

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-177033
(P2020-177033A)

(43) 公開日 令和2年10月29日(2020.10.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1T 1/20 (2006.01)	GO1T 1/20	2G188
	GO1T 1/20	E
	GO1T 1/20	G
	GO1T 1/20	D

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2020-133969 (P2020-133969)	(71) 出願人	000236436 浜松ホトニクス株式会社
(22) 出願日	令和2年8月6日(2020.8.6)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(62) 分割の表示	特願2019-103714 (P2019-103714) の分割	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
原出願日	平成25年11月15日(2013.11.15)	(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	100183081 弁理士 岡▲崎▼ 大志
		(72) 発明者	樽林 章仁 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
		Fターム(参考)	2G188 BB02 CC15 CC17 CC22 DD05 DD42 DD43 DD44

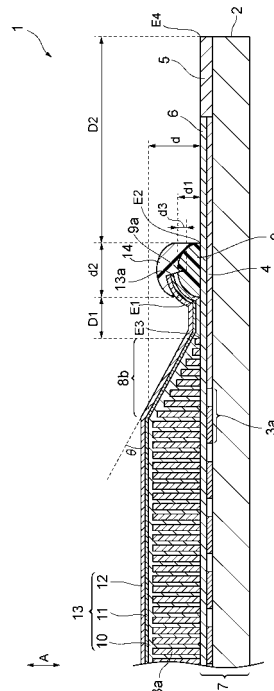
(54) 【発明の名称】放射線検出器

(57) 【要約】

【課題】装置の小型化及びシンチレータ層の有効面積の大型化を両立すると共に生産性の向上が図られた放射線検出器を提供する。

【解決手段】放射線検出器1は、光電変換素子アレイ7と、シンチレータ層8と、樹脂枠9と、保護膜13と、を備える。保護膜13の外縁13a及び溝部9aは、レーザー光によって加工された状態となっている。シンチレータ層8の周縁部8bは、シンチレータ層8の外側に向かうにつれて高さが徐々に低くなるテーパ形状となっている。樹脂枠9の内縁E1とシンチレータ層8の外縁E3との間の距離D1は、1mm以下である。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1次元又は2次元に配列された複数の光電変換素子を含む受光部、及び前記光電変換素子と電氣的に接続され且つ前記受光部の外側に配置された複数のボンディングパッドを有する光電変換素子アレイと、

前記受光部を覆うように前記光電変換素子アレイ上に積層され、放射線を光に変換するシンチレータ層と、

前記シンチレータ層の積層方向から見た場合に、前記シンチレータ層及び前記ボンディングパッドから離間して前記シンチレータ層と前記ボンディングパッドとの間を通り且つ前記シンチレータ層を包囲するように、前記光電変換素子アレイ上に形成された樹脂枠と

前記シンチレータ層を覆い、前記樹脂枠上に位置する外縁を有する保護膜と、を備え、前記保護膜の前記外縁、及び前記樹脂枠において前記保護膜の前記外縁に対応する対応領域は、レーザ光によって加工された状態となっており、

前記シンチレータ層の周縁部は、前記シンチレータ層の外側に向かうにつれて高さが徐々に低くなるテーパ形状となっており、

前記樹脂枠の内縁と前記シンチレータ層の外縁との間の距離は、1mm以下である、放射線検出器。

【請求項 2】

基板を更に備え、

前記光電変換素子は、前記基板の上面に設けられており、

前記シンチレータ層の前記周縁部の高さ位置を結んだ直線と前記基板の前記上面とがなす角度は、20度～80度の範囲に含まれる、請求項1記載の放射線検出器。

【請求項 3】

前記シンチレータ層は、T1ドープのCsIによって形成されている、請求項1又は2記載の放射線検出器。

【請求項 4】

前記保護膜は、光を反射させる金属膜を含む、請求項1～3のいずれか一項記載の放射線検出器。

【請求項 5】

前記保護膜の前記外縁を覆うように、前記樹脂枠に沿って配置された被覆樹脂層を更に備える、請求項1～4のいずれか一項に記載の放射線検出器。

【請求項 6】

前記保護膜は、ポリパラキシリレン製の有機膜を含む、請求項1～5のいずれか一項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】

従来、下記特許文献1に示されるように、センサパネル（受光部）上に柱状結晶構造のシンチレータ層を形成した放射線検出器（放射線検出素子）が知られている。この放射線検出器では、受光部の外側に、受光素子と電氣的に接続される複数のボンディングパッドが配置されている。また、シンチレータ層の積層方向から見た場合に、シンチレータ層とボンディングパッドとの間を通り且つシンチレータ層を包囲するように樹脂枠が形成されている。シンチレータ層は、耐湿保護膜によって覆われており、耐湿保護膜の外縁は、樹脂枠上に達している。

【0003】

このような放射線検出器を備える放射線検出装置は、据置型の装置に加えて、ポータブ

10

20

30

40

50

ル型の装置についても需要がある。そこで、放射線検出装置を小型化及び軽量化することが求められている。このため、放射線検出装置を構成する放射線検出器を小型化及び軽量化することが求められている。放射線検出器を小型化するためには、樹脂枠をなるべく小さくすると共に、樹脂枠とシンチレータ層の外縁との距離をなるべく短くすることで、樹脂枠の内側領域におけるシンチレータ層の面積（有効面積）をなるべく大きくとることが好ましい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第3077941号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上記特許文献1記載の放射線検出器の製造過程においては、樹脂枠上に形成された耐湿保護膜が、樹脂枠に沿ってカッターにより切断される。しかし、樹脂枠を小型化すると共に樹脂枠とシンチレータ層の外縁との距離を短くした状態において、カッターで耐湿保護膜を切断する作業には、相当の熟練度を要するため、生産性及び製造コストの観点から改善の余地がある。

【0006】

そこで、本発明は、装置の小型化及びシンチレータ層の有効面積の大型化を両立すると共に生産性の向上が図られた放射線検出器を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一側面に係る放射線検出器の製造方法は、1次元又は2次元に配列された複数の光電変換素子を含む受光部、及び光電変換素子と電気的に接続され且つ受光部の外側に配置された複数のボンディングパッドを有する光電変換素子アレイを準備し、放射線を光に変換するシンチレータ層を、受光部を覆うように光電変換素子アレイ上に積層する工程と、シンチレータ層の積層方向から見た場合に、シンチレータ層及びボンディングパッドから離間してシンチレータ層とボンディングパッドの間を通り且つシンチレータ層を包囲するように、光電変換素子アレイ上に樹脂枠を形成する工程と、少なくとも光電変換素子アレイのシンチレータ層が積層される側の表面全体を覆うように保護膜を形成する工程と、樹脂枠の略中央部分に沿ってレーザ光を一筆書きの要領で走査しながら照射することで、保護膜を切断すると共に樹脂枠の一部を切断除去し、保護膜の外側の部分を除去すると共に樹脂枠の略中央部分に溝部を形成する工程と、保護膜の外縁を覆うように、樹脂枠に沿って被覆樹脂層を形成する工程と、を有する。

30

【0008】

上記放射線検出器の製造方法では、保護膜の外側の部分を除去すると共に樹脂枠の略中央部分に溝部を形成する工程において、積層方向から見た場合に、保護膜の外縁及び溝部が角部において外側に凸の弧状となるように、レーザ光を走査してもよい。

【0009】

40

一側面に係る放射線検出器は、1次元又は2次元に配列された複数の光電変換素子を含む受光部、及び光電変換素子と電気的に接続され且つ受光部の外側に配置された複数のボンディングパッドを有する光電変換素子アレイと、受光部を覆うように光電変換素子アレイ上に積層され、放射線を光に変換するシンチレータ層と、シンチレータ層の積層方向から見た場合に、シンチレータ層及びボンディングパッドから離間してシンチレータ層とボンディングパッドの間を通り且つシンチレータ層を包囲するように、光電変換素子アレイ上に形成された樹脂枠と、シンチレータ層を覆い、樹脂枠上に位置する外縁を有する保護膜と、を備え、樹脂枠の内縁とシンチレータ層の外縁との間の第1距離は、樹脂枠の外縁と光電変換素子アレイの外縁との間の第2距離よりも短くなっており、保護膜の外縁、及び樹脂枠において保護膜の外縁に対応する対応領域は、レーザ光によって加工された状

50

態となっている。

【0010】

一側面に係る放射線検出器では、樹脂枠上の保護膜は、レーザ光により加工される。レーザ光による加工には、カッターによる切断と比較して熟練の技術が必要とされないので、生産性を向上することができる。また、レーザ光によれば、精度良く保護膜を切断することが可能であるため、樹脂枠を小型化することができる。また、樹脂枠は、シンチレータ層及びボンディングパッドから離間して形成されているので、製造時におけるレーザ光によるシンチレータ層及びボンディングパッドへの悪影響を抑えることができる。一方で、樹脂枠をシンチレータ層に近づけて配置することで、シンチレータ層の有効面積の大型化も図られている。したがって、本発明に係る放射線検出器によれば、装置の小型化及びシンチレータ層の有効面積の大型化を両立すると共に、生産性の向上を図ることができる。

10

【0011】

上記放射線検出器では、保護膜の外縁及び対応領域は、上記積層方向から見た場合に、微細な波形状となっていてよい。これにより、樹脂枠上の保護膜を被覆樹脂で覆う場合等において、保護膜の外縁及び対応領域と被覆樹脂との接触面積が増えるため、保護膜の外縁及び対応領域と被覆樹脂との接着をより強固にすることができる。

【0012】

上記放射線検出器では、対応領域の高さは、樹脂枠の高さの1/3以下となっていてよい。これにより、樹脂枠の下方に位置する光電変換素子アレイに対するレーザ光による悪影響をより効果的に抑制できる。

20

【0013】

上記放射線検出器では、第1距離に対する第2距離の比率は、5以上となっていてよい。このような比率とすることで、より効果的に、製造時におけるレーザ光によるボンディングパッドへの悪影響を抑制すると共に、シンチレータ層の有効面積を確保し、装置の小型化を図ることができる。

【0014】

上記放射線検出器では、樹脂枠は、中央部が両縁部よりも高くなるように形成されており、樹脂枠の高さは、シンチレータ層の高さよりも低くなっている。これにより、樹脂枠を小型化すると共に、製造時におけるレーザ光によるシンチレータ層への悪影響をより効果的に抑制できる。

30

【0015】

上記放射線検出器では、樹脂枠の内縁と樹脂枠の外縁との間の幅は、900 μm以下であり、樹脂枠の高さは、450 μm以下であってもよい。これにより、樹脂枠を小型化することでシンチレータ層の有効面積を確保しつつ、装置をより小型化することができる。

【0016】

上記放射線検出器では、レーザ光によって加工された保護膜の外縁及び対応領域は、積層方向から見た場合に、外側に凸の弧状の角部を有する略矩形環状に形成されていてよい。上記放射線検出器によれば、保護膜の角部（四隅のコーナー部分）を外側に凸の弧状（いわゆるR形状）とすることで、保護膜が角部において樹脂枠から剥離してしまうことを抑制できる。

40

【0017】

上記放射線検出器は、保護膜の外縁を覆うように、樹脂枠に沿って配置された被覆樹脂層を更に備えてもよい。このような被覆樹脂層を備えることにより、保護膜の外縁を樹脂枠と被覆樹脂層とで挟み込んで固定することができる。これにより、保護膜の外縁において、保護膜が樹脂枠から剥離してしまうことを抑制できる。

【0018】

上記放射線検出器では、シンチレータ層の周縁部は、シンチレータ層の外側に向かうにつれて高さが徐々に低くなるテーパ形状となっていてよい。このように、シンチレータ層の周縁部の高さが外側ほど低くなるようにすることで、製造時においてレーザ光による

50

悪影響がシンチレータ層に及ぶ領域を限定することができる。

【0019】

上記放射線検出器では、保護膜は、光を反射させる金属膜を含んでいてもよい。これにより、シンチレータ層で発生した光が外に漏れるのを防ぐことができ、放射線検出器の検出感度を向上させることができる。

【0020】

他の側面に係る放射線検出器の製造方法は、1次元又は2次元に配列された複数の光電変換素子を含む受光部、及び光電変換素子と電気的に接続され且つ受光部の外側に配置された複数のボンディングパッドを有する光電変換素子アレイを準備し、放射線を光に変換するシンチレータ層を、受光部を覆うように光電変換素子アレイ上に積層する工程と、シンチレータ層の積層方向から見た場合に、シンチレータ層及びボンディングパッドから離間してシンチレータ層とボンディングパッドとの間を通り且つシンチレータ層を包囲するように、光電変換素子アレイ上に樹脂枠を形成する工程と、少なくとも光電変換素子アレイのシンチレータ層が積層される側の表面全体を覆うように保護膜を形成する工程と、樹脂枠に沿ってレーザ光を照射することで、保護膜を切断し、保護膜の外側の部分を除去する工程と、を有し、樹脂枠を形成する工程では、樹脂枠の内縁とシンチレータ層の外縁との間の第1距離が、樹脂枠の外縁と光電変換素子アレイの外縁との間の第2距離よりも短くなるように、樹脂枠を形成する。

10

【0021】

他の側面に係る放射線検出器の製造方法によれば、レーザ光によって樹脂枠上の保護膜を切断するので、カッターによる切断と比較して熟練の技術が必要とされず、生産性を向上することができる。また、レーザ光によって、精度良く保護膜を切断することが可能であるため、樹脂枠を小型化することができる。また、樹脂枠を、シンチレータ層及びボンディングパッドから離間して形成することで、保護膜切断時におけるレーザ光によるシンチレータ層及びボンディングパッドへの悪影響を抑えることができる。一方で、樹脂枠をシンチレータ層に近づけて形成することで、シンチレータ層の有効面積の大型化も図られる。

20

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、装置の小型化及びシンチレータ層の有効面積の大型化を両立すると共に生産性の向上が図られた放射線検出器を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の一実施形態に係る放射線検出器の平面図である。

【図2】図1のII-II線に沿った断面図である。

【図3】図1の放射線検出器の角部付近の拡大平面図である。

【図4】図1の放射線検出器の製造工程における(a)シンチレータ層形成前の状態及び(b)シンチレータ層形成後の状態を示す断面図である。

【図5】図1の放射線検出器の製造工程における(a)樹脂枠形成後の状態及び(b)第1の有機膜形成後の状態を示す断面図である。

40

【図6】図1の放射線検出器の製造工程における(a)無機膜形成後の状態及び(b)第2の有機膜形成後の状態を示す断面図である。

【図7】図1の放射線検出器の製造工程におけるレーザ光による加工処理を示す断面図である。

【図8】図1の放射線検出器の製造工程における(a)保護膜切断後の状態及び(b)被覆樹脂層形成後の状態を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照しながら、本発明に係る実施形態を説明する。可能な場合には、同一の部分には同一の符号を付して、重複する説明を省略する。また、各図面における寸法、

50

形状は実際のものとは必ずしも同一ではない。

【0025】

まず、図1及び図2を参照して本実施形態に係る放射線検出器1の構成について説明する。図1及び図2に示されるように、放射線検出器1は、光電変換素子アレイ7、シンチレータ層8、樹脂枠9、保護膜13、及び被覆樹脂層14を備えている。光電変換素子アレイ7は、基板2、受光部3、信号線4、ボンディングパッド5、及びパッシベーション膜6を有している。保護膜13は、第1の有機膜10、無機膜(金属膜)11、及び第2の有機膜12を有している。

【0026】

受光部3は、絶縁性の基板2(例えばガラス製基板)の中央部の矩形状領域に2次元に配列された複数の光電変換素子3aを含んで構成されている。光電変換素子3aは、アモルファスシリコン製のフォトダイオード(PD)や薄膜トランジスタ(TFT)等により構成されている。受光部3における各行又は各列の光電変換素子3aの各々は、信号読み出し用の信号線4により、外部回路(不図示)へ信号を取り出すためのボンディングパッド5と電気的に接続されている。

10

【0027】

ボンディングパッド5は、基板2の外縁のうち隣接する2辺(図1における上辺、右辺)に沿って所定間隔毎に複数配置されており、信号線4を介して対応する複数の光電変換素子3aに電気的に接続されている。光電変換素子3a及び信号線4上には、絶縁性のパッシベーション膜6が形成されている。このパッシベーション膜6には、例えば窒化シリコンや酸化シリコン等を用いることができる。ボンディングパッド5は、外部回路との接続のために露出されている。

20

【0028】

X線(放射線)を光に変換する柱状構造のシンチレータ8aが、受光部3を覆うように光電変換素子アレイ7上に積層されている。光電変換素子アレイ7における受光部3を含む略矩形状の領域(図1の破線で囲まれた領域)にシンチレータ8aが複数積層されることで、シンチレータ層8が形成されている。シンチレータ8aには、各種の材料を用いることができるが、例えば発光効率が良いTlドープのCsIを用いることができる。

【0029】

シンチレータ層8の周縁部8bは、シンチレータ層8の外側に向かうにつれて高さが徐々に低くなるテーパ形状となっている。つまり、周縁部8bにおいて、シンチレータ層8の外側に形成されたシンチレータ8aほど、高さが低くなっている。ここで、周縁部8bは、下方に受光部3が形成されていない領域(有効画面外領域)、或いはX線画像生成における影響の小さい領域である。したがって、このようなテーパ形状の周縁部8bを設けることで、製造時においてレーザ光による悪影響が及ぶシンチレータ層8上の領域を限定することができる。ここで、周縁部8bの勾配角度、すなわち周縁部8bに形成されたシンチレータ8aの高さ位置をシンチレータ層8の内側から外側に向かって結んだ直線が基板2の上面に対してなす角度は、20度~80度の範囲に含まれる。

30

【0030】

樹脂枠9は、シンチレータ層8の積層方向Aから見た場合に、シンチレータ層8とボンディングパッド5との間を通り且つシンチレータ層8を包囲するように、光電変換素子アレイ7上に形成されている。樹脂枠9の角部の形状は、外側に凸の弧状(いわゆるR形状)となっている。樹脂枠9は、例えばシリコン樹脂である。

40

【0031】

樹脂枠9は、中央部が両縁部よりも高くなるように形成されており、樹脂枠9の高さd1は、シンチレータ層8の高さdよりも低くなっている。これにより、樹脂枠9を小型化すると共に、製造時におけるレーザ光によるシンチレータ層8への悪影響を抑制できる。ここで、樹脂枠9の高さd1は、光電変換素子アレイ7の上面位置と樹脂枠9の頂点位置との間の距離であり、シンチレータ層8の高さdは、シンチレータ層8に含まれるシンチレータ8aの最大の高さである。

50

【0032】

樹脂棒9は、放射線検出器1を小型化する観点から、極力小さくすることが好ましい。より具体的には、樹脂棒9の高さd1は、450 μ m以下であり、樹脂棒9の幅d2は、900 μ m以下であることが好ましい。ここで、樹脂棒9の幅d2は、樹脂棒9の内縁E1（シンチレータ層8側の縁部）と樹脂棒9の外縁E2（ボンディングパッド5側の縁部）との間の幅である。

【0033】

また、樹脂棒9の内縁E1とシンチレータ層8の外縁E3との間の距離（第1距離）D1は、樹脂棒9の外縁E2と光電変換素子アレイ7の外縁E4との間の距離（第2距離）D2よりも短くなっている。製造時におけるレーザ光によるボンディングパッド5への悪影響を抑制すると共に、シンチレータ層8の有効面積を確保するという観点から、第1距離D1に対する第2距離D2の比率は、5以上となっていることが好ましい。より具体的には、第1距離D1は、1mm以下であり、第2距離D2は、5mm以上であることが好ましい。これは、以下の理由による。

10

【0034】

シンチレータ層8の外縁E3と樹脂棒9の内縁E1との間に隙間がなければシンチレータ層8の有効面積を最大化できる。しかし、製造時におけるレーザ光によるシンチレータ層8への悪影響や、樹脂棒9を形成する工程でのわずかな失敗（例えば樹脂棒9をシンチレータ層8上に形成してしまうこと）のおそれを考慮すると、第1距離D1を1mm以下の範囲で確保することが好ましい。また、第2距離D2を5mm以上とすることで、製造時におけるレーザ光によるボンディングパッド5への悪影響を考慮して、樹脂棒9とボンディングパッド5との間に十分な距離を確保できる。

20

【0035】

シンチレータ層8は、保護膜13で覆われている。保護膜13は、第1の有機膜10、無機膜11、及び第2の有機膜12が、この順にシンチレータ層8側から積層されることによって形成されている。第1の有機膜10、無機膜11、及び第2の有機膜12は、いずれもX線（放射線）を透過し、水蒸気を遮断する性質を有している。具体的には、第1の有機膜10及び第2の有機膜12には、ポリパラキシリレン樹脂、ポリパラクロロキシリレン等を用いることができる。また、無機膜11は、光に対しては、透明、不透明、反射性のいずれであってもよく、無機膜11には、例えばSi、Ti、Cr等の酸化膜、金、銀、アルミ（Al）等の金属膜を用いることができる。無機膜11として、光を反射させる金属膜を用いることで、シンチレータ8aで発生した蛍光が外に漏れるのを防ぐことができ、放射線検出器1の検出感度を向上させることができる。本実施形態では、無機膜11として成形が容易なAlを用いた例について説明する。Al自体は空気中で腐蝕しやすいが、無機膜11は、第1の有機膜10及び第2の有機膜12で挟まれているため、腐蝕から守られている。

30

【0036】

保護膜13は、例えばCVD法によって形成される。このため、保護膜13を形成した直後の状態では、保護膜13は、光電変換素子アレイ7の表面全体を覆うように形成されている。そのため、ボンディングパッド5を露出させるために、保護膜13は、光電変換素子アレイ7のボンディングパッド5よりも内側の位置で切断され、外側の保護膜13は、除去される。後述するように、保護膜13は、樹脂棒9の中央部付近でレーザ光により切断（加工）され、保護膜13の外縁13aは、樹脂棒9によって固定される。これにより、保護膜13が外縁13aから剥がれるのを防止することができる。ここで、保護膜13の切断には、例えば炭酸ガスレーザ（CO₂レーザ）や超短パルス（ナノ秒やピコ秒）の半導体レーザ等を用いることができる。炭酸ガスレーザを用いることで、一度の走査（短時間）で保護膜13の切断が可能となり、生産性が向上する。なお、光電変換素子アレイ7、ボンディングパッド5、及びシンチレータ層8等への悪影響とは、例えば炭酸ガスレーザや超短パルスレーザを用いる場合には、熱的なダメージである。

40

【0037】

50

保護膜 13 の外縁 13 a は、樹脂枠 9 上に位置しており、樹脂枠 9 に沿って配置された被覆樹脂層 14 によって樹脂枠 9 と共にコーティングされている。被覆樹脂層 14 には、保護膜 13 及び樹脂枠 9 への接着性が良好な樹脂、例えばアクリル系接着剤等を用いることができる。なお、被覆樹脂層 14 には、樹脂枠 9 と同じシリコン樹脂を用いてもよい。或いは、樹脂枠 9 に被覆樹脂層 14 と同じアクリル系接着剤を用いてもよい。

【0038】

次に、図 3 を参照して、樹脂枠 9 及び保護膜 13 の角部（コーナー部分）について説明する。図 3 においては、樹脂枠 9 及び保護膜 13 の角部の状態を理解し易いように、被覆樹脂層 14 の図示を一部省略している。

【0039】

詳しくは後述するが、放射線検出器 1 の製造工程においてレーザー光が樹脂枠 9 上の保護膜 13 に照射されることで、保護膜 13 のレーザー光が照射された部分が、切断除去されている。ここで、保護膜 13 は、非常に薄いため、炭酸ガスレーザーのレーザー光により、樹脂枠 9 の一部も併せて切断除去されている。これにより、樹脂枠 9 の中央付近には、溝部（対応領域）9 a が形成されている。保護膜 13 の外縁 13 a、及び、樹脂枠 9 において保護膜 13 の外縁 13 a に対応する溝部 9 a は、レーザー光によって加工された状態となっている。ここで、溝部 9 a の深さ（高さ）d 3 は、樹脂枠 9 の高さ d 1 の 1/3 以下とされている。これにより、樹脂枠 9 の下方に位置する光電変換素子アレイ 7 に対するレーザー光による悪影響が抑制されている。

【0040】

図 3 に示されるように、レーザー光によって加工された保護膜 13 の外縁 13 a 及び溝部 9 a は、シンチレータ層 8 の積層方向 A から見た場合に、外側に凸の弧状の角部（図 3 に示す領域 B 参照）を有する略矩形環状に形成されている。また、保護膜 13 の外縁 13 a 及び溝部 9 a は、積層方向 A から見た場合に、微細な波形状となっている。つまり、保護膜 13 の外縁 13 a 及び溝部 9 a の表面は、例えばカッター等の刃物による平坦な切断面とは異なり、微小な凹凸形状を有するものとなっている。これにより、保護膜 13 の外縁 13 a 及び溝部 9 a と被覆樹脂層 14 との接触面積が増えるため、保護膜 13 の外縁 13 a 及び溝部 9 a と被覆樹脂層 14 との接着をより強固にすることができる。

【0041】

次に、図 4 ~ 図 8 を参照して、本実施形態に係る放射線検出器 1 の製造方法について説明する。まず、図 4 (a) に示されるように、光電変換素子アレイ 7 を準備する。続いて、図 4 (b) に示されるように、受光部 3 を覆う光電変換素子アレイ 7 上の領域において、Tl をドーブした CsI の柱状結晶を例えば蒸着法により 600 μm 程度の厚さに成長させることで、シンチレータ層 8 を形成（積層）する。

【0042】

また、図 5 (a) に示されるように、樹脂枠 9 を、光電変換素子アレイ 7 上に形成する。具体的には、シンチレータ層 8 の積層方向 A から見た場合に、シンチレータ層 8 とボンディングパッド 5 との間を通り且つシンチレータ層 8 を包囲するように、樹脂枠 9 を形成する。より具体的には、第 1 距離 D 1 が 1 mm 以下となり、第 2 距離 D 2 が 5 mm 以上となるような位置に、樹脂枠 9 を形成する。樹脂枠 9 の形成には、例えば自動 X-Y コーティング装置を用いることができる。以下、説明の便宜上、光電変換素子アレイ 7 上にシンチレータ層 8 及び樹脂枠 9 が形成されたものを指して、単に「基板」という。

【0043】

シンチレータ層 8 を形成する CsI は、吸湿性が高く、露出したままにしておくと空気中の水蒸気を吸湿して溶解してしまう。そこで、例えば CVD 法によって、基板全体の表面を、厚さ 5 ~ 25 μm のポリパラキシリレンで被覆する。これにより、図 5 (b) に示されるように、第 1 の有機膜 10 が形成される。

【0044】

続いて、図 6 (a) に示されるように、放射線が入射する入射面（放射線検出器 1 のシンチレータ層 8 が形成される側の面）側の第 1 の有機膜 10 の表面に、0.2 μm 厚さの

10

20

30

40

50

A1膜を蒸着法により積層することによって、無機膜（金属膜）11を形成する。続いて、無機膜11が形成された基板全体の表面を、再度CVD法によって、厚さ5～25μmのポリパラキシリレンで被覆する。これにより、図6（b）に示されるように、第2の有機膜12が形成される。第2の有機膜12には、無機膜11の腐蝕による劣化を防ぐ役割がある。以上の処理により、保護膜13が形成される。保護膜13の樹脂枠9の略中央部分よりも外側の部分（ボンディングパッド5を覆う部分）は、後段の処理によって除去される。このため、光電変換素子アレイ7の側面及び光電変換素子アレイ7のシンチレータ層8が積層される側とは反対側の表面には、第1の有機膜10及び第2の有機膜12を形成しなくともよい。

【0045】

続いて、図7に示されるように、樹脂枠9に沿って、レーザ光Lを照射し、保護膜13を切断する。具体的には、表面に保護膜13が形成された基板全体を載せたステージ（不図示）に対して、レーザ光Lを照射するレーザ光ヘッド（不図示）を移動させることで、レーザ光Lを樹脂枠9に沿って一筆書きの要領で走査する。より具体的には、樹脂枠9の略中央部分（最も厚みのある部分）に沿って、レーザ光Lを走査する。これにより、樹脂枠9の下方の光電変換素子アレイ7に対するレーザ光による悪影響を抑制できる。

【0046】

ここで、樹脂枠9の角部付近では、レーザ光Lの走査方向を切り替えるために走査速度を減速する必要がある。走査速度が減速された樹脂枠9上の位置においては、レーザ光の照射量が多くなるため溝部9aの深さが大きくなる。これにより、樹脂枠9の下方の光電変換素子アレイ7に対するレーザ光による悪影響が大きくなるという問題がある。しかし、本実施形態では、図3に示したように、保護膜13の外縁13a及び溝部9aが、角部において外側に凸の弧状（いわゆるR形状）となるように、レーザ光Lを走査させるので、角部におけるレーザ光Lの走査速度の減速度合を減らす、或いは、レーザ光Lの走査速度を減速せずに角部を加工することができる。これにより、樹脂枠9の角部付近において、樹脂枠9の下方の光電変換素子アレイ7に対するレーザ光による悪影響を抑制できる。

【0047】

なお、樹脂枠9に沿って一筆書きの要領でレーザ光Lを走査する場合には、レーザ照射の開始位置と終了位置とで2重にレーザ照射がされる。このため、樹脂枠9の溝部9aの深さが大きくなり、樹脂枠9の下方の光電変換素子アレイ7に深刻な悪影響を与えてしまうおそれがある。しかし、本実施形態では、1回のレーザ光Lの照射により生じる溝部9aの深さd3が樹脂枠9の高さd1の1/3以下となるように、レーザ光Lの照射位置や照射強度等が制御される。これにより、同じ位置に2重にレーザ照射がされても、溝部9aの深さがそれほど大きくなり、樹脂枠9の下方の光電変換素子アレイ7に深刻な悪影響を与えてしまうことを防止できる。

【0048】

続いて、図8（a）に示されるように、保護膜13におけるレーザ光Lによる切断部から外側の部分（入射面と反対側の部分を含む）を除去することによって、ボンディングパッド5を露出させる。続いて、図8（b）に示されるように、樹脂枠9に沿って、保護膜13の外縁13a及び樹脂枠9を覆うように、紫外線硬化型のアクリル樹脂等の被覆樹脂をコーティングする。その後、紫外線照射によって、被覆樹脂を硬化させることで、被覆樹脂層14を形成する。

【0049】

また、被覆樹脂層14を設けなくとも、保護膜13は、樹脂枠9を介して光電変換素子アレイ7に密着する。しかし、被覆樹脂層14を形成することによって、第1の有機膜10を含む保護膜13が樹脂枠9と被覆樹脂層14とに挟み込まれて固定され、光電変換素子アレイ7上への保護膜13の密着性がより一層向上する。したがって、保護膜13によりシンチレータ8aが密封されるので、シンチレータ8aへの水分の浸入を確実に防ぐことができ、シンチレータ8aの吸湿劣化による素子の解像度低下を防ぐことができる。

【0050】

10

20

30

40

50

次に、図 1 及び図 2 を参照して、本実施形態に係る放射線検出器 1 の動作について説明する。入射面側から入射した X 線（放射線）は、保護膜 1 3 を透過してシンチレータ 8 a に達する。この X 線は、シンチレータ 8 a によって吸収され、シンチレータ 8 a によって X 線の光量に比例した光が放射される。放射された光のうち、X 線の入射方向に逆行した光は、無機膜 1 1 で反射される。このため、シンチレータ 8 a で発生した光のほとんど全てが、パッシベーション膜 6 を介して光電変換素子 3 a に入射する。各々の光電変換素子 3 a は、光電変換により、入射した光の光量に対応する電気信号を生成し、一定時間蓄積する。この光の光量は、入射する X 線の光量に対応している。つまり、各々の光電変換素子 3 a に蓄積される電気信号は、入射する X 線の光量に対応することとなる。したがって、この電気信号によって、X 線画像に対応する画像信号が得られる。光電変換素子 3 a に蓄積された画像信号は、信号線 4 を介してボンディングパッド 5 から順次読み出されて外部に転送される。転送された画像信号は、所定の処理回路で処理されることによって、X 線画像が表示される。

10

20

30

40

50

【0051】

以上述べた放射線検出器 1 では、樹脂枠 9 上の保護膜 1 3 は、レーザ光により切断（加工）される。レーザ光による加工には、カッターによる切断と比較して熟練の技術が必要とされないので、生産性を向上することができる。また、レーザ光によれば、手作業による場合よりも精度良く保護膜 1 3 を切断することが可能であるため、樹脂枠 9 を小型化することができる。また、樹脂枠 9 は、シンチレータ層 8 及びボンディングパッド 5 から離間して形成されているので、製造時におけるレーザ光によるシンチレータ層 8 及びボンディングパッド 5 への悪影響を抑えることができる。一方で、樹脂枠 9 をシンチレータ層 8 に極力近づけて配置することで、シンチレータ層 8 の有効面積の大型化も図られている。したがって、放射線検出器 1 によれば、装置（放射線検出器 1 を含む放射線検出装置）の小型化及びシンチレータ層 8 の有効面積の大型化を両立すると共に、生産性の向上を図ることができる。

【0052】

また、本実施形態に係る放射線検出器 1 の製造方法によれば、レーザ光によって樹脂枠 9 上の保護膜 1 3 を切断するので、カッターによる切断と比較して熟練の技術が必要とされず、生産性を向上することができる。また、レーザ光によって、精度良く保護膜 1 3 を切断することが可能であるため、樹脂枠 9 を小型化することができる。また、樹脂枠 9 を、シンチレータ層 8 及びボンディングパッド 5 から離間して形成することで、保護膜 1 3 切断時におけるレーザ光によるシンチレータ層 8 及びボンディングパッド 5 への悪影響を抑えることができる。一方で、樹脂枠 9 をシンチレータ層 8 に近づけて形成することで、シンチレータ層 8 の有効面積の大型化も図られる。

【0053】

以上、本発明をその実施形態に基づいて詳細に説明した。しかし、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。本発明は、その要旨を逸脱しない範囲において様々な変形が可能である。例えば、以上の説明では、保護膜 1 3 としてポリバラキシリレン製の有機膜 1 0、1 2 の間に無機膜 1 1 を挟み込んだ構造のものについて説明したが、第 1 の有機膜 1 0 と第 2 の有機膜 1 2 の材料は異なるものでも良い。また、無機膜 1 1 として腐蝕に強い材料を使用しているような場合は、第 2 の有機膜 1 2 自体を設けなくてもよい。また、受光部 3 として複数の光電変換素子 3 a が 2 次元に配列されたものについて説明したが、受光部 3 は、複数の光電変換素子 3 a が 1 次元に配列されたものであってもよい。そして、ボンディングパッド 5 は、矩形の放射線検出器 1 の 2 辺でなく 3 辺に形成される場合もある。なお、上記実施形態においては、レーザ光ヘッドを移動させてレーザ加工する方法について説明したが、放射線検出器 1 を載置するステージを移動させて樹脂枠 9 及び保護膜 1 3 をレーザ加工してもよい。

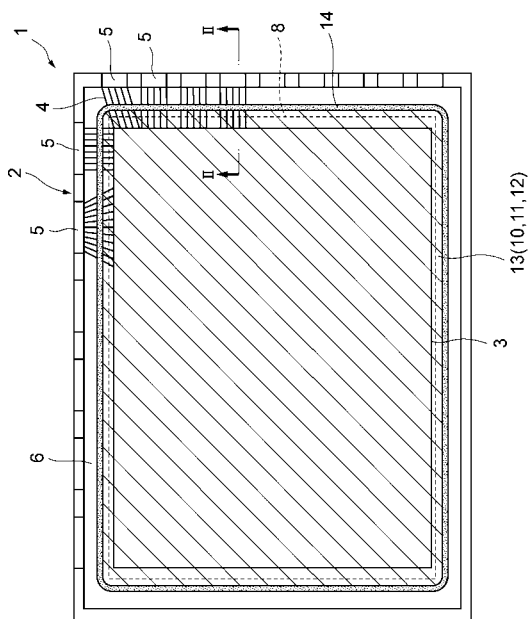
【符号の説明】

【0054】

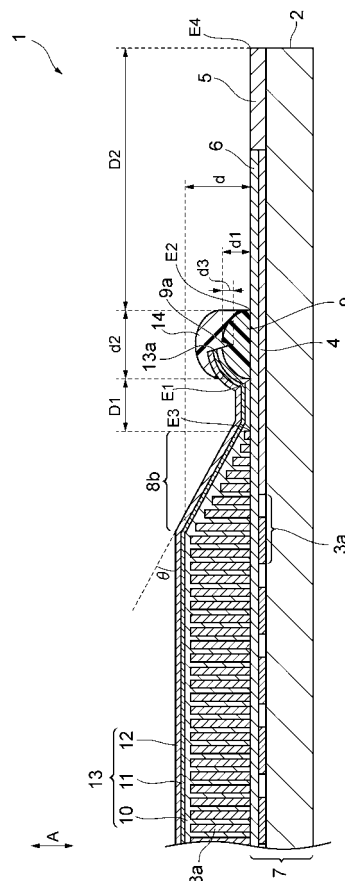
1 ... 放射線検出器、 2 ... 基板、 3 ... 受光部、 3 a ... 光電変換素子、 4 ... 信号線、 5 ... ボ

ンディングパッド、6 ... パッシベーション膜、7 ... 光電変換素子アレイ、8 ... シンチレータ層、8 a ... シンチレータ、8 b ... 周縁部、9 ... 樹脂枠、9 a ... 溝部（対応領域）、10 ... 第1の有機膜、11 ... 無機膜（金属膜）、12 ... 第2の有機膜、13 ... 保護膜、13 a ... 保護膜13の外縁、14 ... 被覆樹脂層、D1 ... 第1距離、D2 ... 第2距離、d、d1、d3 ... 高さ、d2 ... 幅、E1 ... 樹脂枠9の内縁、E2 ... 樹脂枠9の外縁、E3 ... シンチレータ層8の外縁、E4 ... 光電変換素子アレイ7の外縁。

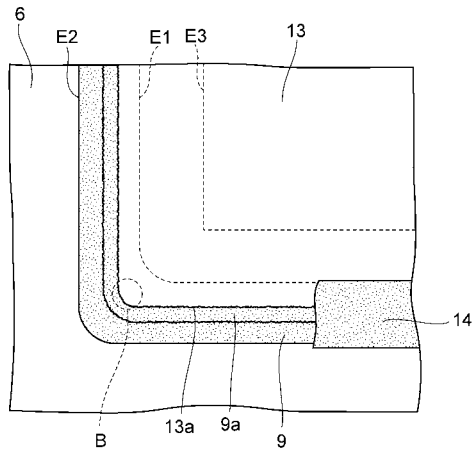
【図1】



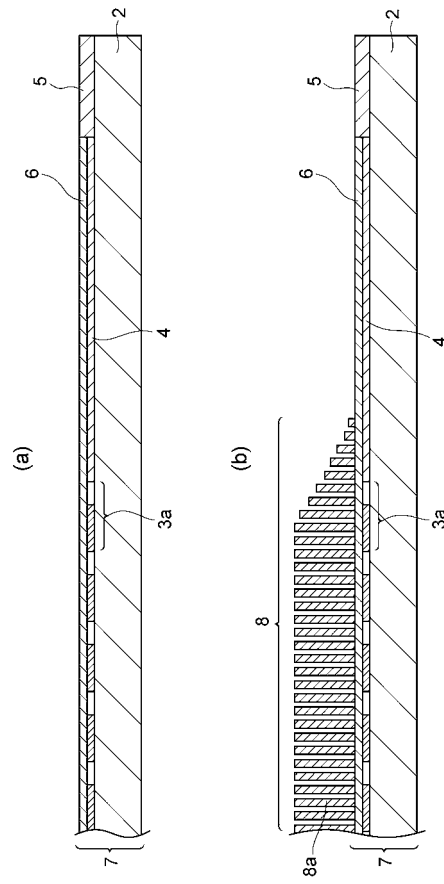
【図2】



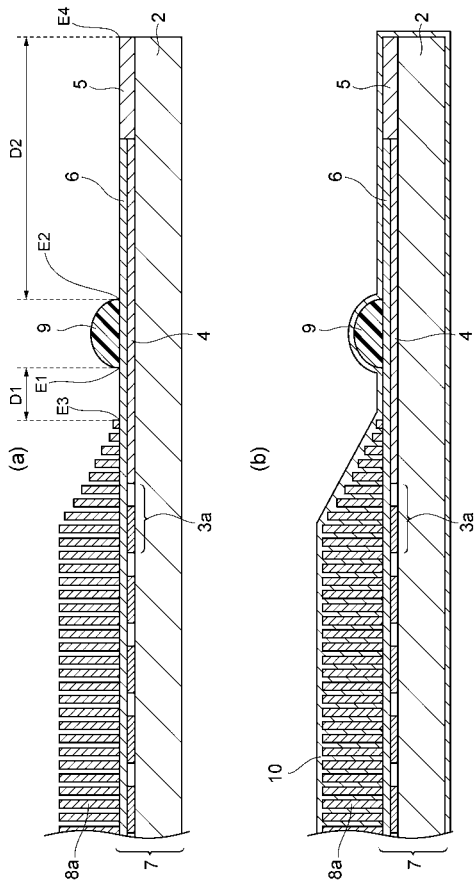
【 図 3 】



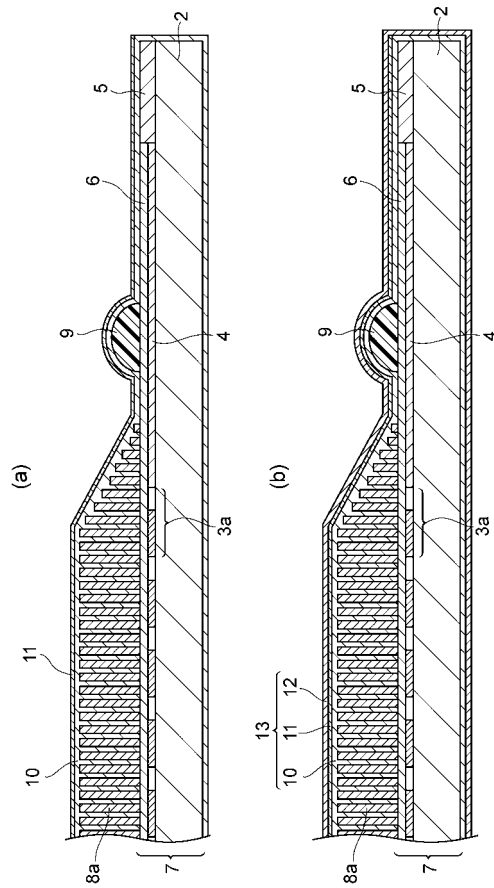
【 図 4 】



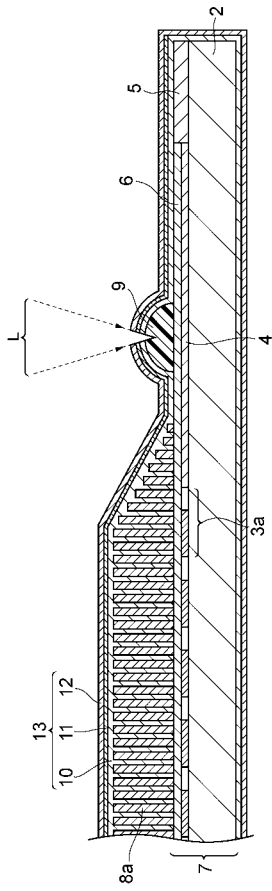
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

