

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01T 1/20 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580007005.6

[43] 公开日 2007年3月14日

[11] 公开号 CN 1930491A

[22] 申请日 2005.2.21

[21] 申请号 200580007005.6

[30] 优先权

[32] 2004.3.5 [33] EP [31] 04100896.2

[86] 国际申请 PCT/IB2005/050622 2005.2.21

[87] 国际公布 WO2005/088345 英 2005.9.22

[85] 进入国家阶段日期 2006.9.4

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 W·吕藤 M·奥弗迪克

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 程天正 陈景峻

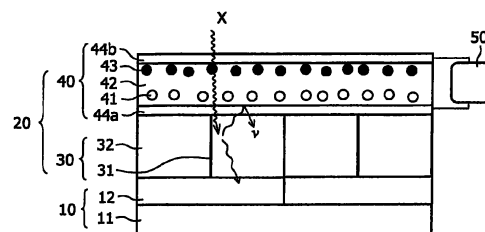
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 1 页

[54] 发明名称

用于具有可变反射器的 X 射线检测器的闪烁器

[57] 摘要

本发明涉及具有光敏感检测器层(10)的 X 射线检测器,在其上布置了用于将 X 射线(X)变换成光子(ν)的闪烁层(30)。光子(ν)被反射器(40)反射回闪烁层,在闪烁层(30)提供了该反射器,用于改进信号增益和信号噪声比。反射器(40)的反射率能由外部控制。这例如是通过把电子墨水的反射层(41, 42, 43)布置在两个电极(44a, 44b)之间而达到的。因此,在 X 射线剂量足够高时反射率可被减小,以便提高图像清晰度和检测器的动态范围。



1. 用于 X 射线检测器的闪烁器, 包括:
 - 闪烁层(30), 用于将 X 射线(X)变换成光子(ν);
 - 反射器(40,140), 布置在闪烁层的至少一个表面附近, 以便把光子(ν)反射回闪烁层, 其中反射器的反射率是可以改变的;
 - 控制设备(50), 用于有选择地改变反射器(40,140)的反射率。
2. 按照权利要求 1 的闪烁器, 其特征在于, 反射器和控制设备适配于局部不同地改变其反射率。
3. 按照权利要求 1 的闪烁器(20), 其特征在于, 反射器(40,140)和控制设备(50)适配于渐近地改变反射率。
4. 按照权利要求 3 的闪烁器, 其特征在于, 反射率的渐近改变是通过以高分辨率的尺度连续地改变反射率而逼近的。
5. 按照权利要求 1 的闪烁器(20), 其特征在于, 反射器(40)包括两个平面电极装置(44a,44b), 在所述两个平面电极装置之间布置反射层(41, 42,43), 它包含电子墨水或吸收层, 该层具有依赖于电压和/或电流的吸收特性。
6. 按照权利要求 5 的闪烁器, 其特征在于, 至少一个电极装置包含几个单独的电极, 它们是被可选择地控制的。
7. 按照权利要求 5 的闪烁器, 其特征在于, 至少一个平面电极装置在朝向所述吸收层的方向上具有高的反射率。
8. 按照权利要求 5 的闪烁器, 其特征在于, 吸收层包括电致变色物质和/或悬浮粒子, 它们根据施加到电极装置的电压改变它们的排列。
9. 按照权利要求 1 的闪烁器, 其特征在于, 反射器(140)包括容器, 该容器可以有选择地以不同反射特性和/或吸收特性的物质 (142,145) 填充。
10. 按照权利要求 1 的闪烁器, 其特征在于, 反射器包括根据化学和/或电化学影响改变它的反射特性和/或吸收特性的物质。
11. 具有一个用于空间分辨检测光子(ν)的传感器单元(12)阵列和具有一个被安排成与所述阵列相邻的闪烁器(20)的 X 射线检测器, 其中闪烁器(20)包括: 闪烁层(30), 用于将 X 射线变换成光子(ν); 和用于改变光子(ν)在闪烁层(30)的至少一部分表面上反射回闪烁层(30)的程度的

装置(40,50,140)。

12.用于空间分辨检测 X 射线(X)的方法，包括以下步骤：

- a) 把 X 射线(X)变换成闪烁层(30)中的光子(ν)；
- b) 检测在闪烁层 (30) 外的到达光敏感检测器的光子(ν)；
- c) 把没有到达所述检测器 (10) 的光子(ν)反射回闪烁层 (30)；
- d) 按照像该方法的所需灵敏度、空间分辨率和/或动态范围这样的给定的准则，来调整步骤 c)中的反射率。

13. 包括按照权利要求 11 的 X 射线检测器或按照权利要求 1-10 的闪烁层的 X 射线检测设备。

用于具有可变反射器的 X 射线检测器的闪烁器

本发明涉及用于包含闪烁层和反射器的 X 射线检测器的闪烁器。而且，本发明涉及具有这样的闪烁器的 X 射线检测器以及用于 X 辐射的空间分辨检测的方法。

平面动态 X 射线检测器 (FDXD) 越来越多地使用于医疗诊断领域，用作为通用检测部件，它可以用在不同的专用 X 射线设备中。像 FDXD 那样的检测器的重要的特性是它们产生低剂量 X 射线图像和图像序列的能力。间接变换型的像 FDXD 那样的检测器包括闪烁器，其中入射的 X 辐射被变换成可见光的光子，这些光子然后可以由布置在闪烁器下面的光传感器阵列检测到。由于闪烁器把光均匀地发射到所有的方向，只有一部分光子直接到达光传感器。为了限制光子的不想要的扩散，在专利 US 2003/0015665 A1 中，把闪烁器构建成列。另外，因为光远离传感器而造成的光的损失通过一种反射器或反射层而避免，该反射层被安排在闪烁层的上面，并把光子反射回闪烁器。这样，光输出量 (light yield) 和从而检测器的灵敏度和信号噪声比可以增加。然而，由于反射的光子在闪烁层上的散射，反射器对于图像清晰度也有负面影响。

许多 X 射线图像包含来自 X 射线源的、没有穿过要检查的物体的所谓的直接辐射。直接辐射具有非常高的强度，经常导致 X 射线检测器的传感器单元饱和。

最后，检测器有时不单用于拍摄低剂量 X 射线图像，而且还用于高剂量图像。在高剂量图像时，信号噪声比是不太重要的。对于它们较重要的是检测器的高的空间分辨率，然而，它受到上述的那种反射器的负面影响。

根据这种情形，本发明的目的是提供用于展览具有闪烁器的 X 射线检测器的可应用的条件的范围的装置。

这个目的是通过具有权利要求 1 的特性的闪烁器、具有权利要求 11 的特性的 X 射线检测器、和具有权利要求 12 的特性的方法而达到的。优选实施例是从属权利要求的主题。

按照本发明的闪烁器包括以下部件：

- 闪烁层，用于将 X 射线转换成光子。用于闪烁层的适当的材料在技术上是已知的，例如可包括 CsI:Tl, CsI:Na, YAG, BGO, GSO, LSO, NaI:Tl, 和 LuAP。

- 反射器，被安排成与闪烁层的至少一个表面相邻，以便把光子反射回闪烁层。反射器可以直接接触到闪烁层，或它可以与闪烁层分隔开，以及反射器典型地包含具有不同的功能的几个部件。

而且，反射器的反射率假设是可受外部影响而变的。在本上下文中，物体的“反射率”通常被定义为被物体反射的辐射强度的百分数。完全透明的物体例如具有 0% 的反射率，而完全反射的物体具有 100% 的反射率。优选地，反射器的反射率可以改变约 5% 或更多，最优选地，可以改变约 50% 或更多。如果反射器的反射率取决于光子的波长，则需要考虑频谱反射率的更详细的说明。然而，在下面，为了简化起见，假设与闪烁器有关的光子的反射率在光子的整个频谱内是恒定的。

- 某些用于有选择地改变反射器的反射率的控制设备。下面结合本发明的优选实施例描述对于这样的控制设备和具有可变反射率的反射器的各种具体的实施方案。

上述的闪烁器可用于 X 射线检测器并具有如下优点：用户可以从外面控制是否要和/或多强地把光子反射回闪烁层。这允许把闪烁器最佳地适配于当前的应用的要求。例如如果想要高的灵敏度和好的信号噪声比，可以设置高的反射率。在可得到高剂量 X 辐射的情形下，相反地，可以选择较低的反射率，以使得闪烁器发射较少的光子到相邻的光敏感的检测器。所以，检测器的传感器单元可以在更晚的时候达到它们的饱和水平，这将提高检测器的动态范围。而且，不存在反射的光子对于图像的清晰度是有利的。

按照闪烁器的优选实施例，反射器和控制设备被适配成局部而不同地改变反射率。换句话说，反射器不必在所有各处都有相同的反射率，而是在反射器的不同的区域可以显示不同的反射率。在极端的情形下，反射率可以对于反射器的每个点单独地设置（其中反射器可以离散地或连续地被划分成可改变的反射率的各点）。在可局部地改变反射率的情况下，有可能对图像的不同的区域单独地调节反射的光子的数量。因此，例如通过在其中设置较小的反射率数值，可以减小在直接 X 辐射的区域中光子的照射。另一方面，在具有低 X 射线剂量的

区域中光子的高反射率将局部地提供高灵敏度和好的信号噪声比。

按照闪烁器的另一个开发方案，反射器和控制设备被适配成渐近地改变反射率。这意味着，反射器可以在 0% 和 100% 之间设定具有两个以上的离散值。具体地，有可能在最小值例如 0% 与最大值例如 100% 之间连续地修正反射率。由于渐近的可改变性，反射率对于当前的应用可以有更好的配合。而且，渐近的可改变性优选地与上述的局部而不同的可改变性更好地适配。因此，反射器的每个点可以理想地被设置在连续的范围中选择它本身的反射率。

取决于反射器的具体的实现方案，由于技术原因，反射率可以仅仅以两个或几个级别改变。然而，如果在这样的情形下反射率可以以非常细的尺度在空间上改变，则至少可以近似反射率的逐渐的改变。与光栅图形类似，在较大的区域中的反射率的中间值可以通过非连续改变的反射率的精细尺度图案而产生。

按照可控制的反射器的优选实现方案，这可包括所谓“电子墨水”或“电子纸”（以下简称为“E-ink”）的反射层。而且，反射器可包含布置在反射层的相对两侧的至少两个平面电极装置。闪烁层的反射率然后通过把电压加到可以在外部控制的电极装置而被操控。电子墨水是在许多不同的实施例中已知的。更多的信息例如可以在 US 636 785 B1（它全部被包括在本申请，以供参考）以及在 E-ink 公司（733 Concord Avenue, Cambridge, MA 02138, USA）的出版物和产品中找到。具有 E-ink 的反射器的实现方案具有优点，它可以容易地被电路所控制。

包含至少两个平面电极装置的控制设备也可以与布置在两个电极装置之间的吸收层相组合地使用，该层具有取决于电压和/或电流的吸收特性。在这种情形下，反射器的反射率通过改变吸收层的透射性能而在整个上被间接地改变，该吸收层的透射性能又进行确定到达吸收层后面的（反射）结构的光的量。优选地，平面电极装置之一在朝向吸收层的方向上具有高的反射率。这样，吸收层的透射特性将确定从装置的反面上将有效地看到这个高反射率有多高。

在上述的实施例中，吸收层优选地包括至少一个电致变色（electrochromic）物质，它响应于施加的电压和/或施加的电流而改变它的颜色。吸收层还可包括悬浮粒子，它根据施加的电压改变它们的排列，其中不同的排列呈现不同的透射性能。

按照上述的实施例的另外的开发方案，电极装置中的至少一个包含两个或多个单独的电极，其上可单独地加上电压。电极装置的不同区域因此具有不同的电压，导致反射器的相应的区域有不同的反射率。因此，可以实现局部可变的反射率。

按照本发明的另一个实施例，反射器包括一种容器，它可以选择地填充以不同的反射率的物质(优选地是流体，即气体和/或液体)。“选择地填充”按定义应包括这样的物质从容器中全部被去除的情形，即容器是空的。优选地，物质是通过柔性的隔膜分开的，这样，它们在容器的容量改变期间不会混合。反射率的改变例如可以通过使用高反射率的明亮的流体连同低反射率的暗色的或半透明的流体一起使用而达到。另外，处于与带有闪烁层的面相对的容器的顶面可以是反射的；在这种情形下，容器中的半透明的物质产生高反射率而暗的物质则产生低反射率。替换地，响应于化学的和/或电化学的影响而改变它们的反射率和/或吸收率的物质可被布置在上述那种容器的表面上。由此反射性能可以由容器中的化学物品控制。

本发明还涉及具有用于在空间中分辨检测光子的传感器单元阵列和具有被安排成(直接或间接)与所述阵列相邻的闪烁器的X射线检测器，闪烁器包括以下部件：用于把X辐射变换成光子的闪烁层；和用于改变在闪烁层中产生的光子在闪烁层的至少一部分表面上反射回闪烁层的程度的装置。

正如以上结合闪烁器描述的，光输出量可以适配于给定的应用在这样的X射线检测器中的需要。为了修改光子被反射回的程度，一个可用物理方式去除的反射层例如可被布置在闪烁层上。然而，优选地，上述的这种闪烁器可被使用于这种用途。所以，关于X射线检测器的细节、优点和改进方面更多的信息可以参考以前的说明。

本发明还涉及用于在空间上分辨检测X射线的方法，包括以下步骤：

- a) 把X射线变换成闪烁层中的光子。
- b) 检测到到达光敏感检测器的光子。
- c) 把没有到达检测器的光子反射回闪烁层。这特别地可以是离开在检测器的相对的面上的闪烁层的光子。
- d) 按照像该方法的所需灵敏度、所需空间分辨率和/或所需动态范

围这样的给定的准则，调整步骤 c) 中的反射率。

该方法通常包括可以用上述的那种 X 射线检测器或闪烁器来执行的步骤。所以，关于方法的细节、优点和改进方面更多的信息可以参考以前的说明。

本发明还涉及 X 射线检测设备，尤其是医疗 X 射线成像设备，例如 X 射线照相设备，它包括按照权利要求 11 的 X 射线检测器或按照权利要求 1-10 的任一项的闪烁器层。

参照此后描述的实施例将明白和阐述本发明的这些和其它方面。

下面借助于附图作为例子描述本发明，图上：

图 1 示意地显示按照本发明的具有闪烁器的 X 射线检测器的设计；

图 2 显示可变反射率的闪烁器的替换实现方案。

图 1 显示平面动态 X 射线检测器 (FDXD) 的截面图，然而，该图只是示意的，不是按比例画的。检测器在它的下部包含检测器芯片 10，后者包括在基片 11 上的各个单独的光敏感传感器单元 12 的一个阵列。基片 11 还可包含电子部件，用于寻址和读出传感器单元 12。

在检测器芯片 10 的上面是闪烁器 20。闪烁器 20 包括闪烁层 30 作为它的最重要的部件，在其中入射的 X 射线 X 被变换成可见光的光子 ν 。离开闪烁层 30 的光子在它下面可被传感器单元 12 检测。如图所示，闪烁层 20 包括几个闪烁晶体 32，它们被界面 31 互相分开。闪烁层例如可以通过汽相沉积 CsI:Tl 而产生，以使得材料生长成由空气分隔开的直径几微米的长柱体。界面 31 典型地表现出对于光子的高反射率，这样，它们可以阻止光子从一个闪烁晶体无损地传送到它的邻居。因此，光子的空间扩散受限制，并且提高设备的光的分辨率。

被引导到闪烁层 30 的上表面的光子原则上对于检测是丢失的。为了避免这一点，已知要把反射器 40 (对于 X 射线是半透明的) 布置在闪烁层 30 的上面。反射器 40 把所述光子反射返回到闪烁层 30，这样，它们可能会到达检测器芯片 10，在其中它们被传感器单元 12 记录。这样，在用小剂量 X 射线来获得图像时，检测器的灵敏度以及信号噪声比可得到改进。

然而，反射器 40 的缺点在于，来自它的光子 ν 在途中被重复散射

和/或反射到传感器单元 12。所以，它们到达传感器单元 12 的阵列的位置不再与原先发生 X 射线 X 的地点密切相关。因此，反射器的使用减小了可得到的图像分辨率。而且，在具有高剂量 X 射线的图像区域中（如暴露在直接 X 辐射的区域），到达传感器单元 12 的光的量可以处在超过它们的饱和水平。在这样的区域中，检测器的动态范围因此减小。

为了克服上述的问题，提出使用具有可变反射率的反射器 40。在图 1 的情形下，反射器 40 例如包括电子墨水(E-ink)的反射层 42。E-ink 包括凝胶类的基质，在其中嵌入不同反射率的粒子，例如亮的（白色）粒子 41 和暗的（黑色）粒子 43。而且，粒子具有不同的静电特性，这样，它们暴露在电场中时沿不同的方向移动。通过交叉地加到反射层 42 的电场，因此可以达到使亮的粒子 41 集中在一侧，例如在下部表面，而暗的粒子 43 集中在反射器的另一面。通过简单地改变电场的极性可以使这样的安排颠倒。这样，反射器 40 的底部表面的反射率可以从外部进行控制。

为了生成和控制反射层 42 上的电场，提供控制设备 50 和两个电极 44a,44b。下部电极 44a（对于 X 射线和光是半透明的）被布置在闪烁层 30 与反射层 42 之间。相应的反电极 44b（对于 X 射线是半透明的）安排在反射层 42 的上侧。电极 44a,44b 都耦合到外部控制电路 50，通过该控制电路，具有被规定的大小和极性的电压可被加到电极。

所描述的设计的一个优点在于，在用低剂量的成像情形下，可以设置反射器 40 的高的反射率。相反，在主要需要良好的空间分辨率的、用高剂量的成像情形下，可以把反射器 40 的反射率设置为低的数值。

在图 1 所示的实现方案的另外的开发中，可以使用结构型的电极装置以代替使用两个单个电极 44a,44b。这些多个电极装置例如可包含其上单独地加上电压的单个电极的矩阵。因此，这样的反射层 42 的反射率可被局部地设置为不同的，允许按照各种单独的要求最佳地适配于图像的不同的区域。

取决于在反射层 42 中使用的 E-Ink 的特定种类，反射率可以只有两个分离的级别或渐进地改变，即以两个以上分离的级别或连续地改变。渐进的可改变性允许不仅实现两个极端值，如“白色”和“黑色”，而且也可以实现在它们之间的灰色级别。

如果使用具有足够精细结构的多电极装置，则也可以用二进制 E-Ink 副近逐渐的反射率。在这种情形下，通过最大和最小反射单元的微图案或脉动图案（类似于印刷中的光栅图形），可以在较大的区域中逼近一定的反射率。在这种情形下，有可能使得多电极装置的每一单独电极可单独地寻址。然而，也有可能组合单个电极的组，以使得较大的区域或甚至整个检测器可以以逐渐改变的反射率工作。

按照图 1 所示的系统的修改方案，可以取代 E-ink 而使用根据在电极 44a,44b 之间的电压以改变它的吸收特性（或换句话说，它的透射特性）的材料。在这种情形下，上部电极 44b 的下表面应当具有高反射率，例如通过使用金属电极或通过应用镜面涂层。这样，在电极之间吸收层的高透射产生整个反射器 40 的高的有效反射率，而低透射产生低的有效反射率。用于这个用途的适当材料例如包括所谓的电致变色材料，由于染料的氧化/还原使它表现出颜色的改变，其中氧化/还原可以由电场和/或电流控制。这样的电化学材料的许多例子可以在文献中找到（例如 P. Bonhote, E. Gogniat, M. Graetzel 和 P.V. Ashrit: "Novel electrochromic devices based on complementary nanocrystalline TiO₂ and WO₃ thin films (基于互补的超微晶体 TiO₂ 和 WO₃ 薄膜的新颖电致变色器件)", *Thin Solid Films*, 350, 269-275 (1999); P. Bonhote, E. Gogniat, F. Campus, L. Walder 和 M. Graetzel: "Nanocrystalline electrochromic displays (超微晶体电致变色显示器)", *Displays*, 20, 137-144 (1999); F. Campus, P. Bonhote, M. Graetzel, S. Heinen 和 L. Walder: "Electrochromic devices based on surface-modified nanocrystalline TiO₂ thin-film electrodes (基于表面修改的超微晶体 TiO₂ 薄膜电极的电致变色器件)", *Solar Energy Mater. Solar Cells*, 56, 281-297 (1999); US 5 442 478; US 5 142 406)，以及可以从 SAGE Electrochromics, Inc. (Faribault, Minnesota, USA) 购买。

根据在电极 44a,44b 之间的电压而改变它的吸收/透射特性的另一个系统可以在所谓的“悬浮粒子设备”中找到。这些设备的功能与 E-Ink 的功能相似：即随机分布在两个电极之间的流体中的吸收粒子使通过该流体的光明显衰减。然而，当电压加到电极时，粒子排成队列，使得它们在电极之间覆盖区域的一个小得多的部分，因此造成通过这个区域有更强的光透射。用于这样的设备的许多例子可以再次在文献中找到（例如 R.L. Saxe, R.I. Thompson, 和 M. Forlini: "Suspended Particle Display

with Improved Properties (带有改进的性能的悬浮粒子显示器) , " Twelfth International Display Research Conference, 175-179 (1982); H. Rachner 和 J.H. Morrissy: "New Results in Colloid Display Technology (胶体显示技术的新成就) ", Society for Automotive Engineering Publication No. 830036 (1983); US 5 463 491, US 5 463 492, US 407 565) 。

具有可改变的反射率的反射器 140 的替换实现方案在图 2 上以截面图显示。可以使用这样的层来代替图 1 所示的反射器 40。反射器 140 包含容器 143, 该容器在它的上表面和下表面上对于 X 射线是半透明的, 以及另外在它的下表面上对于光是半透明的。容器 143 可以是固体材料的盒子或柔性材料的袋子。在它的内壁, 容器 143 被柔性的壁或隔膜 144 划分成两个腔室 142, 145。

腔室 142, 145 可以分别经由管接头 141 和 142 被分别填充和/或排空。例如只有腔室 145 在图 2 上经由管接头 146 被填充, 而另一个腔室基本上被排空 (零体积)。反射器 140 的底部的反射率可以通过将不同的流体填充到两个腔室 142 和 145 而改变。如果例如暗的流体是在腔室 145 中, 则它吸收从下面入射光子, 导致底部的低反射率。另一方面, 在另一个腔室 142 中的流体是亮的, 以使得当它填入容器 143 时, 它以高反射率反射光子。

替换地, 第二流体 142 可以是半透明的, 其中在这种情形下, 容器 143 的上部面的内表面必须具有高的反射率 (例如借助于镜面涂层)。然后光子可以通过半透明的流体并被容器的上部面反射。

另外, 化学的和/或电化学的颜色改变可用于实现具有可改变的反射率的反射器。例如, 容器 143 的内表面可用化学物质涂复, 该物质依赖于容器 145 中填充适当反应物而改变它的反射和/或吸收特性。

最后, 应当指出, 在本申请中, 术语“包括”并不排除其它单元或步骤, 一个并不排除多个, 以及单个处理器或其它单元可以完成几个装置的功能。而且, 在权利要求中的标号不应当被看作为限制它们的范围。

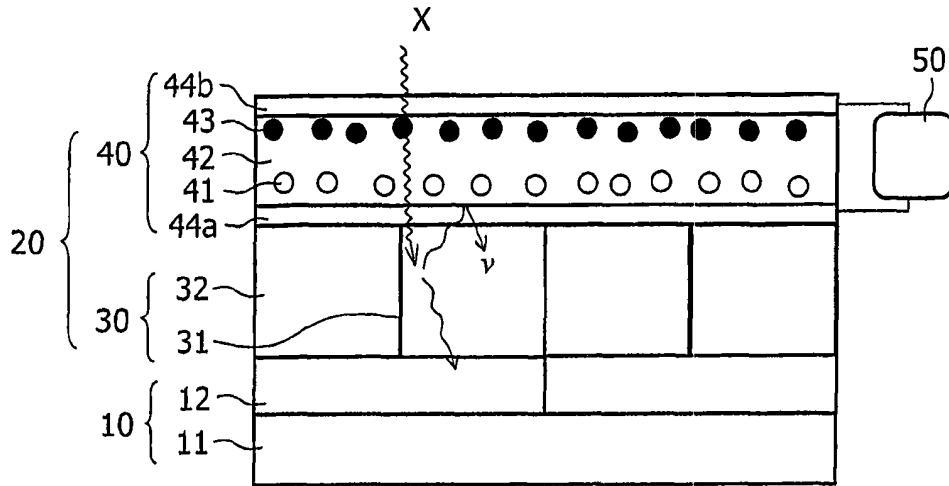


图 1

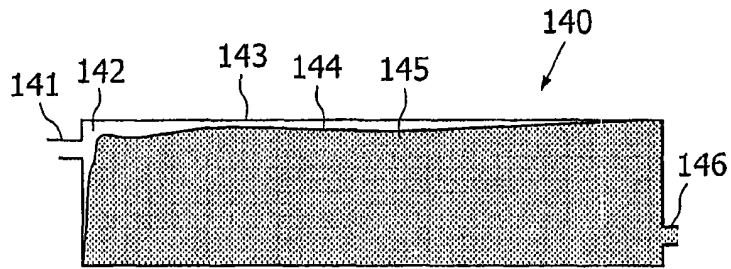


图 2