



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104170051 B

(45)授权公告日 2017.05.31

(21)申请号 201380014384.6

(72)发明人 E.J.莫顿

(22)申请日 2013.01.31

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 于小宁

申请公布号 CN 104170051 A

(43)申请公布日 2014.11.26

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

H01J 35/10(2006.01)

61/594,625 2012.02.03 US

H05G 1/70(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.09.15

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/024191 2013.01.31

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/116549 EN 2013.08.08

(56)对比文件

US 2011/0019799 A1,2011.01.27,

CN 1947001 A,2007.04.11,

US 2011/0116597 A1,2011.05.19,

US 6542754 B1,2003.04.01,

US 2011/0064192 A1,2011.03.17,

审查员 崔文凯

(73)专利权人 拉皮斯坎系统股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

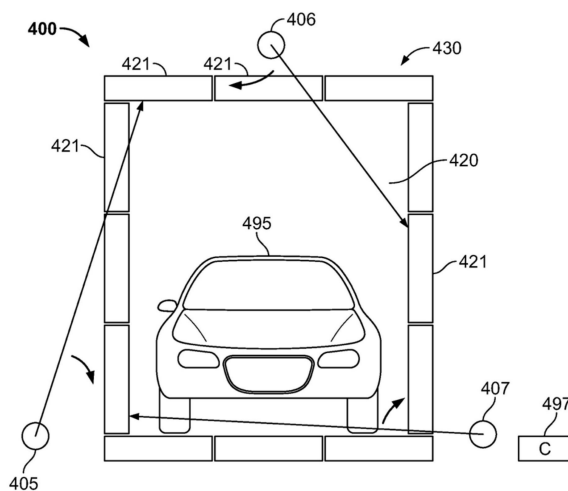
权利要求书2页 说明书10页 附图11页

(54)发明名称

组合散射和透射的多视图成像系统

(57)摘要

本说明书公开了一种多视图X射线检查系统,在多个实施例之一中,其具有三个X射线源的三视图配置。每个X射线源都旋转,并被配置为发射旋转的X射线笔形束,以及至少两个检测器阵列,其中每个检测器阵列都具有多个非像素化的检测器,使得至少一部分非像素化的检测器被定向为朝着这两个X射线源。



1. 一种用于扫描物体的X射线检查系统,所述检查系统包括:

至少两个旋转的X射线源,其被配置为同时发射旋转的X射线束,并且每一个X射线源包括用于确定X射线束的绝对旋转角度的旋转编码器,所述X射线束中的每一个都限定透射路径;

至少两个检测器阵列,每个包括多个非像素化检测器,其中所述至少两个检测器阵列中的每一个都与至少两个X射线源之一相对放置,以形成扫描区域;以及

至少一个控制器,其用于控制X射线源中的每一个以协调方式扫描物体使得同时发射旋转的X射线以不同方向直接通过扫描区域,并且被布置为通过记录从每一个检测器阵列输出的信号的强度,以及X射线束的旋转角度来形成物体的X射线扫描图像。

2. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中发射的X射线束中的每一个都是笔形束,并且其中每一个X射线源都在预定的旋转角度上旋转。

3. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中第一、第二和第三旋转的X射线源被配置为同时发射旋转的X射线束,其中第一X射线源通过在第一位置启动,并以顺时针方式移动来扫描物体;其中第二X射线源通过第二位置启动,并以顺时针方式移动来扫描物体;并且其中第三X射线源通过第三位置启动,并以顺时针方式移动来扫描物体,其中X射线源中的每一个在不同位置启动。

4. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中每个检测器在具体时间点只暴露于来自所述X射线源之一的一条X射线束。

5. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中在任一时刻使用被不多于一个X射线束照射的每一个检测器同时收集物体的多个扫描视图。

6. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中检测器的体积与所获得的物体的扫描视图的数量无关。

7. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中X射线检查系统具有固有的空间分辨率,并且其中所述固有的空间分辨率由X射线束的瞄准程度确定。

8. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中一个或多个检测器包括具有从检测器阵列的边缘露出的一个或多个光电倍增管的闪烁体检测器阵列,以允许来自邻近X射线源的X射线束经过与光电倍增管相对的检测器阵列的非突起表面。

9. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中一个或多个检测器是包括压缩氙气或任何其他压缩稀有气体的气体电离检测器。

10. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中一个或多个检测器由半导体材料形成,所述半导体材料包括CdZnTe、CdTe、HgI₂、Si和Ge中的任何一个。

11. 如权利要求1所述的X射线检查系统,其中X射线检查系统被配置为通过关闭X射线源将检测器从电流积分模式切换为脉冲计数模式来检测伽马射线。

12. 一种用于扫描物体的X射线检查系统,所述检查系统包括:

两个X射线源,其被配置为同时发射旋转的X射线束以照射物体,并且每一个X射线源包括用于确定X射线束的绝对旋转角度的旋转编码器,其中所述X射线束中的每一个都限定透射路径;

非像素化检测器阵列,其包括放置在至少两个反向散射检测器之间的至少一个透射检测器,其中所述反向散射检测器中的每一个都检测由放置在物体的第一侧上的第一X射线

源发射的反向散射X射线,并且其中透射检测器检测由放置在物体的相对侧上的第二X射线源发射的透射X射线;以及

至少一个控制器,其用于控制X射线源中的每一个以协调方式同时扫描物体使得同时发射旋转的X射线在不同方向具有传输路径,并且被布置为根据从每一个检测器阵列输出的信号的强度,以及X射线束的旋转角度来形成物体的X射线扫描图像。

13.如权利要求12所述的X射线检查系统,其中所述检测器阵列包括至少两个矩形轮廓的反向散射检测器和位于所述至少两个矩形轮廓的反向散射检测器之间的正方形轮廓的透射检测器。

14.如权利要求12所述的X射线检查系统,其中所述检测器阵列包括位于两个反向散射检测器之间的透射检测器,并且其中透射检测器和两个反向散射检测器被放置在面对开始扫描的物体的单个平面内,并且透射检测器具有比反向散射检测器中的每一个更小的暴露表面面积。

15.如权利要求12所述的X射线检查系统,还包括位于透射检测器和所述至少两个反向散射检测器之一之间的一对固定的瞄准器。

16.如权利要求12所述的X射线检查系统,其中X射线源中的每一个都包括延长阳极X射线管、旋转瞄准器组件、轴承和驱动电机。

17.如权利要求12所述的X射线检查系统,其中X射线源中的每一个都包括:

延长阳极X射线管,其与冷却电路耦接,所述阳极处于地电位;

旋转瞄准器组件,其包括具有以预定义角度围绕瞄准器的圆周切割的槽的至少一个瞄准环,每一个槽的长度都大于所述槽的宽度和旋转轴,槽的宽度限定X射线检查系统在扫描方向上的固有空间分辨率;

轴承,其用于支持瞄准器组件的重量,以及将驱动轴从瞄准器组件传动到驱动电机;以及

辅助瞄准器组,其用于改善垂直扫描方向上的空间分辨率。

18.如权利要求17所述的X射线检查系统,其中控制器接收包括物体的速度的速度数据,并基于所述速度数据,调整X射线源的瞄准器旋转速度、数据采集速率或基于所述速度数据的X射线管电流中的至少一个。

组合散射和透射的多视图成像系统

[0001] 交叉引用

[0002] 本申请要求提交于2012年2月3日的美国专利临时申请第61/594625号的优先权。上述申请通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本说明书总地涉及用于安全扫描的X射线成像系统领域,更具体地涉及一种有利地组合透射和反向散射成像的多视图X射线扫描系统。

背景技术

[0004] 随着恐怖主义和违禁贸易的泛滥,存在对能够有效且高效地筛查轿车、公交车、大型车辆和货物以检测可疑威胁和非法物质的系统的迫切需要。

[0005] 过去,许多技术已经被评估,以在安全检查中使用,通常X射线成像被确定为用于上述目的的合理技术。几种已知的X射线扫描系统已经部署用于筛查轿车、公共汽车和其他车辆。这些系统包括透射和反向散射X射线筛查系统。这些现有技术的X射线系统提供非常有限数量的方向的扫描,通常为一个或可能两个。例如,透射X射线系统可以被配置为侧面发射器或顶部发射器配置。反向散射系统可能在单侧或偶尔在三侧配置中可用。

[0006] 因此,在现有技术中存在对可以具有任意数量(通常为一个以上)的视图的多视图成像系统的需要。在本领域中还存在对使用组合反向散射和透射成像方法导致以非常低的量实现高检测性能模块化多视图系统的需要。

发明内容

[0007] 在一个实施例中,本说明书公开了一种X射线检查系统,包括:X射线源,其被配置为发射X射线束的;以及检测器阵列,其包括多个非像素化检测器,其中至少一部分所述非像素化检测器不被定向为朝着X射线源。

[0008] 在另一个实施例中,本说明书公开了一种X射线检查系统,包括:至少两个X射线源,其中每个X射线源都被配置为发射X射线束;以及至少两个检测器阵列,其中每个检测器阵列都包括多个非像素化检测器,其中至少一部分所述非像素化检测器被定向为朝着两个X射线源。

[0009] 在再一个实施例中,本说明书公开了一种具有包括三个X射线源的三视图配置的多视图X射线检查系统,其中每个X射线源都旋转,并被配置为发射旋转的X射线笔形束;以及至少两个检测器阵列,其中每个检测器阵列都包括多个非像素化检测器,其中至少一部分所述非像素化检测器被定向为朝着两个X射线源。

[0010] 在一个实施例中,X射线束是笔形束,并且每个X射线源都在某一旋转角度上旋转,并且X射线检查系统具有固有的空间分辨率,并且其中所述固有的空间分辨率由X射线束的瞄准程度确定,而不是由X射线扫描数据的像素化程度确定。另外,在一个实施例中,单个检测器在具体时间点只暴露于来自所述X射线源之一的一条X射线束,并且每个检测器都限定

一个平面,其中所述平面从由每个X射线源限定的每个平面偏移。在一个实施例中,每个检测器具有矩形形状。

[0011] 在本发明另一实施例中,X射线检查系统包括:至少一个X射线源,其被配置为发射X射线束;以及检测器阵列,其包括至少两个矩形轮廓的反向散射检测器和位于所述至少两个矩形轮廓的反向散射检测器之间的正方形轮廓的透射检测器。

[0012] 在再一个实施例中,本说明书公开了一种X射线检查系统,其包括:至少一个X射线源,其被配置为发射X射线束;以及检测器阵列,其包括至少两个矩形轮廓的反向散射检测器、位于所述至少两个矩形轮廓的反向散射检测器之间的正方形轮廓的透射检测器,以及位于正方形轮廓的透射检测器的和所述至少两个矩形轮廓的反向散射检测器之一之间的一对固定的瞄准器。

[0013] 在一个实施例中,公开了一种包括控制系统的X射线检查系统,其中当所述X射线检查系统被激活以检测伽马射线时,所述控制系统关闭X射线源,并将检测器数据处理模式从电流积分模式切换到脉冲计数模式。

[0014] 在另一个实施例中,本发明公开了一种具有至少一个X射线源的X射线检查系统,其中所述X射线源包括延长阳极X射线管、旋转瞄准器组件、轴承、驱动电机和旋转编码器。

[0015] 在再一个实施例中,本发明公开了一种具有至少一个X射线源的X射线检查系统,其中所述X射线源包括延长阳极X射线管、旋转瞄准器组件、轴承、驱动电机、辅助瞄准器组和旋转编码器。

[0016] 在一个实施例中,公开了一种包括控制系统的X射线检查系统,其中所述控制系统接收速度数据,并且其中所述控制系统调整X射线源的瞄准器旋转速度、数据采集速率或基于所述速度数据的X射线管电流中的至少一个。

[0017] 在另一个实施例中,本说明书公开了一种包括控制系统的X射线检查系统,其中所述控制系统调整X射线源的瞄准器旋转速度、数据采集速率或X射线管电流中的至少一个,以保证用于正在被扫描的物体的每单位长度的量均匀。

[0018] 本说明书还针对一种用于扫描物体的X射线检查系统,该检查系统包括:至少两个旋转的X射线源,其被配置为同时发射旋转的X射线束,每个所述X射线束都限定透射路径;至少两个检测器阵列,其中所述至少两个检测器阵列中的每一个都与所述至少两个X射线源之一的相对放置,以形成扫描区域;以及至少一个控制器,用于控制每个X射线源以协调方式扫描物体,使得至少两个X射线源的X射线束不交叉透射路径。

[0019] 在一个实施例中,每个发射的X射线束都是笔形束,并且每个X射线源都在预定的旋转角度上旋转。

[0020] 在一个实施例中,每个检测器都是非像素化检测器。

[0021] 在一个实施例中,第一、第二和第三旋转的X射线源被配置为同时发射旋转的X射线束,其中第一X射线源通过基本垂直的位置启动,并以顺时针方式移动来扫描物体;其中第二X射线源通过基本向下垂直的位置启动,并以顺时针方式移动来扫描物体;并且其中第三X射线源通过基本水平的位置启动,并以顺时针方式移动来扫描物体。

[0022] 在一个实施例中,控制器使得每个X射线源在不与任何其余的X射线源的初始扫描方向重叠的方向上开始扫描物体,从而消除X射线源之间的串扰。

[0023] 在一个实施例中,在任一时刻使用被不多于一个X射线束照射的每个检测器同时

收集物体的多个扫描视图。

[0024] 在一个实施例中,检测器的体积与所获得的物体的扫描视图的数量无关。

[0025] 在一个实施例中,X射线检查系统具有固有的空间分辨率,其中所述固有的空间分辨率由X射线束的瞄准程度确定。

[0026] 在一个实施例中,一个或多个检测器包括具有从检测器阵列的边缘露出的一个或多个光电倍增管的闪烁体检测器阵列,以允许来自邻近X射线源的X射线束经过与光电倍增管相对的检测器阵列的非突起表面。

[0027] 在一个实施例中,一个或多个检测器由具有较高光输出效率、快速响应时间并对变化的环境条件反应极小、大体积下机械稳定的条状闪烁材料形成。

[0028] 在一个实施例中,一个或多个检测器是包括氙气或任何其他压缩气体的气体电离检测器。

[0029] 在一个实施例中,一个或多个检测器由半导体材料形成,例如但不限于CdZnTe、CdTe、HgI、Si和Ge。

[0030] 在一个实施例中,X射线检查系统被配置为通过关闭X射线源将检测器从电流积分模式切换为脉冲计数模式来检测伽马射线。

[0031] 本说明书也还针对一种用于扫描物体的X射线检查系统,该检查系统包括:至少两个X射线源,其被配置为同时发射旋转的X射线束以照射物体,其中每个所述X射线束都限定透射路径;检测器阵列,其包括放置在至少两个反向散射检测器之间的至少一个透射检测器,其中每个所述反向散射检测器都检测由放置在物体的第一侧上的第一X射线源发射的反向散射X射线,并且其中透射检测器检测由放置在物体的相对侧上的第二X射线源发射的透射X射线;以及至少一个控制器,用于控制每个X射线源以协调、不重叠的方式同时扫描物体,使得每个所述X射线束的透射路径都不交叉。

[0032] 在一个实施例中,检测器阵列包括至少两个矩形轮廓的反向散射检测器和位于所述至少两个矩形轮廓的反向散射检测器之间的正方形轮廓的透射检测器。

[0033] 在另一个实施例中,检测器阵列包括位于两个反向散射检测器之间的透射检测器,其中检测器被放置在面对开始扫描的物体的单个平面内,并且透射检测器具有比每个反向散射检测器更小的暴露表面积。

[0034] 在一个实施例中,X射线检查系统还包括位于透射检测器和所述至少两个反向散射检测器之一之间的一对固定的瞄准器。

[0035] 在一个实施例中,每个X射线源都包括延长阳极X射线管、旋转瞄准器组件、轴承、驱动电机和旋转编码器。

[0036] 在另一个实施例中,每个X射线源都包括:延长阳极X射线管,其与冷却电路耦接,该阳极处于地电位;旋转瞄准器组件,其包括具有以预定义角度围绕瞄准器的圆周切割的槽的至少一个瞄准环,每个槽的长度都大于该槽的宽度和旋转轴,并且槽的宽度限定X射线检查系统在扫描方向上的固有的空间分辨率;轴承,其用于支持瞄准器组件的重量,以及将驱动轴从瞄准器组件传动到驱动电机;旋转编码器,其用于确定X射线束的绝对旋转角度;以及辅助瞄准器组,其用于提高垂直扫描方向上的空间分辨率。

[0037] 在一个实施例中,控制器接收包括物体的速度的速度数据,并基于所述速度数据,调整X射线源的瞄准器旋转速度、数据采集速率或基于所述速度数据的X射线管电流中的至

少一个。

[0038] 在下面的附图和详细描述中对本申请的上述和其他实施例进行更深入地说明。

附图说明

[0039] 将理解本发明的这些和其他的特征和优点,因为通过当结合附图考虑时参照以下详细描述可以更好地理解它们:

[0040] 图1示出根据本发明一个实施例的单视图顶部发射器透射成像系统;

[0041] 图2是本发明一个实施例的第一侧面发射器配置;

[0042] 图3是本发明一个实施例的第二侧面发射器配置;

[0043] 图4是本发明的多视图X射线成像系统实施例;

[0044] 图5示出从在本发明的多视图X射线成像系统中使用的X射线源的平面偏移的X射线检测器偏移几何布局;

[0045] 图6示出在本发明的多视图系统中使用的合适的X射线检测器的实施例;

[0046] 图7a是在本发明的多视图系统中使用的检测器阵列的侧视图;

[0047] 图7b是在本发明的多视图系统中使用的检测器阵列的端视图;

[0048] 图8示出用于与本发明的多视图系统一起使用的反向散射-透射检测器配置的实施例;

[0049] 图9示出用于与本发明的多视图系统一起使用的反向散射-透射检测器配置的替换实施例;

[0050] 图10示出用于与本发明的多视图系统一起使用的合适的扫描X射线源的实施例;

[0051] 图11a示出用于提高垂直方向上的空间分辨率的辅助瞄准器组;

[0052] 图11b示出围绕旋转的瞄准器的外部边缘放置的图11a辅助瞄准器组;

[0053] 图12示出用于与本发明的多视图系统的检测器一起使用的读出电子电路的实施例;

[0054] 图13示出通过一组“M”个图像检查人员监控一组“N”个多视图成像系统的矩阵式配置;

[0055] 图14示出根据本发明一个实施例的扫描货物的多视图成像系统的部署;

[0056] 图15示出根据本发明一个实施例的扫描占用车辆的多视图成像系统的部署;

[0057] 图16a显示处于其准备扫描的操作状态的移动检查系统;

[0058] 图16b示出围绕位于水平臂端部的铰链点将垂直臂折叠起来的步骤;

[0059] 图16c示出围绕位于垂直支座顶部的铰链点同时将水平臂和垂直臂折叠起来的步骤;

[0060] 图16d示出将垂直臂朝着移动检查车辆的后部放下的步骤;

[0061] 图16e示出将底部成像部分从其操作位置折叠至少90度的步骤。

[0062] 图16f示出将外部水平基座部分折叠180度以使得其平行于内部基座部分的步骤;

以及

[0063] 图16g示出将基座部分完全折叠90度以完成系统装载(stow)的步骤。

具体实施方式

[0064] 本说明书针对一种有利地组合来自反向散射和透射技术两者的图像信息的X射线扫描系统。更具体地,本发明采用四个分立的反向散射系统,但再次使用来自一个反向散射系统的笔形束来照射第二反向散射系统中的大面积检测器,使得可以实现使用同一组四个X射线束同时进行多侧面反向散射和透射成像。该方式具有性价比,因为它节省了分段检测器阵列的成本,但仍提供全面的检查。

[0065] 本说明书针对多个实施例。提供下面的公开内容,以便使本领域的普通技术人员能够实施本发明。在本说明书中使用的语言不应被解释为对任何一个具体实施例的普遍否定或用于限制超出本文使用的术语的含义的权利要求。本文定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下应用于其他的实施例和应用。另外,所使用的术语和措辞是用于描述示例性实施例的目的,而不应该被视为是限制性的。因此,本发明应被赋予涵盖与所公开的原理和特征一致的多个替代方式、修改和等价物的最宽的范围。为了清楚的目的,没有对与本发明相关的技术领域中的已知的技术材料相关的细节进行详细描述,以免不必要地混淆本发明。

[0066] 图1示出根据本发明的实施例的单视图顶部发射器透射成像系统100。系统100包括具有旋转笔形束瞄准器的X射线源105。当X射线束打开时,瞄准器连续旋转以形成扫过扇形区域115的移动的X射线束110。一系列X射线检测器120以透射检查几何布局放置,即放置为与X射线束110相对,并且被检查物体位于检测器120和X射线束110之间,一旦X射线束110穿过物体125,如车辆,就记录X射线束110的强度。在一个实施例中,检测器120的长度在1000mm量级,并端至端堆叠以形成具有等于若干米的长度的线性传感器。这种检测器的优点是,由于它们不具有空间分辨率,因此可以很廉价地制造它们。

[0067] 物体125的X射线扫描图像通过记录在所有时间在每个检测器120输出的信号的强度,以及X射线笔形束110的旋转角度形成。在径向坐标上,物体X射线透射通过在任何给定瞬间相对其旋转角度绘制来自X射线束110正在指向的X射线检测器120的所记录的X射线强度确定。如本领域中的普通技术人员已知的,预定坐标变换将该数据映射回到笛卡尔网格或任何其他选择的坐标网格。

[0068] 与典型的现有技术的X射线成像系统相反,系统100的固有空间分辨率不是由X射线扫描数据的像素化确定,而是由源105处的X射线束110的瞄准确定。由于X射线束110是从具有有限面积的较小的焦点产生的,因此X射线笔形束110是发散的,因此系统100的空间分辨率随着检测器120距离源105的距离变化。因此,系统100的空间分辨率在与X射线源105直接相对的下部拐角处最小。然而,该变化的空间分辨率通过作为旋转角度的函数的系统100的空间脉冲响应的反卷积来进行校正,从而产生具有不变的可感知空间分辨率的图像。

[0069] 图2是图1的系统100的侧面发射器配置,其使用了类似的、完全相同的具有旋转笔形束210的X射线源205和一系列完全相同的X射线检测器220,但位于替换位置。如图3所示,使用相同的X射线源305和检测器320,但以与图2所示的镜像的配置实现镜像侧面发射器配置。

[0070] 图4是根据本发明的实施例的集成图1至图3的配置的多视图X射线成像系统400。在一个实施例中,系统400具有通过三个同时激活的旋转X射线束405、406和407使能的三视图配置,在一个实施例中,其具有以透射配置相应放置以形成扫描隧道420的多个检测器。根据本发明的一个目的,系统400提供高水平的检查能力,而同时由于在任何时刻被照射的

空间体积与通常具有大量的像素化X射线检测器和扇形束的X射线照射的传统的现有技术线扫描系统相比都较低,因此可以以相当低的X射线量实现这一目的。

[0071] 如图4所示,同时被收集的三个X射线视图之间几乎没有串扰,因为X射线源405、406、407通过至少一个控制器497控制,该控制器对于X射线源405、406、407可以是本地的或远程的,以使得它们以协调且不重叠的方式扫描目标物体495的方式发送控制信号到每个X射线源405、406、407。在一个实施例中,X射线源405通过在基本垂直的位置启动(在12点和1点钟之间),并以顺时针方式移动来扫描物体495。同时,X射线源406通过在基本向下垂直的位置启动(大约4点钟),并以顺时针方式移动来扫描物体495。同时,X射线源407通过在基本水平的位置启动(大约9点钟),并以顺时针方式移动来扫描物体495。应当理解的是,上述每个X射线源都可以在不同的位置启动,只要a)每次都启动与其他X射线源的初始扫描方向不重叠的方向上的扫描,以及b)每次扫描的方向和速度都与其他X射线源的扫描基本不重叠。

[0072] 根据本发明的一个方面,对在系统400中可以同时收集的视图的数量几乎没有限制,其中每个检测器分段421在任何同一时间被不多于一个主X射线束照射。在一个实施例中,图4所示的检测器配置430包括12个检测器分段421,每个大约1米长以形成约3米(宽) x 3米(高)的检查隧道。在一个实施例中,检测器配置430能够支持六个独立的X射线视图,以允许转换相邻检测器之间扫过的X射线视图。一个替换实施例包括长0.5米的检测器分段421,其能够支持多达12个独立的X射线图像视图。

[0073] 本领域的普通技术人员应该理解的是,在系统400中,检测器材料的体积与将要收集的视图的数量无关,并且读出电子装置的密度与传统的现有技术的像素化X射线检测器阵列相比非常低。另外,多个X射线源可以由合适的额定高电压发生器驱动,从而使得能够相对简单地和方便地添加额外的X射线源。这些特征使得本发明的高密度多视图系统400能够有利地在安全筛查应用中使用。

[0074] 如图5所示,例如如图4所示的多视图系统具有从X射线源505的平面偏移的X射线检测器520。该偏移防止在X射线束510能够进入正在检查的物体之前X射线束510在最接近它的检测器中被相对较强地吸收。

[0075] 根据另一个方面,X射线检测器不需要具有空间分辨功能,从而允许主光束在检测器的表面徘徊(wander over),并到达检测器的侧面,这样对成像系统的整体性能影响最小。这相比于传统的现有技术的像素化X射线系统大大简化了检测器配置,因为在像素化的系统中,每个检测器都需要被定向为指向对应的源,以维持空间分辨率。因此,在现有技术的像素化X射线系统中,单个检测器不能指向一个以上的源位置,因此,对于每个源点都需要专用的像素化阵列。

[0076] 图6示出在本发明的多视图系统中(如图4的三视图系统400)使用的合适的X射线检测器600的实施例。如图所示,检测器600由条状X射线检测材料605形成,在一个实施例中,其由闪烁材料制成。在闪烁过程中,X射线能量被转换成光子,并且使用如光电倍增管或光电二极管610的合适的光学检测器收集这些光子。合适的闪烁检测材料包括塑料闪烁体、CsI、BG0、NaI或本领域的普通技术人员已知的具有较高的光输出效率、快速响应时间并对变化的环境条件反应极小、大体积下机械稳定的任何其他闪烁材料。可替换地,检测器材料也可以包括气体电离和气体比例检测器,理想地使用压缩气体,以提高检测效率和高电场强度,来改善信号收集次数。基于稀有气体的检测器,如压缩氙气检测器非常适合与本发

明的多视图系统一起使用。也可以采用半导体检测器材料,如CdZnTe、CdTe、HgI、Si和Ge,虽然这些材料的电容、响应时间、成本和温度响应使得它们成为不那么优选的选择。

[0077] 闪烁体检测器720的阵列在图7a和图7b中示出,光电倍增管725从闪烁材料的相同长边缘露出,以允许来自邻近的X射线源的X射线束经过与光电倍增管725相对的检测器的非突起表面。两个X射线源705、706在图7a的检测器阵列720的侧视图中是可见的。三个X射线源705、706、707在图7b的端视图中是可见的。

[0078] 从直接透射通过物体并到达物体的相对侧上的一组透射检测器的X射线,一部分X射线从物体散射到其他方向。本领域的普通技术人员已知的是,检测到散射的X射线的概率随检测器距散射地点的距离的平方成反比变化。这意味着,当进入物体时,放置在靠近X射线束的检测器将比放置在距X射线源显著距离的检测器接收到大得多的反向散射信号。

[0079] 图8示出利用除了透射X射线之外从被检查的物体反向散射的X射线的用于与本发明的多视图系统一起使用的检测器配置的实施例。在该实施例中,X射线源805使用扫描的X射线笔形束810照射物体825。一部分X射线815反向散射,其然后通过一对矩形检测器821、822被感测到。在较小的正方形截面检测器835处捕获来自物体825另一侧的第二X射线源(未示出)的透射X射线束830。

[0080] 这里应该注意的是,检测器可以是任何形状的,并不限于矩形形状。在该特定的实施例中,因为产生均匀的响应(uniform response)并具有相对较低的制造成本,因此选择矩形形状。另外,矩形形状与圆形或其他弧形检测器相比更容易端至端地堆叠。同样地,例如当与具有圆形横截面的圆柱形检测器相比时,使用较小的正方形横截面将最有可能产生最均匀的响应,并且制造成本相对更低。

[0081] 正方形轮廓的透射检测器835放置在两个矩形轮廓的反向散射检测器821、822之间。一对固定的瞄准器840显著降低透射检测器835上由附近的X射线源引起的散射照射效应,该透射检测器835测量来自相对的X射线源(未示出)的相对较弱的透射信号。所有的检测器821、822和835都使用如钢和铅的合适的材料围绕除了其激活表面的所有表面来进行屏蔽,以避免由于自然伽马照射和不想要的X射线散射而引起的背景信号。因此,在面向开始扫描的物体的单个平面内透射检测器被夹在两个反向散射检测器之间,并且透射检测器具有比每个反向散射检测器更小的暴露表面面积。

[0082] 图9示出组合式X射线反向散射-透射检测器的替换实施例。这里,在一个实施例中总长度范围为1.5米至3.0米的较大的成像面板900除了扫描X射线源905之外还包括六个单独的X射线检测器。四个检测器910、911、912和913用于记录来自本地的X射线源905的X射线反向散射,而具有比每个反向散射检测器910、911、912、913更小的暴露表面面积的两个检测器914、915用于记录来自相对的X射线发生器的透射X射线信号。

[0083] 本领域的普通技术人员应该注意的是,使用图8和图9的检测器配置,可以实现本发明的多视图反向散射系统,它具有对与每个透射视图对应的一个反向散射视图。

[0084] 根据进一步的方面,透射成像检测器也可以用于在不被透射成像光束直接照射时记录反向散射信号。然而,如图8和9所示,使用额外的检测传感器虽然成本明显更高,但能显著改善反向散射检测器的灵敏度。因此,可以仅使用如图5和6所示的偏移几何布局的单个检测器阵列可以组装具有中等反向散射性能的低成本系统。

[0085] 在一个实施例中,由低成本大体积检测器材料,如包括塑料闪烁体、闪烁屏(如,具

有光导体的GdO₂S)和固体闪烁体(如,CsI和NaI)的闪烁材料形成额外的反向散射成像面板,虽然本领域的普通技术人员已知的任何闪烁体都可以使用,只要它具有快速的响应时间(<10us初次衰减时间)、良好的均匀性以及抵抗环境条件变化的稳定性。半导体和气体填充检测器也可以使用,虽然除了压缩氙气检测器之外这些都不那么优选。

[0086] 根据本发明的再一个方面,图8和图9中大面积的检测器面板阵列也可以用作如从特殊核材料和其他感兴趣的放射源(如Co-60,Cs-137和Am-241)发射的伽马照射的无源检测器(passive detector)。为了使系统对无源伽马射线灵敏,将X射线源关闭,并将检测器电子装置从电流积分(integrating)模式切换到脉冲计数模式。被检查的物体(如,车辆)首先使用本发明的X射线系统扫描。这里应该注意的是,本发明的方法可以在单视图配置或多视图配置中使用。如果检测到可疑物品,那么此时以无源检测模式再次扫描车辆。这为本发明的成像系统提供了双重操作功能的能力。另外,由于检测器面板的空间定位,可以大约定位空间中的放射源(认识到与由于检测器距离源的距离的平方成反的检测器计数速率的降低)。该定位以图形重叠的形式应用于多视图X射线图像以显示无源伽马源的位置。

[0087] 如图10所示,用于与本发明的多视图系统一起使用的合适的扫描X射线源1000的实施例包括延长阳极X射线管1005、旋转瞄准器组件1010、轴承1015、驱动电机1020和旋转编码器1025。

[0088] 在一个实施例中,延长阳极X射线管1005具有处于地电位的阳极。该阳极具备冷却电路,以在延长的操作时段期间使得目标的热量最小。在一个实施例中,旋转瞄准器组件1010有利地由如钢和钨的合适的工程材料形成。瞄准器包括具有以合适的角度围绕瞄准器的圆周切割的槽的至少一个瞄准环。每个槽的长度都大于它的宽度,并比它的旋转轴长,并在旋转方向上较窄。槽的宽度限定了透射成像系统在扫描方向上的固有空间分辨率。

[0089] 轴承1015支持瞄准器组件1010的重量,并将驱动轴从瞄准器组件传动到驱动马达1020。能够使用电子伺服驱动器来对驱动马达1020进行速度控制,以维持精确的旋转速度。旋转编码器1025提供绝对旋转角度,由于这是确定最终生成的图像中的每个采样检测器点的位置所必需的。

[0090] 由图10的源1000产生的旋转X射线束只在一个维度上具有良好的分辨率。为了提高在垂直方向上的空间分辨率,如图11a和11b所示提供辅助瞄准器组。现在同时参照图11a和11b,箍状瞄准器1100被放置为围绕旋转瞄准器1110的外部边缘,以提供光束宽度方向上的瞄准。由于在一个实施例中,透射检测器很可能是正方形截面的(如图8中的检测器835),因此当结合本发明的偏移系统几何布局(如参考图5讨论的)时,使用辅助光束宽度瞄准器1110允许生成精确地沿着成像检测器的中心线的特定形状的光束。

[0091] 在本发明的实施例中,对透射检测器进行额外的瞄准,以在X射线束自身进入检测材料之前限制它的宽度。这允许收集任意空间分辨率的图像,即使实际穿过物体的X射线束的固有空间分辨率较低。穿过物体的X射线束的宽度保持得尽可能的小,但是与最终瞄准器槽宽度一致,以使得用于被检查的物体的量最小。

[0092] 多视图系统中的每个检测器都具备偏置光电检测器、缓冲并放大来自光电检测器的输出信号以及数字化所得到的信号的读出电子装置。图12示出具有缓冲放大器 and 高速模拟数字(ADC)转换器1210的光电倍增管电路1205的实施例。来自ADC 1210的数据与来自所有其他光电检测器(DET₁,DET₂,...,DET_n)的数字数据一起被传送到系统控制器电路1215。

系统控制器1215还输入来自每个X射线源的编码器数据1220,并提供电机驱动信号1225至每个X射线源。因此,系统控制器1215协调检测器系统的每个组件之间的数据采集,并生成成为每个透射和反向散射X射线视图单独提供数据的图像数据流1230。

[0093] 一组合适的传感器1235用于测量被检查的车辆或物体在它经过检查区域时的速度。合适的传感器包括微波雷达摄像头、扫描红外激光器或仅仅是以已知的距离间隔放置的电感传感器,可以通过比较当车辆扫描经过时每个传感器从假到真以及反过来的时间来提供速度(=距离/时间)测量。在一个实施例中,该速度信息被传递给系统控制器1215,该系统控制器然后调整瞄准器旋转速度、数据采集速率和X射线管电流,以保证用于正在被扫描的物体的每单位长度的量均匀。通过使用高速ADC 1210,在每个透射和反向散射源点采集多个样本,以存储平均值或以其他方式过滤的值,以改善成像系统的信噪比。

[0094] X射线束穿过透射成像检测器的表面的线性扫描速度作为距离源的距离的函数变化(即,更远的点遭受更快的线性扫描速率)。因此,在一个实施例中,使用高速过采样模拟数字转换器1210使用例如编码器数据1220触发每个采样周期的开始来简化采样时间的调整以匹配线性扫描速度,其中在开始扫描之前将相关的编码器值存储在数字查找表中。对数据进行高速采样允许通过对所测量的数据过采样并生成与通过试图只对低采样速率的图像反卷积将会实现的相比更低采样速率的输出图像数据来改进对扫描方向上的空间分辨率的反卷积。

[0095] 根据一个实施例,使用数字电子装置(如,现场可编程门阵列)和微控制器的组合有利地设计系统控制器1215。数字电路仅使用来自编码器1220的数据提供以自动方式从多个检测器和多个编码器构建扫描图像所必需的精确定时以协调活动。一个或多个微控制器提供系统配置功能、用于固件现场升级的系统内可编程性以及最终的数据传输过程的支持。

[0096] 一个实施例使用其中由一组“m个”图像检查人员监控一组“n个”多视图成像系统的矩阵配置。在该配置中,如图13所示,每一个成像系统 $SYS_1, SYS_2, \dots, SYS_n$ 都连接到网络1315,该网络1315提供用于存储和调用所有的图像数据的数据库1305。工作调度器1310跟踪哪些系统是在线的以及哪些操作人员 $INSPECT_1, INSPECT_2, \dots, INSPECT_m$ 可用于检查。来自数据库1305的图像被自动传送到下一个可用的检查人员进行审核。检查结果传递回到相关的成像系统,该系统有利地包括直接手动搜索被检查的可疑车辆或物体的交通控制措施。在一个实施例中,系统监管者1320是可以监控成像系统的状态、监控操作人员的效率并能够复核检查人员的检查结果的管理者。

[0097] 图14示出根据本发明的一个实施例的扫描货物的多视图成像系统的部署,其包括具有位于其中心的主成像系统(如图4的三视图系统400)以及分别提供以允许车辆经过检查隧道1405的中心的上冲(drive-up)坡道和下冲(drive-down)坡道1410、1411的台架(gantry)1400。在一个替换实施例中,台架1400具备运送货物通过检查隧道1405的输送机。在一个实施例中,合适的隧道尺寸对于小行李达800毫米x 500毫米,对于包裹和小型货物达1800毫米x 1800毫米,对于小型车辆和大型货物达3000毫米x 3000毫米,并且对于大型车辆和集装箱货物达5500毫米x 4000毫米。

[0098] 图15示出根据本发明的一个实施例的扫描占用车辆的多视图成像系统的部署,其中多车道道路1500中的车辆接近多个扫描器1505,每个车道上一个扫描器。当车辆1525经

过各自的扫描器并接近多个对应的交通控制系统1510,如路障或其他合适的交通控制措施(包括交通灯)时,对它们进行扫描。图像检查人员的决定结果被自动传递到这些交通控制系统1510,然后该交通控制系统1510根据需要扣留车辆或使车辆绕道。在示例性实施例中,示出扣留区域1515,由于检查人员/操作人员将车辆1520的扫描图像标记为可疑的,因此车辆1520停在该扣留区域中。

[0099] 根据另一个方面,本发明的多视图成像系统以移动检查车辆的形式部署,以快速迁移到检查地点。图16a示出处于其操作状态准备进行扫描的移动检查系统1600。车辆1605载有多视图检测系统的一个实施例,其中扫描隧道1610被一组臂1615、1621、1622环绕。

[0100] 一个示例性的臂装载顺序使用图16b至图16g图形说明如下:

[0101] 图16b示出步骤1650,其包括围绕水平臂1621端部的铰链点1601将垂直臂1620折叠起来。这例如可以通过使用液压缸致动实现,虽然本领域的普通技术人员已知的其他机构也可以考虑,如拉线和电子驱动器。

[0102] 图16c所示的步骤1655包括围绕位于垂直支持臂1622顶部的铰接点1602将水平臂1621和垂直臂1620同时折叠起来。

[0103] 图16d所示的步骤1660包括向车辆1605的后部降低垂直支持臂1622。垂直支持臂1622可以向下折叠到某个陡峭的角度,以留有空间供操作人员检查车舱放置在车辆后部同一位置上。在另一个实施例中,垂直支持臂1622可以向下折叠成基本平行于车辆的后部平台,以允许紧凑的系统配置,这被有利地开发出来以允许使用传统的航空运输将系统快速迁移。

[0104] 图16e所示的步骤1665包括将成像系统的基座部分1625从它的操作位置折叠至少90度。然后,在如图16f所示的步骤1670中,包括将主基座部分1625的外部水平基座部分1625a折叠至少180度,使得它平行于内部基座部分1625b。

[0105] 最后,在图16g所示的步骤1675中,通过旋转90度进行基座部分的完全折叠,以完成系统装载。用于获得图16a的操作状态的臂的部署的上述步骤1650至1675包括相反顺序的臂装载步骤。

[0106] 在替换实施例中,移动检查系统1600被部署为只有垂直和水平臂,而没有下部成像部分。这给予了侧面发射器配置中的双视图成像能力,但没有顶部发射器视图。在该模式下,该系统能够通过具有至少一个透射视图的成像配置、具有或不具有反向散射能力的扫描模式完全驱动。

[0107] 上述示例仅用作说明本发明的系统的许多应用。尽管这里只描述了本发明的少数实施例,但应该理解的是,本发明在不偏离本发明的精神和范围的情况下可以以许多其他具体形式实施。因此,这些示例和实施例应被视为是示例性的,而不是限制性的,并且在所附权利要求的范围内可以对本发明进行修改。

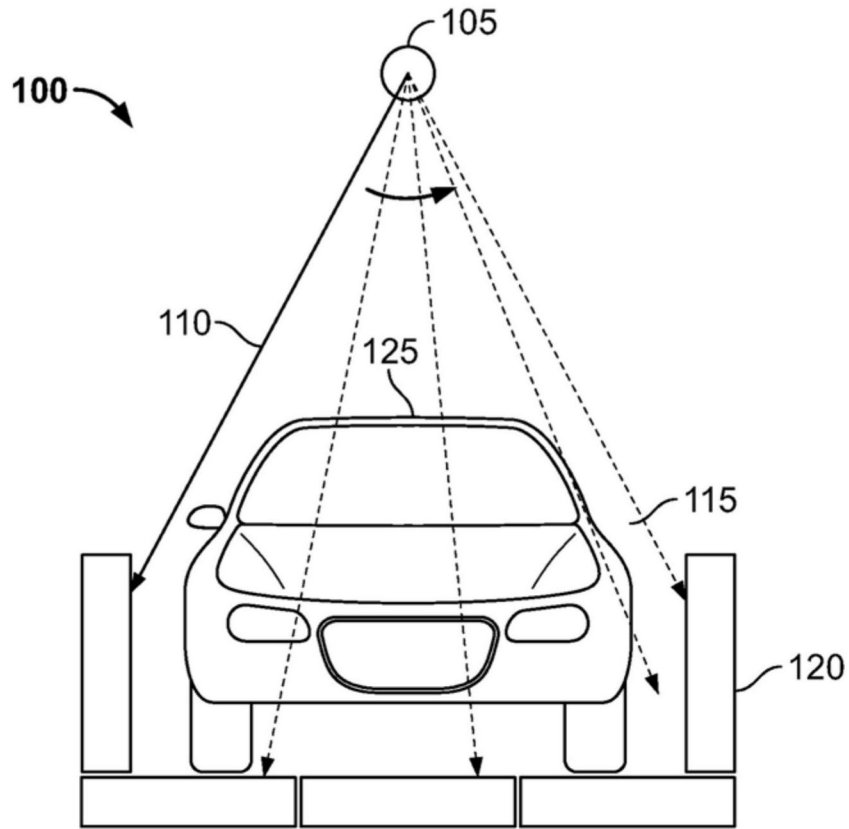


图1

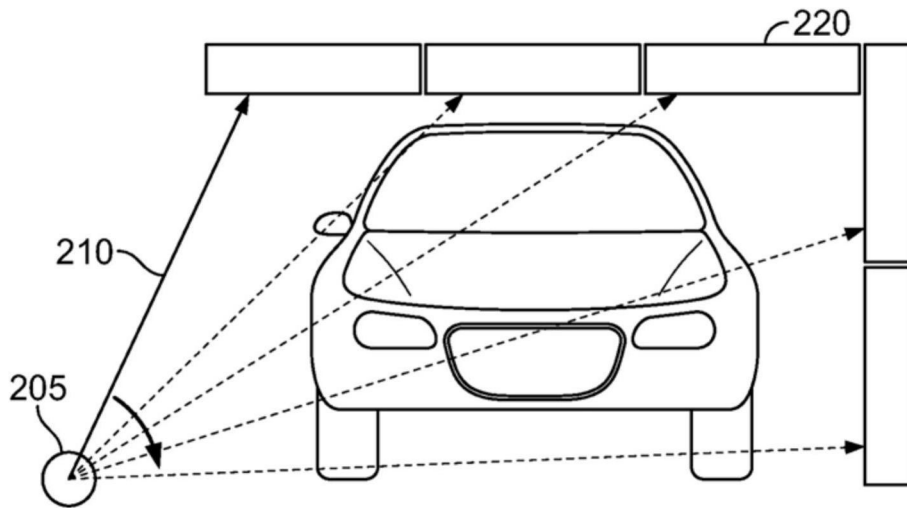


图2

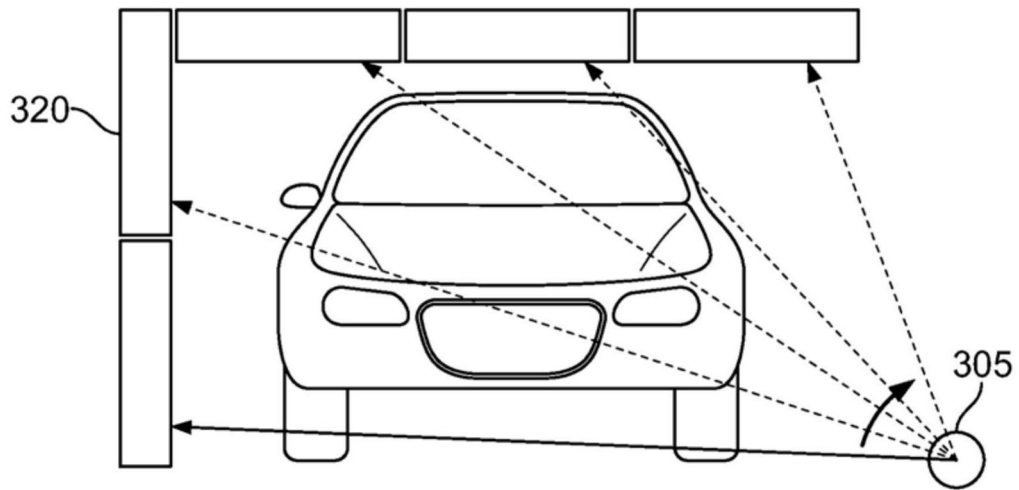


图3

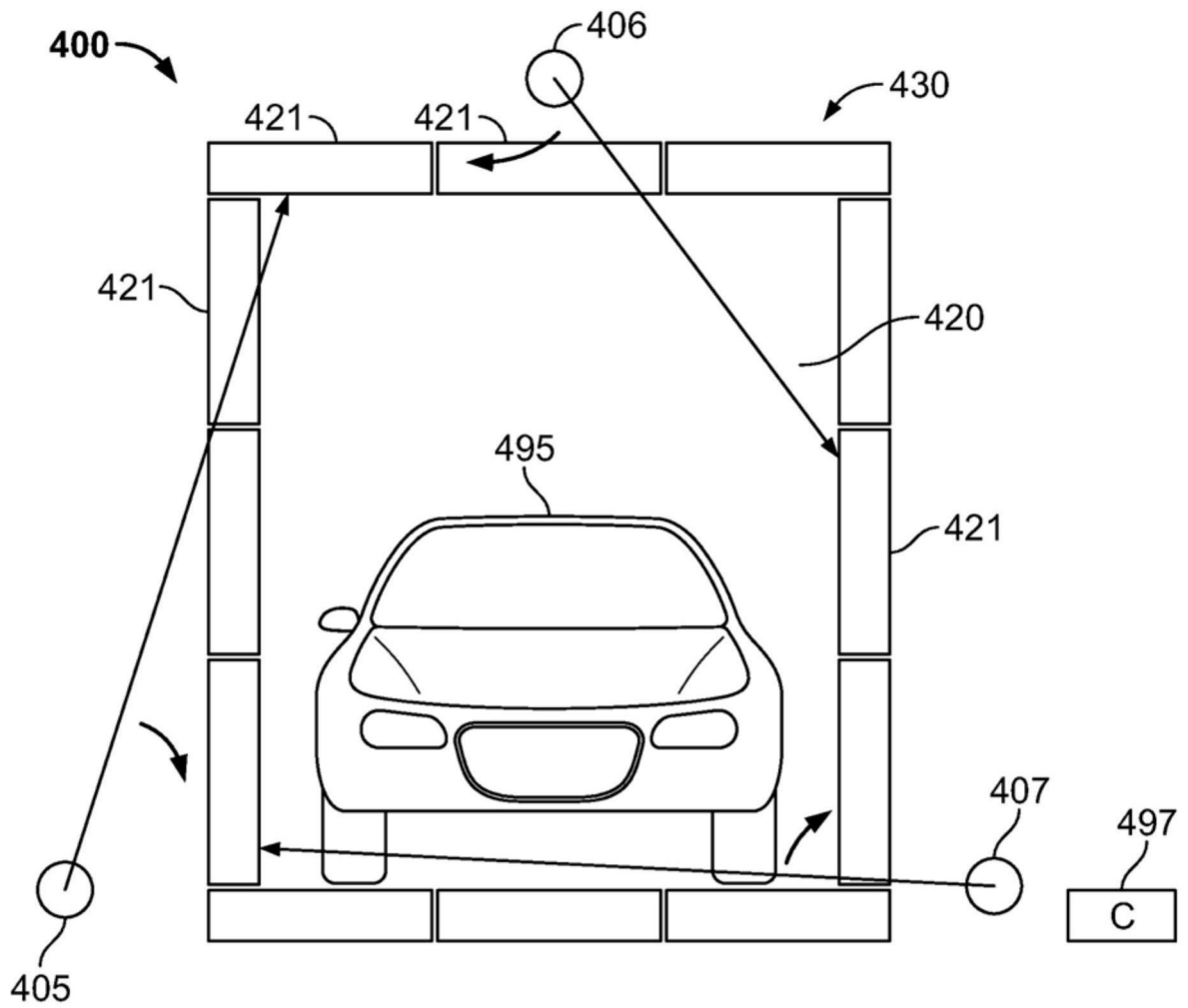


图4

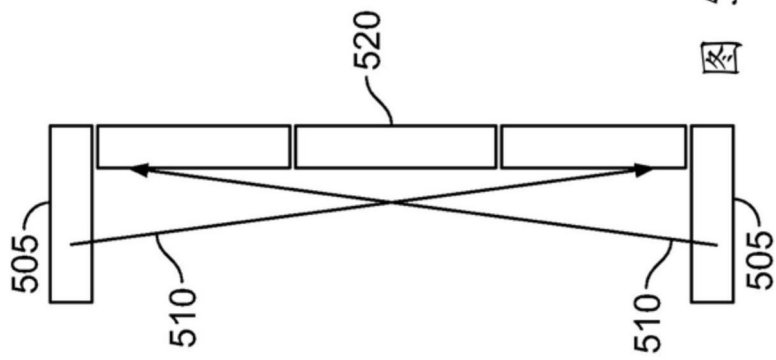


图 5

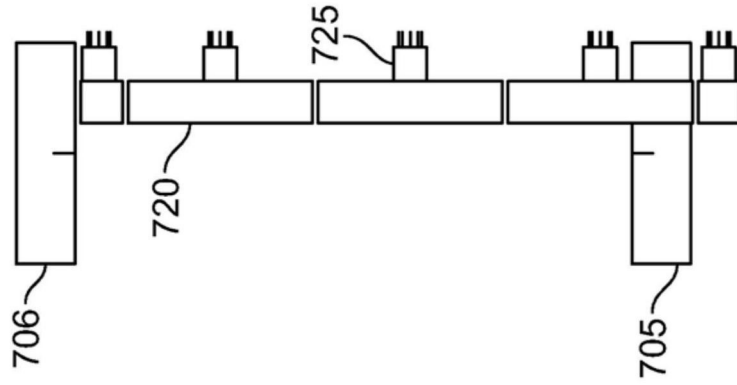


图 7A

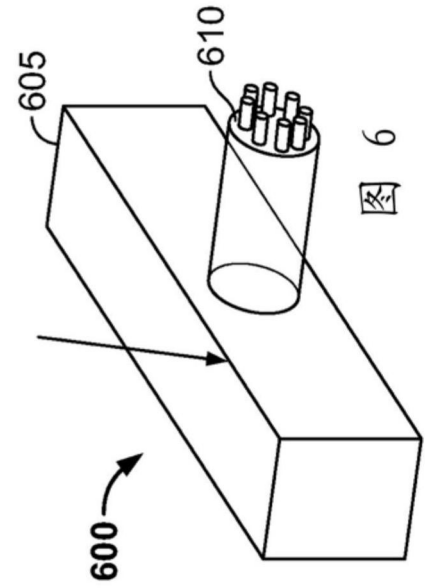


图 6

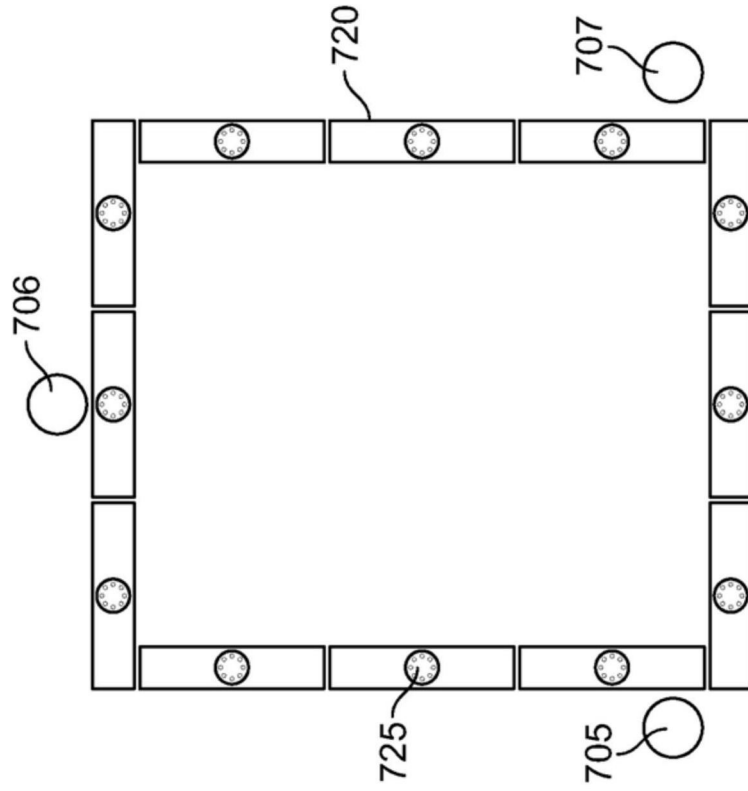


图7B

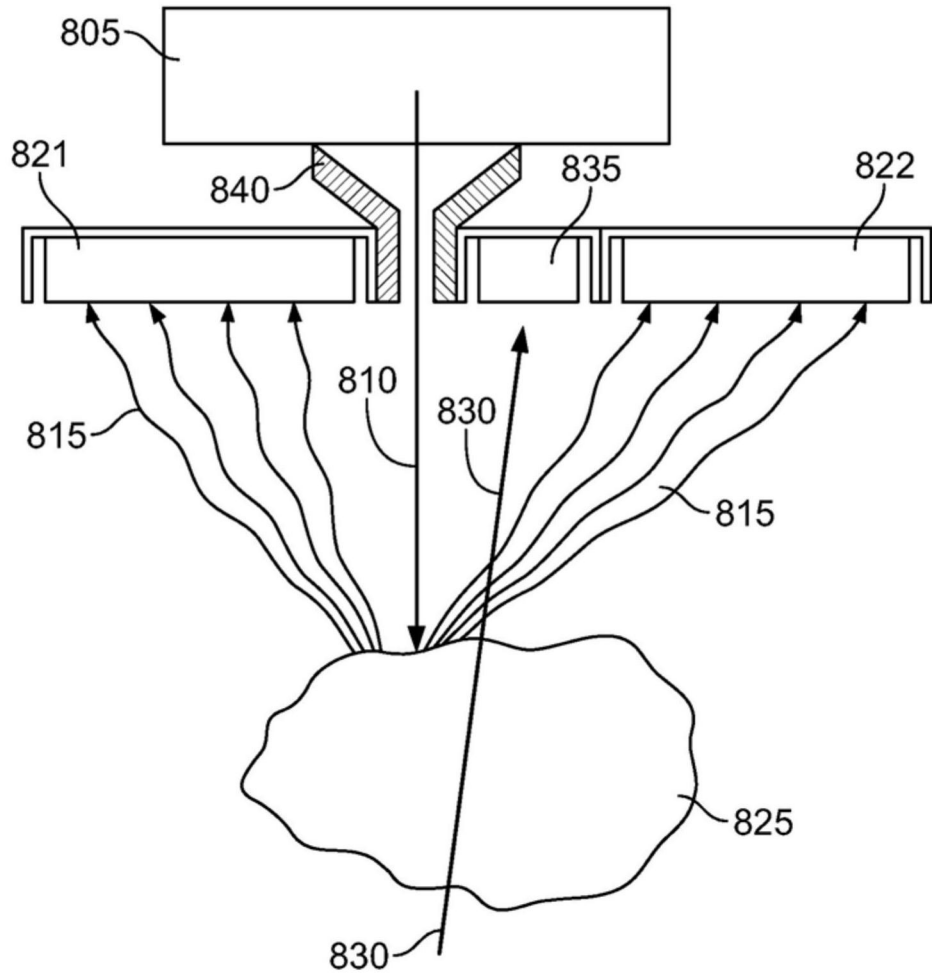


图8

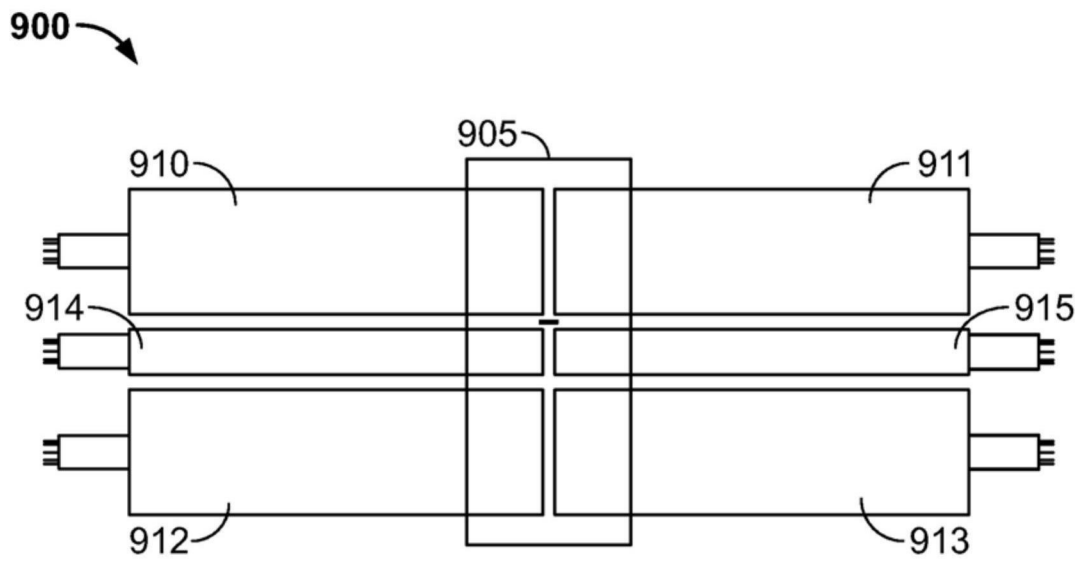


图9

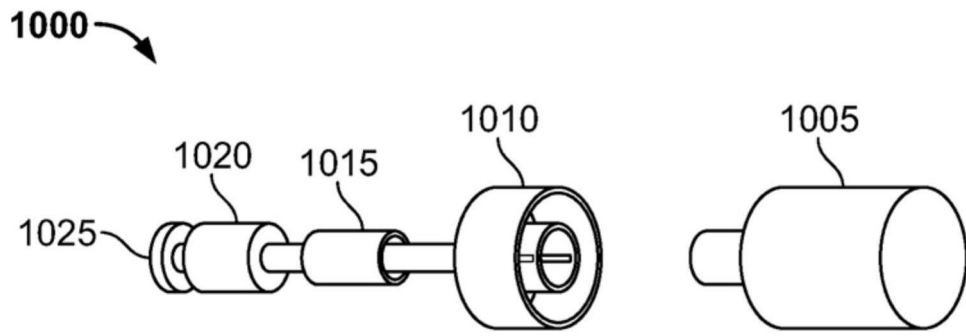


图10

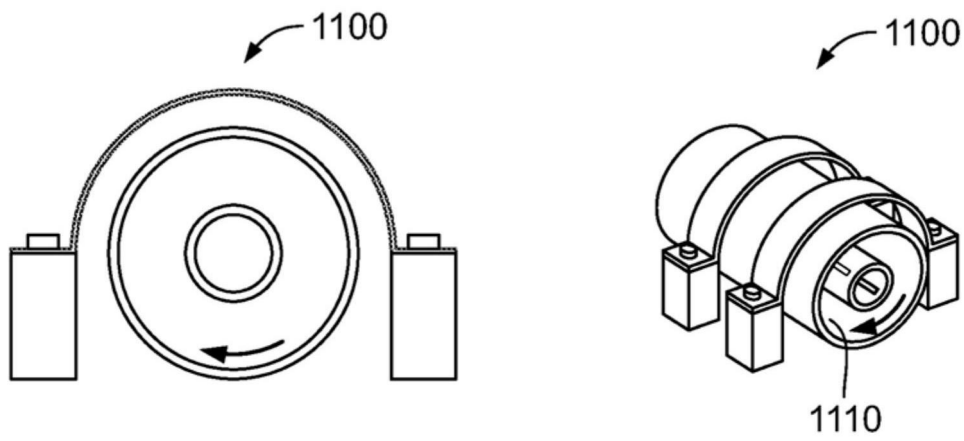


图11A

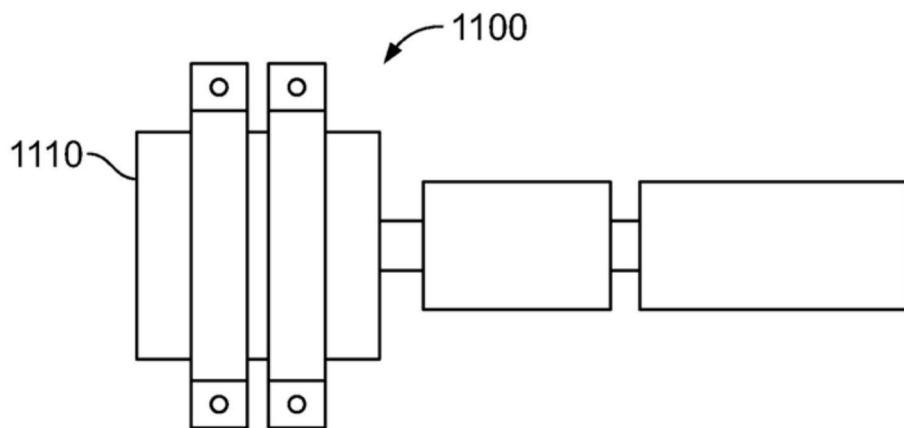


图11B

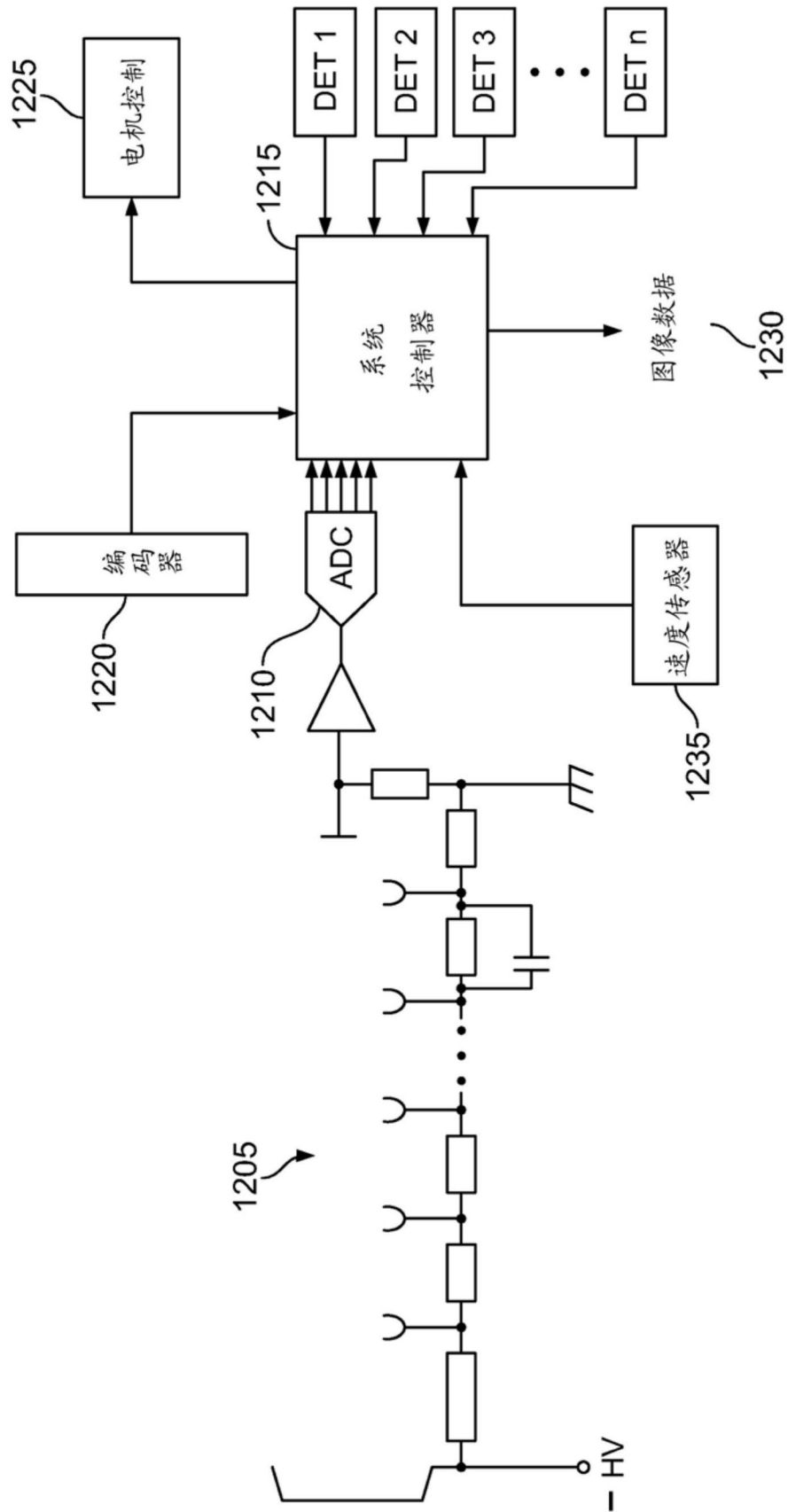


图12

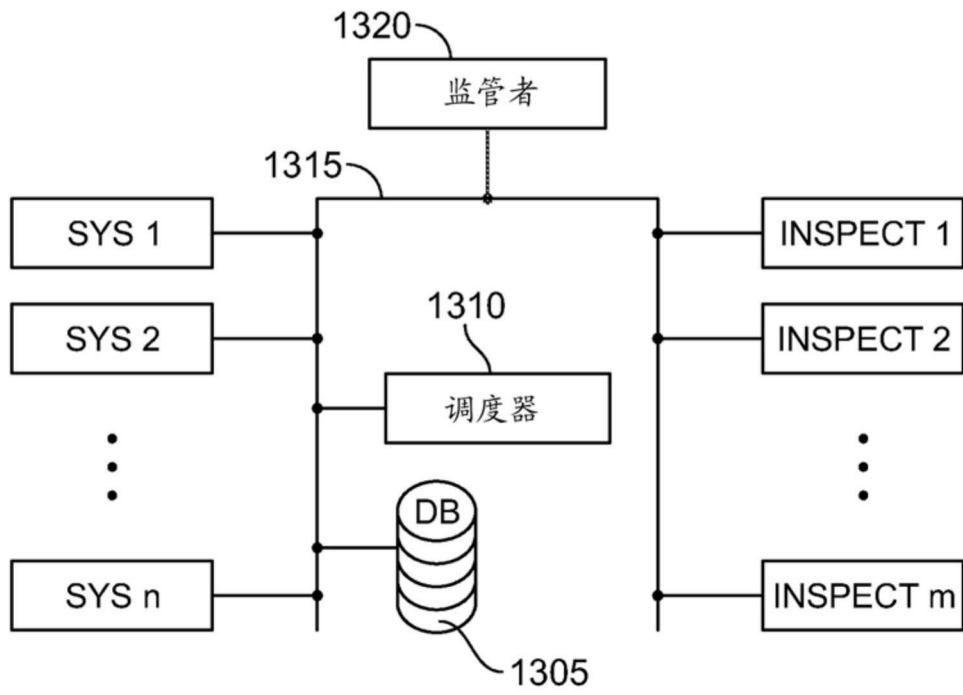


图13

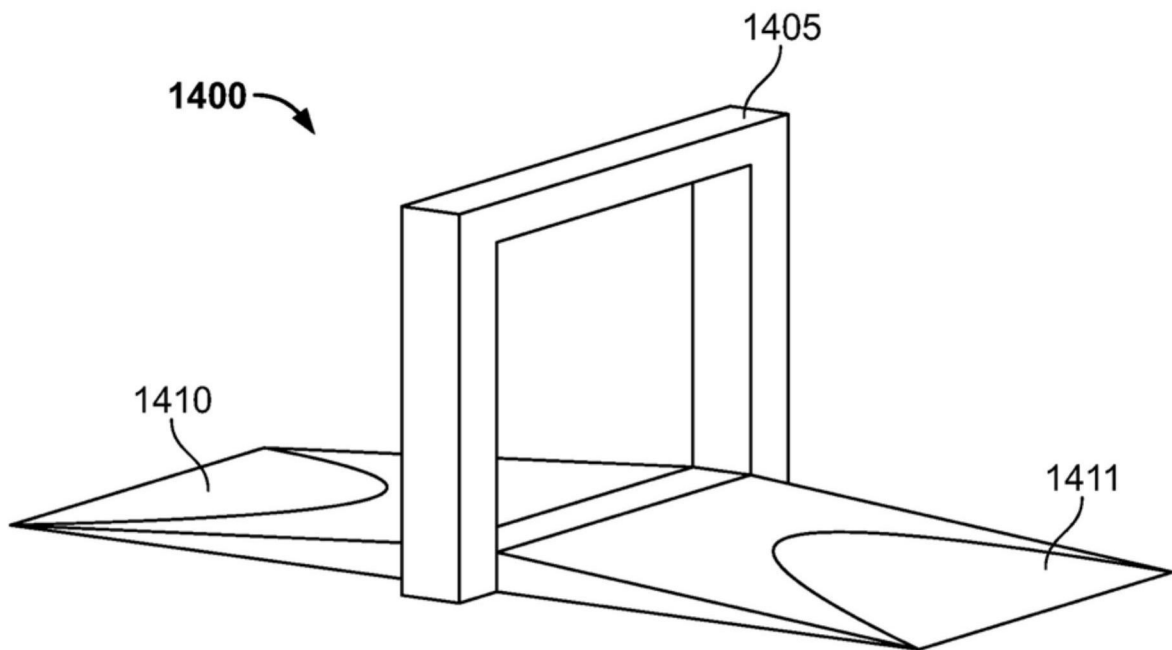


图14

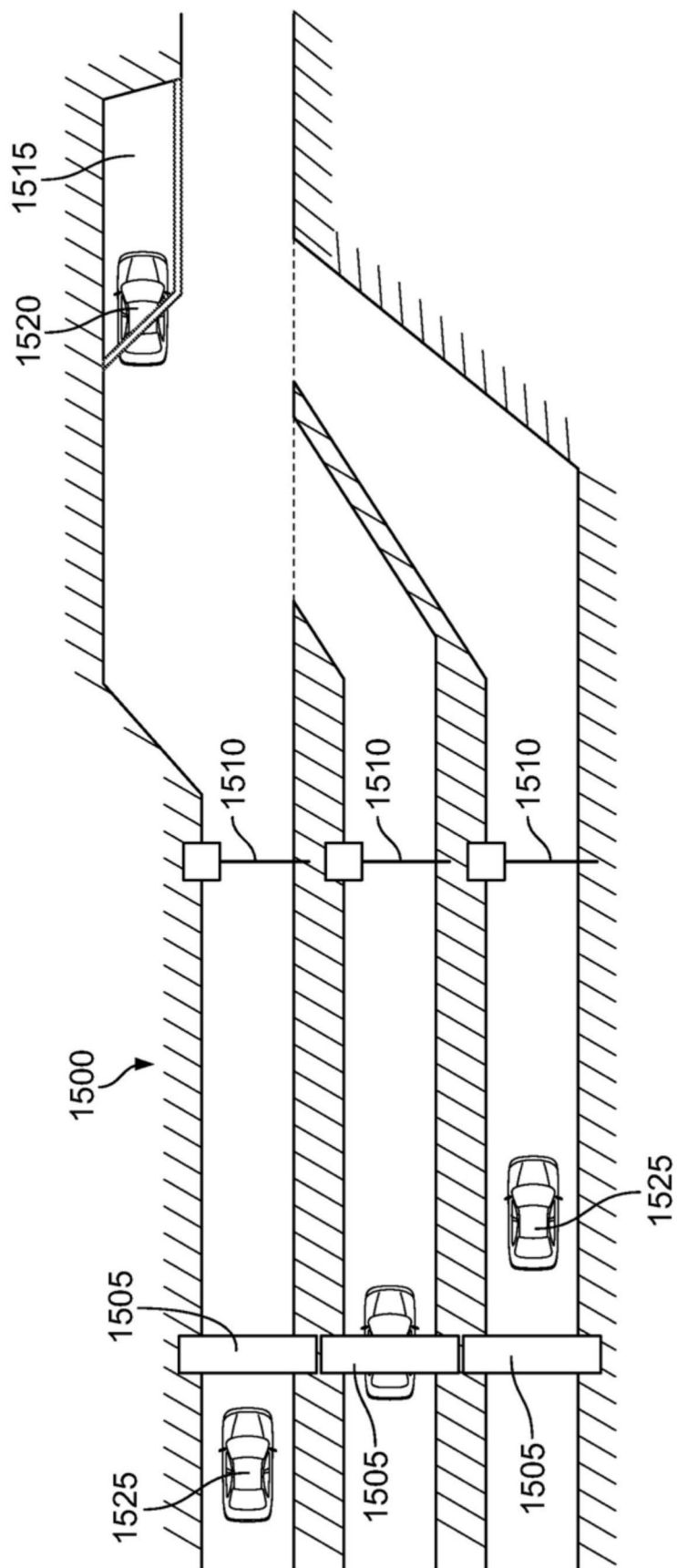


图15

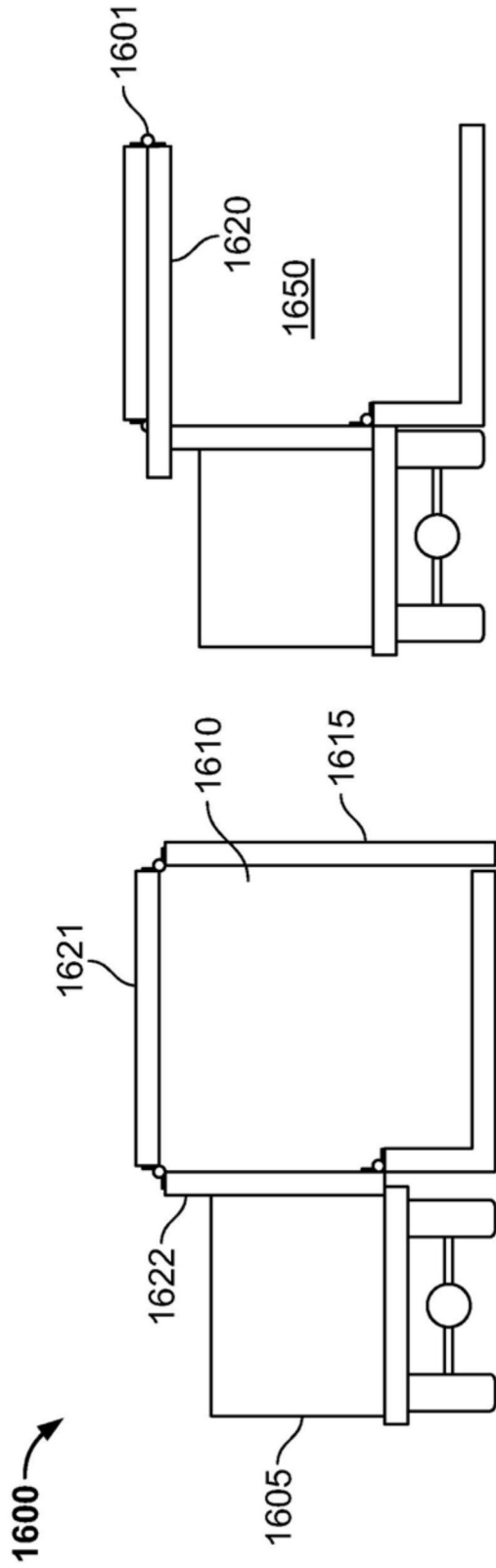


图 16A

图 16B

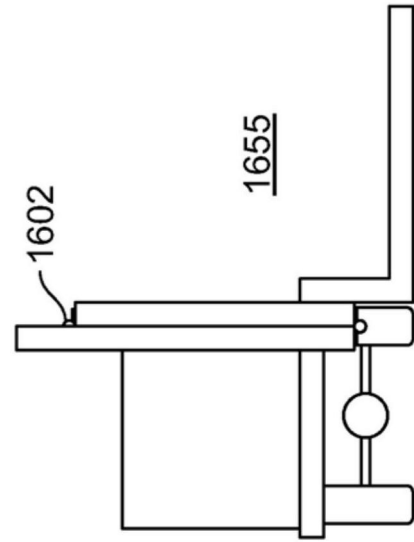


图16C

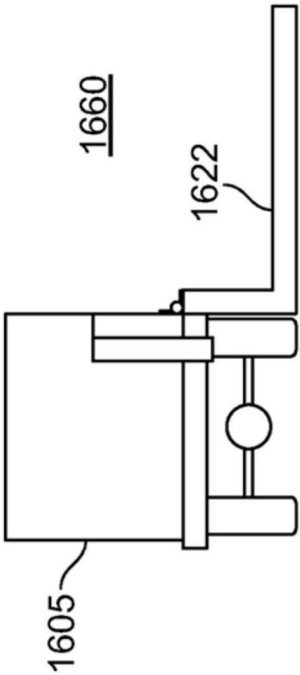


图16D

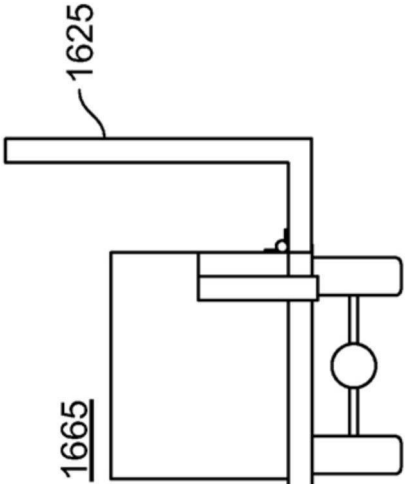


图16E

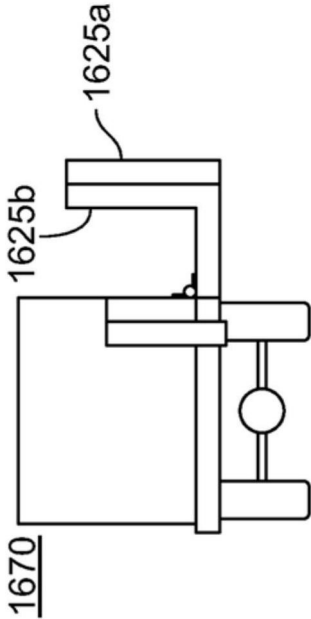


图16F

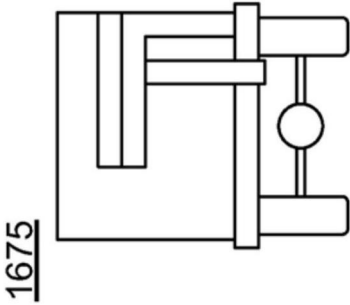


图16G