



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105916443 A

(43)申请公布日 2016.08.31

(21)申请号 201580004426.7

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2015.01.06

代理人 王英 刘炳胜

(30)优先权数据

14151144.4 2014.01.14 EP

(51)Int.Cl.

A61B 6/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.07.13

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2015/050073 2015.01.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/106983 EN 2015.07.23

(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 R·K·O·贝林

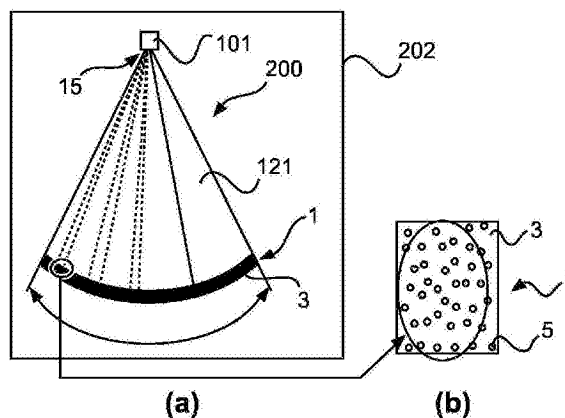
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

用于X射线成像装置的具有衰减元件的X射线发射设备

(57)摘要

提出了一种用于X射线成像设备(100)的具有衰减元件(1)的X射线发射设备(200)。所述衰减元件包括诸如例如具有例如小于1mm的板厚度的钨或钼的强X射线吸收材料的穿孔板。所述板(3)包括多个针孔开口(5)。其中,针孔开口的密度在所述板的中心区域处比在所述板的边界区域处更高。因此,对X射线的透明度在所述中心区域处比所述边界区域处更高。所述针孔开口(5)具有这样的几何结构,所述几何结构使得所述针孔开口的轮廓的大多数部分不平行于包括在所述X射线发射设备中的X射线源(101)的焦斑(15)的边缘。例如,所述针孔开口可以具有圆形、椭圆形或具有非线性边缘的任何其他截面几何结构。在X射线成像设备中,这样的衰减元件可以避免射束硬化、需要比常规蝴蝶结滤波器更少的空间并且对焦斑偏移相对不敏感。



1. 一种X射线发射设备(200),包括:
X射线源(101),其适于生成用于发射X射线作为X射线束(121)的焦斑(15);
衰减元件(1);
其中,所述衰减元件包括:
强X射线吸收材料的穿孔板(3);
其中,所述板包括多个针孔开口(5);
其中,针孔开口的密度在所述板的中心区域(7)处比在所述板的边界区域(9)处更高,使得X射线的透明度在所述中心区域处比在所述边界区域处更高。
2. 根据权利要求1所述的X射线发射设备,其中,所述针孔开口具有这样的几何结构:所述几何结构使得所述多个针孔开口的轮廓的多数部分不平行于所述焦斑的边缘。
3. 根据权利要求1或2所述的X射线发射设备,其中,在所述衰减元件中,所述针孔开口(5)被布置为使得最大针孔密度的线(14)不平行于所述焦斑(17)的边缘。
4. 根据权利要求1、2或3所述的X射线发射设备,其中,所述针孔开口具有这样的几何结构:在所述几何结构中,针孔开口的轮廓的多数部分是非线性的。
5. 根据权利要求1至4中的一项所述的X射线发射设备,其中,相邻的针孔开口之间的间距在所述中心区域处比在所述板的所述边界区域处更小和/或针孔开口的平均截面在所述中心区域处比在所述板的所述边界区域处更大。
6. 根据权利要求1至5中的一项所述的X射线发射设备,其中,所述穿孔板包括在具有完全透明度的内部中心区域11处的扩大开口13,其中,所述扩大开口具有这样的几何结构:在所述几何结构中,所述扩大开口的轮廓的多数部分不平行于所述焦斑的边缘。
7. 根据权利要求1至6中的一项所述的X射线发射设备,其中,所述针孔开口被适配为使得在所述中心区域处的X射线的透明度是在所述边界区域处的透明度的至少两倍。
8. 根据权利要求1至7中的一项所述的X射线发射设备,其中,所述针孔开口具有小于1的纵横比。
9. 根据权利要求1至8中的一项所述的X射线发射设备,其中,所述针孔开口被适配为使得在所述中心区域处的针孔开口的中心轴(4)相比于在所述边界区域处的针孔开口的中心轴相对于所述穿孔板的表面围成不同的角度(α)。
10. 根据权利要求1至9中的一项所述的X射线发射设备,其中,所述X射线源是具有包封壳体(202)的X射线管,并且其中,所述衰减元件被布置在所述X射线管的所述壳体内。
11. 根据权利要求1至10中的一项所述的X射线发射设备,其中,在所述衰减元件中的所述针孔开口的至少多数被布置为指向所述焦斑。
12. 根据权利要求11所述的X射线发射设备,其中,在所述边界区域(9)处的针孔开口不指向所述焦斑。
13. 根据权利要求1至12中的一项所述的X射线发射设备,其中,所述衰减元件的所述板以弯曲的几何结构被布置。
14. 根据权利要求1至13中的一项所述的X射线发射设备,其中,所述衰减元件包括强X射线吸收材料的至少两个穿孔板(3)的堆叠,并且其中,所述X射线发射设备还包括用于使所述堆叠的个体穿孔板相对于彼此位移的致动器。
15. 一种X射线成像设备(100),包括:

根据权利要求1至13中的一项所述的X射线发射设备(200)；

X射线探测器(119),其被布置于所述X射线束(121)内并且关于所述衰减元件(1)对向所述X射线源(101)；

其中,所述X射线探测器包括多个探测器像素(111)；

其中,所述衰减元件被适配并且所述X射线源(101)、所述衰减元件和所述X射线探测器被布置为使得所述X射线探测器的每个像素通过多个针孔开口(5)看到所述焦斑(15)。

16.根据权利要求15所述的X射线成像设备,其中,所述衰减元件被适配并且所述X射线源、所述衰减元件和所述X射线探测器被布置为使得来自不同的针孔开口的半影(21)在所述X射线探测器的探测平面处交叠。

用于X射线成像装置的具有衰减元件的X射线发射设备

技术领域

[0001] 本发明总体涉及X射线成像。特别地,本发明的实施例涉及可用在X射线成像设备中的具有衰减元件的X射线发射设备和X射线成像设备自身。

背景技术

[0002] X射线成像设备一般适于获得关于感兴趣对象内的内部结构的信息。例如,在医学X射线成像中,X射线成像设备被用于获得关于身体内的结构的信息。其中,从包括X射线源的X射线发射设备发射X射线并且所发射的X射线束发射通过患者的身体的感兴趣区域。患者的身体内的不同类型的组织或骨将所传播的X射线吸收或衰减到不同的程度。所传播的X射线然后由包括多个探测器像素或探测器元素的X射线探测器探测,使得可以从所探测的X射线强度的局部分布导出关于患者的身体内的内部结构的信息。

[0003] 一般而言,X射线源发射具有相对均匀X射线强度分布的X射线束。然而,一旦X射线传输通过患者的身体,X射线束的一些部分比其他部分衰减更强。例如,包括骨的部分比具有软组织的部分使所发射的X射线衰减多得多。因此,由X射线探测器的探测器像素所探测的X射线强度可以遍布X射线探测器的探测平面强烈地变化。其中,一些探测器信号可以是饥饿的,即仅接收非常低的X射线强度,使得噪声可能变为问题。其他探测器像素可能遭受过度曝光使得这些探测器像素进入过载并且图像质量恶化,而同时患者的身体的对应的部分获得过度的X射线剂量。

[0004] 一般而言,在患者的身体中,诸如例如脊柱的多个X射线吸收部分中心地布置到感兴趣区域,而在身体的外围区域中,发生较少的X射线吸收。

[0005] 因此,所谓的蝴蝶结滤波器被用于使穿过X射线探测器的光子通量平滑。这样的蝴蝶结滤波器一般地具有与蝴蝶结类似的即在中心比在外围区域中具有较小的厚度的几何结构。通常,蝴蝶结滤波器由具有定性地低X射线过滤的材料制成。理想材料将在不更改其光谱的情况下使X射线束衰减。具有低原子序数(Z)的材料是优选的。光电效应,其对于具有高原子序数的材料的衰减的主导的并且高度光谱敏感的物理效应,对于这些低 Z 材料是小的。对于低 Z 材料而言,康普顿散射效应接管,其在光子能量的范围内的衰减是较不的光谱敏感的效应,这对于人体CT是重要的。例如,PTFE(Teflon®)可以被用于蝴蝶结滤波器。然而,由于X射线衰减每单位长度是低的,由于减少的光电效应,因而蝴蝶结滤波器通常需要具有高达若干cm的相对大的厚度。因此,在X射线成像布置中诸如在CT(计算机断层摄影)扫描器中,蝴蝶结滤波器占据昂贵的空间。而且,即使其由低 Z 材料制成,射束硬化,即所透射的X射线光谱向较高的平均X射线能量的偏移,也不能基于蝴蝶结滤波器的使用完全避免。这两个性质可以是例如对于螺旋扫描和光谱敏感CT的问题。

发明内容

[0006] 因此,可以存在对于X射线成像设备和用于这样的X射线成像设备的X射线发射设备的需要,其中,衰减元件可以在紧凑和/或光谱中性的同时提供有益的X射线强度分布。

[0007] 可以通过独立权利要求的主题来满足这样的需要。在从属权利要求中和以下说明书中定义了本发明的实施例。

[0008] 根据本发明的第一方面,提出了一种包括X射线源和衰减元件的X射线发射设备。所述X射线源适于生成从其发射X射线的焦斑。所述衰减元件包括具有高原子序数(例如, $Z > 19$)和高材料密度的强X射线吸收材料的穿孔板。所述板包括多个针孔开口。其中,针孔开口的密度在所述板的中心区域处比在所述板的边界区域处更高使得X射线的透明度在所述中心区域处比在所述边界区域处更高。

[0009] 优选地,所述针孔开口可以具有这样的几何结构:所述几何结构使得所述针孔开口的轮廓的多数部分不平行于所述焦斑的边缘。例如,所述针孔开口可以具有针孔开口的轮廓的多数部分是非线性的几何结构。

[0010] 为了获得所述穿孔板中的针孔开口的不同的密度,相邻的针孔开口之间的间距可以在所述中心区域处比在所述板的所述边界区域处更小。备选地或额外地,针孔开口的平均截面可以在所述中心区域处比在所述板的所述边界区域处更大。总体上,可以对所述针孔进行适配使得所述中心区域处的X射线的透明度是与所述边界区域处的X射线的透明度至少两倍,优选地超过十倍高。

[0011] 优选地,所述穿孔板包括具有完全透明度的内部中心区域处的扩大开口,其中,所述扩大开口具有所述扩大开口的轮廓的大多数部分是非线性的几何结构。

[0012] 所述穿孔板中的所述针孔开口具有小于1优选地小于0.5或0.2的纵横比。换句话说,所述针孔开口的宽度或直径小于它们的高度,即小于所述穿孔板的厚度。

[0013] 而且,所述针孔开口可以被适配或配置为布置在所述中心区域处的针孔开口的中心轴相比于边界区域处的针孔开口的中心轴与所述穿孔板的表面围成不同的角度。换句话说,例如所述中心区域处的针孔开口可以提供有基本上垂直于所述穿孔板的所述表面的其纵轴,然而在所述边界区域中,针孔开口可以提供有关于所述板表面非垂直地布置的其纵轴。

[0014] 在所述X射线成像设备中,所述衰减元件中的所述针孔开口可以被布置为使得最大针孔密度线不平行于焦斑的边缘。换句话说,如果例如X射线源的焦斑拥有具有线性横向边缘的矩形形状,则所述衰减元件的穿孔板内的最大针孔密度线将不平行于这些横向边缘。

[0015] 而且,可以从以下事实取得益处:上文所描述的衰减元件主要基于具有高比衰减每体积的X射线吸收材料的薄板并且因此比常规蝴蝶结滤波器要求显著地较小的空间。因此,在包括具有包封壳体的X射线管的X射线源中,所述衰减元件可以布置在所述X射线管的该壳体内。

[0016] 在一个实施例中,所述衰减元件中的至少大多数所述针孔开口可以被布置为例如指向所述X射线源的所述焦斑。例如,可以对提供在所述穿孔板的所述中心区域中并且提供通过整个衰减元件的大多数X射线传播的针孔开口进行布置诸如以指向所述焦斑,即跨越所述焦斑的其纵向中心轴。因此,这样的针孔开口提供最大X射线透射。在所述穿孔板的所述边界区域处,针孔开口可以或不指向所述焦斑。如果所述针孔开口不指向所述焦斑,则一般地减少通过这些针孔开口的X射线透射。

[0017] 可以以弯曲的几何结构来布置所述衰减元件的穿孔板。例如,可以弯折平坦的穿

孔板。例如,可以选择所述穿孔板与所述X射线源之间的距离和所述板的曲线半径,使得所述板聚焦到所述X射线源的焦斑上。

[0018] 在实施例中,所述衰减元件包括强X射线吸收材料的两个或两个以上穿孔板的堆叠。优选地,所述X射线发射设备还包括用于使所述堆叠内的单独的穿孔板相对于彼此位移的致动器。因此,通过例如使所述穿孔板关于彼此弯曲或横向地位移,可以改变通过板的所述堆叠的总体X射线透射。

[0019] 因此,在优选的实施例中,穿孔板的堆叠可以布置在邻近X射线源的波束限制设备内,其中,所述堆叠的单独板是单独地可位移的。因此,取决于应用(腹部或头部的扫描)或例如患者大小,选择特定板或提供对于特定应用的所述最佳结果的板的组合是可能的。这大大地改进日益重要的图像引导的治疗的领域(特别地介入肿瘤学)中的工作流。

[0020] 本发明的第二方面涉及一种X射线成像设备,其包括根据本发明的第一方面的上文所描述的X射线发射设备并且还包括布置在所述X射线束内并且关于所述衰减元件对向所述X射线源的X射线探测器。所述X射线探测器包括多个探测器像素。其中,所述衰减元件被适配并且所述X射线源、所述衰减元件和所述X射线探测器被布置使得所述X射线探测器的每个像素通过所述穿孔板中的多个针孔开口看到所述焦斑。换句话说,每个X射线探测器像素可以探测由所述X射线源发射的X射线束的部分,这些部分传播通过不仅一个单个而且所述衰减元件内的多个针孔开口。

[0021] 而且,所述衰减元件可以被适配并且所述X射线源、所述衰减元件和所述X射线探测器可以被布置为使得来自不同针孔开口处的半影在所述X射线探测器的探测平面处交叠。

[0022] 应当提到,本发明的实施例的可能的特征和优点在本文中部分关于发明衰减元件、部分关于发明X射线发射设备并且部分关于发明X射线成像设备描述。本领域的技术人员将认识到,可以以适合的方式组合或替换这些特征以便实现本发明的额外的实施例。

附图说明

[0023] 现在将关于附图描述本发明的实施例,其中,描述和附图二者都不应当被解释为限制本发明的范围。

[0024] 图1示出了具有蝴蝶结滤波器的X射线成像设备;

[0025] 图2示出了根据本发明的实施例的用于X射线发射设备的衰减元件的顶视图;

[0026] 图3示出了图2的衰减元件的截面图;

[0027] 图4示出了根据本发明的实施例的用于X射线发射设备的备选衰减元件的顶视图;

[0028] 图5a示出了到具有其X射线发射强度分布的焦斑上的顶视图;

[0029] 图5b示出了跨越如图5a中所示的焦斑的线积分的X射线发射强度分布的梯度;

[0030] 图6示出了根据本发明的实施例的具有包括用于X射线发射设备的曲线穿孔板的X射线发射设备;

[0031] 图7示出了根据本发明的备选实施例的具有用于X射线发射设备的局部不同角处的针孔开口的衰减元件;

[0032] 图8示出了根据本发明的实施例的X射线成像设备和到这样的设备中的衰减元件上的放大的顶视图的侧视图;并且

[0033] 图9示出了根据本发明的实施例的X射线成像设备中的X射线探测器的探测平面上的交叠半影。

[0034] 附图仅是示意性的并且不按比例。相同附图标记贯穿附图指代相同或类似特征。

[0035] 附图标记列表：

[0036] 1 衰减元件

[0037] 3 穿孔板

[0038] 4 针孔开口的中心轴

[0039] 5 针孔开口

[0040] 7 中心区域

[0041] 9 边界区域

[0042] 11 内部中心区域

[0043] 13 100%透明度的窗口

[0044] 14 最大针孔密度线

[0045] 15 焦斑

[0046] 16 焦斑的边界

[0047] 17 焦斑的边缘

[0048] 18 通过焦斑的线积分

[0049] 19 焦斑的位移

[0050] 21 半影

[0051] 100 X射线成像设备

[0052] 101 X射线源

[0053] 103 蝴蝶结滤波器

[0054] 105 患者

[0055] 107 脊柱

[0056] 109 软组织

[0057] 111 探测器像素

[0058] 113 过饱和像素的区域

[0059] 115 X射线强度线

[0060] 117 饥饿像素的区域

[0061] 119 X射线探测器

[0062] 121 X射线束

[0063] 200 X射线发射设备

[0064] 202 壳体

具体实施方式

[0065] 图1示出了通过具有常规蝴蝶结滤波器103的X射线成像设备100的截面。X射线源101向X射线探测器119发射X射线束121。患者105以定位在X射线成像设备100的检查体积内的感兴趣区域被放置为使得X射线束121发射通过患者105的感兴趣区域。患者包括强X射线衰减的区域，诸如例如骨，例如脊柱107。传播通过这些高度衰减部分的X射线束121的部分

到达具有低X射线强度的X射线探测器使得X射线探测器119的探测器像素是“饥饿的”，即仅提供弱信号。这样的饥饿探测器像素111可能遭受噪声影响。另一方面，患者的身体的外围部分主要包括软组织109，并且而且，这些部分经由较短的路径X射线传播使得对应于这样的部分的探测器像素111过度曝光或过饱和的。通过具有中心处的饥饿部分117和外围边缘处的过饱和部分113的线115示出了由探测器119的各种探测器像素111探测的X射线强度。

[0066] 为了减轻饥饿或过饱和探测器像素111的所描述的问题，已经提出将滤波器插入X射线束121。这样的滤波器应当减少X射线束121的外围部分处的所传播的X射线强度，同时在中心处传播大部分X射线强度。因此，常规滤波器已经提出包括蝴蝶结形状并且因此被称为蝴蝶结滤波器103。这样的蝴蝶结滤波器可以由相对弱X射线吸收材料诸如PTFE制成。在中心处，蝴蝶结滤波器103可以具有仅几毫米的厚度，然而在外围部分处，蝴蝶结滤波器103可以具有例如多达若干cm的显著的厚度。在X射线成像设备100中，蝴蝶结滤波器103定位在患者105要被布置在其中的观察体积的上游。

[0067] 然而，在诸如CT设备的多个X射线成像设备中，存在严重的空间限制，并且提供具有若干cm的厚度的蝴蝶结滤波器103可能导致实质的空间问题。

[0068] 图2和3相应地示出了根据本发明的实施例的用于X射线成像设备100的备选衰减元件1的顶视图和截面图。

[0069] 衰减元件1包括强X射线吸收材料的至少一个穿孔板。其中，板可以是基本上二维的，即板可以具有基本上大于板的厚度的横向尺寸。例如，横向尺寸可以是大约若干厘米或几十厘米，例如在1cm与50cm之间，然而，厚度可以是大约几毫米或更少，例如小于5mm，优选地小于1mm。借助于穿孔板3的低厚度，优选地可以提供这样的板的堆叠。因此，取决于当前X射线成像应用，衰减元件1可以包括选自对于该特定应用的堆叠的一个或多个穿孔板。

[0070] 穿孔板的X射线吸收材料可以被选择为使得对于给定板厚度而言，除非传播通过其针孔开口之一，基本上没有，即例如小于20%或小于10%，冲击的X射线强度传播通过板。例如，X射线吸收材料可以是钨(W)或钼(Mo)或具有优选地超过19的高原子序数的任何其他适合的材料。

[0071] 衰减元件1的穿孔板3包括多个针孔开口5。例如，提供了超过100个、优选地超过1000个针孔开口。可以以规则模式或不规则地例如随机地提供针孔开口，如图2中所示。

[0072] 在衰减元件1中，针孔开口的密度在板3的中心区域7处比在边界区域9处更高。其中，术语“针孔开口的密度”可以被理解为表示关于相应的区域7、9中的穿孔板的总体区域的针孔开口的累积截面区域的分数。换句话说，在中心区域7中，针孔开口可以包装更密集和/或可以具有比在边界区域9中更大的截面区域，从而导致更高密度的针孔开口5。

[0073] 一般地，针孔开口的密度越高，相应的7、9中的X射线的透明度越高。换句话说，在区域中提供针孔开口5越多和/或其截面区域越大，传播通过衰减元件1的X射线强度的分数越高。例如，透明度可以在从1%至100%、优选地从10%至100%，即从几乎完全X射线吸收到完全X射线传播的范围内变化。

[0074] 例如，在中心区域7中，针孔开口5可以布置如此密集以致于对于在中心提供较大的开口的情况可以实现超过20%、优选地超过50%并且甚至多达100%的X射线透明度。换句话说，在中心区域7处或接近其，冲击的X射线的大部分或主要部分传播通过衰减元件1。优选地，内部中心区域11处的中心区域7可以包括用于在该内部中心区域11中完全地传播X

射线束部分的完全透明度的扩大开口13(参见图4)。扩大开口13可以比针孔开口5在截面方面基本上更大,例如大超过50或200倍。与此相比较,边界区域9或外围区域示出了例如小于50%、优选地小于20%或小于10%的显著地较低的X射线透明度。

[0075] 为了使针孔开口5的密度和透明度适于从其产生的X射线,相邻的针孔开口5之间的间距 s 和/或针孔开口的截面可以适合地变化。例如,截面可以与示范性圆形针孔开口5的直径 d 有关。例如,间距 s (有时也被称为节距)可以在 $20\mu\text{m}$ 与 1.5mm 之间的范围内例如在 $50\mu\text{m}$ 与 1mm 之间的范围内。针孔开口的截面可以位于从 $100\mu\text{m}^2$ 到 1mm^2 的范围内优选地在从 $500\mu\text{m}^2$ 到 0.1mm^2 的范围内。换句话说,针孔开口可以具有从 $10\mu\text{m}$ 到 1mm 优选地 $20\mu\text{m}$ 与 0.5mm 之间的范围内的最大横向延伸。

[0076] 而且,由于穿孔板可以具有 0.2mm 与 2mm 之间的典型的厚度,因而针孔开口5可以具有小于1的纵横比。这意指对应于沿着形成针孔开口5的通孔的长度的穿孔板3的厚度的针孔开口5的高度更大或与该针孔开口5的横向尺寸 d 相同。还如下文所解释的,这样的高纵横比针孔开口5可以帮助准直或选择性地传播X射线束121的部分。

[0077] 作为范例,衰减元件1可以利用 1mm 厚度的钨板形成。在这样的板3中,具有 $25\mu\text{m}$ 的最小直径的针孔开口5可以通过激光钻孔形成。假定相邻的针孔开口5的中心之间的近似 $100\mu\text{m}$ 的最小距离 s ,在焦斑接近衰减元件例如离衰减元件小于 30mm 时,可以实现大约5%的最大透明度。

[0078] 作为到大块板中的激光钻孔开口的备选方案,可以通过基于钨粉或钼粉使用激光烧结过程来制作用于衰减元件1的穿孔板3。利用这样的技术, $100\mu\text{m}$ 的最小孔直径和 $200\mu\text{m}$ 的最小间距显得可行,这导致在焦斑接近衰减元件的条件下近似19%的最大透明度。

[0079] 图4示出了到备选的衰减元件1上的顶视图。穿孔板3包括多个针孔开口5。在这种情况下,针孔开口5以规则模式布置。在中心区域7中,透明度是最大的。

[0080] 在内部中心区域11处,提供一个大开口13,其基本上沿着穿孔板3的整个高度即几乎从上边缘到几乎下边缘延伸。在该内部中心区域11处,衰减元件1具有100%的透明度。

[0081] 在该内部中心区域11附近,中心区域7包括以规则模式密集堆积的针孔开口5。在所示的范例中,针孔开口5具有圆形截面并且密集地堆积使得相邻的针孔开口5之间的间距 s 仅稍微大于针孔开口5的直径 d 。

[0082] 在更远离内部中心区域11的边界区域9中,针孔开口5的密度通过将针孔开口5布置在另一规则模式处显著地减少。

[0083] 在图4中所示的范例中,假定沿着 45° 轴的间距是 $120\mu\text{m}$ 并且沿着 x 轴的间距是近似 $170\mu\text{m}$ 以及 $80\mu\text{m}$ 的孔直径,则在内部中心区域11附近的中心区域7的部分中的透明度是大约25%。在边界区域9中,假定沿着 45° 轴的间距是 $120\mu\text{m}$,沿着 x 轴的间距是近似 $340\mu\text{m}$ 并且孔直径是 $80\mu\text{m}$,则透明度是大约4%。

[0084] 本发明的实施例背后的想法可以尤其理解如下:

[0085] 在包括X射线源101和X射线探测器119的X射线成像设备100中,已经提出通过新颖的衰减元件1替换常规地被用于调整X射线强度分布的蝴蝶结滤波器103。

[0086] 常规蝴蝶结滤波器一般地由弱X射线吸收材料制成。由于蝴蝶结滤波器材料的局部不同的厚度,获得局部不同程度的X射线衰减。为了获得X射线束121的边界区域处的足够的X射线衰减,蝴蝶结103需要是厚的并且因此是在X射线成像设备100中耗费空间的。

[0087] 作为对于这样的蝴蝶结滤波器103的替换,提出提供由强X射线吸收材料的板3制成的薄衰减元件1。基于例如小于1mm的板厚度,这样的板3可以示出实质的X射线衰减。

[0088] 为了获得局部不同的X射线衰减,在板3内提供多个针孔开口5即小通孔,从而导致穿孔板。针孔开口5的密度被选择为在穿孔板3的中心区域7处比在边界区域9处更大使得与边界区域9相比较X射线的透明度更高,或者换句话说,X射线衰减在边界区域9处比在中心区域7处更强。

[0089] 在这样的方法中,已经查明,针孔开口5的几何结构可以具有显著的影响。原则上,提供具有包括在其中的多个缝隙的强X射线吸收材料的板将是可能的,缝隙中的每一个拥有具有线性边缘的矩形几何结构。

[0090] 虽然这样的缝隙将相对容易生成,但是已经发现,具有这样的缝隙几何结构的衰减元件可能导致以下问题:X射线源或X射线成像设备常常被提供为使得焦斑具有大体矩形的几何结构。图5(a)示出了从这样的矩形焦斑15发射的X射线强度的分布。箭头18表示这样的强度分布的y方向上的线积分。图5(b)示出了跨越x方向上的线积分的梯度。如图5中所示,矩形焦斑15的X射线强度在边界16处通常是最高并且然后在横向边缘17处急剧地减少。其中,横向边缘17具有基本上线性轮廓。

[0091] 已观察到,在X射线源的操作期间,焦斑15的位置可以沿着如由图5中的箭头19所指示的x方向稍微变化。换句话说,在来自焦斑15的X射线发射期间,高强度边界16和锐利边缘17通常不时地稍微位移。

[0092] 焦斑15的这样的横向位移可能引起问题,特别是在使用具有缝隙的边缘的方向符合焦斑15的边缘17的方向的矩形缝隙的衰减元件时。在这样的配置中,例如几十微米的焦斑15的仅小横向位移可以决定焦斑15的高强度边界16是否传播通过缝隙之一或吸收在缝隙之间的板材料中。这可能导致X射线发射期间的不期望的不稳定性。

[0093] 因此,应提出提供其中针孔开口5包括在穿孔板3中的衰减元件1,这些针孔开口5具有其中针孔开口5的轮廓的大多数部分优选地是非线性的并且不平行于焦斑的边缘的几何结构。例如,针孔开口5可以具有圆形、椭圆形或具有非线性边缘的任何其他截面。具有针孔开口5中的这样的非线性轮廓显著地减少如由探测器所测量的局部X射线通量的不稳定性的风险,因为基于焦斑15的小横向位移19,将不相应地突然传播或吸收焦斑15的高强度边缘16。针孔开口5的这样的非线性轮廓可以对于小针孔开口5是重要的并且可以对于诸如例如形成具有100%透明度的内部中心区域11处的窗口的扩大开口13的较大开口是甚至更重要的,如图4中所示。特别地,这样的针对窗口的扩大开口13应当优选地不具有线性的横向边缘而是应当具有例如突出,从而导致非线性轮廓。

[0094] 通过提供衰减元件1中的针孔开口5使得最大针孔密度的线不平行于焦斑15的边缘17,还可以增加非线性轮廓的所描述的效应和焦斑15中的强度分布模式与衰减元件1中的传输/吸收模式的不期望的符合的所得的减少的风险。这例如指示在具有近似 45° 的角 α 的最大针孔密度的线14的图4中,然而焦斑15的边缘17的取向在大约 90° 处。换句话说,针孔开口5应当定位使得最大针孔密度的线14不正交于其中通过在不同的方向上取得的焦斑强度分布的如图5(b)中可视化的跨线积分集的梯度的绝对值是最大的方向。

[0095] 关于图8和9可以解释本发明的实施例背后的另一想法。在包括具有焦斑15的X射线源101、X射线探测器119和插入X射线源101与X射线探测器119之间的衰减元件1的X射线

成像设备100中,衰减元件1应当被适配为使得X射线源101、衰减元件和X射线探测器119应当被布置为使得X射线探测器119的每个像素111通过多个针孔开口5“看到”焦斑15。换句话说,每个探测器像素111应当总是具有有如到衰减元件1的穿孔板3上的右侧顶视图上所指示的焦斑15上的多个视图,其中,X射线源101的焦斑15的投影“a”覆盖包括九个针孔开口5的区域。在这样的配置中,如果焦斑15稍微移动并且因此X射线强度分布局部地改变,则剩余的“背景”信号可以保持高,因为通过其他针孔开口5的其他视图不改变或将改变较少。

[0096] 优选地,在X射线强度分布由于如图5中所指示的焦斑15的位移19而局部改变时,通过衰减元件1向探测器像素的总体X射线通量可以保持基本上恒定,因为在针孔开口5中的一些基于X射线强度分布位移可以较少传播到该像素时,其他针孔5将更强地传播并且因此可以补偿朝向探测器像素的X射线通量的改变。

[0097] 换句话说,即使在具有针孔开口5的低密度的衰减元件1的区域中,单个探测器像素1应当总是通过多个针孔开口5“看到”焦斑15。在焦斑15移动并且通过针孔开口5的探测器119的X射线通量下降时,然后来自其他视图的剩下的“背景”信号可以保持高,并且理想地,补偿第二视图应当打开,即探测器像素111看到焦斑15通过的新的额外的针孔开口5可以是可用的。

[0098] 优选地,对衰减元件1进行适配并且对X射线源101、衰减元件1和X射线探测器119进行布置使得来自不同针孔开口5的半影21在X射线探测器119的探测平面处交叠,如图9中所示。换句话说,应当选择X射线成像设备100内的衰减元件1的位置和针孔开口5的截面或直径与穿孔板3的厚度的关系,使得在探测器119处,来自不同的针孔开口5的半影交叠。

[0099] 在本发明的实施例中,提出了适于发射具有有益X射线强度分布的X射线束121的X射线发射设备200。如图6中示意性地所示的这样的X射线发射设备可以包括具有用于发射X射线作为X射线束121的焦斑15的X射线源101并且还包含如本文所提出的衰减元件1。X射线源101可以是具有包封壳体202的X射线管(非常示意性地示出在图6(a)中)。由于衰减元件1可以具有例如小于1mm的非常低的厚度,因而其可以集成到X射线管的壳体中。

[0100] 在图6中所示的示范性实施例中,以曲线几何结构布置衰减元件1的穿孔板3。这样的曲线几何结构的可以符合X射线源101的焦斑15。

[0101] 在图6中所示的示范性弯曲的配置中或备选地在具有衰减元件1的平面穿孔板3的配置中,衰减元件1中的至少大多数针孔开口5可以布置诸如以指向X射线源101的焦斑15。术语“指向焦斑”可以被解释为针孔开口5的纵轴4(如图3和7中所示)被导向为切割焦斑15。术语“大多数针孔开口”可以指示指向焦斑15的针孔开口5的数目大于未指向焦斑15的针孔开口5的数目。备选地,该术语可以被解释为在于,指向焦斑15的针孔开口5的截面大于未指向焦斑的针孔开口5的截面。

[0102] 特别地,如图7中所示,可以提供穿孔板3中的针孔开口5,使得在具有较大密度的针孔开口5的中心区域7中,针孔开口5与穿孔板3的表面成直角布置。这些中心针孔开口5一般地指向X射线发射设备200中的焦斑15。在边界区域9处,针孔开口5不必要地指向焦斑15。在这些边界区域9处,可以在倾斜布置中提供针孔开口5',使得中心轴4比中心区域7处的针孔开口5的中心轴与穿孔板3的表面围成不同的角 β 。

[0103] 通过提供针孔开口5中的一些诸如以指向焦斑15和特别地边界区域9中的针孔开口5'中的一些诸如以不直接指向焦斑15,可以适合地调整通过衰减元件1的X射线传输的程

度。虽然例如在中心区域7处,在这些针孔开口布置诸如以聚焦到焦斑15上时,X射线可以容易地通过针孔开口5,到达边界区域9处的针孔开口5'的X射线将不完全地传播通过未向焦斑15聚焦的这些针孔5'。

[0104] 在另一实施例中,两个或两个以上穿孔板3可以堆叠在彼此之上。通过使用例如致动器来使这样的堆叠的穿孔板3关于彼此位移,可以适合地适配通过这样的堆叠的配置的总体X射线透射。

[0105] 本发明的实施例可以尤其提供以下益处:

[0106] -所提出的具有多个针孔开口的衰减元件可以避免如常规地观察到的利用蝴蝶结滤波器的射束硬化。要么X射线穿过针孔开口要么其被阻挡。

[0107] -针孔开口的适合的布置诸如例如这样的针孔开口的随机分布可以避免焦斑中的各向异性强度的结构的几何相关性(例如,来自可以正交于其移动的双峰焦斑的线形状边缘的大通量)和针孔模式的对称线。这样的特性可以例如优于具有其中缝隙可以平行于焦斑的边缘的缝隙孔径的衰减元件,因为其可以避免基于焦斑和其边缘的轻微运动的探测器信号的大变化。

[0108] -由于与常规蝴蝶结滤波器相比较减少得多的空间要求,因而本文所提出的薄衰减元件可以集成到X射线管中。高X射线衰减是可实现的。

[0109] -在操作期间可以例如通过弯曲衰减元件的穿孔板来调制通过衰减元件的X射线透明度,从而改变通过针孔开口的X射线的透射。从而,例如可以补偿热机械失真。衰减模型可以是可切换的。透明度调制可以在提供具有多个穿孔板的堆叠的衰减元件时进一步增加。

[0110] -具有非线性轮廓的针孔开口的穿孔板可以具有高机械稳定性。

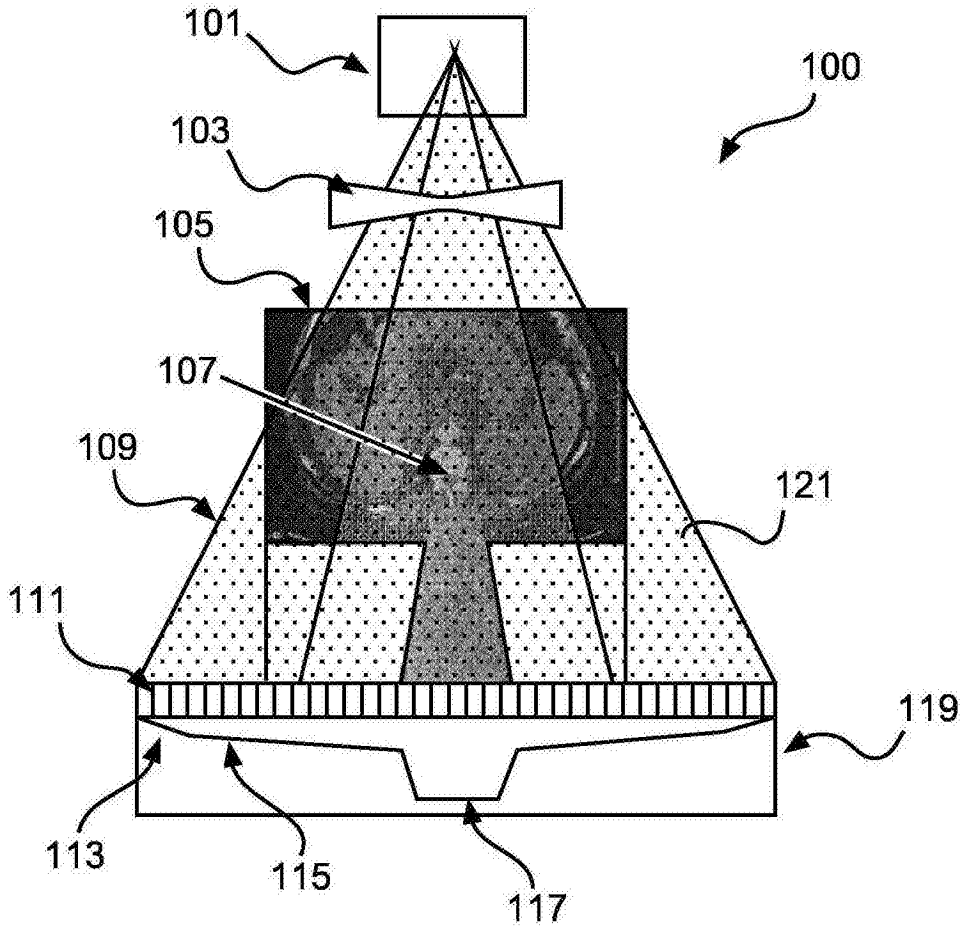


图1

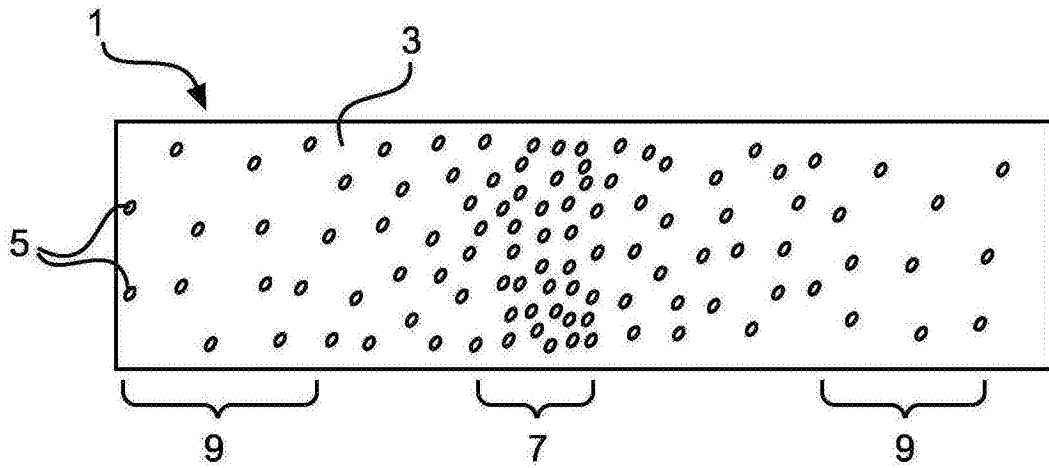


图2

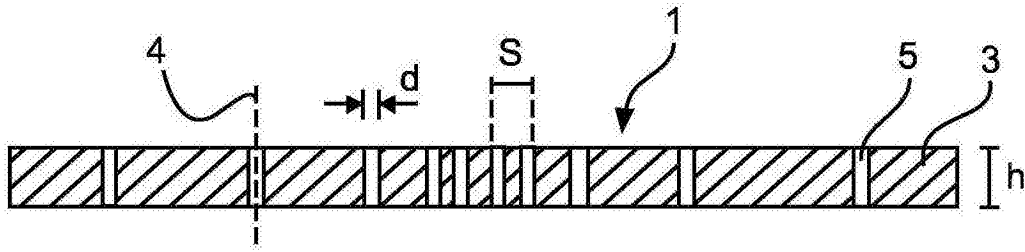


图3

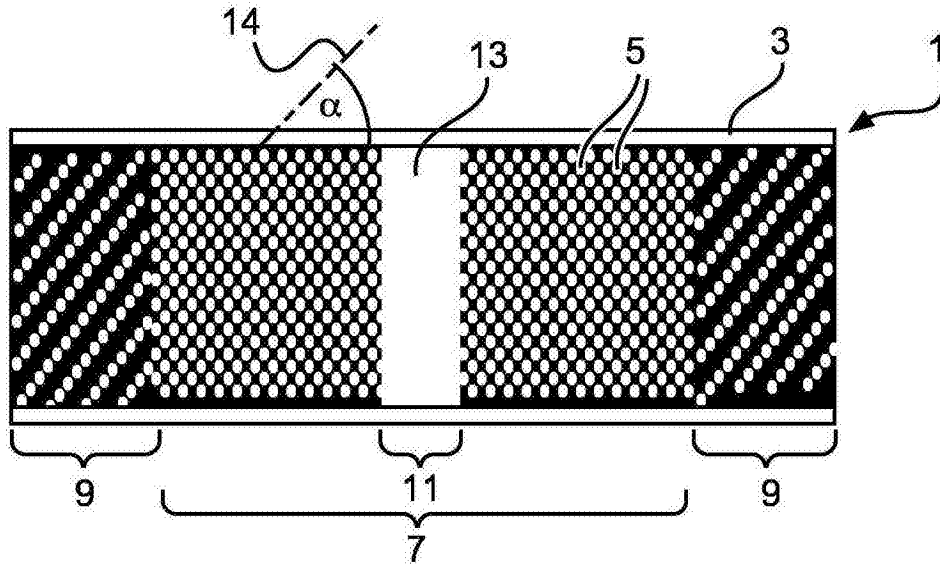


图4

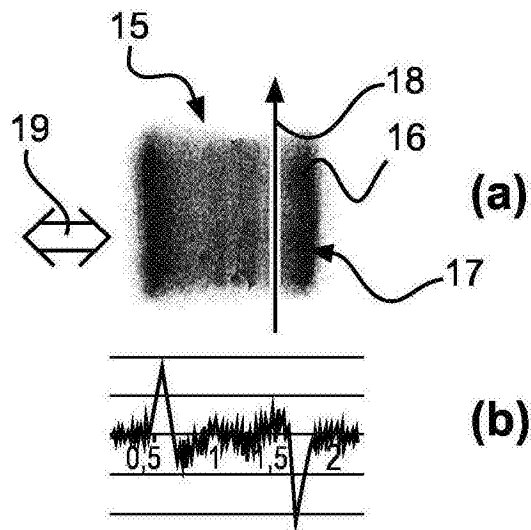


图5

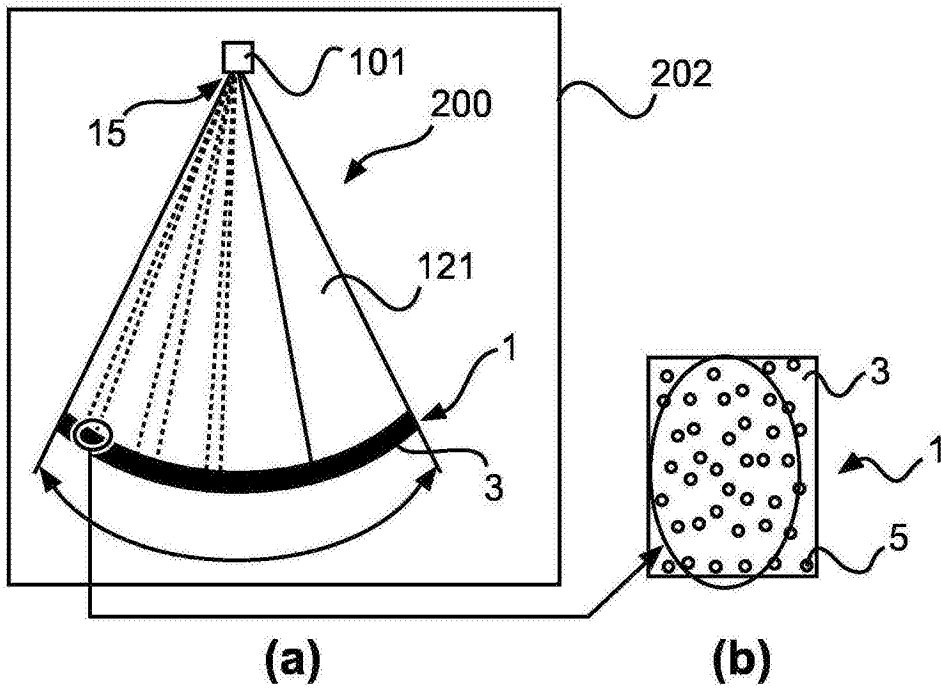


图6

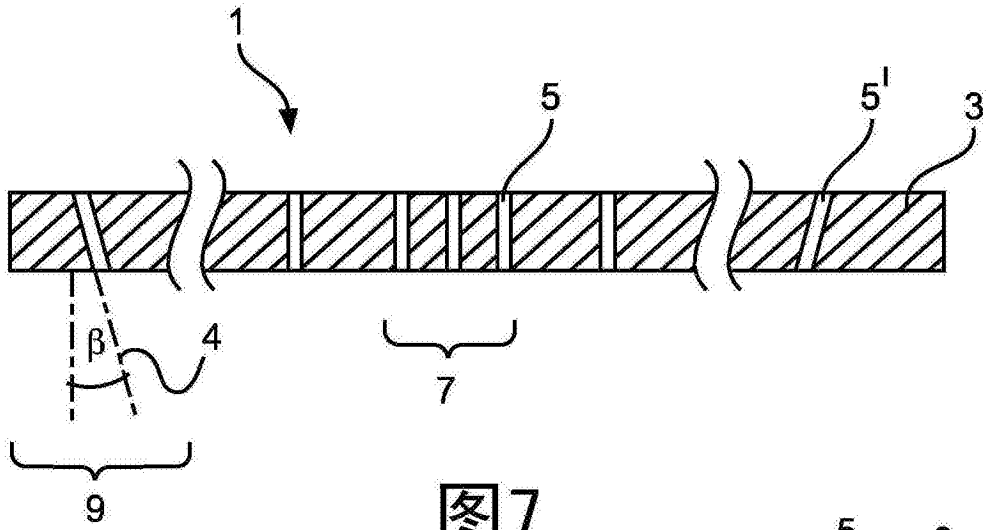


图7

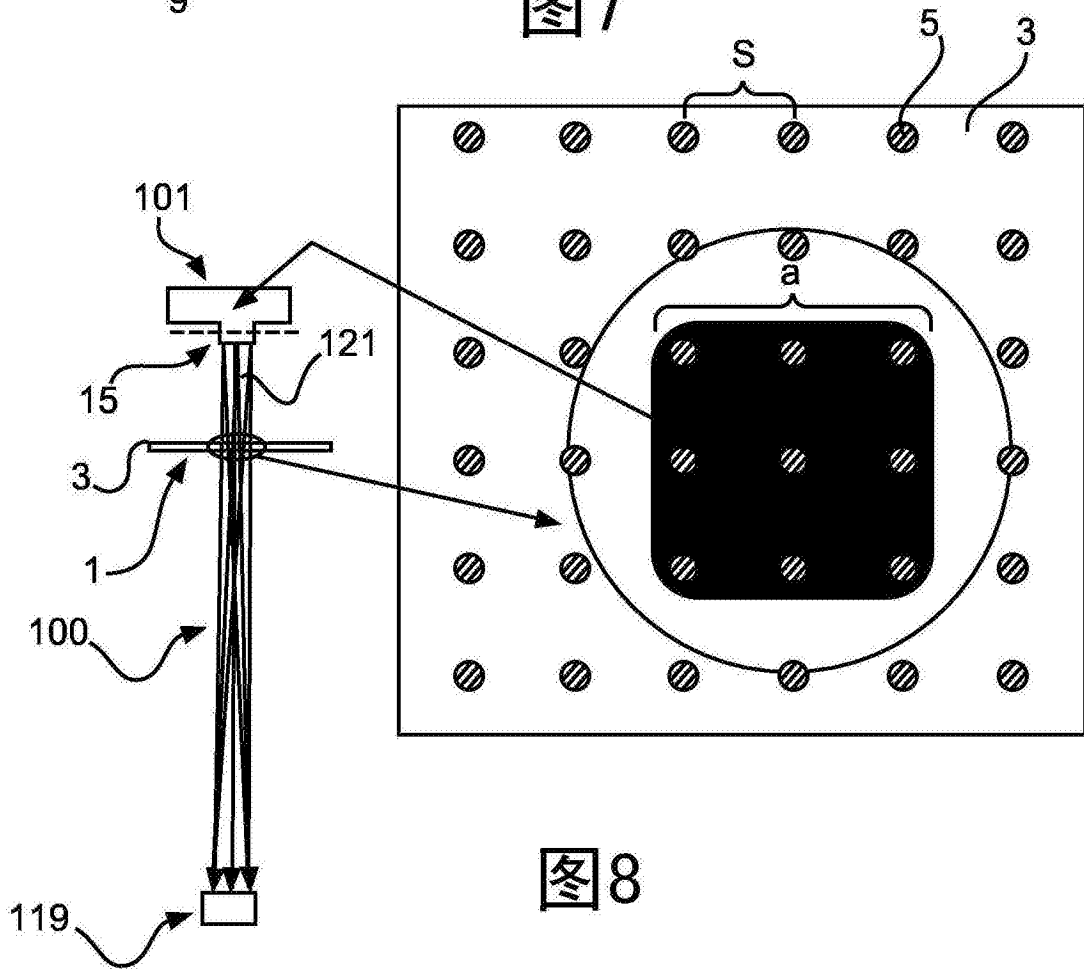


图8

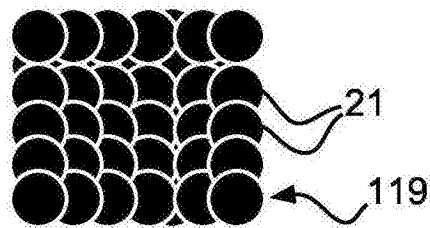


图9