



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103543461 B

(45)授权公告日 2017.08.22

(21)申请号 201310291536.9

(22)申请日 2013.07.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103543461 A

(43)申请公布日 2014.01.29

(30)优先权数据
2012-156183 2012.07.12 JP

(73)专利权人 索尼公司
地址 日本东京

(72)发明人 川西光宏 草山育实 五十岚崇裕

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240
代理人 余刚 吴孟秋

(51)Int.Cl.

G01T 1/202(2006.01)

(56)对比文件

US 2011248186 A1, 2011.10.13,

审查员 詹晨希

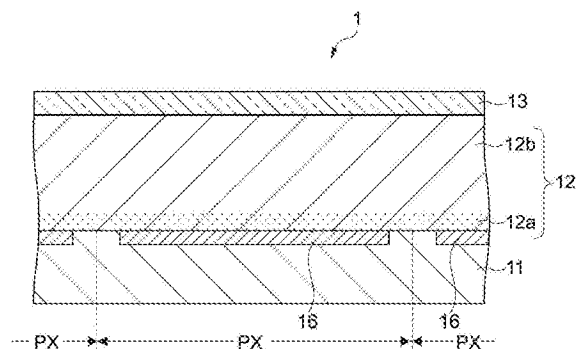
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

辐射检测器及其制造方法

(57)摘要

本发明公开了辐射检测器及其制造方法,其中该辐射检测器包括传感器基板和闪烁体层。传感器基板被配置为能够进行光电转换。闪烁体层包括第一区域和第二区域,第一区域包括激活剂,第二区域包括浓度小于在第一区域中激活剂的浓度的激活剂,闪烁体层被设置在传感器基板上,以使第一区域和第二区域被布置在闪烁体层的厚度方向,在厚度方向上,从闪烁体层的传感器基板一侧的端部开始布置第一区域。



1. 一种辐射检测器,包括:
传感器基板,被配置为能够进行光电转换;以及
闪烁体层,包括第一区域和第二区域,所述第一区域包括激活剂,所述第二区域包括浓度小于所述第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,所述闪烁体层被设置在所述传感器基板上以使所述第一区域和所述第二区域布置在所述闪烁体层的厚度方向上,并且在所述厚度方向上,所述第一区域布置在所述第二区域和所述传感器基板之间。
2. 根据权利要求1所述的辐射检测器,其中,
所述闪烁体层的厚度不小于 $300\mu\text{m}$ 并且不大于 $800\mu\text{m}$ 。
3. 根据权利要求2所述的辐射检测器,其中,
所述闪烁体层包括CsI的荧光体材料作为主要成分,并且所述激活剂包括Tl。
4. 根据权利要求3所述的辐射检测器,其中,
所述第一区域的厚度不小于所述闪烁体层厚度的2%并且不大于所述闪烁体层厚度的20%。
5. 根据权利要求4所述的辐射检测器,其中,
所述第一区域的厚度不小于所述闪烁体层厚度的5%并且不大于所述闪烁体层厚度的15%。
6. 根据权利要求4所述的辐射检测器,其中,
所述第一区域中的激活剂的浓度不小于所述第二区域中的激活剂的浓度的1.1倍并且不大于所述第二区域中的激活剂的浓度的1.3倍。
7. 根据权利要求6所述的辐射检测器,其中,
所述第一区域中的激活剂的浓度为所述第二区域中的激活剂的浓度的1.2倍。
8. 根据权利要求3所述的辐射检测器,其中,
所述第一区域的厚度不小于 $10\mu\text{m}$ 并且不大于 $100\mu\text{m}$ 。
9. 根据权利要求8所述的辐射检测器,其中,
所述第一区域的厚度不小于 $25\mu\text{m}$ 并且不大于 $75\mu\text{m}$ 。
10. 根据权利要求8或9所述的辐射检测器,其中,
所述第一区域中的激活剂的浓度不小于所述第二区域中的激活剂的浓度的1.1倍并且不大于所述第二区域中的激活剂的浓度的1.3倍。
11. 根据权利要求10所述的辐射检测器,其中,
所述第一区域中的激活剂的浓度为所述第二区域中的激活剂的浓度的1.2倍。
12. 根据权利要求1所述的辐射检测器,其中,
所述闪烁体层包括多个柱状晶体。
13. 一种辐射检测器,包括:
传感器基板,被配置为能够进行光电转换;
对向基板,被设置为面向所述传感器基板;以及
闪烁体层,在所述传感器基板和所述对向基板之间以不小于 $300\mu\text{m}$ 并且不大于 $800\mu\text{m}$ 的厚度设置在所述传感器基板上,所述闪烁体层包括第一区域和第二区域,所述第一区域包括激活剂并且被设置为具有不小于 $10\mu\text{m}$ 并且不大于 $100\mu\text{m}$ 的厚度,所述第二区域包括浓度小于所述第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,所述闪烁体层被设置为所述第一区域和所

述第二区域布置在所述闪烁体层的厚度方向上,并且在所述厚度方向上,所述第一区域布置在所述第二区域和所述传感器基板之间。

14.一种辐射检测器的制造方法,包括:

在传感器基板上形成第一区域,所述第一区域包括激活剂,所述传感器基板被配置为能够进行光电转换;以及

通过在所形成的第一区域上形成第二区域来形成闪烁体层,所述第二区域包括浓度小于所述第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,所述闪烁体层包括所述第一区域和所述第二区域。

15.一种辐射检测器的制造方法,包括:

在对向基板上形成第一区域,所述第一区域包括激活剂并且被设置为具有不小于 $10\mu\text{m}$ 并且不大于 $100\mu\text{m}$ 的厚度;以及

通过在所形成的第一区域上形成第二区域来形成闪烁体层,所述第二区域包括浓度小于所述第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,所述闪烁体层包括所述第一区域和所述第二区域并且具有不小于 $300\mu\text{m}$ 并且不大于 $800\mu\text{m}$ 厚度。

辐射检测器及其制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及用于医疗用途的射线摄影、非破坏性的检查等的辐射检测器及其制造方法。

背景技术

[0002] 在日本专利申请特开号2008-051793中公开的辐射检测装置包括：传感器基板，包括光检测器，以及闪烁体层，设置在传感器基板上。闪烁体层包括柱状晶体的聚合，并且该闪烁体层的浓度分布为使诸如铊(Tl)这样的激活剂的浓度，在辐射入射侧高，而在光检测器侧低。通过设置具有这样的浓度分布的闪烁体层，发光量增加(参见，例如，日本专利申请特开号2008-051793中的说明书中的段落[0032]、[0034]和[0093])。

发明内容

[0003] 为了实现具有高灵敏度的辐射检测器，需要进一步设计辐射检测器的配置。

[0004] 有必要提供一种具有高灵敏度的辐射检测器及其制造方法。

[0005] 根据本公开的一个实施方式，提供了一种辐射检测器，其包括传感器基板和闪烁体层。

[0006] 传感器基板被配置为能够进行光电转换。

[0007] 闪烁体层包括第一区域和第二区域，第一区域包括激活剂，第二区域包括浓度小于在第一区域中激活剂的浓度的激活剂。此外，闪烁体层被设置在传感器基板上，以使第一区域和第二区域布置在闪烁体层的厚度方向，并且在厚度方向上，从闪烁体层的传感器基板一侧的端部开始布置第一区域。

[0008] 激活剂的浓度分布被设置为使靠近传感器基板的第一区域中的激活剂浓度大于远离传感器基板的第二区域中的激活剂浓度。因此，可以形成具有良好的辐射转换效率特性的闪烁体层可以形成。具体而言，可以实现具有高灵敏度的辐射检测器。

[0009] 闪烁体层的厚度可以不小于300 μm 并且不大于800 μm 。

[0010] 闪烁体层可以包括CsI的荧光体材料作为主要成分，而激活剂可以是Tl。

[0011] 第一区域的厚度可以不小于闪烁体层厚度的2%并且不大于闪烁体厚度的20%。可选地，第一区域的厚度可以不小于闪烁体层厚度的5%并且不大于该闪烁体层厚度的15%。

[0012] 第一区域中的激活剂的浓度可以不小于第二区域中激活剂浓度的1.1倍并且不大于第二区域中激活剂浓度的1.3倍。可选地，第一区域中的激活剂的浓度可以是第二区域中激活剂浓度的1.2倍。

[0013] 根据本公开的另一个实施方式的辐射检测器包括传感器基板、对向基板和闪烁体层。

[0014] 传感器基板被配置为能够进行光电转换。

[0015] 对向基板被设置为面向传感器基板。

[0016] 在传感器基板与对向基板之间，闪烁体层被设置在传感器基板上，使其厚度不小

于 $300\mu\text{m}$ 并且不大于 $800\mu\text{m}$ 。闪烁体层包括第一区域和第二区域,第一区域包括激活剂并且被设置为其厚度不小于 $10\mu\text{m}$ 并且不大于 $100\mu\text{m}$,第二区域包括浓度小于第一区域中的激活剂的浓度的激活剂。此外,在传感器基板上,闪烁体层被设置为使第一区域和第二区域布置在闪烁体层的厚度方向,并且在厚度方向上从闪烁体层的对向基板一侧的端部开始布置第一区域。

[0017] 在辐射检测器中,与上述辐射检测器的配置相比,激活剂的浓度分布被设置为使靠近对向基板的第一区域中的激活剂浓度大于远离对向基板的第二区域中的激活剂浓度。在这种情况下,通过将第一区域的厚度设置在上述值的范围之内,可以获得具有良好的辐射转换效率特性的闪烁体层。具体而言,可以获得具有高灵敏度的辐射检测器。

[0018] 根据本公开实施方式的一种制造辐射检测器的方法包括:在传感器基板上形成第一区域,第一区域包括激活剂,传感器基板被配置为能够进行光电转换。

[0019] 通过在已形成的第一区域上形成第二区域来形成闪烁体层,第二区域包括浓度小于第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,闪烁体层包括第一区域和第二区域。

[0020] 根据本公开的另一个实施方式的辐射检测器的制造方法包括:在对向基板上形成第一区域,第一区域包括激活剂并且被设置为其厚度不小于 $10\mu\text{m}$ 并且不大于 $100\mu\text{m}$ 。

[0021] 通过在已形成的第一区域上形成第二区域来形成闪烁体层,第二区域包括浓度小于在第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,闪烁体层包括第一区域和第二区域,并且闪烁体层的厚度不小于 $300\mu\text{m}$ 并且不大于 $800\mu\text{m}$ 。

[0022] 根据本公开,可以获得具有高灵敏度的辐射检测器。

[0023] 如附图所示,鉴于如下对本发明的最佳模式实施方式的详细描述,本发明公开的这些和其他目标、特征和优点将会变得更加明显。

附图说明

[0024] 图1示出了根据本公开的一个实施方式的辐射检测器的横截面配置的一部分;

[0025] 图2示意性地示出了传感器基板上的像素部分和设置在像素部分外围区域上的像素驱动电路的例子;

[0026] 图3示出了由图2所示的像素驱动电路驱动的像素电路的一个例子;

[0027] 图4示意性地示出了真空沉积装置,其主要用于制造辐射检测器中的闪烁体层;

[0028] 图5是示出了通过使用真空沉积装置制造闪烁体层的一种方法的流程图;

[0029] 图6示意性地示出了着眼于根据本公开的一个实施方式的闪烁体层中的柱状晶体的沉积的初始状态,;

[0030] 图7示意性地示出了着眼于根据本公开的一个比较例的闪烁体层中的柱状晶体的沉积的初始状态,;

[0031] 图8是示出了在激活剂的浓度分布恒定的情况下、以及在通过形成高浓度区形成基底的情况下的柱状晶体或闪烁体层的属性的表格;

[0032] 图9是示出了闪烁体层中T1的浓度分布(%按重量计算)的曲线图,在图8所示的闪烁体层中,其高浓度区域的厚度为 $25\mu\text{m}$;以及

[0033] 图10是示出了通过将高浓度区域的厚度固定到 $25\mu\text{m}$ 并且改变T1浓度比而形成的闪烁体层的特性表格。

具体实施方式

[0034] 在下文中,将参照附图对根据本公开的实施方式进行了说明。

[0035] 图1示出了根据本公开的一个实施方式的辐射检测器的横截面配置的一部分。

[0036] [辐射检测器的配置]

[0037] 辐射检测器1是一个面板,其将以 α 射线、 β 射线、 γ 射线和X射线为代表的放射线转换为可见光以接收光,并读取基于辐射的图像信息作为电信号。辐射检测器1被有利地用作X射线成像装置,不仅用于医疗用途,还用于其他的非破坏性的检查,如行李检查。辐射检测器1包括传感器基板11、设置在传感器基板11上的闪烁体层12,以及设置在闪烁体层12上的反射层13。在反射层13上,可以形成保护膜(图中未示出)。

[0038] (传感器基板)

[0039] 在图1中,简单地描述了传感器基板11的配置。传感器基板11包括,包括多个能够进行光电转换的像素PX的像素部分(将在后面描述的像素部分10)。传感器基板11被配置为使用于驱动像素部分10的像素驱动电路被设置在像素部分10的外围区域。如图1所示,像素部分10包括诸如TFT(薄膜晶体管)的开关元件(将在后面描述的晶体管Tr),以及是用于每个像素PX的光电转换元件的光电二极管16。公知的各种配置和安排可以应用到所述元件。

[0040] 从耐久性或减少重量的观点出发,传感器基板11的厚度最好为50到1000 μm 。将在后面描述传感器基板11中的像素部分10的细节(像素电路和横截面配置),以及外围电路(像素驱动电路)的配置。

[0041] (闪烁体层)

[0042] 闪烁体层12是含有辐射荧光体的层,该层响应辐射的照射发出荧光。使用一种从辐射吸收能量的材料作为荧光体材料,该材料具有将能量到300nm至800nm波长的电磁波(即,以可见光为中心从紫外线到红外线的范围内的电磁波(光))的高转换效率,并易于通过沉积形成柱状晶体结构。这是因为,正如后面将要描述的,通过形成柱状晶体结构,可防止可见光通过光导效应在晶体中散射,并且闪烁体层12的膜厚度可以增厚,从而获得高的图像分辨率。

[0043] 作为一种特定的荧光体材料,使用CsI作为主要成分,并使用例如Tl作为激活剂来提高发光效率是有利的。此外,可以使用NaI作为主要成分,而可以使用Na作为激活剂。

[0044] 例如,闪烁体层12的厚度最好不小于300 μm 并且不大于800 μm 。

[0045] 如上所述,闪烁体层12包括多个柱状晶体。将参照图6在后面详细说明柱状晶体。

[0046] 如图1所示,闪烁体层12主要包括一个两层的区域。具体而言,闪烁体层12包括:高浓度区域(第一区域)12a,其具有相对高浓度的激活剂;以及低浓度区域(第二区域)12b,其具有浓度小于第一区域中激活剂浓度的激活剂。

[0047] 如上所述,在闪烁体层12的整个厚度不小于300 μm 并且不大于800 μm ,例如500 μm ,以及荧光体材料中含有CsI和Tl的情况下,高浓度区域12a的厚度可以被设置为不小于10 μm 并且不大于100 μm (不小于闪烁体层厚度的2%并且不大于闪烁体层厚度的20%)。高浓度区域12a的厚度最好可以被设定为不小于25 μm 并且不大于75 μm (不小于闪烁体层厚度的5%并且不大于闪烁体层厚度的15%)。所述比例可以被普遍化和一般化,而并不限于闪烁体层的厚度为500 μm 的情况。

[0048] 此外,高浓度区域12a中T1的浓度最好可以被设置为不小于低浓度区域12b中T1浓度的1.1倍并且不大于低浓度区域12b中T1浓度的1.3倍。在后面说明闪烁体层12的制造方法时,将说明对值范围设置的原因。

[0049] (反射层)

[0050] 可以使用诸如Al、Ag和Cu这样的金属膜、通过在树脂中混合诸如TiO₂和BaCO₃这样的颗粒而获得的片材等作为反射层13。

[0051] [传感器基板的配置]

[0052] (像素部分和外围电路)

[0053] 图2示意性地示出了传感器基板11的像素部分10和设置在像素部分10的外围区域上的像素驱动电路的例子。如上所述,在传感器基板11中,用于驱动像素部分10的电路部分15被设置在像素部分10的外围。在像素部分10中,包括光电二极管16和晶体管的像素(单位像素)PX以矩阵模式布置。各像素PX被连接到像素驱动线27(具体地,行选择线)和信号线28。

[0054] 电路部分15包括例如行扫描单元23、列扫描单元25和系统控制单元26。行扫描单元23被配置为包括移位寄存器、地址译码器等,并且通过将驱动信号经由像素驱动线27提供给像素部分10,驱动行单元中的像素部分10。列扫描单元25包括移位寄存器、地址译码器等。列扫描单元25根据设置在各像素PX上的光电二极管16的所接收的光的量来顺序地接收从信号线输出的信号,并将信号输出到外部。

[0055] 应该指出的是,包括行扫描单元23、列扫描单元25和系统控制单元26的电路部分可以是集成在传感器基板11上的电路,或者可以是被布置在连接到传感器基板11的外部控制IC(集成电路)上的电路。此外,电路部分可以形成在另一个基板上,其通过电缆等连接。

[0056] 系统控制单元26接收到从外部给定的时钟、用于指示操作模式的数据等,并且输出诸如辐射检测器1的内部信息这样的数据。系统控制单元26还包括被配置为生成各种定时信号的定时发生器,并且基于由定时发生器生成的各种定时信号来控制行扫描单元23、列扫描单元25等的驱动。

[0057] 图3示出了由图2所示的像素驱动电路驱动的像素PX的电路(像素电路20)的一个例子。

[0058] 像素电路20是例如使用无源矩阵驱动方法的电路,并且包括光电二极管16、电容器138和晶体管Tr。

[0059] 光电二极管16是根据入射光的量(所接收的光的量)产生一定量的信号电荷的器件。光电二极管16和电容器138被并联连接到基准电位V_{xref}的供给线174。具体而言,光电二极管16被连接在供应线174和存储节点N之间,该存储节点为电容器138的一端。

[0060] 行操作信号(读取信号)V_{read}被提供给行选择线27。晶体管Tr的栅极被连接到行选择线27,而源极和漏极分别被连接到存储节点N和信号线28。通过将对应于行操作信号V_{read}的电压施加到晶体管Tr的栅极,取决于光电二极管16接收到的光的量的、被存储在电容器138中的一定量的信号电荷,通过存储节点N被输出到信号线28。

[0061] [用于制造闪烁体层的装置]

[0062] 图4示意性地示出了作为主要用于制造辐射检测器1中的闪烁体层12的装置的真空沉积装置。

[0063] 真空沉积装置100包括真空室120、通过真空室120中的排气口127连接的真空泵150、将预定气体引入到真空室120的气体导入单元160。此外,真空沉积装置100包括:固定基板(在本实施方式中,传感器基板11)的基板支架130,该基板支架130被设置在真空室120中,以及加热蒸发单元140,被设置在真空室120中并蒸发荧光体材料。

[0064] 加热蒸发单元140包括例如CsI粉末的蒸发源141和TlI粉末的蒸发源142作为荧光体材料。通常通过将粉末包含在各自的蒸发容器中来配置蒸发源141和142。通过加热机制(加热器或电子束)(未示出),蒸发源141和142分别在相应温度下被加热。此外,在传感器基板11与蒸发源141和142之间,设置了开闭器(shutter)(未示出),用于荧光体材料轨迹的中断或释放。

[0065] 基板支架130可以被配置为能够旋转。因此,可以形成具有诸如在基板平面上的均匀膜厚度这样的膜性能的闪烁体层。

[0066] [闪烁体层的制造方法]

[0067] 图5是示出了通过使用真空沉积装置制造闪烁体层的一种方法的流程图。

[0068] 在开始操作之前,首先通过真空沉积装置100进行设置(步骤101)。设置包括通过基板支架130固定传感器基板11,以及注射蒸发源141和142(将CsI粉末和TlI粉末注射到蒸发容器中)。

[0069] 真空室120被抽空(步骤102)。抽空后真空室120中的压力被设置为例如下不大于 5.0×10^{-4} Pa。

[0070] 预定的气体被引入到真空室120中(步骤103)。例如,可以引入Ar气(或其它惰性气体),气体的流速由质量流量计等控制。以这种方式,真空室120中的压力被调整为例如下0.1Pa。

[0071] 在加热蒸发单元140中执行初步加热,直到相应的蒸发源141和142的温度变得适合于开始沉积(步骤104)。在沉积开始之前,开闭器是关闭的。

[0072] 开闭器(未示出)被打开,沉积开始(步骤105)。然后,沉积继续,直到闪烁体层具有预定膜厚度(例如,500 μ m)。闪烁体层形成后,按需进行热处理。

[0073] 在沉积过程中,例如,通过使用膜厚度传感器(例如,采用两个晶体振荡器的公知传感器)监视CsI和TlI的蒸发速率(沉积速率),控制将要形成的膜的Tl浓度。举例来说,膜厚度传感器可以被布置在由真空室120中的由基板支架130固定的基板的周边。具体而言,施加到蒸发源141和142相应加热机制的电流值(或电压值)被控制为使蒸发速率变为预定的蒸发速率。

[0074] 事实上,预先创建了蒸发速率(膜厚度)或浓度相对于晶体振荡器的振荡频率的校准曲线。具体而言,频率、蒸发速度和浓度由表格或函数表征,其可以相互转换,并且可以通过真空沉积装置100中的控制单元(图中未示出)将表格或函数存储在存储器中。在沉淀过程中,控制单元使用该数据来执行控制,从而获得膜厚方向上期望的Tl的浓度分布。

[0075] 在本实施方式中,如上所述,通过在沉淀的初始阶段增加Tl的浓度,在闪烁体层12的厚度方向上,可以从闪烁层12的传感器基板11侧的端部(最靠近传感器基板11侧面的部分)开始形成Tl的高浓度区域12a。在此之后,通过控制沉积速率以使Tl的浓度减小,Tl的低浓度区域12b在高浓度区域12a上形成。因此,形成了具有良好的辐射转换效率特性的闪烁体层。具体而言,可以获得具有高灵敏度的辐射检测器。

[0076] 通过激活剂的浓度分布实现高灵敏度和高分辨率的原理如下所述。

[0077] 图6示意性地示出了着眼于柱状晶体的沉积的初始状态。图7是根据本公开的比较例的图,是示出整个闪烁体层中激活剂的浓度分布恒定的情况下的柱状晶体的示意图。

[0078] 如图7所示,激活剂的浓度分布恒定的情况下的柱状晶体225形成,以使在生长的初始阶段,多个小球225a互相重叠。因此,光线很容易漫射,而分辨率降低。此外,在生长的初始阶段存在具有低结晶度的小球,或者初始阶段的从球生长而来的圆柱具有小的直径。其结果是,亮度低。

[0079] 另一方面,在根据本公开实施方式的柱状晶体125的情况下,在晶体生长初始阶段,球125a的尺寸大,一个柱状晶体和与其相邻的外围柱状晶体之间的隔离得到改善。因此,分辨率提高。此外,由于在生长初始阶段的部分大,亮度得到改善。

[0080] 因为足够多的柱状晶体在像素PX的区域中形成(参见图1),即使柱状晶体125和与其相邻的外围柱状晶体125之间的隔离低,仍认为分辨率或亮度没有降低。然而,这是不正确的。如以下的实验例所示,存在一个高浓度区域的厚度(或将在后面描述的T1浓度比)的有利范围,在该范围内,随着到达相邻的柱状晶体的光的量变得更小,分辨率变得更高。

[0081] 图8是表格,示出了在没有形成高浓度区域(高浓度区域的厚度为0 μm ,即,激活剂的浓度分布恒定)的情况下,以及在通过形成高浓度区(高浓度区域的厚度为25至100 μm)形成基底的情况下,柱状晶体或闪烁体层的属性。该表格示出了从本公开的发明者所进行的实验所获得的结果。

[0082] 在实验中,CsI被用作荧光体材料的主要成分,而Tl被用作激活剂。闪烁体层的厚度为500 μm 。正如后面将要描述的,在图8所示的表格中,高浓度区域中Tl的浓度(Tl的平均浓度)与低浓度域中Tl的浓度(Tl的平均浓度)的比率(以下简称为浓度比)固定在1.2倍。

[0083] 此外,在图8中,具有恒定浓度分布的闪烁体层的分辨率和亮度被视为100%,其被用作参考,并且示出了其中形成高浓度区域的闪烁体层的分辨率和亮度(亮度比)。

[0084] 在图8中,测量图6所示的柱状晶体125的根部(离传感器基板最近的端部)和顶部(tip portion)(离传感器基板最远的端部)的直径(宽度)a和b的方法如下。在测量顶部直径的方法中,根据本公开,在闪烁体层的沉积之后用导电材料涂覆闪烁体层的上表面(与传感器基板11相对的表面),从用扫描电子显微镜获得的图像中随机选择了30个柱状晶体作为样品,测量柱状晶体的直径,并计算出所测得的直径的平均值。直径为等效圆直径。另一方面,在测量根部直径的方法中,在闪烁体层的沉积之后,从传感器基板除去闪烁体层,除去的表面涂有导电材料,从用扫描电子显微镜获得的图像中随机选择30个柱状晶体作为样品,测量柱状晶体的直径,并计算出所测得的直径的平均值。直径为等效圆直径。

[0085] 此外,利用刃边法,本公开使用厚度为1mm的钨板来计算MTF(调制传递函数),并评估在1lp/mm的分辨率。所用的辐射质量为RQA5。应当指出的是,顶部的宽度b是柱状晶体125的顶部附近具有最大直径的位置处的值。

[0086] 从实验结果可以发现,已经形成高浓度区域的闪烁体层的亮度和分辨率得到改善。特别是,在高浓度区域的厚度不小于25 μm 并且不大于50 μm 的情况下,分辨率和亮度得到改善。即使在高浓度区域的厚度为75 μm 的情况下,分辨率是98%,这几乎与具有恒定的浓度分布的闪烁体层中的分辨率是一样。具体而言,高浓度区域的厚度最好小于25 μm 并且不大于50 μm (不小于闪烁体层厚度的5%并且不大于闪烁体层厚度的15%)。

[0087] 此外,具有恒定浓度分布的闪烁体层中的柱状晶体顶部的宽度 b 和柱状晶体根部的宽度 a 的比($b/a=5.0/1.1$)大于形成高浓度区域的情况中的相应比例。在这种情况下,高浓度区域的厚度是 $25\mu\text{m}$ 至 $75\mu\text{m}$ 的情况下的 b/a 如下。

[0088] 厚度为 $25\mu\text{m}$: $b/a=1.514$

[0089] 厚度为 $50\mu\text{m}$: $b/a=1.757$

[0090] 厚度为 $75\mu\text{m}$: $b/a=2.675$

[0091] 具体而言,在高浓度区域的厚度是 25 至 $75\mu\text{m}$ 的情况下, b/a 最好是 1.5 到 2.7 。另一方面,在具有恒定浓度分布的柱状晶体的情况下, b/a 为 4.545 。

[0092] 图9是曲线图,示出了闪烁体层中T1的浓度分布(%按重量计算),图8所示的闪烁体层中的高浓度区域的厚度为 $25\mu\text{m}$ 。测定浓度分布的方法如下。

[0093] 测量通过在使用CP(横截面抛光)方法制备的横截面样本上沉积碳获得的样本。

[0094] 由EPMA(电子探针显微分析仪)测量深度方向(厚度方向)上闪烁体层的横截面轮廓。

[0095] 加速电压为 15kV ,照射电压为 15kV ,照射电流为 40nA 。

[0096] 测量时间为 30msec ,光束的尺寸为 $1\mu\text{m}$ 。

[0097] 对高浓度区域和低浓度区域中T1浓度的平均值进行了计算,所计算出的平均值的比值为上述的T1浓度比。

[0098] 高浓度区域的开始点是由测量装置检测到信号的第一位置,低浓度区域的结束点是没有检测到信号的第一位置。

[0099] 图10是表格,示出了通过将高浓度区域的厚度固定到 $25\mu\text{m}$ 并且改变T1浓度比而形成的闪烁体层的特性。如图8的表格,其中T1浓度比为 1.0 (即未形成高浓度区)的闪烁体层的分辨率和亮度为 100% 。

[0100] 在其中T1浓度比范围是从 1.1 至 1.3 的闪烁体层中,分辨率和亮度比得到改善。在闪烁体层中,在其中T1浓度比为 1.2 的闪烁体层是最佳的。因此,从传感器基板11侧具有最高的激活剂浓度(%按重量计算)的位置开始,浓度不大于远离传感器基板11的方向上最高浓度的 $10/11$ (约 0.91 (倒数为 1.1))的第一位置,可以被定义为高浓度区域和低浓度区域之间的边界。

[0101] 在T1浓度比是 1.1 至 1.3 的情况下, b/a 如下。

[0102] T1浓度比为 1.1 : $b/a=2.364$

[0103] T1浓度比为 1.2 : $b/a=1.51$

[0104] T1浓度比为 1.3 : $b/a=1.182$

[0105] 具体地,在T1浓度比是 1.1 至 1.3 的情况下, b/a 最好是 1.2 至 2.4 。

[0106] [其他实施方式]

[0107] 本公开的实施方式不限于上述实施方式,可以进行各种修改。

[0108] 辐射检测器可以在闪烁体层上包括用于密封的对向基板。

[0109] 在设置了对向电极的情况下,例如,作为一种辐射检测器的制造方法,闪烁体层可以通过上述沉积过程在对向基板上形成。在这种情况下,闪烁体层的制造方法与上述方法相同。

[0110] 在这种情况下,在对向基板侧上,闪烁体层被形成为厚度不小于 $300\mu\text{m}$ 并且不大于

800 μm 。在闪烁体层的厚度方向上,激活剂的高浓度区域最好被设置在闪烁体层中对向电极侧的端部(即,在沉积的初始阶段),而高浓度区域被形成为具有不小于10 μm 并且不大于100 μm 的厚度。

[0111] 本公开还可以采取以下配置。

[0112] (1)一种辐射检测器,包括:

[0113] 传感器基板,被配置为能够进光电转换;以及

[0114] 闪烁体层,包括第一区域和第二区域,第一区域包括激活剂,第二区域包括浓度小于在第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,闪烁体层被设置在传感器基板上,以使第一区域和第二区域在闪烁体层的厚度方向上布置,并且在厚度方向上,从闪烁体层的传感器基板一侧的端部开始布置第一区域。

[0115] (2)根据(1)的辐射检测器,其中,

[0116] 闪烁体层的厚度不小于300 μm 并且不大于800 μm 。

[0117] (3)根据(2)的辐射检测器,其中,

[0118] 闪烁体层包括CsI的荧光体材料作为主要成分,并且激活剂包括Tl。

[0119] (4)根据(3)的辐射检测器,其中,

[0120] 第一区域的厚度不小于闪烁体层厚度的2%并且不大于闪烁体层厚度的20%。

[0121] (5)根据(4)的辐射检测器,其中,

[0122] 第一区域的厚度不小于闪烁体层厚度的5%并且不大于闪烁体层厚度的15%。

[0123] (6)根据(4)或(5)的辐射检测器,其中,

[0124] 第一区域中的激活剂的浓度为不小于第二区域中的激活剂的浓度的1.1倍并且不大于第二区域中的激活剂的浓度的1.3倍。

[0125] (7)根据(6)的辐射检测器,其中,

[0126] 第一区域中的激活剂的浓度为第二区域中的激活剂的浓度的1.2倍。

[0127] (8)一种辐射检测器,包括:

[0128] 传感器基板,被配置为能够进行光电转换;

[0129] 对向基板,被设置以面向传感器基板;以及

[0130] 闪烁体层,在传感器基板和对向基板之间以不小于300 μm 并且不大于800 μm 的厚度被设置在的传感器基板上,闪烁体层包括第一区域和第二区域,第一区域包括激活剂并且被设置具有不小于10 μm 并且不大于100 μm 的厚度,第二区域包括浓度小于在第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,闪烁体层被设置为使第一区域和第二区域在闪烁体层的厚度方向上被布置,并且在厚度方向上,从闪烁体层的传感器基板一侧的端部开始布置第一区域。

[0131] (9)一种辐射检测器的制造方法,包括:

[0132] 在传感器基板上形成第一区域,第一区域包括激活剂,传感器基板被配置为能够进行光电转换;以及

[0133] 通过在所形成的第一区域上形成第二区域来形成闪烁体层,第二区域包括浓度小于在第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,闪烁体层包括第一区域和第二区域。

[0134] (10)一种辐射检测器的制造方法,包括:

[0135] 在对向基板上形成第一区域,第一区域包括激活剂并且被设置为具有不小于10 μm 并且不大于100 μm 的厚度;以及

[0136] 通过在所形成的第一区域上形成第二区域来形成闪烁体层,第二区域包括浓度小于在第一区域中的激活剂的浓度的激活剂,闪烁体层包括第一区域和第二区域并且具有不小于300 μm 并且不大于800 μm 厚度。

[0137] 本公开包含涉及于2012年7月12日提交至日本专利局的日本在先专利申请JP2012-156183中所公开的主题,其全部内容通过引用并入本文。

[0138] 本领域技术人员应当理解,根据设计需求和其他因素,在所附权利要求或其等价物范围内,可以进行各种修改、组合、子组合、以及替换。

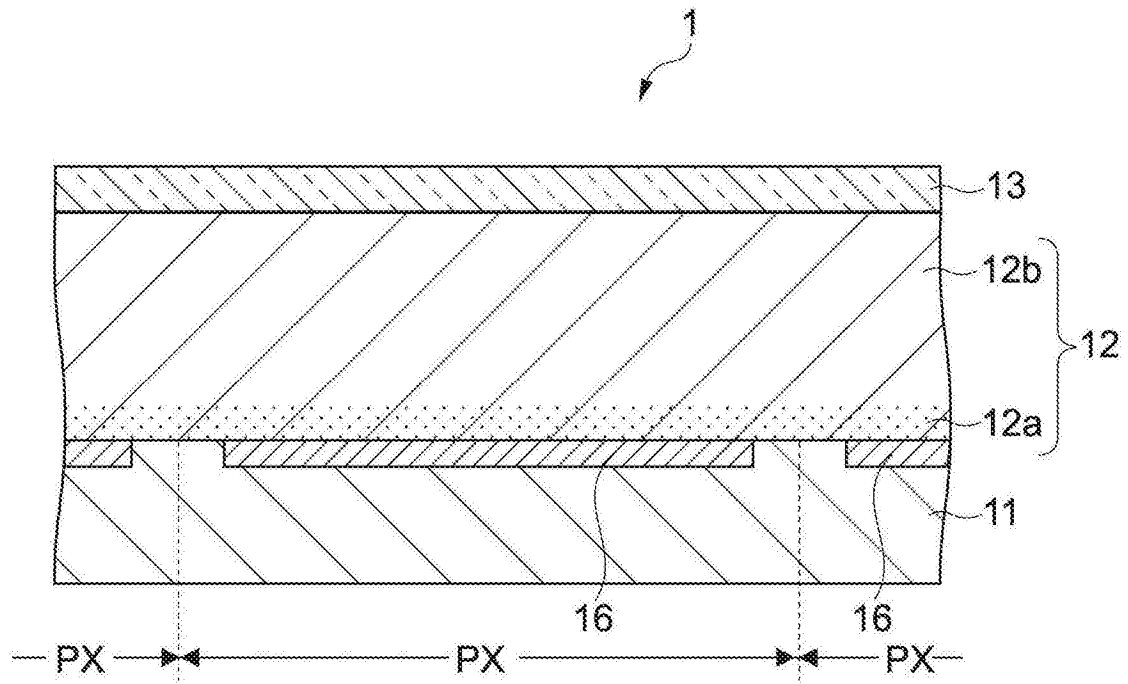


图1

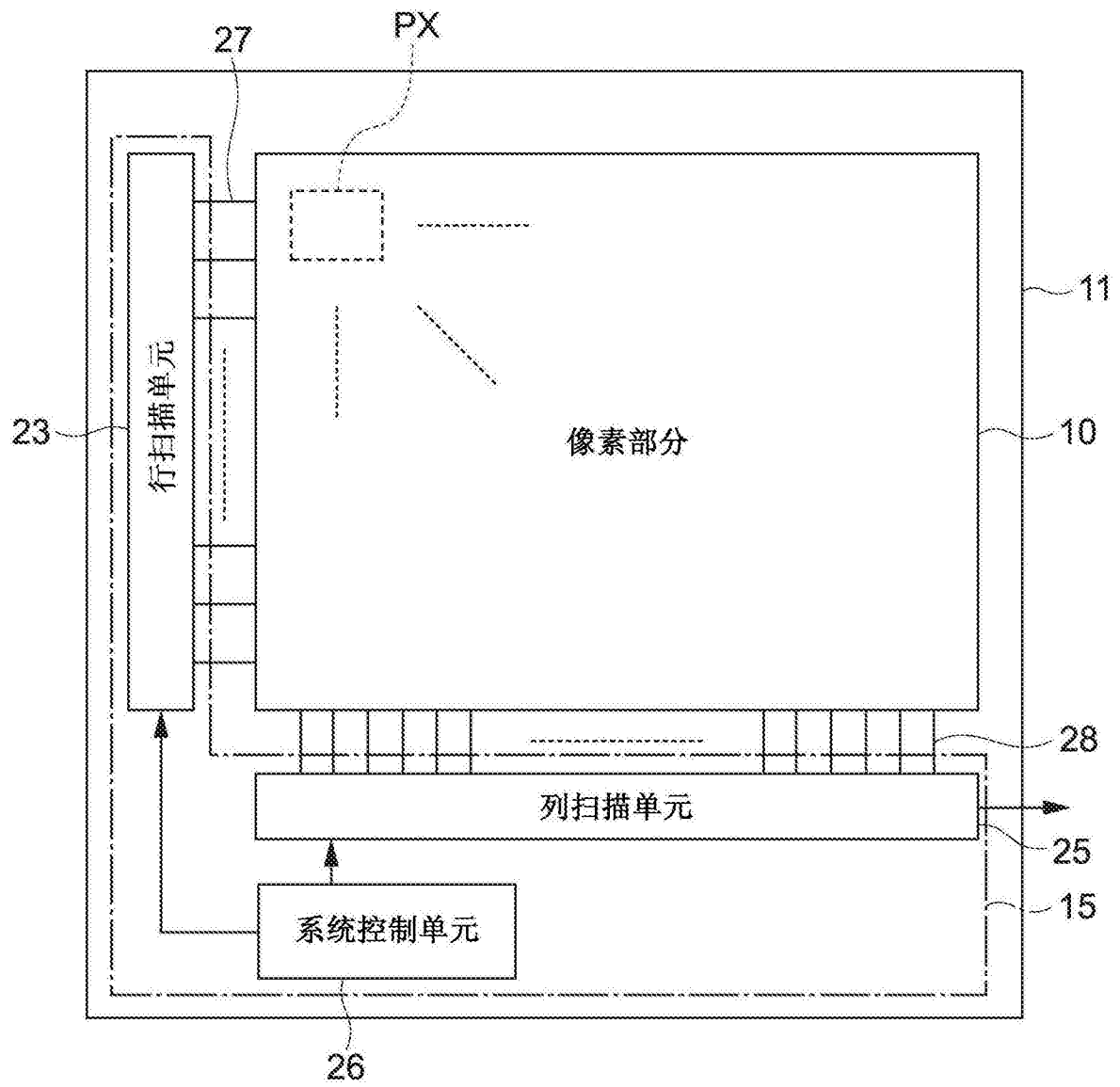


图2

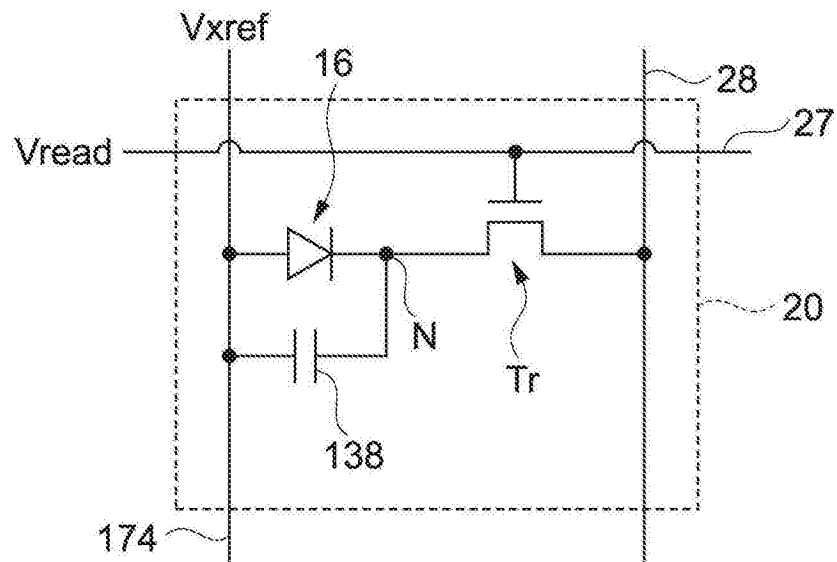


图3

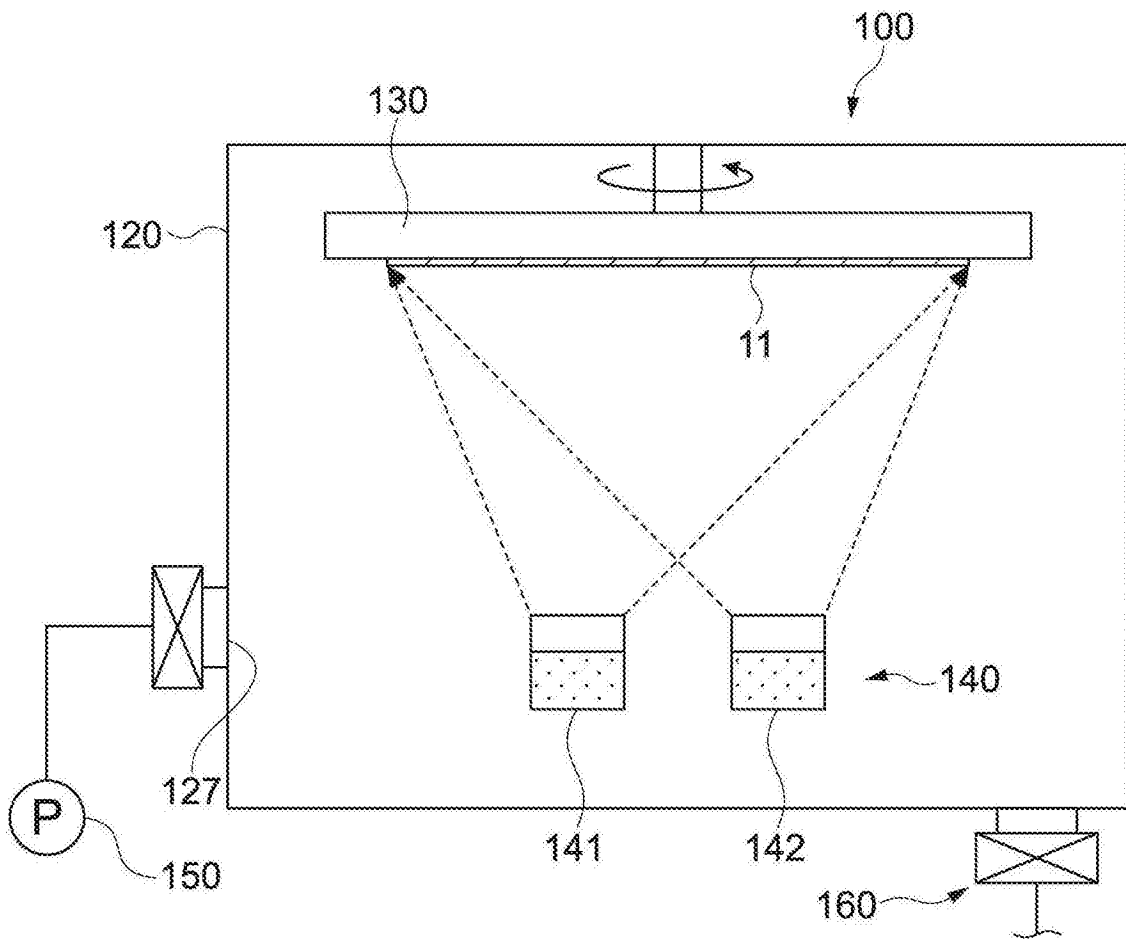


图4

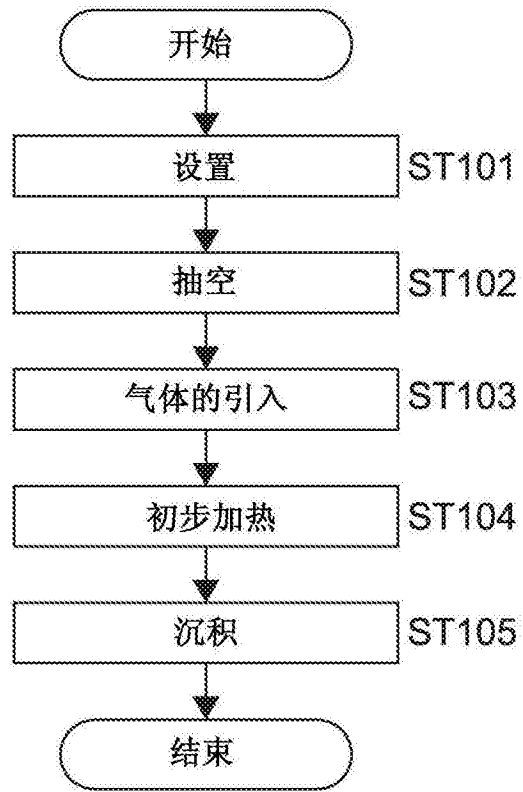


图5

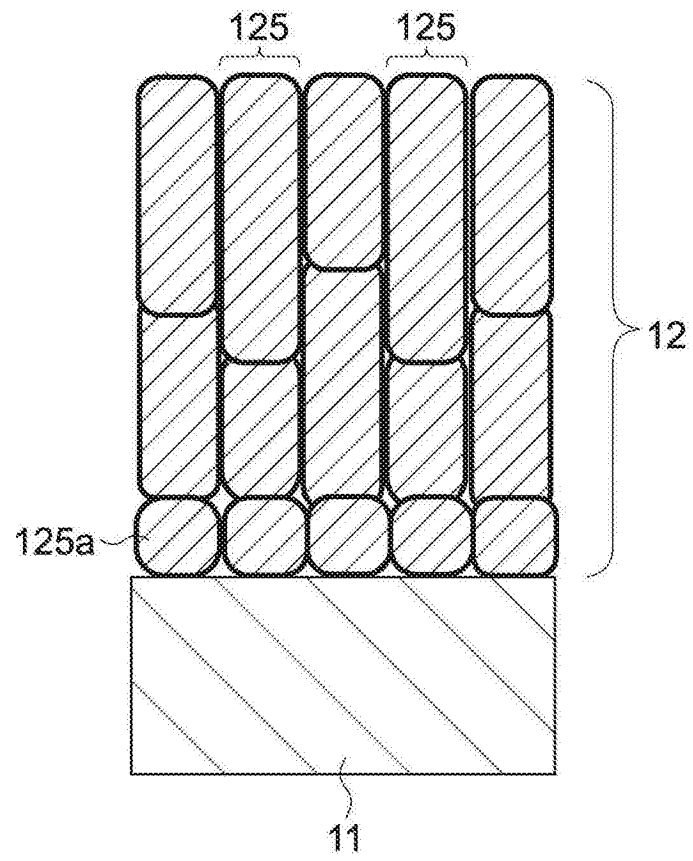


图6

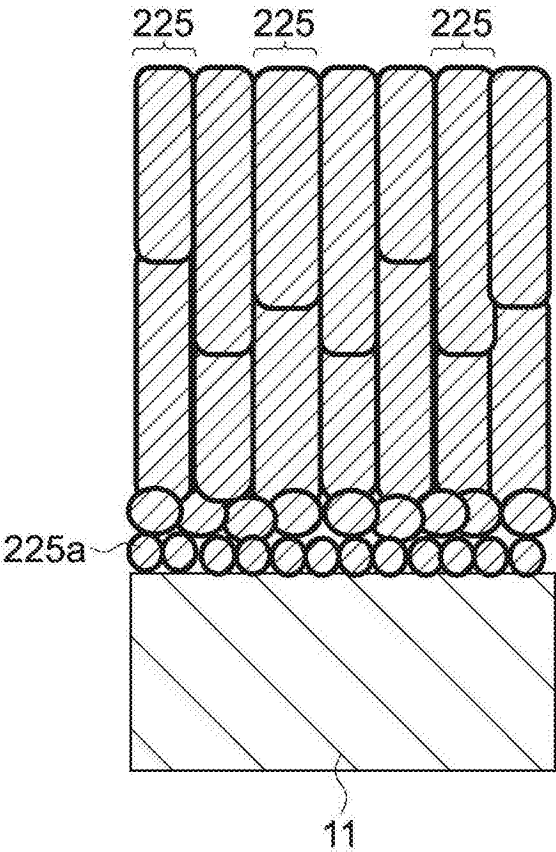


图7

高浓度区域的厚度(μm)	柱状晶体的根部的直径(μm)	柱状晶体的顶部的直径(μm)	在1lp/mm的分辨率	亮度比(%)
0	1.1	5.0	100	100
25	3.5	5.3	113	115
50	3.7	6.5	107	125
75	4.0	10.7	98	128
100	4.5	17.0	80	123

图8

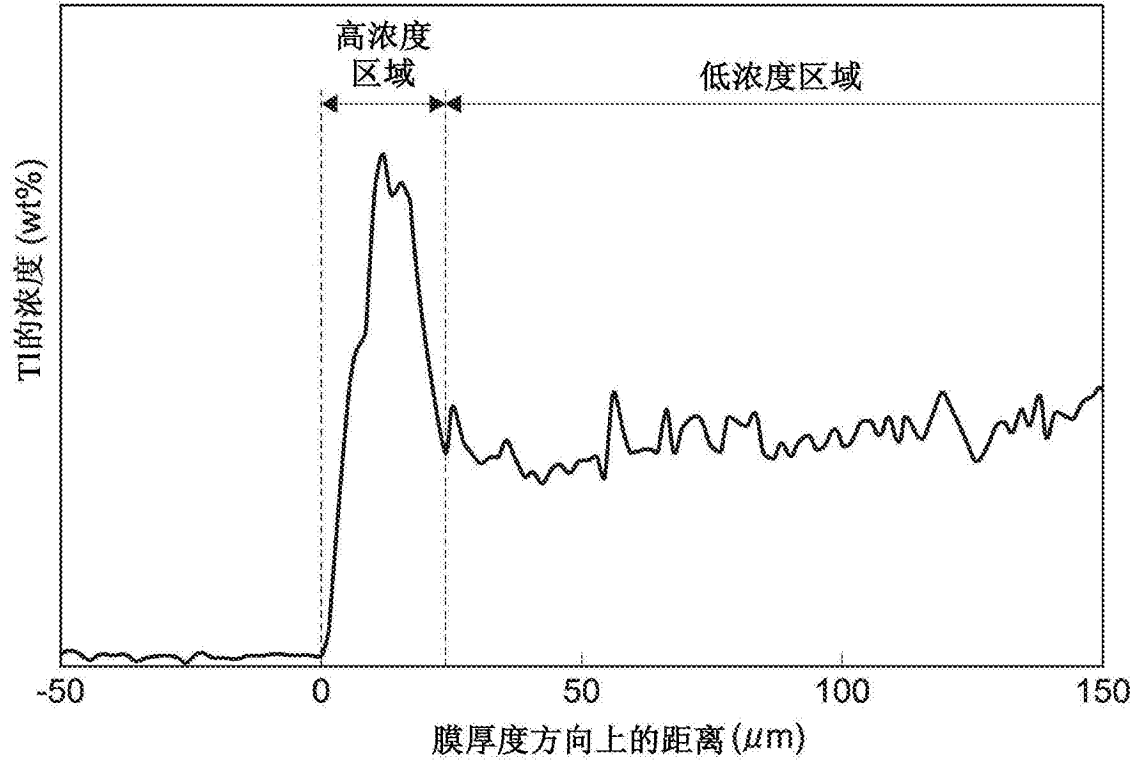


图9

TI浓度比 (倍)	柱状晶体的根部的 直径(μm)	柱状晶体的顶部的 直径(μm)	在1lp/mm的 分辨率	亮度比 (%)
1.0	1.1	5.0	100	100
1.1	2.2	5.2	110	110
1.2	3.5	5.3	113	115
1.3	5.5	6.5	103	110
1.4	10.2	13.5	55	92

图10