



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103299212 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201180063151. 6

(22) 申请日 2011. 05. 30

(30) 优先权数据

2010-291387 2010. 12. 27 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 06. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/062400 2011. 05. 30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/090526 JA 2012. 07. 05

(73) 专利权人 富士胶片株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 中津川晴康 金子泰久

佐藤圭一郎 北田信 三浦圭

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

代理人 夏东栋 陆锦华

(51) Int. Cl.

G01T 1/20(2006. 01)

A61B 6/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特開 2007-170908 A, 2007. 07. 05,

US 5594253 A, 1997. 01. 14,

JP 特開 2008-111789 A, 2008. 05. 15,

审查员 任晓峰

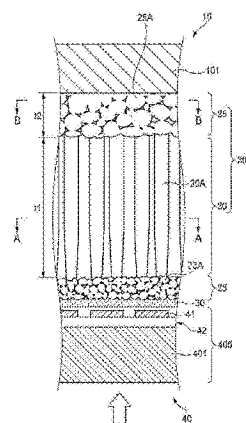
权利要求书1页 说明书23页 附图9页

(54) 发明名称

放射线图像检测装置及其制造方法

(57) 摘要

在其中放射线从光检测器侧朝闪烁体照射的放射线图像检测装置中,确保在光检测器与闪烁体之间的粘接性。该装置包括:闪烁体 200,其被构成为通过放射线的照射而发出荧光;以及光检测器 40,其被构成为将发自该闪烁体 200 的荧光作为电信号来检测,其中,该闪烁体 200 包括柱状部 20 和第一非柱状部 23,该柱状部 20 沿放射线的行进方向被布置在光检测器的后侧处并且同时由通过荧光物质的晶体的柱状生长而获得的柱状晶体 20A 的群形成,所述第一非柱状部 23 被设置在该柱状部 20 的光检测器 40 侧处。



1. 一种放射线图像检测装置,包括:

闪烁体,所述闪烁体被构成为通过放射线的照射而发出荧光,

光检测器,所述光检测器被构成为将从所述闪烁体发射的荧光检测作为电信号,以及驱动并控制所述光检测器的控制模块,

其中,所述光检测器、所述闪烁体和所述控制模块从放射线的入射侧起依序布置,

其中,所述光检测器包括传感器板,所述传感器板包括玻璃基板以及在所述玻璃基板上形成的开关元件和光电变换元件,

其中,在所述传感器板的与所述闪烁体相对的表面上设置树脂平坦化层,

其中,所述闪烁体包括柱状部和第一非柱状部,所述柱状部由通过包含 CsI :Tl 或 NaI :Tl 或 CsI :Na 的荧光物质的晶体的柱状生长而获得的柱状晶体的群形成,所述第一非柱状部被设置在所述柱状部的传感器板侧处,所述闪烁体通过气相沉积方法气相沉积在所述传感器板上,并且

所述第一非柱状部包括无定形部。

2. 根据权利要求 1 所述的放射线图像检测装置,其中,所述第一非柱状部具有 10% 或以下的孔隙率。

3. 根据权利要求 1 所述的放射线图像检测装置,其中,所述第一非柱状部具有 3 μ m 或以上且 50 μ m 或以下的厚度。

4. 根据权利要求 1 所述的放射线图像检测装置,其中,所述闪烁体包括第二非柱状部,所述第二非柱状部设置在所述柱状部的第一非柱状部侧的相对侧。

5. 根据权利要求 4 所述的放射线图像检测装置,其中,所述第一非柱状部的孔隙率小于所述第二非柱状部的孔隙率。

6. 根据权利要求 4 所述的放射线图像检测装置,其中,所述第一非柱状部的厚度小于所述第二非柱状部的厚度。

7. 根据权利要求 1 至 6 中的任一项所述的放射线图像检测装置,其中,所述闪烁体由保护膜覆盖。

8. 根据权利要求 7 所述的放射线图像检测装置,其中,所述保护膜是聚对二甲苯。

9. 根据权利要求 7 所述的放射线图像检测装置,其中,所述保护膜通过气相沉积方法被气相沉积。

10. 根据权利要求 1 至 6 中的任一项所述的放射线图像检测装置,所述放射线图像检测装置被构造为便携式盒。

11. 一种用于制造权利要求 1 至 10 中的任一项所述的放射线图像检测装置的方法,其中,所述闪烁体的所述柱状部和所述第一非柱状部通过气相沉积方法将所述荧光物质的晶体沉积在支持体上而形成在所述支持体上,并且

通过改变在形成所述柱状部时的真空度、支持体温度、和蒸发率当中的至少一个条件来形成所述第一非柱状部。

放射线图像检测装置及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种被用于例如医疗用 X 射线摄影器件的放射线图像检测装置及其制造方法。

背景技术

[0002] 最近,使用用于将 X 射线转换成数字数据的诸如平板检测器(FPD)的 X 射线图像检测装置的数字放射线照相术(DR)已经被实际地使用。X 射线图像检测装置已经被迅速地普及,由于它具有的长处在于,与使用摄影板的常规计算的放射线照相术(CR)方法相比,图像可以被即时确认。

[0003] 作为 X 射线图像检测装置,已经提出了各种类型。例如,存在首先使用诸如 CsI:Tl, GOS ($Gd_2O_2S:Tb$) 的闪烁体将 X 射线转换成可见光然后将转换的光转换成蓄积在半导体层中的电荷的间接转换类型。间接转换类型 X 射线图像检测装置包括闪烁体和具有半导体层的光电检测器。

[0004] 在这样的 X 射线图像检测装置中,例如,在活体中被使用的情况下,优选降低 X 射线照射剂量,并且要求具有高发光量和优良的灵敏度的闪烁体。因此,为了增加光检测器附近的发光量,提出了 X 射线图像检测装置,该装置被构成使得诸如 CsI 的闪烁体被布置在光检测器的玻璃基板上,并且 X 射线从光检测器侧朝闪烁体照射(参见,例如专利文献 1 和 2)。

[0005] 在此处,理论上,随着闪烁体的晶相的厚度增加,灵敏度得到改进。然而,实际上,当晶体相的厚度增加超过一定的限度时,存在的问题在于,当光在经过闪烁体时可能会衰减或不被使用,并且因此,可能无法获得充分的灵敏度或可能出现图像的模糊。由于这个原因,使用了引导发射光的柱状晶体的集合体(参见,例如,专利文献 3)。由于光由这样的柱状晶体在闪烁体的板的厚度方向上引导并且入射在光检测器上,所以检测图像的清晰度得到改进。

[0006] 在此处,专利文献 3 的 X 射线图像检测装置设有传感器板,该传感器板包括光电变换元件、具有布置在传感器板上的表面上并且经受大气压等离子处理的荧光体下底层、以及包括形成在荧光体下底层上与荧光体下底层相接触的柱状晶体的荧光体层(闪烁体)。通过对下底层进行大气压等离子处理,下底层与荧光体层之间的粘接得到改进。

[0007] 引用列表

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献 1:JP-B-3333278

[0010] 专利文献 2:JP-A-2001-330677

[0011] 专利文献 3:JP-A-2004-325442

发明内容

[0012] 技术问题

[0013] 在 X 射线图像检测装置中,闪烁体与光检测器的传感器板之间的粘接性是非常重

要的。在专利文献 3 中,虽然下底层与荧光体层之间的粘接性得到改进,但是在该构成中确保传感器板与闪烁体之间的粘接性是不可能的。

[0014] 如果与传感器板的粘接性不良,则在坠落等的震动时存在闪烁体可能从传感器板分离的可能性,并且当震动被直接施加到分离部时,闪烁体可能受到损坏。另外,如果粘接性是不良的,则闪烁体可以由于例如在闪烁体与传感器板之间的热膨胀的量上的差别而容易被从传感器板剥离。而且,如果在传感器板与闪烁体之间的粘接性上出现不均匀,则可能影响检测到的图像的质量。

[0015] 从前述可知,本发明的目的是确保光检测器与闪烁体的粘接性。

[0016] 问题的解决办法

[0017] 本发明的放射线图像检测装置包括:闪烁体,被构成通过放射线的照射而发出荧光;以及光检测器,被构成将发自该闪烁体的荧光检测为电信号,其中,该闪烁体包括柱状部和第一非柱状部,该柱状部沿放射线的行进方向被布置在光检测器的后侧处并且由通过荧光物质的晶体的柱状生长而获得的柱状晶体的群形成,所述第一非柱状部被设置在所述柱状部的侧部。

[0018] 另外,制造本发明的放射线图像检测装置的方法是制造上述闪烁体的方法,其中,通过将荧光物质的晶体通过气相沉积方法沉积在支持体上而将闪烁体的柱状部与第一非柱状部形成在支持体上,并且在形成柱状部时,通过改变真空度、支持体温度、和蒸发率之中的至少一个条件来形成第一非柱状部。

附图说明

[0019] 图 1 是示意性地示出 X 射线图像检测装置的示意构成的侧截面图。

[0020] 图 2 是示意性地示出检测器的示意构成的侧截面图。

[0021] 图 3 是示意性地示出传感器板的平面图。

[0022] 图 4 是示意性地示出具有柱状部、第一非柱状部、和第二非柱状部的闪烁体的侧截面图。

[0023] 图 5 是示出柱状部的柱状晶体横截面的电子显微镜照片(SEM 图像)。

[0024] 图 6 是示出非柱状部的横截面的电子显微镜照片(SEM 图像)。

[0025] 图 7 是示意性地示出具有柱状部和第一非柱状部的闪烁体的侧截面图。

[0026] 图 8 是示意性地示出其中闪烁体直接气相沉积在传感器板上的构成的侧截面图。

[0027] 图 9 是示意性地示出图 8 的构成中的闪烁体的侧截面图。

具体实施方式

[0028] 以下参照图 1 至图 6 描述用于解释本发明的实施例的 X 射线图像检测装置(放射线图像检测装置)的示例。

[0029] 类似于上述构成中的构件的构件相应地由相同的数字表示,并且将省略或简化其描述。

[0030] [1. 整体构成]

[0031] 图 1 是示意性地示出间接变换方式 X 射线图像检测装置 1 的概略构成的侧横截面图。X 射线图像检测装置 1 设置有闪烁体面板 10 和光检测器 40,该闪烁体面板 10 包括通

过 X 射线的照射发光的闪烁体 200, 该光检测器 40 将发自闪烁体 200 的光检测为电信号。

[0032] 如由图 1 的空心(outline)箭头所指示的, 在 X 射线图像检测装置 1 中, 已经经过受检体的 X 射线从光检测器侧 40 朝闪烁体 200 照射。与光检测器 40 相比, 闪烁体面板 10 沿 X 射线行进方向被布置在后侧处。当使 X 射线通过光检测器 40 的传感器板 400 入射在闪烁体 200 上时, 荧光体 200 吸收 X 射线并且发光, 并且使光入射在被形成在传感器板 400 上的光电变换元件 41 上。蓄积在传感器板 400 的光电变换元件中的电荷被输出作为电信号。

[0033] 驱动并控制光检测器 40 的控制模块 50 设置在闪烁体面板 10 的 X 射线进入方向侧的相对侧处。控制模块 50 包括例如电路板和电源电路, 在该电路板上, 作为驱动并且控制传感器板 400 的控制单元的 IC、处理图像信号等的 IC 被安装。控制模块 50 被集成地装配到闪烁体面板 10 和光检测器 40。

[0034] [2. 光检测器的构成]

[0035] 图 2 是示意性地示出光电检测器 40 的构成的侧横截面图。图 3 是示意性地示出传感器板 40 的平面图。光检测器 40 包括传感器板 400, 该传感器板 400 在平面图中为矩形并且形成有半导体层。传感器板 400 被构成为包括诸如玻璃等的绝缘基板 401、诸如 a-Si 光二极管等的光电变换元件 41、和诸如薄膜晶体管(TFT) 等的开关元件 42。

[0036] 对于绝缘基板 401, 例如, 可以使用玻璃基板、各种陶瓷基板、或树脂基板。另外, 绝缘基板 401 的材料并不限于这些材料。

[0037] 通过对将从闪烁体 200 入射的光(图 2 中的实线箭头)变换成电荷的光导层 410、施加偏置电压到光导层 410 的偏置电极 411、收集在光导层 410 中蓄积的电荷的电荷收集电极 412 进行层叠来构成每个光电变换元件 41。如图 3 所示, 光电变换元件 41 被二维地布置, 并且各个光电变换元件 41 形成由光检测器 40 检测的图像的像素。

[0038] 如图 3 所示, 开关元件 42、栅极线 43 和数据线 44 分别被设置在光电变换元件 41 中。每条栅极线 43 和每条数据线 44 被设置成延伸到连接端子 45, 并且经由连接至连接端子 45 的诸如各向异性导电膜的柔性配线 46 连接至控制模块 50 的电路板(图 1)。通过从安装在电路板中的控制单元经由栅极线 43 传输的控制信号, 开关元件 42 被逐线接通 / 断开, 并且其开关元件 42 被置于“ON (接通)”状态的光电变换元件 41 的电荷被经由数据线 44 利用电路板的信号处理单元读出作为图像信号。随着光电变换元件 41 的电荷被逐线依次读出, 检测到二维图像。

[0039] 此外, 在上述构成中, 栅极线 43 和数据线 44 被设置成彼此垂直地延伸。然而, 栅极线 43 和数据线 44 可以被设置成彼此平行延伸并且连接至布置在传感器板 400 的外围端的一侧的连接端子。

[0040] 如上所述的栅极线 43、数据线 44、开关元件 42、和光电变换元件 41 形成在绝缘基板 401 的闪烁体面板 10 侧表面上。通过例如光蚀刻处理将栅极线 43、数据线 44、开关元件 42、和光电变换元件 41 依次形成在绝缘基板 401 上。在图 2 中, 传感器板 400 的表面由设置在传感器板 400 的最外层上的树脂膜 47 平坦化。然而, 可以省略树脂膜 47。传感器板 400 和闪烁体面板 10 通过粘合层 48 相互接合。

[0041] 另外, 如下所述, 粘合层 48 或树脂膜 47 可以不存在于传感器板 400 与闪烁体面板 10 之间, 并且闪烁体面板 10 和传感器板 400 的表面可以彼此相对以彼此直接紧密接触。

[0042] 另外,如在下述示例(图 8 和图 9)中,闪烁体可以通过沉积被形成在传感器板 400 上。

[0043] [3. 闪烁体面板的构成]

[0044] [3-1. 总体构成]

[0045] 如图 1 所示,闪烁体面板 10 包括支持体(基板)101、通过气相沉积方法气相沉积在支持体 101 上的闪烁体 200、和覆盖且密封在支持体 101 上的闪烁体 200 的例如聚对二甲苯保护膜(防潮膜)30。通过气相沉积方法形成的聚对二甲苯的保护膜具有良好的粘接性特性,且闪烁体 200 还具有柔性,从而示出与支持体 101 中的翘曲等良好的一致性。

[0046] 使用诸如 A1 的具有高 X 射线透过率以及反射光的材料将支持体 101 形成为板。

[0047] 支持体 101 并不限于由 A1 制成的板并且可以从例如碳板、碳纤维增强塑料(CFRP)、玻璃板、石英基板、蓝宝石基板等适当地选择,并不特别地受此限制,只要可以允许闪烁体 200 形成在支持体表面上即可。然而,当支持体 101 还充当光的反射构件时,优选使用诸如 A1 的轻金属作为支持体的材料。

[0048] 在本示例性实施例中,闪烁体 200 使用 CsI:Tl(铯激活碘化铯)作为荧光物质来形成,但可以使用其它材料,例如,NaI:Tl(铯激活碘化钠),CsI:Na(钠激活碘化铯)来形成。另外,由于如下事实,光射光谱适合于 a-Si 光电二极管的光谱灵敏度的最大值(约 550nm),并且随着时间的推移几乎不发生由于湿度而引起的退化,优选使用 CsI:Tl 作为用以形成闪烁体 200 的材料。

[0049] 图 4 是示意性地示出闪烁体 200 的结构侧截面图。闪烁体 200 包括由通过荧光物质的晶体的柱状生长而获得的柱状晶体 20A 的群形成的柱状部 20、设置在柱状部 20 的光检测器 40 侧的第一非柱状部 23、和设置在柱状部 20 的第一非柱状部 23 侧的相对侧处也就是在柱状部 20 与支持体 101 之间的非柱状部 25。在闪烁体 200 中,第一非柱状部 23 被布置在由空心箭头指示的 X 射线进入侧处,并且第二非柱状部 25 被布置在 X 射线进入侧的相对侧处。

[0050] 通过照射 X 射线而发自闪烁体 200 的荧光由柱状晶体 20A 沿柱状高度方向被引导,然后入射在光检测器 40 上。在此处,朝支持体 101 侧行进的光的一部分由支持体 101 反射并且入射在光检测器 40 上。

[0051] [3-2. 柱状部的构成]

[0052] 柱状部 20 是多个柱状晶体 20A 的集合体。在图 4 所示的示例中,每个柱状晶体 20A 大体垂直于支持体 101 被竖立。该示例的每个柱状晶体 20A 在前端部侧处具有锥形形状。可以通过抛光来平坦化每个柱状晶体 20A 的前端部。多个柱状晶体 20A 的前端部面对光检测器 40 的一个像素(光电变换元件 41)。

[0053] 图 5 是图 4 的 A-A 横截面中的柱状部 20 的电子显微镜照片(环绕在柱状部 20 的高度方向上的中心的横截面)。在相邻的柱状晶体 20A 之间存在间隙(图 5 中看起来较暗的部分)。柱状晶体 20A 在晶体生长方向上具有大体均匀的横截面直径。在柱状部 20 的一部分中,相邻的柱状晶体 20A 可以被相互接合以集成地形成柱状本体(例如,图 5 中的 P)。

[0054] 在设置有效的光引导属性的观点上,柱状晶体 20A 的直径(横截面直径)是 $2\mu\text{m}$ 或以上且 $8\mu\text{m}$ 或以下,但更优选地 $6\mu\text{m}$ 或以上且 $8\mu\text{m}$ 以下。如果柱状部 20 的直径太小,则耐冲击性降低。因此,优选的是,柱状部 20 的直径是 $2\mu\text{m}$ 或以上。此外,如果晶体直径过

分大,则光检测器 40 的每个像素的柱状晶体 20A 的数量减少。因此,当在柱状晶体 20 中出现裂纹时,在像素的信号中出现缺陷变得高度可能。由于这个原因,优选的是,柱状部 20 的直径是 $8\text{ }\mu\text{m}$ 或以下。

[0055] 此外,柱状晶体 20A 的晶体直径是指沿柱状晶体 20A 的生长方向从顶侧观察到的晶体的最大直径。在特定测量方法中,利用 SEM (扫描电子显微镜照相) 通过从垂直于柱状晶体 20A 的高度方向的平面观察来测量柱状直径(横截面直径)。当在单次摄影时从表面(与支持体相对的表面)观察闪烁体面板 10 时,通过允许要观察 100 个至 200 个柱状晶体 20A 的放大率(约 2,000X)来执行观察。对于在单次摄影时所包括的所有晶体,采用通过测量通过沿高度方向扫描获得的柱状直径的最大值并且取所述最大值的平均值而获得的值。柱状直径(μm)读取至小数点以下两位,并且通过根据 JISZ8401 舍入至小数点以下一位来确定平均值。

[0056] 此外,考虑到对应于期望的灵敏度的 X 射线吸收能力,柱状部 20 的厚度可以被确定为 $500\text{ }\mu\text{m}$ 或以上。然而,当柱状部 20 的厚度太厚时,由于光的衰减和散射,可能使发光效率容易地下降。由于这个原因,考虑到灵敏度和发光效率中的每一者,柱状部的厚度可以被确定为适当值。

[0057] [3-3. 非柱状部的构成]

[0058] (1) 第一非柱状部的构成

[0059] 如图 4 中所示,第一非柱状部 23 被构成为包括大体球形或不确定的不规则形状的非柱状晶体 23A (的群)。另外,第一非柱状部 23 可以包括无定形部。

[0060] 在第一非柱状部 23 中,使具有比图 5 中的柱状晶体 20A 更小的直径的非柱状晶体 23A 不规则地相互接合或重叠,并且在晶体之间的明显间隙很难被确认。由于这个原因,许多非柱状晶体 23A 在第一非柱状部 23 的厚度方向上或在垂直于厚度方向的面内方向上可以相互融合。另外,当第一非柱状部 23 包括无定形部时,非柱状晶体 23A 和无定形部在厚度方向上或在面内方向上可以相互融合。

[0061] 第一非柱状部 23 的厚度优选地是 $3\text{ }\mu\text{m}$ 或以上且 $50\text{ }\mu\text{m}$ 或以下。为了确保地覆盖在柱状部 20 的晶体生长方向上的前端部(至少在柱状晶体 20A 与 20A 之间),然后平坦化闪烁体 200 的表面,第一非柱状部 23 的厚度优选地是 $3\text{ }\mu\text{m}$ 或以上。另外,如果不具有光导效应的第一非柱状部 23 的厚度过分地厚,则在第一非柱状部 23 中的光可以在像素之间被交织,使得可能容易出现图像模糊。因此,第一非柱状部 23 的厚度优选地是 $50\text{ }\mu\text{m}$ 或以下。

[0062] 另外,能够确保地覆盖柱状部 20 的前端部的最小厚度对于第一非柱状部 23 的厚度而言是充分的。也就是,随着第一非柱状部 23 的厚度下降,可以减少昂贵荧光物质的使用量,从而导致成本降低。

[0063] 由于第一非柱状部 23 的厚度是薄的,所以例如,可以忽略发自在第一非柱状部 23 中的柱状晶体 20A 的光的衰减或散射。

[0064] 另外,根据例如在制造期间的条件,第一非柱状部 23 可以具有其中代替单层的多个层被层叠的结构。在这样的情况下,第一非柱状部 23 的厚度是指从在柱状晶体 20A 的晶体生长方向上的前端部到第一非柱状部 23 的最外层的表面的厚度。

[0065] 基于例如在第一非柱状部 23 的平面图中的面积、第一非柱状部 23 的厚度、CsI 密度、和闪烁体面板 10 的实际测量的重量来计算第一非柱状部 23 的孔隙率。如以此方式计

算的,在第一非柱状部 23 的整个厚度方向上的孔隙率是 10% 或以下。另外,考虑到第一非柱状部 23 的厚度,可以确定第一非柱状部 23 的孔隙率。

[0066] 在图 4 所示的示例中,第一非柱状部 23 的晶体直径小于第二非柱状部 25 的晶体直径,但是并不限于此。

[0067] 第一非柱状部 23 的非柱状晶体 23A 可以利用比第二非柱状部 25 的晶体直径的(稍后描述的)适用范围较宽范围的直径。优选的是,就柱状部 20 的前端部被第一非柱状部 23 覆盖的意义而言,大体球形非柱状晶体 23A 具有非常小的直径和接近 0 的孔隙率。另外,就如上所述相同的意义而言,优选的是,非柱状晶体 23A 被相互接合以便获得更大的直径和接近 0 的孔隙率。因此,在第一非柱状部 23 中,晶体直径可以被确定为适当的直径,只要它不是允许失去闪烁体表面的平坦度的过分大的直径即可。

[0068] 在柱状部 20 的生长方向的前端部处,这样的第一非柱状部 23 至少在柱状晶体 20A 之间进行覆盖。通过这样,闪烁体 200 在面对传感器板 400 的部分处被平坦化。上述保护膜 30 覆盖第一非柱状部 23 的表面。通过保护膜 30,闪烁体 200 与传感器板 400 紧密接触。

[0069] (2) 第二非柱状部的构成

[0070] 如图 4 中所示,第二非柱状部 25 被构成为包括大体球形或不定形的非柱状晶体 25A (的群)。另外,第二非柱状部 25 可以包括无定形部。

[0071] 从允许容易地维持晶体之间的间隙并且增加反射效率的观点来看,非柱状晶体 25A 在形状上优选地是大体球形。也就是,第二非柱状部 25 优选地被构成为将近球形晶体(如大体球形晶体的非柱状晶体 25A)的集合体。

[0072] 图 6 是示出在图 4 的 B-B 横截面(在第二非柱状部 25 的厚度方向上的基端侧处的横截面)中的第二非柱状部 25 的电子显微镜照片。在第二非柱状部 25 中,使具有比图 5 中的柱状晶体 20A 更小的直径的非柱状晶体 25A 不规则地相互接合或重叠,并且在晶体之间的明显间隙很难被确认。由于这个原因,许多非柱状晶体 25A 在第二非柱状部 25 的厚度方向上或在垂直于厚度方向的面内方向上可以相互融合。另外,当第二非柱状部 25 包括无定形部,非柱状晶体 25A 和无定形部在厚度方向上或在面内方向上可以相互融合。图 6 中的间隙小于图 5 中的间隙。根据图 5 和图 6 的观察结果,第二非柱状部 25 的孔隙率小于柱状部 20 的孔隙率。

[0073] 基于例如在支持体 101 上的第二非柱状部 25 的沉积面积、第二非柱状部 25 的厚度、CsI 密度、和闪烁体面板 10 的实际测量的重量来计算第二非柱状部 25 的孔隙率。

[0074] 第二非柱状部 25 在气相沉积的初始阶段被形成在支持体 101 上,并且第二非柱状部 25 与支持体 101 的表面相接触的部分的孔隙率是 0 或大体是 0。由于这个原因,第二非柱状部 25 的基端部在支持体 101 的整个接触表面上与支持体 101 紧密接触。

[0075] 第二非柱状部 25 的厚度优选地是 5 μm 或以上且 125 μm 或以下。为了确保与支持体 101 的粘接性,第二非柱状部 25 的厚度优选地是 5 μm 或以上。另外,如果不具有光导效应的第二非柱状部 25 的厚度过分地厚,则在第二非柱状部 25 中的光可以在像素之间被交织,使得可能容易出现图像模糊。因此,第二非柱状部 25 的厚度优选地是 125 μm 或以下。

[0076] 另外,能够实现与支持体 101 的粘接性以及光的反射功能的最小厚度对于第二非柱状部 25 的厚度而言是充分的。也就是,随着第二非柱状部 25 的厚度下降,可以减少昂贵荧光物质的使用量,从而导致成本降低。

[0077] 另外,根据例如在制造期间的条件,第二非柱状部 25 可以具有其中代替单层的多个层被层叠的结构。在这样的情况下,第二非柱状部 25 的厚度是指从支持体 101 的表面到第二非柱状部 25 的最外层的表面的厚度。

[0078] 在晶体像在第二非柱状部 25 中的晶体那样相互聚结的情况下,对晶体直径的测量如下。出现在相邻的非柱状晶体之间的线连接凹进部分(凹部)被认为是晶体之间的晶界,并且通过将聚结的晶体分离成最小的多边形来测量晶体直径。然后,以与在柱状部 20 中的柱状晶体 20A 的直径相同的方式,确定所述晶体直径的平均值并且采用该平均值。

[0079] 从设置有效的反射性能以及与支持体 101 的粘接性的观点来看,第二非柱状部 25 的非柱状晶体 25A 的直径优选地是 $0.5\ \mu\text{m}$ 或以上且 $7.0\ \mu\text{m}$ 或以下。非柱状晶体 25A 的直径小于柱状晶体 20A 的直径。

[0080] 在此处,优选的是,非柱状晶体 25A 的直径是小的,因为可以容易维持大体球形晶体形状。然而,当非柱状晶体 25A 的直径太小时,孔隙率接近 0,并且第二非柱状部 25 可能无法充当光的反射层。因此,非柱状晶体 25A 的直径优选地是 $0.5\ \mu\text{m}$ 或以上。另外,如果直径太大,则可以使第二非柱状部 25 的平坦度和表面积减小,并且可以使与支持体 101 的粘接性退化。同时,使得孔隙率由于晶体的相互接合而降低,从而减弱反射效应。因此,第二非柱状部 25 的晶体直径优选地是 $7.0\ \mu\text{m}$ 或以下。

[0081] 如上所述,考虑到第二非柱状部 25 的反射特性,优选地确定被包括在第二非柱状部 25 中的晶体的形状、直径、和孔隙率,使得晶体形状采用大体球形形状,孔隙率大于 0 且不大于 10%,并且就孔隙率而言,直径关于孔隙率在适当的范围内(如上所述的 $0.5\ \mu\text{m}$ 或以上且 $7.0\ \mu\text{m}$ 或以下)。

[0082] 在第二非柱状部 25 中,随着大体球形晶体的比率增加,可以容易地维持重叠晶体之间的间隙。因此,易于确保反射效应。优选的是,晶体直径是小的,因为晶体形状可以被容易地维持在大体球形。然而,当直径过分小使得小于 $0.5\ \mu\text{m}$ 时,孔隙率接近 0。因此,反射效应变得难以实现。

[0083] 另外,当晶体直径过分大时,大体球形晶体相互接合以变成不定形,并且使得在晶体之间的间隙减小,从而降低反射效应。

[0084] 也就是,优选的是,从维持大体球形晶体形状的观点来看,分别确定非柱状晶体 25A 的直径和第二非柱状部 25 的孔隙率。另外,当确定第二非柱状部 25 的孔隙率时,可以考虑第二非柱状部 25 的厚度。

[0085] (3) 对第一非柱状部与第二非柱状部的构成的比较

[0086] 期望第一非柱状部 23 的孔隙率是如上所述的 10% 或以下,并且第一非柱状部 23 的孔隙率小于第二非柱状部 25 的孔隙率。在第二非柱状部 25 与支持体 101 相接触的部分处,第二非柱状部 25 的孔隙率是 0 或大体是 0。然而,当将在第二非柱状部 25 的整个厚度中的孔隙率与第一非柱状部 23 的孔隙率相比时,第一非柱状部 23 的孔隙率小于第二非柱状部 25 的孔隙率。也就是,期望设置在传感器板 400 侧处的第一非柱状部 23 就抑制光的衰减、散射等的意义而言是薄的,并且期望孔隙率是低的,使得即使第一非柱状部 23 是薄的,第一非柱状部 23 也可以覆盖柱状部 20 的前端部以平坦化闪烁体 200。另外,就抑制保护膜 30 的材料流入到柱状晶体 20A 之间中的意义而言,期望第一非柱状部 23 的孔隙率是小的,例如,10% 或以下。

[0087] 另外,期望第一非柱状部 23 的厚度是如上所述的 $3\mu\text{m}$ 或以上且 $50\mu\text{m}$ 或以下,并且小于第二非柱状部 25 的厚度。如上所述,期望第一非柱状部 23 的厚度充分地薄以确保地覆盖柱状部 20 的前端部。

[0088] 可以通过如下所述的气相沉积方法将包括如上所述的柱状部 20、第一非柱状部 23、和第二非柱状部 25 的闪烁体 200 形成在支持体 101 上。另外,第二非柱状部 25、柱状部 20、和第一非柱状部 23 可以在时间上以该顺序接连地被形成,并且可以以时间间隔分别被形成。

[0089] 在包括真空度和支持体温度的预定的条件下第二非柱状部 25 被形成在支持体 101 上,然后使这些条件变化,使得柱状晶体 20A 开始成长。柱状部 20 从第二非柱状部 25 的表面部竖立。以这种方式,使柱状部 20 基于第二非柱状部 25 生长,这提高柱状部 20 的结晶度。

[0090] 在使柱状晶体 20A 生长到预定的高度之后,再次使包括真空度和支持体温度的条件改变,使得第一非柱状部 23 形成在柱状部 20 上。

[0091] 本文中,将柱状部 20 的厚度与第二非柱状部 25 的厚度相比较。如图 4 中所示,当将柱状部 20 的厚度设置为 t_1 ,并且将第二非柱状部 25 的厚度设置为 t_2 时,期望 t_1 和 t_2 之间的关系满足以下方程式。

[0092] (方程式) $0.01 \leq (t_2/t_1) \leq 0.25$

[0093] 当柱状部 20 的厚度 t_1 和第二非柱状部 25 的厚度 t_2 满足以上方程式时,在闪烁体 200 中,可以将每个部中在厚度方向的光发射效率、以及防止光扩散的区域和反射光的区域置于适当的范围内。另外,提高了光的发射效率、光的检测效率和图像的清晰度。当第二非柱状部 25 的厚度 t_2 太厚时,存在具有低的光发射效率的区域增加的可能性,从而降低灵敏度。从该观点来看,更加期望, (t_2/t_1) 是在 0.02 或以上且 0.1 或以下的范围内。

[0094] 对于如上所述的光检测器 40 和闪烁体面板 10,例如可以使用有机光电变换材料(OPC)、有机 TFT、使用无定形氧化物的 TFT (例如, a-IGZO)、或柔性材料(芳族聚酰胺、生物纳米纤维)。稍后将描述这些器件相关的材料。

[0095] [4. 关于柱状部和非柱状部的操作和效果]

[0096] 在下文中,将描述柱状部 20、第一非柱状部 23、和第二非柱状部 25 的主要作用效果。

[0097] 与第一非柱状部 23 或第二非柱状部 25 相比,柱状部 20 在结晶度上是优良的并且在荧光的光发射效率上是高的。另外,由于具有柱状晶体形状的柱状晶体 20A 经由间隙相互相邻,所述柱状晶体 20A 在支持体 101 的厚度方向上被设置成站立,所以柱状晶体 20A 充当光的引导部并且沿柱状高度方向引导光。在此处,就有助于闪烁体 200 的光学属性的第二非柱状部 25 和柱状部 20 而言,由于柱状部 20 被布置在在闪烁体 200 中的、X 射线进入侧处并且靠近光检测器 40 的位置处,紧接着通过传感器板 400 之后几乎不衰减的 X 射线入射在柱状部 20 上以被变换成光。然后,使荧光迅速地入射在光检测器 40 上,从而增加光检测器 40 上的入射光量。也就是,可以增加闪烁体 200 的可用发光量。由于这样和由柱状晶体 20A 引起的光导效应可以抑制像素之间的光扩散,所以可以清晰化检测到的图像。

[0098] 同时,具有颗粒状晶体和预定的间隙的第二非柱状部 25 朝光检测器 40 反射主要发自柱状部 20 并且朝支持体 101 行进的光,该颗粒状晶体具有比柱状晶体 20A 更小的直

径,并且该预定的间隙具有比柱状部 20 更低的孔隙率。由第二非柱状部 25 引起的光的反射有助于在使用发自闪烁体 200 光连同由支持体 101 引起的光的反射的效率上的提高。因此,由于入射在光检测器 40 上的并且被用于图像检测的光量增加,所以可以进一步清晰化检测到的图像。另外,由于第二非柱状部 25 具有光的反射特性,所以支持体可以由具有低的光反射率的诸如玻璃等的材料形成。

[0099] 另外,在闪烁体面板 10 中,可以不设置支持体 101。也就是,可以通过使用气相沉积基板沉积来形成闪烁体 200,然后可以从基板剥离闪烁体 200 并且使用闪烁体 200。

[0100] 此外,由于在柱状部 20 的光检测器 40 侧处,第一非柱状部 23 被设置并且覆盖每个柱状晶体 20A 的前端部,所以闪烁体 200 在传感器板 400 处的部分处被平坦化。因此,保护膜 30 不会被柱状晶体 20A 的前端部撕裂,并且由保护膜 30 提供的气密性可以被维持。另外,可以抑制由闪烁体 200 的潮解而导致的闪烁体 200 的性能退化。

[0101] 另外,随着闪烁体 200 被平坦化,闪烁体 200 可以通过保护膜 30 与传感器板 400 紧密接触。如果在与传感器板 400 的粘接性中发生不匀性,则在检测到的图像中可能容易出现瑕疵。然而,没有这样的事件,检测到的图像的图像品质可能变得一致。

[0102] 此外,通过确保如上所述的闪烁体 200 与传感器板 400 之间的粘接性,在例如跌落冲击期间施加到闪烁体 200 的外力受到传感器板 400 的缓冲。因此,可以改进耐冲击性。特别地,在将 X 射线图像检测装置 1 接合到器件壳体的情况下,即使负载从器件壳体被施加,闪烁体 200 也几乎不会受损。

[0103] 另外,通过确保与传感器板 400 的粘接性,可以抑制闪烁体 200 由于热膨胀量上的差别而从传感器板 400 剥离。

[0104] 如上所述,在 X 射线图像检测装置 1 中,在传感器板 400 与闪烁体 200 之间的粘接性可以通过设置第一非柱状部 23 来确保。同时,当第二非柱状部 25 设置在支持体侧时,闪烁体 200 可以具有反射特性。下面将描述无第二非柱状部 25 的构成(图 7)。

[0105] 另外,通过第一非柱状部 23,可以抑制诸如聚对二甲苯的材料在保护膜 30 的形成期间从柱状晶体 20A 之间进入(图 1)。当聚对二甲苯等进入柱状晶体 20A 之间的间隙时,使得在柱状晶体 20A 及其相邻的柱状晶体 20A 之间的区域中的折射率差别降低,从而增大光的临界角。因此,使得柱状晶体 20A 的在厚度方向的光引导性能降低。具体地,因为由于 CsI 的折射率是 1.8 并且空气的折射率是 1,所以临界角是 34° ,而由于 CsI 的折射率是 1.8 并且聚对二甲苯的折射率是 1.5,所以临界角变为 56° ,所以可以使柱状晶体 20A 的光引导性能降低。第一非柱状部 23 的形成可以抑制这样的问题的发生。

[0106] 此外,通过将第二非柱状部 25 置于柱状部 20 与支持体 101 之间,可以改进与支持体 101 的粘接性。也就是,与其中柱状部 20 直接形成在支持体 101 的表面上的构成相比,由于闪烁体 200 在面对支持体 101 的部分处的平坦度和表面积增加,所以与支持体 101 的粘接性得到改进。因此,可以抑制闪烁体 200 由于在支持体与闪烁体 200 之间的热膨胀量上的差别(在热导率上的差别)而从支持体 101 剥离。这在 X 射线图像检测装置 1 中是非常有效的,其中,设置在 X 射线进入侧的相对侧处的控制模块 50 在以同样方式布置在 X 射线进入侧的相对侧处的支持体 101 上可以容易地传播热。

[0107] 由于与传感器板 400 的粘接性以及与支持体 101 的粘接性两者分别由第一非柱状部 23 和第二非柱状部 25 确保,所以改进从传感器板 400 和支持体 101 的剥离强度,并且因

此,提高了整个闪烁体面板 10 的强度。

[0108] 根据 X 射线图像检测装置 1,可以以高灵敏度和高清晰度检测 X 射线图像,并且同时,通过改进闪烁体 200 与传感器板 400 以及与支持体 101 的粘接性,可以提高可靠性。

[0109] 如上所述的 X 射线图像检测装置 1 可以在它被安装在诸如医疗用 X 射线摄影器件的各种器件内的状态下被使用。特别地,在需要以低的放射线照射剂量检测清晰的图像的乳房 X 射线摄影器件中,可以适当地使用根据本示例性实施例的具有高灵敏度和高清晰度的特性的 X 射线图像检测装置 1。此外,当 X 射线图像检测装置 1 被构造为与 X 射线摄影器件可分离的便携式盒时, X 射线图像检测装置 1 可能经受跌落冲击是高度可能的,并且,重要的是,通过使传感器板 400 与支持体 101 紧密接触,确保闪烁体 200 的耐冲击性。因此,改进与传感器板 400 和支持体 101 中的每一者的粘接性的上述效果是有利的。

[0110] 另外,X 射线图像检测装置 1 具有其宽的应用范围,因为它不仅可以在医疗用 X 射线摄影器件中,而且在例如用于非破坏性测试的工业使用的 X 射线摄影器件中,或作为用于检测除电磁波以外的微粒束(α 射线、 β - 射线、 γ 射线)的器件。

[0111] [5. 修改后的示例]

[0112] 另外,虽然在上述示例中,闪烁体 200 设有第二非柱状部 25 (图 4),但是如图 7 所示可以不设置第二非柱状部 25。图 7 所示的闪烁体 210 具有柱状部 20 和第一非柱状部 23。在这样的构成中,主要发自柱状部 20 的光通过形成为由 A1 等制成的反射构件的支持体 101 朝传感器板 400 反射。

[0113] 图 8 和图 9 示出其中闪烁体被直接气相沉积在传感器板上的示例。图 8 的 X 射线图像检测装置 2 设有光检测器 40 和集成地形成在光检测器 40 的传感器板 400 上的闪烁体 220。闪烁体 220 不具有支持体,并且通过气相沉积在传感器板 400 上而形成。覆盖闪烁体 220 的保护膜将闪烁体 220 密封在传感器板 400 上。

[0114] 图 9 是示出闪烁体 220 的构成的示意图。在传感器板 400 上,第一非柱状部 23、柱状部 20、和第二非柱状部 25 通过气相沉积方法被依次形成。在图 9 的构成中,第二非柱状部 25 使主要发自柱状晶体 20A 并且朝传感器板 400 侧的相对侧行进的光朝传感器板 400 反射。另外,第二非柱状部 25 可以抑制保护膜的材料流入到柱状晶体 20A 之间。

[0115] 在此处,第一非柱状部 23 在气相沉积的初始阶段被形成部分在传感器板 400 上,并且在第一非柱状部 23 内的、与传感器板 400 的最外层相接触的一部分的孔隙率是 0 或大体 0。由于这个原因,第一非柱状部 23 的基端部在与传感器板 400 的整个接触表面上与传感器板 400 紧密接触。

[0116] 在此处,以与图 1 至图 6 的构成中所描述的同样的方式,第一非柱状部 23 的形成增加闪烁体 200 面对传感器板 400 的部分的表面积(在图 8 和图 9 的示例中与传感器板 400 相接触的面积),并且还平坦化闪烁体的表面,从而提高传感器板 400 与闪烁体的粘接性。然而,在图 8 和图 9 的构成(直接沉积)中,由于通过气相沉积在与 A1 等相比与闪烁体的粘接性较差的绝缘基板 401(一般而言,玻璃)上而形成闪烁体,所以在闪烁体与传感器板 400 之间需要更好的粘接性。也就是,由于玻璃基板与 A1 等相比具有低热导率,所以闪烁体与玻璃基板的粘接性不是良好的。在该意义上,通过第一非柱状部 23 的形成来确保闪烁体 220 与传感器板 400 的粘接性的效果高于其中使用由 A1 制成的支持体 101 作为闪烁体 200 的气相沉积基板来将闪烁体面板 10 接合到传感器板 400 的情况(图 1 至图 6)。

[0117] [6. 适用的器件材料]

[0118] [6-1. 有机光电变换(OPC)材料]

[0119] 例如,在 JP-A-2009-32854 中公开的任何 OPC (有机光电变换)材料能够被用于上述光电变换器件 41 (图 2)。能够将 OPC 材料形成的膜(在下文中被称为 OPC 膜)用作光电变换器件 41 的光导层 410。OPC 膜包含有机光电变换材料,该有机光电变换材料吸收发自闪烁体的光并且生成对应于吸收的光的电荷。因此,包含有机光电变换材料的 OPC 膜具有在可见光范围内的窄吸收光谱。不同于由闪烁体射出的光的电磁波难以被 OPC 膜吸收。因此,能够有效地抑制由 OPC 膜吸收的由诸如 X 射线的放射线生成的噪音。

[0120] 优选形成 OPC 膜的有机光电转换材料的吸收峰值波长更接近闪烁体发出的光的峰值波长,以更加有效地吸收闪烁体发出的光。理想地,有机光电转换材料的吸收峰值波长与闪烁体发出的光的峰值波长一致。然而,如果有机光电转换材料的吸收峰值波长与闪烁体发出的光的峰值波长之间的差值小,则可以令人满意地吸收闪烁体发出的光。具体地,有机光电转换材料的吸收峰值波长与由闪烁体响应于放射线发出的光的峰值波长之间的差值优选不大于 10nm,更优选不大于 5nm。

[0121] 能够满足这种条件的有机光电转换材料的示例包括基于亚芳基的有机化合物、基于喹吡啶酮的有机化合物和基于酞菁的有机化合物。例如,喹吡啶酮在可见光范围内的吸收峰值波长是 560nm。因此,当喹吡啶酮被用作有机光电变换材料,并且 CsI (T1)被用作闪烁体材料时,能够将峰值波长的上述差值设定在 5nm 内,从而基本上可以将 OPC 膜中产生的电荷量增加到最大值。

[0122] 设置在偏置电极 411 与电荷收集电极 412 之间的有机层的至少一部分能够由 OPC 膜形成。更具体地,有机层能够由用于吸收电磁波的部分、光电变换部、电子传输部、电子空穴传输部、电子阻挡部、电子空穴阻挡部、结晶化阻止部、电极、层间接触提高部等的堆或混合体形成。

[0123] 优选地,有机层包含有机 p 型化合物或有机 n 型化合物。有机 p 型半导体(化合物)是主要由电子空穴传输有机化合物代表的施主型有机半导体(化合物),意指具有容易供予电子的特性的有机化合物。更加详细地,彼此接触使用的两种有机材料中,具有较低电离势的一者被称为施主型有机化合物。因此,任何有机化合物可以被用作施主型有机化合物,只要该有机化合物具有供予电子的特性。能够使用的施主型有机化合物的示例包括三芳胺化合物、联苯胺化合物、吡唑啉化合物、苯乙炔胺化合物、腈化合物、三苯甲烷化合物、咪唑化合物、聚硅烷化合物、噻吩化合物、酞菁化合物、花青化合物、部花青化合物、氧杂菁化合物、聚胺化合物、吡啶化合物、吡咯化合物、吡唑化合物、聚芳醚化合物、稠合芳香碳环化合物(萘衍生物、蒽衍生物、菲衍生物、丁省衍生物、芘衍生物、茈衍生物、荧蒽衍生物)、具有含氮杂环化合物作为配体的金属络合物等。施主型有机半导体不限于此,但是具有比用作 n 型(受主型)化合物的有机化合物低的电离势的任何有机化合物可以被用作施主型有机半导体。

[0124] n 型有机半导体(化合物)是主要由电子传输有机化合物代表的受主型有机半导体(化合物),是指具有容易接收电子的特性的有机化合物。更具体地,当彼此接触地使用两种有机化合物时,两种有机化合物中具有较高电子亲和力的一种有机化合物是受主型有机化合物。因此,任何有机化合物可以被用作受主型有机化合物,只要该有机化合物具有接收电

子的特性。其示例包括稠合芳香碳环化合物(萘衍生物、蒽衍生物、菲衍生物、丁省衍生物、茈衍生物、茱衍生物、荧蒽衍生物)、包含氮原子、氧原子或硫原子的 5 至 7 元杂环化合物(例如,吡啶、吡嗪、嘧啶、哒嗪,三嗪、喹啉、喹喔啉、喹唑啉、酞嗪、噌啉、异喹啉、蝶啶、吡啶、吩嗪、邻二氮杂菲、四唑、吡唑、咪唑、噻唑、𫫇唑、𫫇唑、𫫇唑、苯并咪唑、苯并三唑、苯并𫫇唑、苯并噻唑、𫫇唑、𫫇唑、三唑并哒嗪、三唑并嘧啶、四氮杂茚、𫫇二唑、咪唑并吡啶、吡咯烷、吡咯并吡啶、噻二唑并吡啶、二苯并吡啶、三苯并吡啶等)、聚芳撑化合物、茱化合物、环戊二烯化合物、甲硅烷基化合物和具有含氮杂环化合物作为配体的金属络合物。受体类型有机半导体并不限于此。具有高于用作施主型有机化合物的有机化合物的电子亲和力的任何有机化合物可以被用作受主型有机半导体。

[0125] 关于 p 型有机染料或 n 型有机染料,可以使用任何已知染料。其优选的示例包括花菁染料、苯乙烯染料、半花菁染料、部花菁染料(包括零次甲基部花菁(简单的部花菁))、三核部花菁染料、四核部花菁染料、罗丹花菁(rhodacyanine)染料、复合花菁染料、复合部花菁染料、alopolar 染料、氧杂菁染料、半氧杂菁(hemioxonol)染料、方酸𫫇染料、克酮酸𫫇染料、氮杂次甲基染料、香豆素染料、亚芳基染料、蒽醌染料、三苯甲烷染料、偶氮染料、偶氮甲碱染料、螺环化合物、金属茂染料、茱酮染料、flugide 染料、茱染料、吩嗪染料、吩噻嗪染料、醌染料、靛蓝染料、二苯甲烷染料、多烯染料、吡啶染料、吡啶酮染料、二苯胺染料、喹吡啶酮染料、喹酞酮染料、吩𫫇嗪染料、酞茱(phthaloperylene)染料,卟啉染料,叶绿素染料、酞菁染料、金属络合物染料和稠合芳香碳环染料(萘衍生物、蒽衍生物、菲衍生物、丁省衍生物、茈衍生物、茱衍生物、荧蒽衍生物)。

[0126] 可以优选地使用在一对电极之间具有 p 型半导体层和 n 型半导体层的光电转换膜(光敏层),该 p 型半导体和 n 型半导体中的至少一个是有机半导体,并且其中,将包括该 p 型半导体和 n 型半导体的本体异质结结构层设置为在那些半导体层之间的中间层。在该光电转换膜中包括的本体异质结结构层可以弥补有机层的载流子扩散长度短的缺陷。因此,可以提高光电转换效率。在 JP-A-2005-303266 中详细描述了该本体异质结结构。

[0127] 优选的是,考虑到来自荧光体层的光的吸收,光电转换膜较厚。考虑到对于电荷的分离做出任何贡献的比率,光电转换膜优选不薄于 30nm 且不厚于 300nm,更优选不薄于 50nm 且不厚于 250nm,特别优选不薄于 80nm 且不厚于 200nm。

[0128] 至于关于上述 OPC 膜的任何其它构成,例如,参考 JP-A-2009-32854 中的描述。

[0129] [6-2. 有机薄膜晶体管(TFT)]

[0130] 虽然无机材料常常被用于上述 TFT 开关器件 42,可以使用例如如在 JP-A-2009-212389 中公开的有机材料。有机 TFT 可能具有任何类型的结构,但是场效应晶体管(FET)结构是最优选的。在 FET 结构中,基板布置于底层,在基板的上表面部分地设置栅电极。设置绝缘层以覆盖电极且在电极之外的其他部分触及基板。此外,在绝缘层的上表面上设置半导体有源层,并且在半导体有源层的上表面的一部分上并且彼此相距一段距离地布置源极电极和漏极电极。该构成被称为顶部接触类型器件。优选地,也可以优选地使用底部接触类型器件,其中,在半导体有源层下布置源极电极和漏极电极。另外,可以使用垂直晶体管结构,其中,载流子在有机半导体膜的厚度方向流动。

[0131] (半导体有源层)

[0132] P 型有机半导体材料用作半导体有源层的材料。P 型有机半导体材料基本上无色且透明。例如,可以通过触针厚度测量仪测量有机半导体薄膜的厚度。可以制造具有不同厚度的多个薄膜,并且可以测量其吸收光谱,从而基于校准曲线可以通过转换获得每 30nm 膜厚度的最大吸收率。

[0133] 本文提及的有机半导体材料是示出作为半导体的属性的有机材料。有机半导体材料的示例包括传导作为载流子的电子空穴(空穴)的 p 型有机半导体材料(或简单地被称为 p 型材料或称为电子空穴传输材料)和传导作为载流子的电子的 n 型有机半导体材料(或简单地被称为 n 型材料或称为电极传输材料),类似于由无机材料形成的半导体。有机半导体材料的许多 p 型材料一般表现出良好的属性。此外, p 型晶体管作为在大气下的晶体管在操作稳定性上一般是优良的。在此处,将在此处对 p 型有机半导体材料作出描述。

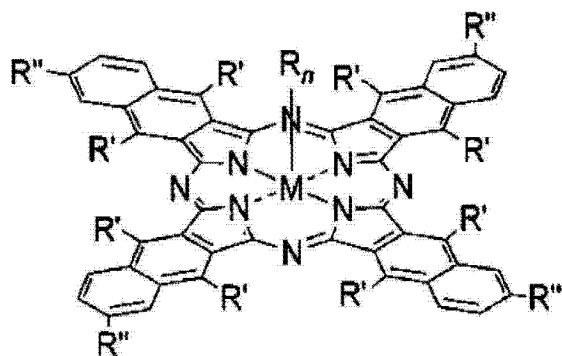
[0134] 有机薄膜晶体管的属性之一是载流子迁移率(也被简称为迁移率) μ , μ 指示在有机半导体层中的载流子的迁移率。尽管优选的迁移率根据应用改变,但是通常优选较高的迁移率。迁移率优选不低于 $1.0 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$, 更优选不低于 $1.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$, 进一步优选不低于 $1.0 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 。当制造场效应晶体管(FET)器件时,可以通过属性或 TOF (飞行时间)测量来获得迁移率。

[0135] p 型有机半导体材料可以是低分子量材料或高分子量材料,但是优选是低分子量材料。因为下述原因,许多低分子量材料通常示出优异的属性:因为可以对其应用各种精制处理例如升华精制、重结晶、柱色谱法等而易得高度纯化,或者由于因为低分子量材料具有固定的分子结构而易于形成高度有序的晶体结构。低分子量材料的分子量优选不低于 100 且不高 5,000, 更优选不低于 150 且不高 3,000, 进一步优选不低于 200 且不高 2,000。

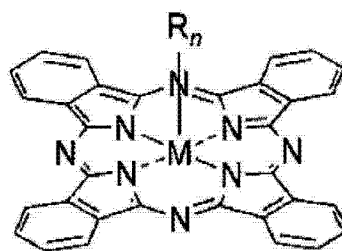
[0136] 将示出这种 p 型有机半导体材料的优选特定示例。Bu 表示丁基, Pr 表示丙基, Et 表示乙基, Ph 表示苯基。

[0137] [化学品 1]

[0138]



化合物 1 至 15



化合物 16 至 20

[0139]

[0140]

化合物	M	R	n	R'	R''
1	Si	OSi(n-Bu) ₃	2	H	H

2	Si	OSi(i-Pr) ₃	2	H	H
3	Si	OSi(OEt) ₃	2	H	H
4	Si	OSiPh ₃	2	H	H
5	Si	O(n-C ₈ H ₁₇)	2	H	H
7	Ge	OSi(n-Bu) ₃	2	H	H
8	Sn	OSi(n-Bu) ₃	2	H	H
9	Al	OSi(n-C ₆ H ₁₃) ₃	1	H	H
10	Ga	OSi(n-C ₆ H ₁₃) ₃	1	H	H
11	Cu	—	—	O(n-Bu)	H
12	Ni	—	—	O(n-Bu)	H
13	Zn	—	—	H	t-Bu
14	V=O	—	—	H	t-Bu
15	H ₂	—	—	H	t-Bu
16	Si	OSiEt ₃	2	—	—
17	Ge	OSiEt ₃	2	—	—
18	Sn	OSiEt ₃	2	—	—
19	Al	OSiEt ₃	1	—	—
20	Ga	OSiEt ₃	1	—	—

[0141] (半导体有源层之外的器件构成材料)

[0142] 下面将对有机薄膜晶体管中的半导体有源层之外的器件构成材料进行描述。那些材料的每一个的可见光或红外光透射率优选不低于 60%，更优选地不低于 70%，进一步优选不低于 80%。

[0143] 只要具有要求的平滑度，对基板没有特别的限制。基板的示例包括玻璃、石英、光透射塑料膜等。光透射塑料膜的示例包括由聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚醚酰亚胺、聚醚醚酮、聚苯硫醚、聚烯丙基化物(polyallylate)、聚酰亚胺、聚碳酸酯(PC)、三醋酸纤维素(TAC)、醋酸丙酸纤维素(CAP)等制得的膜等。另外，在这些塑料膜中可以包含任何有机或无机填料。优选地，可以使用由芳族聚酰胺、生物纳米纤维等形成的柔性基板作为基板。

[0144] 如果具有要求的导电性,则不特别限制形成栅极电极、源极电极或漏极电极的材料。其示例包括:导电氧化物,例如ITO(掺杂铟的氧化锡)、IZO(掺杂铟的氧化锌)、 SnO_2 、ATO(掺杂锑的氧化锡)、 ZnO 、AZO(掺杂铝的氧化锌)、GZO(掺杂镓的氧化锌)、 TiO_2 、FTO(掺杂氟的氧化锡);导电聚合物,例如PEDOT/PSS(聚(3,4-亚乙基二氧噻吩)/聚磺苯乙烯);碳材料,例如碳纳米管等。这些电极材料例如可以通过例如真空沉积、溅射、溶液涂布方法等形成膜。

[0145] 只要具有要求的绝缘效果,用于绝缘层的材料没有特别限制。其示例包括:无机材料,例如二氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化钛等;有机材料,例如聚酯(PEN(聚萘二甲酸乙二醇酯)、PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯)等)、聚碳酸酯、聚酰亚胺、聚酰胺、聚丙烯酸酯、环氧树脂、聚对苯二甲甲基树脂、酚醛树脂、PVA(聚乙烯醇)、PS(聚苯乙烯)等。这些绝缘膜材料可以例如通过例如真空沉积方法、溅射、溶液涂布方法等形成膜。

[0146] 对于关于上述有机TFT的任何其他组成,例如,参考JP-A-2009-212389中的说明。

[0147] [6-3. 非晶氧化物半导体]

[0148] 例如,JP-A-2010-186860中公开的非晶氧化物可以用于上述TFT42。在此,将进行关于在JP-A-2010-186860中公开的包含FET晶体管的有源层的非晶氧化物的说明。有源层用作其中电子或空穴移动的FET晶体管的沟道层。

[0149] 有源层具有包含非晶氧化物半导体的构成。非晶氧化物半导体可以在低温下形成到膜中。因此,优选将非晶氧化物半导体形成在柔性基板上。用于有源层的非晶氧化物半导体优选是包含选自In、Sn、Zn和Cd的元素的至少一种的非晶氧化物,更优选是包含选自In、Sn和Zn的元素的至少一种的非晶氧化物,进一步优选是包含选自In和Zn的元素的至少一种的非晶氧化物。

[0150] 用于有源层的非晶氧化物的特定示例包括: In_2O_3 、 ZnO 、 SnO_2 、 CdO 、铟锌氧化物(IZO)、铟锡氧化物(ITO)、镓锌氧化物(GZO)、铟镓氧化物(IGO)和铟镓锌氧化物(IGZO)。

[0151] 优选的是,以氧化物半导体的多晶烧结为目标的气相膜形成方法被用作形成有源层的方法。在气相膜形成方法中,优选溅射方法或脉冲激光沉积(PLD)方法。此外,从大量生产的观点看来,优选溅射方法。例如,在受控的真空度和受控的氧气流速的情况下,通过RF磁控溅射沉积方法形成有源层。

[0152] 通过已知的X射线衍射方法,确定因此形成的有源层是非晶膜。通过RBS(拉塞福反向散射光谱)方法获得有源层的组成比。

[0153] 另外,有源层的导电率优选低于 10^2Scm^{-1} 且不低于 10^{-4}Scm^{-1} ,更优选低于 10^2Scm^{-1} 且不低于 10^{-1}Scm^{-1} 。用于调整有源层的导电率的方法的示例包括:已知的使用氧缺陷的调整方法、使用组成比的调整方法、使用杂质的调整方法以及使用氧化物半导体材料的调整方法。

[0154] 对于关于上述非晶氧化物的任何其他构成,例如,参考JP-A-2010-186860中的说明。

[0155] [6-4. 柔性材料]

[0156] 可以考虑,在辐射图像检测设备中使用芳族聚酰胺、生物纳米纤维等,其具有在现有玻璃或塑料中不能获得的柔性、低热膨胀和高强度的性能。

[0157] (1) 芳族聚酰胺

[0158] 由作为柔性材料的芳族聚酰胺形成的膜(或片或基板)可以被用作上述传感器板的绝缘基板 401、支持体 101、控制模块的电路板等。芳族聚酰胺材料具有示出 315℃ 的玻璃化转变温度的高耐热性,示出 10GPa 的杨氏模量的高硬度以及示出 -3 至 5ppm/℃ 的热膨胀系数的高尺寸稳定性。因此,与使用一般树脂膜的情况相比,当使用由芳族聚酰胺制成的膜时,可以容易地形成半导体层或闪烁体的高质量膜。另外,由于芳族聚酰胺材料的高耐热性,透明电极材料能够在高温固化以具有低电阻。此外,还可以对 IC 的自动安装进行处理,包括焊料回流步骤。此外,由于芳族聚酰胺材料具有接近 ITO(铟锡氧化物)的热膨胀系数,因此气体阻挡膜或玻璃基板,制造后的翘曲较小。另外,破裂很少出现。在此,考虑到减少环境负荷,优选的是使用不包含卤素的无卤素(符合 JPCA-ES01-2003 的要求)芳族聚酰胺材料。

[0159] 可以使用玻璃基板或 PET 基板层叠芳族聚酰胺膜,或者可以将芳族聚酰胺膜粘贴到器件的壳体。

[0160] 芳族聚酰胺的高分子间凝聚力(氢键结合力)导致对于溶剂的低溶解性。当通过分子设计解决低溶解性问题时,可以优选使用容易形成为无色和透明薄膜的芳族聚酰胺材料。由于用于控制单体单元的秩序性和在芳环上的取代基和位置的分子设计,可以使用被保持为具有高度线性的杆状形状的分子结构来获得具有良好溶解性的容易形成,所述高度线性导致芳族聚酰胺材料的高硬度或尺寸稳定性。由于该分子设计,也可以实现无卤素。

[0161] 另外,可以优选使用具有在膜的平面内方向上的优化特性的芳族聚酰胺材料。根据在模铸期间持续改变的芳族聚酰胺膜的强度在溶液模铸、垂直拉伸和水平拉伸的每一个步骤中控制张力条件。由于张力条件的控制,可以平衡具有杆状分子结构的芳族聚酰胺膜的平面中特性,所述杆状分子结构具有高度线性,高度线性导致容易出现各向异性物质性。

[0162] 具体地,在溶液模铸步骤中,控制溶剂的干燥速度,以使平面内厚度方向物质性为各向同性,且优化包括溶剂的膜的强度和从模铸鼓的剥离强度。在垂直拉伸步骤中,根据在拉伸期间持续改变的膜强度以及溶剂的残余量,精确地控制拉伸条件。在水平拉伸中,根据由于加热导致改变的膜强度变化来控制水平拉伸条件,且控制水平拉伸条件以释放膜的残余压力。通过使用这种芳族聚酰胺材料,可以解决模铸后的芳族聚酰胺膜的问题。

[0163] 在用于容易模铸的构思和用于平衡膜平面中特性的构思中的每一个中,可以保持芳族聚酰胺特有的高线性的杆状分子结构,以保持低的热膨胀系数。当改变膜形成期间的拉伸条件时,可以进一步减小热膨胀系数。

[0164] (2) 生物纳米纤维

[0165] 相对于光的波长足够小的部件不产生光散射。因此,在上述传感器基板的绝缘基板 401、支持体 101、控制模块的电路板等中,可以优选地使用由纳米纤维加强的柔性塑料等。在纳米纤维中,可以优选使用细菌纤维素和透明树脂的复合材料(有时被称为生物纳米纤维)。通过细菌(木醋酸菌)产生细菌纤维素。细菌纤维素具有 50nm 的纤维素微纤丝束宽度,大约为可见光波长的 1/10。另外,细菌纤维素的特征是高强度、高弹性和低热膨胀。

[0166] 当细菌纤维素片用例如丙烯酸树脂或环氧树脂的透明树脂浸透且被硬化时,可以获得透明生物纳米纤维,该透明生物纳米纤维在具有大约 60 至 70% 的高纤维比的同时示出在 500nm 的波长中大约 90% 的透光率。通过该生物纳米纤维,可以获得与硅晶体一样低的热膨胀系数(大约 3 至 7ppm),与钢一样高的强度(大约 460MPa) 以及高弹性(大约 30GPa)。

[0167] 对于关于上述生物纳米纤维的构成,例如,参考在 JP-A-2008-34556 中的说明。

[0168] [7. X 射线图像检测装置的制造方法]

[0169] 在下文中,将描述能够有效地制造 X 射线图像检测装置 1 的放射线图像检测装置的制造方法。另外,在下文中,将描述制造 X 射线图像检测装置 1 的方法,该 X 射线图像检测装置 1 被构成使得闪烁体面板 10 设置有支持体 101,并且闪烁体面板 10 和传感器板 400 如图 1 至图 6 所示彼此接合。

[0170] 上述闪烁体 200 优选地通过气相沉积方法直接形成在支持体 101 的表面上。通过气相沉积方法,可以依次且连续地形成第二非柱状部 25、柱状部 20、和第一非柱状部 23。在此处,将描述使用 CsI:Tl 的示例性实施例。

[0171] 对气相沉积方法的总结如下。在真空度 0.01Pa 至 10Pa 的环境下,CsI:Tl 例如通过对电阻加热类型坩锅施加电流而被加热且被汽化,然后将支持体 101 的温度被设置为室温 (20° C) 至 300° C,然后将 CsI:Tl 沉积在支持体上。

[0172] 当通过气相沉积方法将 CsI:Tl 的晶体相形成在支持体 101 上时,最初形成具有不定形的或大体球形直径相对小晶体的集合体。在气相沉积方法的性能中,通过改变真空度、支持体温度、和蒸发率(蒸发单元温度)中的至少一个条件,继第二非柱状部 25 的形成(闪烁体形成步骤)之后,可以使柱状晶体 20A 生长。

[0173] 也就是,在第二非柱状部 25 被形成为预定的厚度 t2 之后,通过执行增加真空度,增加的支持体温度,和减少的蒸发率的手段中的至少一者,可以使柱状晶体 20A 有效地且均匀地生长。另外,通过执行真空度的降低、支持体温度的降低、和蒸发率的增加中的至少一者,使第一非柱状部 23 生长。另外,Tl 的激活量可以根据第一非柱状部 23、第二非柱状部 25、和柱状部 20 中的每一者而变化。

[0174] 虽然在如上所述的示例中,使用 CsI:Tl 作为用于第一非柱状部 23、第二非柱状部 25 和柱状部 20 中的任一者的材料,但是可以认为,由于 CsI:Tl 的高发光效率和光引导功能,所以在仅高度有助于整个闪烁体 200 的发光效率的柱状部 20 的形成中使用 CsI:Tl。在这种情况下,在发射光谱和由于湿度随时间的推移的退化方面,使用 CsI:Tl 的上述优势也可以被充分地实现。

[0175] 在如上所述的闪烁体形成步骤中将闪烁体 200 形成在支持体 101 上之后,通过相同的气相沉积方法使用聚对二甲苯等,通过保护膜 30 的蒸发形成来将闪烁体 200 密封在支持体 101 上,以便设置闪烁体面板 10。另外,在闪烁体 200 的防潮由诸如闪烁体面板 10 的气密缠绕的任何其它手段确保的情况下,保护膜 30 可能无法形成。

[0176] 通过将闪烁体面板 10 接合到光检测器 40,可以获得 X 射线图像检测装置 1。通过上述与传感器板 400 的粘接性的改进,可以容易地执行接合。将闪烁体面板 10 接合到光检测器 40 的方法不特别地受到限制,并且这两个器件优选地可以彼此光联接。关于两个器件的接合方法,可以选择将两个器件直接面对然后使两个器件彼此紧密接触的方法以及经由任何粘合层或平坦化层使两个器件彼此紧密接触的方法中的任一种。

[0177] 关于直接使两个器件彼此紧密接触的方法,存在如下方法:其中,将闪烁体 200 形成在支持体 101 上,然后使在所形成的闪烁体 200 的柱状部 20 的生长方向上的前端侧部面对作为光检测器的传感器板 400 并且与该传感器板 400 紧密接触。以这种方式,将两个器件彼此接合以便设置 X 射线图像检测装置 1。

[0178] 另外,可以使在所形成的闪烁体 200 的柱状晶体 20A 的生长方向上的前端侧部光耦合到光检测器 40,而两个器件经树脂层面对彼此。关于树脂层,可以使用将闪烁体 200 与光检测器 40 紧密接触并且将该两个器件彼此固定的粘合层,或由透明液体或凝胶制成的匹配油层。在构成树脂层的树脂上不存在特别的限制,只要它可以允许发自闪烁体 200 的闪烁光在少许衰减的情况下到达光检测器 40 即可。

[0179] 关于构成平坦化层的树脂,可以优先使用聚酰亚胺、聚对二甲苯等,以及具有良好的膜形成属性的聚酰亚胺。

[0180] 关于构成粘胶层的粘合剂,对从闪烁体 200 发出的闪烁光具有光学透明性的粘合剂是优选的。例如,可以使用热塑性树脂、UV 可固化粘合剂、热硬化粘合剂、室温固化粘合剂以及双面粘合剂片。然而,从不降低图像的清晰度的观点来看,优选使用由低粘性环氧树脂制成的粘合剂,因为就光检测器 40 的像素大小而言,该粘合剂可以形成充分薄的粘合层。

[0181] 另外,从灵敏度和图像的观点来看,树脂层的厚度优选地是 50 μm 或以下,并且更优选地范围从 5 μm 至 30 μm 。

[0182] 通过如上所述的制造方法,可以有效且容易地制造 X 射线图像检测装置 1。另外,根据该制造方法,存在的优点在于,通过控制真空度或支持体温度,可以根据设计简单地制造具有各种规格的闪烁体 200。

[0183] 另外,制造其中如所 8 和 9 所示使闪烁体 220 直接气相沉积在传感器板 400 上的 X 射线图像检测装置 2 的类型的方法与上述制造方法几乎相同。在 CsI:Tl 在预定的条件下沉积在传感器板 400 代替支持体 101 上之后,保护膜 31 可以被气相沉积。如在图 1 至图 6 中的构成中执行的传感器板 400 到闪烁体面板 10 的接合步骤不是必要的。

[0184] [8. 制造示例]

[0185] 虽然下文更详细地描述了本发明,但是本发明并不限于特定示例。

[0186] [制造示例 1]

[0187] 1. 闪烁体的膜形成

[0188] 将用于液体晶体的无碱玻璃基板(0.7mm)作为支持体来准备。

[0189] 为了改进与 CsI 晶体层的粘接性的目的,首先,对支持体执行表面处理。另外,将经表面处理的支持体放置在用于闪烁体膜形成的真空室中。真空室设置有用于独立地加热作为真空室的原材料的 CsI 和 Tl 中的每一者的多个坩埚。在排空室之后,引入预定量的 Ar,从而将器件的真空度设置为 0.75Pa。在通过加热原料坩埚使原材料的熔融状态稳定时,通过真空器件的器件仪器使支持体同中心地旋转并且打开挡板,从而开始第二非柱状部的沉积。

[0190] 在这些条件下执行膜制造。当非柱部的膜厚度 t_2 达到 5 μm 时,真空度增加到 1Pa,并且柱状晶体的气相沉积开始。由于当真空度改变时原材料的熔融状态改变。因此,关闭挡板一次,并且确定熔融状态是稳定的。然后,再次打开挡板,然后再开始气相沉积。当柱状晶体的膜厚度 t_1 达到 500 μm 时,停止对坩埚的加热,由真空器件制成进气口,并且将包括第二非柱状部和柱状部的闪烁体形成在支持体上。

[0191] 2. 闪烁体层中的物理属性的测试

[0192] 2-1. 第二非柱状部的厚度 t_2 和柱状部的厚度 t_2 的测量

[0193] 通过切割闪烁体的任意部分并且使用 SEM(扫描电子显微镜照相)观察柱状晶体的

侧表面来测量膜厚度。在取样的部分当中,随机地选择十(10)个部分,并且使用测量值的平均值作为膜厚度的值。由于非传导性,在溅射 Au 约 200Å 之后,执行对 CsI 的 SEM 观察。

[0194] 2-2. 第二非柱状部和柱状部的晶体直径的测量

[0195] 在将在下文描述的制造示例 13 中,通过从支持体或光检测基板剥落闪烁体的一部分来测量柱状直径(柱状晶体的横截面直径),并且使用 SEM(扫描电子显微镜照相)观察垂直于柱状晶体的膜厚度方向的表面。当在单次摄影时从表面观察闪烁体时,利用允许要观察的 100 至 200 个柱状晶体 20A 的放大率(约 2,000X)来执行观察,并且测量柱状直径的最大值,并且对于在单次摄影时所包括的所有晶体采用所测定的柱状晶体的柱状直径的最大值的平均值。

[0196] 此外,当晶体如在第二非柱状部中那样相互聚结时,对晶体直径的测量执行如下。使在相邻的非柱状晶体 25A 之形成的相邻的凹进部分(凹部)互连的线被认为是晶体之间的晶界,将聚结的晶体分离成最小的多边形,并且测量晶体直径。然后,根据 JISZ8401,通过读出测量值至小数点以下 2 位并且舍入至小数点以下 1 位来确定柱状直径(μm)。

[0197] 当难以从支持体剥离闪烁体时,在离支持体约 10 μm 的位置处沿垂直于晶体生长方向切下闪烁体,使用 Ar 离子执行蚀刻至可以观察到在附接支持体的 CsI 晶体的界面附近的形状的距离,然后在蚀刻面上执行观察。由于非传导性,在溅射 Au 约 200Å 之后,进行对 CsI 的 SEM 观察。

[0198] 2-3. 非柱状部的孔隙率的测量

[0199] 为了制造示例 1 至 11,测量在对应于图 4 的 B-B 横截面的位置处的第二非柱状部的孔隙率并且在表 1 中指示该孔隙率。基于第二非柱状部至支持体的沉积面积、第二非柱状部的厚度、CsI 密度、和闪烁体的实际测量的重量来计算第二非柱状部的孔隙率。

[0200] 3. 放射线图像检测装置的建造

[0201] 在准备光检测器之后,通过旋转涂布将用溶剂稀释的低粘性环氧树脂粘合剂(由 Huntsman Corporation 制造的 Araldite2020)涂在光检测器的表面上,使得环氧树脂粘合剂的厚度在溶剂挥发之后变成 15 μm 的程度。所获得的闪烁体的柱状部侧被放置成与形成在光检测器上的粘合层相对,然后加热光检测器和闪烁体以通过粘合层彼此接合。

[0202] 之后,制造示例 1 的 X 射线图像检测装置通过如下过程来制造:接合用于驱动 TFT 的电路板,并且将用于读出电荷的集成电路(IC)通过各向异性导电膜粘附到光检测器的终端单元,并且将它们连接到用于驱动控制和 AD 转换的电路板。

[0203] 进行布置使得放射线从光检测器侧入射,并且通过控制通过电缆与 X 射线图像检测装置连接的扫描 PC 来进行放射线图像的读出。

[0204] 4. 在放射线图像检测装置上的测试

[0205] 4-1. 灵敏度

[0206] X 射线被用作放射线。当照射 X 射线时,光检测器由电路驱动,读出由在光电二极管中的闪烁体光产生的光电变换引起的电荷,电荷由电荷放大器放大,然后经历 AD 转换。如此,计算所生成的电荷的量。

[0207] 预先在不照射 X 射线时测量读出电荷的量(检测系统的噪音),并且将从所生成的电荷的量中减去读出电荷的量所获得的值确定为灵敏度。另外,该结果被表达为当要在下

面描述的制造示例 12 中的灵敏度是 100 时的相对值。制造示例 1 的灵敏度是 120。

[0208] 4-2. MTF (调制传递函数)

[0209] 根据 IEC 标准, 计算通过拍摄由 W (钨) 制成的 MTF 边缘而获得的边缘图像来获得 MTF 曲线。将结果与 2 周 /mm 的值进行比较, 并且将该结果表达为当制造示例 12 的值是 100 时的相对值。

[0210] 4-3. 整体确定

[0211] 基于灵敏度与 MTF 评估结果的相乘来确定放射线图像检测装置的性能。由于当使图像经历感官评价时可以清楚地识别性能上的差别, 所以如果灵敏度和 MTF 相乘是 120 或以上则是期望的。制造示例 1 的整体确定是 120, 并且对于制造示例 12, 应了解, 图像的灵敏度和清晰度是优良的。

[0212] [制造示例 12]

[0213] 将基板改变成在制造示例 1 中用作支持体的玻璃基板。玻璃基板通过湿法蚀刻形成具有不平坦性, 在玻璃基板的表面上具有约 5 μm 节距和约 5 μm 高度, 并且使用该玻璃基板。

[0214] 在形成闪烁体中, 除柱状晶体层被直接气相沉积在支持体上而不执行非柱状晶体部的气相沉积之外, 制造示例 12 的放射线图像检测装置如在制造示例 1 中那样被制造。以与制造示例 1 相同的方式作出评估, 并且假设制造示例 12 的结果是 100, 作出相对评估。

[0215] [制造示例 2 至 6]

[0216] 除柱状晶体部的厚度通过当真空度是 0.75Pa 时改变沉积时间像在表 1 中那样被调节并且以同样的方式被评估之外, 建造示例 2 至 6 的放射线图像检测装置如在制造示例 1 中那样被制造。下方表 1 中表示结果。

[0217] [制造示例 7 至 11]

[0218] 除在制造示例 1 中, 真空度被改变为表 1 所示的那些, 并且在非柱状部 25 处的晶体直径像表 1 中指示的那样被准备并且以同样的方式被评估之外, 制造示例 7 至 11 的放射线图像检测装置像制造示例 1 那样被制造。下方表 1 中表示结果。

[0219] [制造示例 13]

[0220] 将支持体改变为在制造示例 3 中使用的玻璃基板, 通过在与制造示例 3 中的那些条件相同的条件下制造膜来直接形成闪烁体。在本方面中, 首先在光检测器附近形成第二非柱状部, 然后形成柱状部。不执行通过热硬化粘着剂的结合。除此之外的处理像在制造示例 3 中那样执行。

[0221] 表 1

[0222]

	荧光体膜形成方法			荧光体形状						评估结果			
	支持体	真空度		非柱状直径			柱状直径			膜厚度比率 t2/t1	灵敏度	MTF	综合评价
		非柱状部	柱状部	膜厚度 t2	平均晶体直径	孔隙率 (%)	膜厚度 t1	平均柱状直径					
制造示例 1	无碱玻璃	0.75 Pa	1 Pa	5	3.3	9.0	500	7.6	0.01	120	100	120	
制造示例 2	无碱玻璃	0.75 Pa	1 Pa	10	3.0	9.2	500	7.2	0.02	121	100	121	
制造示例 3	无碱玻璃	0.75 Pa	1 Pa	25	3.0	9.0	500	6.8	0.05	123	101	124	
制造示例 4	无碱玻璃	0.75 Pa	1 Pa	50	3.1	9.1	500	7.2	0.10	122	100	122	
制造示例 5	无碱玻璃	0.75 Pa	1 Pa	125	3.4	9.3	500	7.1	0.25	120	100	120	
制造示例 6	无碱玻璃	0.75 Pa	1 Pa	170	3.2	9.3	500	7.0	0.34	121	94	114	
制造示例 7	无碱玻璃	0.1 Pa	1 Pa	25	11.2	4.0	500	6.8	0.05	111	91	101	
制造示例 8	无碱玻璃	0.3 Pa	1 Pa	25	8.0	7.0	500	7.0	0.05	117	99	116	
制造示例 9	无碱玻璃	0.5 Pa	1 Pa	25	6.2	8.8	500	7.0	0.05	123	100	123	
制造示例 10	无碱玻璃	1.5 Pa	1 Pa	25	1.5	9.4	500	7.2	0.05	122	100	122	
制造示例 11	无碱玻璃	3 Pa	1 Pa	25	0.5	9.3	500	7.0	0.05	122	100	122	
制造示例 12	图案化基板	-	1 Pa	-	-	-	500	6.8	-	100	100	100	
制造示例 13	光检测器(TFT) 基板	0.75 Pa	1 Pa	25	3.1	9.0	500	6.9	0.05	98	96	94	

[0223] 此外,每个膜厚度的单位意指晶体直径并且意指表 1 所示的柱状直径是 μm 。

[0224] 如从表 1 显然,应了解,制造本发明的示例 1 至 11 的放射线图像检测装置是高灵

敏度的,并且诸如图像芒刺的图像退化得到抑制,使得与其中闪烁体完全由柱状晶体形成的制造示例 12 相比,所获得的图像的清晰度是高的。

[0225] 同时,在包括在光检测器侧附近的第二非柱状部的制造示例 13 中,应了解,由于在第二非柱状部中的散射效率和发光效率的下降,获得充分的灵敏度是不可能的。

[0226] [9. 本说明书的公开内容]

[0227] 如上所述,本说明书公开了放射线图像检测装置,该装置包括:闪烁体,被构成为通过放射线的照射而发出荧光;以及光检测器,被构成为将发自该闪烁体的荧光检测作为电信号,其中,该闪烁体包括柱状部,该柱状部沿放射线的行进方向被布置在光检测器的后侧处并且由通过荧光物质的晶体的柱状生长而获得的柱状晶体的群形成;以及第一非柱状部,被设置在所述柱状部的光检测器侧处。

[0228] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,第一非柱状部具有 10% 或以下的孔隙率。

[0229] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,第一非柱状部具有 3 μm 或以上且 50 μm 或以下的厚度。

[0230] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,第一非柱状部包括荧光物质的晶体为大体球形或不定形的非柱状晶体的群,并且被包括在第一非柱状部中的非柱状晶体的至少一部分在垂直于第一非柱状部的厚度方向的面内方向上被融合。

[0231] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,闪烁体包括第二非柱状部,该第二非柱状部设置在柱状部的第一非柱状部侧的相对侧。

[0232] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,第二非柱状部包括荧光物质的晶体为大体球形或不定形的非柱状晶体的群,并且被包括在第二非柱状部中的非柱状晶体的至少一部分在垂直于第二非柱状部的厚度方向的面内方向上被融合。

[0233] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,第一非柱状部的孔隙率小于第二非柱状部的孔隙率。

[0234] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,第一非柱状部的厚度小于所述第二非柱状部的厚度。

[0235] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,光检测器包括传感器板,该传感器板包括光电变换器件,并且该传感器板接合到闪烁体的第一非柱状部侧的一部分。

[0236] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,第一非柱状部设置在柱状部的晶体生长方向的前端部的至少柱状晶体之间以平坦化闪烁体。

[0237] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,光检测器包括形成有光电变换器件的传感器板,并且通过气相沉积方法将闪烁体气相沉积在传感器板上。

[0238] 并且,在本说明书中公开的放射线图像检测装置中,闪烁体的第一非柱状部和柱状部以该顺序形成在传感器板上,并且第一非柱状部内的、传感器板的最外层相接触的一部分具有 0 或大体 0 的孔隙率。

[0239] 并且,在本说明书中所公开的放射线图像检测装置中,闪烁体被保护膜覆盖。

[0240] 并且,在本说明书中所公开的放射线图像检测装置中,保护膜是聚对二甲苯。

[0241] 并且,在本说明书中所公开的放射线图像检测装置中,保护膜通过气相沉积方法被气相沉积。

[0242] 并且,在放射线图像检测装置,在闪烁体中,至少柱状部被形成成为包括 CsI 和 Tl。

[0243] 并且,在本说明书中所公开的放射线图像检测装置被构成为便携式盒。

[0244] 并且,本说明书公开制造如上所述的放射线图像检测装置的方法,其中,通过将荧光物质的晶体通过气相沉积方法沉积在支持体上,来将闪烁体的柱状部和第一非柱状部形成在所述支持体上,并且,通过改变在形成柱状部时的真空度、支持体温度、和蒸发率当中的至少一个条件来形成第一非柱状部。

[0245] 已经参照特定示范性实施例详细地描述了本发明。然而,对于本领域的技术人员来说显而易见的是,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以是以做出各种改变和修改。本申请是基于 2010 年 12 月 27 日提交的日本专利申请 No. 2010-291387,该专利的内容通过引用被包含在此。

[0246] 工业实用性

[0247] 本发明可以以高灵敏度和高清晰度检测放射线图像,并且因此,本发明在被嵌入在需要在低放射线照射剂量下检测清晰图像的各种设备内的同时被使用,包括诸如乳房 X 射线摄影的医疗诊断用 X 射线摄影器件。例如,器件具有宽的应用范围,因为它可以被用于非破坏性测试的工业使用的 X 射线摄影器件或用于检测除电磁波以外的微粒束(α 射线、 β 射线、 γ 射线)的器件。

[0248] 附图标记清单

[0249] 1 :X 射线图像检测装置(放射线图像检测装置)

[0250] 10 :闪烁体面板

[0251] 101 :支持体

[0252] 200 :闪烁体

[0253] 20 :柱状部

[0254] 20A :柱状晶体

[0255] 23 :第一非柱状部

[0256] 23A :非柱状晶体

[0257] 25 :第二非柱状部

[0258] 25A :非柱状晶体

[0259] 30 :保护膜

[0260] 40 :光检测器

[0261] 400 :传感器板

[0262] 50 :控制模块

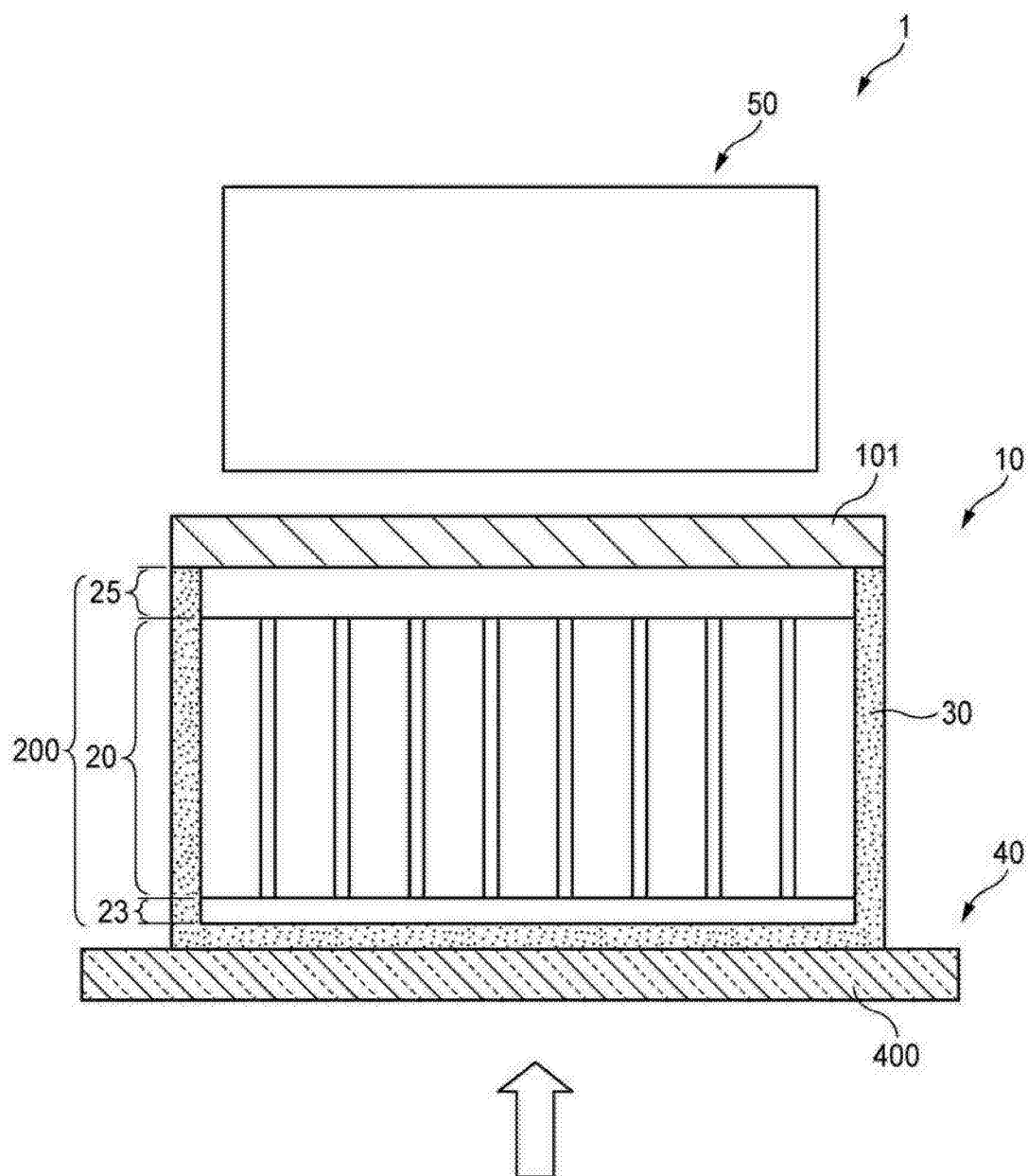


图 1

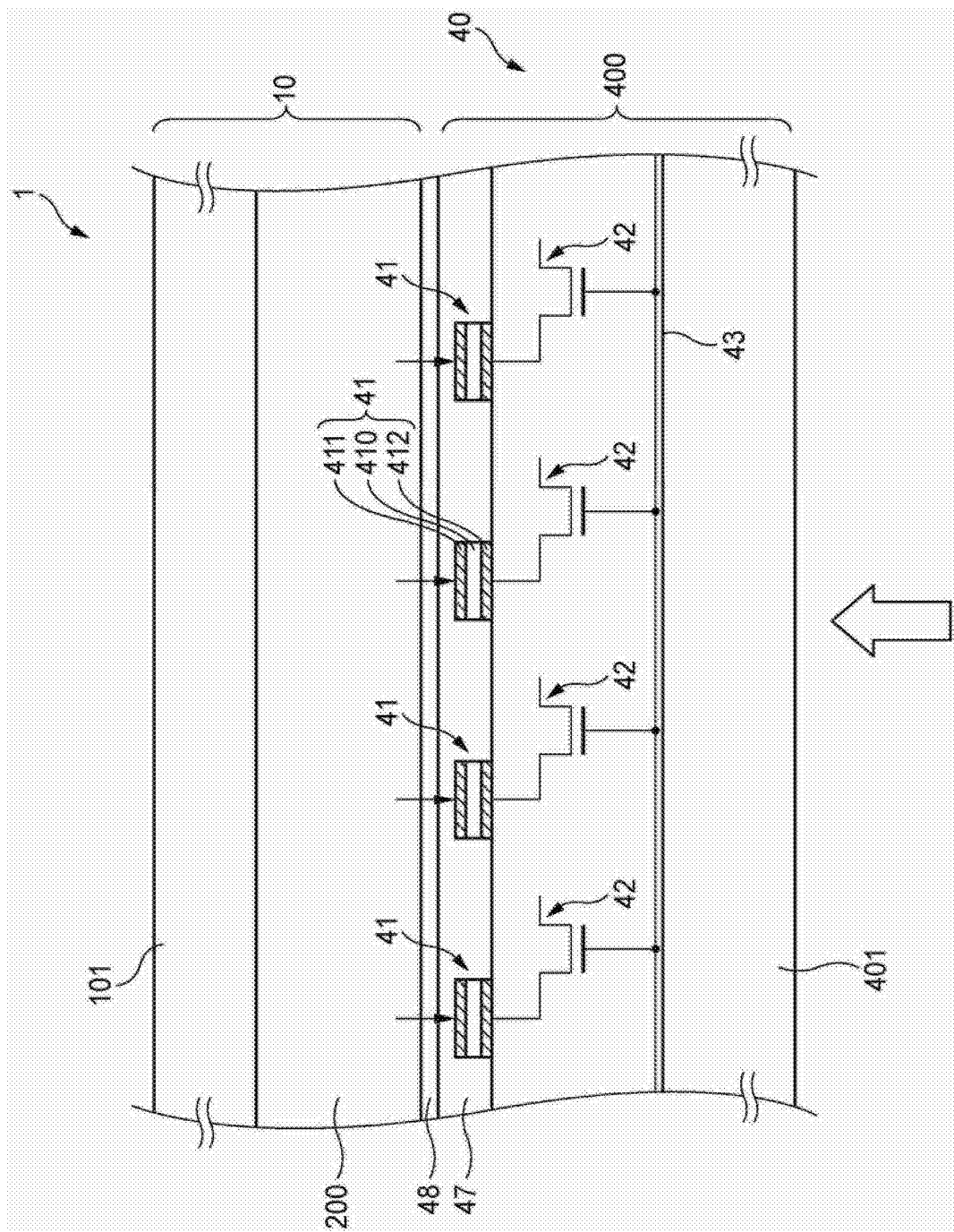


图 2

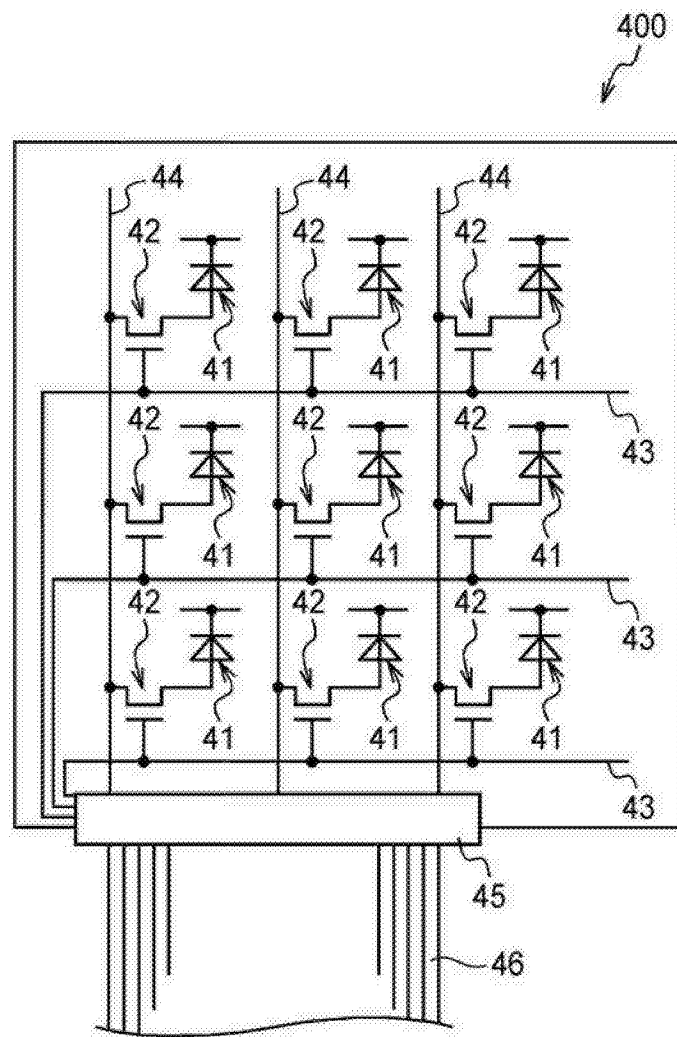


图 3

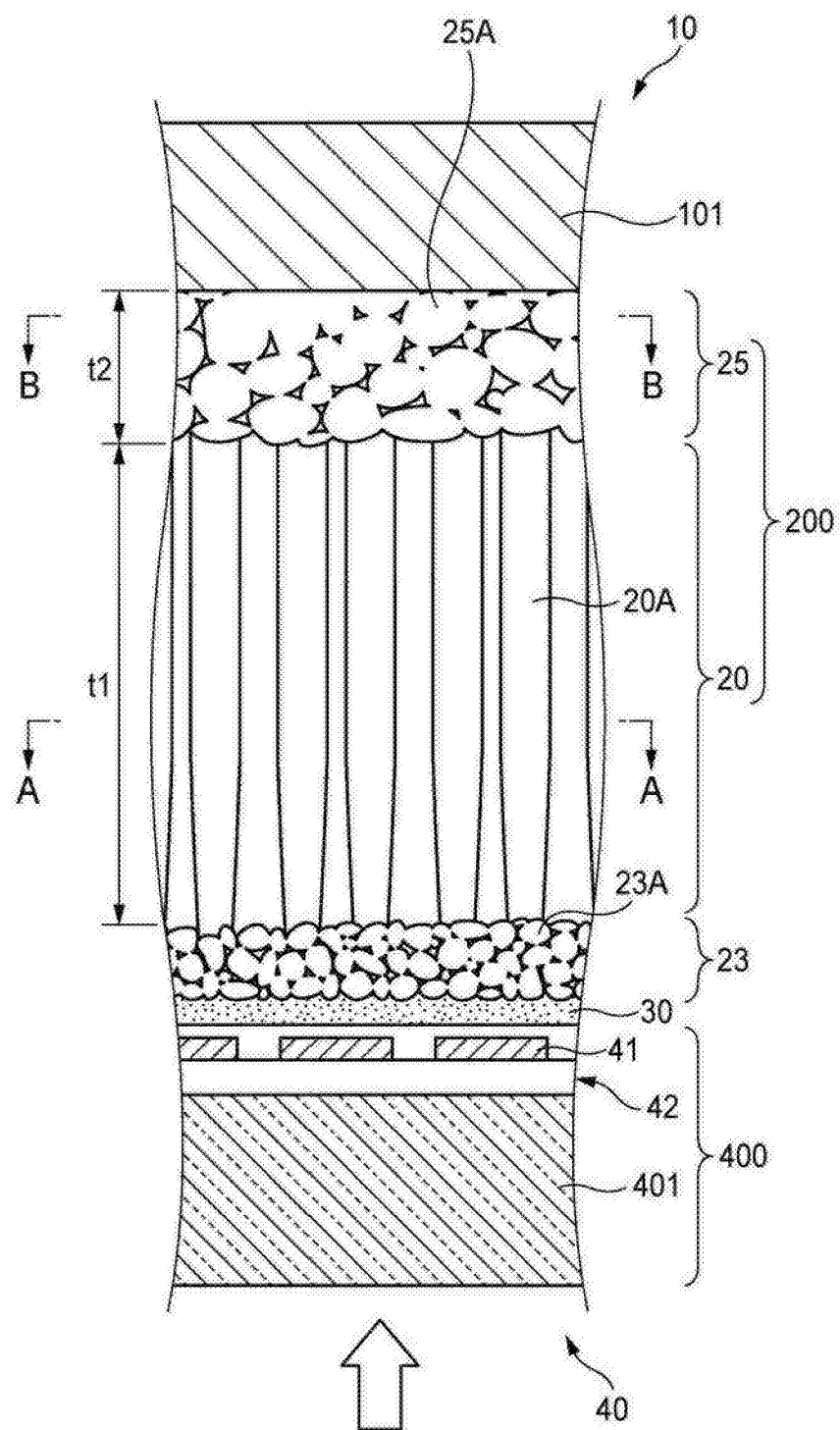


图 4

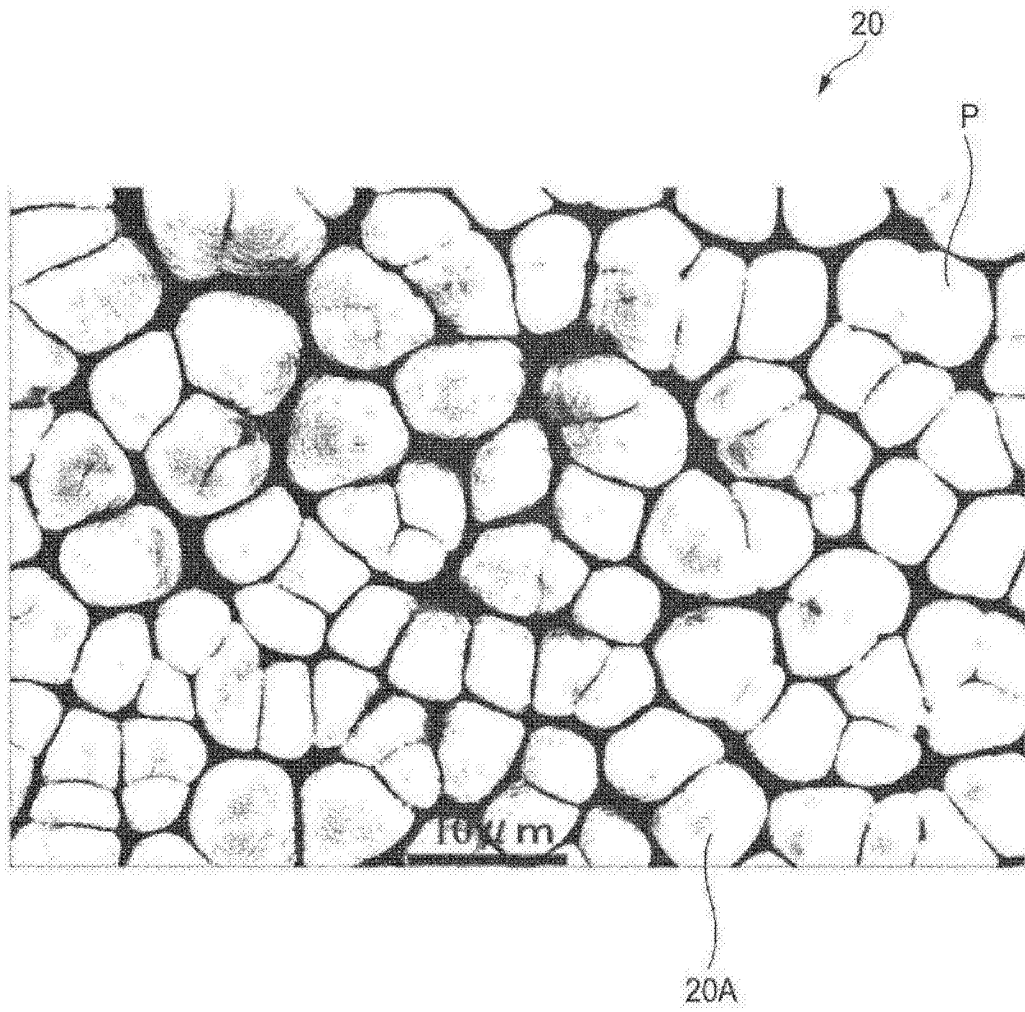


图 5

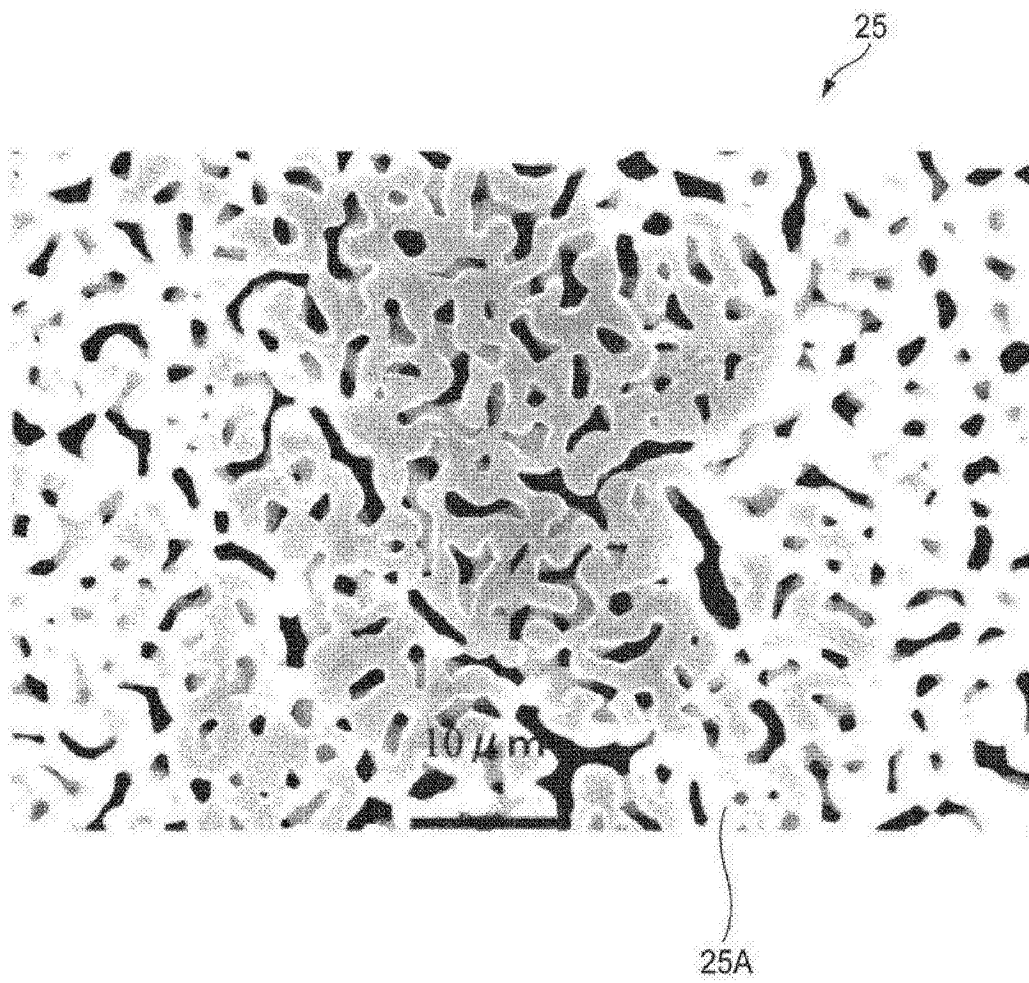


图 6

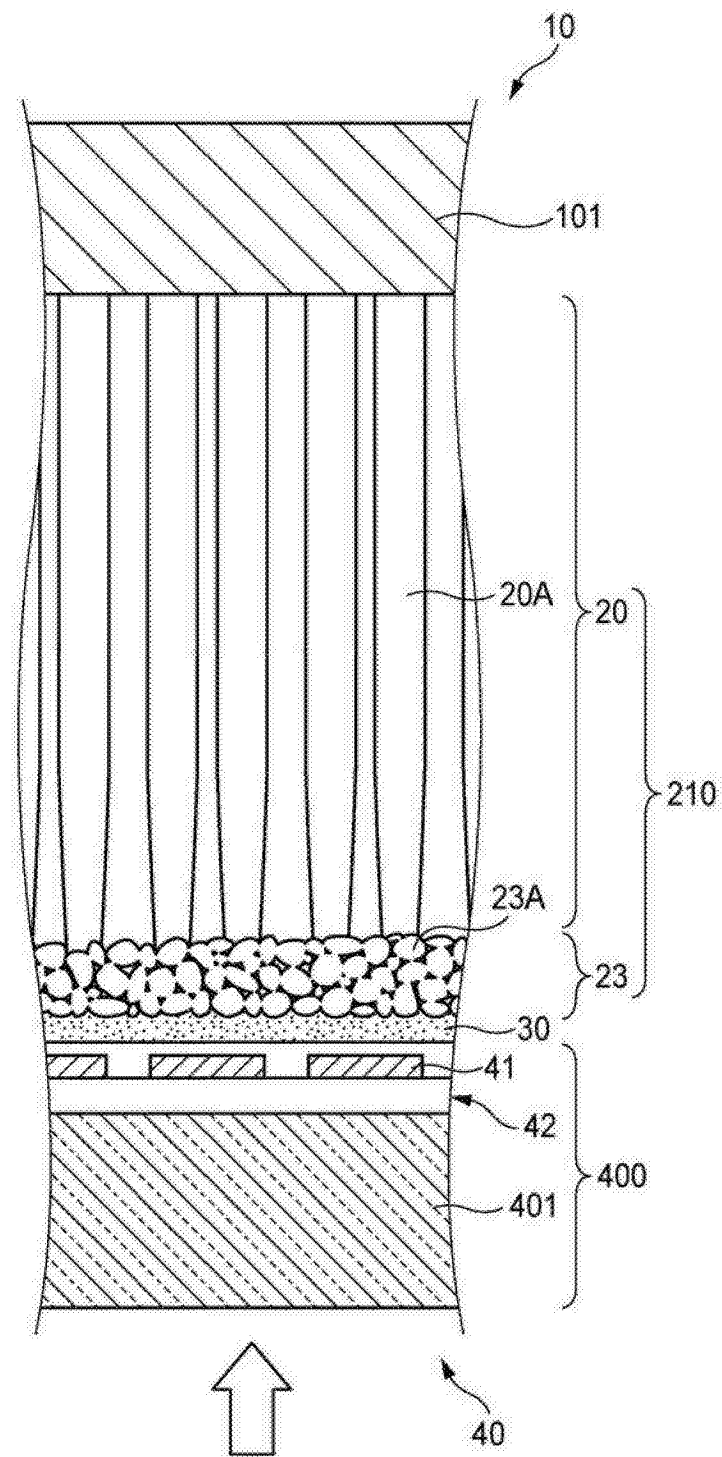


图 7

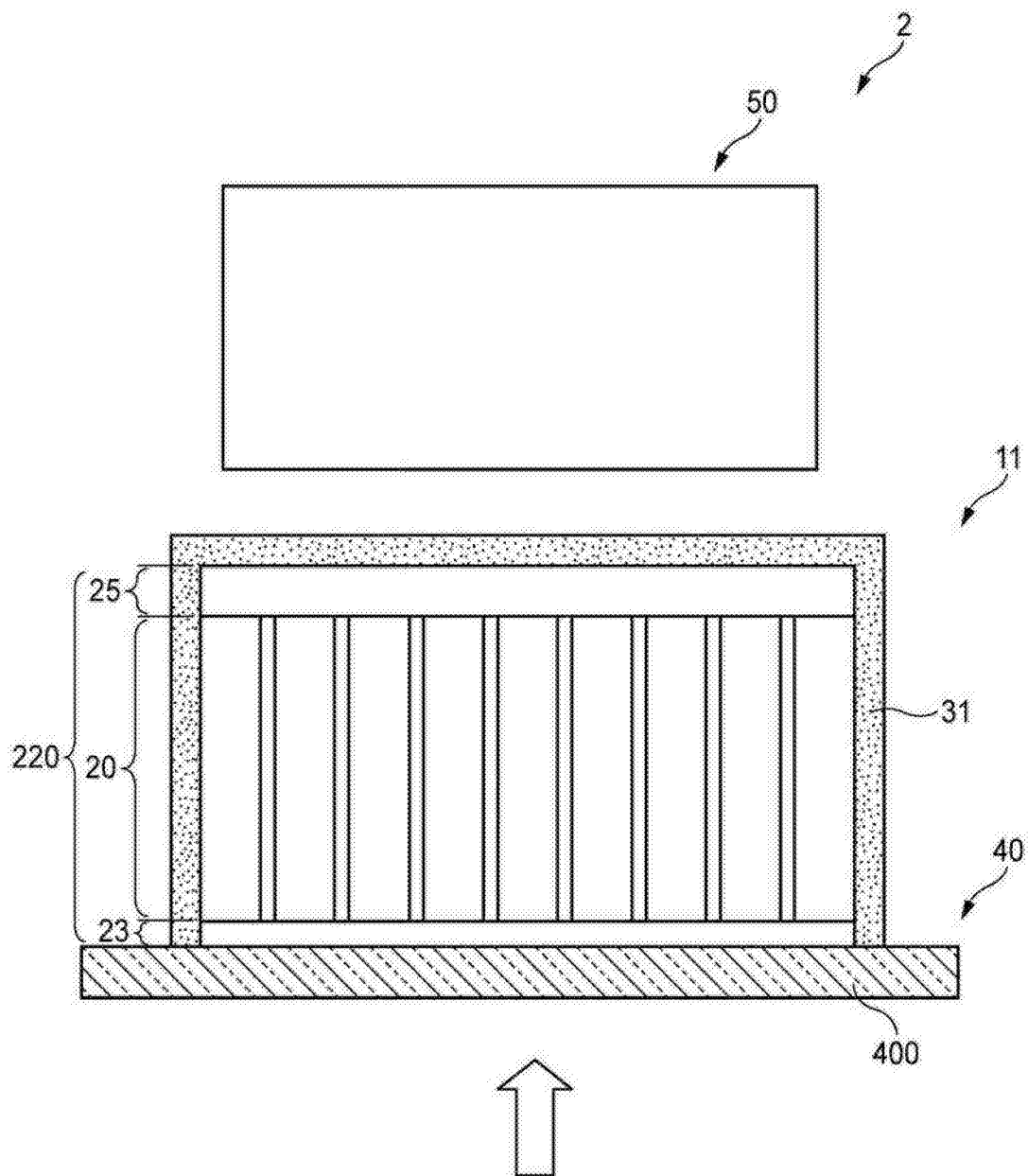


图 8

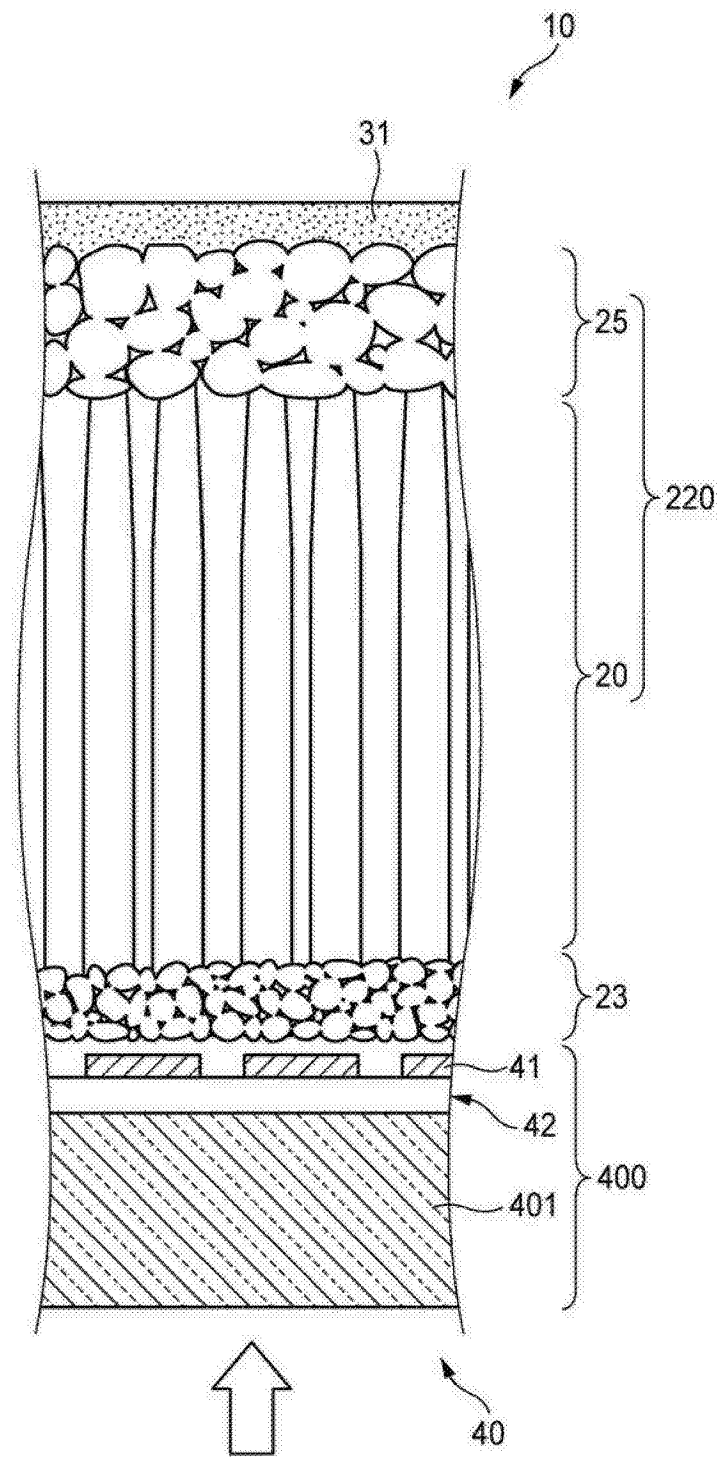


图 9