

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5947155号  
(P5947155)

(45) 発行日 平成28年7月6日(2016.7.6)

(24) 登録日 平成28年6月10日(2016.6.10)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>G 2 1 K</b>	<b>4/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G 2 1 K	4/00	N
G O 1 T	1/20	(2006.01)	G O 1 T	1/20	L

請求項の数 14 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2012-188838 (P2012-188838)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成24年8月29日 (2012. 8. 29)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2014-48058 (P2014-48058A)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成26年3月17日 (2014. 3. 17)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成27年3月31日 (2015. 3. 31)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100124291
			弁理士 石田 悟
		(74) 代理人	100171583
			弁理士 梅景 篤
		(72) 発明者	櫻井 純
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放射線像変換パネル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

可撓性を有する支持体と、  
 前記支持体の主面上に設けられ、複数の柱状結晶からなる輝尽性蛍光体層と、  
 前記輝尽性蛍光体層上に設けられた第1保護膜と、  
 前記第1保護膜上に設けられた第2保護膜と、  
 を備え、  
 前記輝尽性蛍光体層は、EuをドーブしたCsBrを含む輝尽性蛍光体から構成され、  
 前記第1保護膜は、前記輝尽性蛍光体層の上面及び側面を覆い、かつ、前記輝尽性蛍光体層において前記複数の柱状結晶の間隙を埋めるように設けられ、  
 前記第2保護膜の鉛筆硬度は、前記第1保護膜の鉛筆硬度以下であり、  
 曲げ半径が最小で15mmまで湾曲させても前記第2保護膜の破断が生じない可撓性を有することを特徴とする放射線像変換パネル。

【請求項2】

前記支持体は、樹脂フィルムから構成されていることを特徴とする請求項1に記載の放射線像変換パネル。

【請求項3】

前記支持体は、ポリイミドから構成されていることを特徴とする請求項1に記載の放射線像変換パネル。

【請求項4】

前記第 1 保護膜は、耐湿性の保護膜であることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

【請求項 5】

前記第 1 保護膜は、ポリパラキシリレンから構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

【請求項 6】

前記第 2 保護膜は、耐擦傷性の保護膜であることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

【請求項 7】

前記第 2 保護膜は、ウレタンアクリル系樹脂から構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

10

【請求項 8】

前記支持体の前記主面と反対側の前記支持体の裏面に設けられた励起光吸収層をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

【請求項 9】

前記輝尽性蛍光体層は、前記柱状結晶が螺旋状に積層した螺旋構造を前記支持体側に有することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 8 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

【請求項 10】

前記支持体と前記輝尽性蛍光体層との間に設けられた輝尽発光反射層をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 8 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

20

【請求項 11】

前記第 1 保護膜は、前記支持体の側面上まで延びていることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 10 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

【請求項 12】

前記第 1 保護膜は、さらに前記支持体及び前記輝尽性蛍光体層の全体を覆うように設けられることを特徴とする請求項 11 に記載の放射線像変換パネル。

【請求項 13】

前記第 2 保護膜は、前記第 1 保護膜を覆うように設けられることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 12 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

30

【請求項 14】

前記支持体の前記主面と反対側の前記支持体の裏面に設けられた第 3 保護膜をさらに備え、

前記第 3 保護膜は、耐擦傷性の保護膜であることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 11 のいずれか一項に記載の放射線像変換パネル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線像変換パネルに関する。

【背景技術】

40

【0002】

従来、複数の柱状結晶からなる輝尽性蛍光体層を備えた放射線像変換パネルがある。例えば、特許文献 1 には、支持体と、支持体上に設けられた輝尽性蛍光体層と、輝尽性蛍光体層上に設けられた耐湿性保護膜と、耐湿性保護膜上に設けられた耐傷性保護膜と、を備える熾光体パネルが開示されている。また、特許文献 2 には、支持体と、支持体上に設けられた輝尽性蛍光体層と、輝尽性蛍光体層上に設けられた保護膜と、保護膜上に設けられた防汚層と、を備える放射線発光パネルが開示されている。また、特許文献 3 には、蛍光体層と、蛍光体層上に設けられた保護膜と、保護膜上に設けられた損傷防止膜と、を備える放射線像変換パネルが開示されている。

【0003】

50

上述の放射線像変換パネルでは、2種類の保護膜によって、輝尽性蛍光体層の耐湿性を確保しつつ、パネルのハンドリング又はスキャナ装置での読み取りにおいて、いずれかの層に破断性の傷が発生することを防止している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-340928号公報

【特許文献2】特開2002-107495号公報

【特許文献3】特公平6-52320号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、放射線像変換パネルが例えば歯科用イメージングプレートとして用いられる場合、放射線像変換パネルは患者の口腔内に挿入される。口腔は立体的であるので、詳細な情報を画像として取得するためには、撮影ごとに患者の口腔の形状に合わせて放射線像変換パネルが湾曲される必要がある。

【0006】

しかしながら、上述の放射線像変換パネルでは、損傷を低減するために保護膜の硬度について検討されているが、放射線像変換パネルとしての可撓性に着目されていない。したがって、放射線像変換パネルが十分な可撓性を有しない場合、放射線像変換パネルは患者の口腔の形状に合わせて変形できないので、撮影のセッティングが困難である。また、十分な可撓性を有しない放射線像変換パネルが湾曲されて使用されると、蛍光体層にクラックが生じたり、保護膜に破断が生じたりするおそれがある。

【0007】

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、スキャナ装置での読み取り及びハンドリングなどの使用による損傷を低減可能であるとともに、湾曲した状態での使用が可能な構造を有する放射線像変換パネル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】

【0008】

上記課題を解決するため、本発明に係る放射線像変換パネルは、可撓性を有する支持体と、支持体の主面上に設けられ、複数の柱状結晶からなる輝尽性蛍光体層と、輝尽性蛍光体層上に設けられた第1保護膜と、第1保護膜上に設けられた第2保護膜と、を備え、輝尽性蛍光体層は、EuをドープしたCsBrを含む輝尽性蛍光体から構成され、第1保護膜は、輝尽性蛍光体層の上面及び側面を覆い、かつ、輝尽性蛍光体層において複数の柱状結晶の間隙を埋めるように設けられ、第2保護膜の鉛筆硬度は、第1保護膜の鉛筆硬度以下であり、曲げ半径が15mmまでの可撓性を有する。

【0009】

この放射線像変換パネルにおいては、可撓性を有する支持体と、支持体の主面上に設けられ、複数の柱状結晶からなる輝尽性蛍光体層と、輝尽性蛍光体層の上面及び側面を覆うとともに複数の柱状結晶の間隙を埋めるように設けられた第1保護膜とを備えている。これにより、第1保護膜によって複数の柱状結晶間の隙間が埋められるので、放射線像変換パネルが湾曲された際に、破断の起点をなくすることができる。また、複数の柱状結晶が第1保護膜を介して一体化することにより、支持体の湾曲に対して輝尽性蛍光体層が追従できるようになる。

【0010】

さらに、放射線像変換パネルは、第1保護膜上に設けられた第2保護膜を備えている。これにより、使用による損傷を低減することができる。また、第2保護膜の鉛筆硬度は、第1保護膜の鉛筆硬度以下である。これにより、第2保護膜の可撓性(伸び率)は第1保護膜の可撓性(伸び率)以上となり、第2保護膜は、第1保護膜の湾曲に対して追従可能となる。このため、放射線像変換パネルを曲げ半径が15mmまで湾曲させて使用した場

10

20

30

40

50

合に第2保護膜が破断することを抑制できる。このように、放射線像変換パネルは、使用による損傷を低減可能であるとともに、湾曲した状態での使用が可能となる。

【0011】

支持体は、樹脂フィルムから構成されてもよい。また、支持体は、ポリイミドから構成されてもよい。ポリイミドなどの樹脂フィルムから構成される支持体は、可撓性に優れるので、放射線像変換パネルの可撓性を向上できる。

【0012】

第1保護膜は、耐湿性の保護膜であってもよい。第1保護膜によって輝尽性蛍光体層の上面及び側面が覆われることにより、耐湿性を向上することができ、輝尽性蛍光体層が空気中の水蒸気を吸湿するのを抑制できる。その結果、輝尽性蛍光体層が潮解するのを防止

10

【0013】

第1保護膜は、ポリパラキシリレンから構成されてもよい。ポリパラキシリレンは耐湿性に優れるので、ポリパラキシリレンから構成される第1保護膜によって輝尽性蛍光体層の上面及び側面が覆われることにより、耐湿性を向上することができ、輝尽性蛍光体層が空気中の水蒸気を吸湿するのを抑制できる。その結果、輝尽性蛍光体層が潮解するのを防止

【0014】

第2保護膜は、耐擦傷性の保護膜であってもよい。第2保護膜が設けられることにより、使用による損傷を低減できる。また、第2保護膜は、ウレタンアクリル系樹脂から構成されてもよい。ウレタンアクリル系樹脂は、耐擦傷性及び可撓性に優れ、鉛筆硬度が小さいので、ウレタンアクリル系樹脂から構成される第2保護膜は、使用による損傷をさらに低減でき、第1保護膜の湾曲に対する追従性をさらに向上できる。このため、放射線像変換パネルの使用による損傷をさらに低減可能とするとともに、湾曲した状態での使用による第2保護膜の破断を抑制できる。

20

【0015】

支持体の主面と反対側の支持体の裏面に設けられた励起光吸収層をさらに備えてもよい。この構成によれば、輝尽性蛍光体層を透過した励起光を、励起光吸収層により吸収することができる。このため、輝尽性蛍光体層及び支持体を透過した励起光を吸収することができるので、励起光の散乱及び反射によってコントラストが低下するのを軽減できる。

30

【0016】

輝尽性蛍光体層は、柱状結晶が螺旋状に積層した螺旋構造を支持体側に有してもよい。この構成によれば、柱状結晶の螺旋構造により反射層が形成される。このため、輝尽性蛍光体層に励起光が照射されることにより輝尽性蛍光体層において放出された光のうち、支持体側に導光された光を螺旋構造によって反射できるので、反射層を設けることなく、輝尽性蛍光体層の上面から出射される光の光量を増加することが可能となる。また、複数の柱状結晶はそれぞれ、螺旋構造を有している。このため、柱状結晶において放出された光は、その柱状結晶が有する螺旋構造によって反射されるので、輝尽性蛍光体層と反射層との間において散乱することなく、輝尽性蛍光体層の上面から出射される光の光量を増加

40

【0017】

支持体と輝尽性蛍光体層との間に設けられた輝尽発光反射層をさらに備えてもよい。この構成によれば、輝尽性蛍光体層に励起光が照射されることにより輝尽性蛍光体層において放出された光のうち、支持体側に導光された光を輝尽発光反射層によって反射し、輝尽性蛍光体層の上面側に

【0018】

第1保護膜は、支持体の側面上まで延びていてもよい。また、第1保護膜は、支持体及び輝尽性蛍光体層の全体を覆うように設けられてもよい。この構成によれば、第1保護層によって支持体及び輝尽性蛍光体層の全体が覆われるので、耐湿性をさらに向上でき、輝尽性蛍光体層の潮解をさらに防止できる。

50

## 【 0 0 1 9 】

第2保護膜は、第1保護膜を覆うように設けられてもよい。この構成によれば、第1保護膜における損傷を低減することができる。

## 【 0 0 2 0 】

支持体の主面と反対側の支持体の裏面に設けられた第3保護膜をさらに備えてもよく、第3保護膜は耐擦傷性の保護膜であってもよい。この構成によれば、支持体の裏面における損傷を低減することができる。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 1 】

本発明によれば、スキャナ装置での読み取り及びハンドリングなどの使用による損傷を低減可能であるとともに、湾曲した状態で使用できる。

10

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 2 】

【 図 1 】 第1実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。

【 図 2 】 ( a ) は 図 1 の放射線像変換パネルの曲げた状態の図、( b ) は比較例の放射線像変換パネルの曲げた状態の図である。

【 図 3 】 スキャナ通過試験及び曲げ試験の試験結果を示す図である。

【 図 4 】 第2実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。

【 図 5 】 第3実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。

【 図 6 】 第4実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。

20

【 図 7 】 第5実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。

【 図 8 】 第6実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。

【 図 9 】 第7実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。

【 図 1 0 】 第8実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。

【 図 1 1 】 第9実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。

【 図 1 2 】 図 1 1 の輝尽性蛍光体層を構成する柱状結晶の支持体に直交する方向の概略断面図である。

【 図 1 3 】 図 1 2 の柱状結晶の螺旋構造部の支持体に直交する方向の概略断面図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 3 】

30

以下、図面を参照して、本発明に係る放射線像変換パネルの実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

## 【 0 0 2 4 】

## 〔 第1実施形態 〕

図1は、第1実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。図1に示されるように、放射線像変換パネル10は、入射したX線などの放射線Rを光に変換して検出するためのパネルであって、例えば矩形板形状を呈している。放射線像変換パネル10の長さは100mm程度、幅は100mm程度、厚さは0.4mm程度である。放射線像変換パネル10は、例えば歯科用のイメージングプレートとして用いられる。また、放射線像変換パネル10は、不図示のHeNeレーザ及びPMT(Photomultiplier Tube; 光電子増倍管)などと組み合わせることによって、放射線イメージセンサとして用いられる。この放射線像変換パネル10は、支持体1と、輝尽性蛍光体層2と、第1保護膜3と、第2保護膜4と、を備えている。

40

## 【 0 0 2 5 】

支持体1は、可撓性を有する基材であり、例えば矩形形状を呈している。支持体1は、例えばポリイミド、PET(ポリエチレンテレフタレート)、PEEK(ポリエーテルエーテルケトン)、PEN(ポリエチレンナフタレート)、LCP(液晶ポリマー)、PA(ポリアミド)、PES(ポリエーテルサルフォン)、PPS(ポリフェニレンスルファイド)、PBT(ポリブチレンテレフタレート)、厚さ200µm以下の薄板ガラス、厚さ

50

100 μm以下のSUS箔から構成されている。支持体1の厚さは例えば10 μm以上であり、例えば500 μm以下である。この支持体1は、一定の可撓性を有するものであればよく、樹脂フィルムが好ましい。

#### 【0026】

輝尽性蛍光体層2は、入射した放射線Rを吸収して蓄積し、励起光が照射されることによって蓄積している放射線Rのエネルギーに応じた光Lを放出する層である。輝尽性蛍光体層2は、支持体1の表面1a(主面)上に設けられ、その厚さは例えば80 μm以上であり、例えば600 μm以下である。この輝尽性蛍光体層2は、例えばEu(ユウロピウム)をドーブしたCsBr(臭化セシウム)(以下、「CsBr:Eu」という。)から構成され、複数の柱状結晶25(針状結晶ともいう。)が林立した構造を有する。なお、CsBr:Euは吸湿性が高く、露出した状態では空気中の水蒸気を吸湿して潮解してしまう。また、輝尽性蛍光体層2に照射される励起光の波長範囲は、550~800 nm程度であり、輝尽性蛍光体層2によって放出される光Lの波長範囲は、350~500 nm程度である。

10

#### 【0027】

第1保護膜3は、耐湿性の保護膜であり、輝尽性蛍光体層2が空気中の水蒸気を吸湿するのを抑制するための防湿膜である。第1保護膜3は、輝尽性蛍光体層2の上面2a及び側面2cを覆い、かつ、輝尽性蛍光体層2の複数の柱状結晶25の間隙を埋めるように設けられている。第1実施形態では、第1保護膜3は、支持体1及び輝尽性蛍光体層2の全体を覆うように設けられている。換言すると、第1保護膜3は、支持体1の表面1a、裏面1b及び側面1c上、並びに、輝尽性蛍光体層2の上面2a及び側面2c上に設けられ、支持体1及び輝尽性蛍光体層2の全体を包み込んでいる。第1保護膜3の厚さは例えば2 μm以上であり、例えば20 μm以下である。また、第1保護膜3の旧JIS K5400に準拠した鉛筆硬度(以下、単に「鉛筆硬度」という。)は、2H程度である。この第1保護膜3は、例えばポリパラキシリレン及びポリ尿素などの有機膜、又は、上記有機膜上に窒化膜(例えばSiN、SiON)及び炭化膜(例えばSiC)などを積層した有機膜と無機膜との混合膜から構成されている。有機膜上に無機膜を形成することで耐湿性をより向上させることができる。

20

#### 【0028】

第2保護膜4は、耐擦傷性の保護膜であり、ハンドリング及びスキャナ装置による読み取り時に受ける損傷を防止するための保護膜である。第2保護膜4は、第1保護膜3上に設けられている。第1実施形態では、第2保護膜4は、第1保護膜3の全体を覆うように設けられている。換言すると、第2保護膜4は、支持体1の表面1a、裏面1b及び側面1c上に設けられ、支持体1、輝尽性蛍光体層2及び第1保護膜3の全体を包み込んでいる。第2保護膜4の厚さは例えば2 μm以上であり、例えば20 μm以下である。また、第2保護膜4の鉛筆硬度は、第1保護膜3の鉛筆硬度以下であり、例えば2H以下である。この第2保護膜4は、例えばウレタンアクリル系樹脂から構成されており、耐擦傷性及び可撓性に優れている。第2保護膜4として、例えばイサム塗料株式会社のアクセルスピカクリヤーT及び関西ペイント株式会社のスーパーダイヤモンドクリヤーQなどが用いられる。

30

40

#### 【0029】

以上のように構成された放射線像変換パネル10では、第2保護膜4及び第1保護膜3を介して放射線R(放射線像)が入射すると、入射した放射線Rが輝尽性蛍光体層2によって吸収され蓄積される。その後、励起光として赤色レーザー光などが輝尽性蛍光体層2に照射されると、輝尽性蛍光体層2によって蓄積されている放射線Rのエネルギーに応じた光Lが柱状結晶25に導光されて、先端から放出される。そして、輝尽性蛍光体層2から放出された光Lは、第1保護膜3及び第2保護膜4を順に透過して出射する。

#### 【0030】

ここで、放射線像変換パネル10の製造方法の一例を説明する。まず、支持体1の表面1aに、CsBr:Euの柱状結晶25を真空蒸着法などの気相堆積法によって成長させ

50

、輝尽性蛍光体層 2 を形成する。輝尽性蛍光体層 2 は、塗布でなく気相堆積法によって形成されることにより、複数の柱状結晶 2 5 を有する構造となる。次に、C V D (Chemical Vapor Deposition ; 化学気相成長) 法などの気相堆積法によって、輝尽性蛍光体層 2 の上面 2 a 及び側面 2 c を覆うように第 1 保護膜 3 を形成する。すなわち、輝尽性蛍光体層 2 が形成された支持体 1 を C V D 装置に格納し、第 1 保護膜 3 を 1 0 μ m 程度の厚さで成膜する。このとき、第 1 保護膜 3 は、塗布でなく気相堆積法によって形成されるので、輝尽性蛍光体層 2 の複数の柱状結晶 2 5 の間隙にも形成される。その後、塗装機を用いて第 1 保護膜 3 上に例えばアクリルウレタン系の樹脂を塗布し、塗布した樹脂を硬化させることにより第 2 保護膜 4 を形成する。以上のようにして、放射線像変換パネル 1 0 が作製される。

10

## 【 0 0 3 1 】

図 2 の ( a ) は放射線像変換パネル 1 0 の曲げた状態を示す図、( b ) は比較例の放射線像変換パネル 1 0 0 の曲げた状態を示す図である。放射線像変換パネル 1 0 0 は、支持体 1 0 1 と、複数の柱状結晶を有する輝尽性蛍光体層 1 0 2 とを備える放射線像変換パネルであって、第 1 保護層及び第 2 保護層を有しない点で放射線像変換パネル 1 0 と相違する。輝尽性蛍光体層 2 及び輝尽性蛍光体層 1 0 2 は、いずれも複数の柱状結晶からなり、その複数の柱状結晶の間には間隙を有する。

## 【 0 0 3 2 】

放射線像変換パネル 1 0 0 は、保護層を有しないので、支持体 1 0 1 の裏面側に曲げられた際に輝尽性蛍光体層 1 0 2 の柱状結晶が開いて、柱状結晶間の間隙を起点として、輝尽性蛍光体層 1 0 2 にクラックが生じてしまう。一方、放射線像変換パネル 1 0 では、輝尽性蛍光体層 2 の柱状結晶 2 5 の間隙に第 1 保護膜 3 が設けられているので、支持体 1 の裏面 1 b 側に曲げられた場合でも柱状結晶 2 5 の開きが抑えられ、輝尽性蛍光体層 2 にクラックが生じることを抑制できる。

20

## 【 0 0 3 3 】

図 3 は、スキャナ通過試験及び曲げ試験の試験結果を示す図である。スキャナ通過試験は、スキャナ装置を用いて各試料を 1 0 0 回通過させることにより、第 2 保護膜 4 の割れが生じたか否かを確認する試験である。曲げ試験は、各試料を曲げ半径 1 5 m m で曲げ伸ばしすることにより、第 2 保護膜 4 の割れが生じたか否かを確認する試験である。図中の「」は第 2 保護膜 4 の割れが発生しなかったことを意味し、「x」は第 2 保護膜 4 の割れが発生したことを意味する。

30

## 【 0 0 3 4 】

試料 A ~ 試料 D はいずれも放射線像変換パネルであって、第 2 保護膜 4 のみが異なる。試料 A は、熱硬化により形成され、鉛筆硬度が H B の第 2 保護膜 4 ( 関西ペイント株式会社 スーパーダイヤモンドクリヤー Q ) を用いた放射線像変換パネルである。試料 B は、熱硬化により形成され、鉛筆硬度が 2 H の第 2 保護膜 4 ( J U J O A P インキ ) を用いた放射線像変換パネルである。試料 C は、UV 硬化により形成され、鉛筆硬度が 3 H の第 2 保護膜 4 ( 出光興産株式会社 X - A H C - 0 1 0 UV 硬化品 ) を用いた放射線像変換パネルである。試料 D は、湿気硬化により形成され、鉛筆硬度が 7 H の第 2 保護膜 4 ( N i t t o b o S S G コート ) を用いた放射線像変換パネルである。なお、試料 A ~ 試料 D の支持体 1 は、ポリイミドからなり、その厚さは 1 2 5 μ m である。試料 A ~ 試料 D の輝尽性蛍光体層 2 は、C s B r : E u から構成され、その厚さは 1 8 0 μ m である。試料 A ~ 試料 D の第 1 保護膜 3 は、ポリパラキシリレンから構成され、鉛筆硬度は 2 H で、厚さは 1 5 μ m である。

40

## 【 0 0 3 5 】

図 3 に示されるように、試料 C 及び試料 D では、スキャナ通過試験及び曲げ試験の結果、第 2 保護膜 4 に割れが生じた。このように、鉛筆硬度が高い膜を第 2 保護膜 4 として用いた場合、可撓性が損なわれるので第 2 保護膜 4 が破断する可能性が高くなる。

## 【 0 0 3 6 】

一方、試料 A 及び試料 B では、スキャナ通過試験及び曲げ試験の結果、第 2 保護膜 4 に

50

割れが生じなかった。試料 A 及び試料 B の第 2 保護膜 4 の鉛筆硬度は、第 1 保護膜 3 の鉛筆硬度以下であるので、第 2 保護膜 4 の可撓性（伸び率）は第 1 保護膜 3 の可撓性（伸び率）以上となり、第 2 保護膜 4 は第 1 保護膜 3 の湾曲に対して追従可能である。このため、試料 A 及び試料 B をスキャナ装置に複数回通過させ、試料 A 及び試料 B を曲げ半径が 15 mm で曲げ伸ばした場合でも、第 2 保護膜 4 の破断が抑制された。

【 0 0 3 7 】

以上説明したように、放射線像変換パネル 10 は、可撓性を有する支持体 1 と、支持体 1 の表面 1 a 上に設けられ、複数の柱状結晶 2 5 からなる輝尽性蛍光体層 2 と、輝尽性蛍光体層 2 の上面 2 a 及び側面 2 c を覆うとともに柱状結晶 2 5 の間隙を埋めるように設けられた第 1 保護膜 3 とを備えている。これにより、第 1 保護膜 3 によって複数の柱状結晶 2 5 間の隙間が埋められるので、放射線像変換パネル 10 が湾曲された際に、破断の起点をなくすることができる。また、複数の柱状結晶 2 5 が第 1 保護膜 3 を介して一体化することにより、支持体 1 の湾曲に対して輝尽性蛍光体層 2 が追従できるようになる。また、第 1 保護膜 3 によって輝尽性蛍光体層 2 の上面 2 a 及び側面 2 c が覆われることにより、耐湿性を向上することができ、輝尽性蛍光体層 2 が潮解するのを防止できる。

10

【 0 0 3 8 】

さらに、放射線像変換パネル 10 は、第 1 保護膜 3 上に設けられた第 2 保護膜 4 を備えている。これにより、使用による損傷を低減することができる。また、第 2 保護膜 4 の鉛筆硬度は、第 1 保護膜 3 の鉛筆硬度以下である。この場合、第 2 保護膜 4 の可撓性（伸び率）は第 1 保護膜 3 の可撓性（伸び率）以上となり、第 2 保護膜 4 は、第 1 保護膜 3 の湾曲に対して追従可能となる。このため、放射線像変換パネル 10 を曲げ半径が 15 mm まで湾曲させて使用した場合に第 2 保護膜 4 が破断することを抑制できる。放射線像変換パネル 10 が例えば歯科用イメージングプレートとして用いられる場合、放射線像変換パネル 10 は口腔内の形状に追従することが可能となり、撮影時のセッティングを容易化できる。その結果、口腔内の詳細な画像を取得することが可能となる。

20

【 0 0 3 9 】

また、放射線像変換パネル 10 の厚さは、既存の G O S : T b や C s I : T l などの瞬時発光性蛍光体と C C D (Charge Coupled Device) 又は F P D (Flat Panel Detector) とを組み合わせて形成されている放射線検出器と比べて薄いので、放射線像変換パネル 10 を口腔内に入れて湾曲させて撮影対象部位に接触させる際における患者の負担の軽減が可能である。

30

【 0 0 4 0 】

[ 第 2 実施形態 ]

図 4 は、第 2 実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。図 4 に示されるように、第 2 実施形態の放射線像変換パネル 10 は、第 2 保護膜 4 が覆う領域において、上述した第 1 実施形態の放射線像変換パネル 10 と相違している。

【 0 0 4 1 】

第 2 実施形態の放射線像変換パネル 10 では、第 1 保護膜 3 は、支持体 1 の表面 1 a、裏面 1 b 及び側面 1 c 上、並びに、輝尽性蛍光体層 2 の上面 2 a 及び側面 2 c 上に設けられ、支持体 1 及び輝尽性蛍光体層 2 の全体を包み込んでいる。第 2 保護膜 4 は、支持体 1 の表面 1 a 及び側面 1 c を覆うように第 1 保護膜 3 上に設けられ、支持体 1 の裏面 1 b 上には設けられない。換言すれば、第 2 保護膜 4 は、支持体 1 の裏面 1 b 上に開口 4 d を有している。

40

【 0 0 4 2 】

以上の第 2 実施形態の放射線像変換パネル 10 によっても、上述した第 1 実施形態の放射線像変換パネル 10 と同様の効果が奏される。

【 0 0 4 3 】

[ 第 3 実施形態 ]

図 5 は、第 3 実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。図 5 に示されるように、第 3 実施形態の放射線像変換パネル 10 は、第 1 保護膜 3 が覆う領

50

域において、上述した第1実施形態の放射線像変換パネル10と相違している。

【0044】

第3実施形態の放射線像変換パネル10では、第1保護膜3は、支持体1の表面1a及び側面1c、並びに、輝尽性蛍光体層2の上面2a及び側面2cを覆うように輝尽性蛍光体層2上に設けられ、支持体1の裏面1bの上には設けられない。換言すれば、第1保護膜3は、支持体1の裏面1b上に開口3dを有している。また、第2保護膜4は、支持体1の表面1a、裏面1b及び側面1cを覆うように第1保護膜3上に設けられ、支持体1、輝尽性蛍光体層2及び第1保護膜3の全体を包み込んでいる。また、第2保護膜4は、開口3dを介して支持体1の裏面1bに接触を成している。

【0045】

以上の第3実施形態の放射線像変換パネル10によっても、上述した第1実施形態の放射線像変換パネル10と同様の効果が奏される。

【0046】

[第4実施形態]

図6は、第4実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。図6に示されるように、第4実施形態の放射線像変換パネル10は、第1保護膜3及び第2保護膜4が覆う領域において、上述した第1実施形態の放射線像変換パネル10と相違している。

【0047】

第4実施形態の放射線像変換パネル10では、第1保護膜3は、支持体1の表面1a及び側面1c、並びに、輝尽性蛍光体層2の上面2a及び側面2cを覆うように輝尽性蛍光体層2上に設けられ、支持体1の裏面1bの上には設けられない。第2保護膜4は、支持体1の表面1a及び側面1cを覆うように第1保護膜3上に設けられ、支持体1の裏面1bの上には設けられない。換言すれば、第1保護膜3は、支持体1の裏面1b上に開口3dを有し、第2保護膜4は、支持体1の裏面1b上に開口4dを有している。このため、支持体1の裏面1bは、保護膜で覆われておらず、露出している。

【0048】

以上の第4実施形態の放射線像変換パネル10によっても、上述した第1実施形態の放射線像変換パネル10と同様の効果が奏される。

【0049】

[第5実施形態]

図7は、第5実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。図7に示されるように、第5実施形態の放射線像変換パネル10は、第2保護膜4が覆う領域及び第3保護膜6を備える点において、上述した第1実施形態の放射線像変換パネル10と相違している。

【0050】

第5実施形態の放射線像変換パネル10では、第1保護膜3は、支持体1の表面1a、裏面1b及び側面1c上、並びに、輝尽性蛍光体層2の上面2a及び側面2c上に設けられ、支持体1及び輝尽性蛍光体層2の全体を包み込んでいる。第2保護膜4は、支持体1の表面1aを覆うように第1保護膜3上に設けられ、支持体1の裏面1b及び側面1cの上には設けられない。また、第3保護膜6は、支持体1の裏面1bを覆うように第1保護膜3上に設けられている。第3保護膜6は、第2保護膜4と同様に、耐擦傷性の保護膜であり、放射線Rの照射後の読み取り過程における表面保護のための保護膜である。第3保護膜6の厚さは例えば2 $\mu$ m以上であり、例えば20 $\mu$ m以下である。また、第3保護膜6の鉛筆硬度は、第2保護膜4の鉛筆硬度と同等であって、第1保護膜3の鉛筆硬度以下である。第3保護膜6は、第2保護膜4と同じ材料で構成されてもよい。

【0051】

以上の第5実施形態の放射線像変換パネル10によっても、上述した第1実施形態の放射線像変換パネル10と同様の効果が奏される。

【0052】

10

20

30

40

50

[ 第 6 実施形態 ]

図 8 は、第 6 実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。図 8 に示されるように、第 6 実施形態の放射線像変換パネル 10 は、第 1 保護膜 3 が覆う領域において、上述した第 5 実施形態の放射線像変換パネル 10 と相違している。

【 0 0 5 3 】

第 6 実施形態の放射線像変換パネル 10 では、第 1 保護膜 3 は、支持体 1 の表面 1 a 上、並びに、輝尽性蛍光体層 2 の上面 2 a 及び側面 2 c 上に設けられ、支持体 1 の裏面 1 b 及び側面 1 c の上には設けられない。第 2 保護膜 4 は、支持体 1 の表面 1 a を覆うように第 1 保護膜 3 上に設けられ、支持体 1 の裏面 1 b 及び側面 1 c の上には設けられない。また、第 3 保護膜 6 は、支持体 1 の裏面 1 b を覆うように裏面 1 b 上に設けられている。このため、支持体 1 の側面 1 c は、保護膜で覆われておらず、露出している。

10

【 0 0 5 4 】

以上の第 6 実施形態の放射線像変換パネル 10 によっても、上述した第 1 実施形態の放射線像変換パネル 10 と同様の効果が奏される。

【 0 0 5 5 】

[ 第 7 実施形態 ]

図 9 は、第 7 実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。図 9 に示されるように、第 7 実施形態の放射線像変換パネル 10 は、第 2 保護膜 4 が覆う領域において、上述した第 1 実施形態の放射線像変換パネル 10 と相違している。

【 0 0 5 6 】

第 7 実施形態の放射線像変換パネル 10 では、第 1 保護膜 3 は、支持体 1 の表面 1 a、裏面 1 b 及び側面 1 c 上、並びに、輝尽性蛍光体層 2 の上面 2 a 及び側面 2 c 上に設けられ、支持体 1 及び輝尽性蛍光体層 2 の全体を包み込んでいる。第 2 保護膜 4 は、支持体 1 の表面 1 a を覆うように第 1 保護膜 3 上に設けられ、支持体 1 の裏面 1 b 及び側面 1 c の上には設けられない。

20

【 0 0 5 7 】

以上の第 7 実施形態の放射線像変換パネル 10 によっても、上述した第 1 実施形態の放射線像変換パネル 10 と同様の効果が奏される。

【 0 0 5 8 】

[ 第 8 実施形態 ]

図 10 は、第 8 実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。図 10 に示されるように、第 8 実施形態の放射線像変換パネル 10 は、第 1 保護膜 3 が覆う領域において、上述した第 5 実施形態の放射線像変換パネル 10 と相違している。

30

【 0 0 5 9 】

第 8 実施形態の放射線像変換パネル 10 では、第 1 保護膜 3 は、支持体 1 の表面 1 a 及び側面 1 c、並びに、輝尽性蛍光体層 2 の上面 2 a 及び側面 2 c を覆うように輝尽性蛍光体層 2 上に設けられ、支持体 1 の裏面 1 b の上には設けられない。第 2 保護膜 4 は、支持体 1 の表面 1 a を覆うように第 1 保護膜 3 上に設けられ、支持体 1 の裏面 1 b 及び側面 1 c の上には設けられない。また、第 3 保護膜 6 は、支持体 1 の裏面 1 b を覆うように裏面 1 b 上に設けられている。換言すれば、第 1 保護膜 3 は、支持体 1 の裏面 1 b 上に開口 3 d を有し、第 3 保護膜 6 は、開口 3 d を介して支持体 1 の裏面 1 b に接触を成している。

40

【 0 0 6 0 】

以上の第 8 実施形態の放射線像変換パネル 10 によっても、上述した第 1 実施形態の放射線像変換パネル 10 と同様の効果が奏される。

【 0 0 6 1 】

[ 第 9 実施形態 ]

図 11 は、第 9 実施形態に係る放射線像変換パネルの構成を示す概略側断面図である。図 11 に示されるように、第 9 実施形態の放射線像変換パネル 10 は、輝尽性蛍光体層 2 の構成において、上述した第 1 実施形態の放射線像変換パネル 10 と相違している。すなわち、第 9 実施形態の放射線像変換パネル 10 では、輝尽性蛍光体層 2 は、複数の柱状結

50

晶 2 5 が林立した構造を有し、この複数の柱状結晶 2 5 によって構成された反射層 2 1 及び柱状層 2 2 を有している。輝尽性蛍光体層 2 の厚さは、例えば 5 0  $\mu\text{m}$  ~ 1 0 0 0  $\mu\text{m}$  程度で、反射層 2 1 はそのうちの約 1 % ~ 1 0 % 程度を占める厚さで、約 5  $\mu\text{m}$  ~ 約 5 0  $\mu\text{m}$  程度の厚さを有している。

【 0 0 6 2 】

柱状結晶 2 5 は輝尽性蛍光体 ( C s B r : E u ) の結晶を成長させて得たもので、支持体 1 側の根元部分が螺旋構造部 2 3 となり、螺旋構造部 2 3 よりも上側 ( 上面 2 a 側 ) の部分が柱状部 2 4 となっている。各柱状結晶 2 5 において、螺旋構造部 2 3 と柱状部 2 4 とは、輝尽性蛍光体の結晶が連続して積層することにより一体的に形成されている。なお、柱状結晶 2 5 は、螺旋構造部 2 3 の外径よりも柱状部 2 4 の外径が小さく、先端側 ( 支持体 1 と反対側 ) に行くほど太くなるテーパ状に形成されている。そして、最先端部は尖頭状になっているので、尖頭部分を除いた柱状部 2 4 がテーパ状に形成される。

10

【 0 0 6 3 】

螺旋構造部 2 3 は、輝尽性蛍光体の結晶が支持体 1 の表面 1 a から螺旋状に積層されて構成されたもので、中心軸 X の回り 1 周分の部分 ( 螺旋ループ ) が表面 1 a と直交する方向にほぼ規則的に形成された螺旋構造を有している。図 1 2 では、2 3 a , 2 3 b で示された範囲が 1 つ 1 つの螺旋ループを構成している。表面 1 a と直交する方向の螺旋ループの寸法 ( 以下「螺旋ピッチ」ともいう ) は、約 0 . 5  $\mu\text{m}$  ~ 約 1 5  $\mu\text{m}$  程度であり、ほぼ同様の螺旋ループが複数 ( 例えば 5 個 ~ 約 1 5 個程度 ) 積み重なって螺旋構造部 2 3 を構成している。

20

【 0 0 6 4 】

また、螺旋構造部 2 3 は、図 1 2 に示されたような支持体 1 の表面 1 a に直交する方向 ( 法線軸方向 ) の断面において、輝尽性蛍光体の結晶が中心軸 X を挟んで左右に繰り返すほぼ規則的に屈曲し、複数の V 字状部分 2 3 a , 2 3 b がつながって得られる屈曲構造を有している。各 V 字状部分 2 3 a , 2 3 b は、図 1 2 において右側に最も突出する部分が折返部 2 3 c となり、それぞれのつながる部分が接続部 2 3 d となっている。

【 0 0 6 5 】

柱状部 2 4 はストレート部として螺旋構造部 2 3 に続いて形成され、輝尽性蛍光体の結晶が表面 1 a に交差する方向に沿ってほぼ真っ直ぐに伸びて形成された柱状構造を有している。そして、螺旋構造部 2 3 と柱状部 2 4 とは、蒸着により連続して一体形成されている。

30

【 0 0 6 6 】

なお、柱状結晶 2 5 は、入射放射線 R に応じた放射線情報が蓄積記録され、励起光として赤色レーザ光などが照射されると、蓄積情報に応じた光が柱状部 2 4 を導光されて先端側 ( 支持体 1 と反対側 ) から放出される。反射層 2 1 は、柱状結晶 2 5 を導光される光のうち、反射層 2 1 側に導光される光を反射して、先端側から放出する光量を増加させる。

【 0 0 6 7 】

そして、柱状結晶 2 5 は、図 1 3 の ( a ) に示されるように、両隣の柱状結晶 2 6 , 2 7 との関係において、一方における上下に離れた部分の間に、もう一方が入り込んだ入込構造を有している。すなわち、図 1 3 の ( a ) を拡大した図 1 3 の ( b ) に示されるように、隣接している柱状結晶 2 6 , 2 7 について、柱状結晶 2 5 の接続部 2 3 d の右側の、V 字状部分 2 3 a , 2 3 b の間に形成される間隙 2 3 e に、柱状結晶 2 6 の接続部 2 3 d が入り込んだ入込構造を有している。

40

【 0 0 6 8 】

この入込構造により、柱状結晶 2 5 の螺旋構造部 2 3 における柱状結晶 2 6 側の部分と、柱状結晶 2 6 の螺旋構造部 2 3 における柱状結晶 2 5 側の部分とが、支持体 1 の表面 1 a と垂直な方向から見て重なり合っている。より具体的には、柱状結晶 2 5 の折返部 2 3 c と柱状結晶 2 6 の接続部 2 3 d とが上側から見て重なり合っている。そして、柱状結晶 2 5 の螺旋構造部 2 3 と柱状結晶 2 6 の螺旋構造部 2 3 との間隙は、支持体 1 の表面 1 a と平行な方向 ( 支持体 1 の側面 1 c 側 ) から見て波線状となっている。

50

## 【0069】

以上のような構造を有する柱状結晶25のうち、螺旋構造部23によって反射層21が構成され、柱状部24によって柱状層22が構成されている。反射層21は、光Lが入射したときにその光Lを不規則に反射させることによって散乱させるため、光Lの反射機能を有している。

## 【0070】

以上の第9実施形態の放射線像変換パネル10によっても、上述した第1実施形態の放射線像変換パネル10と同様の効果が奏される。また、第9実施形態の放射線像変換パネル10は、反射率を高めるための金属膜などの光反射膜を有していなくも良好な光反射特性を発揮し、上面2aからの発光量を増加させることができるから、放射線を検出する感度を高くすることができる。そして、第9実施形態の放射線像変換パネル10は、放射線を検出する感度を高めるのに金属膜を形成していないから、金属膜に起因した腐食のおそれがないものとなっている。

10

## 【0071】

しかも、第9実施形態の放射線像変換パネル10では、反射層21が柱状結晶25のうちの螺旋構造部23によって構成されている。前述したとおり、柱状結晶25は螺旋構造部23において隣接しているもの同士が入り込む入込構造を形成しているから、螺旋構造部23では、輝尽性蛍光体の結晶の存在しない空間を極めて小さくすることができる。そのため、反射層21における輝尽性蛍光体の結晶の密度が高くなっているため、高い反射率を発揮するようになっている。

20

## 【0072】

そして、上述したように、多少の間隙が形成される入込構造を螺旋構造部23に適用することで、螺旋構造部23が接触した場合に螺旋構造部23で反射した光が隣接する柱状結晶25に導光されてコントラストが低下するのを防止することができる。さらに、螺旋構造部23においてもパネル面内の形成密度を高くして反射率を向上させることができる。なお、コントラストを高めるためには、パネル面内において全ての柱状結晶25が螺旋構造部23を含めて1本1本の柱状結晶25に分離されていることが望ましい。柱状結晶25は蒸着により形成されるので、全ての柱状結晶25を完璧に分離することは困難であるが、凡そ分離されるように形成すれば、良好な放射線像変換パネル10が得られる。

## 【0073】

なお、本発明に係る放射線像変換パネルは上記実施形態に記載したものに限定されない。例えば、支持体1は、SUS箔又は薄板ガラスなどであってもよい。

30

## 【0074】

また、第1～第9実施形態の放射線像変換パネル10は、支持体1の裏面1b上に設けられた励起光吸収層をさらに備えてもよい。放射線像変換パネル10が第1保護膜3、第2保護膜4及び第3保護膜6のいずれかを有する場合、この励起光吸収層は、第1保護膜3、第2保護膜4及び第3保護膜6と、支持体1の裏面1bとの間に設けられてもよい。励起光吸収層は、顔料とバインダー樹脂とからなる着色樹脂層（着色樹脂層以外にも、セラミック、カーボンブラック、酸化クロム、酸化ニッケル、酸化鉄などのみからなる着色層）から構成され、その厚さは例えば20 $\mu$ m程度である。励起光吸収層に含まれる着色剤は、輝尽性蛍光体層2に照射される励起光の波長範囲によって決定され、励起光の波長範囲における励起光吸収層の光透過率は10%以下である。この場合、輝尽性蛍光体層2及び支持体1を透過した励起光を吸収することができるので、励起光の散乱及び反射によるコントラストの低下を軽減できる。

40

## 【0075】

また、第1～第9実施形態の放射線像変換パネル10は、支持体1と輝尽性蛍光体層2との間に設けられた輝尽発光反射層をさらに備えてもよい。輝尽発光反射層は、白色顔料とバインダー樹脂とからなる着色樹脂層、Alなどの金属反射層、SiO<sub>2</sub>及びTiO<sub>2</sub>などの酸化物層からなる誘電体多層膜層などから構成され、その厚さは例えば0.001 $\mu$ m以上であり、例えば50 $\mu$ m以下である。この場合、輝尽性蛍光体層2に励起光が照射

50

されることにより輝尽性蛍光体層 2 において放出された光のうち、支持体 1 側に導光された光を輝尽発光反射層によって反射し、輝尽性蛍光体層 2 の上面 2 a 側に出射される光の光量を増加することができる。

【 0 0 7 6 】

また、第 9 実施形態における柱状結晶 2 5 の構成は、第 1 実施形態の放射線像変換パネル 1 0 だけでなく、第 2 ~ 第 8 実施形態の放射線像変換パネル 1 0 にも適用することが可能である。

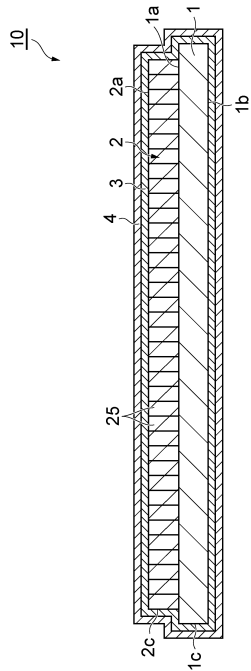
【符号の説明】

【 0 0 7 7 】

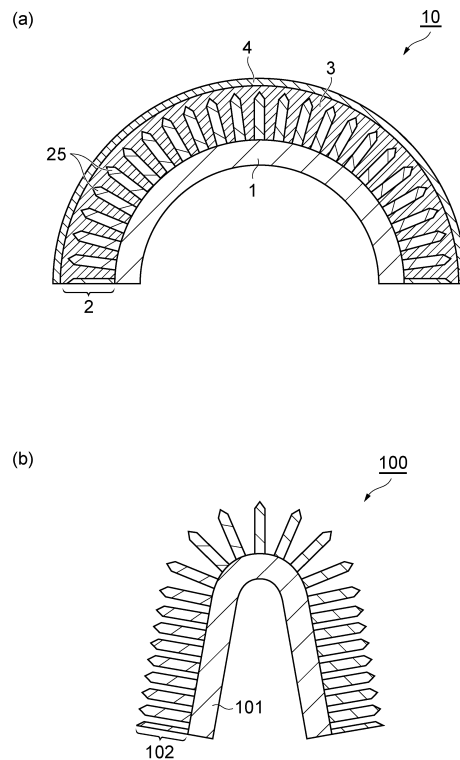
1 ... 支持体、1 a ... 表面 ( 主面 )、1 b ... 裏面、1 c ... 側面、2 ... 輝尽性蛍光体層、2 a ... 上面、2 c ... 側面、3 ... 第 1 保護膜、4 ... 第 2 保護膜、6 ... 第 3 保護膜、1 0 ... 放射線像変換パネル、2 1 ... 反射層、2 3 ... 螺旋構造部、2 5 ... 柱状結晶。

10

【 図 1 】



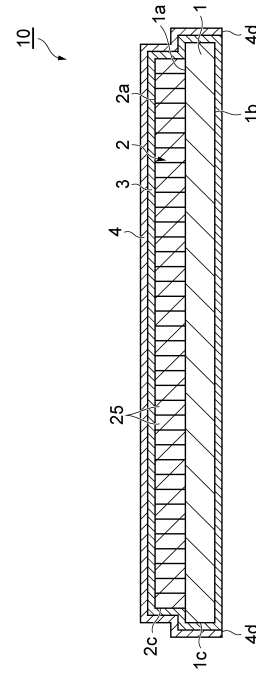
【 図 2 】



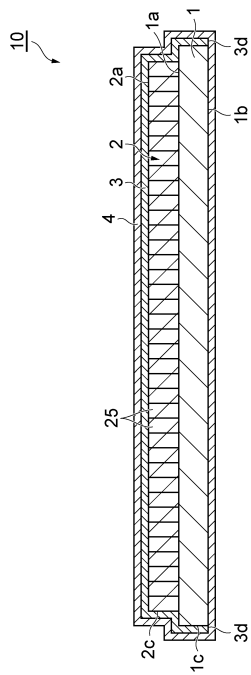
【図3】

	スキャナ通過試験	曲げ試験
試料A	○	○
試料B	○	○
試料C	×	×
試料D	×	×

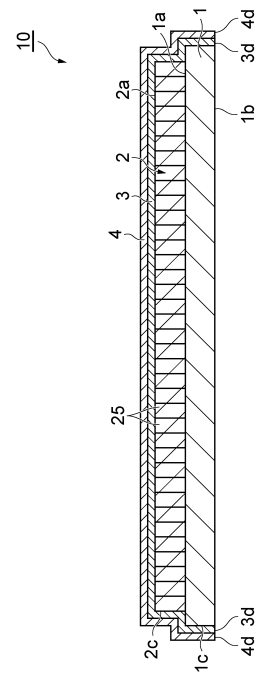
【図4】



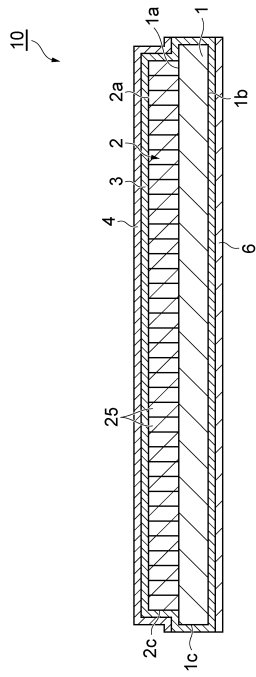
【図5】



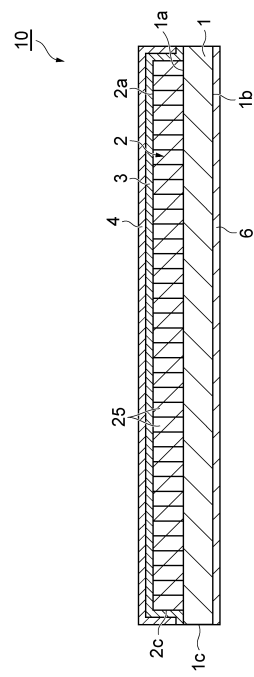
【図6】



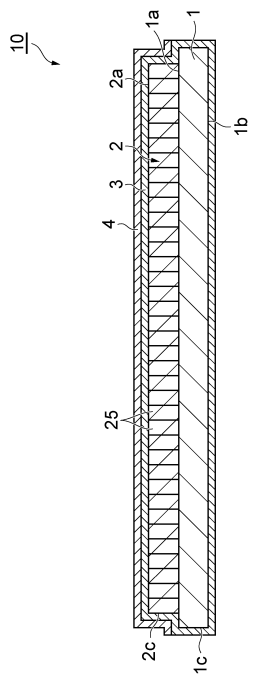
【図 7】



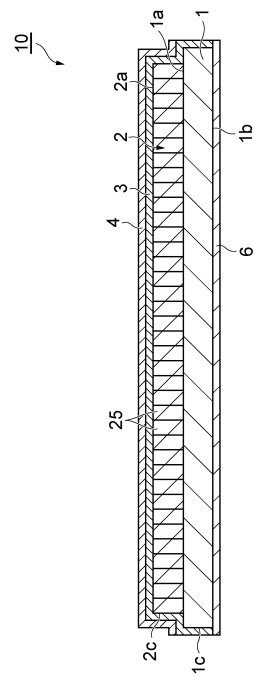
【図 8】



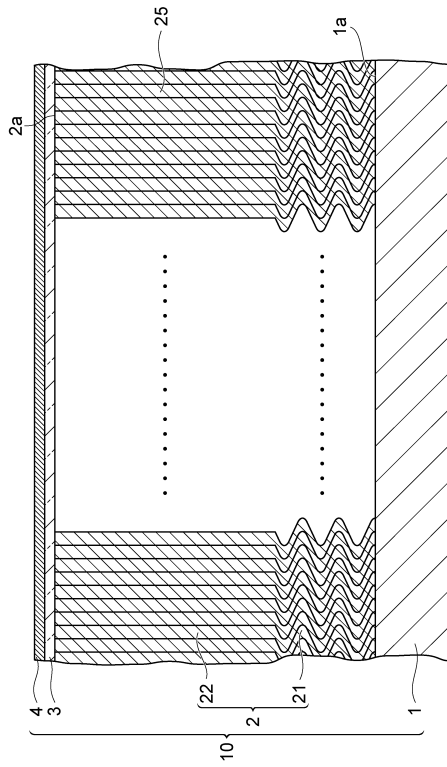
【図 9】



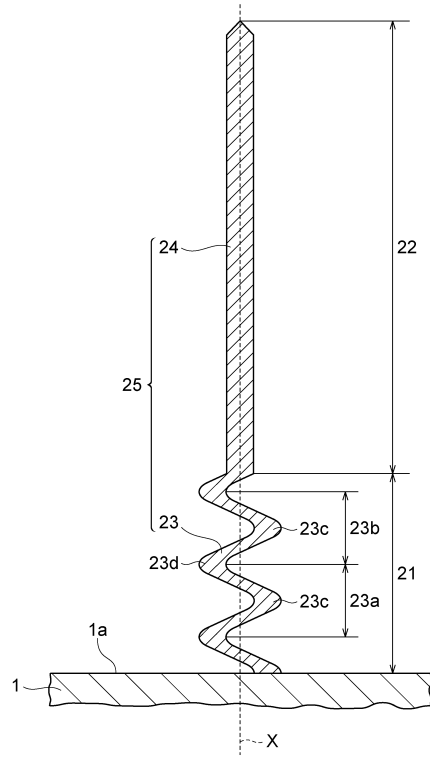
【図 10】



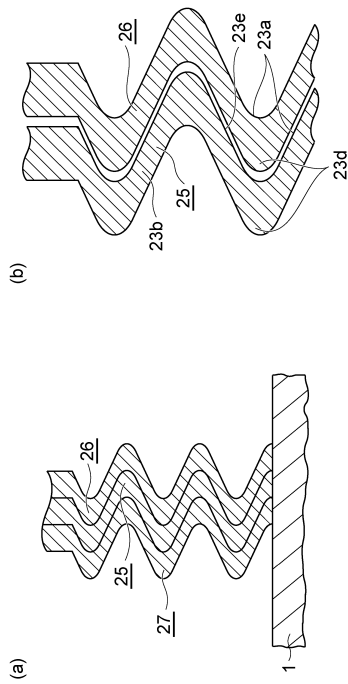
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



## フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 克彦  
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
- (72)発明者 清水 一伸  
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
- (72)発明者 上村 剛士  
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

審査官 鳥居 祐樹

- (56)参考文献 特開2009-068888(JP,A)  
特開昭62-015499(JP,A)  
国際公開第2008/117821(WO,A1)  
国際公開第2012/026187(WO,A1)  
国際公開第02/023220(WO,A1)  
特開2011-027569(JP,A)  
特開2003-139895(JP,A)  
特開2014-048059(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T 1/20  
G21K 4/00