



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109196385 B

(45) 授权公告日 2023.08.15

(21) 申请号 201780032416.3

(22) 申请日 2017.05.22

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109196385 A

(43) 申请公布日 2019.01.11

(30) 优先权数据  
16171487.8 2016.05.26 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.11.26

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2017/062200 2017.05.22

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02017/202738 EN 2017.11.30

(73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司  
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 J·W·M·雅各布斯

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002  
专利代理师 蔡洪贵

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

(56) 对比文件  
US 2012153163 A1, 2012.06.21  
US 2004238750 A1, 2004.12.02  
US 2005067572 A1, 2005.03.31  
CN 106796300 A, 2017.05.31  
CN 102483461 A, 2012.05.30  
KR 20090034541 A, 2009.04.08

审查员 杨涛

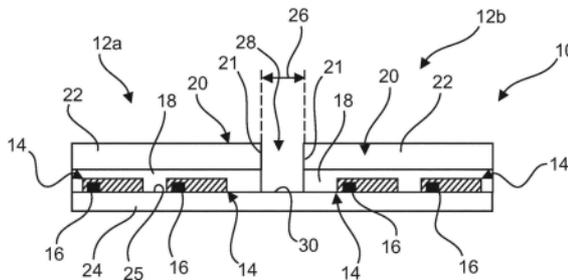
权利要求书2页 说明书17页 附图17页

## (54) 发明名称

多功能辐射检测器

## (57) 摘要

本发明提供一种多功能和多模态的辐射检测器(10)。该辐射检测器(10)包括至少两个检测器单元(12a、12b)，该检测器单元具有光敏像素(14)和至少一个闪烁器件(20)，该至少一个闪烁器件光学地耦合至光敏像素(14)。检测器单元(12a、12b)彼此邻近地布置在衬底箔(24)上。其中，检测器单元(12a、12b)的闪烁器件(20)彼此分隔开，使得辐射检测器(10)是能够弯曲的。这允许辐射检测器(10)以许多不同的几何构造使用。



1. 一种辐射检测器(10),包括:

多个检测器单元(12a、12b),所述多个检测器单元各自包括多个光敏像素(14)并且各自包括至少一个闪烁器件(20),所述至少一个闪烁器件光学地耦合至所述多个光敏像素(14);和

用于承载所述检测器单元(12a、12b)的衬底箔(24),

其中,所述检测器单元(12a、12b)并列地布置在所述衬底箔(24)上;

至少两个直接相邻的检测器单元(12a、12b)的至少两个直接相邻的闪烁器件(20)彼此分隔开,使得所述辐射检测器(10)沿着所述衬底箔(24)的弯曲区域(30)的至少一部分是能够弯曲的,

其中所述弯曲区域(30)布置在所述至少两个直接相邻的闪烁器件(20)之间;

每个检测器单元(12a、12b)包括用于对相应的所述检测器单元(12a、12b)进行寻址的单独的寻址电路(34)和/或用于读来自相应的所述检测器单元(12a、12b)的信号单独的信号读出电路(36);

开关元件(38)布置在两个检测器单元(12a、12b)之间;并且

所述开关元件(38)被配置成用于使所述两个检测器单元(12a、12b)互连和/或脱开。

2. 根据权利要求1所述的辐射检测器(10),

其中,所述辐射检测器(10)是能够弯曲的,且弯曲角(50)由所述至少两个直接相邻的检测器单元(12a、12b)包围;

所述弯曲角(50)在从0°至360°的范围内。

3. 根据权利要求1或2所述的辐射检测器(10),

其中,所述辐射检测器(10)包括单个衬底箔(24);和/或所述衬底箔(24)包括聚合物材料。

4. 根据权利要求1或2所述的辐射检测器(10),

其中,所述检测器单元(12a、12b)中的每一个包括光敏像素(14)形成的阵列(40、40a、40b);和/或

所述光敏像素(14)中的每一个包括至少一个薄膜晶体管元件(16)。

5. 根据权利要求1或2所述的辐射检测器(10),

其中,所述多个检测器单元(12a、12b)中的至少一个具有弯曲形状。

6. 根据权利要求1或2所述的辐射检测器(10),

其中,所述单独的寻址电路(34)中的每一个和/或所述单独的信号读出电路(36)中的每一个布置在所述衬底箔(24)的单独的电子装置承载区域(15a-15d)上。

7. 根据权利要求1或2所述的辐射检测器(10),

其中,第一检测器单元(12a)被配置成用于检测第一能量范围内的辐射;并且

第二检测器单元(12b)被配置成用于检测第二能量范围内的辐射,所述第二能量范围至少部分地不同于所述第一能量范围。

8. 根据权利要求1或2所述的辐射检测器(10),

其中,所述多个检测器单元(12a)中的一个X射线检测器单元,所述X射线检测器单元被配置成用于检测X射线并且布置在所述衬底箔(24)的中心区域中;并且

所述多个检测器单元(12b、12c)中的至少两个是 $\gamma$ 射线检测器单元,所述 $\gamma$ 射线检测

器单元布置在所述X射线检测器单元的相反两侧(11a、11b)上。

9. 根据权利要求1或2所述的辐射检测器(10)，

其中，每个检测器单元(12a、12b)的所述至少一个闪烁器件(20)包括闪烁层(22)，所述闪烁层布置在所述多个光敏像素(14)的至少一部分的顶部上；和/或

所述闪烁器件(20)的边缘(72)是斜削的。

10. 一种辐射检测器布置结构(100)，包括：

多个根据前述权利要求中的任一项所述的辐射检测器(10a、10b)。

11. 根据权利要求10所述的辐射检测器布置结构(100)，

其中，多个所述辐射检测器(10a、10b)的至少两个衬底箔(24a、24b)彼此互连。

12. 一种用于生产辐射检测器的方法，所述方法包括以下步骤：

提供衬底箔(24)和多个检测器单元(12a、12b)，所述检测器单元(12a、12b)各自包括多个光敏像素(14)并且各自包括至少一个闪烁器件(20)，所述至少一个闪烁器件光学地耦合至所述多个光敏像素(14)；

将所述多个检测器单元(12a、12b)相对于彼此并列地布置在所述衬底箔(24)上，使得至少两个直接相邻的检测器单元(12a、12b)的至少两个直接相邻的闪烁器件(20)彼此分隔开间隙(28)，并且使得所述辐射检测器沿着所述间隙(28)的至少一部分是能够弯曲的；并且

在两个检测器单元(12a、12b)之间布置开关元件(38)；

其中所述开关元件(38)被配置成用于使所述两个检测器单元(12a、12b)互连和/或脱开；

其中每个检测器单元(12a、12b)包括用于对相应的所述检测器单元(12a、12b)进行寻址的单独的寻址电路(34)和/或用于读来自相应的所述检测器单元(12a、12b)的信号的单独的信号读出电路(36)。

## 多功能辐射检测器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及辐射检测器领域。更具体地说,本发明涉及多功能辐射检测器和用于生产这种辐射检测器的方法。

### 背景技术

[0002] 辐射检测器使用在从科学应用、空间应用到医疗应用的范围内的许多应用中。取决于应用以及与该应用一起推断出的约束条件,诸如(例如)待测量的粒子能量,辐射检测器可达到大型尺寸。

[0003] US 2010/0078573 A1公开了一种辐射检测装置,其包括用于检测已穿过受试者的辐射并将检测到的辐射转换成辐射图像信息的柔性辐射检测器。

[0004] US 2012/0153163 A1公开一种成像系统,该成像系统包含辐射源,该辐射源围绕成像系统的中心z轴旋转以进行成像扫描;和无机光电检测器阵列,其包括布置在弯曲支撑件上的若干离散的无机光电检测器,使得无机光电检测器的每行沿着弯曲支撑件的弯曲对准,并且无机光电检测器的每列与成像系统的中心z轴平行地对准。

[0005] US 2016/0070006 A1公开一种成像系统,该成像系统包括:多个模块化成像检测器,每个模块化成像检测器包括多个像素,该多个像素被配置成收集成像数据;衬底,其中像素设置在衬底的表面上;和机械互连部件,该机械互连部件被配置成与模块化成像检测器中的至少一个其他模块化成像检测器的对应机械互连部件合作,以将模块化成像检测器直接接合至模块化成像检测器中的至少一个其他模块化成像检测器;和读出电子装置单元,其被配置成可操作地联接至模块化成像检测器并且从该模块化成像检测器接收对应于成像数据的信号。

### 发明内容

[0006] 因此,需要多用途、多功能、较紧凑、坚固且有成本效益的辐射检测器。

[0007] 本发明的目的通过独立权利要求的主题解决,其中另外的实施方案并入从属权利要求中。

[0008] 根据本发明的第一方面,提供一种辐射检测器。该辐射检测器包括多个检测器单元,该检测器单元各自包括多个光敏像素,并且该检测器单元各自包括至少一个闪烁器件,该至少一个闪烁器件光学地耦合至多个光敏像素。辐射检测器进一步包括用于承载检测器单元的衬底箔。

[0009] 其中,检测器单元并列地布置在衬底箔上。此外,至少两个直接相邻检测器单元的至少两个直接相邻的闪烁器件彼此分隔开,使得辐射检测器沿着衬底箔的弯曲区域的至少一部分是能够弯曲的和/或能够折叠的,该弯曲区域布置在所述至少两个直接相邻的闪烁器件之间。

[0010] 根据本发明的第一方面的示例,辐射检测器进一步包括用于对检测器单元进行寻址的至少一个寻址电路和用于读来自检测器单元的信号至少一个信号读出电路。

[0011] 根据本发明的第一方面的另一示例,每个检测器单元包括单独的寻址电路和/或单独的信号读出电路。

[0012] 根据第二方面,提供一种辐射检测器布置结构,其包括多个如以上所述和在下文中所述的辐射检测器。

[0013] 根据第三方面,提供一种用于生产如以上所述和在下文中所述的辐射检测器的方法。

[0014] 应注意,如以上所述和在下文中所述的辐射检测器的特征和/或要素可以是辐射检测器布置结构和/或方法的特征和/或要素。反之亦然,如以上所述和在下文中所述的辐射检测器布置结构和/或方法的特征可以是辐射检测器的特征和/或要素。

[0015] 在这里和在下文中,术语“光敏像素”可以指用于检测电磁辐射和/或用于检测电磁信号(诸如光)的元件。像素中的每一个可独立地检测电磁辐射。然而,多个子像素也可电子地互连以形成单个光敏像素。这种布置结构也可称为装仓像素(binned pixel)。

[0016] 在这里和在下文中,术语“闪烁器件”可以指包括诸如(例如)CsI、GOS(硫酸钆)、石榴石(例如LGGAG、钨钒镓铝石榴石)和/或NaI的闪烁材料的器件,该闪烁材料可由光子 and/或带电粒子激发,并且该闪烁材料通过发射诸如光的电磁辐射而去激发。

[0017] 在这里和在以下文中,术语“光学地耦合”可以指光学地连接,使得由闪烁器件和/或闪烁材料发射的电磁辐射可传输至光敏像素和/或撞击在光敏像素上以被检测到。

[0018] 此外,术语“衬底箔”可以指用于承载检测器子单元的平坦和/或平面的载体元件。具体而言,衬底箔可以是薄箔,例如包括聚合物材料和/或金属,具有在从数 $\mu\text{m}$ 至数千 $\mu\text{m}$ 的范围内的厚度,例如从 $10\mu\text{m}$ 至 $1000\mu\text{m}$ ,且优选地从 $10\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 。具体而言,衬底箔可具有约 $25\mu\text{m}$ 的厚度。此外,衬底箔可以是柔性的,这可意味着衬底箔可以在没有任何劣化的情况下可弯曲和/或可折叠例如多于 $10^5$ 次。

[0019] 此外,术语“能够弯曲的”可以指辐射检测器在没有劣化的情况下是可折叠的。换句话说,辐射检测器可无劣化地和/或以无磨损方式和/或无磨损地折叠和/或卷绕(例如)多于 $10^5$ 次。

[0020] 此外,术语“并列地”可意指检测器单元彼此邻近地布置和/或相对于彼此毗邻地布置。

[0021] 术语“两个直接相邻的检测器单元”可以指第一检测器单元和第二检测器单元,其中第一检测器单元可包括第一边缘和/或边界,该第一边缘和/或边界被布置成与第二检测器单元的第二边缘和/或边界相对。因此,第一检测器单元的第一边缘可面向第二检测器单元的第二边缘。

[0022] 术语“两个直接相邻的闪烁器件”可以指第一闪烁器件和第二闪烁器件,其中第一闪烁器件可包括第一边缘和/或边界,该第一边缘和/或边界被布置成与第二闪烁器件的第二边缘和/或边界相对。因此,第一闪烁器件的第一边缘可面向第二闪烁器件的第二边缘。

[0023] 重新表述本发明的第一方面,检测器可包括用于检测辐射的各种(即至少两个)检测器单元。检测器单元可各自包括各种(即至少两个)光敏像素和至少一个闪烁器件。检测器单元可例如被配置成用于检测光子和/或能够激发闪烁器件的任何其他辐射粒子,诸如带电粒子,如电子、正电子和/或 $\alpha$ 粒子,以便生成电磁信号,诸如(例如)光输出和/或光信号,其可由光敏像素检测到。其中,每个检测器单元的光敏像素可以按照任意图案布置,诸

如(例如)布置成一行或多列和/或一行或多行。检测器单元可彼此邻近地布置在衬底箔的侧面上和/或在表面(例如外表面)上,和/或在顶部上。检测器单元可以按照任意图案布置在衬底箔上,诸如(例如)布置成行、三角形、矩形和/或圆形。检测器单元也可布置成相对于彼此具有一定偏移和/或移位。

[0024] 至少两个直接相邻的检测器单元可彼此分隔开,使得间隙、间隔和/或空隙形成在这些相邻的检测器单元的闪烁器件之间和/或在这两个检测器单元的闪烁器件的相对边界/边缘之间。间隙可没有辐射检测器的任何其它元件,即间隙可以是无障碍的。具体地,没有闪烁器件的部分可存在于间隙和/或空隙内。至少两个相邻的闪烁器件和/或其直接相对的边缘可彼此分隔开至少0.1cm,优选地至少1cm。然而,取决于闪烁器件的厚度,闪烁器件可彼此分隔开1cm至30cm,例如3cm至20cm,且优选地5cm至15cm。因此,衬底箔的弯曲区域可以指衬底箔的布置在间隙内的区域和/或面积。因此,弯曲区域可表示衬底箔的对间隙进行定界和/或限定的区域。

[0025] 通过将直接相邻的检测器单元的直接相邻的闪烁器件分隔开,辐射检测器可以沿着那个弯曲区域的至少一部分和/或沿着间隙有利地是能够弯曲的和/或能够折叠的。换句话说,辐射检测器可在弯曲区域和/或间隙内有利地是能够弯曲的。这继而可允许在至少两个相邻的检测器单元相对于彼此的各种构造和/或几何布置结构中任意地折叠辐射检测器。这样,辐射检测器可例如被折叠成紧凑的构造,例如以便运输或存储辐射检测器,并且在使用中辐射检测器可被临时展开。另外,辐射检测器可有利地根据具体应用在检测器单元相对于彼此的构造和/或几何布置结构方面进行调适。例如,在医疗应用中,辐射检测器的几何形状可根据患者的具体几何形状加以调整。然而,辐射检测器也可有利地应用在诸如科学应用的其他应用中,例如在粒子加速器处。辐射检测器也可被用在空间应用中,其中其(例如)可以在折叠构造中被运送至太空并且然后在太空中展开。

[0026] 具体地参照医疗应用,与可对(例如)X射线成像和接近患者施加限制的普通的、单个、平坦的、大型检测器的刚性几何形状相比,本发明的辐射检测器可允许较小的检测器单元基本上以相对于彼此的任何预期角度灵活地定位,这能够实现新的成像时机。

[0027] 此外,与具有大面积和/或多个检测器的普通或标准成像系统(诸如(例如)脊柱成像神经双平面应用)相比,本发明的辐射检测器能够实现更紧凑和更具成本效益的成像系统的设计,从而提供较高的系统可移动性。

[0028] 此外,普通或标准的大尺寸刚性平坦检测器可在成像操作的大部分期间限制医师或其他医疗装置接近患者。相反,当检测器展开时,本发明的辐射检测器可以仅在短时间段内限制接近患者。

[0029] 除此之外,普通或标准的大尺寸体检测器可限制检测器和/或成像系统的便携性和/或移动性,而本发明的辐射检测器的可折叠构思可允许辐射检测器和/或配备该辐射检测器的成像系统的紧凑和/或移动设计。

[0030] 根据一个实施方案,辐射检测器可以按照由至少两个直接相邻和/或直接邻近的检测器单元包围的弯曲角进行弯曲,其中弯曲角在从约 $0^{\circ}$ 至约 $360^{\circ}$ 的范围内。弯曲角的这个范围可以指起始几何形状,其中辐射检测器可处于折叠的几何形状中。然而,假设完全展开和/或平坦的几何形状作为起始几何形状,则最大弯曲角可以是高达约 $\pm 180^{\circ}$ 。通过提供其中检测器单元相对于彼此在这样宽的角范围上任意地布置的辐射检测器,可进一步增

加整个辐射检测器的构造和/或几何柔性。

[0031] 根据一个实施方案,辐射检测器包括单个衬底箔。换句话说,衬底箔可以是形成用于检测器单元的共用载体元件的共用衬底箔。衬底箔可例如是单块衬底箔。这样,可提供有成本效益的、轻重量的、耐用和/或坚固的辐射检测器。

[0032] 根据一个实施方案,衬底箔包括聚合物材料。衬底箔可例如包括聚酰亚胺(PI)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)和/或其任何组合。这样的材料可提供低重量以及高度的柔性和坚固性,使得衬底箔和/或辐射检测器可通常在没有任何材料劣化和/或退化的情况下几乎任意地折叠。

[0033] 根据一个实施方案,检测器单元中的每一个包括光敏像素形成的阵列。像素形成的阵列可以指按照形成像素的均质图案的若干行和列布置的像素。这样的阵列在辐射检测器的空间分辨率方面是尤其有益的。

[0034] 根据一个实施方案,光敏像素中的每一个包括至少一个薄膜晶体管(TFT)元件。这样的TFT元件和/或像素的特征在于,其可便宜地大量生产,提供长使用寿命,几乎无需维护,具有小厚度,并且特征在于,其可以按照各种厚度和/或尺寸来制造以便满足辐射检测器和/或相应的检测器单元的具体要求。

[0035] 根据一个实施方案,多个检测器单元中的至少一个具有弯曲形状。换句话说,多个检测器单元中的至少一个可具有弯曲外表面和/或弯曲外部几何形状。替代性地,多个检测器单元中的全部可具有弯曲形状。取决于辐射源的几何形状和/或取决于撞击至辐射检测器上的辐射粒子的撞击方向,检测器单元的弯曲形状或其至少一部分可简化利用辐射检测器捕获的辐射图像的后处理。

[0036] 根据一个实施方案,光敏像素和/或每个检测器单元包括光电二极管。通过光电二极管,从闪烁器件发射的电磁辐射或信号可被转换成电信号,例如电流和/或电压,该电信号继而可经由至少一个TFT元件传递至辐射检测器的信号读出电路和/或信号读出电子装置。其中,TFT元件可以用作开关或开关元件。例如,电信号可被传递和/或传输至辐射检测器的数据线。此外,电信号可通过TFT电路放大,该TFT电路可包括多个TFT元件。

[0037] 根据一个实施方案,辐射检测器进一步包括用于对检测器单元进行寻址的至少一个寻址电路和用于读出来自检测器单元的信号的至少一个信号读出电路。因此,辐射检测器可包括一个或多个寻址电路和/或一个或多个信号读出电路。例如,检测器单元的至少一部分可被电子地互连并且共享一个寻址电路和/或一个信号读出电路。

[0038] 根据一个实施方案,每个检测器单元包括单独的寻址电路和/或单独的信号读出电路。因此,每个检测器单元可配置成相对于所有其他检测器单元独立地且/或单独地操作。除了在图像获取方面提供灵活性之外,这也可有利地降低信噪比,因为可使用相当短的导线将相应的电路与检测器单元和/或包括在其中的光敏像素连接。因此,可提高辐射检测器和/或检测器单元的性能。此外,使检测器单元中的每一个配备有用于寻址和/或信号数据读出的单独的外围电子装置,即寻址电路和/或信号读出电路,可使检测器单元能够单独地操作并且例如从不同的辐射照射获取图像。可同时和/或顺序地获取检测器单元的图像。此外,可合和/或处理和/或重建利用不同检测器单元获取的图像,以生成例如患者的解剖学信息和/或功能信息。

[0039] 根据一个实施方案,单独的信号读出电路中的每一个布置在衬底箔的单独的电子

装置承载区域上。另外,单独的寻址电路中的每一个可布置在衬底箱的单独的电子装置承载区域上。这样,可进一步降低电气接线的长度,且因此进一步降低信噪比。

[0040] 辐射检测器进一步包括布置在两个(例如直接相邻的)检测器单元之间的开关元件,其中开关元件被配置成用于使两个检测器单元互连和/或脱开。开关元件可例如包括允许可切换地使两个检测器单元互连和/或脱开的全局数据线开关。这可实现每个检测器单元的单独和自主的操作并且可避免检测器单元之间的串扰。此外,这可减少由长数据线导致的过量噪声。

[0041] 根据一个实施方案,第一检测器单元被配置成用于检测第一能量范围内的辐射,其中第二检测器单元被配置成用于检测第二能量范围内的辐射,该第二能量范围至少部分地不同于第一能量范围。第一能量范围和第二能量范围可至少部分地重叠。这样,可提供多功能的辐射检测器,其能够检测在各种能量范围内的粒子,诸如光子,并且借此提供用于图像获取的进一步信息。例如,第一检测器单元可以是配置成用于检测X射线的X射线检测器单元,并且第二检测器单元可以是配置成用于检测 $\gamma$ 射线的 $\gamma$ 射线检测器单元。可分别存在多个这样的第一检测器单元和第二检测器单元。另外,所有检测器单元可被配置成用于检测不同的能量。例如,在双能量X射线成像中,第一检测器单元可被配置成用于主要检测低能X射线,所谓的软X射线辐射,并且可相对于辐射粒子的飞行路径定位在第一检测器单元后面的第二检测器单元可被配置成用于主要检测高能X射线,所谓的硬X射线辐射。为了提供在不同能量范围内的敏感性,第一检测器单元和第二检测器单元可例如在像素尺寸方面、在闪烁材料方面、在闪烁器件和/或包括在其中的闪烁层的厚度方面和/或在电子装置(即寻址和/或信号读出电路)方面不同。为检测较高能量,例如可使用较大的像素和/或可使用包括在闪烁器件中的较厚闪烁层。

[0042] 根据一个实施方案,多个检测器单元中的至少一个是X射线检测器单元,该X射线检测器单元被配置成用于检测X射线并且布置在衬底箱的中心区域中,其中多个检测器单元中的至少两个是 $\gamma$ 射线检测器单元,其布置在相反侧上和/或在X射线检测器单元的相反两侧上。因此,X射线检测器单元可由至少两个 $\gamma$ 射线检测器单元定界。这可给辐射检测器提供多模态和多功能。

[0043] 根据一个实施方案,每个检测器单元的至少一个闪烁器件包括闪烁层,该闪烁层布置在多个光敏像素的至少一部分的顶部上,例如多个光敏像素的至少一部分的表面上。此外,闪烁层可以是柔性的,即闪烁层可在不劣化的情况下可弯曲一定程度。这可进一步增加整个辐射检测器的坚固性、柔性和/或可折叠性。此外,柔性闪烁层可利于实现和/或能够实现具有弯曲形状的检测器单元。闪烁层可包括CsI、GOS、石榴石和/或NaI材料。

[0044] 根据一个实施方案,闪烁器件的边缘是斜削的。这可进一步增加弯曲,借此进一步增加可折叠性。

[0045] 根据第二方面,提供一种辐射检测器布置结构,其包括多个如以上所述和在下文中所述的辐射检测器。

[0046] 根据一个实施方案,多个辐射检测器的至少两个衬底箱彼此互连。换句话说,多个辐射检测器中的至少两个可彼此互连。这样的互连可包括至少两个辐射检测器的相应的衬底箱的机械互连。衬底箱可被胶合、焊接且/或用胶带粘贴在一起。衬底箱也可通过热熔过程互连,即通过热密封和压缩互连。相应的衬底箱的边缘可平齐地布置和/或它们可至少

部分地重叠。此外,辐射检测器布置结构的多个辐射检测器可被电子地互连,例如通过所谓的贯穿箔通孔(TFV)、导线接合和/或通过印刷导电线,例如基于油墨的。这样,可进一步增加辐射检测器布置结构的整体尺寸以及多功能性。

[0047] 根据第三方面,提供一种用于生产辐射检测器的方法。该方法包括提供衬底箔和多个检测器单元的步骤,该检测器单元各自包括多个光敏像素并且该检测器单元各自包括至少一个闪烁器件,该至少一个闪烁器件光学地耦合至多个光敏像素。此外,该方法包括以下步骤:将多个检测器单元彼此并列地布置在衬底箔上,使得至少两个直接相邻和/或邻近和/或毗邻布置的检测器单元的至少两个直接相邻和/或邻近和/或毗邻布置的闪烁器件彼此分隔开一间隙,使得辐射检测器沿着间隙的至少一部分是能够弯曲的和/或能够折叠的。

[0048] 参照下文描述的实施方案,本发明的这些和其他方面将是明显的并得以阐明。

## 附图说明

[0049] 将参照例示于附图中的示例性实施方案在下文中更详细地解释本发明的主题,其中:

[0050] 图1A示意性地示出辐射检测器的俯视图;

[0051] 图1B示意性地示出图1A的辐射检测器的横截面图;

[0052] 图2A示意性地示出处于闭合构造中的辐射检测器;

[0053] 图2B示意性地示出处于完全展开构造中的图2A的辐射检测器;

[0054] 图2C示意性地示出处于部分展开构造中的图2A的辐射检测器;

[0055] 图3至图7各自示意性地示出具体设计中的辐射检测器的俯视图;

[0056] 图8A示意性地示出处于完全展开构造中的辐射检测器的俯视图;

[0057] 图8B示意性地示出处于部分展开构造中的图8A的辐射检测器;

[0058] 图9A示意性地示出辐射检测器的俯视图;

[0059] 图9B示意性地示出图9A的辐射检测器的一部分的详细视图;

[0060] 图10至图18各自示意性地示出处于不同几何设置中的辐射检测器的横截面图;

[0061] 图19A示意性地示出辐射检测器的横截面图;

[0062] 图19B示意性地示出图19A的辐射检测器的侧视图;

[0063] 图20A示意性地示出辐射检测器的横截面图;

[0064] 图20B和图20C各自示意性地示出根据不同实施方案的图20A的辐射检测器的一部分的详细视图;

[0065] 图21示意性地示出辐射检测器布置结构的俯视图;

[0066] 图22示意性地示出例示说明用于生产辐射检测器的方法的步骤的流程图;

[0067] 图23示意性地示出用于生产辐射检测器的方法。

[0068] 原则上,相同的部件在各图中具有相同的附图标记。

## 具体实施方式

[0069] 图1A示意性地示出辐射检测器10的俯视图,并且图1B示意性地示出图1A的辐射检测器10的横截面图。辐射检测器10包括两个检测器单元12a、12b。

[0070] 检测器单元12a、12b中的每一个包括示例性地布置成行的两个光敏像素14。然而,

光敏像素14替代性地可相对于彼此布置成任意布置结构。像素14中的每一个包括至少一个薄膜晶体管(TFT)元件16。

[0071] 此外,检测器单元12a、12b中的每一个包括光电二极管18,该光电二极管至少部分地覆盖每个检测器单元12a、12b的TFT元件16的表面。在图1A和图1B中所示的示例性实施方案中,像素14连接至相应的光电二极管18,其中光电二极管18基本上为像素14提供光敏性,如以下更详细地解释。替代性地,检测器单元12a、12b中的每一个还可包括多个光电二极管18。

[0072] 此外,检测器单元12a、12b中的每一个包括具有闪烁层22的闪烁器件20,该闪烁层布置在光敏像素14上和/或光敏像素14的顶部上。每个检测器单元12a、12b的闪烁层22可布置在相应的光电二极管18的顶部上和/或相应光电二极管18的表面上。闪烁层22可例如包括CsI、GOS、石榴石和/或NaI作为闪烁材料。

[0073] 具有所有以上所述的部件和/或元件的检测器单元12a、12b相对于彼此并列地和/或彼此邻近地布置在柔性的衬底箔24上。检测器单元12a、12b可至少部分地布置在衬底箔24的表面25和/或顶部表面25和/或外表面25上。衬底箔24可表示承载每个检测器单元12a、12b的部件中的全部或大多数的单个、大型、共用的衬底箔24。换句话说,衬底箔24可以是形成用于检测器单元12a、12b的共用载体元件的共用的衬底箔24。衬底箔24可例如是单块的衬底箔24。此外,衬底箔24可包括聚合物材料,诸如(例如)聚酰亚胺(PI)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)和/或其任何组合。衬底箔24是柔性,使得其可弯曲和/或折叠例如多于 $10^5$ 次而没有显著的劣化和/或退化。衬底箔24可具有在从数 $\mu\text{m}$ 至数千 $\mu\text{m}$ 的范围内的厚度,例如从 $10\mu\text{m}$ 至 $1000\mu\text{m}$ ,且优选地从 $10\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 。具体地,衬底箔24可具有约 $25\mu\text{m}$ 的厚度。

[0074] 为了使用衬底箔24的柔性和/或为了给辐射检测器10提供可折叠性和/或可弯曲性,彼此相邻和/或毗邻地布置在衬底箔24上的两个检测器单元12a、12b彼此分隔开一距离26,该距离由图1A和图1B中的箭头指示。更准确地,相应的检测器单元12a、12b的两个直接相邻的闪烁器件20分隔开距离26,其中距离26可以是从小闪烁器件20和/或闪烁层22的边缘21和/或边界21平行于衬底24的表面25测量的,该边缘/边界21彼此相对和/或面向彼此。换句话说,边缘/边界21被布置成彼此相对。距离26可至少是0.1cm,优选地是至少1cm。然而,取决于闪烁器件20的厚度,距离26可在从1cm至约30cm的范围内,例如3cm至20cm,且优选地5cm至15cm。通过使闪烁器件20的直接邻近的边缘/边界21分隔开距离26,在闪烁器件20之间形成空隙28和/或间隙28。布置在间隙28和/或空隙28内的衬底箔24的区域和/或面积被表示为衬底箔24的弯曲区域30。沿着弯曲区域30的至少一部分,辐射检测器10是能够弯曲的和/或能够折叠的,使得检测器单元12a、12b可基本上绕平行于弯曲区域30和/或间隙28的纵向延伸方向的轴线32以任意角相对于彼此移位和/或重新定位,如在下面各图中进一步阐述的。

[0075] 此外,检测器单元12a、12b中的每一个包括用于对像素14进行寻址的电子寻址电路34。除其它外,例如在给这些部件供应电力方面,每个检测器单元12a、12b的寻址电路34可被配置成用于驱动像素14。寻址电路34可各自包括例如集成电路(IC)。

[0076] 此外,检测器单元12a、12b中的每一个包括电子信号读出电路36。信号读出电路36可各自分别表示用于来自检测器单元12a、12b中的每一个的像素14的数据和/或信号的数

据信号读出装置。信号读出电路36可各自包括集成电路(IC)和/或专用集成电路(ASIC)。信号读出电路36可进一步各自包括用于将模拟信号转换成数字信号的模拟数字转换器。

[0077] 然而,检测器单元12a、12b也可以共享单个寻址电路34和/或单个信号读出电路36。因此,检测器单元12a、12b可被电子地互连并且共享辐射检测器10的共用外围电子装置。

[0078] 寻址电路34和信号读出电路36两者可被制造为布置在衬底箔24的任一侧上的电子TFT底板电路,从而允许辐射检测器10能被弯曲和/或折叠且没有性能退化。每个检测器单元12a、12b的电路34、36可布置在衬底箔24的同一侧上或布置在衬底箔24的单独的侧上。

[0079] 辐射检测器10的工作原理可描述如下。撞击在闪烁器件20和/或闪烁层22上的光子和/或带电粒子,诸如(例如)电子、正电子和/或 $\alpha$ -粒子,激发闪烁层22中的活性物质,诸如(例如)分子,该活性物质继而通过发射电磁辐射诸如(例如)可见光而去激发。由闪烁层22和/或闪烁器件20发射的电磁辐射然后撞击在光电二极管18上,该光电二极管将电磁辐射转换成电信号,即电流和/或电压,该电信号继而可经由TFT元件16中的至少一个传递至辐射检测器10的信号读出电路36。这样提供电子信号,该电子信号与主要撞击的辐射粒子和/或通过主要撞击的辐射粒子沉积在闪烁器件20中的能量相关。电子信号然后可被转换成数字信号,该数字信号可被进一步处理以用于最终图像获取。

[0080] 在此应注意,两个检测器单元12a、12b可被配置成用于检测具有不同能量的辐射。例如,检测器单元12a可表示被配置成用于检测第一能量范围内的辐射的第一检测器单元12a,并且检测器单元12b可表示被配置成用于检测第二能量范围内的辐射的第二检测器单元12b,第二能量范围至少部分地不同于第一能量范围。第一能量范围和第二能量范围可至少部分地重叠。

[0081] 例如,第一检测器单元12a可以是配置成用于检测X射线的X射线检测器单元12a,并且第二检测器单元12b可以是 $\gamma$ 射线检测器单元12b。

[0082] 为了提供在不同能量范围内的敏感性,第一检测器单元12a和第二检测器单元12b可分别例如在像素14的尺寸方面、在闪烁材料方面、在闪烁器件20和/或包括于其中的闪烁层22的厚度方面和/或电子装置(即寻址电路34和/或信号读出电路36)方面不同。为检测较高的能量,例如,可使用包括在闪烁器件20中的较厚闪烁层22。

[0083] 用检测器单元12a、12b中的每一个测量和/或检测不同的能量可有利地给辐射检测器10提供多功能和/或多模态。

[0084] 在普通或标准的检测器中,多功能仅可通过将单独的较小检测器紧密地连接在一起来实现,这不可避免地导致高成本价格。

[0085] 根据以上参照图1A和图1B描述的本发明的辐射检测器10,可在一个工艺制造流程中生产的单个箔上传感器(sensor-on-foil)衬底24制造多功能的辐射检测器10。另外,可使用通常可用的闪烁器件20和/或辐射检测器10组装工艺,借此降低用于本发明的辐射检测器10的生产成本。

[0086] 此外,例如在具有多个成像任务的临床操作中,诸如(例如)用于SIRT、肿瘤学IGT等的X射线和 $\gamma$ 射线,可能需要中间患者运送并且使用普通或标准的检测器可能是耗费时间的。

[0087] 相反,利用参照图1A和图1B描述的本发明的多模态的辐射检测器10,这类操作可

被简化且/或缩短而不需要中间患者运送。

[0088] 此外,普通或标准的辐射检测器可具有传感器和闪烁器形成的一个固定组合,该固定组合理想地仅满足用于“平均应用”的要求。这可能限制用户灵活性、应用范围并且可能导致不希望的高X射线剂量使用。

[0089] 相反,参照图1A和图1B描述的本发明的辐射检测器10可具备多个传感器,即包括多个闪烁器件20组合的检测器单元12a、12b,该多个传感器可各自针对具体的成像应用要求,诸如针对低剂量或高剂量、针对低kV或高kV、针对低分辨率或高分辨率等进行优化。这可提供辐射剂量(诸如X射线剂量)的更有效的使用。

[0090] 此外,普通的检测器和系统可仅具有一个成像功能,诸如X射线功能或 $\gamma$ 射线功能。

[0091] 相反,如以上参照图1A和图1B所述的,本发明的辐射检测器10在将X射线和 $\gamma$ 射线成像组合在一个辐射检测器10方面提供多模态的辐射检测。

[0092] 除此之外,在普通的检测器中,共用衬底上的“标准”检测器的重复折叠/展开和/或弯曲可导致闪烁器件的局部损坏并导致成像性能的退化。

[0093] 相反,在本发明的辐射检测器10中,所有检测器单元12a、12b可以是平坦的,并且可仅在未覆盖任何闪烁器件20和/或闪烁层22的弯曲区域30和/或间隙28处被折叠。这可提供高度的坚固性和耐久性。

[0094] 在下文中简要地概括根据图1A和图1B中所示的示例性实施方案的辐射检测器。如所述,提供了一种紧凑的可折叠的辐射检测器10的设计,该辐射检测器可被临时展开以致动彼此连接的多个平坦的检测器单元12a、12b形成的较大构造。检测器单元12a、12b可相对于彼此以任何所需要的角(即,如后续图中所示的弯曲角50)柔性地定位,并且具有其自己的具体的光敏像素14和闪烁器件20。辐射检测器10中的基本的大衬底箔24包括单个薄塑料箔24,各种较小的光敏像素14制造于该单个薄塑料箔上。大衬底箔24优选地使用TFT底板和光电二极管制造工艺在一个工艺流程中生产。多功能辐射检测器10可通过设计其检测器单元12a、12b使得检测器单元能够单独地操作和/或例如从不同的辐射照射获取图像来实现。

[0095] 图2A示意性地示出处于闭合构造中的辐射检测器10。图2B示意性地示出处于完全展开构造中的图2A的辐射检测器10,并且图2C示意性地示出处于部分展开构造中的图2A的辐射检测器10。

[0096] 如果没有另外说明,则图2A至图2C的辐射检测器10包括与图1A和图1B的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0097] 图2A至图2C的辐射检测器10包括共五个检测器单元12a、12b、12c、12d和12e,该检测器单元各自具有矩形形状。

[0098] 中心检测器单元12a可大于其他检测器单元12b至12e。例如,中心检测器单元12a可以是X射线检测器单元12a,而其他检测器单元12b至12e可以是 $\gamma$ 射线检测器单元。替代性地,所有检测器单元12a至12e可被配置成用于检测不同能量范围内的辐射粒子,例如光子,该不同能量范围也可以重叠。

[0099] 如图2B中所示,检测器单元12b和12d具有相同尺寸并且分别布置在检测器单元12a的相反两侧11a和11b上。

[0100] 类似地,检测器单元12c和12e具有相同尺寸并且分别布置在检测器单元12a的相

反两侧11c和11d上。

[0101] 如从图2A至图2C明显看出的,辐射检测器10被折叠成如图2A中所示的相当紧凑的构造并且可被完全展开成图2B中所绘示的构造,借此增加有效的检测器面积。

[0102] 如图2C中所例示,因为检测器单元12b至12e中的每一个可独立地折叠且/或弯曲,所以辐射检测器10可使用在从图2A中所示的完全折叠构造到图2B中所示的完全展开构造的范围内的大量不同的几何构造中。

[0103] 总之,提供了一种紧凑的可折叠的辐射检测器10的设计,该辐射检测器可被临时展开以致动彼此连接的多个平坦的检测器单元12a至12e形成的较大构造。检测器单元12a至12e可相对于彼此以任何所需要的角(即如后续图中所示的弯曲角50)柔性地定位。

[0104] 每个检测器单元12a至12e包括利用具体的闪烁器件20至少部分地覆盖的光敏像素14,并且每个检测器单元12a至12e可针对具体的X射线和/或 $\gamma$ 射线成像要求进行优化。每个检测器单元12a至12e可具有其自己的像素14和/或TFT元件16和/或用于寻址和数据信号读出的外围电子装置34、36形成的具体布置结构。

[0105] 基本的大衬底箔24包括单个薄塑料箔,各种较小的光敏像素14制造于该单个薄塑料箔上。大衬底箔24可优选地使用TFT底板和光电二极管制造工艺在一个工艺流程中生产。

[0106] 多功能辐射检测器10通过设计其检测器单元12a至12e使得检测器单元能够单独地操作并且从不同的辐射照射获取图像来实现。检测器单元12a至12e的图像可以是同时和/或顺序地获取的。图像可被处理、合并且/或重建以生成解剖学和/或功能信息。

[0107] 图3示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的俯视图。如果没有另外说明,则图3的辐射检测器10包括与先前图中所示的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0108] 图3的辐射检测器包括共九个检测器单元12a至12i。其中,检测器单元12a至12e对应于图2A至图2C的检测器单元12a至12e。

[0109] 另外,小尺寸的检测器单元12f、12g、12h、12i布置在中心检测器单元12a的每个拐角处,这给辐射检测器10提供了甚至更大的总检测面积。

[0110] 图4示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的俯视图。如果没有另外说明,则图4的辐射检测器10包括与先前图中所示的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0111] 图4的辐射检测器10包括共两个检测器单元12a、12b,该两个检测器单元彼此相邻地布置并且在尺寸不同。检测器单元12a可被视为主检测器单元,该主检测器单元在边缘11上由检测器单元12b定界。

[0112] 图5示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的俯视图。如果没有另外说明,则图5的辐射检测器10包括与先前图中所示的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0113] 图5的辐射检测器10包括共五个检测器单元12a至12e。沿着相应的检测器单元12a至12e的每个侧和/或边缘11a至11d,检测器单元12a至12e可被折叠,从而允许大量的各种几何构造。所有检测器单元12a至12e具有正方形形状并且具有相同尺寸。因此,检测器面积可从完全折叠构造到完全展开构造增加五倍。

[0114] 图6示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的俯视图。如果没有

另外说明,则图6的辐射检测器10包括与先前图中所示的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0115] 图6的辐射检测器10包括共三个检测器单元12a至12c。沿着相应的检测器单元12a至12c的每个侧和/或边缘11a至11b,检测器单元12a至12c可被折叠,从而允许大量的各种几何构造。所有检测器单元12a至12c具有正方形形状并且具有相同尺寸。因此,检测器面积可从完全折叠构造到完全展开构造增加三倍。

[0116] 图7示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的俯视图。如果没有另外说明,则图7的辐射检测器10包括与先前图中所示的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0117] 图7的辐射检测器10包括共六个检测器单元12a至12f。沿着相应的检测器单元12a至12f的每个侧和/或边缘11a至11e,检测器单元12a至12f可被折叠,从而允许大量的各种几何构造。所有检测器单元12a至12f具有矩形形状并且具有相同尺寸。因此,检测器面积可从完全折叠构造到完全展开构造增加六倍。

[0118] 图8A示意性地示出处于完全展开构造中的辐射检测器10的俯视图,并且图8B示意性地示出处于部分展开构造中的图8A的辐射检测器10。如果没有另外说明,则图8A和图8B的辐射检测器10包括与先前图中所示的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0119] 辐射检测器10包括共五个检测器单元12a至12e,对应于图2A和图2B的检测器单元12a至12e。

[0120] 此外,辐射检测器10包括共四个单独的电子装置单元13a至13d,其中在中心检测器单元12a的每个拐角处布置有这些电子装置单元13a至13d中的一个。电子装置单元13a至13d中的每一个包括单独的信号读出电路36。这些单独的信号读出电路36中的每一个布置在衬底箔24的单独的电子装置承载区域15a至15d上。

[0121] 为了提供检测器单元12b至12e中的每一个沿着边缘11a至11d(对应于检测器单元12a的侧11a至11d)中的每一个的可折叠性,在电子装置单元13a至13d中的每一个与至少一个直接相邻和/或邻近的检测器单元12b至12e之间,衬底箔24包括切口17a至17d和/或19a至19d。

[0122] 例如,对于电子装置单元13a、13b来说,切口17a、17b存在于衬底箔24中,如图8B中所示。替代性地或另外,可存在切口19a、19b。上述分别适用于其他电子装置单元13c、13d以及切口17c、17d和/或19c、19d。

[0123] 然而,为了增加稳定性,设置切口17a至17d或19a至19d是可行的。

[0124] 应注意,图8A中的虚线绘示出可折叠的衬底箔24的边缘,并且实线绘示出切口17a至17d和19a至19d,其可以是切割的箔边缘。

[0125] 空带形区域和/或各检测器单元12a至12e和/或电子装置单元13a至13d之间的区域也可用于电子装置,诸如(例如)接线等。

[0126] 图9A示意性地示出辐射检测器10的俯视图,并且图9B示意性地示出图9A的辐射检测器10的一部分的详细视图。如果没有另外说明,图9A和图9B的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0127] 图9A的辐射检测器10包括共九个检测器单元12a至12i,类似于图3中所示的辐射检测器10。

[0128] 此外,每个检测器单元12a至12i包括一个或多个寻址电路34和一个或多个信号读出电路36。

[0129] 检测器单元12a、单元12b、12d、12f、12h以及12c、12e、12g、12i可具有针对低剂量或高剂量、低kV或高kV、低分辨率或高分辨率应用而优化的不同像素尺寸、闪烁器件、寻址电路34和/或信号读出电路36,如先前所述的。

[0130] 检测器单元12a至12i中的每一个经由至少一个开关元件38(诸如全局数据线开关)互连至相邻的检测器单元12a至12i中的一个。开关元件38被配置成用于可切换地使相邻的检测器单元12a至12i互连和/或脱开。更具体地说,开关元件38可以可切换地使来自相邻的检测器单元12a至12i的行寻址线或列读出数据线互连。例如,图9B示出检测器单元12a和12b的列读出线的互连。检测器单元12a至12i中的每一个包括按照若干行和列布置在衬底箔24上的光敏像素14形成的阵列40a、40b。出于清晰性原因,阵列40a、40b仅包括三行和六列。然而,阵列40a、40b中的每一个可包括多达1000乘1000个像素14或甚至更多。

[0131] 阵列40a、40b可通过开关元件38彼此互连且/或脱开,该开关元件可以是全局数据线开关并且包括例如用于使每个列互连/脱开的每列一个TFT元件。

[0132] 寻址电路34可各自包括IC作为行驱动器,该行驱动器对光敏像素14的相应的阵列40a、40b的多个行和/或栅极线进行寻址。

[0133] 信号读出电路36可包括用于从每列读出信号的IC或ASIC。此外,读出电路36可包括电荷敏感放大器(CSA)39。

[0134] 总之,检测器单元12a至12i可通过将开关元件38插入数据读出线和行驱动器线中彼此电子地脱开。这能够实现每个检测器单元12a至12i的单独、自主的操作,避免检测器单元12a至12i之间的串扰并且减少由过长的数据线导致的过量噪声。

[0135] 此外,CSA 39可包括用于信号读出电路36的IC的信号读出的接合垫。为简单起见,TFT元件16、行驱动器线、驱动器IC和像素电路在图9A和图9B中未示出。

[0136] 任选地,IC可使用贯穿箔通孔(through-foil-via)技术放置在衬底箔24的后侧上。

[0137] 图10示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的横截面图。如果没有另外说明,则图10的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或元件。

[0138] 辐射检测器10包括三个检测器单元12a至12c。在检测器单元12b和12a之间以及12a和12c之间的每个弯曲区域30处,将辐射检测器弯曲约60°的弯曲角50。其中,弯曲角50是分别由两个直接相邻的检测器单元12b、12a和12a、12c包围的角。

[0139] 如在先前图中所述的,检测器单元12a至12c可对各种能量的辐射敏感。例如,检测器单元12a可以是X射线检测器单元并且检测器单元12b和12c可以是 $\gamma$ 射线检测器单元。

[0140] 光子辐射的撞击方向在图10中由箭头54指示,并且例如患者位置由对象52指示。穿过对象52的光子被部分地吸收,并且通过检测器单元12a至12c,可获取综合性的辐射图像,其中检测器单元12a至12c可根据患者和/或对象52的几何形状进行定位。

[0141] 图11示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的横截面图。如果没有另外说明,则图11的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0142] 图11的辐射检测器10包括以90°的弯曲角50布置的两个检测器单元12a、12b。光子辐射可在穿过对象52之后垂直地撞击至检测器单元12a、12b的每个上,如由双箭头54所示。另外,检测器单元12a、12b可对不同能量的光子敏感。

[0143] 图12示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的横截面图。如果没有另外说明,则图12的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0144] 图12的辐射检测器10包括以270°的弯曲角50布置的两个检测器单元12a、12b。与图11的实施方案相反,光子辐射可在穿过衬底箔24之后垂直地撞击至检测器单元12a、12b中的每一个上,如由双箭头54所示。另外,检测器单元12a、12b可对不同能量的光子敏感。

[0145] 图13示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的横截面图。如果没有另外说明,则图13的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0146] 图13的辐射检测器10包括以180°的弯曲角50布置的三个检测器单元12a、12b、12c。由于衬底箔24的高柔性,检测器单元12a至12c可以布置成阶梯状结构,使得检测器单元12a至12c中的每一个可仅具有到待辐照对象的稍微不同的距离。理想地,距离差应尽可能小,因为它们导致用于每个检测器单元12a、12b、12c的图像放大率差异。然而,这些可通过图像后处理校正。此外,如可看出的,衬底箔24可以在弯曲区域30中的每一个中布置成Z状结构,从而提供辐射检测器10的高度的柔性。

[0147] 图14示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的横截面图。如果没有另外说明,则图14的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0148] 辐射检测器10包括布置成弧状和/或圆形几何形状的共五个检测器单元12a至12e。检测器单元12a至12e中的每一个具有平坦的几何形状。辐射可首先穿过衬底箔24并且然后到达检测器单元12a至12e上,如由箭头54所绘示。然而,任何其他撞击方向54都是可行的。

[0149] 如所示,由于弯曲区域30中的衬底箔24的高柔性,衬底箔24可被折叠成环状结构,从而允许使相邻的检测器单元12a至12e一起紧密地靠近以用于图像获取。

[0150] 图15示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的横截面图。如果没有另外说明,则图15的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0151] 辐射检测器10包括布置成弧状和/或圆形几何形状的共七个检测器单元12a至12g。检测器单元12a至12g中的每一个具有弯曲形状和/或弯曲外部几何形状和/或弯曲外表面。由于衬底箔24的柔性,衬底箔24在布置检测器单元12a至12g的区域中也具有弯曲形状。

[0152] 检测器单元12a至12g可分别在仅一个空间方向或维度上弯曲。替代性地,检测器单元12a至12g或其一部分可在两个空间方向弯曲,例如正交的空间方向上弯曲,其中在两个方向上的相应曲率的半径可相等或不同于另一个。此外,辐射检测器10也可包括如图14中所示的平坦的检测器单元12a至12g和如图15中所示的弯曲的检测器单元12a至12g的组合。

[0153] 辐射可首先穿过检测器单元12a至12g并且然后到达衬底箔24上,如由箭头54所绘示。然而,任何其他撞击方向54都是可行的。

[0154] 如所示,由于弯曲区域30中的衬底箔24的高柔性,衬底箔24可被折叠成环状结构,从而允许使相邻的检测器单元12a至12g一起紧密地靠近以用于图像获取。

[0155] 图16示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的横截面图。如果没有另外说明,则图16的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0156] 辐射检测器10包括共六个检测器单元12a至12f,其中检测器10在弯曲区域30中、在检测器10的中间被折叠,使得检测器单元形成的对(12a、12d;12b、12e和12c、12f)背对背地布置。例如,检测器单元12a至12c和检测器单元12d至12f可对不同的辐射能量敏感,例如用于双能量X射线成像应用。图16中的弯曲角50为约360°。

[0157] 对于双能量X射线成像,首先由辐射撞击的检测器单元12a至12c可具有与相对于撞击方向54布置在检测器单元12a至12c后面的检测器单元12d至12f相比较薄的闪烁器件20和/或闪烁层22。这样,检测器单元12a至12c可对低能量X射线更敏感,而检测器单元12d至12f可对高能量X射线更敏感。此外,检测器单元12a至12c可包括相比于检测器单元12d至12f不同的闪烁材料。此外,为了屏蔽光和/或电磁信号免受检测器单元12a到12c的闪烁器件20影响并且避免所谓的串扰,辐射检测器10可进一步包括布置在衬底箔24上的一个或多个光屏蔽件(未示出)。

[0158] 图17示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的横截面图。如果没有另外说明,则图17的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0159] 辐射检测器10包括共六个检测器单元12a至12f,其中检测器10在弯曲区域30中、在检测器10的中间被折叠。与图16相反,单元12a至12f相对于彼此移位和/或偏移,使得其在边界区域处部分地重叠,并且使得检测器单元形成的对(12a、12d;12b、12e和12c、12f)仅部分地背对背布置。图17中所示的辐射检测器10的构造对于诸如(例如)全身成像和/或脊柱成像的极大视场X射线成像是尤其有利的。

[0160] 图18示意性地示出根据一个示例性实施方案的辐射检测器10的横截面图。如果没有另外说明,则图18的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0161] 辐射检测器10包括共五个检测器单元12a至12e,其中单元12b和12d相对于其他单元12a、12c和12e移位和/或偏移。如图13中,衬底箔24在每个弯曲区域30中被弯曲和/或折叠成Z状结构。图18中所示的辐射检测器10的构造对于诸如(例如)全身成像和/或脊柱成像的极大视场X射线成像是尤其有利的。

[0162] 图10至图18中所示的几何设置和/或构造例示了辐射检测器10的多功能和/多模态。应用可例如包括用于SIRT(选择性内部放射治疗,如例如图10中所示)的混合X射线和 $\gamma$ 射线成像、IGT(图像引导治疗,如例如图11和图12中所示)中的双平面X射线成像、数字放射学(DR,如例如图13、图17和图18中所示,双能量DR,如例如图16中所示)、计算机断层(CT)成像(如例如图14和图15中所示)、断层合成、新生儿和/或小儿科成像(L形),其中对于不同的视图、使用紧凑的便携式检测器10的移动DR应用、全身成像、创伤、矫形术和许多其他应用

来说可不需要患者的移动。

[0163] 图19A示意性地示出辐射检测器10的横截面图,并且图19B示意性地示出图19A的辐射检测器10的侧视图。

[0164] 如果没有另外说明,图19A和图19B的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0165] 在图19A和图19B中,通过辐射检测器10形成CT状环,该辐射检测器包括布置成环结构的共十二个检测器单元12。辐射检测器10包括用于将检测器单元12保持成环结构的支撑环60。支撑环60可通过管元件62定位,该管元件经由另外的管元件64附接至支撑环。

[0166] 替代性构造和/或实施方案可以是半环。

[0167] 此外,通过将一或多个检测器单元12折叠至环结构外侧,可调整的口径尺寸是可行的。

[0168] 此外,图19A和图19B所示的辐射检测器10的检测器单元12也可具有弯曲形状,如图15中所示。

[0169] 图20A示意性地示出辐射检测器10的横截面图,图20B和图20C各自示意性地示出根据不同实施方案的图20A的辐射检测器10的一部分的详细视图,如下文中所解释的。

[0170] 如果没有另外说明,则图20A至图20C的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0171] 类似于图18中所示的构造,图20A的辐射检测器10包括共五个检测器单元12a至12e,其中单元12b和12d相对于剩余的单元12a、12c和12e移位和/或偏移。衬底箔24在每个弯曲区域30中被弯曲和/或折叠成Z状结构。

[0172] 图20B示出检测器单元12a和12b的详细视图。单元12a、12b中的每一个包括具有布置在光电二极管18和光敏像素14的阵列40a、40b上的闪烁层22的闪烁器件20。此外,绘示出布置在衬底箔24的弯曲区域30中的寻址电路34和信号读出电路36。

[0173] 如可在图20B中看出的,在检测器单元12a的边缘70处衬底箔24与检测器单元12b部分地重叠。然而,因为衬底箔是相当薄的,所以可忽略其X射线吸收率。

[0174] 为了提供无缝X射线检测,检测器单元12a、12b的闪烁器件20的边缘72是斜削的。

[0175] 用于无缝X射线成像的主要准则可以是顶部检测器单元12a的光敏像素阵列40a与底部检测器单元12b的光敏像素阵列40b重叠,并且在重叠区域中,光敏像素阵列中的至少一个可覆盖闪烁层22和/或闪烁材料。两个检测器单元12a、12b的X射线图像可通过先进的图像处理技术彼此无缝地拼接。

[0176] 参照图20B,与图20B中所示的闪烁器件20的斜削边缘72相反,图20C中所示的检测器单元12a、12b的闪烁器件20的边缘72是陡峭的。陡峭的闪烁器边缘72可比斜削的闪烁器边缘更为优选,因为重叠区域较小并且减少由闪烁器厚度变化导致的潜在的图像失真。

[0177] 为了完整起见,应注意,图20B中所示的单元12a、12b中的每一个包括具有布置在光电二极管18和光敏像素14的阵列40a、40b上的闪烁层22的闪烁器件20。此外,绘示出布置在衬底箔24的弯曲区域30中的寻址电路34和信号读出电路36。

[0178] 图21示意性地示出辐射检测器布置结构100的俯视图。辐射检测器布置结构100包括如参照先前图所描述的两个辐射检测器10a、10b。如果没有另外说明,则图21的辐射检测器布置结构100的辐射检测器10a、10b中的每一个包括与先前图的辐射检测器10相同的特

征、功能和/或要素。

[0179] 具体地,辐射检测器10a、10b中的每一个包括与图1中所述的相同的要素、特征和/或功能。

[0180] 除其它之外,辐射检测器10a包括衬底箔24a,检测器单元12a、12b并列地布置在衬底箔上,使得相应的闪烁器件20彼此分隔开距离26。

[0181] 类似地,辐射检测器10b包括衬底箔24b,检测器单元12a、12b并列地布置在衬底箔上,使得相应的闪烁器件20彼此分隔开距离26。

[0182] 辐射检测器10a、10b的两个衬底箔24a、24b在连接区域102处彼此互连。两个衬底箔24a、24b的互连可包括相应的衬底箔24a、24b的机械互连。因此,衬底箔24a、24b可被胶合、焊接且/或用胶带粘贴在一起。衬底箔24a、24b可替代性地或另外通过热熔融工艺互连,即通过热密封和压缩互连。辐射检测器10a和/或衬底箔24a的第一边缘104a与辐射检测器10b和/或衬底箔24b的第二边缘104b至少部分地重叠。第一边缘104a和第二边缘104b可替代性地相对于彼此平齐布置。

[0183] 此外,辐射检测器10a、10b可被电子地互连,例如通过所谓的贯穿箔通孔(TFV)、导线接合和/或通过印刷导电线,例如基于油墨的。这样,可进一步增加辐射检测器布置结构100的总尺寸以及多功能。

[0184] 这样,基本上可在辐射检测器布置100的替代性实施方案中互连任意数目的辐射检测器10、10a、10b。

[0185] 图22示意性地示出例示用于生产辐射检测器10的方法的步骤的流程图。如果没有另外说明,则根据该方法生产的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0186] 在第一步骤S1中,提供衬底箔24,尤其是单个衬底箔24,并且在第二步骤S2中,提供多个检测器单元12a、12b。检测器单元12a、12b各自包括多个光敏像素14,并且各自包括至少一个闪烁器件20,该至少一个闪烁器件光学地耦合至多个光敏像素14。步骤S1和S2可以按照任意顺序或同时进行。

[0187] 在另一步骤S3中,将检测器单元12a、12b相对于彼此并列地布置在衬底箔24上,使得至少两个直接相邻的检测器单元12a、12b的至少两个直接相邻的闪烁器件20彼此隔开间隙28,使得辐射检测器10沿着间隙28的至少一部分是能够弯曲的。

[0188] 任选地,衬底箔24可在检测器单元12a、12b之间被切割,即检测器单元12a、12b可被切出,并且检测器单元12a、12b可例如通过胶合和/或焊接相对于彼此以任意几何布置结构层压至另一大尺寸的衬底箔。

[0189] 图23示意性地例示用于生产辐射检测器10的方法。图23例示箔上检测器(detector-on-foil)制造工艺流程。如果没有另外说明,则根据该方法生产的辐射检测器10包括与先前图的辐射检测器10相同的特征、功能和/或要素。

[0190] 在第一步骤S1中,提供玻璃载体500,充当起始衬底。

[0191] 在第二步骤S2中,将衬底箔24布置在玻璃载体500上。衬底箔24可被层压至玻璃载体500。

[0192] 在第三步骤S3中,例如在TFT底板制造过程中将像素14和TFT元件16布置在衬底箔24上。TFT元件16可以在衬底箔24上布置成阵列40。

- [0193] 在第四步骤S4中,将光电二极管18沉积在像素14上和/或像素14形成的阵列40上。
- [0194] 在第五步骤S5中,将闪烁器件20布置在光电二极管18上和/或施加至光电二极管18。这样,如图23的示例性实施方案中所示,形成两个检测器单元12a和12b。
- [0195] 在第六步骤S6中,将衬底箔24剥离并且基本上提供辐射检测器10,该辐射检测器还可包括至少一个信号读出电路36和/或寻址电路34,如先前图中所示。
- [0196] 任选地,在另一步骤中,可将电子装置布置在辐射检测器10上。
- [0197] 虽然已经在附图和前面的描述中详细例示并描述了本发明,但这样的例示和描述将被视为说明性的或示例性的,而不是限制性的;本发明不限于所公开的实施方案。本领域中和实施要求保护的发明的技术人员根据对附图、公开内容和所附权利要求的研究,可以理解并实现所公开的实施方案的其他变化。
- [0198] 在权利要求书中,词语“包括”不排除其他元件或步骤,并且不定冠词“一”或“一个”不排除多个。在相互不同的从属权利要求中记载某些措施事实上并不表示这些措施的组合不能用于获益。权利要求中的任何附图标记不应视为限制范围。

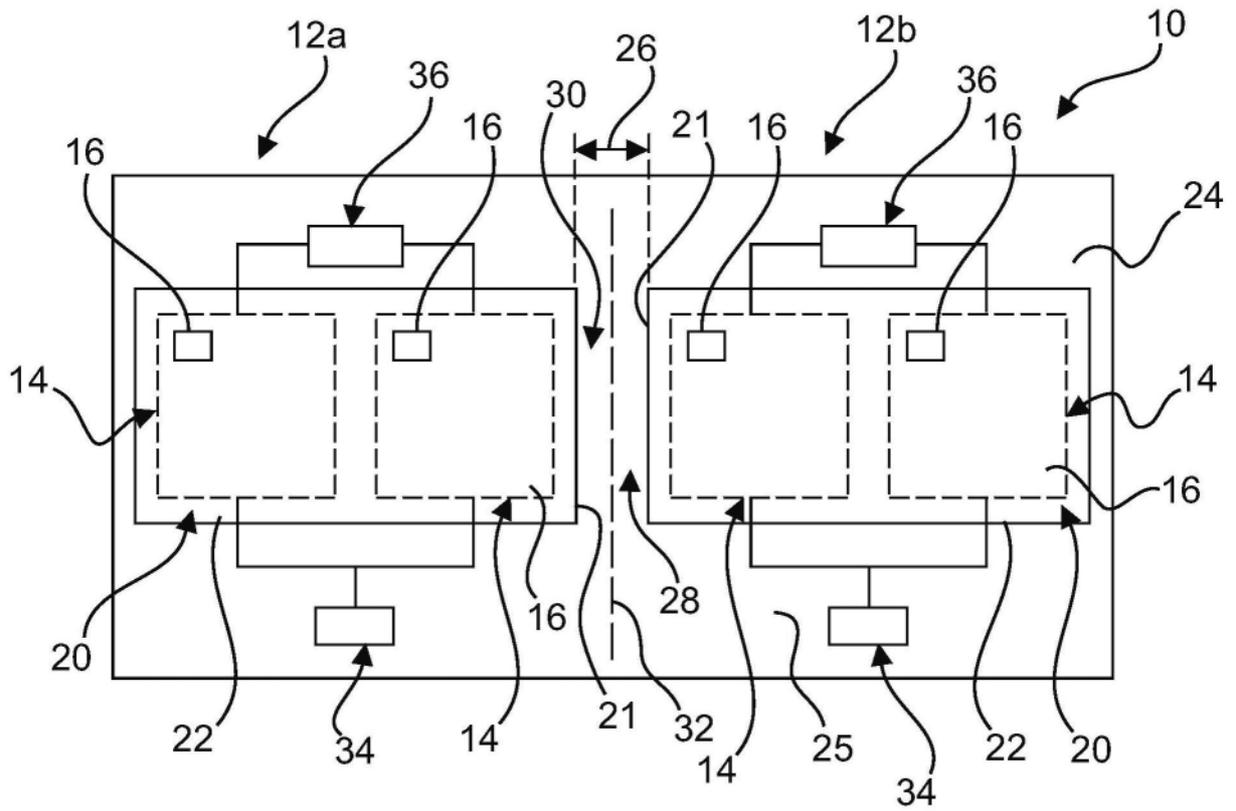


图1A

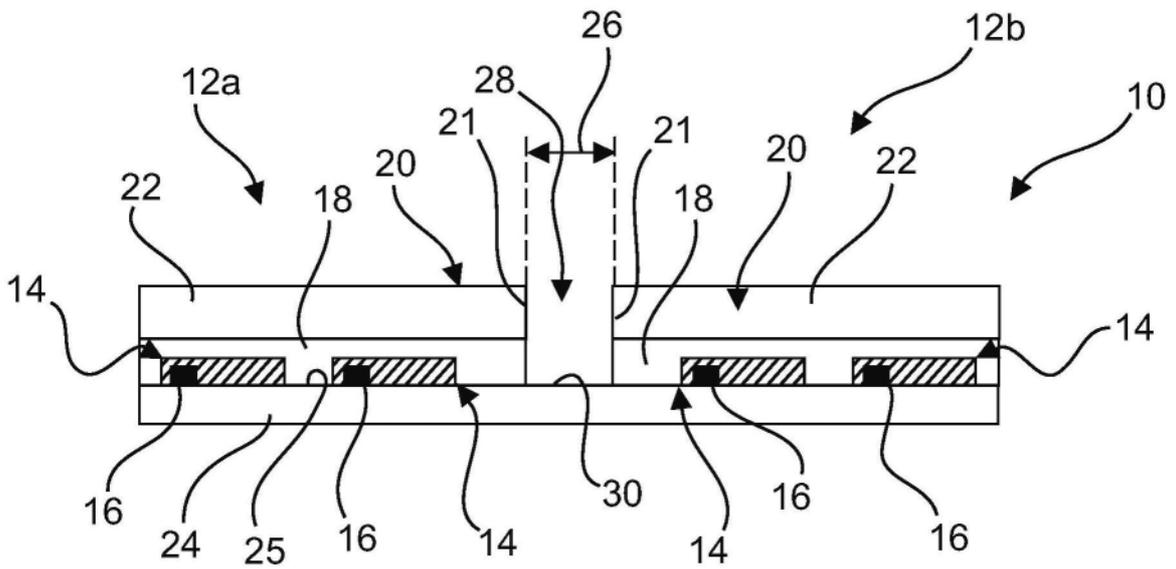


图1B

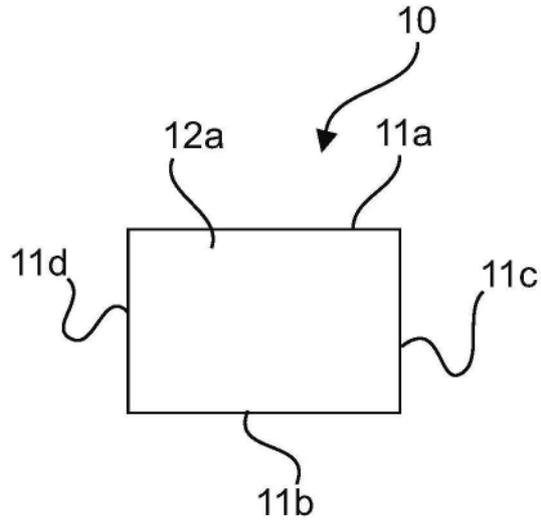


图2A

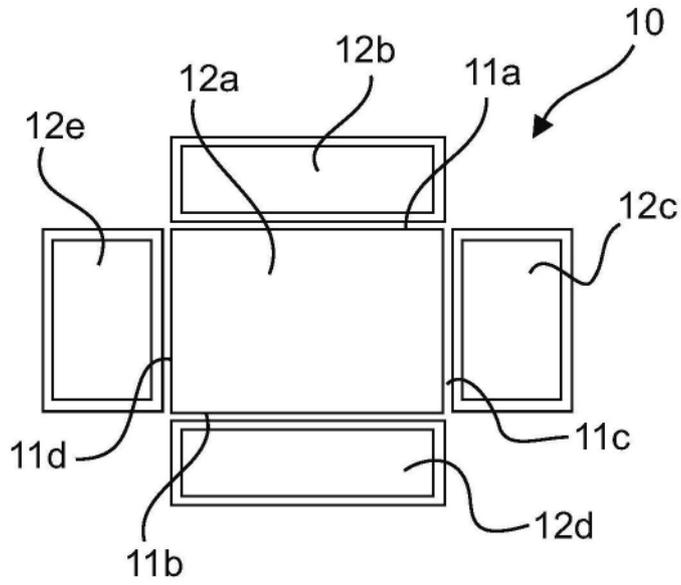


图2B

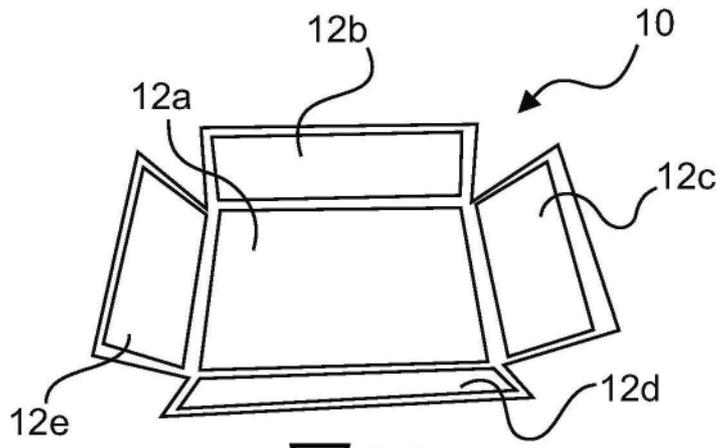


图2C

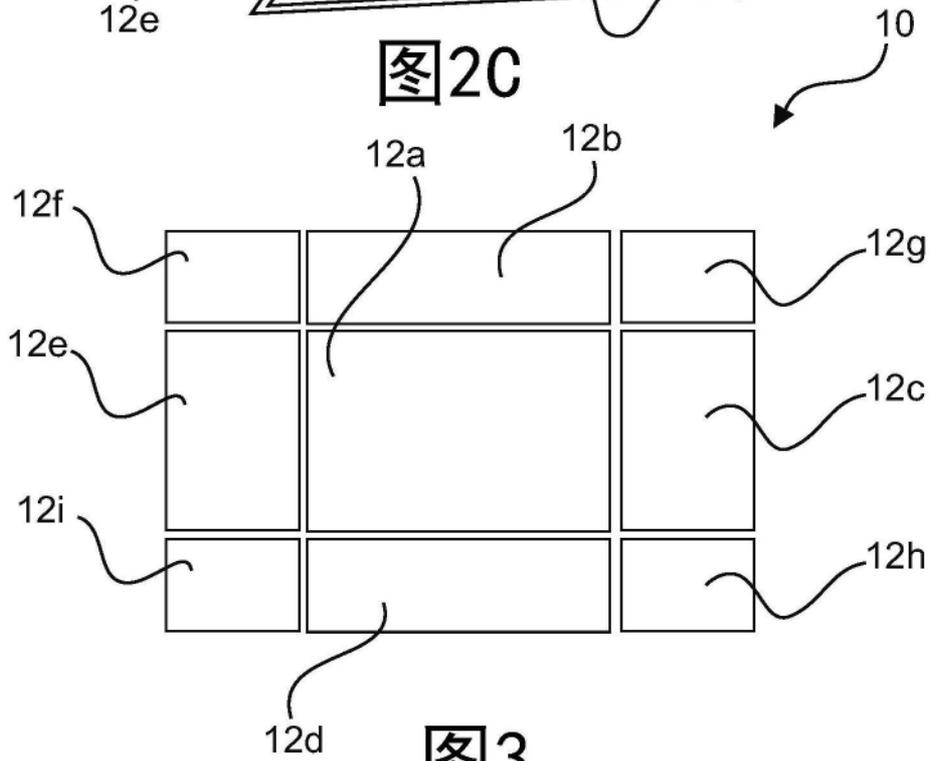


图3

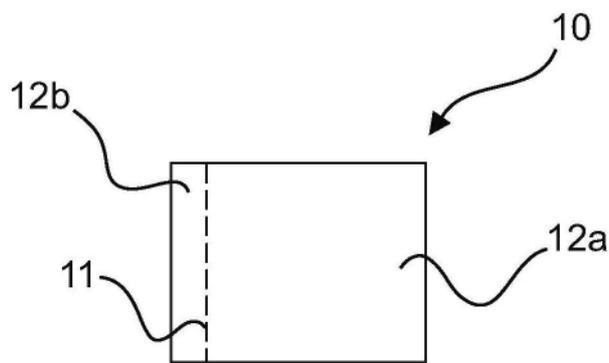


图4

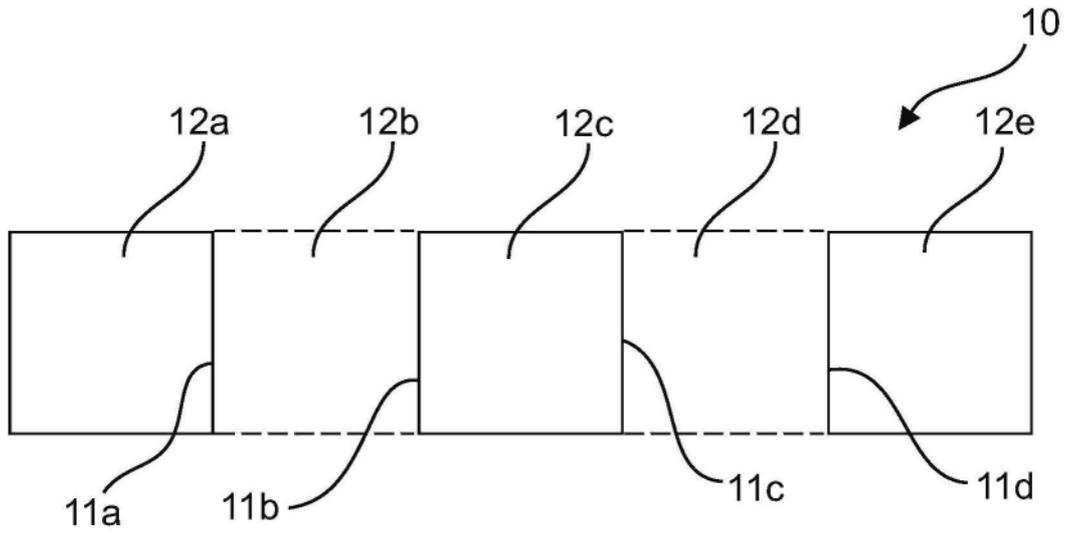


图5

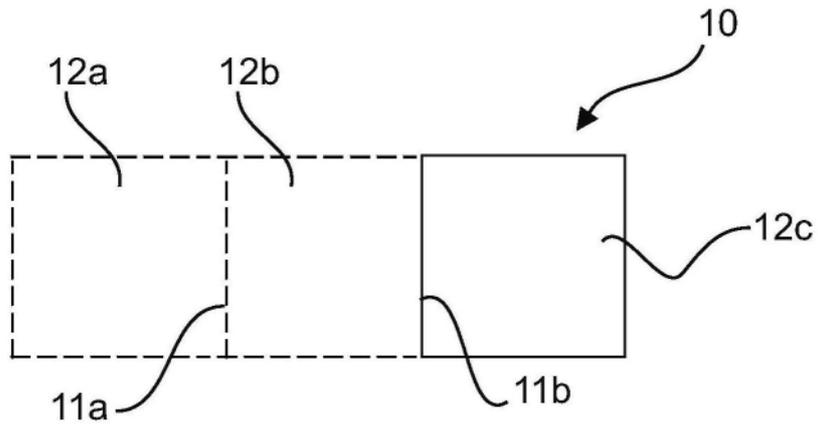


图6

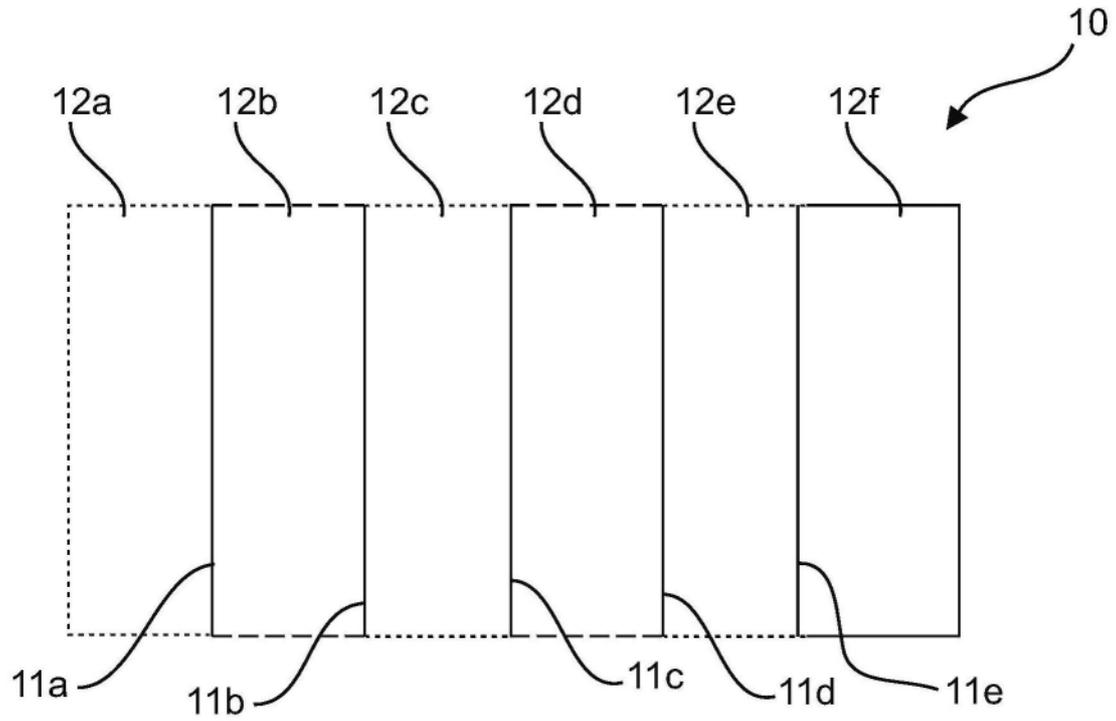


图7

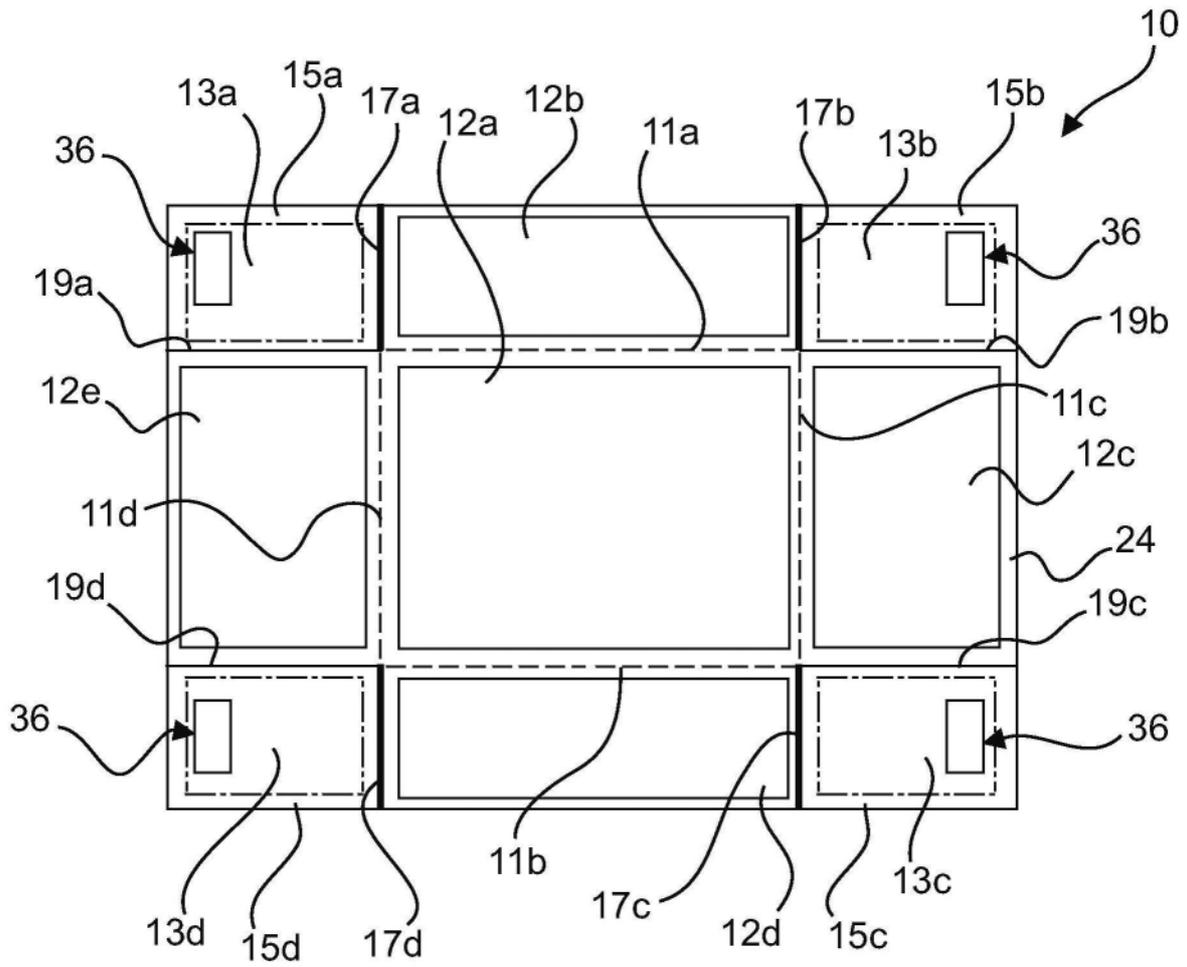


图8A

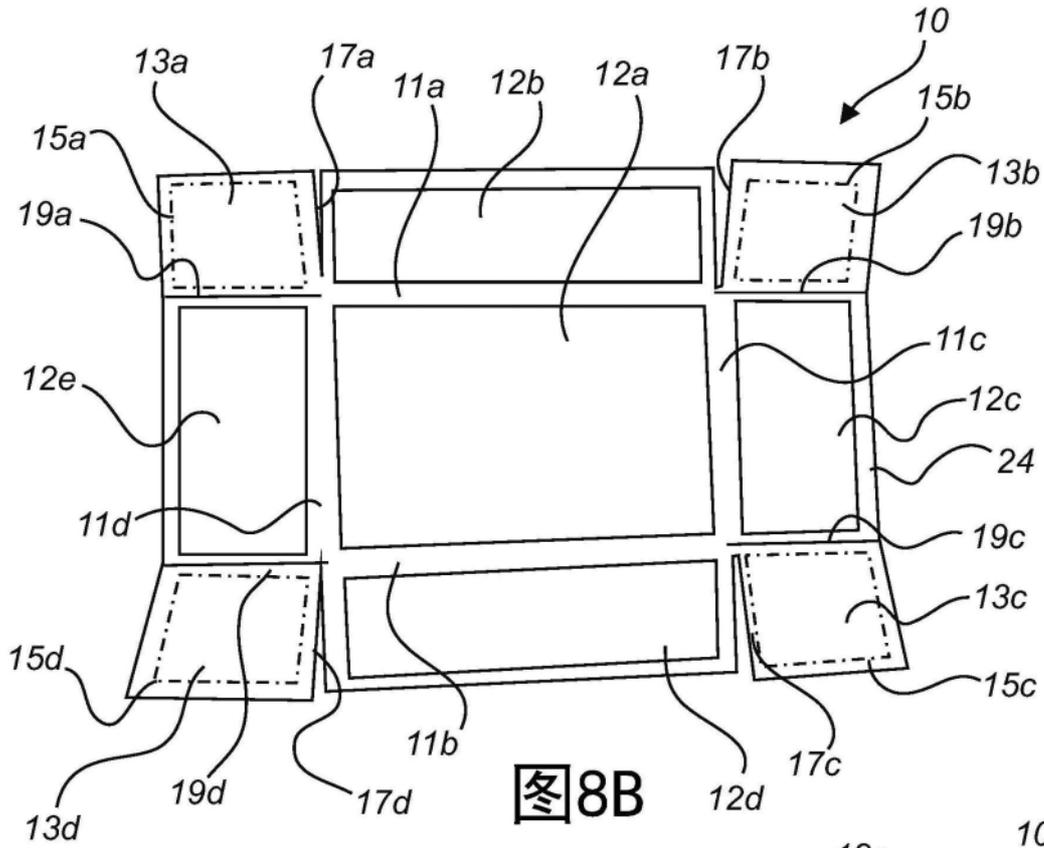


图8B

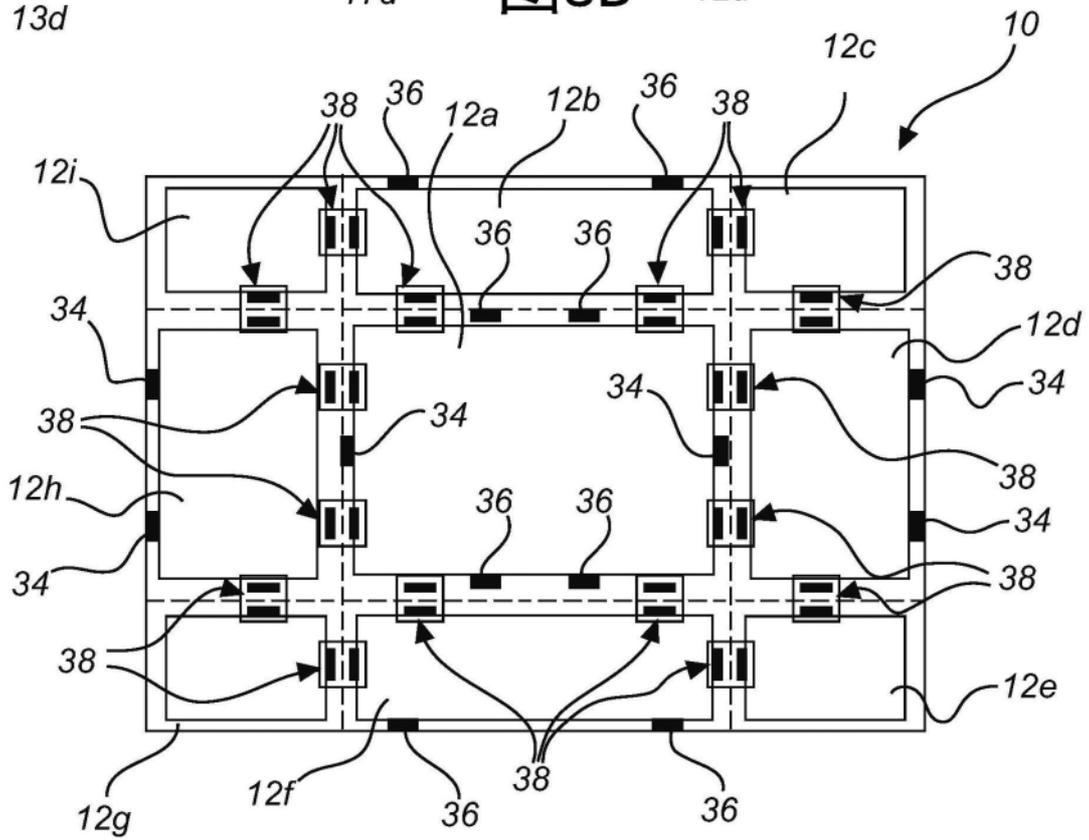


图9A

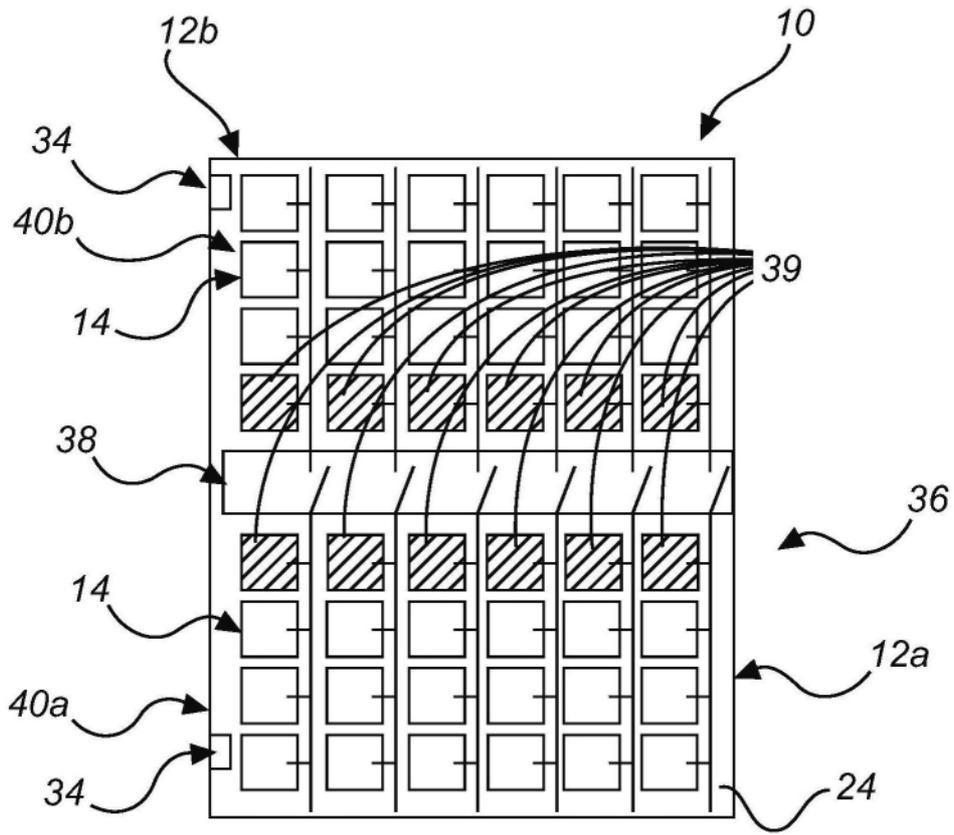


图9B

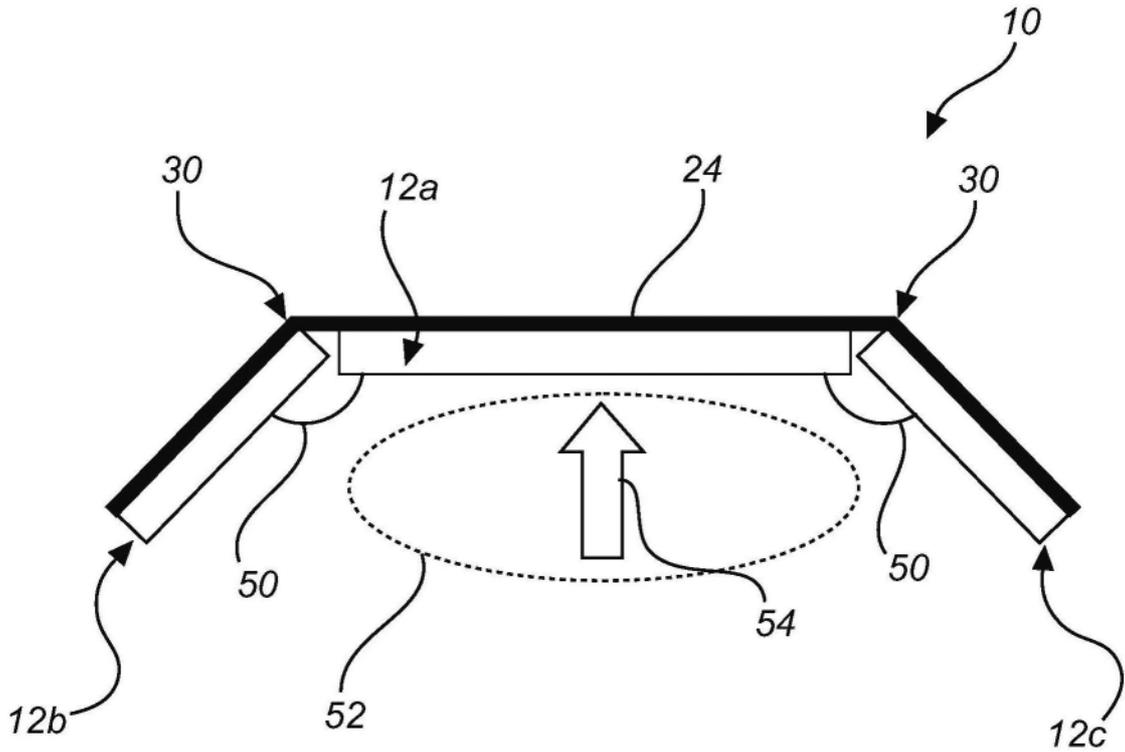


图10

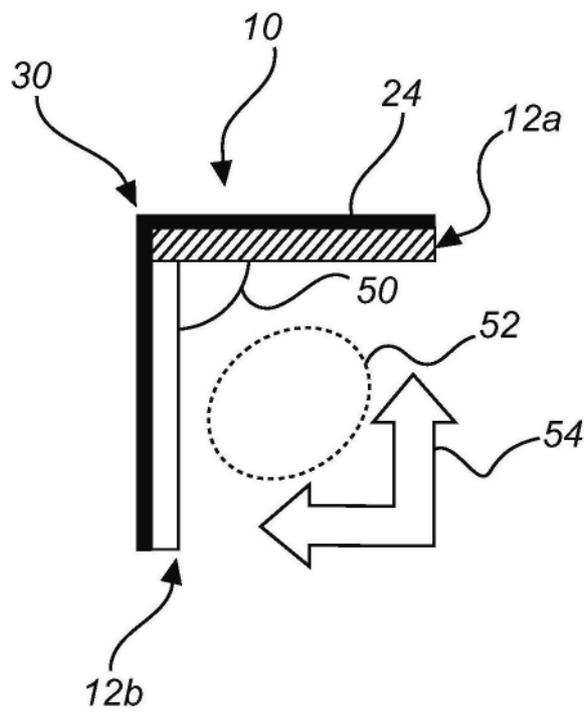


图11

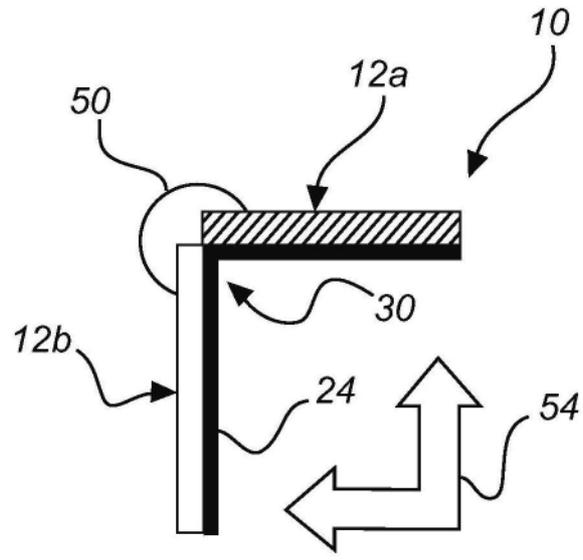


图12

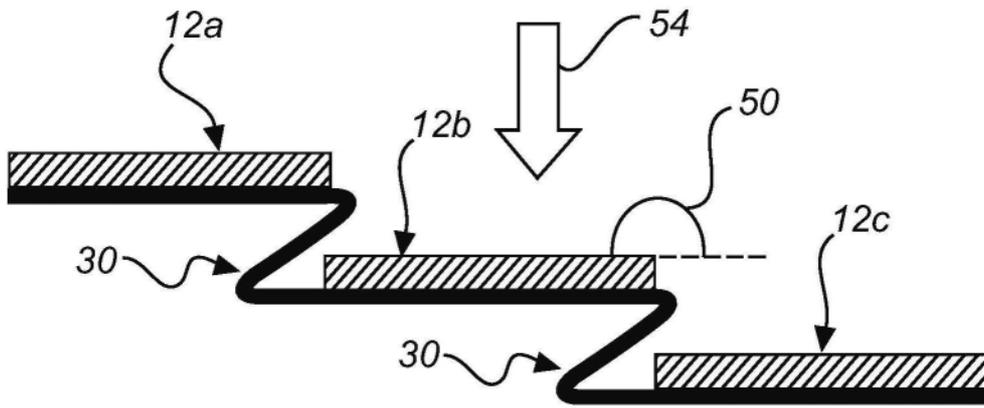


图13

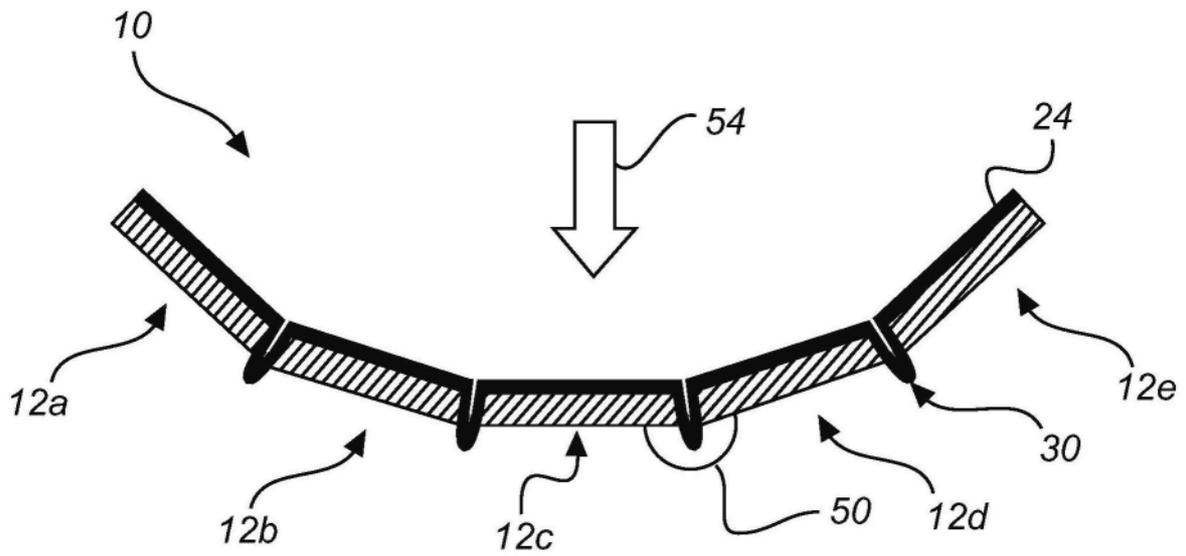


图14

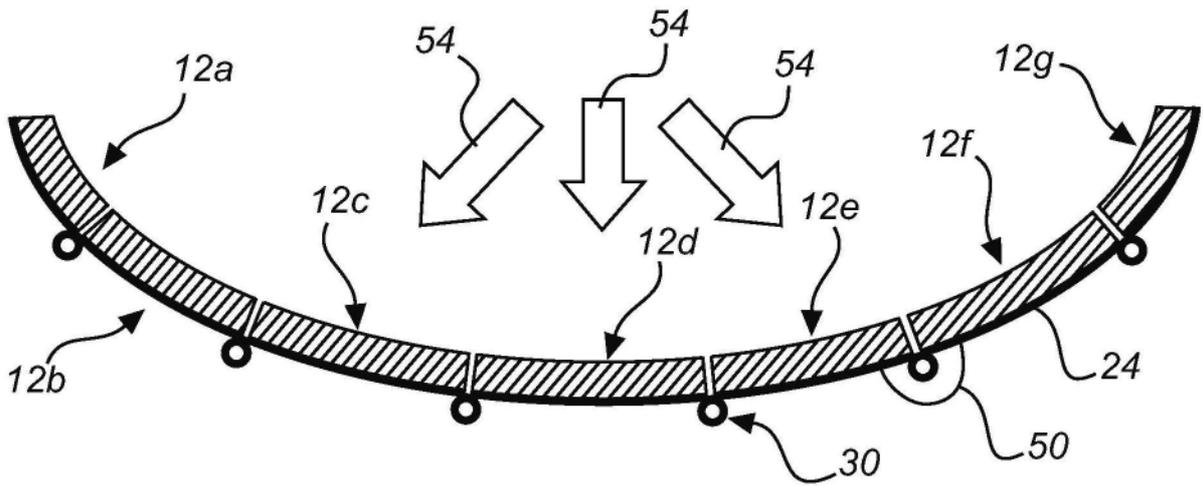


图15

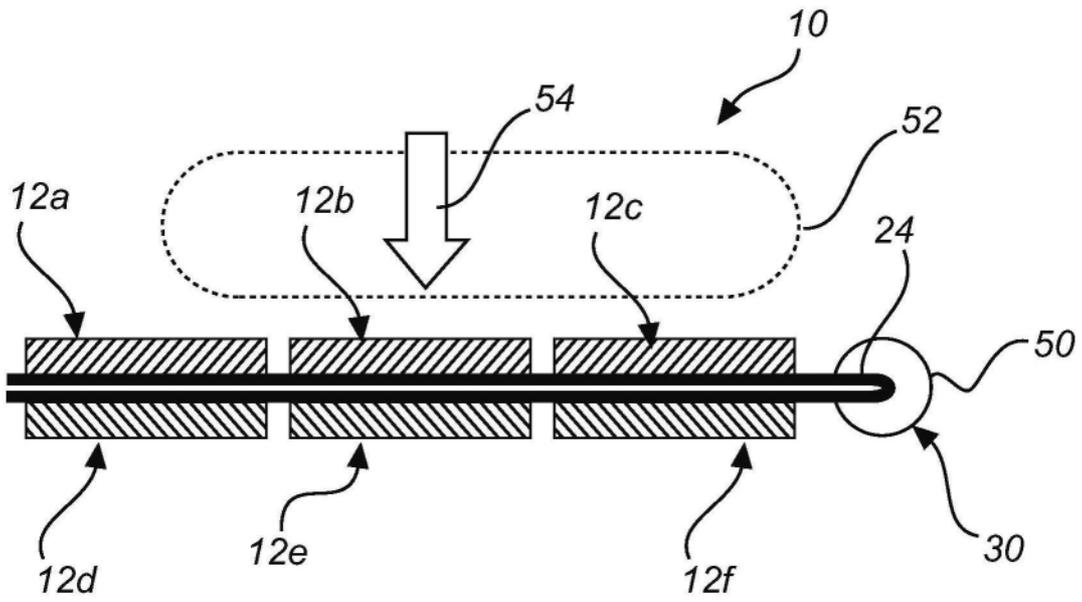


图16

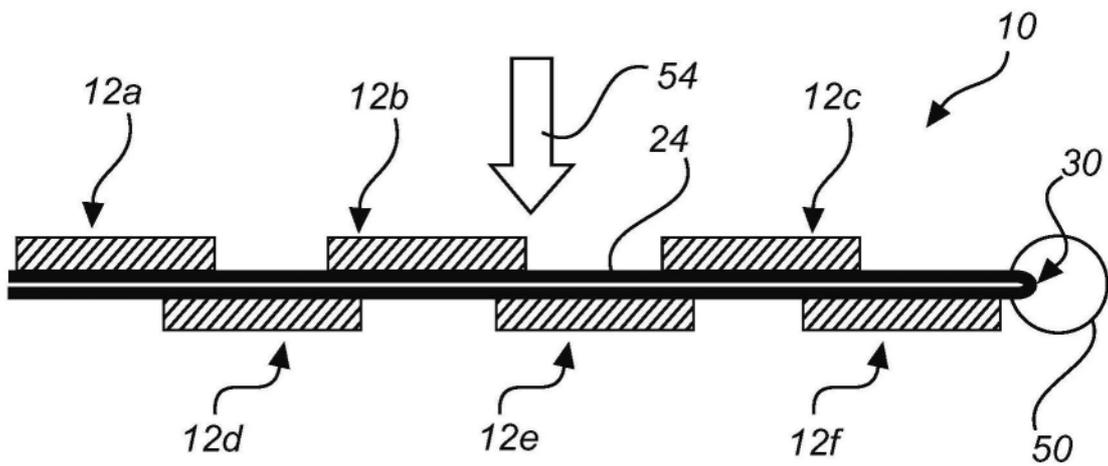


图17

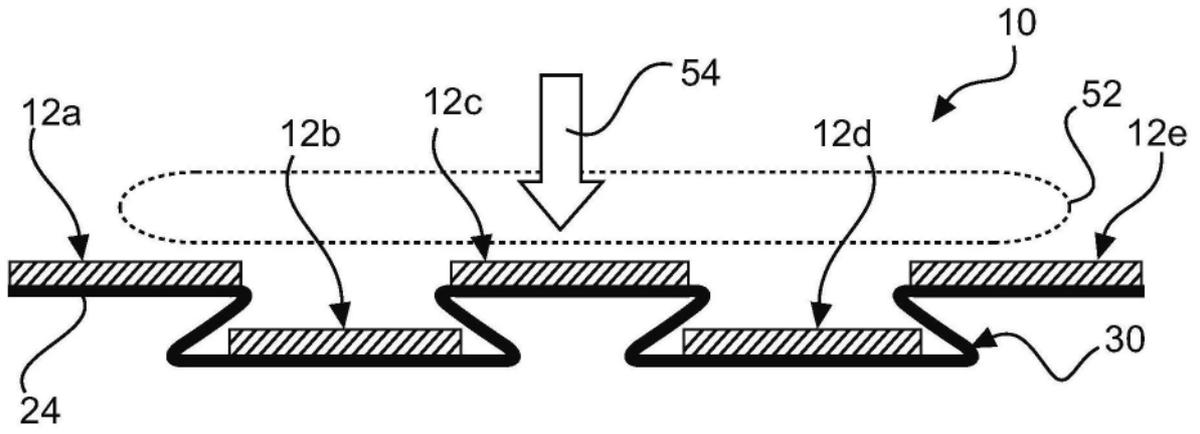


图18

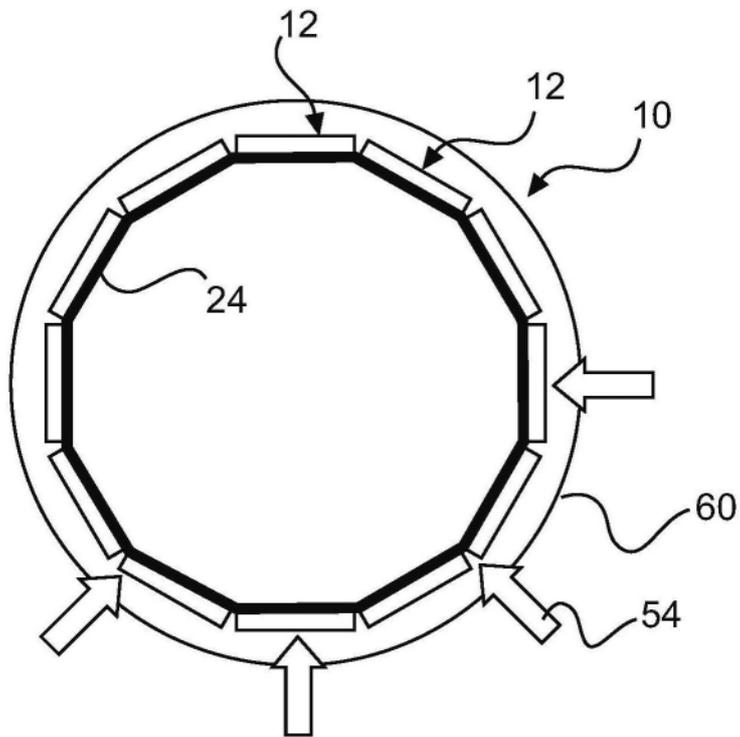


图19A

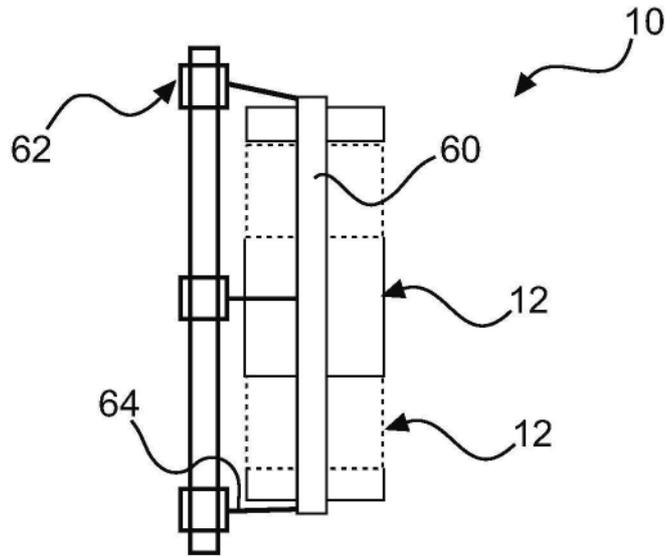


图19B

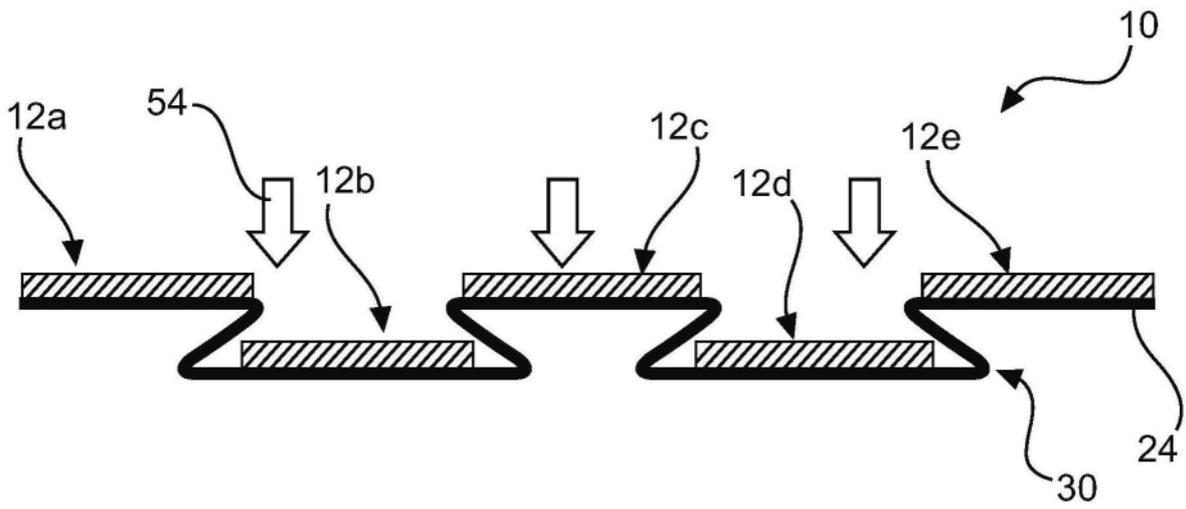


图20A

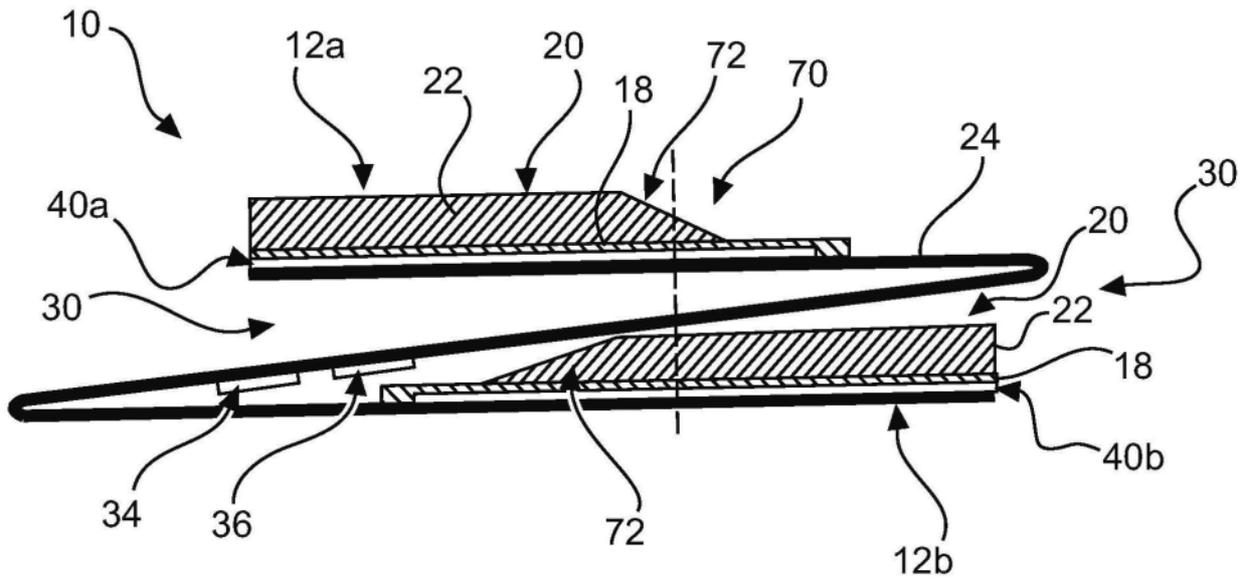


图20B

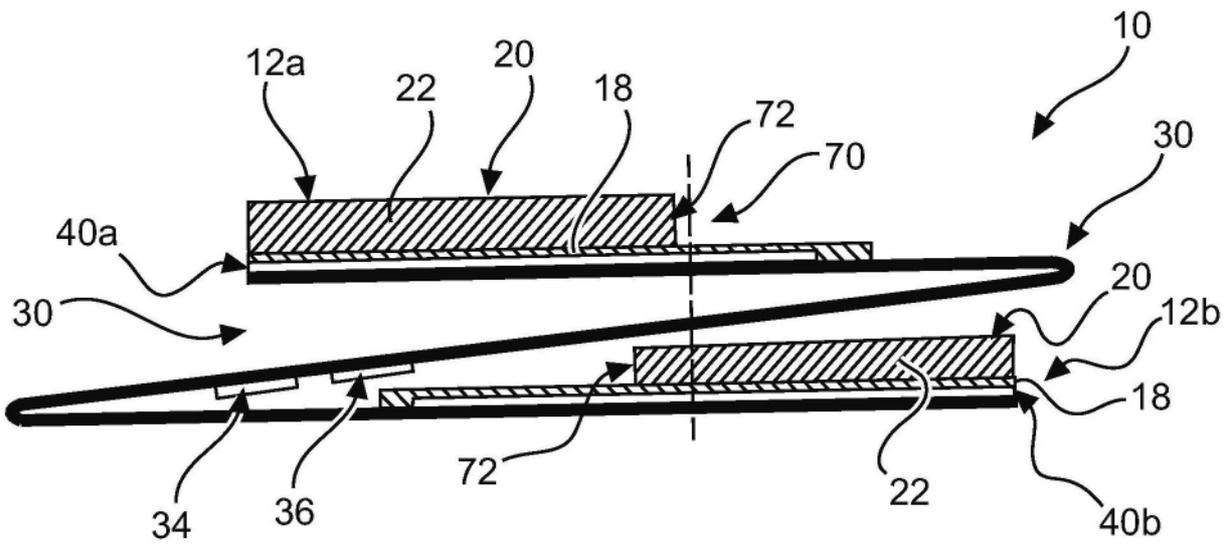


图20C

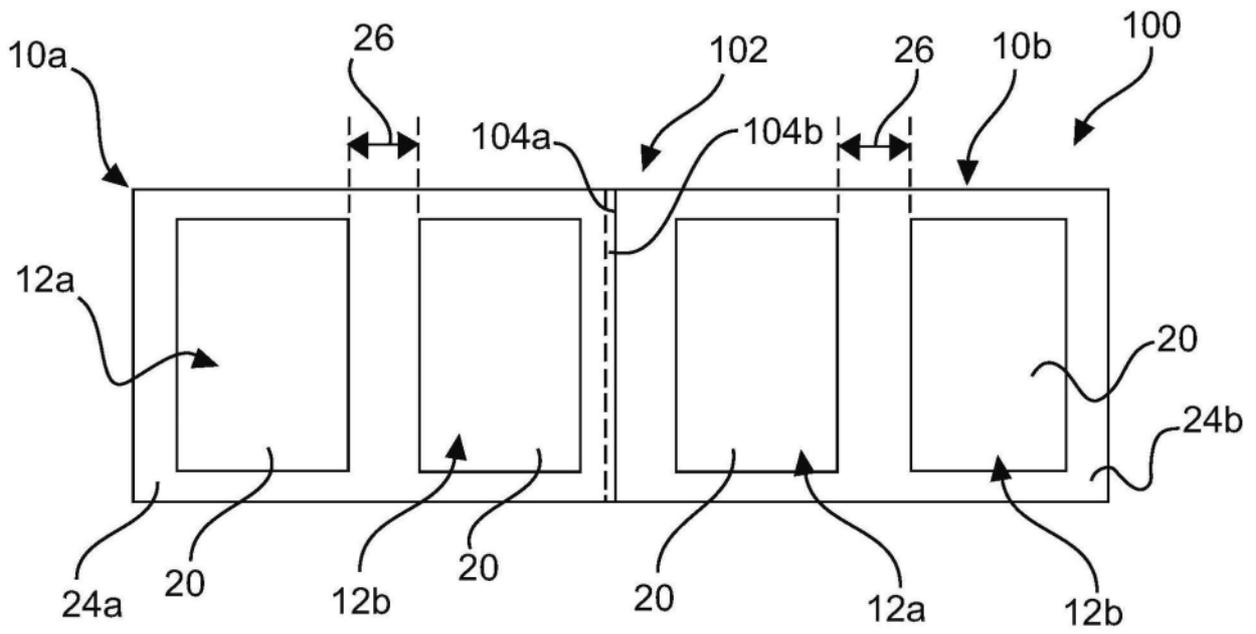


图21

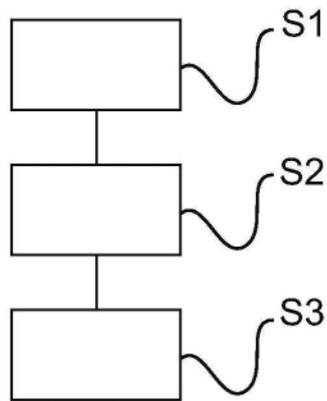


图22

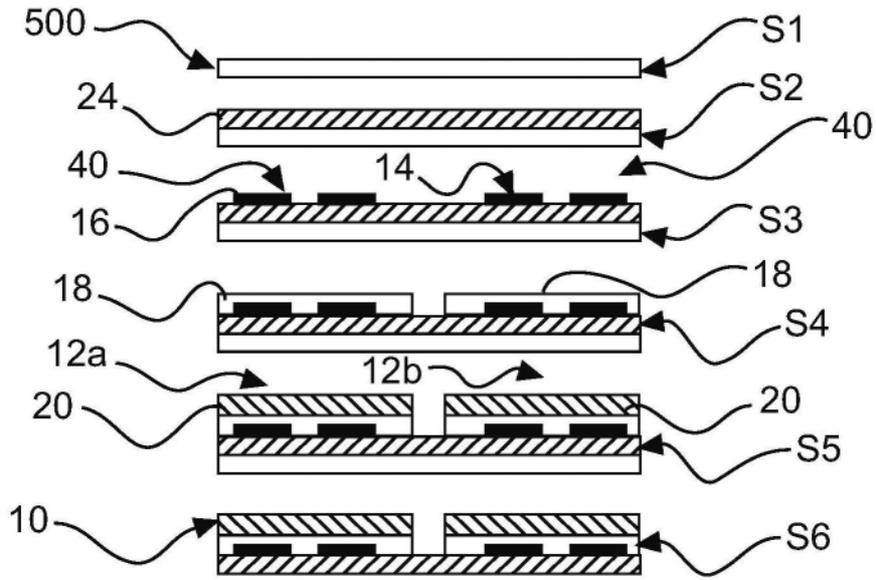


图23