(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
2012 年 3 月 22 日(22.03.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/035583 A1

(51) 国際特許分類:
G01T 1/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/005664

(22) 国際出願日: 2010 年 9 月 16 日(16.09.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社島津製作所(SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐藤 賢治(SATO, Kenji) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 辻 久男(TSUJI, Hisao) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町１番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 杉谷 勉(SUGITANI, Tsutomu); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満１丁目１０番８号 西天満第１１松屋ビル 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

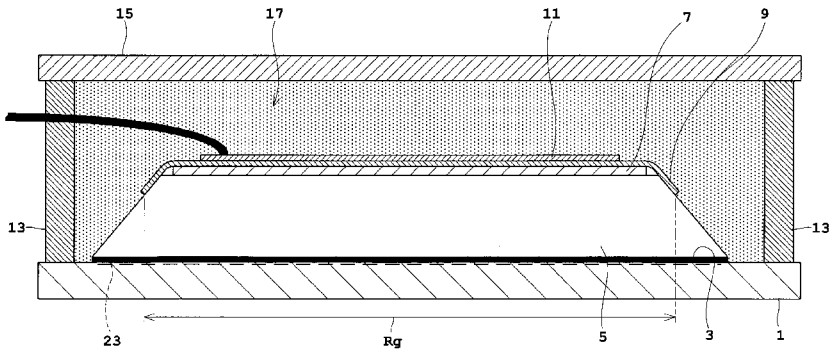
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: RADIATION DETECTOR

(54) 発明の名称 : 放射線検出器

[図1]



(57) **Abstract**: This radiation detector has an antimony composition ratio in a second high-resistance film, which has antimony sulfide as a principal ingredient, of between 61mol% and 80mol%, which is higher than that of the prior art; therefore, the second high-resistance film exhibits properties closer to metal than that of the prior art. Consequently, even in the case of a decline in the resistance of a semiconductor layer when radiation is applied, it is possible to keep the voltage applied to the second high-resistance layer lower than when using the prior art; therefore, it is possible to suppress dielectric breakdown of the second high-resistance film. As a result, even when radiation detection is conducted repeatedly, it is possible to minimize the increase of defective pixels, and also possible to improve durability.

(57) 要約: この発明の放射線検出器は、硫化アンチモンを主成分とする第２の高抵抗膜におけるアンチモンの組成比を従来よりも高い６１ｍｏｌ％以上８０ｍｏｌ％としたので、第２の高抵抗膜は従来例よりも金属に近い性質を示す。したがって、放射線の入射時に半導体層の抵抗が低下しても、第２の高抵抗膜に加わる電圧を従来例よりも低くすることができるので、第２の高抵抗膜が絶縁破壊されるのを抑制することができる。その結果、放射線検出動作を繰り返し行っても欠損画素の増加を抑制することができ、耐久性を向上させることができる。

WO 2012/035583 A1

明　細　書

発明の名称 ： 放射線検出器

技術分野

[0001] この発明は、医療分野、工業分野、原子力分野等の放射線の空間分布を計測するための放射線検出器に関する。

背景技術

[0002] 放射線を直接電荷に変換して電荷を蓄積する直接変換方式の放射線検出器における従来例としては、例えば、図１１に示すような構成のものが挙げられる。なお、図１１は、従来例に係る放射線検出器の概略構成を示す縦断面図である。

[0003] 従来の放射線検出器は、例えば、アクティブマトリクス基板１０１と、半導体層１０３と、電極層１０５と、キャリア収集電極１０７とを備えている。半導体層１０３は、放射線感応型の半導体で構成されている。電極層１０５は、半導体層１０３の表面に形成され、所定のバイアス電圧を印加するためのものである。キャリア収集電極１０７は、半導体層１０３に放射線が入射することで半導体層１０３に生じたキャリアを収集するためのものである。アクティブマトリクス基板１０１は、キャリア収集電極１０７で収集された電荷を所定のタイミングで放射線検出信号として取り出す。なお、半導体層１０３としてアモルファス・セレン（ａ－Ｓｅ）を用いる場合には、真空蒸着等の方法によって容易に広い領域に厚くアモルファス半導体を成膜できる。したがって、アモルファス・セレン（ａ－Ｓｅ）は、大面積厚膜を必要とする２次元アレイ型放射線検出器を構成するのに好適である。

[0004] 上述したような構成の放射線検出器は、電極層１０５に高電圧を印加するので、暗電流が問題となる。この問題を抑制するために、電荷注入阻止層１０９，１１０をさらに備えたものがある。電荷注入阻止層１０９は、半導体層１０３と電極層１０５との間に通常は形成されているが、電荷注入阻止層１０９の効果を高めるために、組成比を工夫したものがある。例えば、電荷

注入阻止層１０９を硫化アンチモン（Sb_xS_y）の合金で形成し、その合金におけるアンチモン（Ｓｂ）の組成比を４１ｍｏｌ％以上、かつ、６０ｍｏｌ％以下とするものがある（例えば、特許文献１参照）。

[0005] また、半導体層１０３がアモルファス・セレンで構成されていると、電極層１０５と半導体層１０３との接触部分において界面結晶化が進行する問題がある。界面結晶化が進行すると電荷注入が増加するので、これを抑制するために電荷注入阻止層１０９と半導体層１０３との間に抑制層として有機高分子層１１１を設けることが行われる。この有機高分子層１１１は、電子輸送性を低下させることがあるので、有機高分子層１１１の成分を工夫している。例えば、有機高分子層１１１にカーボンクラスターを加え、その割合を０．０１ｗｔ％～５０ｗｔ％とするものがある（例えば、特許文献２参照）。

[0006] また、上記のように電極層１０５と半導体層１０３との間に電荷注入阻止層１０９と有機高分子層１１１とを積層する構成であっても、高電圧を印加する関係上、半導体層１０３の端面において沿面放電が生じる恐れがある。この沿面放電を防止するために、有機高分子層１１１の形成範囲を、半導体層１０３の平坦部における平均膜厚の１０％以上の膜厚を有する部分だけに限定したものがある（例えば、特許文献３参照）。

特許文献1：特開２００９－９９９３３号公報（段落番号「００２７」～「００３８」、図２，図３）

特許文献2：特開２００８－２２７３４７号公報（段落番号「００１７」～「００２５」、図２，段落番号「００６３」～「００６５」、表１）

特許文献3：特開２００９－９９９４１号公報（段落番号「００８４」～「００９０」、図１）

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 従来例は、確かに暗電流を抑制するとともに半導体層１０３の結晶化を抑制することができ、さらに有機高分子層１１１による電荷輸送性の低下を抑

制できる。しかしながら、従来例の放射線検出器によってＸ線撮影を繰り返し行うと、欠損画素が増加してＸ線検出画像の品質が劣化してゆくという問題がある。

[0008] この発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、放射線検出動作を繰り返し行っても欠損画素の増加を抑制して、耐久性の高い放射線検出器を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者等は、上記の問題を解決するために鋭意研究した結果、次のような知見を得た。

従来例では、放射線が入射した際にキャリア電流が流れて半導体層１０３の抵抗が低下するので、相対的に電荷注入阻止層１０９に高電圧が加わることが分かった。その際、加わる電圧は、電荷注入阻止層１０９の抵抗値が大きいほど高くなるが、従来例では、暗電流を抑制することを主眼としており、アンチモン（Ｓｂ）の組成比を低くしている関係上、高抵抗な層になっている。そのため、放射線検出動作を繰り返し行うと、電荷注入阻止層１０９が高電圧に耐えられなくなり、破壊に至って暗電流が増加する箇所が生じる。この箇所は、検出画像に欠損画素として現れ、欠損画素の増加によって検出画像の品質が低下してゆく。

[0010] また、電荷注入阻止層１０９と有機高分子層１１１の二層構造とした場合には、電荷注入阻止層１０９に加わる電圧が有機高分子層１１１により分圧され、電荷注入阻止層１０９に加わる電圧が低くなる効果が期待できる。しかし、この分圧の効果は、有機高分子層１１１に添加するカーボンクラスターの濃度に依存する。つまり、カーボンクラスターの濃度が低すぎると有機高分子層１１１の抵抗が高くなりすぎるので、有機高分子層１１１に加わる電圧の方が高くなる。したがって、電荷注入阻止層１０９よりも先に有機高分子層１１１が絶縁破壊に至る。そのとき、電荷注入阻止層１０９の抵抗が高い場合には、分圧効果がなくなるので、電荷注入阻止層１０９までもが絶縁破壊に至って欠損画素が発生することがわかった。また、カーボンクラス

ター一の濃度が高すぎると、有機高分子層１１１の抵抗が低くなりすぎるので、有機高分子層１１１による電荷注入阻止層１０９との分圧効果が低下し、電荷注入阻止層１０９の絶縁破壊を抑制することができない。したがって、カーボンクラスター一の濃度が低すぎる場合と同様に、欠損画素が発生することもわかった。

[0011] このような知見に基づくこの発明は、次のように構成されている。

[0012] すなわち、この発明の放射線検出器は、（ａ）電荷を蓄積する画素が二次元的に配列され、前記各画素から信号を読み出すマトリクス基板と、（ｂ）キャリアを選択的に透過させる第１の高抵抗膜と、（ｃ）放射線の入射によりキャリアを生成する半導体層と、（ｄ）前記半導体層の上面を覆うように形成されているとともに、キャリアを選択して透過させるためにカーボンクラスターまたはその誘導体を含む有機高分子層と、（ｅ）前記半導体層と前記有機高分子層の上面を覆うように形成されているとともに、キャリアを選択的に透過させる第２の高抵抗膜と、（ｆ）前記第２の高抵抗膜を介して前記半導体層にバイアス電圧を印加する電極層と、（ｇ）前記半導体層と、前記第１の高抵抗膜と、前記有機高分子層と、前記電極層とにおける露出面の全体を覆う絶縁樹脂層と、（ｈ）前記絶縁樹脂層を囲う絶縁性の補助板と、がこの順で積層されてなる放射線検出器において、前記第２の高抵抗膜は、硫化アンチモンを主成分とし、そのアンチモン組成比の平均値が６１ｍｏｌ％以上８０ｍｏｌ％以下で構成されていることを特徴とするものである。

[0013] この発明の放射線検出器によれば、硫化アンチモンを主成分とする第２の高抵抗膜におけるアンチモンの組成比を従来よりも高い６１ｍｏｌ％以上８０ｍｏｌ％としたので、第２の高抵抗膜は従来例よりも金属に近い性質を示す。したがって、放射線の入射時に半導体層の抵抗が低下しても、第２の高抵抗膜に加わる電圧を従来例よりも低くすることができるので、第２の高抵抗膜が絶縁破壊されるのを抑制することができる。その結果、放射線検出動作を繰り返し行っても欠損画素の増加を抑制することができ、耐久性を向上させることができる。

[0014] なお、アンチモンの組成比の上限を８０ｍｏｌ％としたのは、第２の高抵抗膜は、蒸着により生成するのが一般的であるが、蒸着原料のアンチモン濃度が高いものを用いても、８０ｍｏｌ％を超える組成比とするのが技術的に極めて困難であるからである。また、アンチモン組成比が高すぎると金属の性質に近くなりすぎて第２の高抵抗膜としての機能が損なわれる恐れがあることにもよる。

[0015] また、この発明の放射線検出器において、前記第２の高抵抗膜は、アンチモン組成比の平均値が６７ｍｏｌ％以上７５ｍｏｌ％以下で構成されていることが好ましい。

[0016] アンチモン組成比の平均値をこの範囲内とすることにより、第２の高抵抗膜が絶縁破壊されるのを効果的に抑制することができる。

[0017] また、この発明の放射線検出器において、前記有機高分子層は、カーボンクラスターまたはその誘導体の濃度が１１ｗｔ％以上３０ｗｔ％未満で構成されていることが好ましい。

[0018] 有機高分子層のカーボンクラスターまたはその誘導体の濃度をこの範囲内とすると、第２の高抵抗膜の組成比の範囲内で比較的組成比が低くて第２の高抵抗膜が高抵抗であっても、放射線入射時に加わる電圧を第２の高抵抗膜とで適度に分圧することができる。したがって、有機高分子層や第２の高抵抗膜が絶縁破壊される確率が低下するので、欠損画素が発生するのを抑制することができる。また、有機高分子層による適度な分圧効果を得られるので、第２の高抵抗膜を比較的高抵抗のものとすることができる。したがって、第２の高抵抗膜の端縁部で、半導体層の薄い部分に電界が集中することを抑制できるので、半導体層が放電破壊する現象を抑制することができる。

[0019] また、この発明の放射線検出器において、前記有機高分子層は、カーボンクラスターまたはその誘導体の濃度が１５ｗｔ％以上２０ｗｔ％以下で構成されていることが好ましい。

[0020] 有機高分子層のカーボンクラスターまたはその誘導体の濃度をこの範囲内とすると、第２の高抵抗膜の組成比の範囲内で比較的組成比が低くて第２の

高抵抗膜が高抵抗であっても、放射線入射時に加わる電圧を第２の高抵抗膜とでより適度に分圧することができる。したがって、有機高分子層や第２の高抵抗膜が絶縁破壊される確率がより低下するので、欠損画素が発生するのをさらに抑制することができる。

[0021] なお、カーボンクラスターまたはその誘導体とは、炭素原子が、炭素－炭素間結合の種類を問わず、数個から数百個結合して形成されている集合体である。但し、１００％炭素クラスターのみで構成されている必要はなく、他の原子の混在や、置換基を有するものも含む。カーボンクラスターとしては、フラーレンＣ６０，フラーレンＣ７０、酸化フラーレンなどが挙げられる。フラーレンとは、ｓｐ２炭素からなる球状またはラグビーボール場のカーボンクラスターの総称である。

[0022] また、この発明の放射線検出器において、前記第２の高抵抗膜は、その形成領域端が、前記電極層の外縁よりも外側であって、かつ、前記半導体層の平均膜厚が８０％以上の膜厚を有する領域上に位置するように形成され、かつ、前記有機高分子層は、その形成領域端が、前記電極層の外縁と、前記第２の高抵抗層の外縁との間に位置するように形成されていることが好ましい。

[0023] 第２の高抵抗膜と有機高分子層が半導体層の膜厚が薄い部分を避けて形成される。したがって、第２の高抵抗膜や有機高分子層の抵抗値が比較的低い場合であっても、第２の高抵抗膜や有機高分子層の端縁部で半導体層の膜厚が薄い部分に電界が集中することを抑制できるので、半導体層が放電破壊する現象を抑制することができる。

発明の効果

[0024] この発明に係る放射線検出器によれば、硫化アンチモンを主成分とする第２の高抵抗膜におけるアンチモンの組成比を従来よりも高い６１ｍｏｌ％以上８０ｍｏｌ％としたので、第２の高抵抗膜は従来例よりも金属に近い性質を示す。したがって、放射線の入射時に半導体層の抵抗が低下しても、第２の高抵抗膜に加わる電圧を従来例よりも低くすることができるので、第２の

高抵抗膜が絶縁破壊されるのを抑制することができる。その結果、放射線検出動作を繰り返し行っても欠損画素の増加を抑制することができ、耐久性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]実施例に係る放射線検出器の概略構成を示す縦断面図である。

[図2]アクティブマトリクス基板と外部回路との接続関係を示す図である。

[図3]アクティブマトリクス基板の要部を示す縦断面図である。

[図4]試験用検出器１についてアンチモン組成比を定量した結果を示すグラフである。

[図5]試験用検出器１についてＸ線照射による欠損画素の増加の様子を示すグラフである。

[図6]試験用検出器２についてアンチモン組成比を定量した結果を示すグラフである。

[図7]試験用検出器２についてＸ線照射による欠損画素の増加の様子を示すグラフである。

[図8]試験用検出器２について欠損画素の発生状態を示す写真である。

[図9]比較用用検出器についてアンチモン組成比を定量した結果を示すグラフである。

[図10]比較用検出器についてＸ線照射による欠損画素の増加の様子を示すグラフである。

[図11]従来例に係る放射線検出器の概略構成を示す縦断面図である。

符号の説明

[0026] １ … アクティブマトリクス基板

３ … 第１の高抵抗膜

５ … 半導体層

７ … 有機高分子層

９ … 第２の高抵抗膜

１１ … 電極層

１３　…　スペーサ

１５　…　補助板

１７　…　絶縁性樹脂層

ＤＵ　…　検出素子

発明を実施するための最良の形態

[0027]　以下、図面を参照してこの発明の一実施例について説明する。図１は、実施例に係る放射線検出器の概略構成を示す縦断面図である。

[0028]　放射線検出器は、アクティブマトリクス基板１と、第１の高抵抗膜３と、半導体層５と、有機高分子層７と、第２の高抵抗膜９と、電極層１１と、スペーサ１３と、補助板１５と、絶縁性樹脂層１７とを備えている。

[0029]　アクティブマトリクス基板１は、詳細を後述するが、放射線の入射に伴う電荷を読み出す機能を有する。第１の高抵抗膜３は、キャリアを選択的に透過させる機能を備え、硫化アンチモンの合金によりアクティブマトリクス基板１の上に成膜されている。成膜は、例えば、真空蒸着によって行われ、約２μｍの厚さを有する。半導体層５は、放射線の入射によりキャリアを生成し、例えば、アモルファス・セレン（ａ－Ｓｅ）により第１の高抵抗膜３の上面に形成されている。半導体層５の形成は、例えば、真空蒸着によって行われ、最厚部で１ｍｍ程度の厚みを有する。

[0030]　有機高分子層７は、半導体層５の界面結晶化を抑制する機能と、キャリアを選択して透過させる機能を有し、半導体層５の上面に形成されている。有機高分子層７は、例えば、インクジェット法で０．２μｍ程度の厚さで塗布した後、乾燥して形成されている。有機高分子層７は、例えば、アクリル系有機樹脂、ポリイミド、ＢＣＢ、ＰＶＡ、アクリル、ポリエチレン、ポリカーボネート、ポリエーテルイミド等の有機ポリマーを含む。さらに、有機高分子層７は、カーボンクラスターとその誘導体を含む。カーボンクラスターまたはその誘導体とは、炭素原子が炭素－炭素間結合の種類に係わらず、数個から数百個結合して形成されている集合体である。カーボンクラスターは、１００％炭素クラスターだけで構成されている必要はなく、他の原子の混

在や、置換基を含んでいてもよい。カーボンクラスターは、例えば、フラーレン類の一種あるいは数種を含む。また、フラーレンとは、ｓｐ２炭素からなる球状またはラグビーボール状のカーボンクラスターの総称である。一般的に、Ｃ６０，Ｃ７０，Ｃ７６，Ｃ７８，Ｃ８４等が挙げられる。有機高分子層７に含まれるカーボンクラスターまたはその誘導体の濃度は、後述する所定の範囲であることが好ましい。

[0031] 第２の高抵抗膜９は、キャリアを選択的に透過させる機能を備え、有機高分子層７の上面を覆うように被着されている。第２の高抵抗膜９の成膜は、上述した第１の高抵抗膜３と同様に行われ、例えば、約１μｍの厚さにされている。第２の高抵抗膜９は、第１の高抵抗膜３と同様に硫化アンチモンの合金により構成されている。但し、その組成比は、後述する所定範囲内とするのが好ましい。

[0032] 電極層１１は、図示しないバイアス電圧供給部からバイアス電圧が印加される。電極層１１は、例えば、金（Ａｕ）で形成されている。その形成は、例えば、真空蒸着によって行われ、約０．１μｍの厚さに形成されている。

[0033] スペーサ１３は、アクティブマトリクス基板１の外縁付近に立設され、上述したアクティブマトリクス基板１に積層された各種膜や層を保護する空間を形成している。補助板１５は、スペーサ１３で囲われた空間を閉塞している。この補助板１５は、アクティブマトリクス基板１と同程度の熱膨張率であって、放射線の透過率が高いものが好ましく、具体的な材料としては、例えば、ホウケイ酸ガラスや石英ガラスが好ましい。絶縁性樹脂層１７は、スペーサ１３と、補助板１５と、アクティブマトリクス基板１とで形成されている空間を満たすように注入されている。絶縁性樹脂層１７の材料としては、絶縁性が高く、硬度が高く、接着性も良好なものが好適であり、例えば、エポキシ樹脂が挙げられる。

[0034] 上述した第２の高抵抗膜９は、電極層１１の外縁よりも外側に、その外縁が位置するように形成されていることが好ましい。さらに、その位置を満たすとともに、次のような半導体層５の膜厚との関係を満たすことが好ましい

。つまり、半導体層５の平均膜厚の８０％以上の膜厚を有する半導体層５の領域に第２の高抵抗膜９を形成する。例えば、図１で示すように、半導体層５の肩の部分から中央部を含む領域Ｒｇにのみ第２の高抵抗膜９が形成されるようにする。

[0035] また、有機高分子層７は、電極層１１の外縁と、第２の高抵抗膜９の外縁との間に、その外縁が位置するように形成されていることが好ましい。

[0036] これらの形成条件（以下、この形成条件を「固有形成条件」と称する）を満たすと、第２の高抵抗膜９と有機高分子層７が半導体層５の膜厚が薄い部分を避けて形成されることになる。したがって、第２の高抵抗膜９や有機高分子層７の抵抗値が比較的低い場合であっても、第２の高抵抗膜９や有機高分子層７の端縁部で半導体層５の膜厚が薄い部分に電界が集中することを抑制できるので、半導体層５が放電破壊する現象を抑制することができる。

[0037] ここで、図２及び図３を参照する。なお、図２は、アクティブマトリクス基板と外部回路との接続関係を示す図であり、図３は、アクティブマトリクス基板の要部を示す縦断面図である。なお、図３では、説明の都合上、上述した第１の高抵抗膜３、有機高分子層７、第２の高抵抗膜９を図示省略してある。

[0038] アクティブマトリクス基板１は、検出素子ＤＵが二次元マトリクス状に配置されて、ガラス等の絶縁基板２１にパターン形成されている。また、アクティブマトリクス基板１は、キャリア収集電極２３と、コンデンサＣａと、薄膜トランジスタＴｒとを備えている。キャリア収集電極２３は、半導体層５で変換された電荷信号を収集する。コンデンサＣａは、キャリア収集電極２３で収集された電荷信号を蓄積する。薄膜トランジスタＴｒは、外部信号によりオンオフに切り換えられ、コンデンサＣａに蓄積された電荷信号を読み出すスイッチング素子である。本願発明における「画素」に相当する一つの検出素子ＤＵは、キャリア収集電極２３と、コンデンサＣａと、薄膜トランジスタＴｒと、これらに応じた領域の半導体層５及び電極層１１の一組で構成されている。電極層１１にはバイアス電圧Ｖａが印加される。なお、こ

こでは、説明の理解を容易にするために、便宜上、アクティブマトリクス基板１の二次元マトリクスが１０×１０個の検出素子ＤＵで構成されているものとする。

[0039] また、アクティブマトリクス基板１は、ゲートラインＧ１～Ｇ１０とデータラインＤ１～Ｄ１０とを備えている。ゲートラインＧ１～Ｇ１０は、検出素子ＤＵの行ごとに薄膜トランジスタＴｒのゲートに電気的に接続されている。データラインＤ１～Ｄ１０は、検出素子ＤＵの列ごとに薄膜トランジスタＴｒの読み出し側に電気的に接続されている。なお、以下の説明において、ゲートラインＧ１～Ｇ１０及びデータラインＤ１～Ｄ１０を特に区別しない場合には、ゲートラインＧ及びデータラインＤと称する。

[0040] ゲートラインＧ１～Ｇ１０には、ゲート駆動回路２５が接続されている。また、データラインＤ１～Ｄ１０には、電荷電圧変換アンプ２７と、マルチプレクサ２９と、Ａ／Ｄ変換器３１とがその順に接続されている。

[0041] ゲート駆動回路２５は、ゲートラインＧに電圧を印加することで、薄膜トランジスタＴｒをオンにさせ、コンデンサＣａに蓄積された電荷信号をデータラインＤから電荷電圧変換アンプ２７に出力させる。電荷電圧変換アンプ２７は、受け取った電荷信号を電圧信号に変換する。マルチプレクサ２９は、複数の電圧信号を一つの電圧信号にして出力する。Ａ／Ｄ変換器３１は、マルチプレクサ２９からの電圧信号をデジタル信号に変換する。図示省略しているが、Ａ／Ｄ変換器３１の後段には処理部が接続されており、複数の電圧信号に基づいてＸ線透視画像を生成する。

[0042] 次に、上述した構成の放射線検出器について作成した試験用の二種類のサンプルについて説明する。

[0043] ＜試験用検出器１＞

ここで、図４及び図５を参照する。なお、図４は、試験用検出器１についてアンチモン組成比を定量した結果を示すグラフであり、図５は、試験用検出器１についてＸ線照射による欠損画素の増加の様子を示すグラフである。

[0044] 試験用検出器１は、アンチモン組成比が４５ｍｏｌ％の硫化アンチモン原

料を使用し、真空蒸着により第２の高抵抗膜９を形成したものである。図４は、Ｘ線光電子分光分析（X-ray photoelectron spectroscopy）を用いてＸ線光電子分光スペクトルを測定し、試験用検出器１における第２の高抵抗膜９の構成元素を定量した結果を示す。ここで、横軸のSiO_2 equivalent sputter depth（SiO_2等価深さ）は、表面からの深さを表し、Sb_xS_yの膜厚に換算すると図中２００ｎｍが約１μｍに相当する。縦軸のAtomic Concentrationは構成元素の濃度を示す。凡例中の例えばＳｂ（Sb_3d_5）の括弧内は、アンチモンＳｂの電子軌道を表す。この定量結果から、試験用検出器１の第２の高抵抗膜９は、硫化アンチモンSb_xS_yにおけるアンチモンＳｂの組成比が６７％～７５％の範囲にあることがわかる。なお、深さがゼロ付近にあたる第２の高抵抗膜９の表面付近に炭素Ｃが検出されている。これは、第２の高抵抗膜９の表面に生じる自然酸化膜等に含まれていたものである。したがって、この炭素Ｃが急減する箇所が第２の高抵抗膜９の実質的な表面を示す。また、２００ｎｍ付近からインジウムＩｎが増加している。これは組成分析用の第２の高抵抗膜９をＩＴＯ(Indium Tin Oxide)電極を形成したガラス基板の上に成膜しているからであり、これが増加する前までが第２の高抵抗膜９であることを示す。

[0045] また、試験用検出器１の有機高分子層７は、有機化合物としてのｏ－ジクロロベンゼンに、ポリマーとして２．５ｗｔ％のポリカーボネート樹脂とフラーレンＣ６０を溶解させた塗布溶液により作製した。最適なフラーレンＣ６０濃度を見積もるために、ポリカーボネート樹脂に対するフラーレンＣ６０濃度が１５ｗｔ％、３０ｗｔ％、４５ｗｔ％の溶液を作製し、半導体層５の上に塗り分けを行った。具体的には、一つの半導体層５の上に帯状に、フラーレンＣ６０濃度が１５ｗｔ％、３０ｗｔ％、４５ｗｔ％の溶液を塗布した。また、半導体層５が面状であり、塗布場所に起因して有意差が生じないように、三種類の濃度での塗布帯領域を一組として、これを面内に重複しないように繰り返し塗布した。

[0046] この試験用検出器１に対して強いＸ線を照射して欠損画素が増加する様子

を測定した。Ｘ線の照射条件は、距離が１．３ｍで、管電圧１２０ｋＶ、管電流３６０ｍＡとした。そして、その条件のＸ線を３０秒ごとに０．１秒間照射した。１回の照射線量は、２．１７ｍＧｙ（ミリグレイ）であり、これは約５，０００回で平均的な医療用胸部Ｘ線診断装置における１年分の使用線量に相当する。図５に示すように、試験用検出器１では、フラーレンＣ６０濃度が１５ｗｔ％～４５ｗｔ％のいずれの領域も、３０，０００回のＸ線照射であっても欠損画素が１０個以下であった。

[0047] ＜試験用検出器２＞

ここで、図６及び図７を参照する。図６は、試験用検出器２についてアンチモン組成比を定量した結果を示すグラフであり、図７は、試験用検出器２についてＸ線照射による欠損画素の増加の様子を示すグラフである。

[0048] 試験用検出器２は、アンチモン組成比が４４ｍｏｌ％の硫化アンチモン原料を使用し、真空蒸着により第２の高抵抗膜９を形成したものである。図６は、Ｘ線光電子分光分析を用いた定量結果であり、これから試験用検出器２の第２の高抵抗膜９は、硫化アンチモンSb_xS_yにおけるアンチモンＳｂの組成比が６１％～６９％の範囲にあることがわかる。

[0049] また、有機高分子層７は、ポリカーボネート樹脂に対するフラーレンＣ６０濃度が１０ｗｔ％、１５ｗｔ％、２０ｗｔ％、３０ｗｔ％の溶液を作製し、半導体層５の上に塗り分けを行った。具体的には、一つの半導体層５の上に帯状に、フラーレンＣ６０濃度が１０ｗｔ％、１５ｗｔ％、２０ｗｔ％、３０ｗｔ％の溶液を塗布した。また、半導体層５が面状であり、塗布場所に起因して有意差が生じないように、四種類の濃度での塗布帯領域を一組として、これを面内に重複しないように繰り返し塗布した。なお、アクティブマトリクス基板１における画素数は２８８０×２８８０であり、上記の一つの塗布帯では１２０×２８８０となる。

[0050] 上述した照射条件と同じ条件下で、試験用検出器２の欠損画素が増加する様子を測定した。その結果が図７である。試験用検出器２では、フラーレンＣ６０濃度が１０ｗｔ％と３０ｗｔ％の領域では、２０，０００回の照射で

欠損画素が１００個以下であった。また、フラーレンＣ６０濃度が１５ｗｔ％と２０ｗｔ％の領域では、３０，０００回の照射で欠損画素が１００個以下であった。

[0051] ここで図８を参照する。なお、図８は、試験用検出器２について欠損画素の発生状態を示す写真である。

[0052] この写真は、試験用検出器２に上記の照射条件で３７，５００回のＸ線照射を行った後の欠損画素の発生状態を示している。写真の上部と下部は、試験用検出器２における異なる二カ所の領域を示し、写真中の白点が欠損画素を示す。この写真から明らかなように、フラーレンＣ６０濃度が１０ｗｔ％と３０ｗｔ％の領域において多数の欠損画素が発生しているのがわかる。

[0053] 以上の結果に基づき、第２の高抵抗膜９における硫化アンチモンのアンチモン組成比が６７ｍｏｌ％以上７５ｍｏｌ％以下であれば、有機高分子層７におけるフラーレンＣ６０濃度が１０ｗｔ％～４５ｗｔ％の広い範囲で、Ｘ線照射を繰り返し行っても欠損画素の増加を抑制できることがわかった。また、第２の高抵抗膜９における硫化アンチモンのアンチモン組成比が６１ｍｏｌ％から６９ｍｏｌ％と比較的低くなっても、有機高分子層７におけるフラーレンＣ６０濃度が１５ｗｔ％から３０ｗｔ％未満、好ましくは１５ｗｔ％から２０ｗｔ％に限定すれば、欠損画素の増加を抑制できることがわかった。

[0054] なお、硫化アンチモンのアンチモン組成比の上限を８０ｗｔ％とした。これは、第２の高抵抗膜９は、蒸着により生成するのが一般的であるが、蒸着原料のアンチモン濃度が高いものを用いても、第２の高抵抗膜９においてアンチモン組成比が８０ｍｏｌ％を超えるものとするのが技術的に極めて困難であるからである。また、アンチモン組成比が高すぎると金属の性質に近くなりすぎて第２の高抵抗膜９としての機能が低下し、第２の高抵抗膜９の端縁部における半導体層５の薄い部分に電界が集中し、半導体層５が放電破壊することにもよる。

[0055] また、硫化アンチモンのアンチモン組成比が６１ｗｔ％から８０ｗｔ％以

下の場合でも、抵抗が低下して第２の高抵抗膜９の端縁部において電位が上昇する可能性がある。しかし、上述した第２の高抵抗膜９及び有機高分子層７の固有形成条件を満たしておくと、電位が上昇しても半導体層５の薄い部分に電界が集中することを抑制できるので、半導体層５の放電破壊を抑制できる。

[0056] ＜比較用検出器＞

ここで、図９及び図１０を参照する。なお、図９は、比較用用検出器についてアンチモン組成比を定量した結果を示すグラフであり、図１０は、比較用検出器についてＸ線照射による欠損画素の増加の様子を示すグラフである。

[0057] 比較用検出器は、アンチモン組成比が４０ｗｔ％の硫化アンチモン原料を使用し、真空蒸着により第２の高抵抗膜９を形成したものである。図９は、Ｘ線光電子分光分析を用いた定量結果であり、これから比較用検出器の第２の高抵抗膜９は、硫化アンチモンSb_xS_yにおけるアンチモンＳｂの組成比が５６％～６０％の範囲にあることがわかる。これは、従来例の組成比に相当する。

[0058] また、比較用検出器における有機高分子層７は、ポリカーボネート樹脂に対するフラーレンＣ６０濃度が１０ｗｔ％、１５ｗｔ％、３０ｗｔ％、４０ｗｔ％の溶液を作製し、半導体層５の上に塗り分けを行った。

[0059] 上述した照射条件と同じ条件下で、比較用検出器の欠損画素が増加する様子を測定した。その結果が図１０である。比較用検出器では、フラーレンＣ６０濃度が１０ｗｔ％から４０ｗｔ％の全ての領域で、１０，０００回の照射までに欠損画素が１００個を超えた。特に、フラーレンＣ６０濃度が４０ｗｔ％の領域では、５，０００回の照射までに欠損画素が１，０００個を超えた。

[0060] 比較用検出器は、上述した本願発明に係る試験用検出器１，２との差異が明確であり、Ｘ線撮影を繰り返し行うと、欠損画素が増加してＸ線検出画像の品質が劣化してゆくという現象が顕著であることがわかる。

[0061] この発明は、上記実施形態に限られることはなく、下記のように変形実施することができる。

[0062] （１）上述した実施例では、半導体層５を単にアモルファス・セレン（ａ－Ｓｅ）としたが、例えば、セレン化合物のアモルファス体、ＡｓまたはＴｅをドープしたＳｅもしくはＳｅ化合物のアモルファス体、アルカリ金属をドープしたＳｅもしくはアルカリ金属をドープしたＳｅ化合物のアモルファス体などで半導体層５を構成してもよい。

[0063] （２）上述した実施例では、第２の高抵抗膜９と有機高分子層７とが固有形成条件を満たすようにした。しかし、第２の高抵抗膜９や有機高分子層７の端縁部で半導体層５の膜厚が薄い部分に電界が集中することで問題が生じない場合には、この固有形成条件を満たす必要はない。

[0064] （３）上述した実施例では、マトリクス基板としてアクティブマトリクス基板１を採用しているが、これに代えてパッシブマトリクス基板を備えるようにしてもよい。

産業上の利用可能性

[0065] 以上のように、この発明は、放射線の空間分布を計測するための放射線検出器に適している。

請求の範囲

[請求項1] （ａ）電荷を蓄積する画素が二次元的に配列され、前記各画素から信号を読み出すマトリクス基板と、

（ｂ）キャリアを選択的に透過させる第１の高抵抗膜と、

（ｃ）放射線の入射によりキャリアを生成する半導体層と、

（ｄ）前記半導体層の上面を覆うように形成されているとともに、キャリアを選択して透過させるためにカーボンクラスターまたはその誘導体を含む有機高分子層と、

（ｅ）前記半導体層と前記有機高分子層の上面を覆うように形成されているとともに、キャリアを選択的に透過させる第２の高抵抗膜と、

（ｆ）前記第２の高抵抗膜を介して前記半導体層にバイアス電圧を印加する電極層と、

（ｇ）前記半導体層と、前記第１の高抵抗膜と、前記有機高分子層と、前記電極層とにおける露出面の全体を覆う絶縁樹脂層と、

（ｈ）前記絶縁樹脂層を囲う絶縁性の補助板と、

がこの順で積層されてなる放射線検出器において、

前記第２の高抵抗層は、硫化アンチモンを主成分とし、そのアンチモン組成比の平均値が６１ｍｏｌ％以上８０ｍｏｌ％以下で構成されていることを特徴とする放射線検出器。

[請求項2] 請求項１に記載の放射線検出器において、

前記第２の高抵抗膜は、アンチモン組成比の平均値が６７ｍｏｌ％以上７５ｍｏｌ％以下で構成されていることを特徴とする放射線検出器。

[請求項3] 請求項１または２に記載の放射線検出器において、

前記有機高分子層は、カーボンクラスターまたはその誘導体の濃度が１１ｗｔ％以上３０ｗｔ％未満で構成されていることを特徴とする放射線検出器。

[請求項4] 請求項１または２に記載の放射線検出器において、

前記有機高分子層は、カーボンクラスターまたはその誘導体の濃度が１５ｗｔ％以上２０ｗｔ％以下で構成されていることを特徴とする放射線検出器。

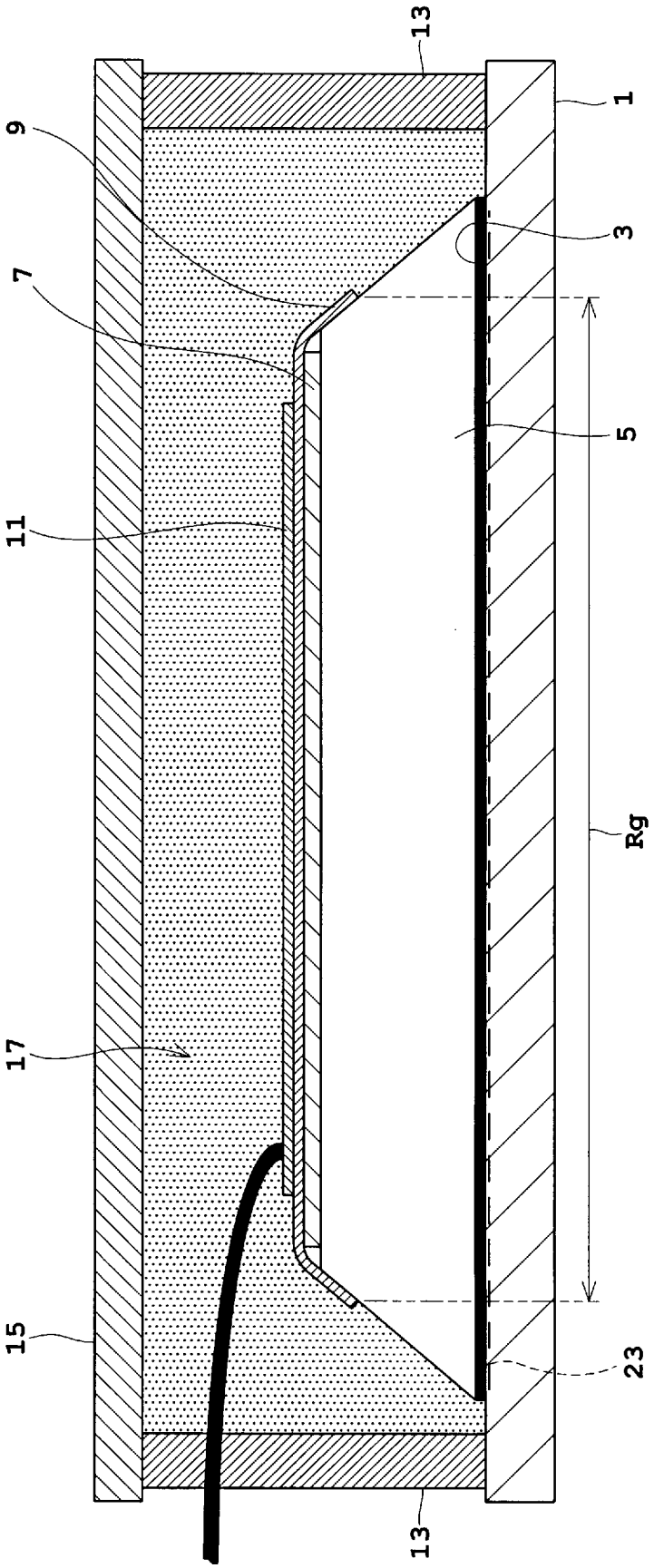
[請求項5] 請求項１から４のいずれかに記載の放射線検出器において、

前記第２の高抵抗膜は、その形成領域端が、前記電極層の外縁よりも外側であって、かつ、前記半導体層の平均膜厚が８０％以上の膜厚を有する領域上に位置するように形成され、かつ、

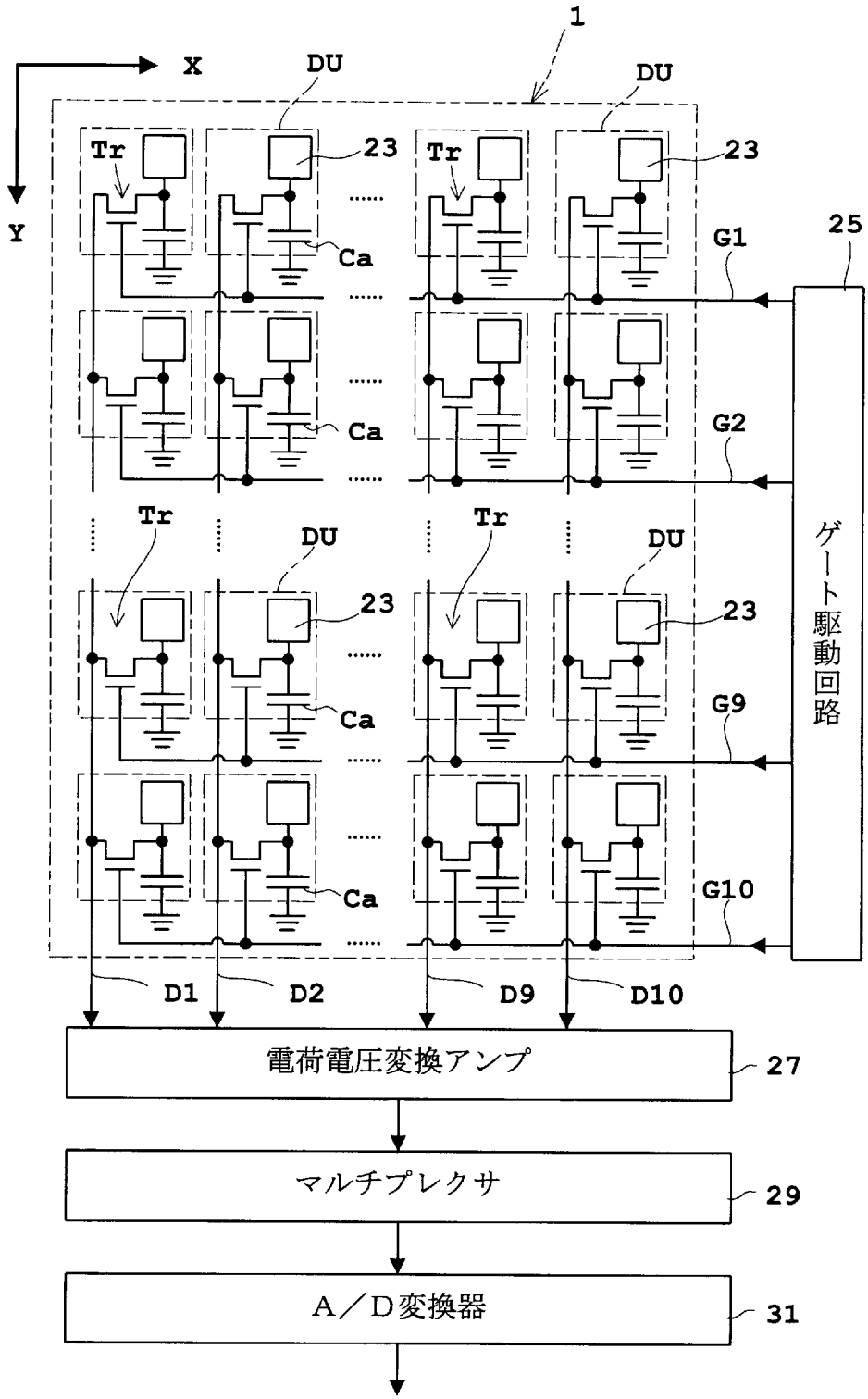
前記有機高分子層は、その形成領域端が、前記電極層の外縁と、前記第２の高抵抗層の外縁との間に位置するように形成されている

ことを特徴とする放射線検出器。

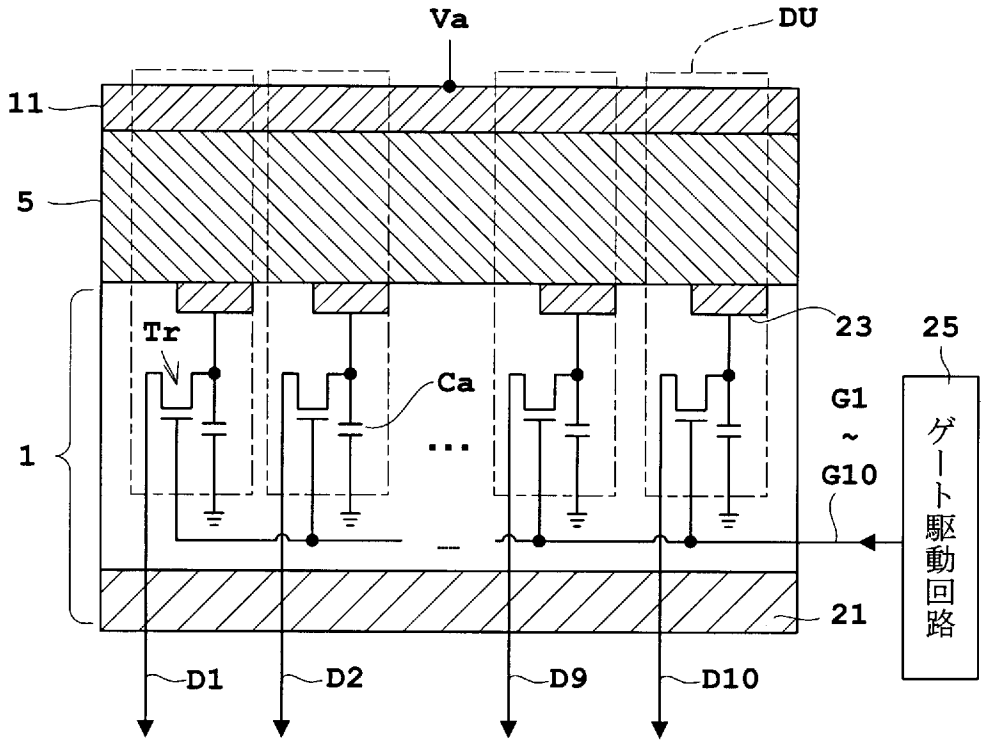
[図1]



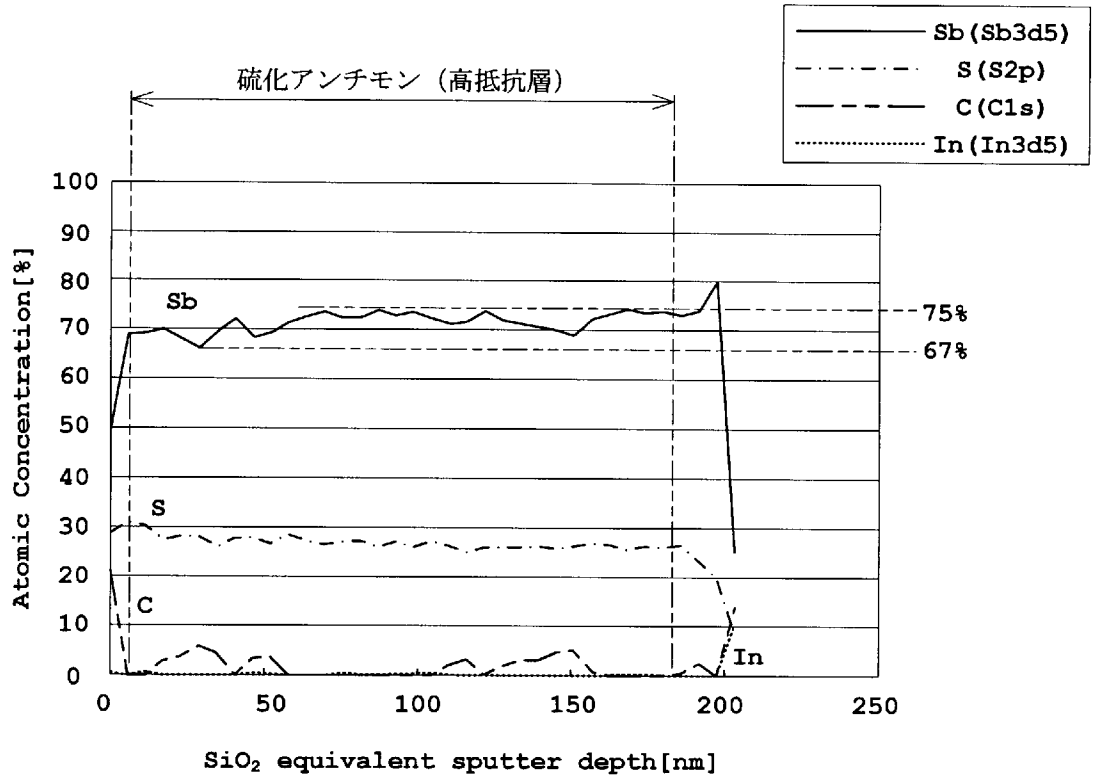
[図2]


1
X
Y
DU
DU
Tr
Tr
23
23
Ca
Ca
G1
G2
25
ゲート駆動回路
Tr
Tr
DU
DU
23
23
Ca
Ca
G9
G10
D1
D2
D9
D10
電荷電圧変換アンプ
27
マルチプレクサ
29
A／D変換器
31

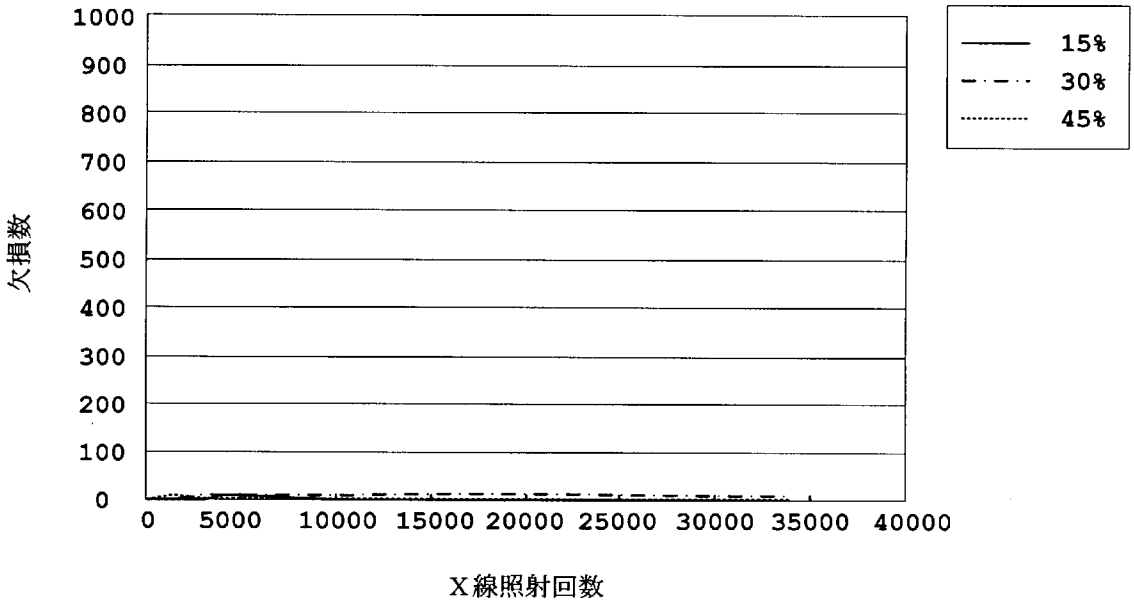
[図3]



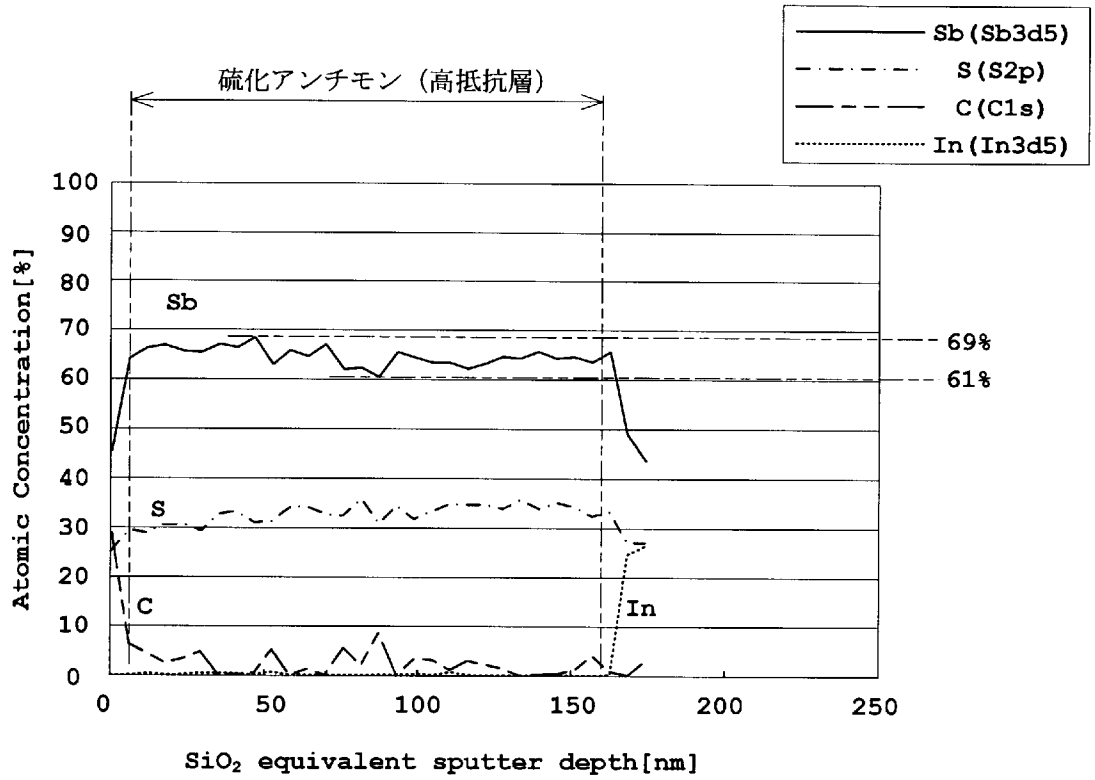
[図4]


硫化アンチモン（高抵抗層）
Sb(Sb3d5)
S(S2p)
C(C1s)
In(In3d5)
Atomic Concentration[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Sb
S
C
In
75%
67%
0
50
100
150
200
250
SiO2 equivalent sputter depth[nm]

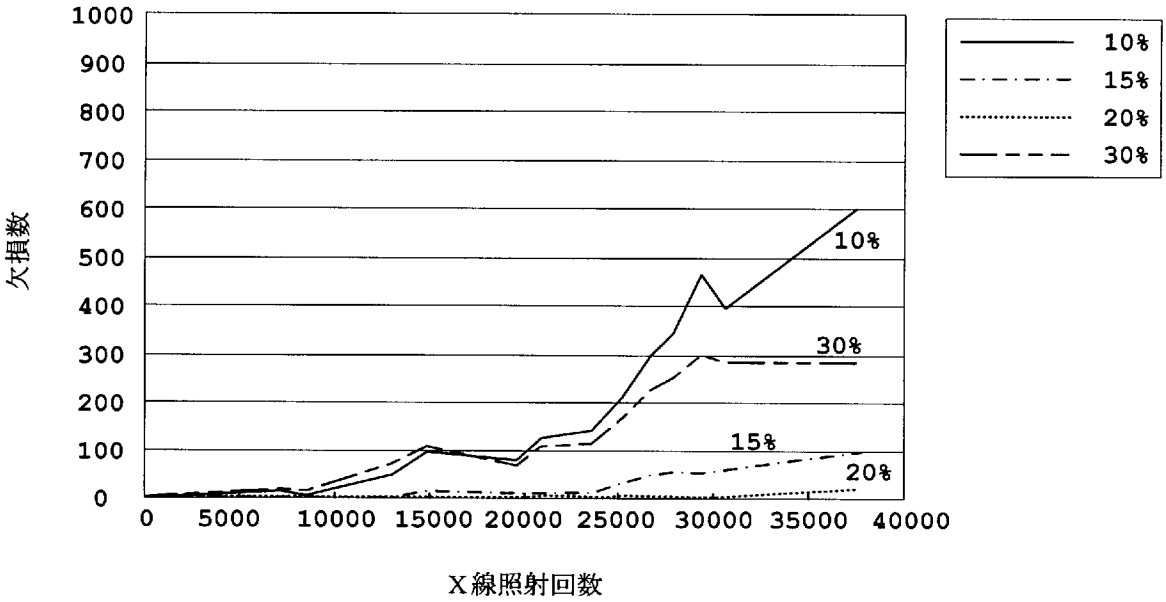
[図5]


15%
30%
45%
欠損数
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
40000
X線照射回数

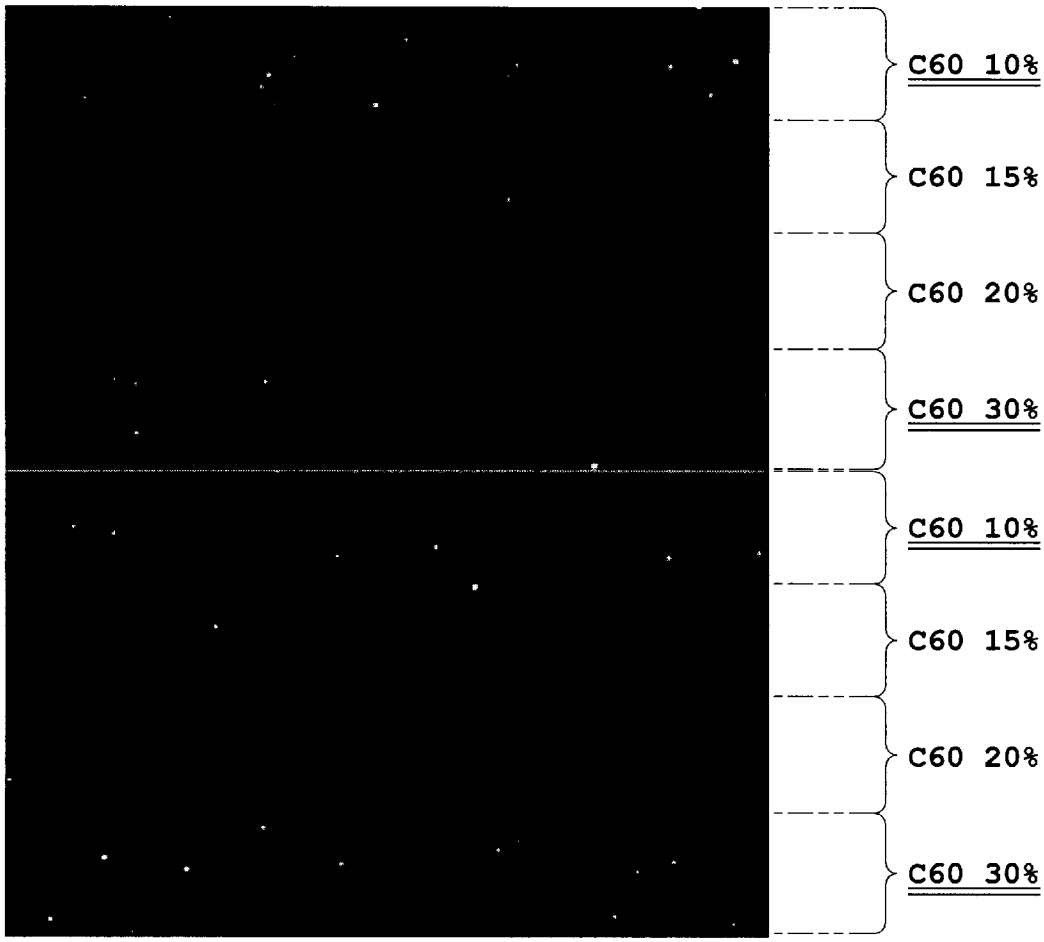
[図6]


硫化アンチモン（高抵抗層）
Sb(Sb3d5)
S(S2p)
C(C1s)
In(In3d5)
Atomic Concentration[%]
Sb
S
C
In
69%
61%
SiO2 equivalent sputter depth[nm]

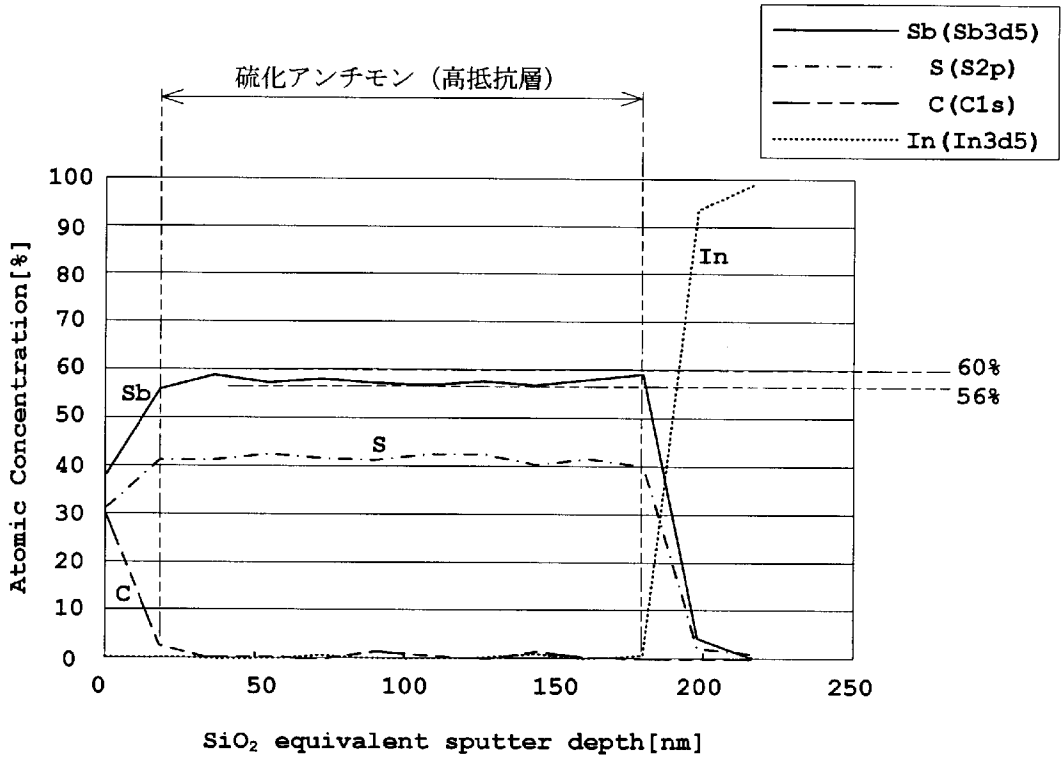
[図7]


欠損数
10%
15%
20%
30%
X線照射回数

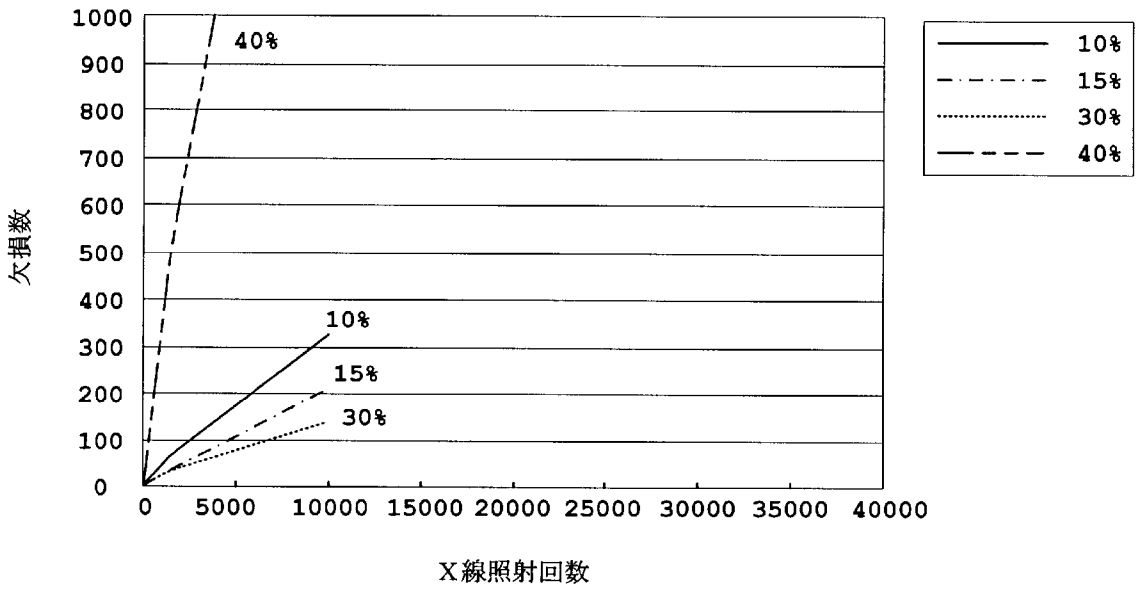
[図8]



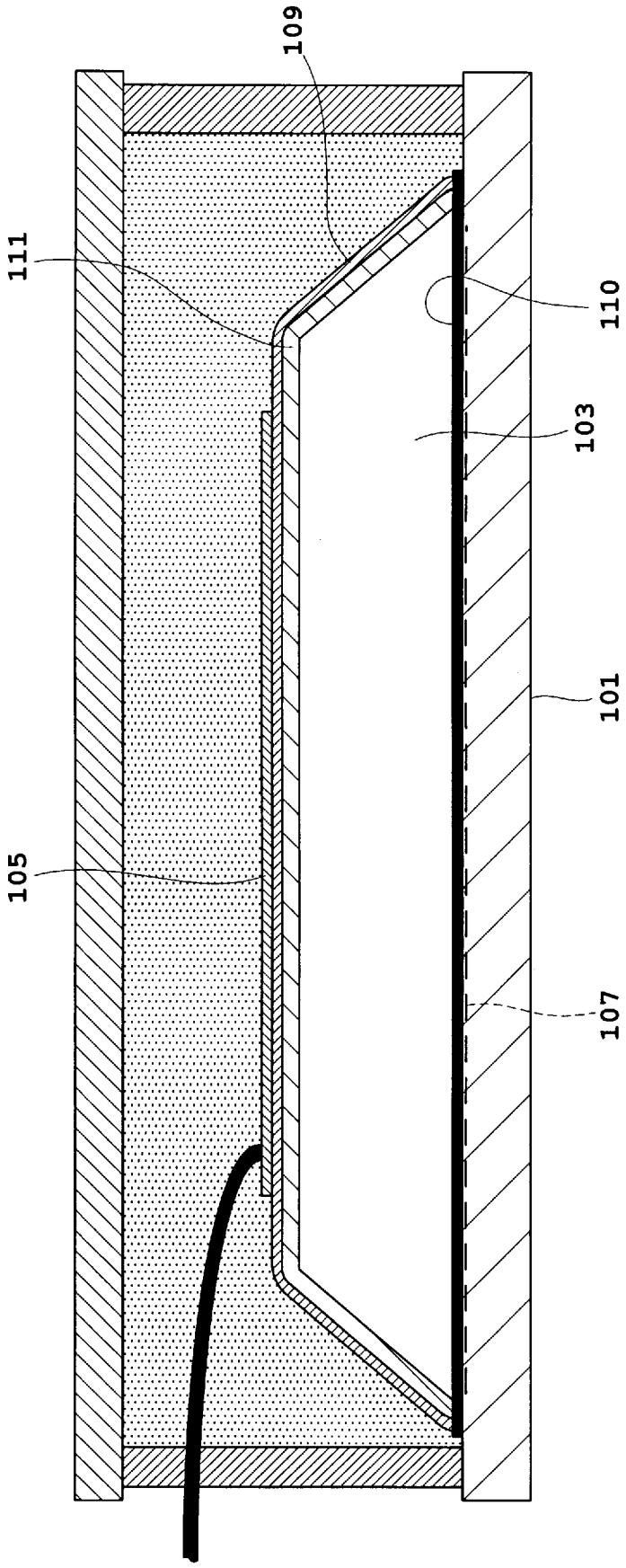
[図9]


Sb(Sb3d5)
S(S2p)
C(C1s)
In(In3d5)
硫化アンチモン（高抵抗層）
Atomic Concentration[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Sb
S
C
In
60%
56%
0
50
100
150
200
250
SiO2 equivalent sputter depth[nm]

[図10]


10%
15%
30%
40%
欠損数
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
40%
10%
15%
30%
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
40000
X線照射回数

[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/005664

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01T1/24(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)
G01T1/00-7/12, H01L27/14, H01L27/146, H01L31/09

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-175083 A (Fujifilm Corp.), 06 August 2009 (06.08.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2010-87003 A (Fujifilm Corp.), 15 April 2010 (15.04.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

☐ 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
27 October, 2010 (27.10.10)	09 November, 2010 (09.11.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／００５６６４

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

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.　G01T1/00 - 7/12, H01L27/14, H01L27/146, H01L31/09

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	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2009-175083 A (富士フイルム株式会社) 2009.08.06, 全文全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2010-87003 A (富士フイルム株式会社) 2010.04.15, 全文全図 (ファミリーなし)	1-5

☐　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 ２７．１０．２０１０	国際調査報告の発送日 ０９．１１．２０１０
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　３６０８ 村川　雄一 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７３