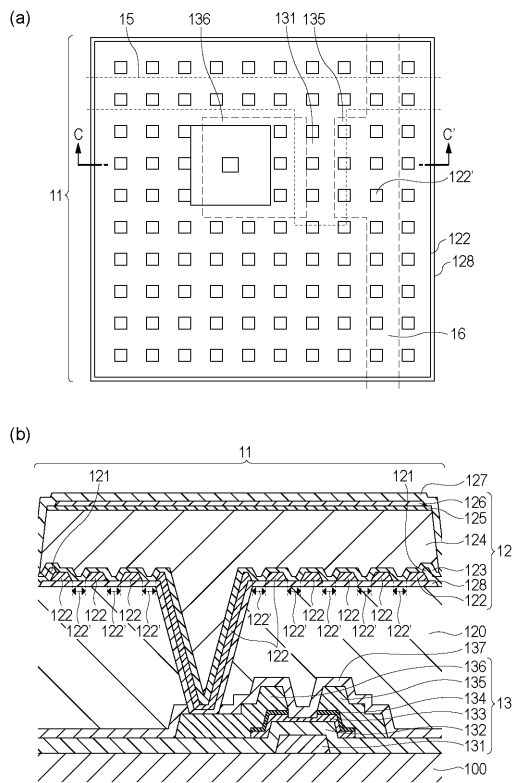
【図 5】



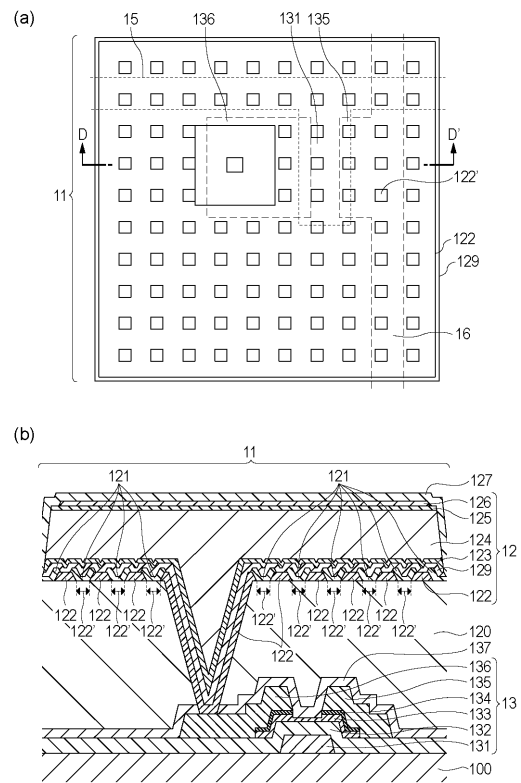
【図 6】



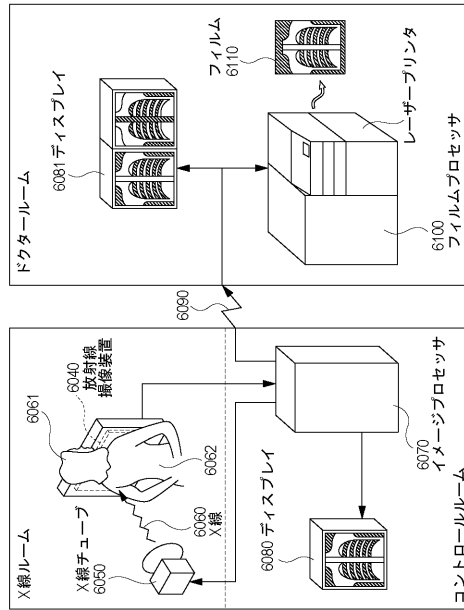
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
A 6 1 B 6/00 (2006.01) A 6 1 B 6/00 3 0 0 S

- (72)発明者 大藤 将人
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
(72)発明者 川鍋 潤
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
(72)発明者 藤吉 健太郎
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
(72)発明者 和山 弘
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 今井 聖和

- (56)参考文献 特開2007-329434(JP,A)
特開平01-243579(JP,A)
特開平11-274524(JP,A)
特開2013-012715(JP,A)
特開2009-038123(JP,A)
特開2004-221207(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0327386(US,A1)
特開2011-243851(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 L 2 7 / 1 4
A 6 1 B 6 / 0 0
G 0 1 T 7 / 0 0
H 0 4 N 5 / 3 2
H 0 4 N 5 / 3 3 5