



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109642957 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201780053544.6

(22)申请日 2017.07.31

(30)优先权数据

62/370263 2016.08.03 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.02.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2017/069335 2017.07.31

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/024681 EN 2018.02.08

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 M·A·查波 D·B·麦克奈特

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 李光颖 王英

(51)Int.Cl.

G01T 1/20(2006.01)

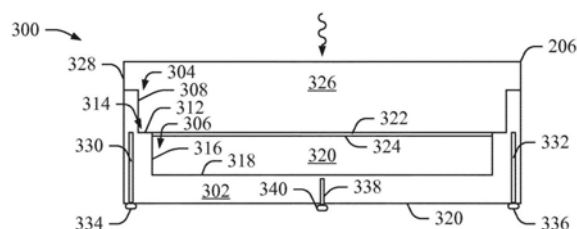
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

三维固态成像光电探测器

(57)摘要

一种探测器阵列(112)包括探测器像素(206)。所述探测器像素包括三维腔(304和306;432和404),所述三维腔具有包括活性区域的壁(308/602和316;434和406/502),所述活性区域探测在所述三维腔内穿过的可见光子并且产生指示其的相应电信号。所述探测器像素还包括第一闪烁体(320;410),所述第一闪烁体被设置在所述三维腔中与至少一个探测器像素的底部(320;416)邻近。所述探测器像素还包括第二闪烁体(326;444),所述第二闪烁体被设置在所述三维腔中在所述第一闪烁体的顶部,其中,第一闪烁体和第二闪烁体响应于吸收X射线光子而发射所述可见光子。所述壁中的至少一个相对于探测器像素垂直地取向,从而使对应的活性区域与第一闪烁体或者第二闪烁体中的一个之间的接触面积最大化。



1. 一种探测器阵列(112), 包括:

探测器像素(206), 其包括:

三维腔(304和306; 432和404), 其具有包括活性区域的壁(308/602和316; 434和406/502), 所述活性区域探测在所述三维腔内穿过的可见光子并且产生指示所述可见光子的相应电信号;

第一闪烁体(320; 410), 其被设置在所述三维腔中与至少一个探测器像素的底部(320; 416)邻近; 以及

第二闪烁体(326; 444), 其被设置在所述三维腔中在所述第一闪烁体的顶部, 其中, 所述第一闪烁体和所述第二闪烁体响应于吸收X射线光子而发射所述可见光子,

其中, 所述壁中的至少一个壁相对于探测器像素被垂直取向, 从而使对应的活性区域与所述第一闪烁体或者所述第二闪烁体中的一个闪烁体之间的接触面积最大化。

2. 根据权利要求1所述的探测器阵列, 其中, 所述三维腔包括第一凹槽(304)和所述第一凹槽内的第二凹槽(306), 所述第一闪烁体被设置在所述第二凹槽中, 并且所述第二闪烁体被设置在所述第一凹槽中, 并且所述第一凹槽和第二凹槽中的每个凹槽仅包括垂直取向的壁。

3. 根据权利要求2所述的探测器阵列, 其中, 所述至少一个探测器像素还包括光学层(322), 所述光学层被设置在所述第一闪烁体与所述第二闪烁体之间。

4. 根据权利要求1所述的探测器阵列, 其中, 所述三维腔包括第一凹槽和所述第一凹槽内的第二凹槽, 所述第一闪烁体被设置在所述第二凹槽中, 所述第二闪烁体被设置在所述第一凹槽中, 所述第一凹槽包括横向壁, 并且所述第二凹槽仅包括垂直取向的壁。

5. 根据权利要求2至4中的任一项所述的探测器阵列, 还包括:

电极(334、336、340), 其被设置在所述探测器像素的侧面处;

通孔, 其从所述活性区延伸到所述电极; 以及

导电路径(330、332、338), 其被设置在从所述活性区到所述电极的所述通孔中。

6. 根据权利要求5所述的探测器阵列, 其中, 单个块包含硅。

7. 根据权利要求1所述的探测器阵列, 其中, 所述至少一个探测器像素还包括至少两个块, 所述至少两个块包括: 第一块(402), 其具有第一凹槽(404), 所述第一闪烁体被设置在所述第一凹槽中; 以及第二块(430), 其具有第二凹槽(432), 所述第二闪烁体被设置在所述第二凹槽中。

8. 根据权利要求7所述的探测器阵列, 其中, 所述第一块和所述第二块被耦合在一起。

9. 根据权利要求7至8中的任一项所述的探测器阵列, 其中, 所述第二块包括第一导电路径(412)和第二导电路径(414), 并且所述第一块包括第三导电路径(438)和第四导电路径(440), 并且所述第一导电路径和所述第二导电路径与包括的所述第三导电路径和所述第四导电路径电接触。

10. 根据权利要求7至9中的任一项所述的探测器阵列, 其中, 所述第一凹槽包括横向壁, 并且所述第二凹槽仅包括垂直取向的壁。

11. 根据权利要求1至10中的任一项所述的探测器阵列, 其中, 所述三维腔包括第一凹槽, 所述第一凹槽具有朝向所述像素的中心区域延伸到所述第一凹槽中的第二凹槽的底板, 所述底板提供所述第一凹槽与所述第二凹槽的所述壁之间的横档区域, 所述第一闪烁

体被设置在所述第二凹槽中,并且所述第二闪烁体被设置在所述第一凹槽中。

12. 根据权利要求1至10中的任一项所述的探测器阵列,其中,所述第一闪烁体具有第一X射线吸收特性并且所述第二闪烁体具有第二X射线吸收特性,并且所述第一X射线吸收特性和所述第二X射线吸收特性是不同的。

13. 根据权利要求1至10中的任一项所述的探测器阵列,其中,所述第一闪烁体具有第一发射X射线吸收并且所述第二闪烁体具有第二X射线吸收特性,并且所述第一X射线吸收特性和所述第二X射线吸收特性是相同的。

14. 一种方法,包括:

利用三维固态成像光电探测器的闪烁体来接收X射线光子;

利用所述闪烁体来吸收所述X射线光子;

利用所述闪烁体并且响应于吸收所述X射线光子而产生指示所述X射线光子的能量的可见光子;

利用所述三维固态成像光电探测器的活性区域来感测所述可见光子,

其中,所述闪烁体与所述活性区之间的接触面积被最大化;并且

利用活性区域并且响应于探测到所述可见光子而产生指示所述X射线光子的所述能量的电信号。

15. 根据权利要求14所述的方法,还包括:

利用所述闪烁体中的第一闪烁体来探测具有第一能量的光子;

利用所述闪烁体中的第二不同闪烁体来探测具有第二不同能量的光子;并且

重建所述电信号以生成谱图像。

16. 一种成像系统(100),包括:

X射线源(108),其被配置为发射X射线;

三维固态成像光电探测器,其被配置为探测X射线并且生成指示所述X射线的信号,其中,所述三维固态成像光电探测器包括第一闪烁体和第二闪烁体,所述第一闪烁体和所述第二闪烁体被设置在活性区的一个或多个凹槽中,使得所述第一闪烁体和第二闪烁体中的一个闪烁体与活性区的壁之间的接触面积被最大化;以及

重建器(116),其被配置为对来自所述探测器的所述信号进行重建。

17. 根据权利要求16所述的成像系统,其中,所述三维固态成像光电探测器包括硅的单个块并且所述活性区的所有壁是垂直的。

18. 根据权利要求16所述的成像系统,其中,所述三维固态成像光电探测器包括硅的至少两个块,一个块支撑所述第一闪烁体,并且另一个块支撑所述第二闪烁体,并且所述活性区的所有壁是垂直的。

19. 根据权利要求16所述的成像系统,其中,所述三维固态成像光电探测器包括硅的单个块,所述活性区的所述壁中的一个壁是垂直的,并且所述活性区的所述壁中的另一个壁是横向的。

20. 根据权利要求16所述的成像系统,其中,所述三维固态成像光电探测器包括硅的至少两个块,一个块支撑所述第一闪烁体,并且另一个块支撑所述第二闪烁体,所述活性区的所述壁中的一个壁是垂直的,并且所述活性区的所述壁中的另一个壁是横向的。

三维固态成像光电探测器

技术领域

[0001] 以下总体上涉及一种成像探测器并且更具体地涉及一种三维(3D)固态成像光电探测器并且结合计算机断层摄影(CT)(包括医学和/或行李CT扫描器)来描述。然而,以下还适用于其他成像模态和/或成像应用。

背景技术

[0002] 计算机断层摄影(CT)扫描器通常包括X射线管,所述X射线管被安装在围绕检查区域关于z轴旋转的可旋转机架上。X射线管发射穿过检查区域和被定位在其中的对象或者物体的辐射。X射线敏感辐射探测器阵列对着检查区域与X射线管相对围成一角弧,检测穿过检查区域的辐射,并且生成指示其的信号。重建器处理信号并且重建指示扫描期间检查区域和其中的对象或物体的部分的体积图像数据。

[0003] 这样的探测器阵列已经包括晶体或者石榴石闪烁体,其直接地被安装到平坦的固态光电探测器,诸如光电二极管。闪烁体材料响应于利用X射线光子的轰击而产生可见光子,所述可见光子然后被转换为光电探测器中的电流或者脉冲。然而,光电探测器中的电荷载流子的收集的响应时间和效率与现今的平坦X射线敏感辐射探测器阵列的几何结构以及响应于光子而生成电荷载流子的闪烁体硅探测器之间的相互作用有关。

[0004] Chappo等人的US 2015/0276939A1(通过引用将其整体并入本文)描述了一种具有深度的第三维的X射线敏感辐射探测器阵列。该3D探测器阵列的几何结构改进相对于二维(2D)平坦光电探测器的电荷收集效率。遗憾的是,电荷收集低效率导致患者利用不有助于图像的电离辐射来辐照,并且电子辐射能够引起对组织的损坏,这能够导致许多健康问题。这样一来,在电荷收集效率中还需要未解决的改进。

发明内容

[0005] 本文所描述的方法解决上文提到的问题和/或其他问题。

[0006] 在一个方面中,探测器阵列包括探测器像素。所述探测器像素包括具有包括活性区域的壁的三维腔,所述活性区域探测在所述三维腔内穿过的可见光子并且产生指示其的相应电信号。所述探测器像素还包括第一闪烁体,所述第一闪烁体被设置在所述三维腔中与至少一个探测器像素的底部邻近。所述探测器像素还包括第二闪烁体,所述第二闪烁体被设置在所述三维腔中在所述第一闪烁体的顶部,其中,所述第一闪烁体和所述第二闪烁体响应于吸收X射线光子而发射所述可见光子。所述壁中的至少一个相对于探测器像素被垂直取向,从而使对应的活性区域与所述第一闪烁体或者所述第二闪烁体中的一个之间的接触面积最大化。

[0007] 在另一方面中,一种方法包括利用三维固态成像光电探测器的闪烁体接收X射线光子;利用所述闪烁体吸收所述X射线光子;并且利用所述闪烁体并且响应于吸收所述X射线光子而产生指示所述X射线光子的能量的可见光子。所述方法还包括利用所述三维固态成像光电探测器的活性区域感测所述可见光子;并且利用活性区域并且响应于探测到所述

可见光子而产生指示所述X射线光子的能量的电信号。所述闪烁体与活性区之间的接触面积最大化。

[0008] 在另一方面中,一种成像系统包括:X射线源,其被配置为发射X射线;三维固态成像光电探测器,其被配置为探测X射线并且生成指示其的信号;以及重建器,其被配置为对来自所述探测器的信号进行重建。所述三维固态成像光电探测器包括第一闪烁体和第二闪烁体,所述第一闪烁体和所述第二闪烁体被设置在活性区的一个或多个凹槽中,使得第一闪烁体和第二闪烁体之一与活性区域的壁之间的接触面积被最大化。

[0009] 本发明可以采取各种部件和各部件布置的形式,并且可以采取各种步骤和各步骤安排的形式。附图仅出于图示优选的实施例的目的而不应被解释为对本发明的限制。

附图说明

[0010] 图1图解地图示了具有3D固态成像光电探测器的范例成像系统;

[0011] 图2图解地图示了3D固态成像光电探测器的范例探测器片块;

[0012] 图3图解地图示了探测器片块的范例像素;

[0013] 图4图解地图示了探测器片块的另一范例像素;

[0014] 图5图解地图示了探测器片块的又一范例像素;

[0015] 图6图解地图示了探测器片块的又一范例像素;并且

[0016] 图7图示了根据本文的实施例的范例方法。

具体实施方式

[0017] 图1图解地图示了成像系统100,诸如计算机断层摄影(CT)扫描器。

[0018] 成像系统100包括大致固定机架102和旋转机架104。旋转机架104由固定机架102通过轴承(不可见)等可旋转地支持并且围绕检查区域106关于纵轴或z轴旋转。辐射源108(诸如,X射线管)由旋转机架104支撑并且与旋转机架104一起旋转,并且发射X射线辐射。准直器109对辐射进行准直,从而产生大致锥形、扇形、楔形或者其他形状的穿过检查区域106的辐射射束。

[0019] 辐射敏感探测器阵列112跨检查区域106对着辐射源108围成一角弧并且探测器穿过检查区域106的辐射并且生成和输出指示其的电信号或者脉冲。辐射敏感探测器阵列112包括沿着z方向布置的探测器片块114的一个或多个行。Chappo等人的美国专利US 6510195(通过引用将其整体并入本文)描述了适合的探测器片块的范例。任选地,聚焦或者非聚焦防散射光栅(ASG)可以与辐射敏感探测器阵列112一起采用。

[0020] 简要地转到图2,示意性地图示了探测器片块114的非限制性范例。探测器片块114的相对几何结构(即,形状、大小等)是非限制性的。探测器片块114包括闪烁体层202(例如,包括一个或多个闪烁体,至少两个具有相同或者不同的X射线吸收特性),闪烁体层202光学耦合到光敏层208的光敏侧204。光敏层208具有多个活性区域或者光敏像素206(出于清晰的目的仅示出了一个)。光敏层208的非光敏侧210电耦合到衬底212,衬底212包括读出电子器件(诸如ASIC)和/或其他电路。

[0021] 在一个非限制性实例中,光敏层208和光敏像素206包含或者包括硅(Si)。光敏层208的非活性区域包括将每个探测器像素互连到电触点的电极。衬底212包括硅或其他

ASIC,所述硅或其他ASIC结合到硅光敏层208的非光敏区并且与电触点电通信。在Luhta等人的美国专利申请公开US2009/0121146中描述了这样的硅探测器的非限制性范例,通过引用将其整体并入本文。

[0022] 光敏像素206包括定义3D体积并且包括具有多个活性区域的3D表面的腔,其中,闪烁体层208的至少子部分被设置在腔中,并且其中发射的可见光子通过多个活性区域在三个维度上被探测。如下面更详细地描述的,在一个实例中,腔的形状使闪烁体层208与活性区域之间的接触面积最大化并且减少活性区域与读出电子器件之间的距离。

[0023] 返回图1,重建器116重建输出信号输出并且生成体积三维图像数据。在探测器片块114被配置为多能量探测器(例如,包括多个闪烁体,每个具有不同的X射线吸收特性)的情况下,这包括生成谱图像和/或常规非谱图像。对象支撑物118(诸如沙发)支撑检查区域106中的对象或物体。通用计算系统用作操作者控制台120,其包括人类可读输出设备(诸如显示器和/或打印机)和输入设备(诸如键盘和/或鼠标)。驻留在控制台120上的软件允许操作者控制成像系统100的操作。

[0024] 图3图解地图示了光敏像素206的范例的实施例300的截面视图。光敏像素206包括具有第一凹槽304和第一凹槽304内的第二凹槽306的硅的单个块302。第一凹槽304包括大致平面壁308,大致平面壁308相对于光敏像素206大致垂直。第一凹槽304还包括大致平面底板312,大致平面底板312相对于光敏像素206为水平并且大致垂直于平面壁308,平面壁308从其延伸。

[0025] 第二凹槽306在第一凹槽304的底板312的子部分中。即,如所示,底板312从平面壁308朝向像素206的中心区域延伸非零有限距离到第二凹槽306,从而形成“横档”区域314。在变型中,距离是大约零并且不存在横档区域314。第二凹槽306包括大致平面壁316,大致平面壁316相对于光敏像素206大致垂直。第二凹槽306还包括大致平面底板318,大致平面底板318相对于光敏像素206为水平并且大致垂直于平面壁316,平面壁316从其延伸。第一凹槽304和第二凹槽306定义3D腔。

[0026] 第一闪烁体320设置在第二凹槽306中。光学涂层322被设置在与底板318相对的第一闪烁体320的第一表面324上。光学涂层322反射可见光子(这可以改进光收集效率),并且使X射线光子通过。在变型中,省略光学涂层322,利用超过一个光学涂层等。第二闪烁体326被设置在光学涂层322和横档区域314上的第一凹槽304中。第二闪烁体326包括在平面壁308上延伸的子部分328。

[0027] 第一导电路径330和第二导电路径332从与像素206的326的侧表面相关联的活性区并且沿着平面壁316延伸到像素206的相对端处的平面壁308。第一电极334和第二电极336被定位在分别地与第一和第二电极336电接触的底表面320附近。第三导电路径338在第一闪烁体320下从底表面320处的活性区延伸到块302中并且与第三电极340电接触。导电路径300、332和338被设置在例如硅通孔(TSVs)和/或其他技术中。可以包括比示出的最小量更多的导电路径。

[0028] 利用该配置,硅块302的活性区和闪烁体320和326相对于彼此配置和取向以使其之间的接触表面最大化,从而相对于没有这些特征的配置改进电荷收集效率。此外,导电路径330和332紧密接近壁308和表面314,并且导电路径338紧密接近表面318,从而相对于没有这些特征的配置减少载流子运输和收集时间。

[0029] 在一个实例中,第一闪烁体320具有第一X射线吸收特性,并且第二闪烁体326具有第二X射线吸收特性,其中,第一X射线吸收特性和第二X射线吸收特性是不同的。例如,在该实例中,第一闪烁体320吸收具有第一范围内的能量的X射线,并且第二闪烁体326吸收具有第二范围内的能量的X射线,其中,第一范围和第二范围是不同的。这样的配置非常适于多能量成像。在另一实例中,第一X射线吸收特性和第二X射线吸收特性是相同的。

[0030] 图4图解地图示了光敏像素206的范例的实施例400的截面视图。光敏像素206包括具有第一凹槽404的硅的第一块402。第一凹槽404包括大致平面壁406,大致平面壁406相对于光敏像素206。第二凹槽404还包括大致平面底板408,大致平面底板408相对于光敏像素206为水平并且大致垂直于平面壁406,平面壁406从其延伸。

[0031] 第一闪烁体410被设置在第一凹槽404中。第一导电路径412和第二导电路径414从像素206的底表面416并且沿着像素206的相对端处的平面壁406延伸。第一电极418和第二电极420被定位在分别地与第一导电路径412和第二导电路径414电接触的底表面416处。第三电极422和第四电极424被定位在导电路径412和414的相对端处。第五导电路径426在第一闪烁体410下从底表面416延伸到块402中并且与第五电极428电接触。

[0032] 光敏像素206包括具有第二凹槽432的硅的第二块430,第二块430包括大致平面壁434,大致平面壁434相对于光敏像素206大致垂直。第二凹槽434还包括大致平面底板436,大致平面底板436相对于光敏像素206为水平并且大致垂直于平面壁434。第三导电路径438和第四导电路径440在第二块430中沿着像素206的相对端处的平面壁434。第二闪烁体444被设置在第二凹槽432中并且包括在平面壁434之上延伸的部分446。

[0033] 在该实施例中,硅的第二块430被堆叠在具有与第三电极422和第四电极424电接触的第三导电路径438和第四导电路径440的第一凹槽404之上的硅的第一块402的顶部上。第二块430被安装或者以其他方式永久地或者可移除地附接到第一块402。在该范例中,第一凹槽404的第一宽度448大于第二凹槽432的第二宽度450。在变型中,第一宽度和第二宽度相同。应意识到,顶部Si部分446的底部部分442是活性收集区。

[0034] 类似于图3中的范例,利用该配置,第一块402和第二块430相对于彼此配置和取向以使闪烁体与硅的活性表面之间的接触面积最大化,从而相对于没有这些特征的配置改进电荷运输时间和收集效率。此外,导电路径438和440紧密接近壁434,并且导电路径426紧密接近表面408,从而相对于没有这些特征的配置减少载流子收集时间。同样地,在该范例中,像素206可以是单或多能量像素。

[0035] 图5图解地图示了光敏像素206的实施例500的截面视图。该实施例基本上类似于图4中所描述的实施例400,除了硅的第一块402中的第一凹槽404包括相对于光敏像素206大致横向的大致平面壁502。

[0036] 例如,在所图示的实施例中,平面壁502以四十五度(45°)到六十度(60°)的范围内的角(诸如五十六度(56°))从第一块402的顶部504延伸到第一凹槽410的表面408。垂直壁434可以经由离子蚀刻和/或其他技术形成,并且横向壁502可以经由化学蚀刻和/或其他技术形成。

[0037] 该配置减少载流子收集时间并且相对于具有2D平板探测器的配置改进光子和电荷收集效率。同样地,在一个实例中,第一闪烁体和第二闪烁体的X射线吸收特性是不同的,并且在另一实例中,第一闪烁体和第二闪烁体的X射线吸收特性是相同的。

[0038] 图6图解地图示了通过光敏像素206的实施例600的截面视图。该实施例基本上类似于图3中所描述的实施例300,除了块302中的第一凹槽304包括相对于光敏像素206的大致平面壁602。

[0039] 例如,在所图示的实施例中,平面壁602以四十五度(45°)到六十度(60°)范围内的角(诸如五十六度(56°))从块302的顶部604延伸到第二凹槽306。垂直壁316可以经由离子蚀刻和/或其他技术形成,并且横向壁602可以经由化学蚀刻和/或其他技术形成。

[0040] 该配置减少载流子收集时间并且相对于具有2D平板探测器的配置改进光子和电荷收集效率。同样地,在一个实例中,第一闪烁体和第二闪烁体的X射线吸收特性是不同的,并且在另一实例中,第一闪烁体和第二闪烁体的X射线吸收特性是相同的。

[0041] 图7图示了根据本文的实施例的范例方法。

[0042] 在702处,X射线光子由三维固态成像光电探测器114(图1和图2)的闪烁体层202(图2)接收。

[0043] 在704处,闪烁体320、326、410和/或444(图3-6)中的一个或多个吸收X射线光子。

[0044] 在706处,闪烁体320、326、410和/或444中的一个或多个响应于吸收X射线光子而发射指示X射线光子的能量的可见光子。

[0045] 在708处,三维固态成像光电探测器114的活性区域308、316、318、434、408(图3-6)中的一个或多个感测可见光子。

[0046] 如本文所描述的,闪烁体320、326、410和/或444中的一个或多个与活性区域308、316、318、434、406、408中的一个或多个之间的接触面积最大化,或者至少在2D平板探测器和/或其他3D探测器上增加,和/或活性区域308、316、318、434、406、408中的一个或多个的触点与读出导电路径之间的距离相对于其他3D探测器缩短,因此改进了电荷运输和收集时间。

[0047] 在710处,活性区域308、316、318、434、406、408中的一个或多个响应于探测到可见光子而产生指示X射线光子的能量的电信号。

[0048] 在712处,重建器116(图1)重建信号并且生成一幅或多幅图像。

[0049] 已经参考优选实施例描述了本发明。在阅读并且理解前述详细描述之后可以想到修改和变更。本发明旨在被解释为包括所有这样的修改和变型,只要其进入权利要求书或其等价方案的范围内。

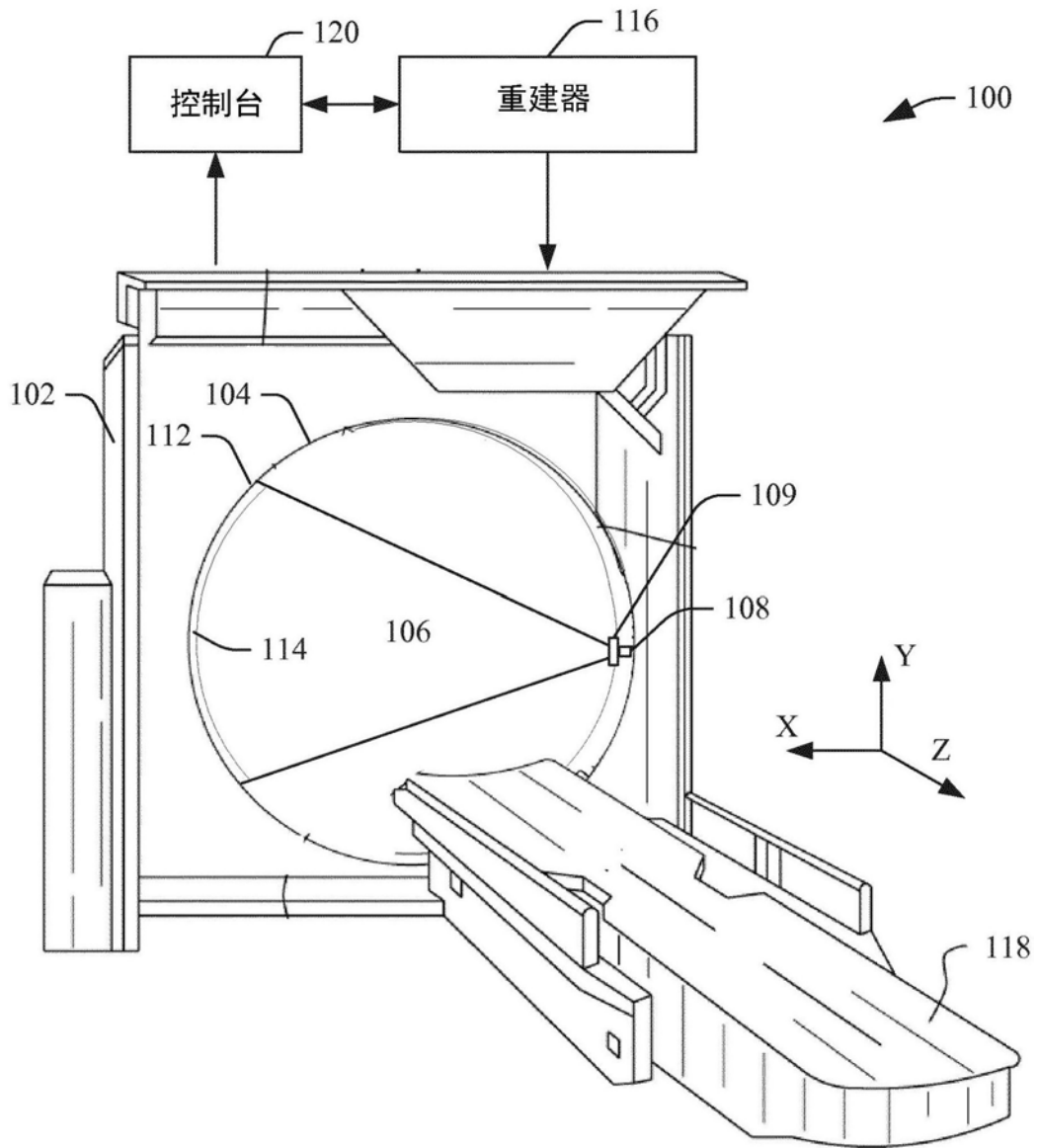


图1

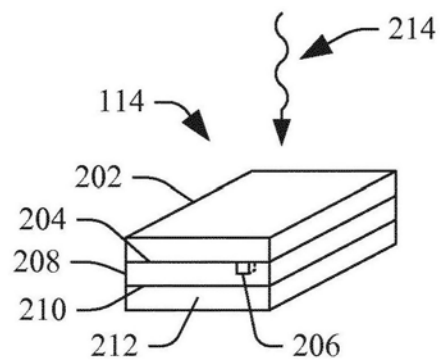


图2

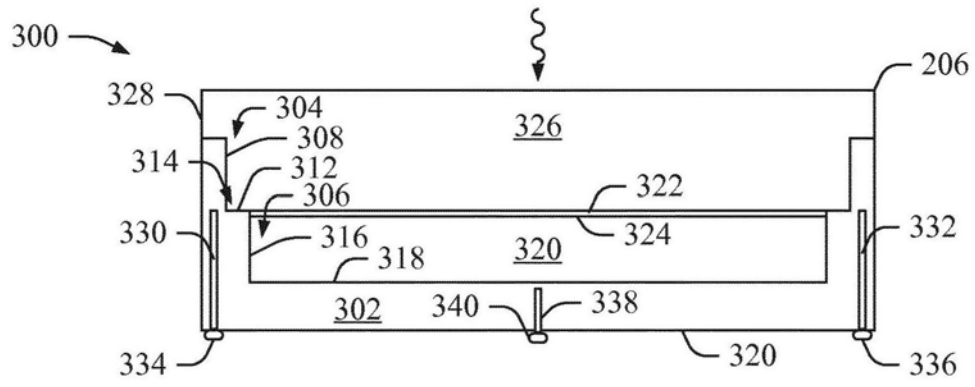


图3

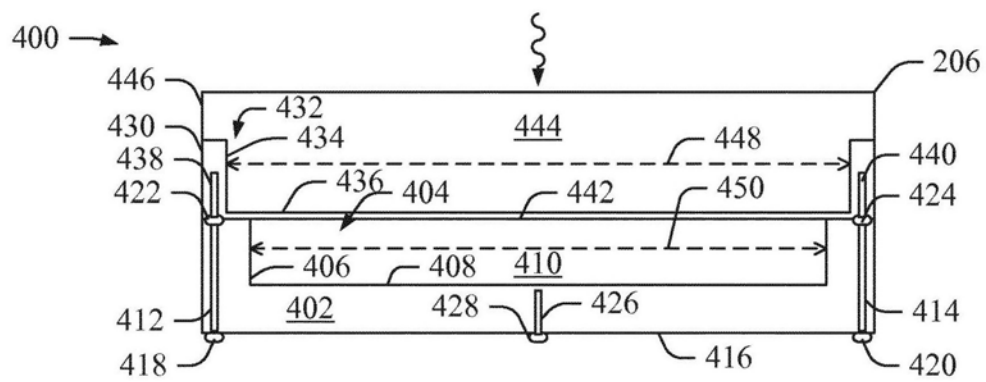


图4

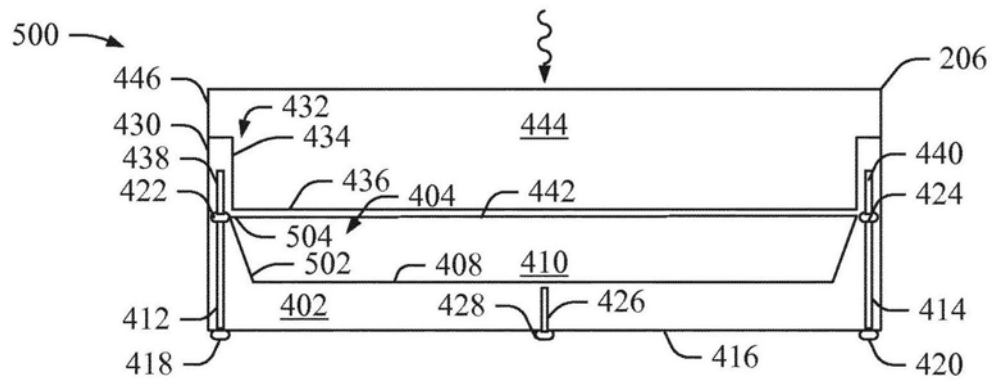


图5

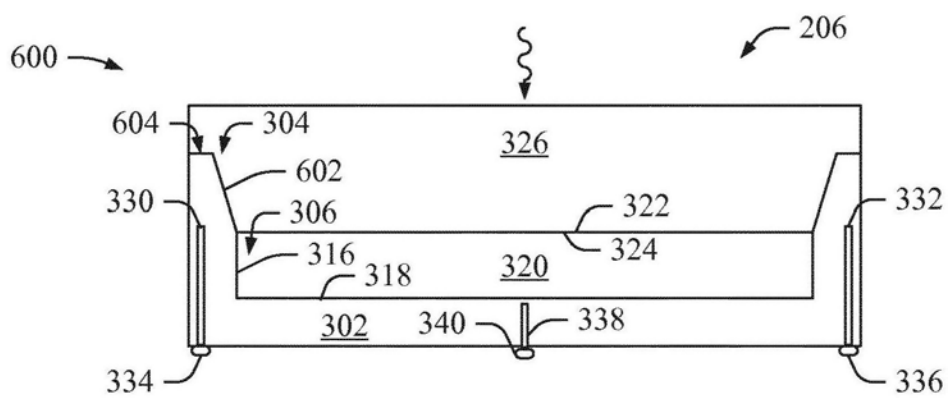


图6

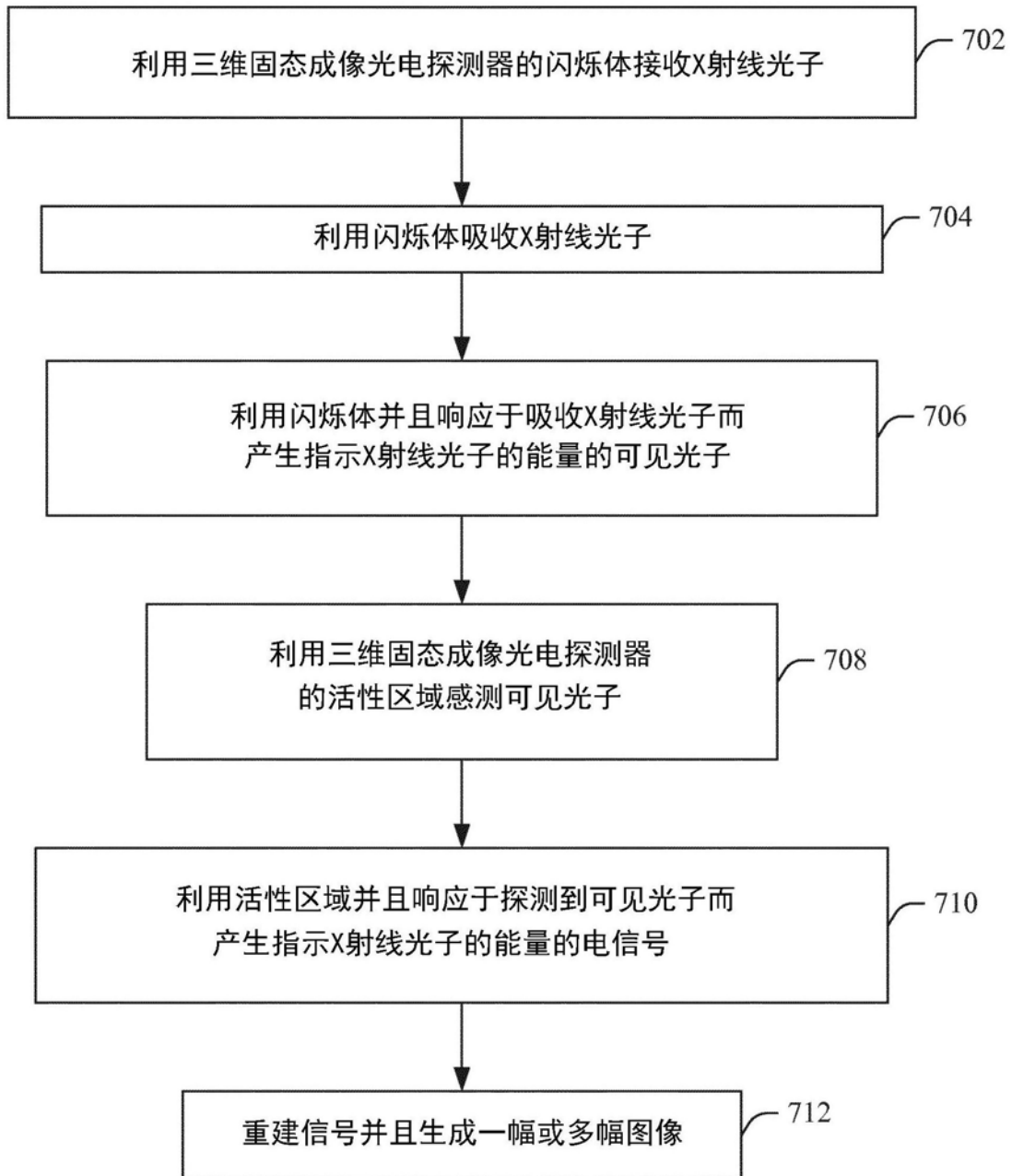


图7