



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111133338 B

(45) 授权公告日 2024. 06. 11

(21) 申请号 201880061019.3

G01T 1/29 (2006.01)

(22) 申请日 2018.08.20

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111133338 A

US 2016054454 A1, 2016.02.25

US 2008210877 A1, 2008.09.04

CN 103339527 A, 2013.10.02

(43) 申请公布日 2020.05.08

CN 104285162 A, 2015.01.14

(30) 优先权数据

US 2015226862 A1, 2015.08.13

62/552,563 2017.08.31 US

CN 101937095 A, 2011.01.05

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.03.19

US 2016157795 A1, 2016.06.09

CN 103620445 A, 2014.03.05

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2018/072383 2018.08.20

WO 2015131102 A1, 2015.09.03

US 2010220833 A1, 2010.09.02

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/042797 EN 2019.03.07

高富强等. 低能X射线工业CT探测器光电转换效率的研究.《核电子学与探测技术》.2010, (第10期),

(73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

EIJI YOSHIDA ET AL. Intrinsic spatial resolution evaluation of the X^{tal} cube PET detector based on a 3D crystal block segmented by laser processing.

(72) 发明人 R·斯特德曼布克 W·吕腾

《RADIOLOGICAL PHYSICS AND TECHNOLOGY》.2012,

(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

审查员 郭健

(51) Int. Cl.

G01T 1/202 (2006.01)

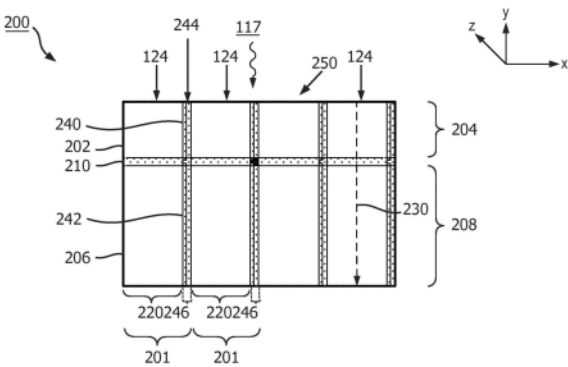
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

具有单片闪烁体的多层探测器

(57) 摘要

计算机断层摄影(CT)探测器阵列(120)包括单片闪烁体(124)。单片闪烁体包括至少第一闪烁体区域(202)、第二闪烁体区域(206)以及位于它们之间的光学反射屏障(210)。该探测器阵列被配置为探测横穿检查区域并撞击单片闪烁体的X射线辐射并生成表示由第一闪烁体区域吸收的X射线辐射能量的第一投影数据和表示横穿第一闪烁体区域并由第二闪烁体区域吸收的X射线辐射能量的第二投影数据。



1. 一种计算机断层摄影 (CT) 探测器阵列 (120), 包括:

单片闪烁体 (124), 包括:

至少第一闪烁体区域 (202),

第二闪烁体区域 (206), 以及

位于它们之间的光学反射屏障 (210);

其中, 所述探测器阵列被配置为探测横穿检查区域并撞击所述单片闪烁体的X射线辐射, 并生成表示由所述第一闪烁体区域吸收的X射线辐射能量的第一投影数据和表示横穿所述第一闪烁体区域并由所述第二闪烁体区域吸收的X射线辐射能量的第二投影数据, 所述光学反射屏障 (210) 被平行于所述探测器阵列的被配置为首先接收入射辐射的表面 (250) 定向; 所述光学反射屏障包括平行于被配置为首先接收入射辐射的所述表面 (250) 的两个屏障 (330, 332), 所述光学反射屏障的所述两个屏障位于所述光学反射屏障的外部部分, 所述光学反射屏障的所述两个屏障的晶体结构已经通过激光在结构上被改变, 并且所述光学反射屏障的所述两个屏障被间隔介于2微米至100微米之间的距离; 以及

所述光学反射屏障的所述两个屏障之间的所述光学反射屏障 (210) 的材料是与所述单片闪烁体的材料相同的物理块, 所述单片闪烁体的材料是物理连接的材料。

2. 根据权利要求1所述的探测器阵列 (120), 其中, 所述单片闪烁体包括由闪烁体材料构成的同一物理块, 并且所述闪烁体材料包括从以下组中选择的一种, 所述组包括:

氧硫化钆 (GOS 、 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$),

钇铝石榴石 (YAG 、 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$),

掺铈钇铝石榴石 (CE YAG 、 $\text{Ce Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$),

金铝镓石榴石 (GAGG $\text{Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}$),

掺铈金铝镓石榴石 (CE GAGG 、 $\text{Ce Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}$),

硒化锌 (ZnSe), 和

钨酸镉 (CdWO_4)。

3. 根据权利要求1或2所述的探测器阵列 (120), 其中, 所述单片闪烁体包括多个探测器元件的单块闪烁体材料的一部分, 每个探测器元件包括第一闪烁体区域和第二闪烁体区域。

4. 根据权利要求1或2所述的探测器阵列 (120), 其中, 所述单片闪烁体被邻近于光电传感器阵列 (244) 布置, 所述光电传感器阵列被布置在与所述探测器阵列的首先接收X射线辐射的表面 (250) 垂直的平面中。

5. 根据权利要求1或2所述的探测器阵列 (120), 其中, 所述单片闪烁体被布置在两个光电传感器阵列 (310、320) 之间, 所述两个光电传感器阵列中的每一个被布置在与所述探测器阵列的首先接收X射线辐射的表面 (250) 平行的平面中。

6. 一种计算机断层摄影系统 (100), 包括:

X射线辐射源 (116), 所述X射线辐射源被配置为发出横穿检查区域的X射线辐射; 和

根据权利要求1-5中的任一项所述的探测器阵列 (120)。

7. 一种制造计算机断层摄影 (CT) 辐射探测设备的方法, 包括:

通过聚焦激光器 (410、420) 改变由闪烁体材料构成的单个物理块 (220) 的一部分 (210) 的晶体结构, 以限定单片闪烁体的第一区域 (202) 和第二区域 (206), 同时将所述单个物理

块保持为物理连接的晶体结构,其中,所述第一区域(202)对应于第一层(204),所述第二区域(206)对应于第二层(208),被改变的所述一部分位于所述第一层与所述第二层之间,并且被改变的所述一部分被平行于所述探测设备的被配置为首先接收X射线辐射的表面(250)定向;

由闪烁体材料构成的单个物理块的被改变的所述一部分包括平行于被配置为首先接收入射辐射的所述表面(250)的两个屏障(330,332),所述两个屏障位于由闪烁体材料构成的单个物理块的被改变的所述一部分的外部部分,所述两个屏障之间的材料是与所述单片闪烁体的材料相同的物理块,所述单片闪烁体的材料是物理连接的材料,并且所述两个屏障被间隔介于2微米至100微米之间的距离。

8.根据权利要求7所述的方法,其中,所述单个物理块的被改变的所述一部分还包括具有表面的体积(270),所述表面是所述单个物理块的外表面。

9.根据权利要求7或8所述的方法,其中,所述由闪烁体材料构成的单个物理块包括一维单片闪烁体阵列中的多个单片闪烁体,每个单片闪烁体具有所述第一区域和所述第二区域;并且所述方法还包括:

将所述由闪烁体材料构成的单个物理块对准并固定到光电传感器阵列(244),其中,所述光电传感器阵列被垂直于所述探测设备的被配置为首先接收X射线辐射的表面定向。

10.根据权利要求7或8所述的方法,其中,所述由闪烁体材料构成的单个物理块包括二维闪烁体阵列中的多个单片闪烁体,每个单片闪烁体具有所述第一区域和所述第二区域;并且所述方法还包括:

将所述由闪烁体材料构成的单个物理块对准和固定在两个光电传感器阵列(310、320)之间,其中,所述两个光电传感器阵列中的每一个被平行于所述探测设备的被配置为首先接收X射线辐射的表面定向。

具有单片闪烁体的多层探测器

技术领域

[0001] 下文主要涉及一种成像探测器,更具体地涉及一种具有单片闪烁体的多层探测器,并且以应用于多能量(光谱)计算机断层摄影(CT)的具体应用对其进行描述。

背景技术

[0002] 光谱CT成像系统包括单个宽带源、多个源和/或kVp开关以发出X射线辐射。所发出的X射线辐射横穿检查区域,其中,对象或受检者位于该检查区域内。一种配置包括从该源越过该检查区域定位的多层探测器阵列,这多层探测器阵列探测横穿该检查区域并撞击在其上的X射线辐射。这多层探测器阵列包括多个探测器模块,每个探测器模块均具有在横向于入射辐射的方向上在一维或二维空间中延伸的多个探测器元件。探测器元件的X射线辐射接收表面在本文中也被称为像素。

[0003] 利用双层配置,每个探测器元件均包括两层长方体形闪烁体(或闪烁体体素)和/或正方直角棱锥形闪烁体(或闪烁体体素)的截头锥体。这些层彼此堆叠并且该堆叠体在入射辐射的方向上延伸。第一层中的第一闪烁体接收并吸收第一预定能量范围的X射线辐射,并产生表示其的第一光辐射。大于第一预定能量范围的X射线辐射横穿该第一闪烁体并且被第二层中的第二闪烁体探测到,该第二层中的第二闪烁体接收并吸收该X射线辐射并产生表示其的第二光辐射。该光辐射由相应的光电传感器(例如光电二极管)探测到,这些光电传感器产生表示X射线辐射能量的电信号。

[0004] 光电传感器可以竖向或水平配置加以设置。在竖向配置中,光电传感器被布置在闪烁体之间并占据探测器表面的接收X射线辐射的一部分。换句话说,被布置成阵列的光电传感器大致平行于入射辐射。在水平配置中,光电传感器被相对于X射线辐射放置在闪烁体的前面或后面。换句话说,被布置成阵列的光电传感器大致垂直于入射辐射。当被放置在X射线辐射和闪烁体的前面或其间时,有利的是,光电传感器对X射线辐射是透明的,使得X射线辐射穿过光电传感器且然后被闪烁体吸收。

[0005] 每个探测器元件的每一层中的每个闪烁体通常在长方体的六个侧面中的五个侧面上涂覆有光学反射材料(例如,二氧化钛(TiO_2)、白色涂料等),其中,第六侧面与对应的光电传感器相邻。在各层之间存在机械产生的物理分离部(例如,间隙),并且将光学反射材料设置在该物理分离部中。该光学反射材料可减轻光在每一层和/或每一体素的闪烁体之间的串扰,提高探测效率,和/或将光引导至相应的光电传感器,在该光电传感器中,将光转换为电信号。

[0006] 每个探测器元件的每一层的每个闪烁体已经被机械地制造(例如,利用锯、金属丝等)并且涂覆有光学反射材料,然后将闪烁体对准并堆叠。对准和堆叠过程可能是复杂的,且可能难以精确地对准和堆叠闪烁体。通常,第一层中的第一闪烁体的表面应与同一探测器元件的第二层中的第二闪烁体的对应表面对准并与之匹配,并且闪烁体应与每一层的对应光电传感器对准。不幸的是,不精确的对准和/或堆叠会导致探测效率低下和图像质量下降。

发明内容

[0007] 本文中所述的多个方面解决了上述问题和其它问题。

[0008] 下文描述了具有光学屏障的单片闪烁体的多层探测器的多个实施例。每个探测器元件包括单片闪烁体或单个闪烁体材料块,其中,光学反射屏障设置在单片闪烁体内及闪烁体区域之间。闪烁体区域被沿入射辐射的方向顺序设置。每个光学反射屏障均由激光诱生。在一些实施例中,单个物理闪烁体材料块(bulk)和由激光诱生的光学反射屏障延伸到单片闪烁体的 $1 \times N$ 阵列,其中, N 是整数。在一些实施例中,单个物理闪烁体材料块和光学反射屏障延伸到单片闪烁体的 $M \times N$ 阵列,其中, M 和 N 是整数。在一些实施例中,每个光学反射屏障均包括由激光诱生的两个紧密间隔开的屏障。

[0009] 一方面,一种计算机断层摄影(CT)探测器阵列包括单片闪烁体。该单片闪烁体至少包括第一闪烁体区域、第二闪烁体区域及位于它们之间的光学反射屏障。该探测器阵列探测横穿检查区域并撞击单片闪烁体的X射线辐射,并生成表示由第一闪烁体区域吸收的X射线辐射能量的第一投影数据和表示横穿第一闪烁体区域并由第二闪烁体区域吸收的X射线辐射能量的第二投影数据。

[0010] 另一方面,一种计算机断层摄影系统包括:X射线辐射源,其被配置为发出横穿检查区域的X射线辐射;以及探测器阵列,其越过检查区域与X射线辐射源相对定位。该探测器阵列包括单片闪烁体,该单片闪烁体至少包括第一闪烁体区域、第二闪烁体区域以及位于它们之间的光学反射屏障。该探测器阵列探测横穿检查区域并撞击单片闪烁体的X射线辐射,并生成表示由第一闪烁体区域吸收的X射线辐射能量的第一投影数据和表示横穿第一闪烁体区域并由第二闪烁体区域吸收的X射线辐射能量的第二投影数据。

[0011] 另一方面,一种制造计算机断层摄影(CT)辐射探测设备的方法包括:通过聚焦激光改变单个物理闪烁体材料块的一部分的晶体结构,以限定单片闪烁体的多个区域,同时将单个物理块保持为物理连接的晶体结构。改变部分包括具有主表面的体积,并且该主表面被平行于探测设备的被配置为首先接收X射线辐射的表面定向。

[0012] 参考下文所述的实施例,本发明的这些和其它方面将变得显而易见。

附图说明

[0013] 本发明可呈多种部件和部件布置结构以及多种步骤和步骤布置结构的形式。附图仅出于说明优选实施例的目的,且不应被解释为限制本发明。

[0014] 图1示意性地示出了具有多层探测器阵列的CT系统的实施例,该多层探测器阵列具有包括多个单独的闪烁体区域的单片闪烁体。

[0015] 图2A-2B示意性地示出了该阵列的竖向探测器配置。

[0016] 图3示意性地示出了该阵列的水平探测器配置。

[0017] 图4示意性地示出了生成各个闪烁体区域的实施例。

[0018] 图5示出了根据本文的一个或多个实施例的流程图。

具体实施方式

[0019] 参考图1,示意性地示出了计算机断层摄影(CT)系统100的实施例。CT成像系统100包括由固定机架114支撑的旋转机架112。CT成像系统100包括X射线辐射源116,该X射线辐

射源116由旋转机架112支撑并被配置为发出X射线辐射。所发出的X射线辐射横穿检查区域118。横穿该检查区域118的X射线辐射由位于X射线辐射源116的对面的多层(例如,双层)辐射敏感的探测器阵列120探测,该探测器阵列120由旋转机架112支撑。诸如卧榻之类的受检者支撑件119在检查区域118中支撑对象或受检者。

[0020] 示出了多层探测器阵列120的一部分的放大图122。如图122中所示,阵列120包括单片闪烁体124。如下面更详细地所述,单片闪烁体124包括多个闪烁体区域(闪烁体体素),并且这些区域被其间的光学反射屏障隔离开。可通过一个或多个激光器等诱生光学反射屏障。所诱生的光学反射屏障将物理闪烁体材料块保持为单块,同时通过在光学反射屏障的尺寸范围内改变闪烁体材料的晶体结构而在多个区域之间添加反射屏障。

[0021] 在2015年2月27日提交的标题为“用于使用激光束处理辐射探测器的系统和方法(System and method for processing radiation detectors using laser beams)”的WO 2015/131102A1中讨论了适当配置的激光器的示例。闪烁体材料可包括但不限于硫氧化钆(GOS 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{S}$)、钇铝石榴石(YAG 、 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)、掺铈钇铝石榴石(Ce-YAG 、 $\text{CeY}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)、硒化锌(ZnSe)、钨酸镉(CdWO_4)、金铝镓石榴石(GAGG $\text{Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}$)、掺铈金铝镓石榴石($\text{Ce Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}$)等。单片闪烁体124减轻了例如在每个探测器元件中的多层闪烁体材料被物理地分离开并且被机械地联接在一起的配置中的与精确对准闪烁体体素相关的复杂性。

[0022] 单片闪烁体124的每个闪烁体区域均被布置为与单独且对应的光电传感器130相邻并与之光学耦合。光电传感器130感测来自多个闪烁体区域中的对应于光电传感器130的一个闪烁体区域的光。光电传感器130起作用以便将接收到的光转换成电信号(投影数据),该电信号可由读出电子器件140进行进一步处理和/或发送。用于闪烁体区域的电信号表示在该闪烁体区域中吸收的X射线光子的能量。这样,用于双层系统的电信号将包括对应于一个区域(例如,顶部区域和低能量光子)的第一组电信号和对应于另一区域(例如,底部区域和高能量光子)的第二组电信号。

[0023] 重构器142利用重构算法144来重构投影数据,该重构算法144可包括光谱重构算法和非光谱重构算法。非光谱重构算法例如通过组合光谱投影数据并重构组合后的体积图像数据来产生常规的宽带(非光谱)体积图像数据。光谱重构算法产生光谱体积图像数据,例如高能量和低能量体积图像数据、光电效应和康普顿散射体积图像数据、骨骼和软组织体积图像数据、钙和碘体积图像数据集等。

[0024] 操作员控制台(计算装置)150允许操作员控制系统100的运转。这包括选择成像采集协议(例如,单能量或多能量)、选择重构算法(例如,单能量或多能量)、调用扫描、调用可视化软件应用程序、与正在执行的可视化软件应用程序交互等。操作员控制台150包括输出装置(例如显示监视器、胶片机等)以及输入装置(例如鼠标、键盘等)。

[0025] 图2A和图2B示意性地示出了多层辐射敏感的探测器阵列120的双层竖向探测器配置200。该竖向探测器200包括一块或一行体素201。

[0026] 参考图2A,示意性地示出了沿x方向的第一行探测器体素201的子部分。在该实施例中,每一行探测器体素201均包括单片闪烁体124,该单片闪烁体124具有对应于第一闪烁体层204的第一闪烁体区域202、对应于第二闪烁体层208的第二闪烁体区域206及位于其间的光学反射屏障210,其中,区域202和206以及光学反射屏障210处于同一物理闪烁体材料块220中。光学反射屏障210包括将区域202和206分隔开的体积的主表面,且该主表面平行

于接收入射辐射117的表面250。在一些情况下,块220中的光学反射屏障210的位置(例如,深度)使入射辐射的能量分离最大化。

[0027] 物理块220接收已经横穿到检查区域118的入射辐射117,并将X射线辐射转换为块材料220中与入射辐射117的X射线光子的能量相关的深度230处的光辐射。换句话说,低能量(浅穿透)X射线光子在第一区域202中被吸收,而高能量(深穿透)X射线光子在第二区域206中被吸收。

[0028] 区域202和206中的每一个被分别光学耦合到支撑衬底244上的不同的对应的第一光电传感器240和第二光电传感器242。例如,闪烁体块材料220的第一闪烁体区域202被光学耦合到光电传感器阵列246的第一光电传感器240,并且闪烁体块材料220的第二闪烁体区域204被光学耦合到光电传感器阵列246中的第二光电传感器242。光电传感器阵列246包括第一光电传感器240、第二光电传感器242和衬底244。光电传感器阵列246被设置成与单片闪烁体124相邻并且占据表面250的一部分。光电传感器阵列242及区域202和206相对于入射X射线辐射方向的部署将双层探测器200识别为竖向布置结构。

[0029] 图2B示意性地示出了多行配置的图2A的沿z方向的一行探测器体素201的闪烁体侧的侧视图。对于探测器体素201的多行配置中的所有N行而言,同一单个物理闪烁体材料块220包括双层中的两个闪烁体区域,其中,N是正整数。即,同一物理闪烁体材料块220可被认为是一块闪烁体材料,其中,闪烁体体素(或像素)光学屏障260限定了每一行的每个闪烁体体素,并且光学反射屏障210限定了每个闪烁体体素中的两个闪烁体区域202和206。一个像素的探测器表面积对应于多个体素区域的探测器体积。闪烁体体素光学屏障260是光学反射屏障,其类似于光学反射屏障210,例如,它们包括由激光引起的同一物理块材料220的晶体结构的变化。在一些实施例中,体素光学屏障260限定长方形体素。在一些实施例中,体素光学屏障260限定了正方直角棱锥形体素的截头锥体。

[0030] 根据改变后的闪烁体材料的结构,光学反射屏障210的厚度或深度(y-方向)取决于激光束焦点的直径和光学分离部的最小厚度。在一些实施例中,光学反射屏障210的厚度可通过激光的焦点而增加多个改变后的位置。即,改变后的位置被在y-方向上进一步改变,其中,在x-z方向上延伸的光学反射屏障的体积的主表面被改变。

[0031] 同一物理闪烁体材料块220可包括外侧表面或外表面270,其是由激光诱生的光学反射屏障。在一些实施例中,通过激光并未改变该外表面并且施加了光学反射涂层。可以设想到被改变为光学反射屏障的外表面270和光学反射涂层的组合。

[0032] 图2A-2B中所示的双层探测器阵列200是探测器元件的 $M \times N$ 阵列,其中,M块闪烁体材料被处于竖向布置结构中的光电传感器阵列246的衬底244分隔开,其中M是正整数。每块材料在同一物理闪烁体材料块220内包括N个单片闪烁体。在2009年10月29日提交的名为“光谱成像探测器(Spectral Imaging Detector)”的US 9,000,382中讨论了竖向探测器布置结构的示例,该美国文献被通过引用全部结合到本文中。

[0033] 参考图3,示出了多层辐射敏感的探测器阵列120的双层水平探测器配置300。配置300包括单个由单片闪烁体124构成的物理块220。每个单片闪烁体124均包括两个区域202和206。单个由单片闪烁体124构成的物理块220被设置在两个光电传感器阵列310和320的衬底之间。这两个光电传感器阵列310、320被设置在平行于双层探测器300的表面250的平面中。

[0034] 同一物理闪烁体材料块220的光学反射屏障210可包括多个子屏障(例如两个或更多个子屏障330和332),它们被彼此分开2-100微米的距离。屏障330和332中的每一个均包括由屏障330和332限定的体积的主表面,该主表面是大致平坦的,并且该主表面被平行于双层探测器300的表面250设置。子屏障330和332中的每一个均包括例如由激光束诱生的对块材料220的晶体结构的改变。

[0035] 同一物理闪烁体材料块220可包括多个单独的单片闪烁体124,这些单片闪烁体124被通过体素光学屏障260分隔开并形成单片闪烁体124的多维M×N体素阵列。同一物理闪烁体材料块220可包括光学反射涂层、通过激光在结构上改变成光学反射屏障的同一物理闪烁体材料块220的外侧部分270及其组合。

[0036] 光电传感器阵列310和320可包括前部照明光电二极管(FIP)、后部照明光电二极管(BIP)、有机光电二极管(OPD)及其组合。光电传感器阵列310、320中的一个或多个可包括使x射线吸收最小化的光电二极管阵列,例如OPD、大幅减薄的FIP、大幅减薄的BIP、x射线透明的光电传感器等。在一些实施例中,大幅减薄是指减薄到小于30微米。在一些实施例中,大幅减薄是指减薄到30-100微米。在一些实施例中,大幅减薄是指减薄到100-200微米。光电传感器阵列310被光学耦合到同一物理闪烁体材料块220的第一层204,且相应的光电传感器240被确定尺寸并与每个单片闪烁体124的对应的第一区域202对准。与同一物理闪烁体材料块220的第一光电传感器阵列310相对的光电传感器阵列320被光学耦合至同一物理闪烁体材料块220的第二层206。第二光电传感器阵列320的光电传感器244被确定尺寸并与每个体素单片闪烁体124的对应的第二区域206对准。

[0037] 参考图4,示意性地示出了生成用于单片闪烁体124的体素的闪烁体区域202、206的实施例。控制器400控制一个或多个激光器410、420的操作以及激光器410、420相对于由托架430定位的同一物理闪烁体材料块220的定位。在一些实施例中,第一激光器410被定位成将激光束412平行于光学反射屏障210定向。在一些实施例中,第二激光器420定位成将激光束422垂直于光学反射屏障210定向。在一些实施例中,第一激光器410或第二激光器420中的一个被省略掉。在一些实施例中,在任一取向上都具有多个激光器。

[0038] 激光束412、422通过至少一个透镜416、426聚焦在点414上。点414、415可以是球形的或者沿激光束412、422的方向是细长的。点414、415根据激光器410、420的工作特性改变同一物理闪烁体材料块220的晶体结构。激光器410、420的工作特性与闪烁体材料相关。例如,波长、功率和脉冲可根据闪烁体材料来改变以实现光学反射屏障210的晶体结构的变化。

[0039] 控制器400使激光束412、422相对于托架430移动。在一些实施例中,激光器410、420被固定住,而托架430移动。在一些实施例中,激光器410、420移动,而托架430被固定住。在一些实施例中,激光器410、420和托架430两者都移动。

[0040] 例如,在省略第二激光器420并且第一激光器410生成光学反射屏障210和体素光学屏障260两者的情况下,第一激光器410被配置为使点414移动越过同一物理闪烁体材料块220的最远平面中的多个位置,然后连续行进到下一最近平面中的多个位置,直到诱生体素光学屏障260和光学反射屏障210的晶体结构的变化为止。即,点414保持在已形成的屏障与激光器之间。在生成光学反射屏障210和体素光学屏障260两者的情况下,这些屏障与正交的、倾斜的或不平行的表面相连。即,限定光学反射屏障210的体积的主表面与限定体素

光学屏障260的体积的主表面不平行。

[0041] 参考图5,示出了根据本文中的一个或多个实施例的流程图。

[0042] 在500处,相对于一个或多个激光器410、420定位物理闪烁体材料块220。该定位可包括在托架430中接收物理闪烁体材料块220。该定位可包括相对于一个或多个激光器的位置变化,以在下一位置处生成光学反射屏障210。

[0043] 在一些实施例中,物理闪烁体材料块220可包括用于单个体素的单片闪烁体124的一定体积的材料。在一些实施例中,物理闪烁体材料块220可包括用于单片闪烁体124的 $1 \times N$ 阵列的一定体积的材料。在一些实施例中,物理闪烁体材料块220可包括用于单片闪烁体124的 $M \times N$ 阵列的一定体积的材料。

[0044] 在一些实施例中,托架被配置成保持以上情形的组合。例如,可将用于单片闪烁体124的一维阵列的多块闪烁体材料或用于各个单片闪烁体块124的材料共同保持在托架430中,以在机械分离的块之间或越过各个机械分离的体素生成光学反射屏障210。

[0045] 在510处,通过聚焦激光器改变用于由单片闪烁体块124构成的物理块220的一部分的晶体结构,以针对每个体素在闪烁体材料中限定多个区域,同时将闪烁体材料保持为物理连接的结构。形成光学反射屏障210的改变后的结构部分被平行于物理闪烁体材料块220的被配置为首先接收入射辐射117的表面250定向。单片闪烁体124的改变后的结构部分可包括平行于被配置为首先接收入射辐射117的表面250的两个或更多个屏障330、332。两个屏障330、332是平行的并且被间隔开介于2微米至100微米之间的距离。在一些实施例中,该距离介于25至100微米之间。

[0046] 在一些实施例中,改变后的结构部分还包括体素光学屏障260或其一部分。例如,对于物理闪烁体材料块220的被改变以形成体素光学屏障260的多个部分,改变后的部分还形成垂直于被配置为首先接收该入射辐射的表面250的屏障。

[0047] 在一些实施例中,改变后的结构部分包括物理闪烁体材料块220的外表面270或其一部分。

[0048] 重复动作500和510,重新定位并生成改变后的结构部分,直到形成单片闪烁体124为止。控制器400被配置为控制激光器的定位和操作,以按照适当的顺序在每个位置处生成改变后的结构部分,从而形成光学反射屏障210,并且在一些实施例中,另外形成体素光学屏障260和/或在外表面上形成反射屏障270。

[0049] 在520处,将单片闪烁体124与一个或多个光电传感器阵列对准并固定到这一个或多个光电传感器阵列。在一些实施例中,单片闪烁体124形成 $1 \times N$ 维体素阵列,并且每个体素的单片闪烁体124包括与由光学反射屏障210限定的层204、208相对应的多个区域202、206。例如,阵列246被垂直于多层探测器120的首先接收入射辐射的表面250定向并与物理闪烁体材料块220对准且被固定于其上。每个体素的第一区域202与对应的第一光电传感器240对准,并且每个体素的第二区域206与对应的第二光电传感器242对准。作为体素的 $M \times N$ 阵列的多层探测器阵列120可被进一步与由M个一维体素阵列构成的组件组装在一起。该组装可还包括添加读出电子器件140。该组装可还包括添加支撑衬底。该组装可还包括施加光学反射涂层。

[0050] 在一些实施例中,所生成的由结构改变后的物理闪烁体材料块220形成的单片闪烁体块124包括单片闪烁体124的二维阵列,并且每个单片闪烁体124包括多个区域202、

206。对准和固定包括将所生成的单片闪烁体124对准并固定到多个光电传感器阵列310、320。多个光电传感器阵列310、320中的每一个被平行于多层探测器的首先接收入射辐射117的表面250定向。

[0051] 在一些实施例中,所生成的由结构改变后的物理闪烁体材料块220形成的单片闪烁体124被机械地分离为各个单片闪烁体124,这些单片闪烁体124被涂覆并被重新组装为单片闪烁体124的 $1 \times N$ 阵列或单片闪烁体124的 $M \times N$ 阵列。

[0052] 控制器410用于定位和操作激光器410、420的操作可通过编码或嵌置在计算机可读存储介质上的计算机可读指令来实现,该指令在由计算机处理器执行时,致使处理器执行上述动作。另外或作为选择,计算机可读指令中的至少一个由信号、载波或其它瞬态介质来执行。在一些实施例中,控制器410包括专用集成电路。

[0053] 可以不同顺序执行上述步骤和/或可省略掉一些步骤。

[0054] 尽管已经在附图和前面的描述中详细地图示和描述了本发明,但是这种图示和描述应被认为是说明性或示例性的而非限制性的;本发明并不限于所公开的实施例。通过研究附图、公开内容和所附权利要求,本领域技术人员在实践所要求保护的发明时可以理解和实现所公开实施例的其它变型。

[0055] 在权利要求中,词语“包括”并不排除其它元件或步骤,并且不定冠词“一”或“一个”并不排除多个。单个处理器或其它单元可实现权利要求中所列举的若干事物的功能。在互不相同的从属权利要求中记载某些措施的事实并不表示不能有利地使用这些措施的组合。

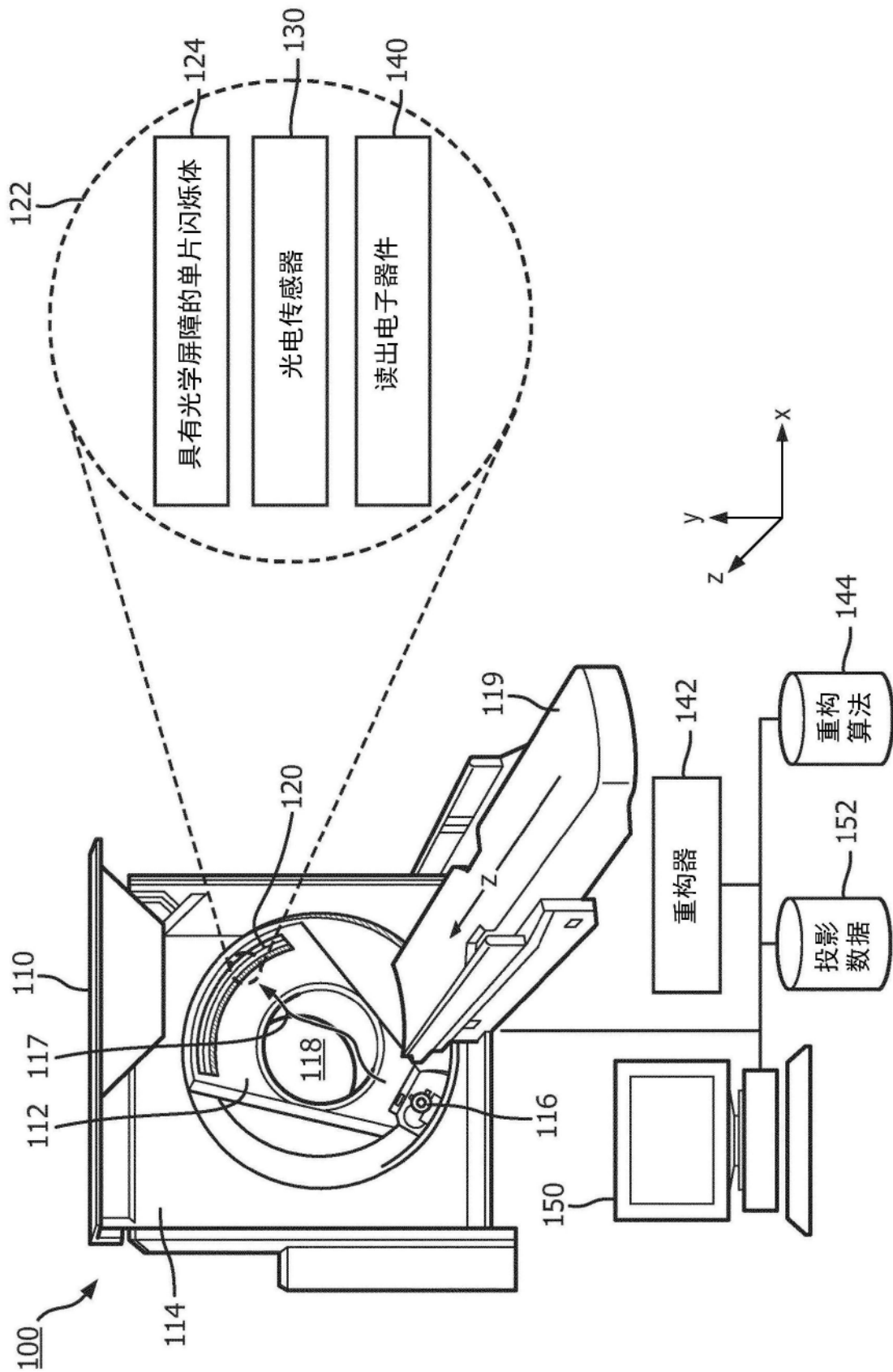


图1

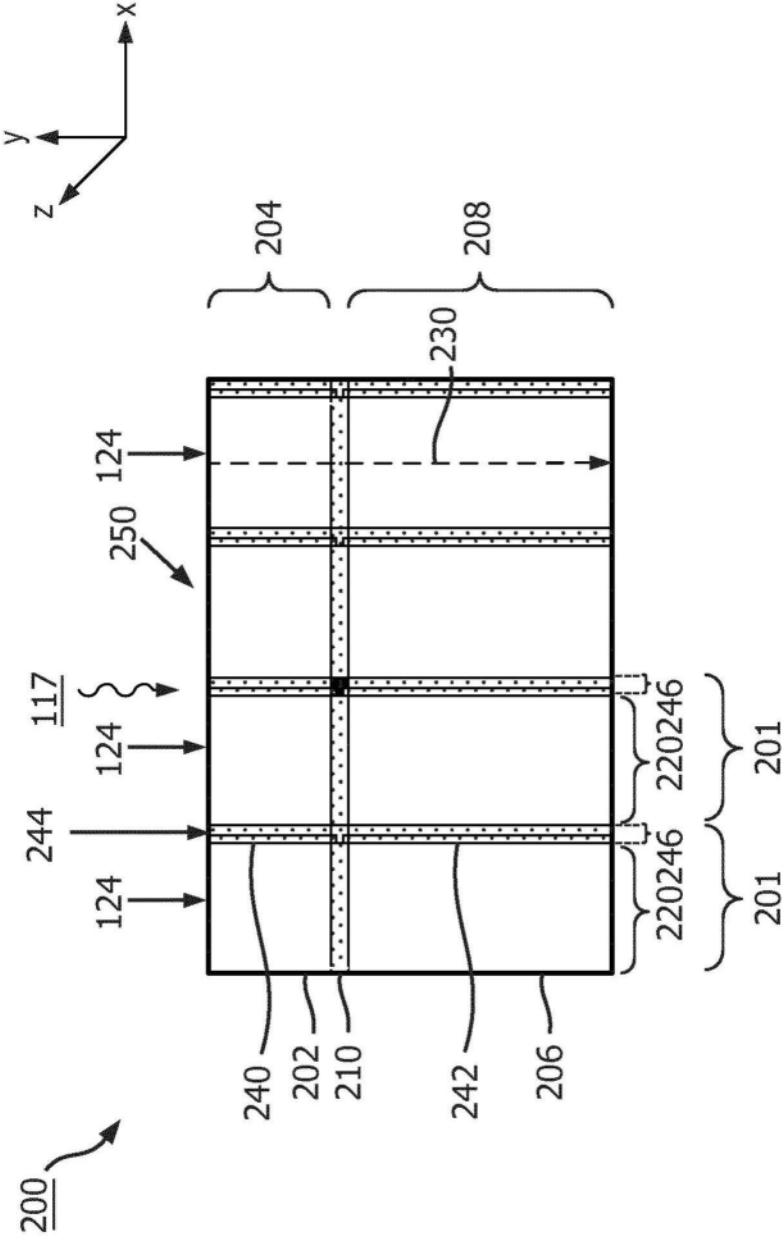


图2A



图5