



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111971585 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 12

(21) 申请号 201980025284.0

(22) 申请日 2019.04.04

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111971585 A

(43) 申请公布日 2020.11.20

(30) 优先权数据
18167073.8 2018.04.12 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.10.12

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2019/058471 2019.04.04

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/197263 EN 2019.10.17

(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 H·施泰因豪泽 O·J·维默斯

(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 孟杰雄

(51) Int.Cl.
G01T 1/202 (2006.01)

(56) 对比文件
US 4709382 A, 1987.11.24
US 2007194242 A1, 2007.08.23
US 2013292574 A1, 2013.11.07

审查员 张鹏翼

权利要求书2页 说明书14页 附图7页

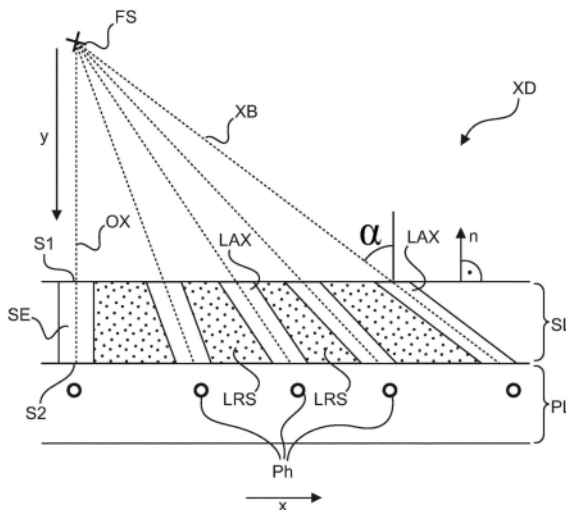
(54) 发明名称

具有用于均匀成像的聚焦闪烁体结构的X射线探测器

(57) 摘要

一种用于X射线成像的双层探测器(XD),包括至少两个光敏表面(LSS1、LSS2)。双层探测器还包括第一闪烁体层(SL、SL1),其包括能够将X辐射转换成光的至少一个闪烁体元件(SE),所述元件具有两个面,即用于使X辐射进入元件(SE)的入射面(S1)以及在入射面(S1)远端的出射面(S2),其中,两个面(S1、S2)被布置成相对于彼此移位,使得闪烁体元件(SE)的纵轴(LAX)相对于该层的法线(n)倾斜。闪烁体元件(SE)具有在两个面(S1、S2)之间延伸的侧壁(w、w1),闪烁体层(SL)还包括具有侧壁(w'、w1')的第二这样的闪烁体元件(SE'),第二闪烁体元件(SE')与第一闪烁体元件(SE)相邻,其中,第一闪烁体元件(SE)的侧壁(w、w1)和第二闪烁体元件(SE')的侧壁(w'、w1')相邻并且相对于彼此倾斜。双层探测器(XD)还包括这样的第二闪烁体层(SL2)。光敏表面(LSS1、LSS2)之一布置在两个闪烁体层(SL1、

SL2)之间。



1. 一种用于X射线成像的双层探测器 (XD), 包括:
 - 至少两个光敏表面 (LSS1、LSS2);
 - 第一闪烁体层 (SL、SL1), 其包括至少第一闪烁体元件 (SE) 和第二闪烁体元件 (SE'), 所述第一闪烁体元件和所述第二闪烁体元件中的每个闪烁体元件能够将X辐射转换为光, 所述第二闪烁体元件 (SE') 与所述第一闪烁体元件 (SE) 相邻,
 - 第二闪烁体层 (SL2);
 - 其中, 所述光敏表面 (LSS1、LSS2) 中的至少一个光敏表面被布置在两个闪烁体层 (SL1、SL2) 之间;
 - 其中, 所述第一闪烁体元件 (SE) 具有两个面, 所述两个面是用于使X辐射进入所述元件 (SE) 的入射面 (S1) 以及在所述入射面 (S1) 远端的出射面 (S2), 其中, 所述两个面 (S1、S2) 被布置为相对于彼此移位, 使得所述第一闪烁体元件 (SE) 的纵轴 (LAX) 相对于所述层的法线 (n) 被倾斜,
 - 其中, 所述第一闪烁体元件 (SE) 具有在所述两个面 (S1、S2) 之间延伸的侧壁 (w、w1), 并且所述第二闪烁体元件 (SE') 具有侧壁 (w'、w1'),
 - 其中, 所述第一闪烁体元件 (SE) 的所述侧壁 (w、w1) 和所述第二闪烁体元件 (SE') 的所述侧壁 (w'、w1') 相邻并且相对于彼此被倾斜以定义楔形的间隙或空隙。
2. 根据权利要求1所述的双层探测器 (XD), 其中, 所述两个光敏表面 (LSS1、LSS2) 中的至少一个光敏表面具有相应的等距像素布局。
3. 根据权利要求1或2所述的双层探测器 (XD), 其中, 所述两个光敏表面 (LSS1、LSS2) 被布置在所述两个闪烁体层 (SL1、SL2) 之间。
4. 根据前述权利要求中的任一项所述的双层探测器 (XD), 其中, 在所述两个光敏表面 (LSS1、LSS2) 中的每个光敏表面中使用相同的像素间距布局。
5. 根据前述权利要求中的任一项所述的双层探测器 (XD), 其中,
 - 至少一个相应的闪烁体元件具有倾斜的棱柱形或倾斜的圆锥形或金字塔形; 和/或
 - 所述至少一个相应的闪烁体元件的截面是多边形。
6. 根据权利要求1-5中的任一项所述的双层探测器 (XD), 其中, 所述相应的闪烁体元件 (SE、SE') 的相应的截面沿着所述闪烁体元件的纵轴是恒定的。
7. 根据权利要求1-6中的任一项所述的双层探测器 (XD), 其中, 所述两个面被布置为沿着至少两个不同的方向 (x、z) 移位。
8. 根据前述权利要求中的任一项所述的双层探测器 (XD), 其中, 所述相应的至少一个元件是通过增材制造形成的。
9. 根据前述权利要求中的任一项所述的双层探测器 (XD), 还包括光反射物质 (LRS), 所述光反射物质至少部分地围绕相应的元件 (SE、SE')。
10. 根据前述权利要求中的任一项所述的双层探测器 (XD), 其中, 所述相应的闪烁体元件的相应的纵轴 (LAX) 穿过所述相应的闪烁体元件的相应的面 (S1、S2) 并且被对准以聚焦在被定位于所述层 (SL) 外部的虚空间点 (FS') 上。
11. 根据前述权利要求中的任一项所述的双层探测器 (XD), 其中, 所述第一闪烁体元件的被布置在所述入射面 (S1) 与所述出射面 (S2) 之间的连接边缘具有阶梯状轮廓。
12. 一种X射线成像装置 (IA), 其具有X射线探测器 (XD) 和具有焦斑 (FS) 的X射线源

(XS) ,

其中,所述X射线探测器是根据前述权利要求中的任一项所述的双层探测器(XD) ,

其中,所述闪烁体元件(SE)中的每个闪烁体元件具有关于所述焦斑对准的所述闪烁体元件的纵轴。

13.一种计算机程序单元,所述计算机程序单元当由至少一个处理单元(PU)执行时适于使材料形成设备(MFD)在根据权利要求1-11中的任一项所述的双层探测器(XD)中形成所述两个闪烁体层(SL、SL1、SL2)中的至少一个闪烁体层的至少部分。

14.根据权利要求13所述的计算机程序单元,其中,所述程序单元是用于3D打印的CAD文件的至少部分。

15.一种计算机可读存储介质(MEM),在其上存储有根据权利要求13或14所述的程序单元。

具有用于均匀成像的聚焦闪烁体结构的X射线探测器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种闪烁体层、一种X射线探测器、一种X射线成像装置、一种计算机程序单元以及一种计算机可读介质。

背景技术

[0002] 一些X射线成像系统使用间接转换类型的探测器。间接转换型探测器广泛地包括闪烁体和传感器。闪烁体将传入的X辐射转换为光。然后,光被传感器探测到。合适的传感器包括光电二极管。光电二极管将光转换为电信号。然后可以将电信号转换成图像值。图像值可以被用于获得患者的感兴趣解剖结构的X射线影像。

[0003] WO 2010/018496描述了具有间接转换类型探测器技术的X射线成像系统。闪烁体由生长的晶体针形成,例如CsI(铯碘)。技术使用额外部件,诸如放置在晶体闪烁体顶部的平面化层,以实现平面表面。

[0004] 而且,针对探测器的部分的成像性质跨探测器表面可能不均匀。

[0005] 此外,由生长的晶体针形成的闪烁体可能不容易使其自身用于双层探测器中。

[0006] 文档US 2018/052240 A1涉及一种X射线探测器,其使能具有高诊断性能的双能量成像。X射线探测器包括闪烁体元件,该闪烁体元件被挡光壁隔开并且将X射线转换成光。

[0007] 文档US 2012/223239 A1涉及一种X射线辐射探测器,其采取平板探测器的形式。该探测器包括施加到基板的闪烁体层。该探测器包括由闪烁体材料制成并形成闪烁体层的细长针,以及由光电二极管组成的有源可读像素阵列。

[0008] 文档US 7692 156 B1涉及一种辐射探测设备,其包括设置在基板上的射束取向的像素化闪烁体。闪烁体带有具有第一像素轴的第一像素和具有第二像素轴的第二像素,其中,第一轴和第二轴相对于彼此成一角度,并且其中,每个轴基本上平行于用于照明对应的像素的预定射束方向。

发明内容

[0009] 能够需要用于X射线成像,特别是用于具有双层探测器的X射线成像的备选闪烁体解决方案。

[0010] 本发明在所附权利要求书中定义。

[0011] 本发明的目的通过独立权利要求的主题解决,其中,在从属权利要求中并入了另外的实施例。应当注意,本发明的以下描述的方面同样适用于X射线探测器、X射线成像装置、计算机程序单元和计算机可读介质。

[0012] 根据本发明的第一方面,提供了一种用于X射线成像的双层探测器,包括:

[0013] 至少两个光敏表面;

[0014] 第一闪烁体层,其包括能够将X辐射转换成光的至少一个闪烁体元件,该元件具有两个面,即用于允许X辐射进入该元件的入射面和在该入射面的远端的出射面,其中,两个面布置成相对于彼此偏移,使得闪烁体元件的纵轴相对于层的法线倾斜;第一闪烁体元件

具有在两个面之间延伸的侧壁。闪烁体层中的一个或两个还包括具有相应两个面的第二这样的闪烁体元件,以及在第二闪烁体元件的两个面之间延伸并且与第一闪烁体的侧壁相对或相邻的侧壁。第一闪烁体元件的侧壁和第二闪烁体元件的侧壁相对于彼此倾斜;

[0015] 第二这样的闪烁体层;并且

[0016] 其中,两个光敏表面中的至少一个被布置在两个闪烁体层之间。

[0017] 双层类型的X射线探测器可以用于谱/双重能量成像。

[0018] 相应的纵轴特别地定义了通过闪烁体元件的在其面之间的部分(“主体”)的X辐射/光的传播方向。

[0019] 对准本身通过斜形状来实现。不需要闪烁体元件的旋转布置。

[0020] 所有元件的面定义闪烁体层的近端和远端表面。给定元件的面是平行的。由于固有的斜度,面形成了闪烁体层的齐平的近端和/或远端表面。无需额外的部件(诸如,平面化层)以实现表面平整度。

[0021] 另外,所提出的具有焦斑对准的3D像素化闪烁体结构允许在探测器的实质上整个图像表面上实现均匀的X辐射探测,特别是在间接转换型探测器中。均匀的X射线探测实现最佳(或至少改进)的成像性质。具体而言,成像性质更加均匀。例如,IQ(图像质量)、MTF(调制传递函数)、谱响应、DQE(探测量子效率)等中的一些或全部在探测器的成像区上将更加均匀,更具体地说,朝向成像区/表面的边缘将更加均匀。

[0022] 在实施例中,至少一个元件具有斜棱柱形或斜圆锥形或金字塔形。

[0023] 在实施例中,所述至少一个元件的截面是多边形。

[0024] 在实施例中,至少一个闪烁体元件的截面沿其纵轴是恒定的。

[0025] 在实施例中,两个面被布置为沿至少两个不同的方向(x、z)移位。换句话说,该倾斜包括在两个不同平面中的至少两个倾斜分量。这种“2D对准”对于平面探测器布置特别有用,其中,对于不与探测器的图像表面的光轴/中心点相交的闪烁体元件的行(或列),可以改进对准。

[0026] 在实施例中,至少一个元件通过增材制造,特别是通过3D打印形成。这允许有效地生产所提出的闪烁体层。

[0027] 在实施例中,制造包括提供子层的步骤,要从该子层构建闪烁体层。

[0028] 在另外的步骤中,然后通过增材制造形成具有闪烁体元件的闪烁体层。

[0029] 在另外的步骤中,施加光反射材料以填充闪烁体元件之间的间隙。

[0030] 在实施例中,光反射物质至少部分地围绕(一个或多个)元件。光反射物质允许在暴露于X辐射时更有效地利用由闪烁体元件生成的光。

[0031] 在实施例中,闪烁体层中的一个或两个分别包括多个这样的元件,元件的相应的纵轴穿过其相应的面,并且轴对准,从而聚焦在位于该层外部的虚空间点上。当在X射线成像器中使用时,虚空间点对应于成像装置的X射线源的焦斑。闪烁体元件的斜度(或倾斜)在闪烁体表面上变化(在一维或两个维度上),从而甚至对于更远离光轴的探测器部分也提供改进的成像性质。然而,并非所有元件需要是斜的。特别地,针对在光轴处或接近光轴的元件不存在倾斜(具有垂直的纵轴)。

[0032] 在本文设想的实施例中,X射线探测器包括至少两个传感器层,每个具有两个光敏表面中的相应一个。换句话说,两个传感器层中的每个具有其自己的光敏表面。在实施例

中,两个传感器层被堆叠使得光敏表面在相反的方向上取向。

[0033] 每个光敏表面或传感器层具有与之关联的相应的闪烁体层,优选地通过光学耦合。

[0034] 因为由于闪烁体元件的斜度而固有地齐平闪烁体层的近端和/或远端表面,因此所提出的闪烁体层促进这种双层探测器的构造。这是因为当构建谱/双成像探测器时将各层彼此堆叠时,近端/远端表面的齐平度促进固有的结构稳定性。

[0035] 在实施例中,可以使用单个传感器层,其从其两侧都是光敏的,因此呈现两个光敏表面,即远端表面和近端表面。

[0036] 在实施例中,具有布置在两个闪烁体层之间的两个光敏表面允许在两个光敏层中使用相同的像素间距布局。具体地,在实施例中,可以在两个光敏层中使用相同的等距像素间距布局。

[0037] 两个相邻元件的两个倾斜的(不平行的)侧壁定义了楔形的间隙或空隙。间隙可以部分地或完全地以光反射材料填充。不一定所有的闪烁体元件使其相邻侧壁如此倾斜。当在用于双成像的双层探测器中使用闪烁体时,具有相邻的闪烁体元件的倾斜侧壁是有用的,特别是在等距像素间距布局的情况下。

[0038] 如所设想的,具有相邻的闪烁体元件的倾斜的侧壁也是有用的,因为其允许减小或甚至最小化像素之间的距离以消除通过光反射材料的光透射。当使用倾斜的侧壁时,反射器材料的体积更多(可能有些延展)。因此,具有相互倾斜或斜向的侧壁可能导致闪烁体部件的更好的鲁棒性来抵抗外力(诸如意外掉落),或者当使用建议的闪烁体的探测器在成像期间撞到对象时(例如在野外使用的C型臂系统或移动X射线系统)。

[0039] 具有相邻的闪烁体元件的倾斜侧壁在多X射线源成像系统中也可能是有益的,其中,X射线探测器可以划分为不同的区域,并且每个区域探测来自另一个X射线源或X射线源的另一组合的光。

[0040] 在另外的方面中,提供了一种具有X射线探测器和具有焦斑的X射线源的X射线成像装置。X探测器包括根据上述实施例中的任一个的至少一个闪烁体层,至少一个元件使其纵轴与所述焦斑对准。

[0041] 在另外的方面中,提供了一种计算机程序单元,当由至少一个处理单元执行时,所述计算机程序单元适于使材料形成设备形成根据如上所述的实施例中的任一个的闪烁体层的至少部分。

[0042] 在实施例中,计算机程序单元包括用于3D打印的CAD(“计算机辅助设计”)文件。

[0043] 在另外的方面中,提供了一种计算机可读存储介质,在其上存储有程序单元。

[0044] 如本文所使用的“斜”或“斜度”被用来指示闪烁体层中的个体闪烁体元件的纵轴相对于竖直方向的倾斜,所述竖直方向通常对应于成像装置的光轴。该轴可以在仅一个平面上倾斜,或者可以在至少两个平面中具有倾斜分量。

[0045] 如本文中频繁使用的,“3D”、“2D”和“1D”分别意指(空间)三维、二维或一维。

附图说明

[0046] 现在将参考以下附图描述本发明的示例性实施例,附图不是按比例,其中:

[0047] 图1示出了X射线成像装置的示意性侧仰角视图;

- [0048] 图2示出了闪烁体层的示意性截面侧视图；
- [0049] 图3示出了不同实施例中的闪烁体元件的示意性透视图和示意性平面视图；
- [0050] 图4示出形成闪烁体层的部分的闪烁体元件的局部剖视的示意性透视图；
- [0051] 图5和图6以示意性方式示出了用于双能量/谱成像的双层探测器中的闪烁体层的不同实施例；
- [0052] 图7示出了包括闪烁体元件的闪烁层的制造方法的流程图；并且
- [0053] 图8示出了用于闪烁体层或其部分的增材制造的处理链的示意性框图。

具体实施方式

[0054] 参考图1,这是侧仰角视图的X射线成像装置IA的示意图。这一点的实施例包括被配置成采集对象OB的X射线图像的C型臂成像装置、CBCT(锥形射束CT)扫描器、CT扫描器、乳房摄影装置或放射线照相装置等。在具有成像轴z的截面中示出了对象OB。在图1中,成像轴z延伸到绘图平面中。尽管本文设想的X射线成像器的主要应用是在医学领域,但本文不排除非医学背景,诸如非破坏性材料测试或行李检查等。因此,术语“对象OB”在本文中以一般意义使用以包括有生命的“对象”,诸如人或动物患者,或其解剖部分,但也包括无生命的对象。

[0055] 更详细地,X射线成像装置IA包括X射线源XS和X射线敏感探测器XD。在使用中,对象OB沿轴z被定位于X射线源XS和X射线探测器XD内的检查区域中。X射线源XS被激励以产生X射线射束XB,所述X射线射束XB从焦斑FS发出并且穿过检查区域并且因此穿过对象OB的至少感兴趣区域。在图1中,OX是光轴,并且是X射线射束XB的主传播方向,轴y平行于OX。具体而言,光轴OX从焦斑FS延伸到探测器XD并在形成焦斑到探测器的图像表面上的正交投影的点处与其相交。该点在本文中将被称为探测器或图像表面的中心点。图像表面具有坐标x、z,其中,x正交于成像轴z,并且x、z两者正交于光轴OX或轴y。

[0056] X辐射与对象OB的物质(例如组织、骨骼等)相互作用。在相互作用之后,X辐射出现在对象OB的远侧处,以然后撞击在X射线探测器XD上。撞击X辐射由探测器XD探测到并被转换为电信号。电信号由合适的转换电路(未示出)转换为图像值,其然后可以由图像处理器IP处理为X射线图像。合适的成像软件(例如3D重建)可以用于在一个或多个显示设备DD上实现影像的显示。图像也可以被存储或以其他方式处理。

[0057] X射线图像能够示出被成像对象OB的内部的细节。这可以帮助被成像对象OB的诊断和治疗或其他检查。

[0058] 成像器IA还可以包括位于X射线源处的准直器(未示出),以将X射线射束整形为更好地与要成像的感兴趣区域相符合。

[0059] 探测器XD可以是平板探测器,但是在本文中也设想弯曲的实施例。在实施例中,探测器XD优选地是间接转换类型的。在插图图1A中,以平面视图示出了示意性网格布局,其表示具有轴x、z的X射线探测器XD的图像表面和图像表面的四个外边缘。轴z是如上面介绍的成像轴。图1A的网格布局中的小正方形表示探测器单元或像素,其以多个“行”(按照约定,沿方向x)和“列”(按照约定,沿方向z)排列。备选地,在备选方案中,本文还设想了单线/行探测器。

[0060] 如上所述,图像表面可以如图1A所示为平面,或者可以代替地弯曲以形成虚圆柱

体的局部侧表面,所述圆柱体具有通过X射线源XS的焦斑FS并平行于轴z的纵轴(以下称为“曲率轴”)。在这些实施例中,探测器XD的图像表面整体上聚焦到X射线源XS的焦斑。

[0061] 现在参考图2,这更详细地示出了X射线探测器XD。具体地,图2是X射线探测器XD的截面侧仰角图。图2所示的实施例对应于平面图像表面x、z,但是除非特别说明,以下同样适用于弯曲的实施例。

[0062] 在间接转换类型技术中,探测器XD包括两个层,即闪烁层SL和传感器层PL。与图2所示的实施例相对,本文还设想了具有专门适配的探测器XD的双能量或谱成像,其中,不仅存在单对传感器-闪烁体层(如图2所示),而且在具有背对背传感器层PL1、PL2的示例性实施例中,存在彼此叠置布置的两个或更多个这样的对。将在下面在图5和图6中更详细地描述此类双/谱成像探测器。然而,为简单起见,我们将首先将我们自己限制到讨论具有单对传感器-闪烁体层的探测器XD,如图2所示的。

[0063] 闪烁体层SL可以被布置在X射线源的近端,而传感器层PL在焦斑的远端。在备选实施例中,该布置被反转,使得传感器层PL在近端而闪烁体层SL在远端。在此处和下面,空间限定词“近端”和“远端”分别用于指示相对于焦斑FS的更近或更远距离。在成像期间,X射线射束XB的光子撞击闪烁体层SL并穿透其。闪烁体层SL包括闪烁材料,换言之,能够将撞击X辐射转换成不同频率的电磁辐射(特别是转换为可见光)的材料。具体地,闪烁体材料的内部分子结构使得当由X射线光子击中该材料时释放光子。然后由传感器层PL中的光敏像素的阵列探测由闪烁体层如此生成的光子。在实施例中,传感器层PL是包括基板层BL(诸如箔或其他)的传感器阵列,在所述基板层BL上,多个光敏像素(包括光电二极管Ph和TFT)被布置。多个光敏像素PH形成传感器层PL的至少一个光敏表面LSS。本文中设想了光电二极管Ph和TFT的不同变体和类型,诸如有机或硅基或两者的组合。在图2中提供的截面视图中,示出了仅一行光电二极管PH(作为示例,示出了该行的仅五个光电二极管)。在图2的绘图平面上所示的行之后,沿着轴z平行排列另外的行,以实现图1A所示的网格布局。光电二极管Ph耦合到读出电路(未示出),以收集在探测到相应的光子时由相应的光电二极管Ph生成的电信号。

[0064] 继续参考闪烁体层SL,在一个实施例中,这包括多个闪烁体元件SE,其在闪烁体层SL上赋予像素化结构。具体地,如实施例中所设想的,闪烁体元件SE是分立的3D结构,优选地以与光电二极管Ph相同的布局布置。闪烁体元件因此同样根据图1A的平面视图形成网格布置,使得闪烁体元件和传感器Ph彼此在空间上配准,每个光传感器Ph以与闪烁体元件中的相应一个的相对关系被布置。其他实施例是可能的,例如,相邻传感器Ph的组可以共享相同的闪烁体元件。例如,2x 2或4x 4相邻传感器元件的组可以共享相同闪烁体元件。因此,在具有单行/列传感器Ph的实施例中,仅单行此类分立闪烁体元件布置在空间配准中。

[0065] 在图2所示的示例中,一行中仅有五个闪烁体元件,但是该数量仅仅是示例性的,而不是限制性的。通常,闪烁体元件的数量可以低于探测器像素的数量或与探测器像素的数量一样高,并且因此与传感器(例如,光电二极管)的数量一样高。例如,探测器XD图像表面可以具有 $X=40\text{cm}$ 乘以 $Z=30\text{cm}$ 的尺寸,并且这实际上在实施例中设想到。因此,取决于所需的像素密度,这种布置能够需要 400×300 传感器Ph,在具有 1mm 的像素尺寸的CBCT扫描器的情况下具有大约相同数量的闪烁体元件,与CT类似。在C型臂系统的情况下,可以使用较小的像素尺寸,例如 $150\mu\text{m}$,从而导致更多的SE元件。在传感器共享的情况下,存在比传感器

Ph更少的元件SE,如上所述。探测器的尺寸通常由要成像的对象的尺寸确定,并且可以大于或小于上述示例。例如,本文还设想 $Z > 40\text{cm}$ 和/或 $X > 30\text{cm}$ 。

[0066] 每个闪烁体元件SE包括闪烁材料,所述闪烁材料实现从X辐射转换为期望的电磁辐射,诸如可见光。如本文所设想的闪烁体元件优选地不是由如先前系统(例如,参见申请人的WO 2010/018496)中的完整生长的晶体针(例如CsI)形成,而是代替地在实施例中由包括嵌入在粘合剂块中的闪烁体颗粒(其可能是晶体也可能不是晶体)的材料进行3D制造。闪烁体元件的确切组成和制造还将在下面的图8处更详细说明。

[0067] 首先更详细地转向闪烁体元件SE的形状,这可以在图2中看到。闪烁体元件被形成使得其自身朝向X射线成像系统IA的焦斑FS对准。特别地,一些闪烁体元件是斜的,从而至少在一个平面处与X射线源的焦斑对准。而更具体地,在实施例中,在图2的截面平面中以虚线示出的元件SE的相应纵轴LAX朝向焦斑FS倾斜。如图2中可以看到,闪烁体元件SE不仅仅是被旋转以实现与焦斑FS的这种对准,而是闪烁体元件SE形状本身的斜度影响该对准。图2仅仅示出了与FS对准的一个行的元件SE。将理解,上述内容同样适用于在图2所示的行之后沿着轴z定位的一些或所有行。

[0068] 除了图2中所示的倾斜之外,在实施例中,还可以在不同平面中(例如,沿着延伸到图2中的绘图平面中的方向z)存在第二倾斜分量。换句话说,元件SE可以在两个空间方向(例如x和z)上倾斜,使得LAX在3D空间中指向FS的位置。该布置可以被称为“2D对准”,其中,在至少两个不同平面中存在倾斜。在图2的视图中,一个平面对应于绘图平面,另一平面垂直于绘图平面并且穿过焦斑FS。

[0069] 不同的是,“1D对准”(并且为此在下文中称为这种类型的布置),LAX对于每行元件而言仅仅在单个平面中倾斜,并且在虚点FS'处相交。一个这样的虚点FS'仅对于穿过中心点的行对应于焦斑FS。针对其他行的相应虚点形成线,所述线穿过焦斑FS并且垂直于根据图1、2的绘制平面的平面。

[0070] 在2D对准中,当从垂直于光轴OX的任何方向查看时,相应纵轴的延伸在3d中相交。换句话说,具有相同角度斜度的元件SE围绕中心点布置在相应的同心圆中。

[0071] 将理解,图2是高度示意性的,距离不成比例。例如,焦斑FS到探测器XD的距离被绘制得比实际的更短。

[0072] 间距(即,相邻像素Ph之间的距离)可以是等距的(规则间距的布局)或可以不同(不规则的间距)。在图2中,示出了不规则的间距布局。

[0073] 如可以看到的,由于不同的斜度,面S2之间(或者备选地,面S1之间)的距离(沿x)优选是不规则的。如果一些相邻元件SE具有相同的斜度,则在其他实施例中可以具有规则。

[0074] 而且,在图2中,反射材料LRS填充物的宽度(沿轴x)未按比例绘制。与闪烁体元件SE的宽度(沿轴x)相比,该宽度在很大地被放大并且通常要细得多。例如,填充物LRS的宽度可以是闪烁体元件SE的宽度的大约1/10或更小。

[0075] 现在参考图3,这示出了如本文所设想的闪烁体元件SE形状的各种实施例。图3A和3B是透视视图,图3C和3D是如从焦斑FS看到的沿轴y的平面视图。

[0076] 在实施例中,一些或所有闪烁体元件SE是斜圆柱体或斜棱镜,分别如图3A和图3B所示。给定的闪烁体元件SE的纵轴LAX穿过两个面S1和S2,其在实施例中是斜棱镜或圆柱体的基底。在使用中,一个面S1在近端而另一面S2在远端。面S1、S2可以具有任何规则或不规

则的多边形或规则或不规则的弯曲形状(圆形、椭圆形等)。针对多边形底面S1、S2的实施例包括三角形、矩形、正方形或平行四边形。闪烁体元件SE可以形成为斜矩形棱柱。如图3B的特定实施例所示,闪烁体元件SE是平行六面体。在实施例中,该元件具有平行四边形作为在y-x或y-z平面中的截面。

[0077] 尽管在图3中闪烁体元件SE沿着其纵轴LAX的截面被示出为恒定的,但是不一定在所有实施例中如此。具体地,设想了其中截面沿着纵轴LAX变化的实施例。例如,本文也可以设想具有斜圆锥形或金字塔形截头锥的形状的“漏斗形”闪烁体元件。两个面中较大的一个可以布置在近端或远端,但优选近端,使得闪烁体元件充当光子的改进聚焦引导。

[0078] 近端相S1使X辐射进入闪烁体元件的主体。光子然后沿着通过闪烁体元件的主体的路径行进,并与其中的闪烁材料相互作用,使得释放出光子。由于闪烁体元件SE的固有斜度,更多的光子被释放,其导致良好的成像性质。然后所释放的光子和/或X射线辐射的至少部分在远端面S2处从闪烁体元件离开或出射,并与相应的光电二极管Ph相互作用。由于闪烁体本体的斜布置,对于给定的闪烁体层的整个厚度,甚至对于通过处于更远离成像器IA的光轴OX之处的元件SE的辐射路径,通过闪烁体元件的X射线光子的光路被最大化。更特别地,如本文所设想的,闪烁体元件的斜度随着距X射线探测器的中心点的距离而更大。更具体地,在光轴OX处或靠近其的闪烁体元件因此将没有或有很少斜度,而更远处的闪烁体元件比更靠近光轴OX的闪烁体元件具有更高量的斜度。

[0079] 可以通过使用垂直于闪烁体层的近端表面的法线n在几何上定义提议的闪烁体元件SE的斜度。对于远离光轴OX的闪烁体元件,其相应的纵轴LAX然后将与表面的法线n形成非零的倾斜角 α 。在弯曲的实施例中,法线是局部法线,即,其在给定位置处垂直于与近端表面的切平面,并且可以相对于所述局部法线n定义倾斜角。局部法线是在给定位置处的相应近端面S1的法线。在平面实施例中,表面法线等于面法线n。备选地,斜度也可以被定义为LAX与光轴OX之间的非零角 α 。倾斜角的最大幅度通常是探测器的图像表面尺寸的函数。在尺寸为大约 $X=30\text{cm}$ 乘以 $Z=40\text{cm}$ 的实施例中,对于位于探测器表面的边缘部分处的元件, α 的范围从 0° (对于中心点处的元件SE)直到大约 10° 。较大尺寸的探测器(例如具有 $X>30\text{cm}$ 和/或 $Z>40\text{cm}$)能够要求达到 30° 或更大的 α 。

[0080] 图3C、3D中的平面视图还示出了所提议的闪烁体层SL的斜度以及上面引入的1D和2D对准的概念。特别地,如图3C所示,当沿光轴OX或轴y查看时(如图3C的视图所示),相应的近端相S2和远端相S1相对于彼此平行移位。在图3C的实施例中,面S1和S2仅沿z轴相对于彼此移位,但是可以替代地沿x轴移动。

[0081] 作为扩展,如图3D的平面视图中所示,本文还设想了两个尺度偏移的面S1和S2。此处,面S1、S2沿x和x相对于彼此移位。为了清楚起见,仅示出了面S1和S2,在图3D和图3C的视图中忽视了所有其他边缘。图3D图示了以上引入的2D对准的概念,而图3C图示了将倾斜限制到单个平面的1D对准。两个面S1、S2之间在一个或两个方向上的相互平行移位确定闪烁体元件的纵轴的取向和整体倾斜,并且因此确定了其斜度。

[0082] 在2D对准情况下的有效总体倾斜可以依据法线和纵轴LAX之间的角 α 定义,如上所述,但该倾斜现在处于在两个参考平面x-y和z-y之间延伸的平面(在平面视图中示出为虚线)中。沿着参考方向x、z的该有效总体倾斜的分量可以获得为纵轴LAX到参考平面x-y、z-y上的相应投影以及在所述平面中的相应倾斜角分量。

[0083] 尤其是2D对准类型,其甚至对于平面X射线探测器,允许贯穿探测器XD的整个图像表面实现均匀的成像性质。

[0084] 1D对准对于弯曲的XD有用。2D对准对于平面XD有用以实现在2D维度上朝向X射线焦斑FS聚焦的闪烁体元件。

[0085] 参考图4,这以部分剖开的透视图图示了闪烁体元件SE的斜度。为了清楚起见,在图4中示出了仅一个这样的元件SE,相应面S1和S2是闪烁体层表面的部分,即,S1的近端表面和S2的远端表面。与图3C相似,图4示出了一实施例,其中,斜度引起上面引入的1D对准,因为面S1、S2仅在一个方向上(在这种情况下沿着轴x)相对于彼此平行移位。类似地,在备选实施例中,还设想方向z而不是x方向上的1D对准。

[0086] 分立的闪烁体元件SE嵌入在光反射材料LRS中,其部分或全部填充相邻的闪烁体元件SE、SE'之间的间隙IS。壁元件在两个闪烁体元件SE、SE'的相应的面S1、S2、S1'、S2'之间延伸。相应的间隙IS以相邻的闪烁体元件SE、SE'的相邻的壁元件w、w'为边界。具有布置在其间的反射材料的闪烁体元件SE形成闪烁体层SL。在一个实施例中,光反射材料LRS的合适实施例包括TiO₂(二氧化钛)填充的环氧树脂,或银或具有足够的光反射性质的其他类似材料。

[0087] 近端面S1(在其之间具有反射材料)一起定义了层SL的近端表面。面S1彼此平行并且沿轴y对准以将近端表面形成为齐平表面。在实施例中,对于形成相等齐平的远端表面的远端面S2,也是如此,换言之,远端面S2位于相同的平面或弯曲的表面中。因此,对于所有的闪烁体元件SE,闪烁体元件SE的相应的长度(沿它们相应的轴LAX)可以不相等。具体地,距光轴OX更远的闪烁体元件SE可以比更靠近光轴OX的闪烁体元件SE更长。

[0088] 在备选实施例中,可以使得闪烁体元件的相应长度(沿其相应的轴LAX)相等,使得远端面S2不必位于相同的平面/表面中。

[0089] 在实施例中,如果闪烁体元件SE的相应的长度(沿其相应的轴LAX)不相等,则由于不相等的像素间距,上述成像性质能够仍然是均匀的。这是因为,对于更远离光轴OX的更长的闪烁体元件,相邻像素Ph之间可能存在较大的距离,具有相应的远端面S2和相应的光电探测器Ph之间的更大体积,从而补偿沿所述更长的闪烁体元件SE的LAX的不相等的路径长度。

[0090] 出于制造原因(关于此的更多内容还在下面在图7处),还能够存在SE从其延伸朝向焦斑FS的基板。基板可以被布置在近端或远端,近端或远端面S1、S2与之邻接。

[0091] 上面已经说过的所有内容对于具有多对传感器-闪烁体层的双或谱成像X射线探测器都是同样的应用。关于这一点,现在参考图5和图6。这些图示出了用于利用双层探测器的谱/双能量成像的此类探测器XD的示意性截面侧仰角视图。视图分别沿着x和z方向。图5示出了具有平面配置的实施例的表示,而图6示出了弯曲的配置。

[0092] 更具体地,在具有双层探测器的谱/双能量成像中,存在(至少)两个闪烁体层SL1、SL2,并且在实施例中,存在两个传感器层PL1、PL2。在本文中还想设想了具有超过两个闪烁体层和/或传感器层的布置。

[0093] 更特别地,在图5B、6B中,第一探测器包括第一闪烁体层SL1,并且在其下面有相关联的传感器层PL1。然后在这对层之后是第二探测器的层,其也包括第二传感器层PL2和相关联的(第二)闪烁体层SL2。在图5、6的布置中,两个传感器层PL1和PL2被夹在两个闪烁体

层SL1和SL2之间,使得传感器层PL1、PL2背对背。备选地,闪烁体层SL1、2和传感器层PL1、2交替,使得传感器PL1跟随有并耦合到(第二)闪烁体层SL2。尤其由于如上所述的闪烁体层的齐平近端表面,这种交错布置图案被促进。

[0094] 在插图图5A中示出了相应的闪烁体元件SE1和SE2的斜度。在该示例中,示出了沿着z方向的1D对准。闪烁体元件SE1、SE2的相应的斜度是 α 和 $\alpha+180^\circ$,从而沿着两个闪烁体元件的两个纵轴LAX形成通过两个闪烁体元件SE1、SE2的连续辐射路径。换句话说,两个纵轴沿着公共线对准。再次,这两层中的闪烁体元件的斜度可以使得其仅在一个单个维度上是斜的,例如沿轴Z,如图5所示。备选地,可以与焦斑FS进行2D对准,因此元件SE1、SE2另外在第二方向上沿着倾斜。第二对准方向沿着轴x延伸到图5的绘图平面中。而且在该2D对准布置的实施例中,两个元件SE1、SE2使其相应的轴线对准从而形成公共线。

[0095] 图6B示出了具有与图5A、B中所描述的双层探测器类似的双层探测器的用于双/谱成像的弯曲实施例。如前所述,弯曲探测器层形成虚圆柱体的部分侧表面,所述圆柱体的曲率轴延伸穿过焦斑FS并平行于图6B中的轴z。插图图6C以透视平面视图(在3D中)示意性地图示了当从焦斑FS查看时的曲率。

[0096] 在如插图图6A中还示出的该弯曲实施例中,探测器元件优选地例如沿着轴z(如示例性示出的)或沿着x轴被1D对准,因此不分别沿着其他维度x或z倾斜。换句话说,在z方向上的斜度应对沿着该方向与焦斑FS的对准,而探测器的曲率实现了沿着在沿z的曲率轴上的第二方向x朝向焦斑对准。在该弯曲的实施例中,垂直于曲率轴的视图(在该示例性情况下,沿着轴x)将类似于由图5A、5B所提供的视图,其中,沿z的斜度现在可见(图5A)。插图图6B中的小弯曲箭头图示了发出的光子。

[0097] 对于根据图2的单个探测器层实施例,还设想了类似的弯曲布置。

[0098] 尽管在以下主要参考中将在双层探测器中使用两个闪烁体层SL1、SL2,但将理解,以下所描述的性质和方面也适用于常规非双成像应用,其中,将两幅(顶部和底部)图像相加给出了常规单幅图像(具有改进的DQE(探测量子效率))。

[0099] 在如本文设想的双成像中,探测器布置为双层探测器XD,其被配置为同时探测至少两个不同能量处的X射线。这样探测到的两个图像(一个用于较高的能量,并且一个用于较低的能量)可以被图像处理成其他影像,诸如具有用于材料分解的材料特异性对比度、原子序数特异性对比度、谱图像等的影像,如其他地方所描述的,诸如在R Alvarez和A Macovski的“Energy-selective reconstructions in X-ray computerized tomography”(Phys.Med.Biol.,vol 21(5),1976,pp 733-744)中。

[0100] 在实施例中,双层探测器XD包括两个闪烁体层SL1、SL2(如上所述),一个在近端,并且一个在远端,以及至少两个光敏表面LSS1、LSS2(再次,一个在近端,并且一个在远端),每个包括如上所述的光敏像素PH的布局。在一些实施例中(但不一定在所有实施例中),两个闪烁体层中的闪烁体元件的数量相等,优选地,来自近端SL1和远端SL2闪烁体层的对应的闪烁体元件与对准的其纵轴配准。

[0101] 光敏表面LSS1、LSS2可以布置在单个(基板)层BL上,像素从远端侧和近端侧接收,从而在基板层BL的远端侧上呈现两个光敏表面LSS、LSS',并且另一个在近端侧)所示。可以将基板布置为薄箔或其他以准许光的通过。在申请人的W0 2018/122213 A1中已经描述了类似的此类“双侧”单传感器层PL。备选地,两个光敏表面可以由分别布置在单个基板层上

的远端和近端侧的两个传感器层形成。作为另外的备选,两个光敏表面LSS1、LSS2被布置在彼此附接或“背对背”堆叠的物理上分开的层BL1、BL2上,其中,光敏表面LSS1、LSS2面向相反的方向。而在另外的备选实施例中,通过插入两个闪烁体层中的至少一个,两个传感器层SL1、SL2在空间上分开)中。

[0102] 在本文设想的双层探测器中,这两个光敏表面LSS1、LSS2布置在两个闪烁体层SL1、SL2之间。两个光敏层可以在相同方向上朝向X射线源取向。

[0103] 两个闪烁体层SL1、SL2通过胶粘布置在光敏表面LSS1、LSS2中的相应光敏表面上或以其他方式固定。在实施例中,远端闪烁体层SL2的近端面还固定到近端传感器层SL1。

[0104] 相邻的侧壁 w_1 、 w_1' 和 w_2 、 w_2' ,其定义了闪烁体元件SE1、SE1'、SE2、SE2'之间的间隙IS、IS'。尽管主要参考了闪烁体层SL2之一和一对相邻的闪烁体元件SE2、SE2',但这仅仅是为了说明和解释,并且以下全部同样适用于另一闪烁体层SL1和/或其他闪烁体元件SE1、SE1'。两个相邻的闪烁体元件SE2、SE2'的相邻侧壁 w_2 、 w_2' 在它们相应的面S1、S2和S1'、S2'之间延伸(参见图2)。由于相邻的闪烁体元件SE2、SE2'的相互倾斜(不平行)的相邻侧壁 w_2 、 w_2' ,相应的间隙IS是锥形的。特别地,间隙IS可以是楔形。如前所述,间隙IS全部部分地被填充有光反射性填充材料LRS,如上面图2中描述的。由于聚焦的布置,两个闪烁体层SL1、SL2的对应的近端闪烁体元件SE1和远端闪烁体元件SE2的相应的纵轴被对准,使得近端闪烁体层SL1中的间隙IS'比远端闪烁体层SL2中的间隙IS窄和/或小。特别地,近端闪烁体层SL1中的间隙IS形成为比远端闪烁体层SL2中的间隙IS'更小的楔形。在一些实施例中,来自近端SL1层和远端SL2层中的闪烁体元件的相应的侧壁 w_1 、 w_2 和 w_1' 、 w_2' 被对准。

[0105] 等距像素间距布局可以用在光敏表面LSS2、LSS1中的实施例中。像素间距可以针对每个表面LSS、LSS'分别等距,但可以彼此不同。备选地,对于两个闪烁体层SL1、SL2,等距间距布局是相同的。具有等距间距允许简化图像处理和/或可以更有效地制造探测器,特别是当使用两个相同的图像传感器时,如本文在一些实施例中设想的。此外,等距图像传感器在用途上更加通用,并且独立于系统中的源-探测器距离,并且因此可以在各种系统配置或应用中使用。

[0106] 尽管在实施例中可以设想这一点,但是本文没有必要使任何两个相邻的闪烁体元件SE'、SE具有倾斜的相邻壁。备选地,该层包括具有平行的相邻壁的闪烁体元件的段,随后是具有不同倾斜处的壁的一个闪烁体元件或闪烁体元件段。然后,来自两个连续段的闪烁体元件的相邻壁可使它们的相邻壁相对于彼此倾斜,如上所述。

[0107] 闪烁体层SL1、SL2中的一个或两个中的闪烁体元件SE、SE'的相应的高度 h 可以不必相等,而是可以不同,如由高度差 Δ 所示。优选地,与位于远离探测器XD的中心朝向外围之处的闪烁体元件SE相比,更多中央闪烁体元件SE的高度更低。这允许在所采集影像的整个区上获得(更)均匀的噪声分布。不必具有从中心朝向外围的高度的单调增加。代替地,可以存在具有相同高度的一个或多个SE的段,之后是具有相应的不同和增加高度的SE的一个更多段。在图2、5和6的任何实施例中,也可以使用不同高度的闪烁体元件。如上文在相对于图5、6中所解释的,设想1D或2D对准。

[0108] 现在参考图7,图7示出了具有斜分立闪烁体元件的闪烁体元件的制造过程中的步骤,如以上在先前附图中所讨论的。

[0109] 优选地,闪烁体层SL由合适的材料通过增材制造(例如3D打印)形成。合适的材料

包括嵌入在大量非闪烁粘合剂材料中的晶体颗粒。

[0110] 与更常规的方法不同,本文中不使用生长的晶体针(例如CsI,碘化铯),而是代替地设想了粘合剂中颗粒的闪烁体的制备,以形成闪烁体层。粘合剂中颗粒闪烁体材料的实施例包括掺铽的硫氧化钆($Gd_2O_2S:Tb$)颗粒或掺镨的硫氧化钆($Gd_2O_2S:Pr$)颗粒或其他闪烁材料,诸如 Y_2O_2S 或石榴石颗粒等。将闪烁材料混合在诸如树脂的粘合剂材料或能够形成浆料的其他材料中。

[0111] 优选地,将要由其制造闪烁体元件的粘合剂中颗粒闪烁体材料本身以薄子层提供,该薄子层比设想的闪烁体层的总厚度薄。然后,根据一个实施例,按照以下方式从这些子层逐渐构建闪烁体元件:

[0112] 在步骤S710中,提供所提到的子层中的第一子层。这可以沉积在基板(例如,玻璃或其他)上,但这是任选的,并且如本文设想的方法,其中,不使用下层基础基板。在一个实施例中,闪烁体层被竖立在探测器层PL本身上,在这种情况下,探测器层PL形成基板。基板可以由相对刚性的弯曲传感器板形成,如图6的实施例中的。因此,所提出的方法允许避免沉积在箔型基板上。在根据上述晶体针来辅助构建用于弯曲探测器的闪烁体之前,使用了这种此类基于箔的基板。

[0113] 尽管可以由新提出的闪烁体层SL完全代替CsI闪烁体,但是在备选实施例中,仍可以将CsI与新提出的闪烁体层SL结合使用。例如,在图6的双能量/谱成像实施例中,闪烁体配置可以是用于顶层的CsI而不是SL1,而SL2是如本文所建议的,或者相反,使用CsI代替下部的层SL2,而顶层SL1是如本文所建议的。

[0114] 尽管在所有上述实施例中,每个传感器层PL仅具有单个闪烁体层SL,但是对于所有实施例而言这可能不一定如此。本文还特别设想的是配置阵列,其中,对于给定的传感器层至少有两个闪烁体层。更具体地,在实施例中,两个闪烁体层布置在相应传感器层PL的两个相对侧上。因此,在该实施例中,传感器层PL可以由来自两个相对侧的闪烁体光辐照。如果在图5、6的双能量/谱成像实施例中使用该双侧布置,则将理解,两层PL1、PL2不再背对背。代替地,(然后是四个)闪烁体层中的两个将背对背。

[0115] 在步骤S720中,然后优选地通过使用诸如3D打印(诸如,优选地,选择性激光烧结(SLS)或立体光刻(SLA))的适当的增材制造技术来形成闪烁体。

[0116] 沿着闪烁体元件的它们相应的长度轴线的长度可以形成为相等,或者长度可以随着距层的中心的距离而变化,而更长的闪烁体元件更远离中心/光轴。

[0117] 设想了基于激光的技术。在实施例中,第一子层在第一子层上的多个离散位置处暴露于激光束。在每个位置处,将子层局部融合或硬化(在光敏粘合剂的情况下),以在要建立的给定闪烁体元件的子层中定义截面。该过程在子层的表面上顺序地或平行地重复,局部地在适当间隔的位置处,从而定义期望的闪烁体元件阵列的布局。在融合过程中,粘合剂中闪烁体材料的分子结构改变(与非融合部分相比),同时保持了颗粒的闪烁能力。

[0118] 然后在将第二子层沉积在第一子层的顶部上之后,在第二子层上重复步骤S720。具体地,然后重复第二子层沉积在第一层上以及通过激光进行的上述局部融合/硬化,然而这次是在与较早的子层中的位置相比稍微偏移的位置处。偏移量对应于该位置处的给定闪烁体元件的期望斜度。偏移量与所描述的斜度和当前子层的给定高度在三角上相关。可以通过移动激光分配设备或通过移动(一个或多个)子层来实现偏移。

[0119] 然后重复步骤S720,直到如上所述已经处理了所有子层,与上述子层相比,每次稍微偏移位置(其中,材料被融合/硬化)。

[0120] 在生产这个阶段,“未来的”元件SE仍嵌入在周围的子层材料中。一旦在所有子层上激光定义了所有未来的闪烁元件的所有截面,该多层组件(由子层组成)具有最终闪烁体层SL的期望高度。

[0121] 然后,多层组件已经使剩余的多余材料去除。这可以通过施加蚀刻物质(例如在蚀刻浴中)来完成,所述蚀刻物质仅作用于留在局部融合部分之间的非融合部分上,以溶解剩余的多余材料,然后可以将其冲洗掉,以仅留下斜闪烁体元件被暴露,其中,分立的近端面有浮雕。将意识到,由于偏移,闪烁体元件的面S1、S2之间的连接边缘将以一定的放大比例具有阶梯状的轮廓。

[0122] 在另一步骤S730中,然后将光反射填充材料LRS填充到闪烁体元件之间的间隙中。可以将光反射材料LRS提供为糊剂,然后将其加工到间隙中并与闪烁体元件的近端面S1齐平制造。在实施例中,这可以通过将光反射材料LRS填充/倒入到间隙中来完成,可能在真空下。

[0123] 然后可以使整个结构固化以最终完成具有期望的斜度分布和方差的闪烁体布局的生产,使得闪烁体元件与成像装置IA的焦斑对准。如所提及的,中央闪烁体元件(即,沿光轴定位的一个)可以保持笔直。

[0124] 偏心闪烁体元件的斜度全部应该理想地随距光轴OX的距离而变化,以实现与焦斑FS的最佳对准。即,理想地,任何两个相邻元件SE应该具有不同的斜度。然而,可能不一定在所有实施例中都是如此。例如,相邻的闪烁体元件的某些“段”或组可以被布置为具有相同的斜度。这允许简化上述制造过程。特别地,可以简化用于3D制造设备的控制程序,以用于更好的吞吐量。特别地,可以分批执行形成步骤S720及其在子层上的迭代,以形成具有相同斜度的闪烁体元件组,而不是个体地以定制的斜度产生每个闪烁体元件,尽管这也在备选实施例中设想。

[0125] 本文中设想的另外的增材3D打印技术包括融合沉积建模(FDM)、多喷射建模(MJM)、喷墨3D打印或其他。任选地,在3D打印之后,但是在施加光反射材料LRS之前,可以通过在烧结炉中烧结来对整个结构进行陶瓷化。

[0126] 作为3D打印的备选方案,还设想CNC加工。

[0127] 如从上面将意识到的,在处理结束时,闪烁体元件SE出现为3D打印的分立闪烁体结构。

[0128] 还将意识到,特别是在平面探测器实施例中(图2、图5),由于闪烁体元件的固有斜度,实现了由闪烁体的近端和/或远端表面齐平的表面。齐平的表面分别由远端和近端面形成。齐平表面促进了整体机械稳定性,特别是当两个或更多个探测器层彼此叠置在一起时,如图5、图6所示。优选地,近端表面位于相同平面中并形成齐平表面。这对于远端表面可能适用或可能不适用。特别地,如果闪烁体元件的长度(沿其相应的纵轴LAX)对于在与层/光轴OX的中心的不同距离处的闪烁体元件是相等的,则远端表面可以不必位于相同表面中。优选地,近端和远端面两者形成相应的齐平表面,闪烁体元件的长度不同,较长的闪烁体元件SE更远离中心/光轴OX。

[0129] 闪烁体层的总厚度等于闪烁体元件的高度(沿轴y垂直测量的),其可以在100-

1000微米(μm)或更具体地100-600 μm 的范围内,但是也设想其他厚度。

[0130] 图8示出了用于新提出的闪烁体层SL的多个闪烁体元件SE的3D打印的示意性工作流程图。

[0131] 取决于所使用的精确3D打印技术,关于闪烁体元件SE的期望几何形状的信息由诸如STL(“立体光刻”)、OBJ、PLY或其他的适当格式的适当CAD语言来描述。该信息保持在计算机文件FL中。在一个实施例中,这是CAD文件。在实施例中,根据存储在文件FL中的表面的集合来描述几何结构文件FL中的闪烁体层SL的期望几何结构。每个表面由顶点和通过其法线的取向定义。然后将闪烁体层SL/闪烁体元件SE定义为表面模型,所述表面模型可以由在正确的取向上的那些表面元件的集合建立。

[0132] 可以将描述文件FL的几何结构存储在合适的存储器MEM中,例如在计算单元的永久存储器中,或在可移动存储介质(例如记忆棒、CD存储卡或其他介质)上。

[0133] 诸如膝上型或台式计算机或平板电脑的数据处理单元PU、或一个或多个服务器(具有或不具有云架构)、或其他合适的计算单元运行3D切片器软件,该3D切片器软件从几何结构文件FL读入几何信息并且将这转换为适合通过合适的接口控制3D打印机MFD的操作的切片和相关命令。具体地,3D切片器将几何结构信息转换成上述控制程序或代码,例如G代码和C程序语言或其他。

[0134] 3D打印尤其允许以所需的角度倾斜形成期望的斜度和取向。

[0135] 类似的工作流程适用于例如材料形成设备MFD为CNC铣削装备的情况。

[0136] 在本发明的另一示范性实施例中,提供了一种计算机程序或一种计算机程序单元,其特征在于适于在适当的系统上执行根据前面的实施例之一所述的方法的方法步骤。

[0137] 因此,所述计算机程序单元可以被存储在计算机单元上,所述计算机单元也可以是本发明的实施例的部分。该计算单元可以适于执行以上描述的方法的步骤或诱发以上描述的方法的步骤的执行。此外,其可以适于操作以上描述的装置的部件。所述计算单元能够适于自动地操作和/或执行用户的命令。计算机程序可以被加载到数据处理器的存储器中。所述数据处理器由此可以被装备为执行本发明的方法。

[0138] 本发明的该示范性实施例涵盖从一开始就使用本发明的计算机程序和借助于更新将现有程序转变为使用本发明的程序的计算机程序两者。

[0139] 更进一步地,所述计算机程序单元能够提供实现如以上所描述的方法的示范性实施例的流程的所有必需步骤。

[0140] 根据本发明的另一示范性实施例,提出了一种计算机可读介质,例如CD-ROM,其中,所述计算机可读介质具有存储在所述计算机可读介质上的计算机程序单元,所述计算机程序单元由前面部分描述。

[0141] 计算机程序可以被存储/分布在合适的介质(尤其是但不必是,非瞬态介质)上,例如与其他硬件一起提供或作为其他硬件的部分提供的光学存储介质或固态介质,但计算机程序可也可以以其他形式来分布,例如经由因特网或者其他有线或无线电信系统分布。

[0142] 然而,所述计算机程序也可以存在于诸如万维网的网络上并能够从这样的网络中下载到数据处理器的存储器中。根据本发明的另一示范性实施例,提供了一种用于使得计算机程序单元可用于下载的介质,其中,所述计算机程序单元被布置为执行根据本发明的之前描述的实施例之一所述的方法。

[0143] 必须指出,本发明的实施例参考不同主题加以描述。具体而言,一些实施例参考方法类型的权利要求加以描述,而其他实施例参考设备类型的权利要求加以描述。然而,本领域技术人员将从以上和下面的描述中了解到,除非另行指出,除了属于一种类型的主题的特征的任何组合之外,涉及不同主题的特征之间的任何组合也被认为由本申请公开。然而,所有特征能够被组合以提供超过特征的简单加和的协同效应。

[0144] 尽管已经在附图和前面的描述中详细说明和描述了本发明,但这样的说明和描述被认为是说明性或示范性的而非限制性的。本发明不限于所公开的实施例。通过研究附图、说明书和从属权利要求,本领域的技术人员在实践请求保护的本发明时能够理解和实现所公开的实施例的其他变型。

[0145] 在权利要求中,词语“包括”不排除其他单元或步骤,并且,词语“一”或“一个”并不排除多个。单个处理器或其他单元可以履行权利要求书中记载的若干项目的功能。尽管在互不相同的从属权利要求中记载了特定措施,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求中的任何附图标记不应被解释为对范围的限制。

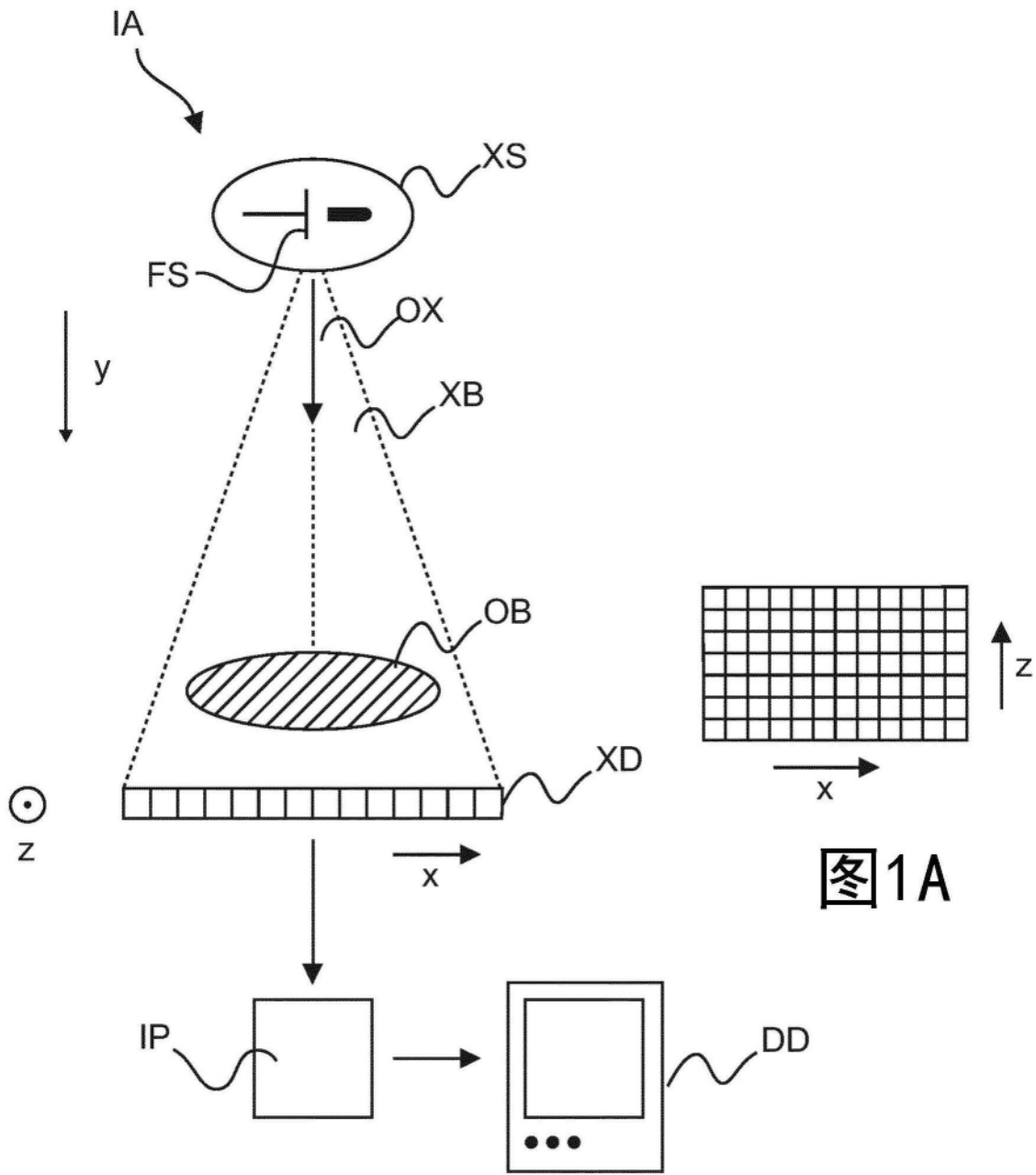


图1

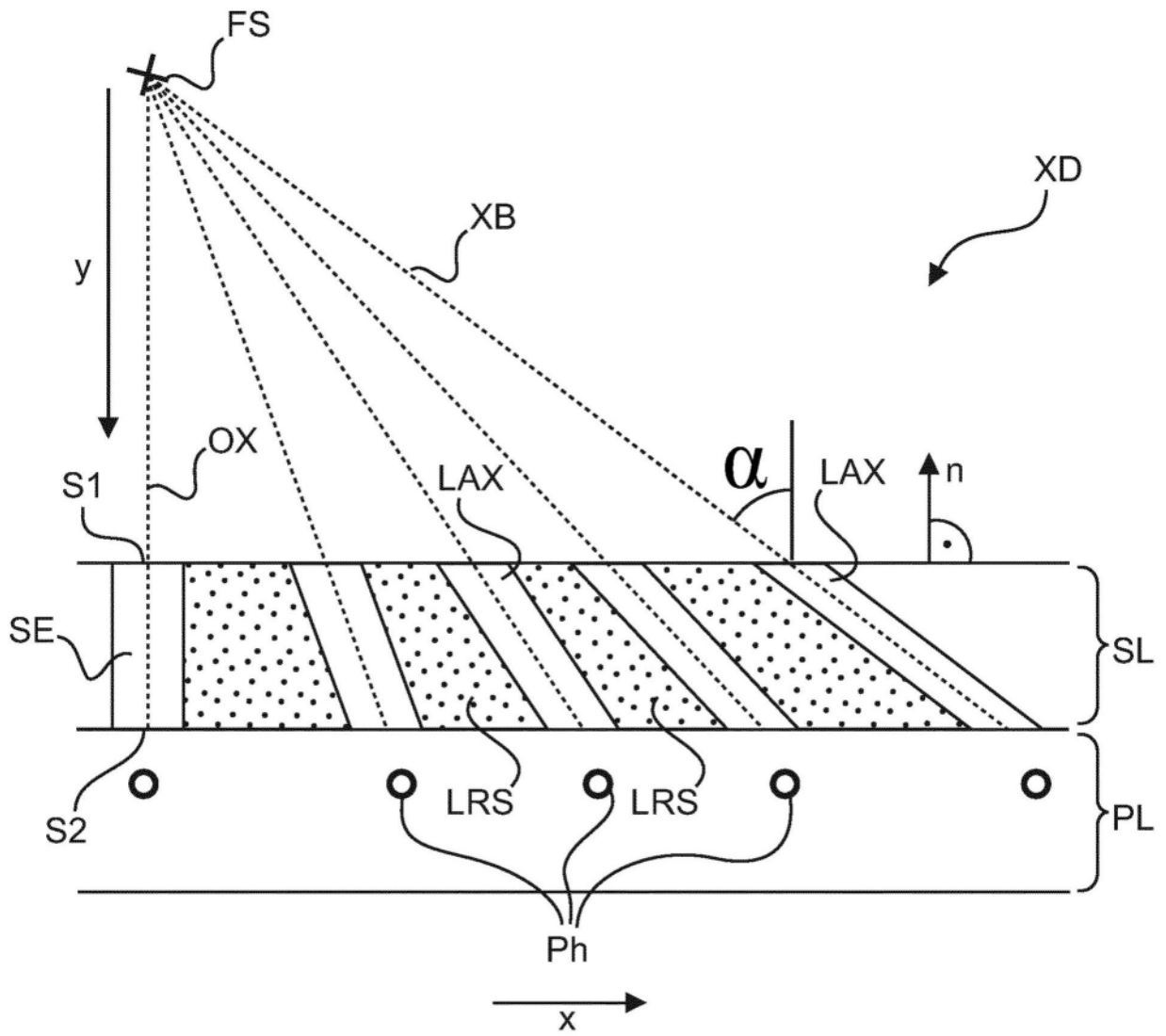


图2

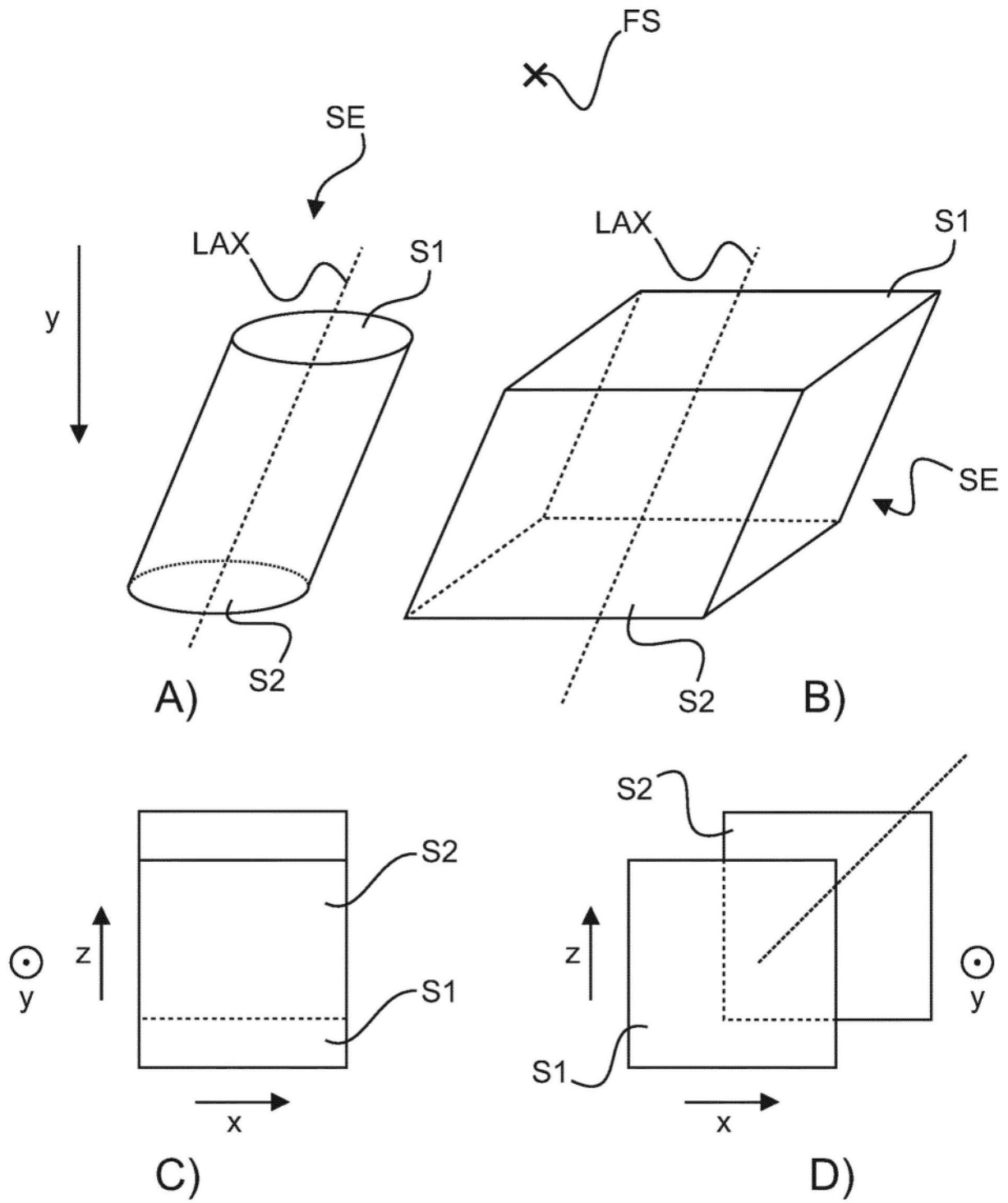


图3

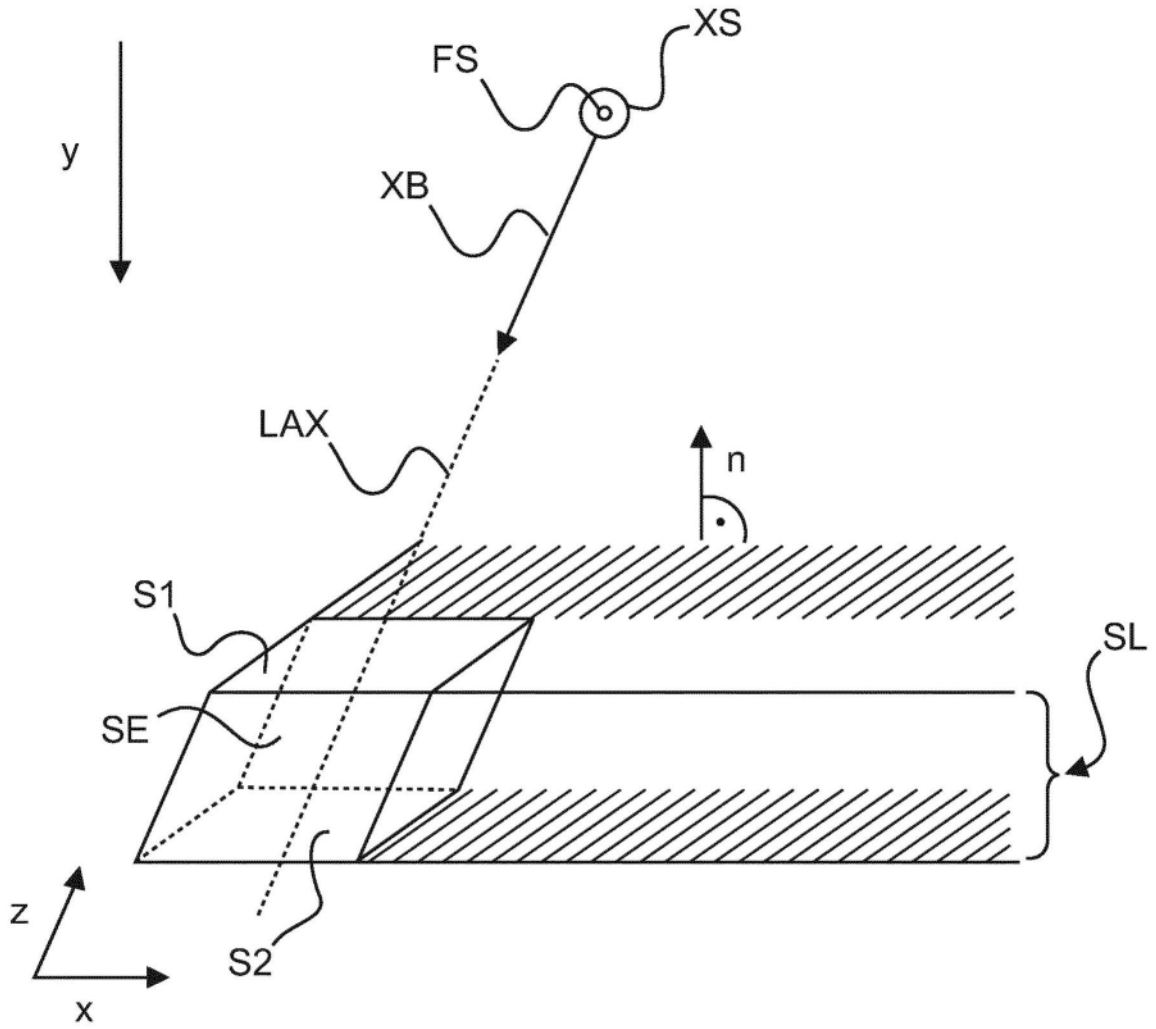


图4

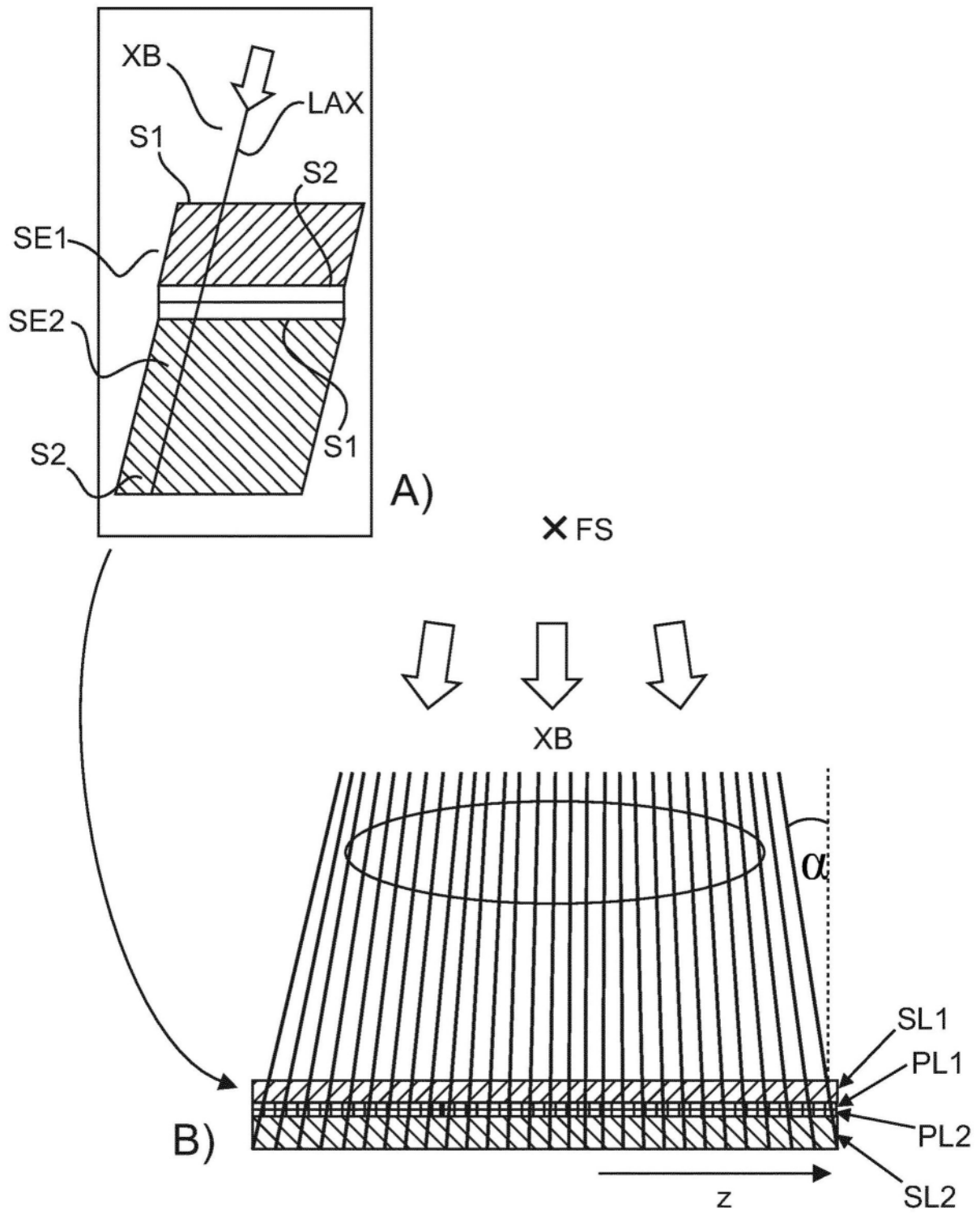


图5

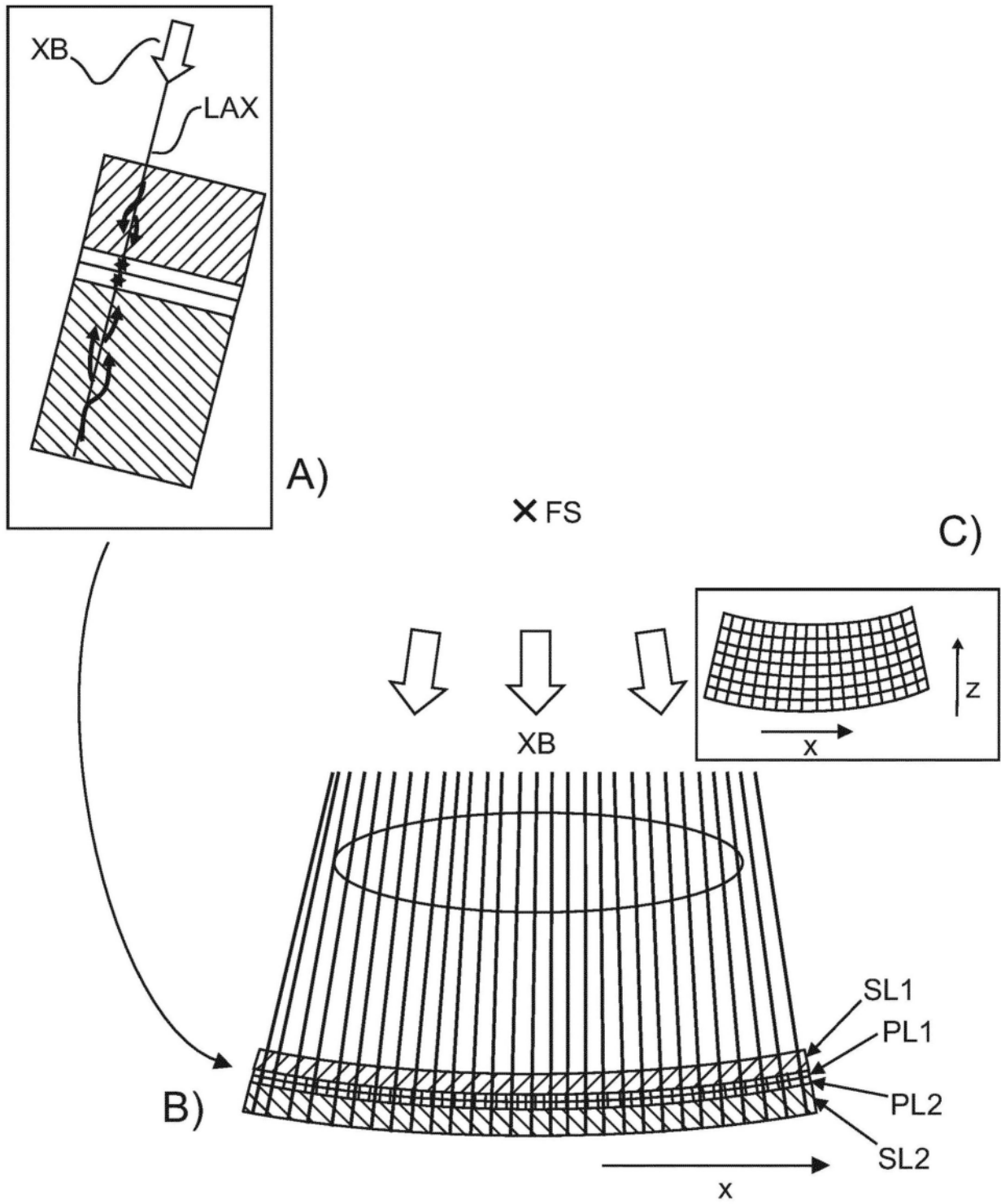


图6

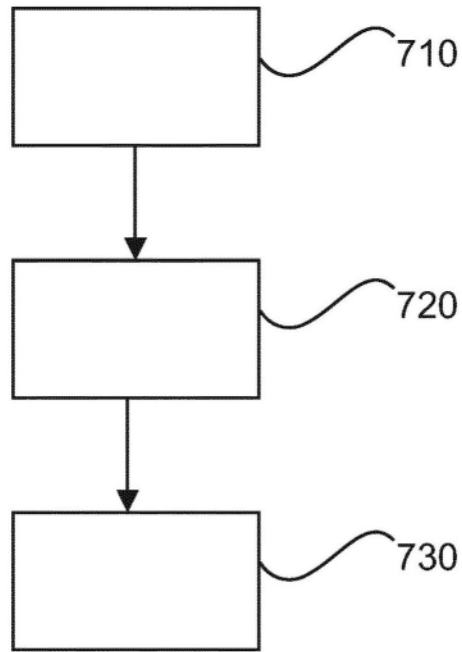


图7

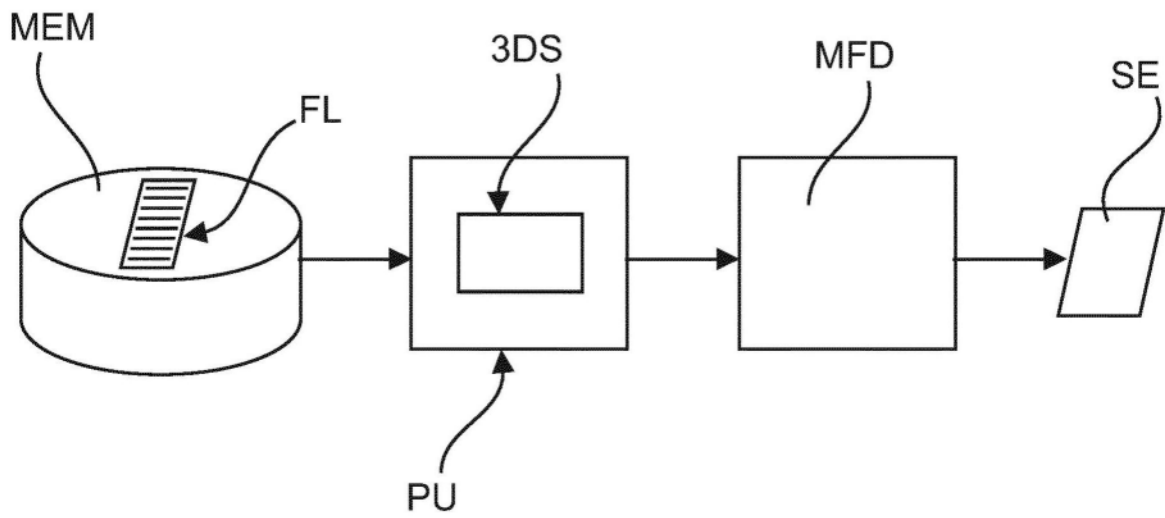


图8