

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6956700号  
(P6956700)

(45) 発行日 令和3年11月2日 (2021.11.2)

(24) 登録日 令和3年10月7日 (2021.10.7)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 T 1/20 (2006.01)

G O 1 T 1/20

L

G O 1 T 1/20

B

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2018-208802 (P2018-208802)  
 (22) 出願日 平成30年11月6日 (2018.11.6)  
 (62) 分割の表示 特願2017-186578 (P2017-186578)  
                   の分割  
           原出願日 平成29年9月27日 (2017.9.27)  
 (65) 公開番号 特開2019-60877 (P2019-60877A)  
 (43) 公開日 平成31年4月18日 (2019.4.18)  
           審査請求日 令和2年9月17日 (2020.9.17)

(73) 特許権者 000236436  
                   浜松ホトニクス株式会社  
                   静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1  
 (74) 代理人 100088155  
                   弁理士 長谷川 芳樹  
 (74) 代理人 100113435  
                   弁理士 黒木 義樹  
 (74) 代理人 100140442  
                   弁理士 柴山 健一  
 (74) 代理人 100170818  
                   弁理士 小松 秀輝  
 (72) 発明者 後藤 啓輔  
                   静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1  
                   浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

有機材料を主成分として含むセンサ基板と、  
 前記センサ基板上に形成され、有機材料からなる樹脂保護層と、  
 前記樹脂保護層上に形成され、ヨウ化タリウムを主成分として含むバリア層と、  
 前記バリア層上に形成され、タリウムが添加されたヨウ化セシウムを主成分として含む  
 複数の柱状結晶により構成されるシンチレータ層と、を備え、  
 前記センサ基板は、前記シンチレータ層において生じた光を受ける光電変換素子が設け  
 られた光検出面を有する、放射線検出器。

【請求項 2】

前記センサ基板が主成分として含む有機材料は、ポリエチレンテレフタレート (PET)  
 )、ポリエチレンナフタレート (PEN) 及びポリイミド (PI) のいずれか一つである  
 、請求項 1 に記載の放射線検出器。

【請求項 3】

前記樹脂保護層を形成する有機材料は、キシリレン系樹脂、アクリル系樹脂、シリコー  
 ン系樹脂、ポリイミド、ポリエステル系樹脂、シロキサン樹脂及びエポキシ樹脂の何れか  
 一つを含む、請求項 1 又は 2 に記載の放射線検出器。

【請求項 4】

前記樹脂保護層の主面と、前記シンチレータ層の側面と、前記シンチレータ層の主面と  
 を覆う保護膜をさらに備える、請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の放射線検出器。

10

20

**【請求項 5】**

前記保護膜は、ポリパラキシリレンにより形成される、請求項 4 に記載の放射線検出器。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、放射線検出器に関する。

**【背景技術】****【0002】**

当該分野の技術として特許文献 1 ～ 3 が知られている。

10

**【0003】**

特許文献 1 は、シンチレータパネルを開示する。シンチレータパネルは、樹脂基板と蛍光体層との間に設けられた金属膜を有する。

**【0004】**

特許文献 2 は、シンチレータパネルを備える放射線検出装置を開示する。シンチレータパネルは、ヨウ化セシウムを主成分とするシンチレータ層を有する。このシンチレータ層には、タリウムがドーブされている。シンチレータ層におけるタリウムの濃度は、基板との界面付近において大きくなっている。このタリウムの濃度分布によれば、光出力が向上する。

**【0005】**

20

特許文献 3 は、蛍光体層を備える放射線検出器を開示する。この放射線検出器も、ヨウ化セシウムを主成分とするシンチレータ層を有し、当該シンチレータ層には、タリウムがドーブされている。また、シンチレータ層におけるタリウムの濃度は、基板側が大きくなっている。このタリウムの濃度分布によれば、センサ基板と蛍光体層との密着性が向上する。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0006】**

【特許文献 1】国際公開第 2011 / 065302 号

【特許文献 2】特開 2008 - 51793 号公報

30

【特許文献 3】特開 2012 - 98110 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

シンチレータ層を成長させる成長基板は、水分を透過する透湿性を有することがある。成長基板を透過した水分は、シンチレータ層の根元部に到達する。ヨウ化セシウムにより形成されたシンチレータ層は、潮解性を有することが知られている。そうすると、成長基板から供給された水分によって、シンチレータ層の根元部に潮解が生じ、ひいてはシンチレータパネルの特性が低下してしまう。従って、当該分野においては、ヨウ化セシウムにより形成されたシンチレータ層を有するシンチレータパネルの耐湿性の向上が望まれている。

40

**【0008】**

例えば、特許文献 1 では、基板と蛍光体層との間に金属膜を設けることにより、樹脂基板から蛍光体層への水分の移動を阻害することを狙っている。

**【0009】**

そこで、本発明は、耐湿性を向上し得る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】****【0010】**

本発明の一形態である放射線検出器は、有機材料を主成分として含むセンサ基板と、センサ基板上に形成され、有機材料からなる樹脂保護層と、樹脂保護層上に形成され、タリ

50

ウムが添加されたヨウ化セシウムを主成分として含む複数の柱状結晶により構成されるシンチレータ層と、を備え、センサ基板は、シンチレータ層において生じた光を受ける光電変換素子が設けられた光検出面を有する。また、本発明の一形態であるシンチレータパネルは、基板と、基板上に形成され、有機材料からなる中間層と、中間層上に形成され、ヨウ化タリウムを主成分として含むバリア層と、バリア層上に形成され、タリウムが添加されたヨウ化セシウムを主成分として含む複数の柱状結晶により構成されるシンチレータ層と、を備える。

#### 【0011】

このシンチレータパネルでは、シンチレータ層は、中間層とバリア層とを介して基板上に形成される。バリア層は、ヨウ化タリウムを主成分として含む。このようなバリア層は、水分を透し難い性質を有する。そうすると、有機材料からなる中間層からシンチレータ層へ移動しようとする水分を、バリア層によって阻止することが可能になる。これにより、シンチレータ層の根元部における潮解が抑制されるので、ひいてはシンチレータパネルの特性の低下を抑制できる。従って、シンチレータパネルの耐湿性を向上することができる。

10

#### 【0012】

上記のシンチレータパネルにおいて、基板は、金属材料、炭素材料、ガラス材料及び樹脂材料の何れか一つを主成分として含んでもよい。この構成によれば、基板に対して材料特性に基づく特性を付与することができる。

#### 【0013】

上記のシンチレータパネルにおいて、有機材料は、キシリレン系樹脂、アクリル系樹脂、シリコーン系樹脂、ポリイミド又はポリエステル系樹脂の何れか一つを含んでもよい。この構成によれば、中間層に対して材料特性に基づく特性を付与することができる。

20

#### 【0014】

本発明の別の形態である放射線検出器は、基板と、基板上に形成され、有機材料からなる中間層と、中間層上に形成され、ヨウ化タリウムを主成分として含むバリア層と、バリア層上に形成され、タリウムが添加されたヨウ化セシウムを主成分として含む複数の柱状結晶により構成されるシンチレータ層と、を有するシンチレータパネルと、シンチレータパネルにおいて生じた光を受ける光電変換素子が設けられた光検出面を含むセンサ基板と、を備え、センサ基板の光検出面は、シンチレータ層と対面する。

30

#### 【0015】

この放射線検出器は、シンチレータパネルに入射した放射線によって光が生成され、当該光は光検出面に設けられた光電変換素子によって検出される。ここで、放射線検出器は、基板とシンチレータ層との間に、有機材料からなる中間層と、ヨウ化タリウムを主成分として含むバリア層を有する。このバリア層によれば、中間層からシンチレータ層への水分の移動を阻止することが可能になる。従って、シンチレータ層の根元部における潮解が抑制されるので、シンチレータパネルの特性の低下を抑制することが可能になる。その結果、放射線検出器は、放射線の検出特性の低下が抑制されるので、耐湿性を向上することができる。

#### 【0016】

上記の放射線検出器において、基板は、金属材料、炭素材料、ガラス材料及び樹脂材料の何れか一つを主成分として含んでもよい。この構成によれば、基板に対して材料特性に基づく特性を付与することができる。

40

#### 【0017】

上記の放射線検出器において、有機材料は、キシリレン系樹脂、アクリル系樹脂、シリコーン系樹脂、ポリイミド及びポリエステル系樹脂の何れか一つを含んでもよい。この構成によれば、中間層に対して材料特性に基づく特性を付与することができる。

#### 【0018】

本発明のさらに別の形態である放射線検出器は、基板と、基板上に形成され、有機材料からなる中間層と、中間層上に形成され、ヨウ化タリウムを主成分として含むバリア層と

50

、バリア層上に形成され、タリウムが添加されたヨウ化セシウムを主成分として含む複数の柱状結晶により構成されるシンチレータ層と、を備え、基板は、シンチレータ層において生じた光を受ける光電変換素子が設けられた光検出面を有する。

【0019】

この放射線検出器は、シンチレータパネルに入射した放射線によって光が生成され、当該光は光検出面に設けられた光電変換素子によって検出される。ここで、放射線検出器は、基板とシンチレータ層との間に、有機材料からなる中間層と、ヨウ化タリウムを主成分として含むバリア層を有する。このバリア層によれば、中間層からシンチレータ層への水分の移動を阻止することが可能になる。従って、シンチレータ層の根元部における潮解が抑制されるので、シンチレータパネルの特性の低下を抑制することが可能になる。その結果、放射線検出器は、放射線の検出特性の低下が抑制されるので、耐湿性を向上することができる。

10

【0020】

上記の放射線検出器において、基板は、金属材料、炭素材料及びガラス材料の何れか一つを主成分として含んでもよい。この構成によれば、基板に対して材料特性に基づく特性を付与することができる。

【0021】

上記の放射線検出器において、有機材料は、キシリレン系樹脂、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、ポリイミド、ポリエステル系樹脂、シロキサン樹脂及びエポキシ樹脂の何れか一つを含んでもよい。この構成によれば、中間層に対して材料特性に基づく特性を付与することができる。

20

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、耐湿性を向上し得るシンチレータパネル及び放射線検出器が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、第1実施形態に係るシンチレータパネルを示す断面図である。

【図2】図2は、第2実施形態に係る放射線検出器を示す断面図である。

【図3】図3の(a)部は変形例1に係るシンチレータパネルを示す断面図であり、図3の(b)部は変形例2に係るシンチレータパネルを示す断面図である。

30

【図4】図4の(a)部は変形例3に係るシンチレータパネルを示す断面図であり、図4の(b)部は変形例4に係る放射線検出器を示す断面図である。

【図5】図5の(a)部は変形例5に係る放射線検出器を示す断面図であり、図5の(b)部は変形例6に係る放射線検出器を示す断面図である。

【図6】図6の(a)部は変形例7に係る放射線検出器を示す断面図であり、図6の(b)部は変形例8に係る放射線検出器を示す断面図である。

【図7】図7の(a)部は変形例9に係る放射線検出器を示す断面図であり、図7の(b)部は変形例10に係る放射線検出器を示す断面図である。

【図8】図8は、実験例の結果を示すグラフである。

40

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、添付図面を参照しながら本発明を実施するための形態を詳細に説明する。図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0025】

<第1実施形態>

図1に示されるように、第1実施形態に係るシンチレータパネル1は、基板2と、樹脂保護層5(中間層)と、バリア層3と、シンチレータ層4と、保護膜6と、を有する。このような構成を有するシンチレータパネル1は、光電変換素子(不図示)と組み合わせられて放射線イメージセンサとして用いられる。

50

## 【0026】

基板2、樹脂保護層5、バリア層3及びシンチレータ層4は、それぞれの厚み方向に沿ってこの順に積層された積層体7である。具体的には、基板2上に樹脂保護層5が形成される。次に、樹脂保護層5上にバリア層3が形成される。そして、バリア層3上にシンチレータ層4が形成される。つまり、基板2とシンチレータ層4との間には、樹脂保護層5とバリア層3とが存在するので、基板2とシンチレータ層4とが直接に接することはない。積層体7は、保護膜6により覆われる。

## 【0027】

基板2は、シンチレータパネル1の基体をなす。基板2は、平面視して矩形、多角形又は円形を呈し、その厚さは、10マイクロメートル以上5000マイクロメートル以下であり、一例として100マイクロメートルである。基板2は、基板表面2aと、基板裏面2bと、基板側面2cとを有する。基板2は、金属材料、炭素材料、セラミックス材料又は樹脂材料からなる。金属材料として、例えば、アルミニウム、ステンレス鋼(SUS)、銅が挙げられる。また、炭素材料として、例えば、アモルファスカーボンが挙げられ、セラミックス材料として、例えば、ガラスやアルミナが挙げられ、樹脂材料として、例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリイミド、ポリエーテルエーテルケトンが挙げられる。

## 【0028】

樹脂保護層5は、基板2が金属材料からなる場合、基板2に対するシンチレータ層4の直接接触を妨げることにより、基板2がシンチレータ層4に直接接触することに起因する金属基板2の腐食を防止する。従って、樹脂保護層5は、少なくともシンチレータ層4よりも大きい面積を有する。又、基板2が炭素材料、セラミックス材料、樹脂材料からなる場合、基板2上に樹脂保護層5を設けることで複数の柱状結晶により構成されるシンチレータ層4の根元部分の基板2に対する膜付きがよくなり、きれいな柱状結晶を成長させることができる。樹脂保護層5は、保護層表面5aと、保護層裏面5bと、保護層側面5cと、を有する。保護層表面5aは、バリア層3と対面する。保護層裏面5bは、基板表面2aと対面する。保護層側面5cは、基板側面2cと面一である。本実施形態においては、樹脂保護層5は、基板表面2aの全面に形成される。また、樹脂保護層5は、基板表面2aだけでなく、基板裏面2b及び基板側面2c上を覆ってもよい。つまり、樹脂保護層5は、基板2の全体を覆ってもよい。樹脂保護層5は、樹脂材料からなる。樹脂材料として、ポリバラキシリレン等のキシリレン系樹脂、アクリル系樹脂、シリコーン系樹脂、ポリイミド、ポリエステル系樹脂が挙げられる。

## 【0029】

バリア層3は、樹脂保護層5からシンチレータ層4への水分の移動を阻害する。バリア層3は、保護層表面5aの一部の領域上に形成される。つまり、厚み方向からみたとき、バリア層3は、樹脂保護層5及び基板2よりも小さい。バリア層3の厚みは0.001マイクロメートル以上1.0マイクロメートル以下であり、一例として0.06マイクロメートル(600オングストローム)である。バリア層3は、バリア層表面3aと、バリア層裏面3bと、バリア層側面3cと、を有する。バリア層表面3aは、シンチレータ層4と対面する。バリア層裏面3bは、保護層表面5aと対面する。バリア層3は、ヨウ化タリウム(TlI)を主成分として含む。例えば、バリア層3のTlI含有量は、90%以上100%以下であってもよい。換言すると、バリア層3におけるTlI含有量が90%以上である場合に、バリア層3はTlIを主成分とするものといってよい。このようなバリア層3は、例えば、二源蒸着法によって形成することができる。具体的には、ヨウ化セシウム(CsI)を収容する第1蒸着源と、ヨウ化タリウム(TlI)を収容する第2蒸着源と、を利用する。CsIよりも先にTlIを基板に蒸着することでバリア層3を形成する。その厚みは、一例として600オングストローム程度である。尚、バリア層の膜厚は、強粘着テープ等でシンチレータ層と基板とを剥離し、基板界面を蛍光X線分析(XRF)装置にて分析することで測定できる。装置としては例えばリガク社のZSX Primusを挙げることができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 0 】

シンチレータ層 4 は、放射線を受けて、当該放射線に対応する光を発生させる。シンチレータ層 4 は、その厚さが 1 0 マイクロメートル以上 3 0 0 0 マイクロメートル以下であり、一例として 6 0 0 マイクロメートルである。シンチレータ層 4 は、蛍光体材料であって、タリウムが添加されたヨウ化セシウムを主成分として含む。つまり、ヨウ化セシウムは、タリウムをドーパントとして含む ( C s I : T l ) 。例えば、シンチレータ層 4 の C s I 含有量は、9 0 % 以上 1 0 0 % 以下であってもよい。換言すると、シンチレータ層 4 の C s I 含有量が 9 0 % 以上である場合に、シンチレータ層 4 は C s I を主成分とするものといってもよい。更に、シンチレータ層 4 は複数の柱状結晶により構成されるため、各柱状結晶がライトガイド効果を有することで高解像度のイメージングに適している。このようなシンチレータ層 4 は、例えば、蒸着法によって形成することができる。

10

## 【 0 0 3 1 】

シンチレータ層 4 は、シンチレータ層表面 4 a と、シンチレータ層裏面 4 b と、シンチレータ層側面 4 c とを有する。シンチレータ層 4 は、シンチレータ層裏面 4 b がバリア層表面 3 a と対面するように、バリア層 3 上に形成される。つまり、シンチレータ層 4 と樹脂保護層 5 との間には、バリア層 3 が存在する。従って、シンチレータ層 4 は、樹脂保護層 5 に直接に接触することはない。また、厚み方向から見てバリア層 3 は、基板 2 及び樹脂保護層 5 よりも小さい。従って、シンチレータ層 4 も同様に、厚み方向から見てシンチレータ層 4 は、基板 2 及び樹脂保護層 5 よりも小さい。

## 【 0 0 3 2 】

20

シンチレータ層 4 は、その厚み方向に延びる複数の柱状結晶を含む。複数の柱状結晶の根元部は、シンチレータ層裏面 4 b を構成し、バリア層 3 のバリア層表面 3 a と接する。また、複数の柱状結晶の先端部は、シンチレータ層表面 4 a を構成する。

## 【 0 0 3 3 】

さらに、シンチレータ層 4 は角錐台形状を呈しており、シンチレータ層側面 4 c はその厚み方向に対して傾く。換言すると、シンチレータ層側面 4 c は、スロープ ( 傾斜 ) を有する。具体的には、シンチレータ層 4 を厚み方向に直交する方向から断面視したとき、断面は台形状を呈する。つまり、シンチレータ層表面 4 a 側の一边は、シンチレータ層裏面 4 b 側の一边よりも短い。

## 【 0 0 3 4 】

30

保護膜 6 は、積層体 7 を覆うことにより積層体 7 を湿気から保護する。保護膜 6 は、基板裏面 2 b、基板側面 2 c、保護層側面 5 c、バリア層側面 3 c、シンチレータ層側面 4 c 及びシンチレータ層表面 4 a を覆う。また、保護膜 6 の厚みは、形成される全ての箇所において略同じであってもよいし、箇所ごとに異なってもよい。例えば、保護膜 6 によれば、例えば、シンチレータ層表面 4 a の上に形成された膜部は、基板裏面 2 b、基板側面 2 c、バリア層側面 3 c、シンチレータ層側面 4 c の上に形成された膜部よりも厚い。保護膜 6 は、ポリパラキシリレンを主成分とする。このような保護膜 6 は、例えば化学気相成長法 ( C V D ) により形成できる。

## 【 0 0 3 5 】

このシンチレータパネル 1 では、樹脂保護層 5 とシンチレータ層 4 との間にバリア層 3 が設けられる。バリア層 3 は、ヨウ化タリウムを主成分として含む。このようなバリア層 3 は、水分を透し難い性質を有する。そうすると、樹脂保護層 5 からシンチレータ層 4 へ移動しようとする水分を、バリア層 3 によって阻止することが可能になる。これにより、シンチレータ層 4 の根元部における潮解が抑制されるので、ひいてはシンチレータパネル 1 の特性の低下を抑制できる。従って、シンチレータパネル 1 の耐湿性を向上することができる。

40

## 【 0 0 3 6 】

< 第 2 実施形態 >

次に、第 2 実施形態に係る放射線検出器について説明する。尚、実際にはセンサパネル 1 1 上には導通を取るための領域 ( 辺 ) が設けられるが、便宜上図示していない。

50

## 【 0 0 3 7 】

図 2 に示されるように、放射線検出器 1 0 は、センサパネル 1 1（センサ基板）と、樹脂保護層 5 と、バリア層 3 と、シンチレータ層 4 と、封止部 1 2 と、を有する。封止板 1 4 から受け入れられた放射線が、シンチレータ層 4 に入射する。シンチレータ層 4 は、放射線に応じた光を発生させる。当該光は、樹脂保護層 5 及びバリア層 3 を通過してセンサパネル 1 1 に入射する。センサパネル 1 1 は、入射した光に応じて電気信号を発生させる。当該電気信号は、所定の電気回路を通じて出力される。この電気信号によれば、放射線イメージ画像が得られる。

## 【 0 0 3 8 】

センサパネル 1 1 は、パネル表面 1 1 a と、パネル裏面 1 1 b と、パネル側面 1 1 c と、を有する。センサパネル 1 1 は、光電変換素子 1 6 を有する C C D センサ、C M O S センサ又は T F T パネルであり、シリコン等の半導体又はガラスを主成分として含む。なお、センサパネル 1 1 は、有機材料を主成分として含んでもよい。有機材料として、例えば、ポリエチレンテレフタレート（P E T）、ポリエチレンナフタレート（P E N）、ポリイミド（P I）が挙げられる。複数の光電変換素子 1 6 は、パネル表面 1 1 a 上において二次元状に配置される。複数の光電変換素子 1 6 が配置されたパネル表面 1 1 a 上の領域は、光検出領域 S 1（光検出面）である。そして、パネル表面 1 1 a は、光検出領域 S 1 に加えて、当該光検出領域 S 1 を囲む周囲領域 S 2 を含む。上記の光電変換素子 1 6 を保護するために、樹脂保護層 5 が設けられる。樹脂保護層 5 は、例えば、ポリイミド、シロキサン樹脂又はエポキシ樹脂である。又、複数の柱状結晶よりなるシンチレータ層の結晶性を高めるために、第 1 実施形態と同様の樹脂保護層 5 を設けてもよい。

## 【 0 0 3 9 】

封止部 1 2 は、センサパネル 1 1 の保護層裏面 5 b の一部と、バリア層 3 と、シンチレータ層 4 と、を覆う。封止部 1 2 は、保護層裏面 5 b における周囲領域 S 2 に固定される。そして、封止部 1 2 と樹脂保護層 5 によって形成される内部空間を気密に保つ。この構成により、シンチレータ層 4 が湿気から保護される。

## 【 0 0 4 0 】

封止部 1 2 は、封止枠 1 3 と、封止板 1 4 と、を有する。封止枠 1 3 は、枠表面 1 3 a と、枠裏面 1 3 b と、枠壁部 1 3 c と、を有する。枠壁部 1 3 c は、枠表面 1 3 a と枠裏面 1 3 b とを連結する。枠壁部 1 3 c の高さ（つまり枠表面 1 3 a から枠裏面 1 3 b までの長さ）は、保護層裏面 5 b からシンチレータ層裏面 4 b までの高さよりも高い。従って、シンチレータ層裏面 4 b と封止板 1 4 との間には隙間が形成される。封止枠 1 3 は、例えば、樹脂材料、金属材料、セラミック材料により構成してよい。封止枠 1 3 は中空であっても、中空であってもよい。枠表面 1 3 a と板裏面 1 4 b、枠裏面 1 3 b と樹脂保護層 5 とを接着剤によって接合してもよい。

## 【 0 0 4 1 】

封止板 1 4 は、平面視して矩形状の板材である。封止板 1 4 は、板表面 1 4 a と、板裏面 1 4 b と、板側面 1 4 c とを有する。板裏面 1 4 b は、枠表面 1 3 a に対して固定される。板側面 1 4 c は、枠壁部 1 3 c の外側面に対して面一であってもよい。封止板 1 4 は、例えば、ガラス材料、金属材料、カーボン材料、バリアフィルムにより構成してよい。金属材料としては、アルミニウムが例示される。カーボン材料としては、C F R P が例示される。バリアフィルムとしては、有機材料層（P E T や P E N）と無機材料層（S i N）との積層体が例示される。

## 【 0 0 4 2 】

放射線検出器 1 0 は、シンチレータ層 4 に入射した放射線によって光が生成され、当該光は光検出領域 S 1 に設けられた光電変換素子 1 6 によって検出される。ここで、放射線検出器 1 0 は、樹脂保護層 5 とシンチレータ層 4 との間に、ヨウ化タリウムを主成分として含むバリア層 3 を有する。このバリア層 3 によれば、樹脂保護層 5 からシンチレータ層 4 への水分の移動を阻止することが可能になる。従って、シンチレータ層 4 の根元部における潮解が抑制されるので、放射線検出器 1 0 の特性の低下を抑制することができる。

## 【 0 0 4 3 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態に限定されることなく様々な形態で実施される。変形例 1 ~ 3 は、第 1 実施形態の変形例である。また、変形例 4 ~ 9 は、第 2 実施形態の変形例である。

## 【 0 0 4 4 】

## &lt; 変形例 1 &gt;

図 3 の ( a ) 部は、変形例 1 に係るシンチレータパネル 1 A を示す。変形例 1 に係るシンチレータパネル 1 A は、基板 2 A と、樹脂反射層 5 A と、バリア層 3 と、シンチレータ層 4 と、保護膜 6 と、を有する。基板 2 A は、その構成材料に特に限定がない。基板 2 A は、金属材料、炭素材料に加えて、さらにガラス材料や樹脂材料により構成してよい。金属材料として、例えば、アルミニウム、ステンレス鋼 ( S U S ) が挙げられる。炭素材料として、例えば、アモルファスカーボン、炭素繊維強化プラスチック ( C F R P ) が挙げられる。樹脂材料として、例えば、ポリエチレンテレフタレート ( P E T )、ポリエチレンナフタレート ( P E N )、ポリイミド ( P I ) が挙げられる。樹脂反射層 5 A は、シンチレータ層 4 において生じた光を反射する。樹脂反射層 5 A は、例えば、白色顔料とバインダー樹脂の混合材料により構成してよい。白色顔料としては、例えば、アルミナ、酸化チタン、酸化イットリウム、酸化ジルコニウムが挙げられる。保護膜 6 は、ポリパラキシリレンによって構成してよい。保護膜 6 は、化学気相成長法 ( C V D 法 ) によって形成される。

## 【 0 0 4 5 】

## &lt; 変形例 2 &gt;

図 3 の ( b ) 部は、変形例 2 に係るシンチレータパネル 1 B を示す。変形例 2 に係るシンチレータパネル 1 B は、基板 2 と、無機反射層 8 と、樹脂保護層 5 と、バリア層 3 と、シンチレータ層 4 と、保護膜 6 と、を有する。つまり、変形例 2 に係るシンチレータパネル 1 B は、第 1 実施形態に係るシンチレータパネル 1 に、無機反射層 8 を追加したものである。無機反射層 8 は、基板 2 と樹脂保護層 5 との間に形成される。具体的には、無機反射層 8 は、反射層表面 8 a と、反射層裏面 8 b と、反射層側面 8 c と、を有する。そして、反射層表面 8 a は、保護層裏面 5 b と対面する。反射層裏面 8 b は、基板表面 2 a と対面する。無機反射層 8 は、例えば、金属材料により構成されてもよい。金属材料として、例えば、アルミニウム、銀が挙げられる。また、無機反射層 8 は、誘電体多層膜であってもよい。誘電体多層膜は、酸化シリコン ( S i O <sub>2</sub> ) と酸化チタン ( T i O <sub>2</sub> ) との積層膜である。樹脂保護層 5 は、例えば、ポリイミド ( P I )、ポリパラキシリレンが挙げられる。このシンチレータパネル 1 B によれば、無機反射層 8 において、シンチレータ層 4 において生じた光を反射することができる。さらに、シンチレータ層 4 と無機反射層 8 との間には、樹脂保護層 5 が形成される。この樹脂保護層 5 によれば、金属材料により構成された無機反射層 8 のシンチレータ層 4 への直接接触を阻害する。従って、無機反射層 8 のシンチレータ層 4 への直接接触に起因する無機反射層 8 の腐食の発生を抑制できる。又、無機反射層 8 が誘電体多層膜からなる場合、樹脂保護層 5 を設けることで誘電体多層膜にピンホールがある場合の金属基板の腐食の発生を抑制できる。

## 【 0 0 4 6 】

## &lt; 変形例 3 &gt;

図 4 の ( a ) 部は、変形例 3 に係るシンチレータパネル 1 C を示す。シンチレータパネル 1 C は、基板 2 B と、樹脂反射層 5 A と、バリア層 3 と、シンチレータ層 4 と、樹脂膜 9 と、を有する。基板 2 B は、薄いガラス材料 ( 例えば 1 5 0 μ m 以下の厚さ ) 又は C F R P といった炭素材料により構成される。このような基板 2 B は、反りやすい性質を有する。そこで、シンチレータ層形成時に基板 2 B の反りを抑制するために、樹脂膜 9 を形成する。具体的には、基板 2 B の基板裏面 2 b の全面に樹脂膜 9 を形成する。樹脂膜 9 は、樹脂材料により構成されたシート部材であり、当該シート部材を基板裏面 2 b に貼りあわせてもよい。また、樹脂膜 9 は、樹脂材料を塗布した後に、乾燥させて形成したものであってもよい。この構成によれば、基板 2 B の反りの発生を抑制できる。

## 【 0 0 4 7 】

## &lt; 変形例 4 &gt;

図 4 の ( b ) 部は、変形例 4 に係る放射線検出器 1 0 A を示す。放射線検出器 1 0 A は、第 2 実施形態に係る放射線検出器 1 0 とは異なる封止部 1 2 A を有する。その他のバリア層 3、シンチレータ層 4、樹脂保護層 5 及びセンサパネル 1 1 の構成は、第 2 実施形態に係る放射線検出器 1 0 と同様である。封止部 1 2 A は、封止板 1 4 と封止枠 1 3 A とを備えており、封止枠 1 3 A はさらに、内側封止枠 1 7 と外側封止枠 1 8 とを有する。つまり、封止枠 1 3 は二重構造を有する。内側封止枠 1 7 は、例えば、樹脂材料により構成してよい。また、外側封止枠 1 8 は、例えば、無機材料により形成されたコーティング層や、ガラスロッドといった無機固形材料により構成してもよい。この構成によれば、シンチレータ層 4 を湿気から好適に保護することができる。

10

## 【 0 0 4 8 】

## &lt; 変形例 5 &gt;

図 5 の ( a ) 部は、変形例 5 に係る放射線検出器 1 0 B を示す。放射線検出器 1 0 B は、第 2 実施形態に係る放射線検出器 1 0 に対して、封止部 1 2 を有しておらず、封止部 1 2 に代えて保護膜 6 A を有する。その他のバリア層 3、シンチレータ層 4 及びセンサパネル 1 1 の構成は、第 2 実施形態に係る放射線検出器 1 0 と同様である。保護膜 6 A は、保護層裏面 5 b と、バリア層側面 3 c と、シンチレータ層側面 4 c と、シンチレータ層裏面 4 b とを覆う。この構成によれば、保護膜 6 A は、シンチレータ層 4 A を湿気から保護することができる。尚、保護膜 6 A は保護膜 6 と同様の材料から選択することができる。

20

## 【 0 0 4 9 】

## &lt; 変形例 6 &gt;

図 5 の ( b ) 部は、変形例 6 に係る放射線検出器 1 0 C を示す。放射線検出器 1 0 C は、変形例 5 に係る放射線検出器 1 0 B に対して、さらに封止枠 1 3 B を追加したものである。従って、シンチレータ層 4、バリア層 3、樹脂保護層 5、センサパネル 1 1 及び保護膜 6 A は、変形例 5 に係る放射線検出器 1 0 B と同様である。封止枠 1 3 B は、樹脂保護層 5 と保護膜 6 A の接合部を塞ぐように形成される。従って、封止枠 1 3 B は、厚み方向から平面視すると、保護膜 6 A の外縁に沿って形成される。封止枠 1 3 B は、例えば、UV 硬化樹脂により構成してよい。この構成によれば、センサパネル 1 1 と保護膜 6 A の接合部からの湿気の侵入が抑制されるので、耐湿性をさらに高めることができる。

30

## 【 0 0 5 0 】

## &lt; 変形例 7 &gt;

図 6 の ( a ) 部は、変形例 7 に係る放射線検出器 1 0 D を示す。放射線検出器 1 0 D は、第 2 実施形態に係る放射線検出器 1 0 の封止部 1 2 を有しておらず、封止部 1 2 に代えて封止シート 1 2 B を有する。その他のバリア層 3、シンチレータ層 4、樹脂保護層 5 及びセンサパネル 1 1 の構成は、第 2 実施形態に係る放射線検出器 1 0 と同様である。封止シート 1 2 B は、厚み方向に平面視して矩形、多角形又は円形を呈する。封止シート 1 2 B は、例えば、金属箔、アルミニウムシートといった金属シート、バリアフィルムにより構成してよい。封止シート 1 2 B は、シンチレータ層 4 及びバリア層 3 を覆う。具体的には、シンチレータ層裏面 4 b、シンチレータ層側面 4 c、バリア層側面 3 c 及び保護層裏面 5 b の一部を覆う。すなわち、平面視した場合に、封止シート 1 2 B は、シンチレータ層 4 及びバリア層 3 よりも大きい。そして、封止シート 1 2 B の外周縁 1 2 a は、保護層裏面 5 b に対して接着剤 1 5 により接着される。従って、封止シート 1 2 B 及び樹脂保護層 5 は、シンチレータ層 4 及びバリア層 3 を収容する気密領域を形成する。従って、シンチレータ層 4 を湿気から保護することができる。なお、接着剤 1 5 は、フィラー材を含んでもよい。このフィラー材は、接着層よりも厚さ未満の粒径を有する。

40

## 【 0 0 5 1 】

## &lt; 変形例 8 &gt;

図 6 の ( b ) 部は、変形例 8 に係る放射線検出器 1 0 E を示す。放射線検出器 1 0 E は、変形例 7 に係る封止シート 1 2 B とは異なる構成の封止枠 1 2 C を有する。封止枠 1 2

50

Cは、箱状を呈し、底面に開口を有する。すなわち、変形例7に係る封止シート12Bは柔軟性を有するが、変形例8に係る封止枠12Cは所定の形状を保ち、硬質である点で相違する。従って、封止枠12Cは、例えば、ガラス材料、金属材料、カーボン材料により構成してよい。封止枠12Cは、その底面が保護層裏面5bに対して接着剤15により接着される。この構成によれば、シンチレータ層4が封止枠12Cと樹脂保護層5とが形成する気密領域に配置されるので、シンチレータ層4を湿気から保護することができる。さらに、封止枠12Cが硬質であるので、シンチレータ層4を機械的に保護することができる。

#### 【0052】

##### <変形例9>

図7の(a)部は、変形例9に係る放射線検出器10Fを示す。放射線検出器10Fは、第2実施形態に係る放射線検出器10とは異なるバリア層3A、シンチレータ層4A及び樹脂保護層5Bを有する。バリア層3Aは、バリア層表面3aと、バリア層裏面3bと、バリア層側面3cと、を有する。シンチレータ層4Aは、シンチレータ層表面4aと、シンチレータ層裏面4bと、シンチレータ層側面4cと、を有する。樹脂保護層5Bは、保護層表面5aと、保護層裏面5bと、保護層側面5cと、を有する。センサパネル11の単体構成は、第2実施形態に係る放射線検出器10と同様である。シンチレータ層4Aは、センサパネル11の一側面において、光検出領域S1からはみ出すように形成される。具体的には、まず、樹脂保護層5Bは、光検出領域S1と、一方の周辺領域S2a上に形成される。次に、バリア層3Aは、樹脂保護層5Bを覆うように、光検出領域S1と、一方のパネル側面11cと、光検出領域S1と一方のパネル側面11cとの間の周辺領域S2aと、の上に形成される。そして、シンチレータ層4Aは、バリア層3Aを覆うように、バリア層3Aの全面上に形成される。この構成を有する放射線検出器10Fは、例えば、シンチレータ層4Aが光検出領域S1をはみ出すように形成された辺を胸壁側に配置することでマンモグラフィー用の放射線検出器として好適に用いることができる。

#### 【0053】

##### <変形例10>

図7の(b)部は、変形例10に係る放射線検出器10Gを示す。変形例10に係る放射線検出器10Gは、基板2と、樹脂保護層5と、バリア層3と、シンチレータ層4と、センサパネル11と、を有する。

#### 【0054】

この放射線検出器10Gにあつては、シンチレータ層表面4aがパネル表面11aと対面するように、センサパネル11に対して取り付けられる。この構成によれば、基板表面2aにおける露出領域S3もパネル表面11aの周囲領域S2と対面する。保護層表面5aは、パネル表面11aに対してシンチレータ層4及びバリア層3の高さ分だけ離間する。そこで、保護層表面5aとパネル表面11aとの間に、封止枠13を挟み込む。封止枠13と樹脂保護層5とは互いに接着により固定される。同様に、封止枠13とセンサパネル11とは互いに接着により固定される(封止枠13が接着性の場合は貼り合わせることで接着され、非接着性の場合は界面に接着剤を設ける)。この構成によれば、樹脂保護層5を有する基板2は、バリア層3及びシンチレータ層4の成長基板としての機能と、放射線検出器10Gにおける封止板としての機能と、を奏し得る。従って、放射線検出器10Gを構成する部品数を低減することができる。

#### 【0055】

##### <実験例>

実験例では、バリア層が奏する耐湿性の向上についてその効果を確認した。本実験例という耐湿性とは、所定の湿度を有する環境に曝された時間と、シンチレータパネルが示す解像度の変化の度合いと、の関係をいう。つまり、耐湿性が高いとは、湿度環境に長時間曝された場合であっても、シンチレータパネルが示す解像度の低下度合いが小さいことをいう。逆に、耐湿性が低いとは、湿度環境に長時間曝された場合に、シンチレータパネルが示す解像度の低下度合いが大きいことをいう。

## 【 0 0 5 6 】

実験例では、まず、3個の試験体（シンチレータパネル）を準備した。それぞれの試験体は、シンチレータ層と基板とを有する。それぞれのシンチレータ層は、CsIを主成分として含み、その厚みは600マイクロメートルである。そして、第1及び第2の試験体は、基板とシンチレータ層との間にTlIを主成分として含むバリア層を有する。一方、第3の試験体は、バリア層を有しない。つまり、第3の試験体は、基板上に直接にシンチレータ層が形成された比較例である。第1の試験体の基板は、有機材料を主成分として含む有機基板である。つまり、第1の試験体は、参考例に係るシンチレータパネルに対応する。第2の試験体は、アルミニウム製の基板上に有機材料を主成分として含む樹脂保護膜を形成した。つまり、第2の試験体は、第1実施形態に係るシンチレータパネルに対応する。第3の試験体の基板は、第2の試験体の基板と同じである。

10

## 【 0 0 5 7 】

要するに、第1～第3の試験体の構成は以下のとおりである。

第1の試験体：有機材料からなる基板、バリア層、シンチレータ層。

第2の試験体：有機層を有する基板、バリア層、シンチレータ層。

第3の試験体：有機層を有する基板、（バリア層なし）シンチレータ層。

## 【 0 0 5 8 】

次に、第1～第3の試験体が有するそれぞれの解像度を得た。この解像度を基準値とした。次に、第1～第3の試験体を、温度が40℃であり湿度が90%に設定された環境試験機に設置した。次に、設置開始から所定時間経過ごとに、それぞれの試験体について解像度を得た。そして、所定時間経過ごとに得た解像度が基準値である解像度に対してどの程度の割合であるかを算出した。つまり、環境試験機に設置する前の解像度に対する相対値を得た。例えば、相対値が100パーセントである場合には、所定時間経過後に得た解像度は、環境試験機に設置する前の解像度に対して変化しておらず、性能が低下していないことを示す。従って、相対値が低くなるにつれて、シンチレータパネルの特性が低下することを示す。

20

## 【 0 0 5 9 】

図8に示されたグラフは、上記の環境に曝された時間（横軸）と相対値（縦軸）との関係を示す。第1の試験体は、設置開始から1時間後、72時間後、405時間後に解像度の測定を行った。それぞれの結果は、プロットP1a、P1b、P1cとして示す。第2の試験体は、設置開始から1時間後、20.5時間後、84時間後及び253時間後に解像度の測定を行った。それぞれの結果は、プロットP2a、P2b、P2c、P2dとして示す。第3の試験体は、設置開始から1時間後、24時間後、71時間後及び311時間後に解像度の測定を行った。それぞれの結果は、プロットP3a、P3b、P3c、P3dとして示す。

30

## 【 0 0 6 0 】

それぞれのプロットを確認すると、第1～第3の試験体のうち、バリア層を有しない第3の試験体（プロットP3a、P3b、P3c、P3d）の性能の低下が最も大きかった。つまり、第3の試験体では、有機層から水分がシンチレータ層へ浸透し、シンチレータ層の潮解が時間の経過と共に進行したことにより、性能の低下が生じたものと考えられる。一方、第1及び第2の試験体（プロットP1a、P1b、P1c、プロットP2a、P2b、P2c、P2d）についても、時間が経過するごとに相対値が低下する傾向が見られた。しかし、第1及び第2の試験体が見す相対値の低下の度合いは、第3の試験体が見す相対値の低下の度合いよりも明らかに抑制されていた。従って、TlIを主成分として含むバリア層を設けることにより、シンチレータパネルの特性の低下を抑制できることがわかった。つまり、TlIを主成分として含むバリア層は、シンチレータパネルの耐湿性の向上に寄与し得ることがわかった。

40

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 6 1 】

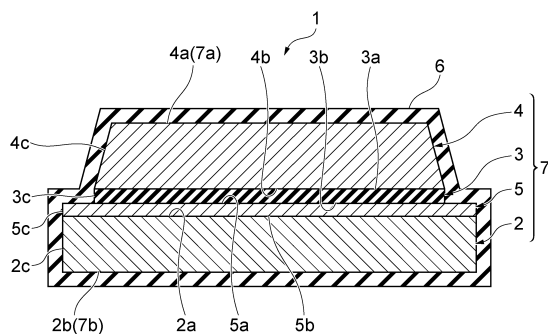
1, 1A, 1B, 1C...シンチレータパネル、2, 2A, 2B...基板、2a...基板表面、

50

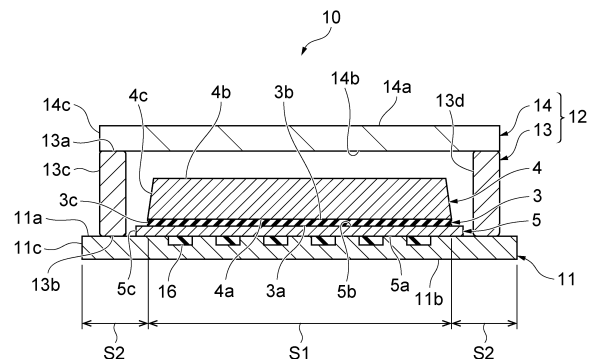
2 b ...基板裏面、2 c ...基板側面、3, 3 A ...バリア層、3 a ...バリア層表面、3 b ...バリア層裏面、3 c ...バリア層側面、4, 4 A ...シンチレータ層、4 a ...シンチレータ層表面、4 b ...シンチレータ層裏面、4 c ...シンチレータ層側面、5, 5 B ...樹脂保護層、5 A ...樹脂反射層、5 a ...保護層表面、5 b ...保護層裏面、5 c ...保護層側面、6, 6 A ...保護膜、7 ...積層体、8 ...無機反射層、8 a ...反射層表面、8 b ...反射層裏面、8 c ...反射層側面、9 ...樹脂膜、10, 10 A, 10 B, 10 C, 10 D, 10 E, 10 F, 10 G ...放射線検出器、11 ...センサパネル、11 a ...パネル表面、11 b ...パネル裏面、11 c ...パネル側面、12, 12 A ...封止部、12 a ...外周縁、12 B ...封止シート、12 C ...封止枠、13, 13 A, 13 B ...封止枠、13 a ...枠表面、13 b ...枠裏面、13 c ...枠壁部、14 ...封止板、14 a ...板表面、14 b ...板裏面、14 c ...板側面、15 ...接着剤、16 ...光電変換素子、17 ...内側封止枠、18 ...外側封止枠、S1 ...光検出領域、S2 ...周囲領域、S2 a ...周辺領域、S3 ...露出領域。

10

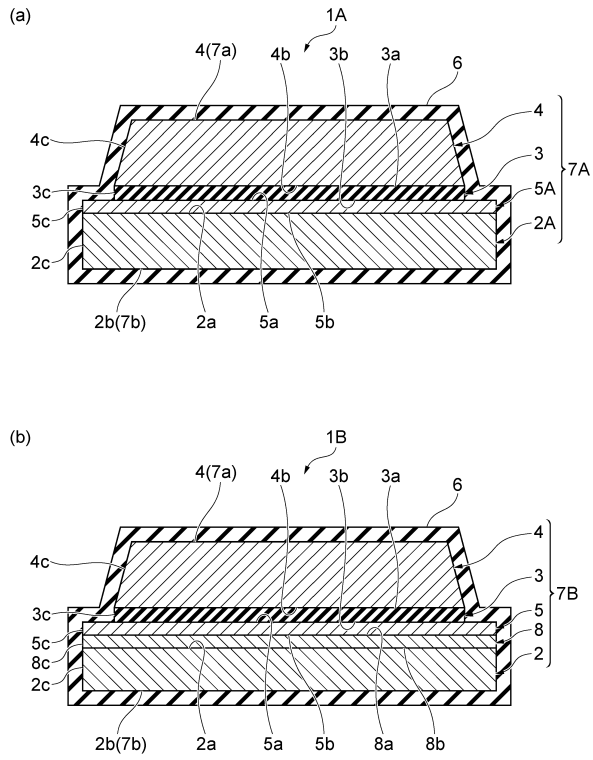
【 図 1 】



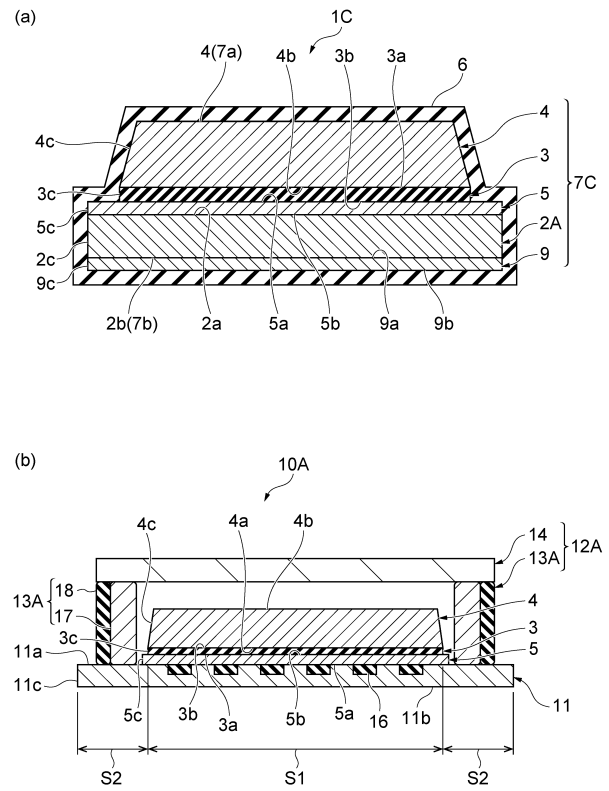
【圖 2】



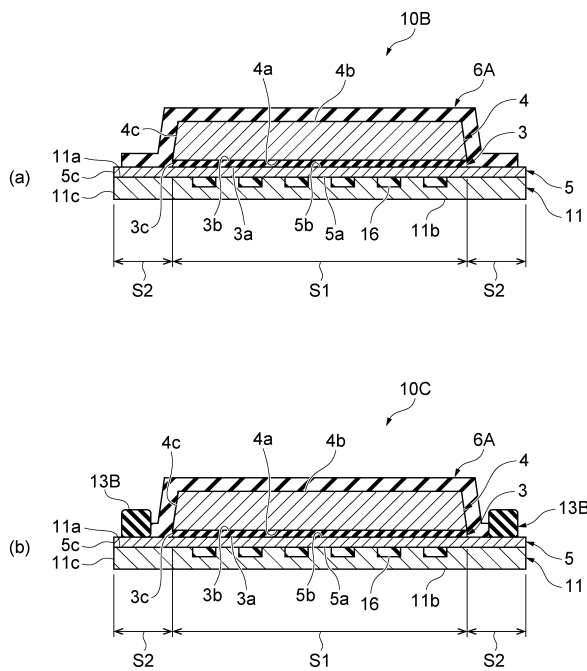
【図 3】



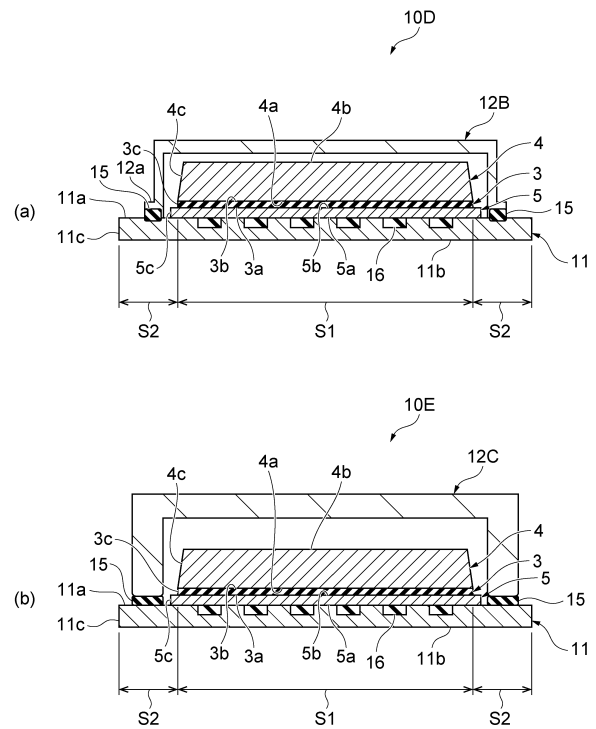
【図 4】



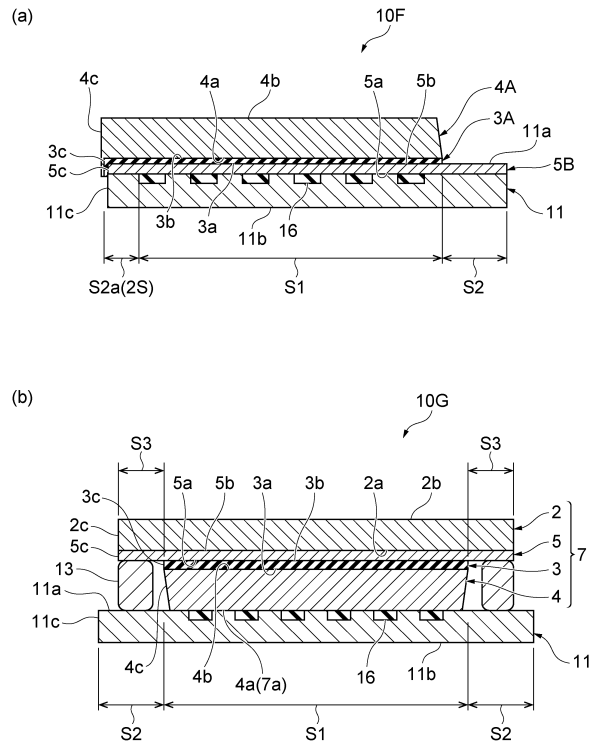
【図 5】



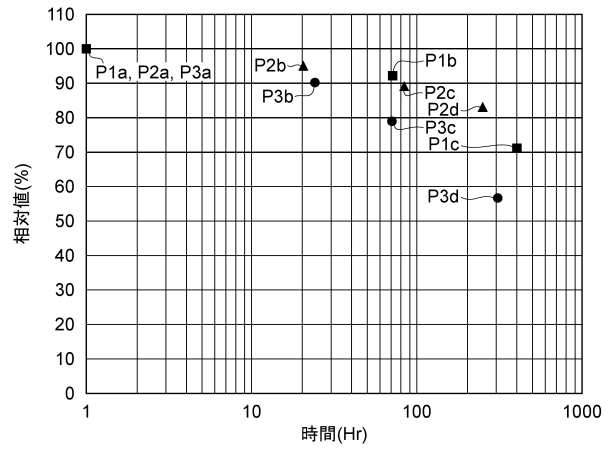
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 白川 和広  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 上西 秀典  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 畑中 将志  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 山路 晴紀  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 櫻井 純  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 楠山 泰  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 井海田 隆

- (56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 0 0 4 5 5 1 ( J P , A )  
特開 2 0 1 2 - 2 5 1 9 7 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 0 5 2 9 8 2 ( J P , A )  
特開 2 0 1 3 - 1 1 3 6 8 5 ( J P , A )  
特開 2 0 1 5 - 0 6 4 2 8 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 2 6 1 6 5 1 ( J P , A )  
特開 2 0 1 5 - 0 1 7 9 7 2 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 1 1 / 1 4 8 7 0 0 ( WO , A 1 )  
国際公開第 2 0 1 4 / 1 7 1 3 4 3 ( WO , A 1 )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G 0 1 T 1 / 0 0