

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7353191号
(P7353191)

(45)発行日 令和5年9月29日(2023.9.29)

(24)登録日 令和5年9月21日(2023.9.21)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 1 T	1/20 (2006.01)	G 0 1 T	1/20	D	
A 6 1 B	6/00 (2006.01)	G 0 1 T	1/20	L	
		G 0 1 T	1/20	E	
		A 6 1 B	6/00	3 0 0 Q	
		A 6 1 B	6/00	3 0 0 S	
請求項の数 6 (全14頁)					
(21)出願番号	特願2020-3422(P2020-3422)	(73)特許権者	503382542		
(22)出願日	令和2年1月14日(2020.1.14)		キヤノン電子管デバイス株式会社		
(65)公開番号	特開2021-110666(P2021-110666 A)	(74)代理人	100108062		
(43)公開日	令和3年8月2日(2021.8.2)		弁理士 日向寺 雅彦		
審査請求日	令和4年10月24日(2022.10.24)	(74)代理人	100168332		
			弁理士 小崎 純一		
		(74)代理人	100146592		
			弁理士 市川 浩		
		(74)代理人	白井 達哲		
		(74)代理人	100172188		
			弁理士 内田 敬人		
		(74)代理人	100197538		
			弁理士 竹内 功		
				最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 放射線検出モジュール、および放射線検出器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の光電変換部を有するアレイ基板と、
前記複数の光電変換部の上に設けられたシンチレータと、
前記シンチレータの上方を覆い、前記シンチレータの上端の局所的な凸部を収納する収納部を有する防湿部と、
を備え、

前記シンチレータの内部の空隙の雰囲気、および、前記収納部と、前記シンチレータの前記凸部と、の間の雰囲気は、大気圧よりも減圧されている放射線検出モジュール。

【請求項2】

前記シンチレータの上端と、前記防湿部と、の間に設けられた反射層をさらに備え、
前記収納部には、前記シンチレータの前記凸部と、前記反射層の、前記シンチレータの前記凸部を覆う部分と、が収納されるため、
前記収納部と、前記反射層の、前記シンチレータの前記凸部を覆う部分と、の間の雰囲気は、大気圧よりも減圧されている請求項1記載の放射線検出モジュール。

【請求項3】

複数の光電変換部を有するアレイ基板と、
前記複数の光電変換部の上に設けられたシンチレータと、
前記シンチレータの上に設けられた反射層と、
前記反射層の上方を覆い、前記反射層の上端の局所的な凸部を収納する収納部を有する

防湿部と、

を備え、

前記シンチレータの内部の空隙の雰囲気、および、前記収納部と、前記反射層の上端の局部的な前記凸部と、の間の雰囲気は、大気圧よりも減圧されている放射線検出モジュール。

【請求項 4】

前記防湿部は、シート状を呈し、厚みが $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下である請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 つに記載の放射線検出モジュール。

【請求項 5】

前記防湿部は、樹脂膜、金属膜、および無機膜の少なくとも二種が積層された積層シート、または、金属を含むシートである請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 つに記載の放射線検出モジュール。

10

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 つに記載の放射線検出モジュールと、

前記放射線検出モジュールと電氣的に接続された回路基板と、

を備えた放射線検出器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、放射線検出モジュール、および放射線検出器に関する。

【背景技術】

20

【0002】

放射線検出器の一例に X 線検出器がある。X 線検出器には、X 線を蛍光に変換するシンチレータと、蛍光を電気信号に変換するアレイ基板とが設けられている。また、蛍光の利用効率を高めて感度特性を改善するために、シンチレータの上に反射層をさらに設ける場合もある。

【0003】

また、水蒸気などに起因する特性の劣化を抑制するために、シンチレータと反射層は、外部雰囲気から隔離する必要がある。例えば、シンチレータが、CsI（ヨウ化セシウム）：Tl（タリウム）や CsI：Na（ナトリウム）などを含む場合には、水蒸気などによる特性劣化が大きくなるおそれがある。そのため、X 線検出器には、シンチレータと反射層を覆う防湿部がさらに設けられている。

30

【0004】

ここで、X 線検出器が大気圧よりも減圧された環境に置かれる場合がある。そのため、防湿部により画された空間の内部に空気などのガスがあると、X 線検出器が大気圧よりも減圧された環境に置かれた際に、ガスが膨張して防湿部が破損するおそれがある。そこで、防湿部により画された空間の内部の圧力は、大気圧よりも低くなっている。

【0005】

また、シンチレータの上端、あるいは、反射層の上端に局部的に凸部が生じる場合がある。例えば、真空蒸着法を用いてシンチレータを形成した際に、局部的に高さの高い結晶が形成される場合がある。また、反射層を形成した際に、不純物や異物の混入などにより反射層の厚みが局部的に厚くなり、局部的に凸部が生じる場合がある。

40

【0006】

防湿部により画された空間の内部の圧力は大気圧よりも低くなっているため、防湿部は、大気圧により、シンチレータ側に押し付けられる。そのため、シンチレータの上端、あるいは、反射層の上端に局部的な凸部があると、凸部が押されて、シンチレータに局部的な応力が発生し易くなる。

そこで、シンチレータに局部的な応力が発生するのを抑制することができる技術の開発が望まれていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【０００７】

【文献】特開２００９－１２８０２３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

本発明が解決しようとする課題は、シンチレータに局所的な応力が発生するのを抑制することができる放射線検出モジュール、および放射線検出器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

実施形態に係る放射線検出モジュールは、複数の光電変換部を有するアレイ基板と、前記複数の光電変換部の上に設けられたシンチレータと、前記シンチレータの上方を覆い、前記シンチレータの上端の局所的な凸部を収納する収納部を有する防湿部と、を備えている。前記シンチレータの内部の空隙の雰囲気、および、前記収納部と、前記シンチレータの前記凸部と、の間の雰囲気は、大気圧よりも減圧されている。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本実施の形態に係るＸ線検出器およびＸ線検出モジュールを例示するための模式斜視図である。

【図２】Ｘ線検出モジュールを例示するための模式断面図である。

【図３】Ｘ線検出器のブロック図である。

【図４】（ａ）、（ｂ）は、比較例に係るＸ線検出モジュールを例示するための模式断面図である。

【図５】他の実施形態に係るＸ線検出モジュールを例示するための模式断面図である。

【図６】他の実施形態に係るＸ線検出モジュールを例示するための模式断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

以下、図面を参照しつつ、実施の形態について例示をする。なお、各図面中、同様の構成要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

また、本発明の実施形態に係る放射線検出器は、Ｘ線のほかにもγ線などの各種放射線に適用させることができる。ここでは、一例として、放射線の中の代表的なものとしてＸ線に係る場合を例にとり説明をする。したがって、以下の実施形態の「Ｘ線」を「他の放射線」に置き換えることにより、他の放射線にも適用させることができる。

また、放射線検出器は、例えば、一般医療などに用いることができる。ただし、放射線検出器の用途は、一般医療に限定されるわけではない。

【００１２】

図１は、本実施の形態に係るＸ線検出器１およびＸ線検出モジュール１０を例示するための模式斜視図である。

なお、煩雑となるのを避けるために、図１においては、保護層２ｆ、反射層６、防湿部７、および封止部８などを省いて描いている。

図２は、Ｘ線検出モジュール１０を例示するための模式断面図である。

図３は、Ｘ線検出器１のブロック図である。

【００１３】

図１および図２に示すように、Ｘ線検出器１には、Ｘ線検出モジュール１０、および回路基板１１が設けられている。また、Ｘ線検出器１には、図示しない筐体を設けることができる。筐体の内部には、Ｘ線検出モジュール１０、および回路基板１１を設けることができる。例えば、筐体の内部に板状の支持板１２を設け、支持板１２のＸ線の入射側の面にはＸ線検出モジュール１０を設け、支持板１２のＸ線の入射側とは反対側の面には回路基板１１を設けることができる。

【００１４】

Ｘ線検出モジュール１０には、アレイ基板２、シンチレータ５、反射層６、防湿部７、

10

20

30

40

50

および封止部 8 を設けることができる。

アレイ基板 2 は、基板 2 a、光電変換部 2 b、制御ライン（又はゲートライン）2 c 1、データライン（又はシグナルライン）2 c 2、配線パッド 2 d 1、配線パッド 2 d 2 および保護層 2 f を有することができる。

なお、光電変換部 2 b、制御ライン 2 c 1、およびデータライン 2 c 2 の数などは例示をしたものに限定されるわけではない。

【0015】

基板 2 a は、板状を呈し、無アルカリガラスなどのガラスから形成することができる。基板 2 a の平面形状は、四角形とすることができる。基板 2 a の厚みは、例えば、0.7 mm 程度とすることができる。

光電変換部 2 b は、基板 2 a の一方の面側に複数設けられている。

光電変換部 2 b は、矩形状を呈し、制御ライン 2 c 1 とデータライン 2 c 2 とにより画された領域に設けることができる。複数の光電変換部 2 b は、マトリクス状に並べることができる。なお、1 つの光電変換部 2 b は、X 線画像の 1 つの画素 (pixel) に対応する。

【0016】

複数の光電変換部 2 b のそれぞれには、光電変換素子 2 b 1 と、スイッチング素子である薄膜トランジスタ (TFT; Thin Film Transistor) 2 b 2 を設けることができる。

また、光電変換素子 2 b 1 において変換した信号電荷を蓄積する蓄積キャパシタ 2 b 3 を設けることができる。蓄積キャパシタ 2 b 3 は、例えば、矩形平板状を呈し、各薄膜トランジスタ 2 b 2 の下に設けることができる。ただし、光電変換素子 2 b 1 の容量によっては、光電変換素子 2 b 1 が蓄積キャパシタ 2 b 3 を兼ねることができる。

【0017】

光電変換素子 2 b 1 は、例えば、フォトダイオードなどとすることができる。

薄膜トランジスタ 2 b 2 は、蓄積キャパシタ 2 b 3 への電荷の蓄積および放出のスイッチングを行う。薄膜トランジスタ 2 b 2 は、ゲート電極、ドレイン電極及びソース電極を有することができる。薄膜トランジスタ 2 b 2 のゲート電極は、対応する制御ライン 2 c 1 と電氣的に接続することができる。薄膜トランジスタ 2 b 2 のドレイン電極は、対応するデータライン 2 c 2 と電氣的に接続することができる。薄膜トランジスタ 2 b 2 のソース電極は、対応する光電変換素子 2 b 1 と蓄積キャパシタ 2 b 3 とに電氣的に接続することができる。また、光電変換素子 2 b 1 のアノード側と蓄積キャパシタ 2 b 3 は、グランドに接続することができる。なお、光電変換素子 2 b 1 のアノード側と蓄積キャパシタ 2 b 3 は、バイアスラインに接続することもできる。

【0018】

制御ライン 2 c 1 は、所定の間隔をあけて互いに平行に複数設けることができる。制御ライン 2 c 1 は、例えば、行方向に延びている。1 つの制御ライン 2 c 1 は、基板 2 a の周縁近傍に設けられた複数の配線パッド 2 d 1 のうちの 1 つと電氣的に接続することができる。1 つの配線パッド 2 d 1 には、フレキシブルプリント基板 2 e 1 に設けられた複数の配線のうちの 1 つを電氣的に接続することができる。フレキシブルプリント基板 2 e 1 に設けられた複数の配線他端は、回路基板 1 1 に設けられた読み出し回路 1 1 a とそれぞれ電氣的に接続することができる。

【0019】

データライン 2 c 2 は、所定の間隔をあけて互いに平行に複数設けることができる。データライン 2 c 2 は、例えば、行方向に直交する列方向に延びている。1 つのデータライン 2 c 2 は、基板 2 a の周縁近傍に設けられた複数の配線パッド 2 d 2 のうちの 1 つと電氣的に接続することができる。1 つの配線パッド 2 d 2 には、フレキシブルプリント基板 2 e 2 に設けられた複数の配線のうちの 1 つを電氣的に接続することができる。フレキシブルプリント基板 2 e 2 に設けられた複数の配線他端は、回路基板 1 1 に設けられた信号検出回路 1 1 b とそれぞれ電氣的に接続することができる。

制御ライン 2 c 1、およびデータライン 2 c 2 は、アルミニウムやクロムなどの低抵抗金属を用いて形成することができる。

10

20

30

40

50

【0020】

保護層2fは、光電変換部2b、制御ライン2c1、およびデータライン2c2を覆うことができる。保護層2fは、絶縁性材料から形成することができる。絶縁性材料は、例えば、酸化物絶縁材料、窒化物絶縁材料、酸窒化物絶縁材料、および樹脂などとしてすることができる。

【0021】

シンチレータ5は、複数の光電変換部2bの上に設けられ、入射するX線を可視光すなわち蛍光に変換する。シンチレータ5は、基板2a上の複数の光電変換部2bが設けられた領域（有効画素領域A）を覆うように設けることができる。

シンチレータ5は、例えば、ヨウ化セシウム（CsI）：タリウム（Tl）、ヨウ化ナトリウム（NaI）：タリウム（Tl）、あるいは臭化セシウム（CsBr）：ユーロピウム（Eu）などを含むものとしてすることができる。シンチレータ5は、真空蒸着法を用いて形成することができる。真空蒸着法を用いてシンチレータ5を形成すれば、複数の柱状結晶の集合体からなるシンチレータ5が形成される。シンチレータ5の厚みは、例えば、600μm程度としてすることができる。

【0022】

なお、真空蒸着法を用いてシンチレータ5を形成する際には、開口を有するマスクが用いられる。この場合、アレイ基板2上の開口に対峙する位置（有効画素領域Aの上）にシンチレータ5が形成される。また、蒸着による膜は、マスクの表面にも形成される。そして、マスクの開口の近傍においては、膜は、開口の内部に徐々に張り出すように成長する。開口の内部に膜が張り出すと、開口の近傍において、アレイ基板2への蒸着が抑制される。そのため、図1および図2に示すように、シンチレータ5の周縁近傍は、外側になるに従い厚みが漸減している。

【0023】

また、シンチレータ5は、例えば、テルビウム賦活硫酸化ガドリニウム（Gd₂O₂S／Tb、又はGOS）などを用いて形成することもできる。この場合、複数の光電変換部2bごとに四角柱状のシンチレータ5が設けられるように、マトリクス状の溝部を設けることができる。

【0024】

反射層6は、蛍光の利用効率を高めて感度特性を改善するために設けることができる。すなわち、反射層6は、シンチレータ5において生じた蛍光のうち、光電変換部2bが設けられた側とは反対側に向かう光を反射させて、光電変換部2bに向かうようにする。ただし、反射層6は、必ずしも必要ではなく、X線検出モジュール10に求められる感度特性などに応じて設けるようにすればよい。

以下においては、一例として、反射層6が設けられている場合を説明する。

【0025】

反射層6は、シンチレータ5の上に設けられている。反射層6は、シンチレータ5の上端5bと、防湿部7との間に設けられている。反射層6は、少なくともシンチレータ5の上端5bを覆っている。反射層6は、シンチレータ5の側端5aをさらに覆うこともできる。

例えば、酸化チタン（TiO₂）などからなる光散乱性粒子と、樹脂と、溶媒とを混合した材料をシンチレータ5の上に塗布し、これを乾燥することで反射層6を形成することができる。

また、例えば、銀合金やアルミニウムなどの光反射率の高い金属からなる層をシンチレータ5の上に成膜することで反射層6を形成することができる。

【0026】

防湿部7は、空気中に含まれる水分により、反射層6の特性やシンチレータ5の特性が劣化するのを抑制するために設けることができる。防湿部7は、シンチレータ5の上方、および反射層6の上方を覆うことができる。

【0027】

ここで、複数の柱状結晶を含むシンチレータ 5 には、その体積の 10%～40% 程度の空隙が存在する。また、航空機などで輸送される場合のように、X 線検出器 1 が大気圧よりも減圧された環境に置かれる場合がある。この場合、シンチレータ 5 の空隙に空気などのガスがあると、X 線検出器 1 が大気圧よりも減圧された環境に置かれた際に、ガスが膨張して防湿部 7 が破損するおそれがある。そのため、X 線検出器 1 においては、防湿部 7 により画された空間の内部の圧力が、大気圧よりも低くなるようにしている。例えば、大気圧よりも減圧された環境において防湿部 7 と封止部 8 とを接合すれば、防湿部 7 により画された空間の内部の圧力が大気圧よりも低くなるようにすることができる。

【0028】

また、封止部 8 の内部に気泡や空隙があったり、封止部 8 と防湿部 7 の間に隙間やリークパスがあったり、封止部 8 とアレイ基板 2 の間に隙間やリークパスがあったりする場合がある。この場合、大気圧よりも減圧された環境において防湿部 7 と封止部 8 とを接合し、その後、これらを大気圧環境に戻した際に、隙間やリークパスなどを介して大気が内部に侵入する場合がある。大気が内部に侵入すると、防湿部 7 とシンチレータ 5 とが密着せず、防湿部 7 の表面にしわが発生したり、張りが無くなったりする。そのため、隙間やリークパスなどがあることを目視にて容易に知ることができる。隙間やリークパスなどがある製品の寿命は短くなるおそれがあるが、このような製品を検査において容易に見出し除去することができる。そのため、X 線検出器 1 の品質を向上させることが容易となる。

【0029】

防湿部 7 は、例えば、金属を含むシートとすることができる。金属は、例えば、アルミニウムを含む金属、銅を含む金属、マグネシウムを含む金属、タングステンを含む金属、ステンレス、コバルト材などとすることができる。この場合、金属を含む防湿部 7 とすれば、防湿部 7 を透過する水分をほぼ完全になくすることができる。

【0030】

また、防湿部 7 は、樹脂膜、金属膜、および無機膜の少なくとも二種が積層された積層シートとすることもできる。

樹脂膜は、例えば、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、ポリエチレンテレフタレート樹脂、テフロン（登録商標）、低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレン、弾性ゴムなどから形成されたものとすることができる。金属膜は、例えば、前述した金属を含むものとすることができる。金属膜は、例えば、スパッタリング法、ラミネート法などを用いて形成することができる。無機膜は、例えば、酸化珪素、酸化アルミニウムなどを含む膜とすることができる。無機膜は、例えば、スパッタリング法などを用いて形成することができる。

【0031】

この場合、金属膜がシンチレータ 5 側に設けられるようにすることが好ましい。この様にすれば、樹脂膜や無機膜により金属膜を覆うことができるので、外力などにより金属膜が傷つくのを抑制することができる。また、金属膜が樹脂膜よりも内側（シンチレータ 5 側）に設けられていれば、樹脂層を介した透湿でシンチレータ 5 の特性が劣化するのを抑制することができる。

【0032】

一般的には、樹脂の線膨張係数は、金属の線膨張係数よりも大きいため、樹脂膜の厚みを厚くし過ぎると、熱応力によるアレイ基板 2 の反りが発生しやすくなる。そのため、金属膜と樹脂膜を含む積層シートとする場合には、樹脂膜の厚みは、金属膜の厚み以下とすることが好ましい。

【0033】

また、防湿部 7 の厚みは、X 線の吸収や剛性などを考慮して決定することができる。この場合、防湿部 7 の厚みを厚くすると、防湿部 7 に吸収される X 線の量が多くなる。一方、防湿部 7 の厚みを薄くすると、剛性が低下して破損しやすくなる。

【0034】

例えば、防湿部 7 の厚みを 10 μm 未満にすると、防湿部 7 の剛性が低くなりすぎて、外力などによるダメージによりピンホールが生じ、リークが発生するおそれがある。防湿

10

20

30

40

50

部 7 の厚みが 50 μm を超えると、防湿部 7 の剛性が高くなり過ぎて、変形による熱応力の緩和が生じにくくなり、アレイ基板 2 の反りが発生しやすくなる。また、前述した隙間やリークパスの確認が困難となるおそれがある。そのため、防湿部 7 の厚みは、10 μm 以上、50 μm 以下とすることが好ましい。

【0035】

例えば、防湿部 7 は、厚みが 10 μm 以上、50 μm 以下のアルミニウム箔とすることができる。アルミニウム箔の厚みが 10 μm 以上、50 μm 以下であれば、厚みが 100 μm のアルミニウム箔に比べて X 線の透過量を 20 % ~ 30 % 程度多くすることができる。また、厚みが 10 μm 以上、50 μm 以下のアルミニウム箔とすれば、前述したリークの発生を抑制することができ、且つ、前述した隙間やリークパスの確認が容易となる。また、熱応力によるアレイ基板 2 の反りを抑制することができる。

10

【0036】

ここで、人体に対して大量の X 線照射を行うと健康への悪影響があるため、人体への X 線照射量は必要最低限に抑えられる。そのため、医療に用いられる X 線検出器 1 の場合には、照射される X 線の強度が小さくなり、防湿部 7 を透過する X 線の強度が非常に小さくなるおそれがある。本実施の形態に係る防湿部 7 は、厚みが 10 μm 以上、50 μm 以下のシートとしているので、照射される X 線の強度が小さい場合であっても X 線画像の撮影が可能となる。

【0037】

また、防湿部 7 の厚みを薄くすると防湿部 7 の剛性が低下する。そのため、つば部などを設けて立体的な防湿部とすると、例えば、金属箔をプレス成形する際に亀裂などが生じ易くなる。図 2 に示すように、シート状を呈する防湿部 7 の周縁近傍は、封止部 8 の外面 8 a に接合される。そのため、予め防湿部 7 を立体形状に加工する必要はなく、シート状を呈する防湿部 7 をそのまま封止部 8 の外面 8 a に接合することができる。その結果、防湿部 7 の厚みを 10 μm 以上、50 μm 以下としても、防湿部 7 に亀裂などが発生するのを抑制することができる。

20

【0038】

また、防湿部 7 の周縁近傍を加熱することで、防湿部 7 の周縁近傍と封止部 8 を接合することができる。この場合、防湿部 7 の周縁近傍の温度と、封止部 8 の温度が低下すると、防湿部 7 の周縁近傍と封止部 8 との間に熱応力が発生する。防湿部 7 の周縁近傍と封止部 8 との間に熱応力が発生すると、防湿部 7 の周縁近傍と封止部 8 との間に剥離が生じるおそれがある。剥離が生じると防湿性能が著しく低下するおそれがある。防湿部 7 の厚みは 10 μm 以上、50 μm 以下としているので、熱応力が発生した際に防湿部 7 が延びやすくなる。そのため、熱応力を緩和させることができるので、防湿部 7 の周縁近傍と封止部 8 との間に剥離が生じるのを抑制することができる。

30

【0039】

図 2 に示すように、封止部 8 は、シンチレータ 5 の側端 5 a とアレイ基板 2 に接合されている。この場合、封止部 8 は、シンチレータ 5 の側端 5 a と密着させることができる。シンチレータ 5 が複数の柱状結晶の集合体となっている場合には、シンチレータ 5 の側端 5 a に凹凸が形成されている。封止部 8 の一部が、シンチレータ 5 の側端 5 a の凹凸の内部に設けられていれば、封止部 8 とシンチレータ 5 との接合強度を大きくすることができる。封止部 8 は、アレイ基板 2 と密着させることができる。封止部 8 とアレイ基板 2 とが密着していれば、大気に含まれている水分などが、封止部 8 とアレイ基板 2 との間を透過してシンチレータ 5 に到達するのを抑制することができる。

40

【0040】

封止部 8 の外面 8 a の形状は、外側に突出する曲面とすることができる。この様にすれば、封止部 8 の外面 8 a とシンチレータ 5 の側端 5 a との間の距離 L を長くすることができる。そのため、大気に含まれている水分などが、封止部 8 の内部を透過してシンチレータ 5 に到達するのを抑制することができる。

【0041】

50

また、封止部 8 の外面 8 a の形状が外側に突出する曲面となっていれば、防湿部 7 の周縁近傍を封止部 8 の外面 8 a に倣わせるのが容易となる。そのため、防湿部 7 を封止部 8 に密着させるのが容易となる。また、防湿部 7 をなだらかに変形させることができるので、防湿部 7 の厚みを薄くしても防湿部 7 に亀裂などが発生するのを抑制することができる。

【0042】

また、封止部 8 の高さは、シンチレータ 5 の高さ以下とすることが好ましい。封止部 8 の高さがシンチレータ 5 の高さ以下となっていれば、防湿部 7 となるシートを無理なく変形させることができるので防湿部 7 にシワ、破断、ピンホールなどが発生するのを抑制することができる。

【0043】

封止部 8 は、熱可塑性樹脂を主成分として含むものとすることができる。封止部 8 が熱可塑性樹脂を主成分として含んでいれば、加熱により、アレイ基板 2、シンチレータ 5、および防湿部 7 と接合することができる。ここで、例えば、封止部 8 が紫外線硬化樹脂を主成分として含んでいれば、封止部 8 を、アレイ基板 2、シンチレータ 5、および防湿部 7 と接合する際に紫外線を照射する必要がある。ところが、防湿部 7 は金属などを含んでいるため紫外線を透過させることができない。また、防湿部 7 が紫外線を透過するものとする、紫外線によりシンチレータ 5 が変色し、発生した蛍光が吸収されるおそれがある。

これに対し、封止部 8 は、熱可塑性樹脂を主成分として含んでいるので、加熱により容易に接合を行うことができる。また、シンチレータ 5 が紫外線により変色することもない。また、封止部 8 の加熱と冷却に要する時間は短くてすむので、製造時間の短縮、ひいては製造コストの低減を図ることができる。

【0044】

熱可塑性樹脂は、例えば、ナイロン、PET (Polyethyleneterephthalate)、ポリウレタン、ポリエステル、ポリ塩化ビニル、ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)、アクリル、ポリスチレン、ポリエチレン、ポリプロピレンなどとすることができる。この場合、ポリエチレンの水蒸気透過係数は $0.068 \text{ g} \cdot \text{mm} / \text{day} \cdot \text{m}^2$ であり、ポリプロピレンの水蒸気透過係数は $0.04 \text{ g} \cdot \text{mm} / \text{day} \cdot \text{m}^2$ である。そのため、封止部 8 が、ポリエチレンおよびポリプロピレンの少なくともいずれかを主成分として含んでいれば、封止部 8 の内部を透過してシンチレータ 5 に到達する水分を大幅に少なくすることができる。

【0045】

また、封止部 8 は、無機材料を用いたフィラーをさらに含むことができる。無機材料を用いたフィラーが封止部 8 に含まれていれば、水分の透過をさらに抑制することができる。無機材料は、例えば、タルク、グラファイト、雲母、カオリン（カオリナイトを主成分とする粘土）などとすることができる。フィラーは、例えば、扁平な形態を有するものとする。外部から封止部 8 の内部に侵入した水分は、無機材料を用いたフィラーによって拡散が妨げられるので、水分が封止部 8 を通過する速度を減少させることができる。そのため、シンチレータ 5 に到達する水分の量を少なくすることができる。

【0046】

また、少なくとも封止部 8 の外面 8 a は、撥水性を有するものとするのが好ましい。封止部 8 の外面 8 a が撥水性を有していれば、封止部 8 の内部に水分が侵入するのを抑制することができる。例えば、封止部 8 の外面 8 a に撥水剤を塗布することができる。また、封止部 8 が、ポリエチレンおよびポリプロピレンの少なくともいずれかを主成分として含んでいれば、撥水性を有する封止部 8 とすることができる。

【0047】

図 1 に示すように、回路基板 11 は、アレイ基板 2 の、シンチレータ 5 が設けられる側とは反対側に設けることができる。回路基板 11 は、X 線検出モジュール 10（アレイ基板 2）と電氣的に接続することができる。

図 3 に示すように、回路基板 11 には、読み出し回路 11 a および信号検出回路 11 b を設けることができる。なお、これらの回路を 1 つの基板に設けることもできるし、これ

10

20

30

40

50

らの回路を複数の基板に分けて設けることもできる。

【0048】

読み出し回路11aは、薄膜トランジスタ2b2のオン状態とオフ状態を切り替える。読み出し回路11aは、複数のゲートドライバ11aと行選択回路11abとを有することができる。

行選択回路11abには、X線検出器1の外部に設けられた画像処理部などから制御信号S1が入力される。行選択回路11abは、X線画像の走査方向に従って、対応するゲートドライバ11aに制御信号S1を入力する。ゲートドライバ11aは、対応する制御ライン2c1に制御信号S1を入力する。

【0049】

例えば、読み出し回路11aは、フレキシブルプリント基板2e1を介して、制御信号S1を各制御ライン2c1毎に順次入力する。制御ライン2c1に入力された制御信号S1により薄膜トランジスタ2b2がオン状態となり、蓄積キャパシタからの電荷（画像データ信号S2）が受信できるようになる。

【0050】

信号検出回路11bは、複数の積分アンプ11ba、複数の選択回路11bb、および複数のADコンバータ11bcを有することができる。

1つの積分アンプ11baは、1つのデータライン2c2と電気的に接続されている。積分アンプ11baは、光電変換部2bからの画像データ信号S2を順次受信する。そして、積分アンプ11baは、一定時間内に流れる電流を積分し、その積分値に対応した電圧を選択回路11bbへ出力する。この様にすれば、所定の時間内にデータライン2c2を流れる電流の値（電荷量）を電圧値に変換することが可能となる。すなわち、積分アンプ11baは、シンチレータ5において発生した蛍光の強弱分布に対応した画像データ情報を、電位情報へと変換する。

【0051】

選択回路11bbは、読み出しを行う積分アンプ11baを選択し、電位情報へと変換された画像データ信号S2を順次読み出す。

ADコンバータ11bcは、読み出された画像データ信号S2をデジタル信号に順次変換する。デジタル信号に変換された画像データ信号S2は、配線を介して、X線検出器1の外部に設けられた画像処理部に入力することができる。なお、デジタル信号に変換された画像データ信号S2は、無線により画像処理部に送信してもよい。

【0052】

画像処理部は、デジタル信号に変換された画像データ信号S2に基づいてX線画像を構成する。なお、画像処理部は、回路基板11と一体化することもできる。

【0053】

次に、防湿部7についてさらに説明する。

図4(a)、(b)は、比較例に係るX線検出モジュール110、110aを例示するための模式断面図である。なお、X線検出モジュール110、110aに設けられている防湿部17は、後述する収納部7aを有していない。

【0054】

図4(a)に示すように、シンチレータ5を形成した際に、シンチレータ5の上端5bに局部的に凸部5b1が生じる場合がある。例えば、真空蒸着法を用いてシンチレータ5を形成した際に、局部的に高さの高い結晶が形成される場合がある。なお、図4(a)に例示をしたX線検出モジュール110には反射層6が設けられているが、反射層6が設けられていない場合も同様である（図5を参照）。

【0055】

また、図4(b)に示すように、反射層6を形成した際に、反射層6の厚みが局部的に厚くなり、凸部6aが生じる場合がある。例えば、不純物や異物の混入により局部的に厚みの厚い部分が生じる場合がある。なお、図4(b)に例示をしたX線検出モジュール110aには複数の柱状結晶を含むシンチレータ5が設けられているが、テルビウム賦活硫

10

20

30

40

50

酸化ガドリニウムなどを含む四角柱状のシンチレータ 5 が設けられている場合も同様である。

【0056】

前述したように、防湿部 17 により画された空間の内部の圧力は大気圧よりも低くなっているため、防湿部 17 は、大気圧により、シンチレータ 5 の上端 5b、あるいは、反射層 6 の上端に押し付けられる。そのため、シンチレータ 5 の上端 5b および反射層 6 の上端の少なくともいずれかに局所的な凸部があると、局所的な凸部が押されて、シンチレータ 5 に局所的な応力 F が発生し易くなる。シンチレータ 5 に局所的な応力 F が発生すると、例えば、シンチレータ 5 の結晶などに障害が発生するおそれがある。

【0057】

この場合、シンチレータ 5 の形成条件を厳格にしたり、反射層 6 への不純物や異物の混入をさらに抑制したりすれば、局所的な凸部の形成を抑制することができる。しかしながら、これらのようにしても、局所的な凸部の形成を完全に無くすことは難しい。また、X 線検出モジュール 1 の製造コストの増大を招くおそれもある。

【0058】

そこで、本実施の形態に係る X 線検出モジュール 10 においては、図 2 に示すように、防湿部 7 に収納部 7a を設けるようにしている。収納部 7a は、防湿部 7 の、シンチレータ 5 側の面に開口している。また、収納部 7a は、防湿部 7 の、シンチレータ 5 側とは反対側の面に突出している。この様な収納部 7a は、例えば、防湿部 7 の面を局所的に押圧して、防湿部 7 を局所的に塑性変形させることで形成することができる。

【0059】

シンチレータ 5 の局所的な凸部 5b1、反射層 6 の局所的な凸部 6a は、ランダムな位置に形成されるので、収納部 7a の位置を予め設定することは困難である。そのため、例えば、X 線検出モジュール 10 毎に、凸部 5b1 の位置や、凸部 6a の位置を計測し、得られた位置情報に基づいて収納部 7a を形成することができる。この際、凸部 5b1 の形状や大きさ、凸部 6a の形状や大きさなども併せて計測し、形状や大きさに関する情報に基づいて収納部 7a の形状や大きさを変化させることもできる。

【0060】

前述したように、防湿部 17 は、大気圧により、シンチレータ 5 側に押し付けられるので、収納部 7a の内壁の少なくとも一部と、凸部 5b1 や凸部 6a が接触する場合がある。しかしながら、凸部 5b1 や凸部 6a が収納部 7a の内部に収納されていれば、前述した局所的な応力 F を緩和させることができる。

【0061】

なお、凸部 5b1 や凸部 6a の高さ H が低い場合には、局所的な応力 F が小さくなるので、収納部 7a を省くこともできる。この場合、高さ H が防湿部 7 の厚み T 以上となった場合には、収納部 7a を設けることが好ましい。高さ H が防湿部 7 の厚み T 未満の場合には、収納部 7a を省くこともできるし、収納部 7a を設けることもできる。

【0062】

図 5 は、他の実施形態に係る X 線検出モジュール 10a を例示するための模式断面図である。

前述したように、反射層 6 が省かれる場合がある。反射層 6 が省かれている場合にも、図 5 に示すように、シンチレータ 5 を形成した際に、局所的に高さの高い結晶が形成される場合がある。この様な場合にも、シンチレータ 5 の局所的な凸部 5b1 を収納部 7a の内部に収納すれば、前述した局所的な応力 F を緩和させることができる。

【0063】

図 6 は、他の実施形態に係る X 線検出モジュール 10b を例示するための模式断面図である。

シンチレータ 5 を形成した際に、局所的に高さの高い結晶が形成されなかった場合もある。しかしながら、反射層 6 を形成した際に、例えば、不純物や異物の混入により、反射層 6 に局所的な凸部 6a が生じる場合がある。この様な場合にも、反射層 6 の局所的な凸

10

20

30

40

50

部 6 a を収納部 7 a の内部に収納すれば、前述した局所的な応力 F を緩和させることができる。

【 0 0 6 4 】

すなわち、収納部 7 a は、シンチレータ 5 の凸部 5 b 1、反射層 6 の凸部 6 a、および、シンチレータ 5 の凸部 5 b 1 と、反射層 6 のシンチレータ 5 の凸部 5 b 1 を覆う部分、のいずれかを収納することができる。

【 0 0 6 5 】

以上、本発明のいくつかの実施形態を例示したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更などを行うことができる。これら実施形態やその変形例は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。また、前述の各実施形態は、相互に組み合わせて実施することができる。

【符号の説明】

【 0 0 6 6 】

1 X線検出器、2 アレイ基板、2 a 基板、2 b 光電変換部、5 シンチレータ、5 b 上端、5 b 1 凸部、6 反射層、6 a 凸部、7 防湿部、7 a 収納部、8 封止部、10 X線検出モジュール、10 a X線検出モジュール、10 b X線検出モジュール、11 回路基板

10

20

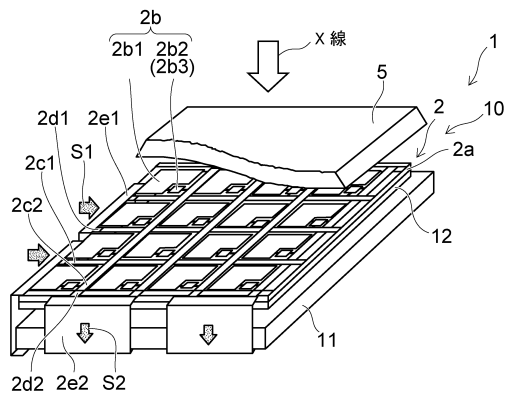
30

40

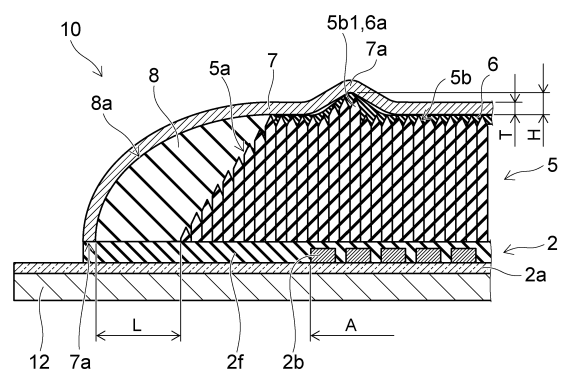
50

【図面】

【図 1】

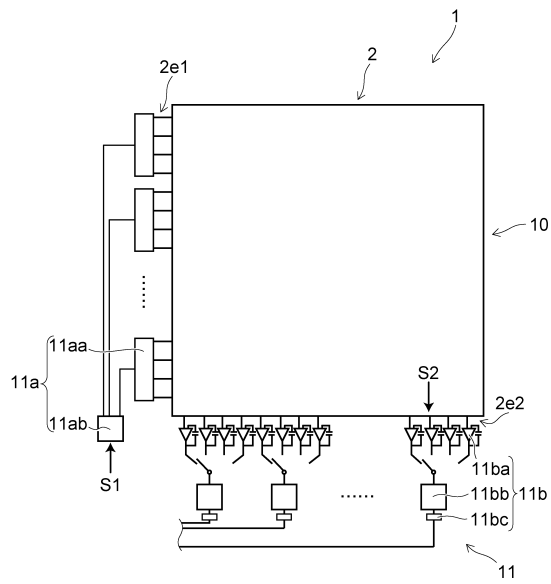


【図 2】

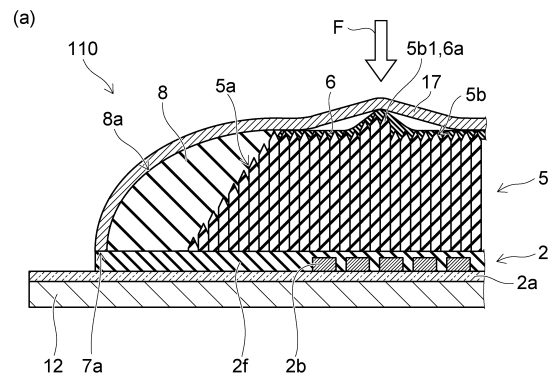


10

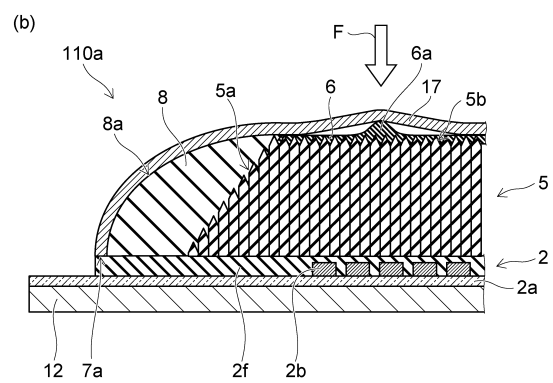
【図 3】



【図 4】



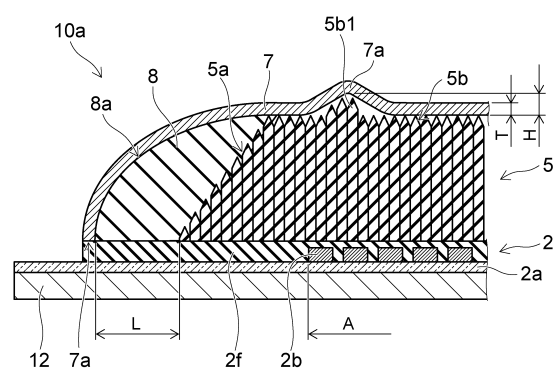
20



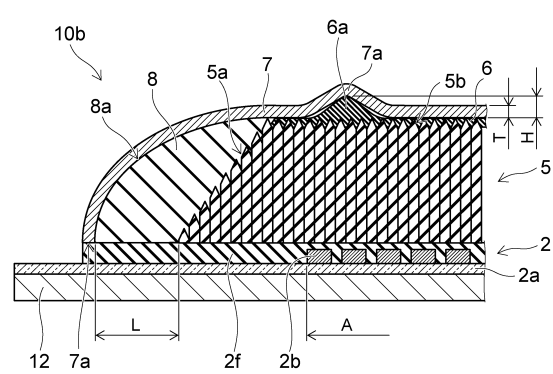
30

40

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 會田 博之
栃木県大田原市下石上1385番地 キヤノン電子管デバイス株式会社内
- (72)発明者 堀内 弘
栃木県大田原市下石上1385番地 キヤノン電子管デバイス株式会社内
- 審査官 牧 隆志
- (56)参考文献 特開2004-333381 (JP, A)
特開2006-052980 (JP, A)
特開2006-153707 (JP, A)
特開2009-128023 (JP, A)
特開2012-037454 (JP, A)
特開2018-179514 (JP, A)
特開2014-066672 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01T 1/20
G21K 4/00
A61B 6/00
G01T 1/164