



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105372713 B

(45)授权公告日 2019.06.04

(21)申请号 201510509667.9

(22)申请日 2015.08.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105372713 A

(43)申请公布日 2016.03.02

(30)优先权数据
14/463459 2014.08.19 US

(73)专利权人 莫福探测仪器有限责任公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 S.斯卡 M.A.默斯巴赫 G.哈丁
S.K.巴苏 G.齐纳

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001
代理人 王岳 胡莉莉

(51)Int.Cl.
G01V 5/00(2006.01)
G01N 23/207(2006.01)

(56)对比文件

- WO 2014/024076 A1, 2014.02.13, 全文.
- CN 101825586 A, 2010.09.08, 全文.
- US 2006/093090 A1, 2006.05.04, 全文.
- CN 101495853 A, 2009.07.29, 全文.
- US 2012/263275 A1, 2012.10.18, 全文.
- CN 1584931 A, 2005.02.23, 全文.
- US 2014/033025 A1, 2014.01.30, 全文.
- CN 101821647 A, 2010.09.01, 全文.
- CN 102472806 A, 2012.05.23, 全文.
- G. Harding 等. "X-ray diffraction imaging with the Multiple Inversion Fan Beam topology: Principles, performance and potential for security screening". 《APPLIED RADIATION AND ISOTOPES》. 2012, 第70卷(第7期), 第1228-1237页.

审查员 袁东驹

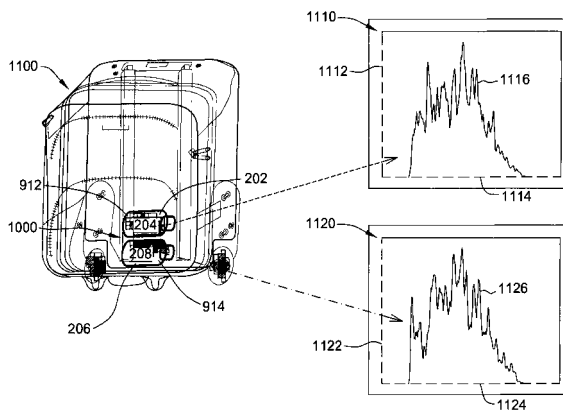
权利要求书4页 说明书12页 附图15页

(54)发明名称

X射线衍射成像系统及操作其的方法

(57)摘要

X射线衍射成像系统及操作其的方法。一种执行包括多个对象的容器的安全检查的方法包括用多色x射线照射容器。该方法还包括重构定义动量传递光谱的4-D体素化表示并通过作为动量传递光谱的函数来确定每个体素处的单个值来生成3-D图像。该方法还包括将体素分段成邻接体素的段。每个段包括至少部分地映射到至少一个对象上的多个邻接体素。该方法还包括在多个邻接体素的至少一部分的范围内计算聚合动量传递光谱。该方法还包括将聚合动量传递光谱分类为威胁和非威胁中的一个并基于聚合动量传递光谱将所述至少一个对象辨别为威胁段和非威胁段中的一个。



1. 一种使用包括被耦合到存储器设备的至少一个处理器的计算设备来执行在其中包括多个对象的容器的安全检查的计算机实现方法,所述方法包括:

用多色x射线来照射容器;

使用计算设备来重构容器内的多个散射截面的四维(4-D)体素化表示,其中,四维(4-D)体素化表示包括多个体素,前三个维度表示多个体素中的每个体素的空间位置,并且第四维度表示定义容器的动量传递光谱的多个动量传递值;

通过作为动量传递光谱的函数而确定所述多个体素中的每个体素处的单个散射强度值来生成至少一个三维(3-D)图像;

将多个体素分段成邻接体素的多个段,其中,所述多个段中的每个段包括多个邻接体素,其中,所述多个段的至少一部分至少部分地映射到所述多个对象中的至少一个对象上;

通过使用所述多个邻接体素的至少一部分作为用于聚合的指导计算所述多个段的所述至少一部分范围内的一个或多个聚合动量传递光谱;

将一个或多个聚合动量传递光谱分类为威胁和非威胁中的一个;以及

基于所述一个或多个聚合动量传递光谱来将所述至少一个对象辨别为威胁段和非威胁段中的一个。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,生成至少一个三维(3-D)图像包括在动量传递光谱内的多个动量传递值中的至少一些的范围对多个散射截面求和。

3. 根据权利要求1所述的方法,还包括对多个体素去噪声,从而促进三维(3-D)图像的平滑化。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,将多个体素分段成邻接体素的多个段包括以下各项中的至少一个:

对多个体素中的每个体素进行阈值化包括将多个体素中的每个体素的单个散射强度值与预定阈值相比较;以及

执行所述多个体素中的每个体素的连接分量标记。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,将所述多个体素分段成邻接体素的多个段还包括在对所述多个体素中的每个体素进行阈值化之后执行图像腐蚀。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,将所述多个体素分段成邻接体素的多个段还包括将所述多个段中的所述至少一部分的至少一个段分离成邻接体素的多个分离段。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,将所述多个段的所述至少一部分的邻接体素的至少一个段分离成邻接体素的多个分离段包括:

确定一起跨越三维(3-D)空间的x轴、y轴以及z轴;

计算用于至少一个段的每个体素的x坐标、y坐标以及z坐标;

使所述至少一个段绕着y轴和z轴旋转;

通过绕着y轴和z轴的旋转来确定所述至少一个段的x轴上的邻接体素的强度的投影和;

确定强度的投影和的至少一个最小值;以及

确定用于所述至少一个最小值的至少一个分离平面。

8. 根据权利要求1的方法,其中,计算所述多个段的至少一部分范围内的一个或多个聚合动量传递光谱包括将用于所述多个段中的每个段的所述多个邻接体素的光谱聚合,从而

生成用于每个段的聚合光谱值。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中,通过使用所述多个邻接体素的至少一部分作为用于聚合的指导来计算所述多个段的所述至少一部分范围内的一个或多个聚合动量传递光谱包括:

定义体素的邻域,包括:

定义所述多个邻接体素的所述至少一部分内的第一体素;以及

定义所述多个邻接体素的所述至少一部分内的多个第二体素,其中,所述多个第二体素具有到第一体素的确定空间接近度;以及

将来自所述邻域中的所有体素的动量传递光谱聚合。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中,定义体素的邻域包括:

确定一起跨越三维(3-D)空间的x轴、y轴以及z轴;以及

以下各项中的至少一个:

针对预定数目的体素确定从第一体素沿着x轴、y轴以及z轴中的每一个延伸的第二体素;以及

针对预定距离确定从第一体素沿着x轴、y轴以及z轴中的每一个延伸的第二体素。

11. 一种x射线衍射成像(XDI)系统,包括:

至少一个x射线源,被配置成用多色x射线来照射在其中包括多个对象的容器;

至少一个检测器,被配置成检测在多色x射线已通过容器之后的散射x射线;以及

计算设备,被耦合到所述至少一个检测器,所述计算设备包括至少一个处理器和被耦合到所述至少一个处理器的存储器设备,所述至少一个处理器被配置成:

重构容器内的多个散射截面的四维(4-D)体素化表示,其中,四维(4-D)体素化表示包括多个体素,前三个维度表示所述多个体素中的每个体素的空间位置,并且第四维度表示定义容器的动量传递光谱的多个动量传递值;

通过作为动量传递光谱的函数而确定所述多个体素中的每个体素处的单个散射强度值来生成至少一个三维(3-D)图像;

将所述多个体素分段成邻接体素的多个段,其中,所述多个段中的每个段包括多个邻接体素,其中,所述多个段的至少一部分至少部分地映射到所述多个对象中的至少一个对象上;

通过使用所述多个邻接体素的至少一部分作为用于聚合的指导计算所述多个段的所述至少一部分范围内的一个或多个聚合动量传递光谱;

将一个或多个聚合动量传递光谱分类为威胁和非威胁中的一个;以及

基于所述一个或多个聚合动量传递光谱来将所述至少一个对象辨别为威胁段和非威胁段中的一个。

12. 根据权利要求11所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述至少一个处理器还被配置成通过在动量传递光谱内的多个动量传递值中的至少一些的范围对所述多个散射截面求和而生成至少一个三维(3-D)图像。

13. 根据权利要求11所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述至少一个处理器还被配置成对所述多个体素去噪声,从而促进三维(3-D)图像的平滑化。

14. 根据权利要求11所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述至少一个处理器还

被配置成:

通过将所述多个体素中的每个体素的单个散射强度值与预定阈值相比较来对所述多个体素中的每个体素进行阈值化;以及

执行所述多个体素中的每个体素的连接分量标记。

15. 根据权利要求14所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述至少一个处理器还被配置成在对所述多个体素中的每个体素进行阈值化之后执行图像腐蚀。

16. 根据权利要求11所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述至少一个处理器还被配置成将所述多个段的所述至少一部分的至少一个段分离成邻接体素的多个分离段。

17. 根据权利要求16所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述至少一个处理器还被配置成:

确定一起跨越三维(3-D)空间的x轴、y轴以及z轴;

计算用于所述至少一个段的每个体素的x坐标、y坐标以及z坐标;

使所述至少一个段绕着y轴和z轴旋转;

通过绕着y轴和z轴的旋转来确定所述至少一个段的x轴上的邻接体素的强度的投影和;

确定强度的投影和的至少一个最小值;以及

确定用于所述至少一个最小值的至少一个分离平面。

18. 根据权利要求17所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述至少一个处理器还被配置成将用于所述多个段中的每个段的所述多个邻接体素的光谱聚合,从而生成用于每个段的聚合光谱值。

19. 根据权利要求11所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述至少一个处理器还被配置成:

定义体素的邻域,包括:

定义所述多个邻接体素的所述至少一部分内的第一体素;以及

定义所述多个邻接体素的所述至少一部分内的多个第二体素,其中,所述多个第二体素具有到第一体素的确定空间接近度;以及

将来自所述邻域中的所有体素的动量传递光谱聚合。

20. 根据权利要求19所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述至少一个处理器还被配置成:

确定一起跨越三维(3-D)空间的x轴、y轴以及z轴;以及

以下各项中的至少一个:

针对预定数目的体素确定从第一体素沿着x轴、y轴以及z轴中的每一个延伸的第二体素;以及

针对预定距离确定从第一体素沿着x轴、y轴以及z轴中的每一个延伸的第二体素。

21. 根据权利要求11所述的x射线衍射成像(XDI)系统,其中,所述x射线衍射成像(XDI)系统是多个反转扇形射束(MIFB)x射线衍射成像(XDI)系统。

22. 具有在其上面包含计算机可执行指令的一个或多个计算机可读存储介质,其中,在被至少一个处理器执行时,所述计算机可执行指令引起所述至少一个处理器:

重构容器内的多个散射截面的四维(4-D)体素化表示,其中,四维(4-D)体素化表示包

括多个体素,前三个维度表示所述多个体素中的每个体素的空间位置,并且第四维度表示定义容器的动量传递光谱的多个动量传递值;

通过作为动量传递光谱的函数来确定所述多个体素中的每个体素处的单个散射强度值来生成至少一个三维(3-D)图像;

将所述多个体素分段成邻接体素的多个段,其中,所述多个段中的每个段包括多个邻接体素,其中,所述多个段的至少一部分至少部分地映射到所述多个对象中的至少一个对象上;

通过使用所述多个邻接体素的至少一部分作为用于聚合的指导而计算所述多个段的所述至少一部分范围内的一个或多个聚合动量传递光谱;

将一个或多个聚合动量传递光谱分类为威胁和非威胁中的一个;以及

基于所述一个或多个聚合动量传递光谱来将所述至少一个对象辨别为威胁段和非威胁段中的一个。

X射线衍射成像系统及操作其的方法

[0001] 关于联邦赞助研究&开发的声明

[0002] 本发明是根据由国家安全部(DHS)授予的合同号HSHQDC-11-C-00014在美国(U.S.)政府支持下完成的。美国政府在本发明中可以具有某些权利。

背景技术

[0003] 本文所述的实施例一般地涉及采用x射线衍射成像(XDI)的系统,并且更特别地涉及一种通过多个邻接体素(contiguous voxel)中的信号的聚合来识别对象的XDI系统。

[0004] 已知安全检测系统在旅行检查点处用来针对隐藏的武器、麻醉药和/或爆炸物而检查携带和/或托运行李。至少某些已知安全检测系统包括x射线成像系统。在x射线成像系统中,x射线源通过诸如手提箱之类的对象或容器朝着检测器发射x射线,并处理检测器输出以识别容器中的一个或多个对象和/或一个或多个材料。

[0005] 至少某些已知XDI系统通过测量材料中的微晶的晶格平面之间的d间距而与由其它已知x射线成像系统提供的辨别力相比提供了改善的材料辨别力。此外,x射线衍射可根据可用来识别容器中的诸如液体之类的其它材料的分子干涉函数(molecular interference function)来提供数据。

[0006] 已知的多检测器反转扇形射束(MIFB)XDI系统以x射线多源为特征,其发射许多多色x射线束,使得从多个不同的方向照射每个对象体素。这些系统测量非均匀延伸对象的组成体素的空间分辨x射线衍射轮廓(profile)。此类MIFB XDI系统生成三维(3-D)体积图或图像,其中,图像内的每个体素包括多色能谱,即用于源自于每个体素的相干散射信号的动量传递轮廓。这些已知MIFB XDI系统中的某些使用相对小的体素来改善较小对象特征的视觉分辨率。然而,如每个体素测量的光子的数目所定义的,来自每个体素的信号水平是非常低的。一般地,XDI系统的性能在每个体素存在少于100个光子时显著地下降。在某些已知XDI系统中,光子计数在每个体素0与25个光子之间的范围中。

[0007] 因此,由于这些低信号水平,难以建立用于单独体素中的准确材料表征的可靠光谱。感兴趣的对象通常占用多个邻接体素,并且此类感兴趣对象可相互接近和/或邻近地定位。来自邻近或附近体素的信号的简单聚合可提供足以准确地识别感兴趣物质的材料光谱。然而,如果组合体素的选择包括具有从不同材料散射的光子的体素,则结果得到的光谱将是混合体,并且识别材料可能是不可能的。另外,接近和/或邻近的感兴趣对象的视觉辨别可能难以生成。

发明内容

[0008] 在一个方面,提供了一种执行在其中包括多个对象的容器的安全检查的计算机实现方法。该方法使用包括被耦合到存储器设备的至少一个处理器的计算设备。该方法包括用多色x射线来照射容器并使用计算设备来重构容器内的多个散射截面的四维(4-D)体素化表示。该4-D体素化表示包括多个体素。前三个维度表示多个体素中的每个体素的空间位置,并且第四维度表示定义容器的动量传递光谱的多个动量传递值。该方法还包括通过作

为动量传递光谱的函数而确定所述多个体素中的每个体素处的单个值来生成至少一个三维(3-D)图像。该方法还包括将所述多个体素分段成邻接体素的多个段。所述多个段中的每个段包括多个邻接体素。所述多个段的至少一部分至少部分地映射到所述多个对象中的至少一个对象上。该方法还包括通过使用所述多个段的所述至少一部分作为用于聚合的指导计算所述多个邻接体素的所述至少一部分范围内的聚合动量传递光谱。该方法还包括将聚合动量传递光谱分类为威胁和非威胁中的一个并基于聚合动量传递光谱将所述至少一个对象辨别为威胁段和非威胁段中的一个。

[0009] 在另一方面,提供了一种x射线衍射成像(XDI)系统。该XDI系统包括被配置成用多色x射线来照射在其中包括多个对象的容器的至少一个x射线源。该系统还包括被配置成在多色x射线已经通过容器之后检测散射x射线的至少一个检测器。该系统还包括被耦合到所述至少一个检测器的计算设备。该计算设备包括至少一个处理器和被耦合到所述至少一个处理器的存储器设备。所述至少一个处理器被配置成重构容器内的多个散射截面的四维(4-D)体素化表示,其中,4-D体素化表示包括多个体素。前三个维度表示所述多个体素中的每个体素的空间位置,并且第四维度表示定义容器的动量传递光谱的多个动量传递值。所述至少一个处理器还被配置成通过作为动量传递光谱的函数而确定所述多个体素中的每个体素处的单个值来生成至少一个三维(3-D)图像。所述至少一个处理器还被配置成将所述多个体素分段成邻接体素的多个段。所述多个段中的每个段包括多个邻接体素。所述多个段的至少一部分至少部分地映射到所述多个对象中的至少一个对象上。所述至少一个处理器还被配置成通过使用所述多个段的所述至少一部分作为用于聚合的指导而计算所述多个邻接体素的所述至少一部分范围内的聚合动量传递光谱。所述至少一个处理器还被配置成将聚合动量传递光谱分类为威胁和非威胁中的一个并基于聚合动量传递光谱将所述至少一个对象辨别为威胁段和非威胁段中的一个。

[0010] 在另一方面,提供了一种具有在其上面包含计算机可执行指令的一个或多个计算机可读存储介质。在被至少一个处理器执行时,该计算机可执行指令引起所述至少一个处理器重构容器内的多个散射截面的四维(4-D)体素化表示。该4-D体素化表示包括多个体素。前三个维度表示所述多个体素中的每个体素的空间位置,并且第四维度表示定义容器的动量传递光谱的多个动量传递值。所述计算机可执行指令还引起所述至少一个处理器通过作为动量传递光谱的函数而确定所述多个体素中的每个体素处的单个值来生成至少一个三维(3-D)图像。所述计算机可执行指令还引起所述至少一个处理器将所述多个体素分段成邻接体素的多个段。所述多个段中的每个段包括多个邻接体素。所述多个段中的至少一部分至少部分地映射到所述多个对象中的至少一个对象上。所述计算机可执行指令还引起所述至少一个处理器通过使用所述多个段的所述至少一部分作为用于聚合的指导计算所述多个邻接体素的所述至少一部分范围内的聚合动量传递光谱。所述计算机可执行指令还引起所述至少一个处理器将聚合动量传递光谱分类为威胁和非威胁中的一个并基于聚合动量传递光谱而将所述至少一个对象辨别为威胁段和非威胁段中的一个。

附图说明

[0011] 图1—24示出了本文所述的系统和方法的示例性实施例。

[0012] 图1是X-Y平面中的示例性x射线衍射成像(XDI)系统的示意图;

- [0013] 图2是包括多个对象的示例性容器的示意图；
- [0014] 图3是使用图1中所示的XDI系统来执行包括多个对象的容器的安全检查的示例性方法的流程图；
- [0015] 图4是示例性图像、即图2中所示的容器的四维(4-D)体素化表示的示意图；
- [0016] 图5是来自图3的方法的继续；
- [0017] 图6是通过确定图4中所示的4-D体素化表示中所示的每个体素处的散射强度的单个值而生成的图2中所示的容器的示例性三维(3-D)图像的示意图；
- [0018] 图7是来自图5的方法的继续；
- [0019] 图8是通过图6中所示的图像进行滤波生成的图2中所示的容器的示例性图像的示意图；
- [0020] 图9是来自图7的方法的继续；
- [0021] 图10是通过图8中所示的图像进行阈值化(thresholding)而生成的图2中所示的容器的示例性图像的示意图；
- [0022] 图11是来自图9的方法的继续；
- [0023] 图12是通过图10中所示的图像进行标记而生成的图2中所示的容器的示例性图像的示意图；
- [0024] 图13是来自图11的方法的继续；
- [0025] 图14是具有正交的x、y和z轴的图12中所示的图像的示意图；
- [0026] 图15是来自图13的方法的继续；
- [0027] 图16是通过段围绕正交的y轴和z轴的旋转而投射在x轴上的邻接体素的段的强度的和的图形表示；
- [0028] 图17是具有通过那里延伸的分离平面的邻接体素的段的示意图；
- [0029] 图18是来自图15的方法的继续；
- [0030] 图19是具有邻接体素的分离段的图2中所示的容器的示例性图像的示意性表示；
- [0031] 图20是用于某些实施例的来自图18的方法的继续；
- [0032] 图21是还用于某些另外实施例的来自图18的方法的继续；
- [0033] 图22是来自图20和21的方法的继续；
- [0034] 图23是使用图1中所示的XDI系统的示例性图像的示意性和图形视图；以及
- [0035] 图24是在图1中所示的计算设备内的数据库的示例性配置，以及其它相关计算部件，其可用来用如本文所述的XDI系统来执行容器的安全检查。

具体实施方式

[0036] 本文所述的x射线衍射成像(XDI)系统促进以适当的高检测概率(P_D)和低假警报(即错误肯定(false positive))概率(P_{FA})进行感兴趣材料的节约成本的增强识别。具体地，与许多已知的安全扫描系统相反，如本文所述的XDI安全筛选系统促进多个邻接体素到可包括感兴趣材料的段中的分段。分段之前的初始步骤包括生成用于每个体素的散射强度值并对用于每个体素的信号进行滤波，从而降低噪声水平并改善包括单个材料的那些体素的均匀性。该分段过程包括将具有小于基于感兴趣材料的预定阈值的散射强度的体素滤出，从而留下在中间具有遗漏体素的邻接体素。该分段过程还包括标记步骤，其中，保持某

些体素并忽视(即排除)某些体素。连接保持的体素,并且连接的体素形成“岛”,即被排除体素之间的邻接体素的段。该分段过程还包括将邻接体素的已分段的段分离成较小的单独对象。此外,该分段过程包括通过将其中的体素的光谱进行聚合来计算用于每个对象的光谱。

[0037] 因此,如本文所述的XDI安全筛选系统促进根据将邻接体素的光谱聚合而通过高级图像分段来进行单独对象的分辨和/或到威胁/非威胁物质中的分类。具体地,本文所述的XDI安全筛选系统通过将具有预定关联特性的体素接合、忽视没有此类特性的体素并将接合的体素分离来促进相互接近和/或邻近地定位的感兴趣的对象/物质的改善的分辨。更具体地,本文所述的系统促进将要接合哪些体素的改善的确定。因此,增强了客舱行李筛选(CBS)和寄舱行李筛选(HBS)系统中的物质的高效且有效的检测,诸如感兴趣的液体物质的类别。

[0038] 图1是在X-Y平面中的示例性x射线衍射成像(XDI)系统100的示意图。在本示例性实施例中,XDI系统100是多检测器反转扇形射束x射线衍射成像(MIFB XDI)系统。替换地,系统100是能够实现如本文所述的系统100的操作的任何XDI系统。XDI系统100包括多焦点x射线源(MFXS)112、检查区域114、被配置成支撑对象的支撑体116、主准直仪118以及辅助准直仪120。XDI系统100还包括两个类型的检测器、透射检测器的阵列(未示出)和多个离散相干x射线散射检测器124,其是能量分辨光子计数检测器。透射检测器在z轴方向上从相干x射线散射检测器124偏移。

[0039] 在本示例性实施例中,如下所述,MFXS 112被配置成连续地从基本上平行于垂直于z轴的y轴的方向上沿着MFXS 112分布的多个聚焦点发射多色x射线辐射。在本示例性实施例中,MFXS 112具有九(9)个聚焦点。在替换实施例中,MFXS 112具有约40至100个聚焦点。并且,替换地,MFXS 112可包括能够实现如本文所述的XDI系统100的操作的任何适当数目的聚焦点。

[0040] 此外,在本示例性实施例中,MFXS 112位于上支撑表面上或被耦合到该上支撑表面,诸如在天花板处或附近,而透射检测器和相干x射线散射检测器124位于下支撑结构上或被耦合到该下支撑结构,诸如在地板处或附近。在替换实施例中,MFXS 112位于下支撑结构上或被耦合到该下支撑结构,诸如在地板处或附近,而透射检测器和相干x射线散射检测器124位于上支撑表面上或被耦合到该上支撑表面,诸如在天花板处或附近。此外,在示例性实施例中,MFXS 112、透射检测器和相干x射线散射检测器124是固定不动的,支撑体116是能够在基本上平行于z轴的方向上来回移动的传送带,并且检查区域114是传送带通过其移动的行李隧道。在替换实施例中,MFXS 112、透射检测器和相干x射线散射检测器124能够在至少在基本上平行于z轴的方向上进行协调移动,并且支撑体116是固定不动的。在某些替换实施例中,MFXS 112、透射检测器、相干x射线散射检测器124以及支撑体116全部能够移动。

[0041] 在本示例性实施例中,MFXS 112被配置成通过主准直仪118从MFXS 112的每个聚焦点发射一组多色x射线铅笔状射束134。来自每个铅笔状射束134的多色x射线辐射的一部分通常在与检查区域114中的容器(未示出)接触时在不同的方向上被散射。辅助准直仪120被配置成促进确保到达每个相干x射线散射检测器124的散射辐射(未示出)的一部分相对于散射辐射发源于其的相应铅笔状射束134而言具有恒定的散射角。

[0042] 在本示例性实施例中,将由一组多色x射线铅笔状射束134形成的多检测器反转扇

形射束150沿着x轴152透射到X-Y平面上。更具体地,扇形射束150的铅笔状射束134在X-Y平面中成扇形展开(fan out)。扇形射束150的铅笔状射束134还在X-Z平面中成扇形展开。在一个实施例中,MFXS 112连续地从多个聚焦点154发射辐射。更具体地,MFXS 112包括阳极156和沿着阳极156的长度与MFXS 112的y轴158共线地布置的多个聚焦点154。每个聚焦点154被连续地激活以发射x射线扇形射束。例如,聚焦点 F_1 发射扇形射束MIFB 150,其在之间延伸并被通过且包括相干x射线散射检测器 D_{13} 的相干x射线散射检测器 D_1 检测,并且包括多个铅笔状主射束160。用运行索引i将聚焦点154表示为 F_1 、 F_2 、 \dots 、 F_i 、 \dots 、 F_n 。主准直仪118被配置成从在每个聚焦点154处发射的辐射中选择主射束,其指向用运行索引j标记为 O_1 、 O_2 、 \dots 、 O_j 、 \dots 、 O_m 的一系列会聚点162,而无论哪个聚焦点154被激活。在图1中示出了十个主射束160,其中每个主射束160从聚焦点 F_1 发射,在坐标 $X=L$ 处指向沿着平行于y轴158的线定位的相应会聚点 O_1 、 O_2 、 \dots 、 O_j 、 \dots 、 O_{13} ,其中聚焦点 F_1 被激活。

[0043] 用运行索引k标记为离散相干x射线散射检测器 D_1 、 D_2 、 \dots 、 D_k 、 \dots 、 D_L 的多个离散相干x射线散射检测器124被定位在从相应会聚点162起在沿着Z轴的方向上以适当或期望距离处,以记录来自离散相干x射线散射检测器 D_k 中的主射束 P_{ij} 的相干散射。MFXS 112与离散相干x射线散射检测器124的组合促进检查位于检查区域114内的一定体积的对象而没有未从其检测或测量XDI信号的任何死区。

[0044] 随着标记为 P_{ij} 的主射束160传播通过位于检查区域114内的对象(未示出),主射束 P_{ij} 与对象相交以产生例如可在相干x射线散射检测器 D_{j+1} 、 D_{j+2} 、 D_{j-1} 和/或 D_{j-2} 中检测的相干散射。主射束 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{13} 、 P_{14} 、 P_{15} 、 \dots 、 P_{1k} 、 \dots 、 P_{1L} 从聚焦点 F_1 发射并分别地指向相应会聚点 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 、 O_5 、 \dots 、 O_j 、 \dots 、 O_m 。随着每个主射束 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{13} 、 P_{14} 、 P_{15} 、 \dots 、 P_{1k} 、 \dots 、 P_{1L} 移动通过检查区域114,每个主射束 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{13} 、 P_{14} 、 P_{15} 、 \dots 、 P_{1k} 、 \dots 、 P_{1L} 与位于检查区域114内的对象(未示出)碰撞和/或相互作用而产生例如在一个或多个相干x射线散射检测器 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 \dots 、 D_k 、 \dots 、 D_L 处可检测的相干散射(未示出)。

[0045] 在本示例性实施例中,MFXS 112位于笛卡尔坐标系的y轴($x=0$)上。每个聚焦点154具有具有节距 P_s 的网格上的位置。此外,会聚点162在坐标 $X=L$ 处处于平行于y轴的状态,并且每个会聚点162具有具有节距 P_t 的网格上的位置。在特定实施例中,对于XDI托运行李筛选系统而言, L 具有约2000毫米(mm)的值, P_s 具有约20mm的值,并且 P_t 具有约200 mm的值。替换地, L 、 P_s 和 P_t 具有能够实现如本文所述的XDI系统100的操作的任何值。

[0046] 多个相干x射线散射检测器124位于与会聚点162相同的y坐标处。可使一对相干x射线散射检测器124与相应会聚点162相关联,其中该对相干x射线散射检测器124位于X-Y平面的两侧。在另一实施例中,使用十三(13)个会聚点来允许多个会聚点位置布置以结合不同数目的相干x射线散射检测器124。如果所有会聚点162具有检测器对,则XDI系统100可包括二十六(26)个相干x射线散射检测器124。在替换实施例中,较少的相干x射线散射检测器124可位于会聚点位置1、3、5、7、9、11和13处、会聚点位置1、4、7、10和13处、或会聚点位置1、5、9和13处以虑及制造和/或成本约束。

[0047] 最左侧检测器 D_{13} 检测由主准直仪118发射的来自表示为MFXS 112的 F_1 、 F_2 、 \dots 、 F_i 、 \dots 、 F_9 的每个聚焦点154的标记为 P_{113} 、 P_{213} 、 \dots 、 P_{ik} 、 \dots 、 P_{913} 的多个主射束160,替换地在本文中称为主射束的反转扇形射束捆170。反转扇形射束捆170明显比检查区域114的宽度更窄。为了清楚的缘故而并未按比例示出如在图1中描绘的MFXS 112,并且其可比所示的更小。此

外,仅示出了13个会聚点162,然而如上所述,会聚点162的数目实际上可以更大得多。此外,散射信号与结合到XDI系统100中的相干x射线散射检测器124的数目成比例。

[0048] 指向相应会聚点 Q_j 的主射束的多个反转扇形射束捆170被相应的相干x射线散射检测器 D_k 检测。在位于检查区域114内的对象的扫描期间(在其期间MFXS 112的每个聚焦点154被连续地激活),对象部分(object section)被完全照射,并且测量来自对象的整个宽度的散射信号。在本实施例中,不要求机械移动以实现对象的完全2-D和/或3-D扫描。MFXS 112仅在沿着y轴的小的x射线源尺寸的情况下实现这点。在本示例性实施例中,MFXS 112具有小于约500mm的沿着y轴的长度。从成本和可靠性的观点来说,小的x射线源尺寸是有利的。

[0049] 如上所述,XDI系统100包括两个类型的检测器,即透射检测器阵列(未示出)和多个离散相干x射线散射检测器124,每个单独地标记为 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 \dots 、 D_k 、 \dots 、 D_L 。透射检测器在z轴方向上从相干x射线散射检测器124偏移。在本示例性实施例中,透射检测器是电荷积分检测器,而相干x射线散射检测器124是脉冲计数能量分辨检测器。透射检测器和每个相干x射线散射检测器124与多个通道180(例如,N个数目的通道 C_1 、 \dots 、 C_p 、 \dots 、 C_N)进行电子通信,具有运行索引p,其中,基于XDI系统100的配置来选择N,并且其中,仅示出了与相干x射线散射检测器124相关联的那些通道C。通道180将由透射检测器和每个相干x射线散射检测器124收集的数据以电子方式传送到计算设备182。在本示例性实施例中,计算设备182将来自透射检测器的输出与来自相干x射线散射检测器124的输出组合而生成关于位于检查区域114内的对象的内容的信息。例如,但并非作为限制,计算设备182可生成检查区域114中的容器(未示出)的多视图投影和/或剖面图像,其识别通过XDI分析检测的特定材料的容器中的位置。

[0050] 在本示例性实施例中,计算设备182包括通过存储器设备186与透射检测器和相干x射线散射检测器124通信的处理器184。处理器184被编程、即被配置成从相干x射线散射检测器124接收表示检测到的x射线量子的输出信号,并且从在由相干x射线散射检测器124检测到的散射辐射内的x射线量子的能量谱E生成动量传递值x的分布。

[0051] 如本文所使用的,术语“处理器”和“处理设备”不仅限于在本领域中称为计算机的那些集成电路,而是宽泛地指代微控制器、微型计算机、可编程逻辑控制器(PLC)、专用集成电路及其它可编程电路,并且在本文中可互换地使用这些术语。在本文所述的实施例中,存储器可包括但不限于计算机可读介质(诸如随机存取存储器(RAM)),以及计算机可读非易失性介质,例如固件,诸如闪速存储器。替换地,还可使用软盘、紧凑式磁盘一只读存储器(CD-ROM)、磁光盘(MOD)和/或数字多功能磁盘(DVD)。并且,在本文所述的实施例中,附加输入通道可以是但不限于与诸如鼠标和键盘之类的操作员接口相关联的计算机外围设备。替换地,还可使用例如可包括但不限于扫描仪的其它计算机外围设备。此外,在本示例性实施例中,附加输出通道可包括但不限于操作员接口监视器。

[0052] 并且,如本文所使用的,术语“软件”和“固件”是可互换的,并且包括用于由个人计算机、工作站、客户端和服务器执行的存储在存储器中的任何计算机程序。

[0053] 此外,如本文所使用的,术语“非临时计算机可读介质”意图表示在用于信息的短期和长期存储的任何方法或技术中实现的任何有形的基于计算机的设备,所述信息诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块和子模块或者任何设备中的其它数据。因此,可将本文

所述的方法编码为在有形的、非临时计算机可读介质中包含的可执行指令,所述计算机可读介质在没有限制的情况下包括储存器设备和/或存储器设备。此类指令在被处理器执行时引起处理器执行本文所述的方法的至少一部分。此外,如本文所使用的,术语“非临时计算机可读介质”包括所有有形计算机可读介质,在没有限制的情况下,包括非临时计算机存储设备,在没有限制的情况下,包括易失性和非易失性介质,以及可移动和不可移动介质,诸如固件、物理和虚拟储存器、CD-ROM、DVD和任何其它数字源,诸如网络或因特网,以及尚待开发的数字装置,其中唯一的例外是临时的传播信号。

[0054] 处理器184和如本文所述的其它处理器(未示出)处理从多个电气和电子设备发射的信息,在没有限制的情况下,该电气和电子设备包括相干x射线散射检测器124。存储器设备186和储存器设备(未示出)存储并传输信息和指令以由处理器184执行。此类存储器设备186和储存器设备还可以用来在由处理器184执行指令期间存储和并向处理器184提供临时变量、静态(即,非易失性且不改变)信息和指令或其它中间信息。执行的指令包括但不限于从相干x射线散射检测器124发射的信号的分析。指令序列的执行不限于硬件电路和软件指令的任何特定组合。

[0055] 图2是包括多个对象的示例性容器200的示意图。具体地,所述多个对象包括包含第一物质204的第一对象202和包括第二物质208的第二对象206。在本示例性实施例中,第一对象202和第二对象206是瓶子。物质204和208中的一个是非威胁物质且另一个是威胁物质。容器200还包括左轮210和右轮212。在本示例性实施例中,容器200是一件携带行李,其将被用基于XDI的客舱行李筛选(CBS)系统或基于XDI的寄舱行李筛选(HBS)系统来检查。替换地,容器200是被配置成在其中包括一个或多个对象的任何类型的容器,在没有限制的情况下包括装运容器(例如,纸板箱、塑料储存单元以及木箱)、大的衣箱以及旅行袋。至少部分地通过高分辨率投射类型x射线扫描设备来生成容器200及对象202和206的图像并出于说明和比较的目的将其呈现。

[0056] 图3是使用XDI系统100(在图1中示出)来执行包括多个对象202和206(全部在图2中示出)的容器200的安全检查的示例性方法300的流程图。方法300包括照射302分别地具有对象202和206及物质204和208的容器200(在图2中示出)。用由多焦点x射线源112(全部在图1中示出)所生成的多色x射线铅笔状射束134形成的多检测器反转扇形射束150来执行此类照射302,其中容器200位于检查区域114内的支撑体116上(两者都在图1中示出)。方法300还包括使用计算设备182(在图1中示出)来重构304容器200内的多个散射截面(即,容器200内的所有空间位置)的四维(4-D)体素化表示。

[0057] 图4是包括多个体素401的容器200(在图2中示出)的示例性图像(即4-D体素化表示400)的示意图。4-D体素化表示400的前三个维度表示体素401中每个的空间位置。第四维度表示多个动量传递值,其定义进一步定义如通过体素401的遮蔽所指示的动量传递光谱的动量传递轮廓。体素401中的每个的表现不透明度与关联的动量传递值成比例。术语动量和复数形式的动量通常用来指示动量传递值,亦即从第一粒子传递至第二粒子的动量的量和/或从第一波传递至第二波的动量的量,或者如本文所使用的,分别地由于对象202和206及物质204和208的一部分(图1中示出)与散射x射线(未示出)的相互作用引起的光子动量的增加。

[0058] 图5是来自图3的方法300的继续。方法300还包括通过作为动量传递光谱的函数而

确定每个体素401处的单个值来生成306至少一个三维(3-D)图像。为了促进此类3-D图像生成,在用于每个单独体素401的动量传递光谱内的基本上所有动量传递值范围内对所述多个散射截面求和。替换地,根据光谱来计算标量值的其它方法在没有限制的情况下包括光谱值的线性组合以及将光谱减小至单个值的任何非线性函数。

[0059] 图6是通过确定4-D体素化表示400(在图4中示出)中所示的每个体素401处的散射强度的单个值而生成的容器200(在图2中示出)的示例性3-D图像500的示意图。因此,3-D图像500包括通过经由在动量传递轮廓内的基本上所有动量传递值范围内进行求和或积分来确定每个体素401处的散射强度的单个值而生成的多个体素501。图像500包括分别地对应于左轮210、右轮212以及对象202和206的三个暗斑502、504以及506(全部在图2中示出)。如图6中所示,难以确定轮子210和212及对象202和206的实际身份(identity)。

[0060] 图7是来自图5的方法300的继续。方法300还包括对多个体素501(在图6中示出)去噪声308,从而促进3-D图像500(在图5中示出)的平滑化。具体地,使图像500经受促进使图像500平滑化使得其噪声较少的预定滤波。

[0061] 图8是通过对比图像500(在图6中示出)进行滤波生成的容器200(在图2中示出)的示例性图像600的示意图。图像600包括多个已滤波体素601和三个暗斑602、604以及606,其分别地对应于继而分别地与左轮210、右轮212以及对象202和206(全部在图2中示出)相对应的暗斑502、504和506(全部在图6中示出)。仍难以确定轮子210和212及对象202和206的实际身份。然而,滤波机制去除了不一定与轮子210和212及对象202和206相关联的许多暗体素501(在图6中示出),使得与暗斑502、504和506及其与体素501的其余部分的对比度相比,暗斑602、604以及606更多地与体素601的其余部分形成对比。

[0062] 图9是来自图7的方法300的继续。方法300还包括将所述多个体素分段310成邻接体素的多个段,其中多个段中的每个段包括邻接体素的多个段,使得多个段的至少一部分至少部分地映射到对象202和206(在图2中示出)中的至少一个上。因此,方法300包括将多个体素601中的每个体素601(在图8中示出)的散射强度的单个值与预定阈值相比较312,从而对每个体素601进行阈值化而作为分段310的一部分。

[0063] 图10是通过对比图像600(在图8中示出)进行阈值化而生成的容器200(在图2中示出)的示例性图像700的示意图。将针对散射强度具有相对低的值的大多数体素601从图像700去除,并且仅保留具有在阈值以上的散射强度值的那些体素601,即保持为体素701。因此,形成邻接体素702、704和706的多个段并与体素701的其余部分隔离且与暗斑602、604、和606及其与体素601的其余部分的对比度相比与体素701的其余部分形成对比。

[0064] 图11是来自图9的方法300的继续。方法300还包括执行可选图像腐蚀,即在对每个体素701进行阈值化之后腐蚀314图像700而作为分段310的一部分。方法300还包括执行每个体素701的连接分量标记(connected component labeling)316而作为分段310的一部分。在替换实施例中,在方法步骤314之前执行方法步骤316并且重新执行方法步骤316。

[0065] 图12是通过标记图像700(在图10中示出)而生成的容器200的示例性图像800的示意图。更具体地,将图像200叠加在图像800上以更好地图示出方法300的其余部分,包括图14、19和23。因此,已腐蚀并标记的邻接体素802、804和806的多个段由邻接体素702、704和706(在图1中示出)的多个段形成。段806表示对象202和206,即一对邻近的瓶子。由于对象202和206中的一个包括威胁物质且另一个包括非威胁物质,所以段806可在容器200的x射

线筛选期间提供不明确检测(ambiguous detection)或非检测。

[0066] 在方法300的此点处,可能已在结果得到的图像中将紧密接近的对象中的至少某些接合在一起。由于方法300和XDI系统100最终基于测量的光谱来识别对象中的材料,所以采取另外的步骤以将对象分离。因此,后续步骤促进评估每个已分段对象以确定是否可以将其分离成两个或更多较小对象。更具体地,后续步骤促进基于检测的分离(即检测到对象由可能是不同材料类型的两个或更多单独对象构成)而将预先存在的对象分离成较小部分。后续步骤克服了噪声。

[0067] 图13是来自图11的方法300的继续。方法300还包括将邻接体素802、804和806(全部在图12中示出)的所述多个段的邻接体素的至少一个段806分离318成邻接体素的多个已分离段(在图13中未示出),使得邻接体素的每个已分离段映射到关联对象202和206上。针对本讨论的其余部分,将讨论段806。图14是具有正交的x、y和z轴的图12中所示的图像的示意图。参考图13和14,方法300包括确定320一起跨越3-D空间的x轴、y轴以及z轴。在本示例性实施例中,x轴、y轴以及z轴是相互正交的。替换地,x轴、y轴以及z轴具有能够实现如本文所述的方法300和XDI系统100的操作的相互的任何取向和关系。方法300还包括针对段806的每个体素计算322 x坐标、y坐标以及z坐标。方法300还包括使段806绕着y轴和z轴旋转324。例如,在某些实施例中,针对段806确定用于每个体素的中心的3-D位置,并且沿着y轴和z轴使所有点旋转通过一定的角度范围。替换地,使用能够实现如本文所述的方法300和XDI系统100的操作的体素旋转的任何方法。

[0068] 虽然在某些实施例中,图像可以是很有噪声的,但对象分离可以在体积再现图像显示中从特定角度观看时更加可见。由于对象的庞大,将存在增强对比度的某些视角,因为在关联方向上通过对象的路径长度使对象与对象边界之间的差异最大化。分离算法利用在体积再现显示中观察到的此现象,并且通过经由注视体积再现图像内的不同交叉角来将进一步来自两个维度(在体积再现显示中)的数据的维数减少至一维而使其更进一步。

[0069] 图15是来自图13的方法300的继续。图16是通过每一方法步骤324(在图13中示出)的段806绕着y轴和z轴(全部在图14中示出)的旋转而投射在x轴上的段806的邻接体素的强度的投影和的图形表示,即图表900。图表900包括表示段806的强度的投影和的y轴902。Y轴902是无单位的且包括任意增量。图表900还包括表示沿着强度的投影和被投射到其上面的x轴(在图14中示出)的位置的x轴904。X轴904被划分成多个箱体(bin),并且在本示例性实施例中是无单位的且包括任意增量。图表900还包括曲线,即表示投射到x轴904上的段806的强度的投影和的轮廓906。轮廓906定义最小值908。

[0070] 参考图15和16,方法300包括通过段806绕着y轴和z轴(两者都在图14中示出)的旋转来确定326段806在x轴904上强度的投影和。在本示例性实施例中,x轴904上的每个预定箱体接收体素的所有图像值的和,其已旋转的x轴值落在预定范围内。这创建轮廓906。在某些实施例中,使用防混叠算法来将来自轮廓906中的x轴904上的一个体素的贡献展开(spread out),其降低了混叠(即在特定旋转角处引入伪像(artifact))的潜力。

[0071] 方法300还包括确定328指示对象边界的y轴902上的强度的投影和的轮廓906上的至少一个最小值,例如最小值908。针对段806的每个旋转量化并存储每个此类最小值的强度。在所有旋转角范围内,选择最强的最小值。

[0072] 图17是具有通过那里延伸的分离平面910的邻接体素的段806的示意图。分离平面

910如由最小值908(在图16中示出)所确定地那样进行定位。参考图15和17,方法300还包括确定330用于最小值908的至少一个分离平面910。最小值908对应于定义针对段806的给定旋转的两个对象之间的最佳分割(即分离平面910)的3-D空间中的平面。要求最小值908的最小强度值以便执行分割。方法300还包括将段806分离332成多个、即两个分离段912和914。在某些实施例中,至少部分地取决于在考虑中的对象的数目、配置以及取向,可确定任何数目的最小值和分离平面。

[0073] 图18是来自图15的方法300的继续。图19是具有邻接体素的分离段912和914的容器200的示例性图像1000的示意性表示。参考图18和19,方法300包括将邻接体素的每个分离段912和914分别地映射334到关联对象202和206上。

[0074] 图20是用于某些实施例的来自图18的方法300的继续。方法300还包括通过使用多个邻接体素702、704和706(在图10中示出)的至少一部分作为用于聚合的指导而在所述多个段802、804和806(在图12中示出)的至少一部分范围内计算336一个或多个聚合动量传递光谱。方法300还包括将用于多个段802、804和806中的每个段的多个邻接体素702、704和706的光谱聚合340,从而生成用于每个段的聚合光谱值。

[0075] 图21是还用于某些另外的实施例的来自图18的方法300的继续。具体地,图21描述了定义专有地包括对象内的体素的超体素(supervoxel)并包括邻域中的体素,而不管是否与对象相关联。因此,方法300还通过使用所述多个邻接体素702、704和706(在图10中示出)的至少一部分作为用于聚合的指导而在所述多个段802、804和806(在图12中示出)的至少一部分的范围内计算336一个或多个聚合动量传递光谱。方法300还包括定义350体素的邻域(未示出),其包括确定352一起跨越3-D空间的x轴、y轴以及z轴,使得原点在 $x=0$ 、 $y=0$ 且 $z=0$ 处定义。在本示例性实施例中,x轴、y轴、以及z轴是相互正交的。替换地,x轴、y轴、以及z轴具有能够实现如本文所述的方法300和XDI系统100的操作的相互的任何取向和关系。

[0076] 定义350体素的邻域还包括定义352邻接体素的至少一个段806内的中心体素(未示出)。在某些实施例中,该中心体素位于原点处。定义350体素的邻域还包括定义356多个邻接体素702、704和706的至少一部分内的多个第二体素,使得多个第二体素具有到第一体素的确定空间接近度。定义350体素的邻域还包括两个以下方法步骤中的至少一个。两个可能方法步骤中的第一个包括确定358针对预定数目的体素从第一体素起沿着x轴、y轴、以及z轴中的每一个延伸的第二体素。可能方法步骤中的第二个包括确定360针对预定距离从第一体素起沿着x轴、y轴、以及z轴中的每一个延伸的第二体素。方法300还包括将来自邻域中的所有体素的动量传递光谱聚合362。

[0077] 图22是来自图20和21的方法300的继续。图23是使用XDI系统100(在图1中示出)的示例性图像1100的示意性和图形视图。图像1100包括分别地映射到关联对象202和206上的邻接体素的分离段912和914。图23包括第一物质识别图表1110。图表1110包括表示向动量传递箱体中输入值的相对频率的y轴1112。Y轴1112是无单位的且包括任意增量。图表1110还包括表示多个动量传递箱体的x轴1114,并且在本示例性实施例中,是无单位的且包括任意增量。图表1110还包括物质轮廓曲线,即表示威胁物质或非威胁物质的签名轮廓(signature profile)的轮廓1116。类似地,图23包括第二物质识别图表1120。图表1120包括表示向动量传递箱体中输入值的相对频率的y轴1122。Y轴1122是无单位的且包括任意增量。图表1120还包括表示多个动量传递箱体的x轴1124,并且在本示例性实施例中,是无单

位的且包括任意增量。图表1120还包括物质轮廓曲线,即表示威胁物质或非威胁物质的签名轮廓的轮廓1126。如本文所使用的,术语“相对频率”涉及箱体中的动量传递值的数目对所有箱体中的动量传递值的总数的定量(ration)。

[0078] 参考图22和23,方法300包括通过分别地将用于对象202和206中的所有体素的光谱聚合来将每个分离段912和914的动量传递光谱聚合370。这可以通过简单平均或者通过将数据的泊松性质考虑在内的更复杂的方法来完成。还可以对体素的有限集(例如毫无例外地仅内部体素)执行此步骤。方法300还包括通过物质轮廓曲线1116和1118与存储在存储器设备186(在图1中示出)中的已知轮廓的比较将每个聚合动量传递光谱分类372为威胁和非威胁中的一个。方法300还包括基于聚合动量传递光谱而分别地将对象202和206及关联物质204和208中的每个辨别374为威胁段和非威胁段中的一个。

[0079] 图24是可在执行如本文所述的容器的安全检查期间使用的计算设备1204内的数据库1202连同其它相关计算部件的示例性配置1200。数据库1202被耦合到计算设备1204内的多个单独部件,其执行特定任务。在示例性实施例中,计算设备1204可以是计算设备182(在图1中示出)。计算设备1204被配置成与人类系统操作员1205对接。

[0080] 在示例性实施例中,数据库1202包括XDI系统数据1206和感兴趣材料数据1208。XDI系统数据1206包括信息,诸如拓扑配置信息、x射线功率设置、以及散射检测器信息。感兴趣材料数据1208包括与威胁和非威胁材料及在如本文所述的方法300的实施期间确定的物质相关联的信息。

[0081] 计算设备1204包括数据库1202以及数据存储设备1210。计算设备1204还包括用于执行方法步骤302(在图3中示出)的容器照射部件1212,包括接收XDI系统数据1206。计算设备1204还包括用于执行方法步骤304(在图3中示出)的4-D重构部件1214。计算设备1204还包括用于执行方法步骤306至316(在图5、7、9和11中示出)的3-D图像生成部件1216。计算设备1204还包括用于执行方法步骤318至334(在图13、15和18中示出)的体素分段部件1218。计算设备1204还包括用于执行方法步骤336至370(在图20、21和22中示出)的聚合动量传递光谱部件1220。计算设备1204还包括用于执行方法步骤372和374(两者都在图22中示出)的光谱/对象威胁/非威胁部件1222。处理部件1224帮助执行与如本文所述的XDI系统100和方法300相关联的计算机可执行指令。

[0082] 上文所述的x射线衍射成像(XDI)系统促进以适当的高检测概率(P_D)和低假警报(即错误肯定)概率(P_{FA})进行感兴趣材料的节省成本的增强识别。具体地,与许多已知的安全扫描系统相反,如本文所述的XDI安全筛选系统促进多个邻接体素到可包括感兴趣材料的段中的分段。分段之前的初始步骤包括生成用于每个体素的散射强度值并对用于每个体素的信号进行滤波,从而降低噪声水平并改善包括单个材料的那些体素的均匀性。该分段过程包括将具有小于基于感兴趣材料的预定阈值的散射强度的体素滤出,从而留下在中间具有遗漏体素的邻接体素。分段过程还包括标记步骤,其中,保持某些体素并忽视(即排除)某些体素。连接保持的体素,并且连接的体素形成“岛”,即被排除体素之间的邻接体素的段。分段过程还包括将邻接体素的已分段的段分离成较小的单独对象。此外,分段过程包括通过将其中的体素的光谱聚合来计算用于每个对象的光谱。

[0083] 因此,如本文所述的XDI安全筛选系统促进根据将邻接体素的光谱聚合而通过高级视觉分段来进行单独对象的分辨和到威胁/非威胁物质中的分类。具体地,本文所述的

XDI安全筛选系统通过将具有预定关联特性的体素接合、忽视没有此类特性的体素并将接合的体素分离来促进相互接近和/或邻近地定位的感兴趣的对象/物质的改善的分辨。更具体地,本文所述的系统促进哪些体素要被接合的改善的确定。因此,增强了客舱行李筛选(CBS)和寄舱行李筛选(HBS)系统中的物质的高效且有效的检测,诸如感兴趣的液体物质的类别。

[0084] 本文所述的系统和方法的技术效果包括以下各项中的至少一个:

[0085] (a) 确定与对象和/或感兴趣物质相关联的体素并形成促进增强的对象分辨和感兴趣物质的识别的分段体素聚合;

[0086] (b) 增强在托运和携带行李和包裹内的相互接近和/或邻近地定位的对象的视觉分辨,并增强此类对象及其内含物的威胁/无威胁确定;以及

[0087] (c) 确定XDI图像构造的哪些体素要保持、忽视、接合和分离。

[0088] 上文详细地描述了x射线衍射成像(XDI)系统的示例性实施例。该方法和系统不限于本文所述的特定实施例,但是更确切地说,可独立地且与本文所述的其它部件和/或步骤分开地利用系统的部件和/或方法的步骤。例如,还可与其它检测系统和方法相组合地使用该方法,并且其不限于仅用如本文所述的检测系统和方法来实施。更确切地说,可与许多其它基于x射线的安全筛选系统应用相结合地实现和利用本示例性实施例。

[0089] 虽然可以在某些图中示出本发明的各种实施例的特定特征,并且在其它图中没有,但这仅仅是为了方便。根据本发明的原理,可与任何其它附图的任何特征相组合地参考和/或要求保护附图的任何特征。

[0090] 某些实施例涉及一个或多个电子或计算设备的使用。此类设备通常包括处理器或控制器,诸如通用中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、微控制器、专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑电路(PLC)、和/或能够执行本文所述的功能的任何其它电路或处理器。可将本文所述的方法编码为在计算机可读介质中包含的可执行指令,在没有限制的情况下,包括储存器设备和/或存储器设备。此类指令在被处理器执行时引起处理器执行本文所述的方法的至少一部分。上述示例仅仅是示例性的,并且因此并不意图以任何方式限制术语处理器的定义和/或意义。

[0091] 此编写的描述使用示例来公开实施例,包括最佳模式,并且还使得本领域的任何技术人员能够实施实施例,包括实现并使用任何设备或系统且执行任何结合的方法。由权利要求来定义本公开的可取得专利的范围,并且其可包括本领域的技术人员想到的其它示例。如果此类其它示例具有并未不同于权利要求的文字语言的结构元素的话,或者如果此类其它示例包括具有与权利要求的文字语言的非实质性差异的等价结构元素的话,则此类其它示例意图在权利要求的范围内。

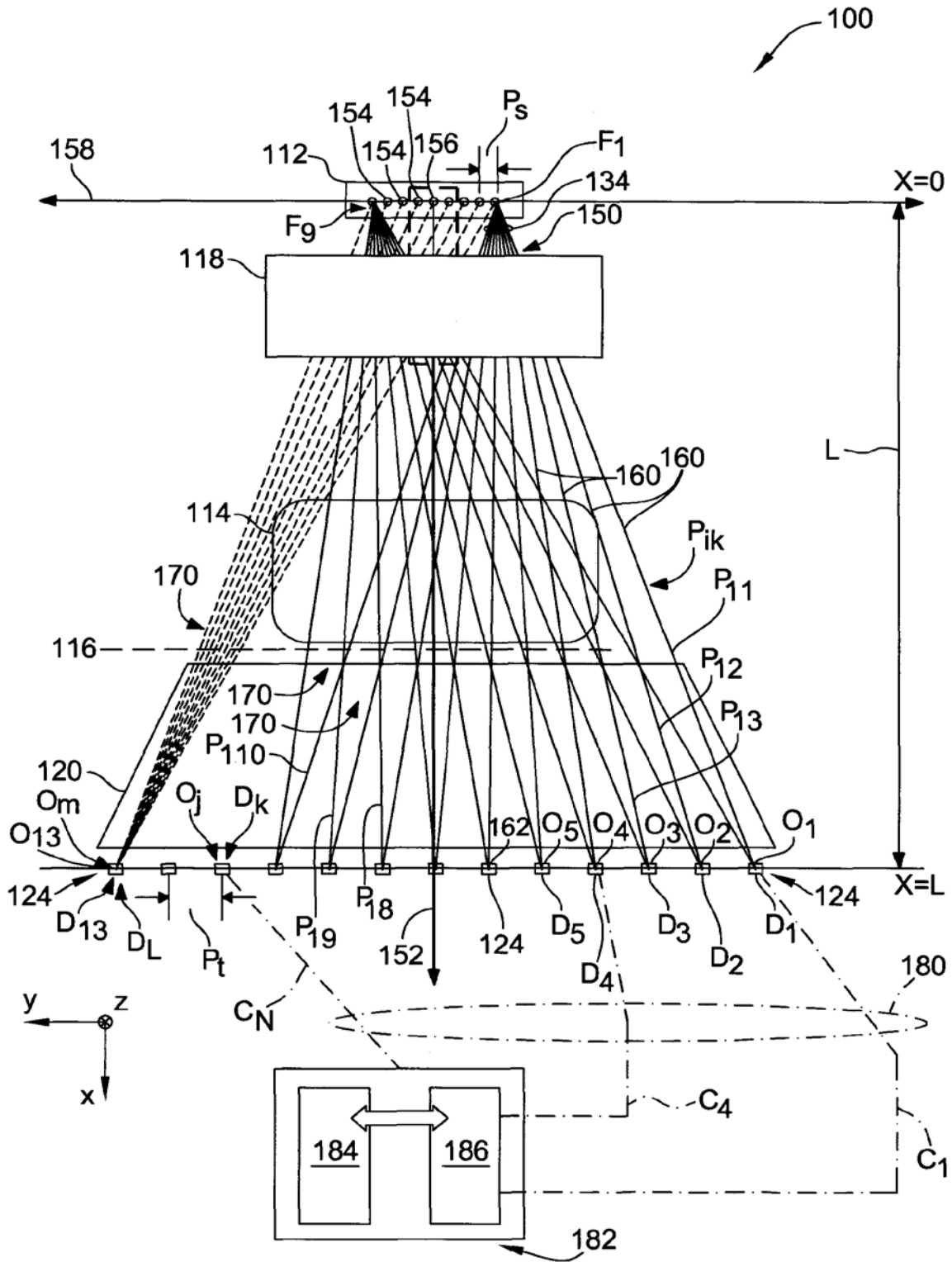


图 1

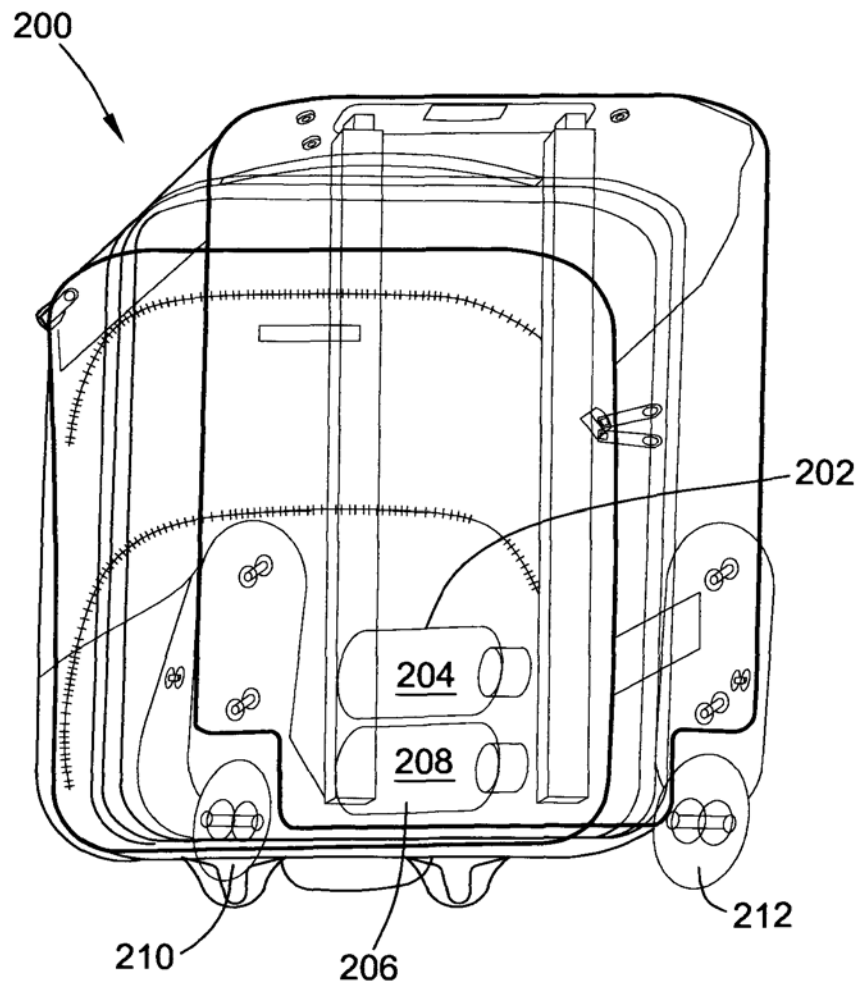


图 2

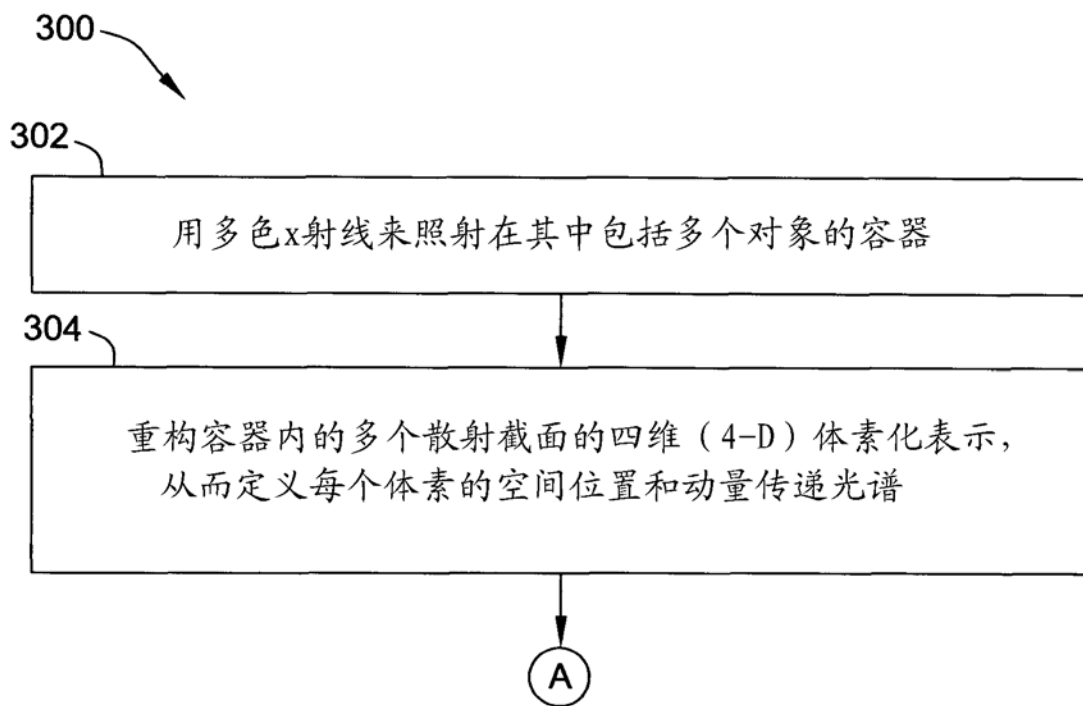


图 3

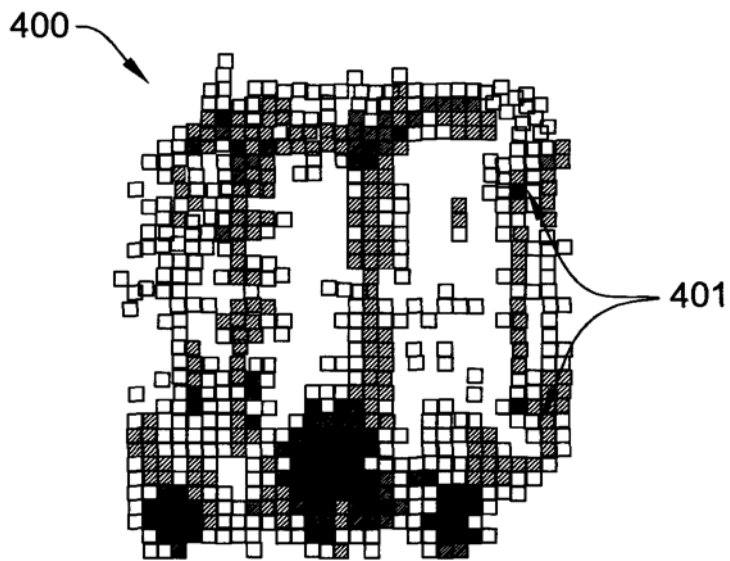


图 4

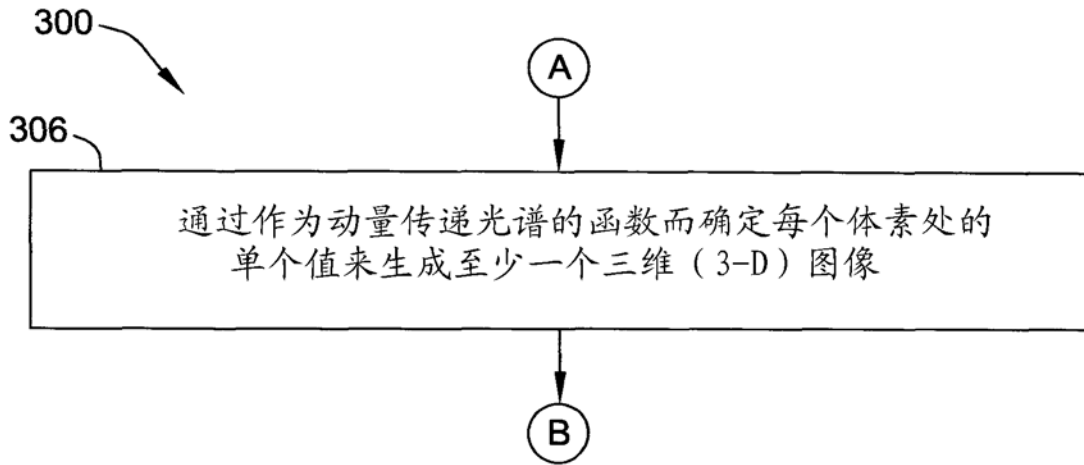


图 5

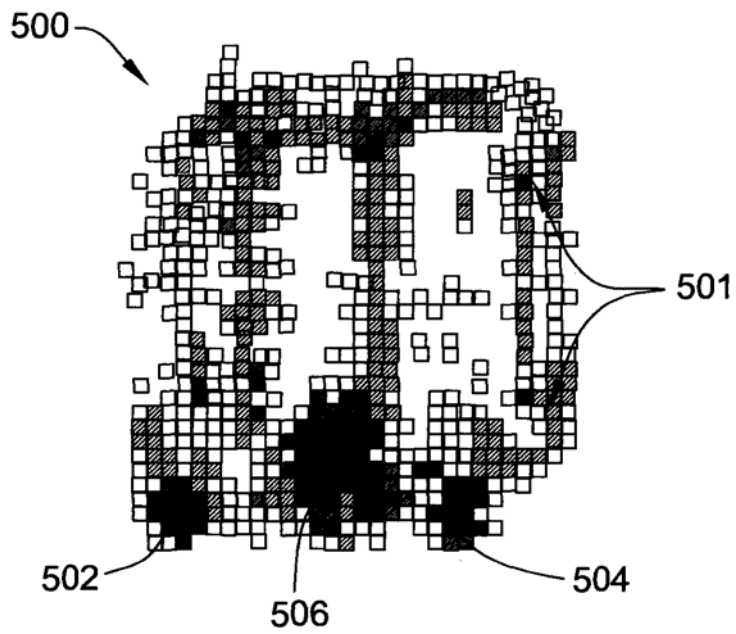


图 6

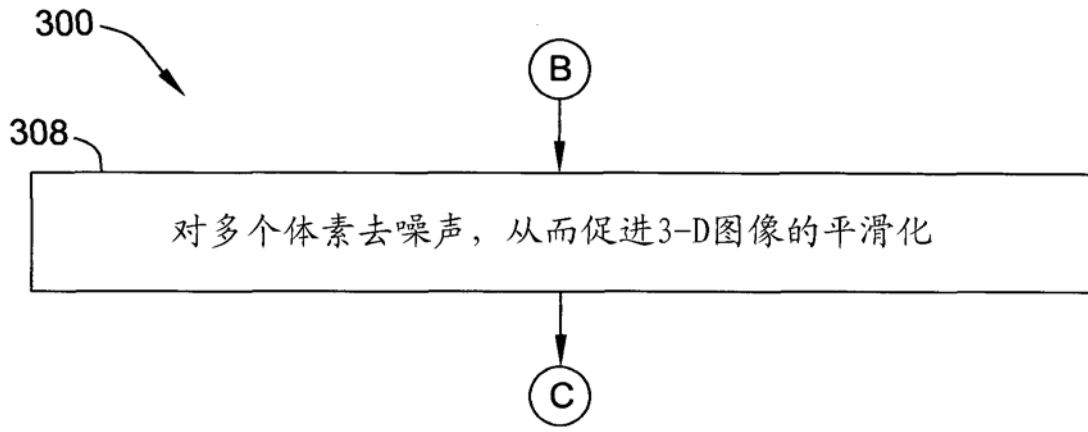


图 7

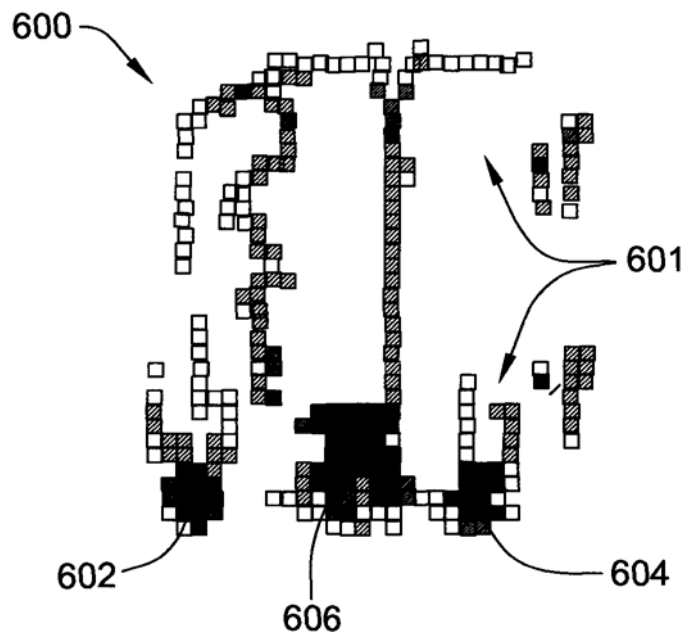


图 8

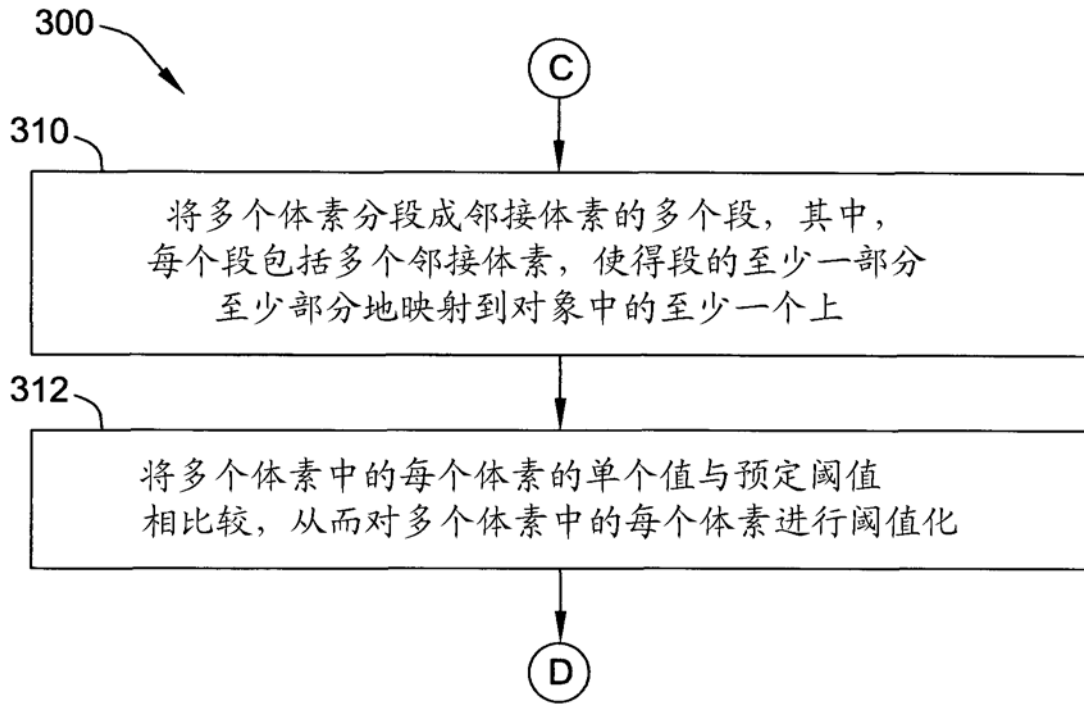


图 9

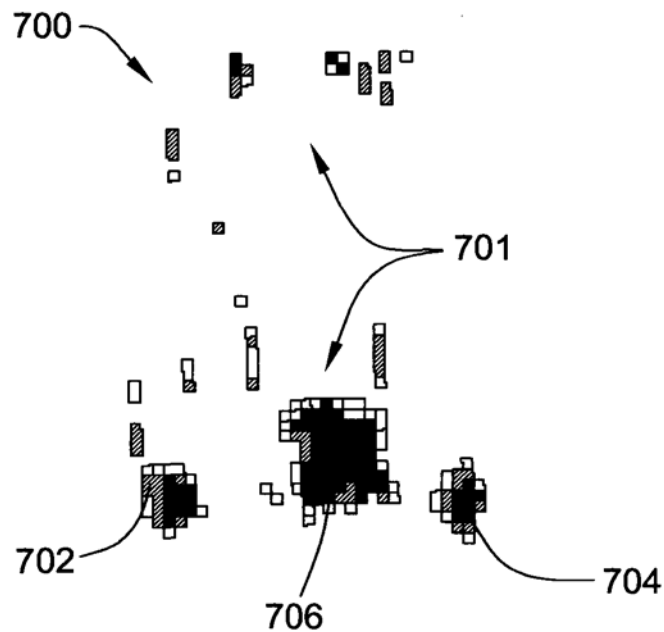


图 10

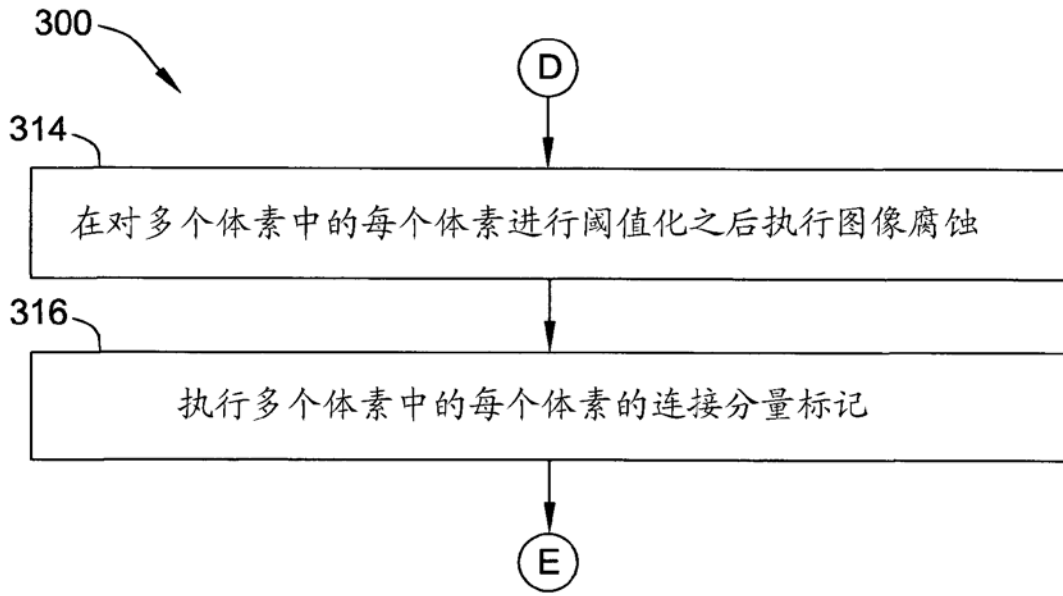


图 11

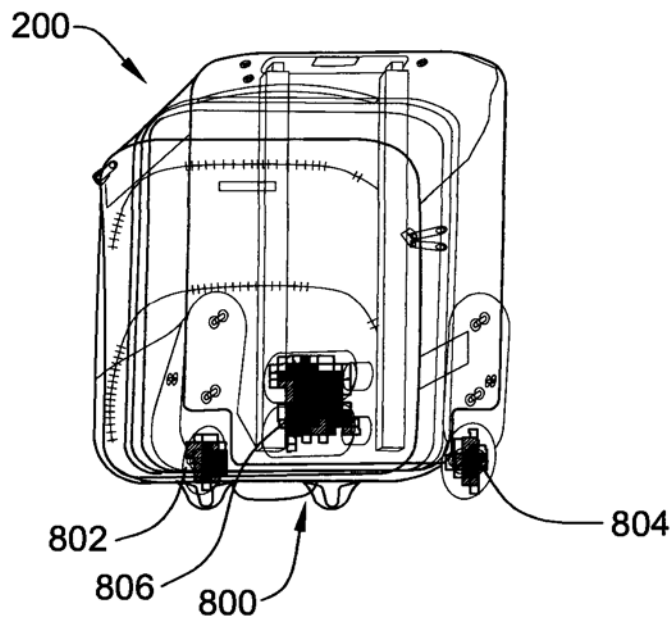


图 12

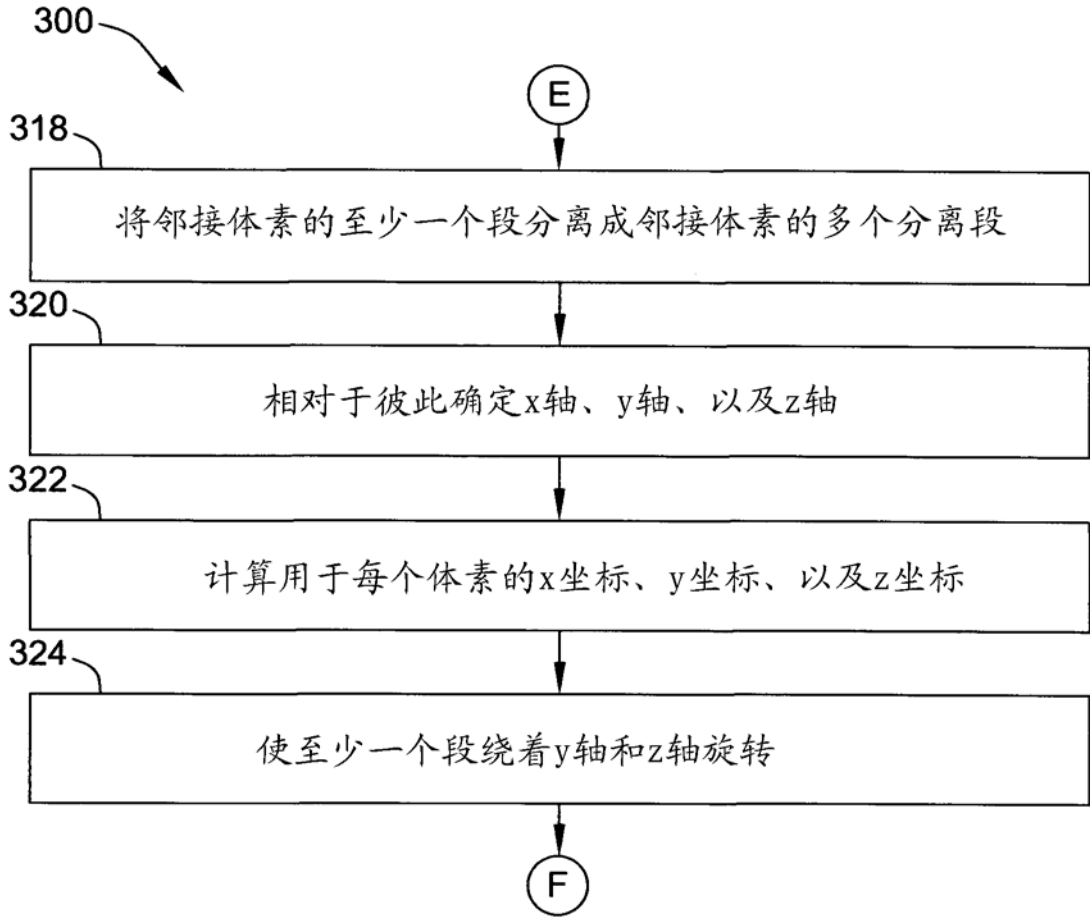


图 13

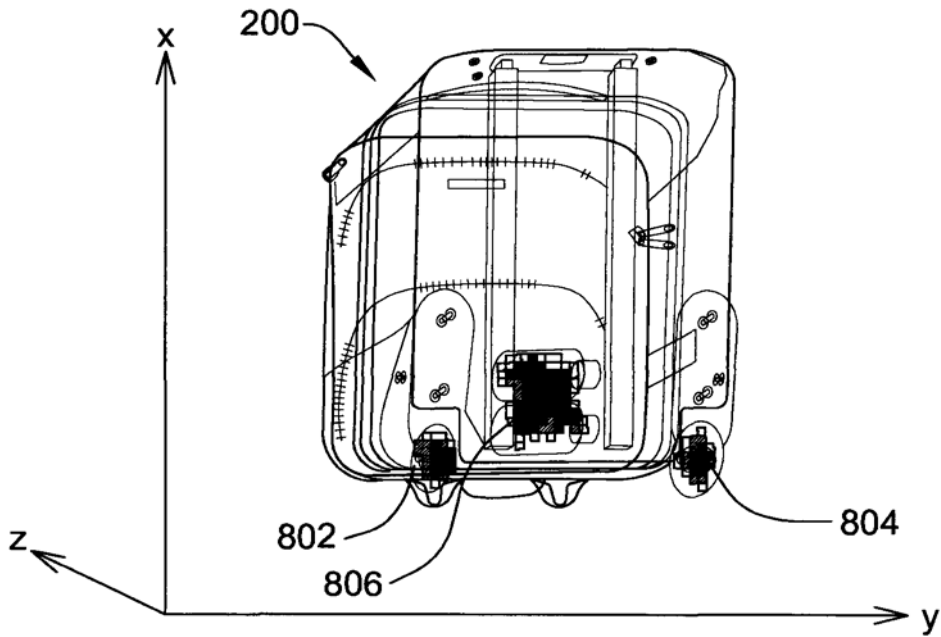


图 14

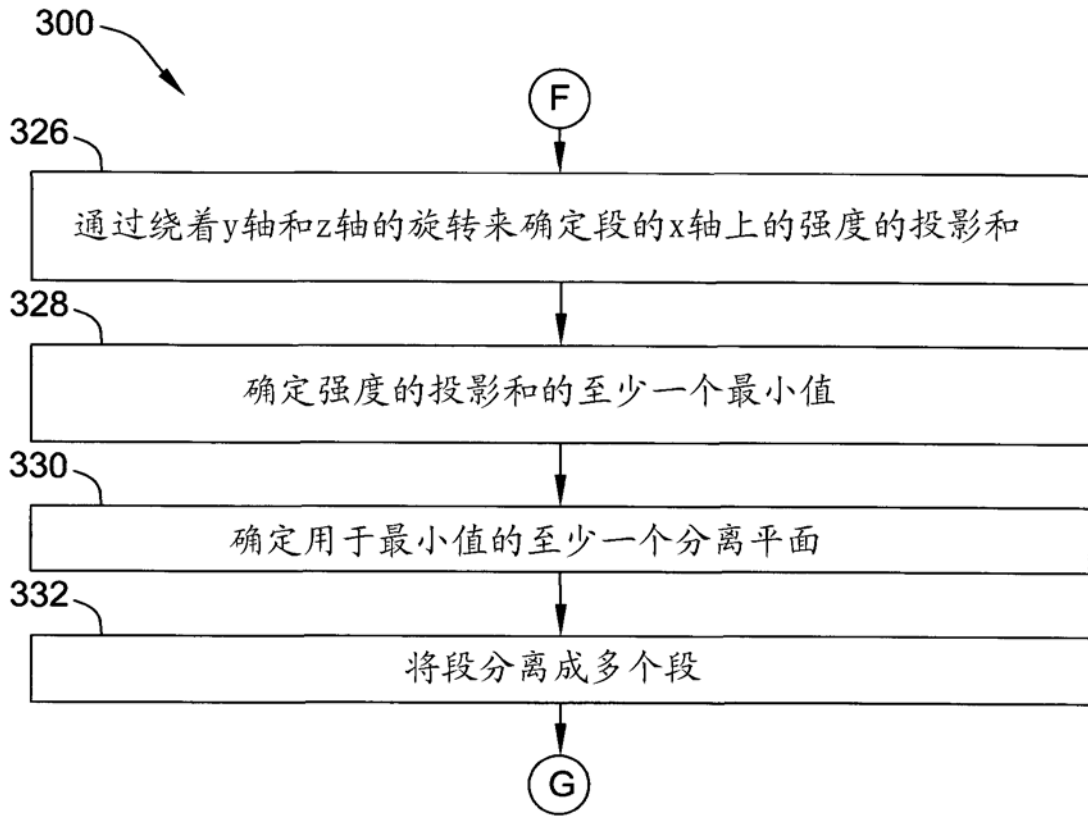


图 15

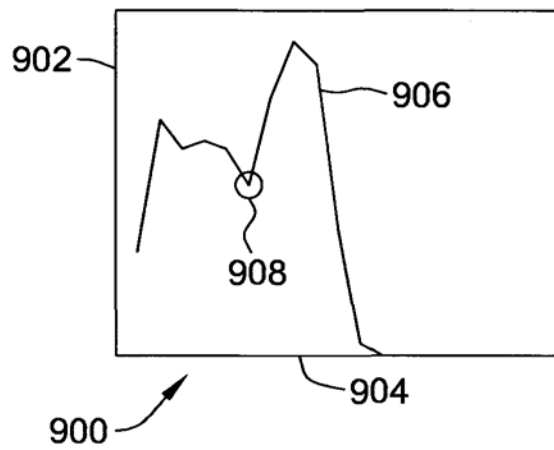


图 16

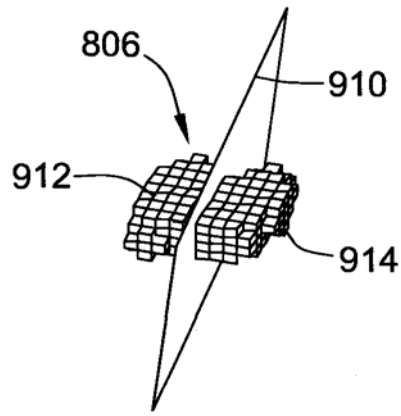


图 17

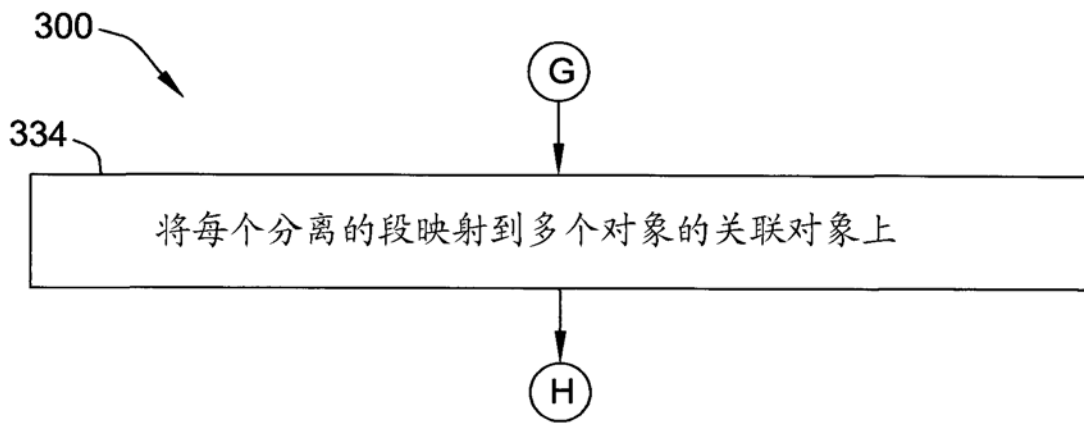


图 18

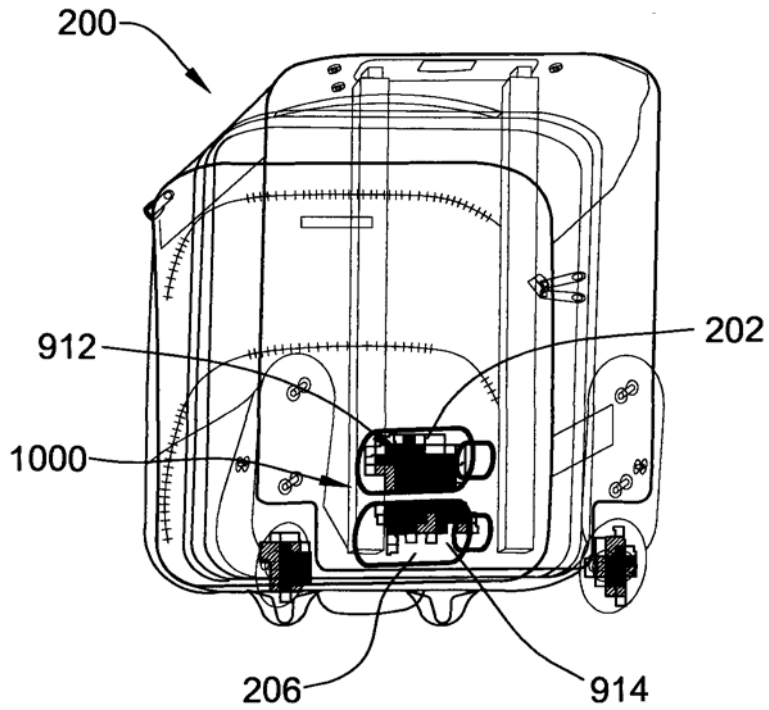


图 19

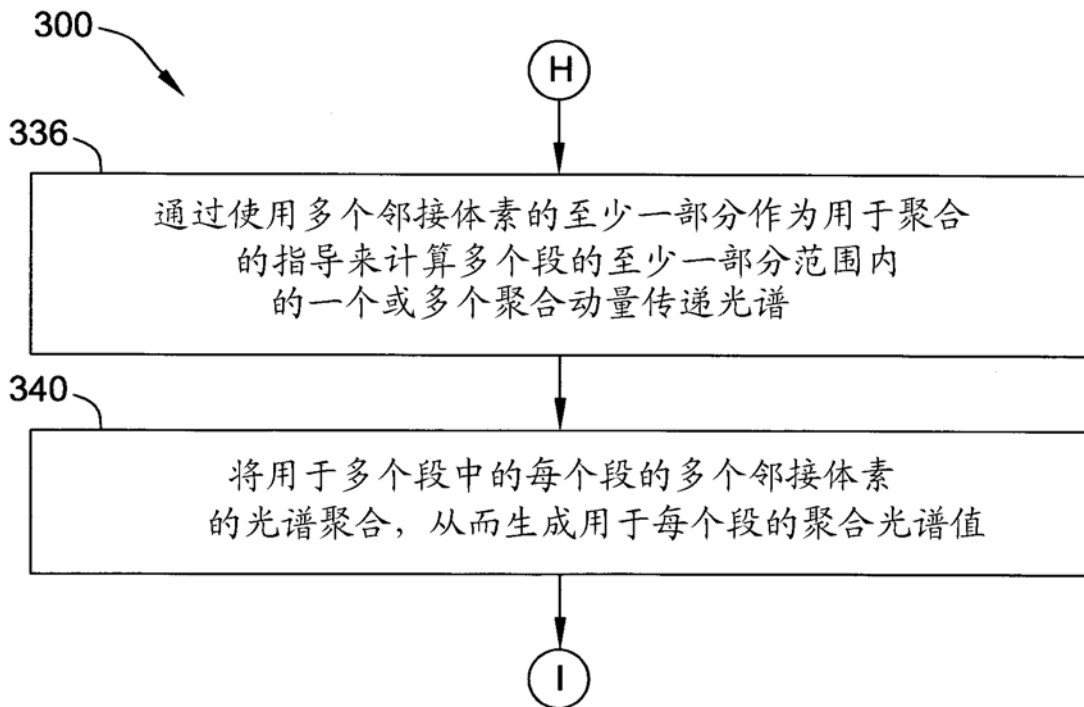


图 20

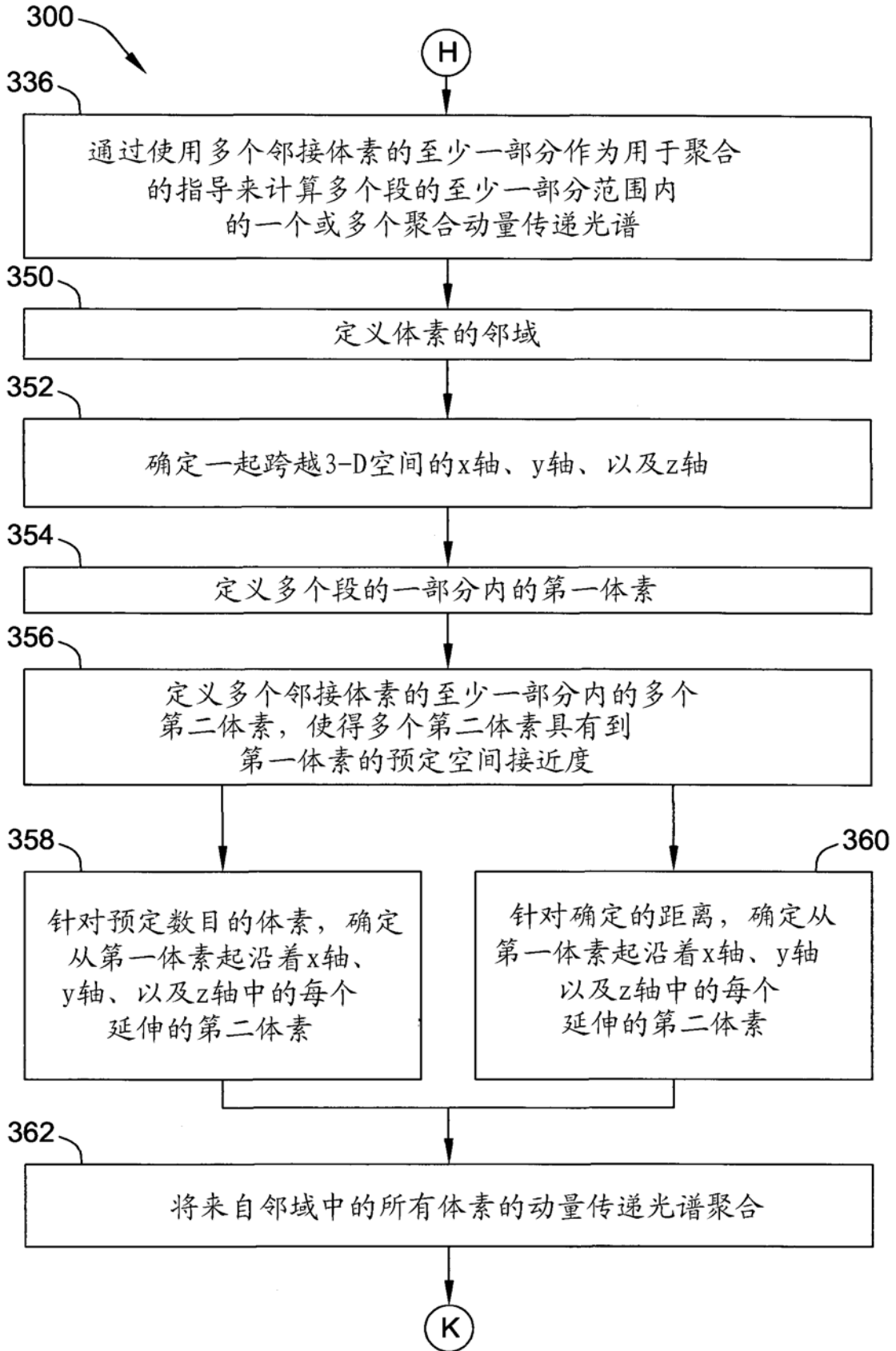


图 21

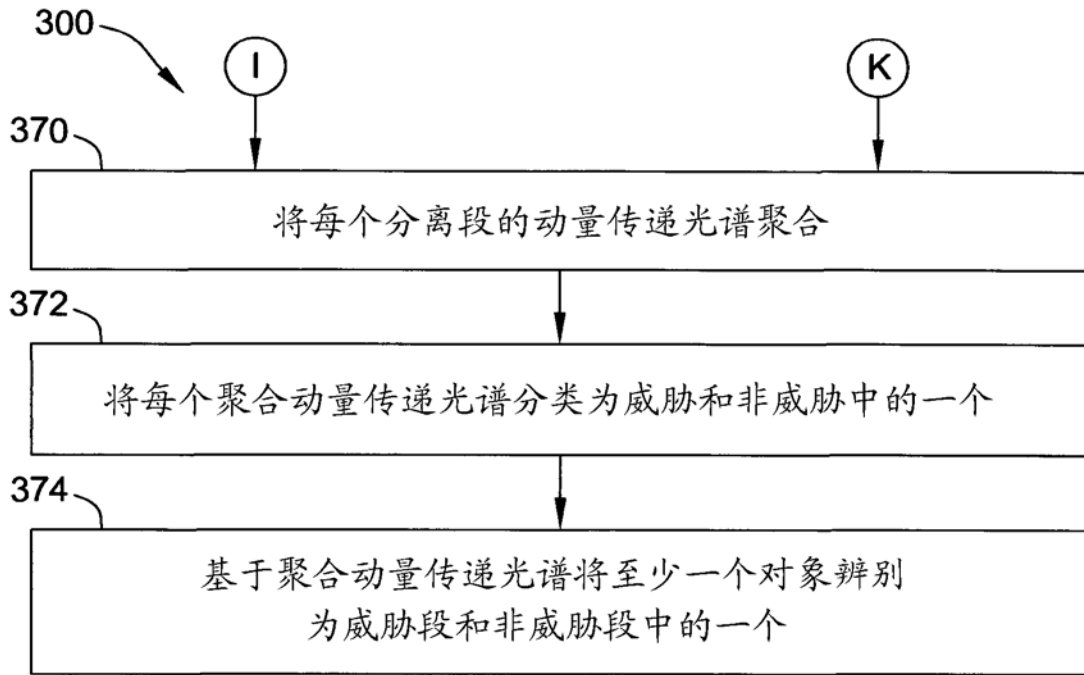


图 22

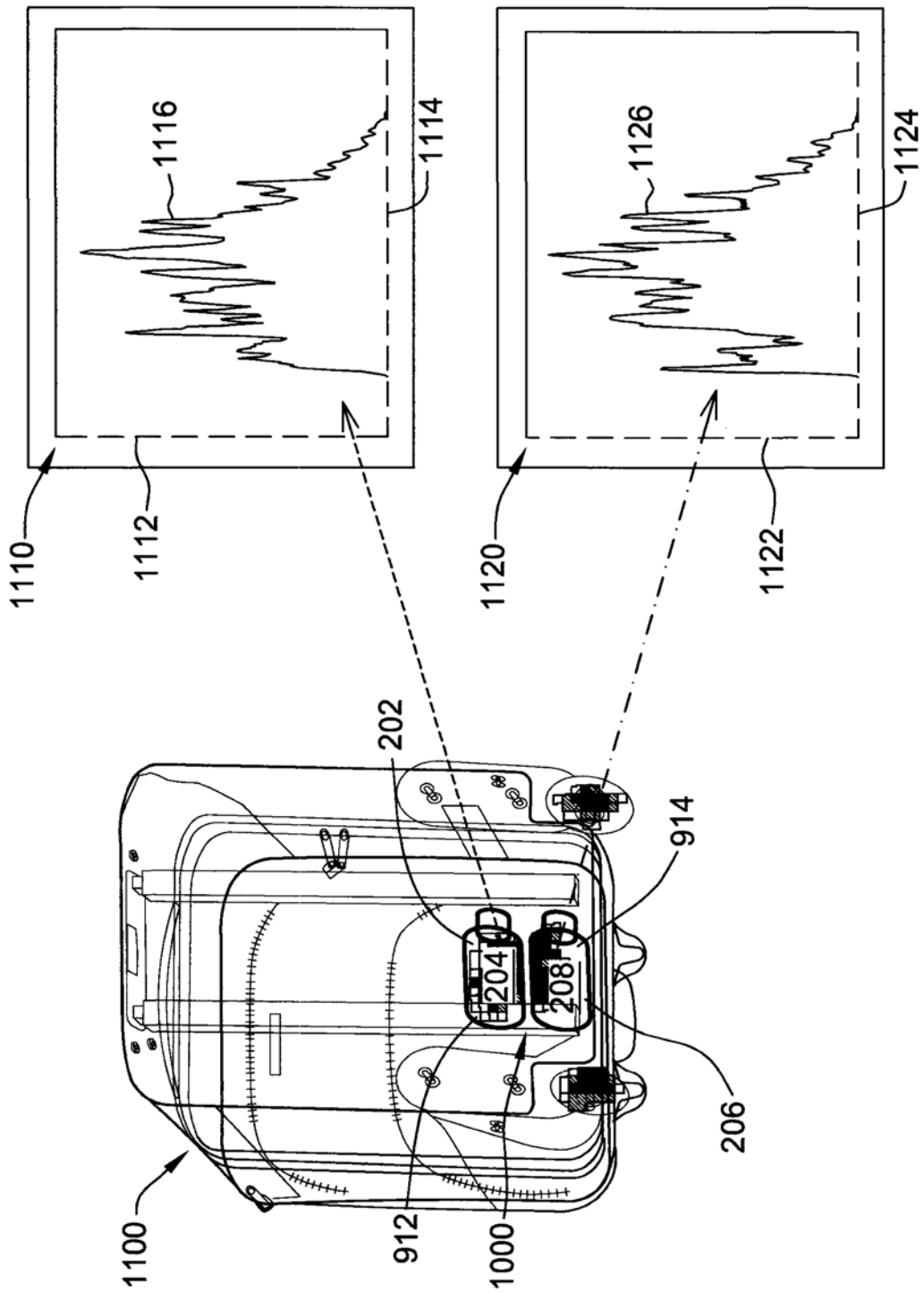


图 23

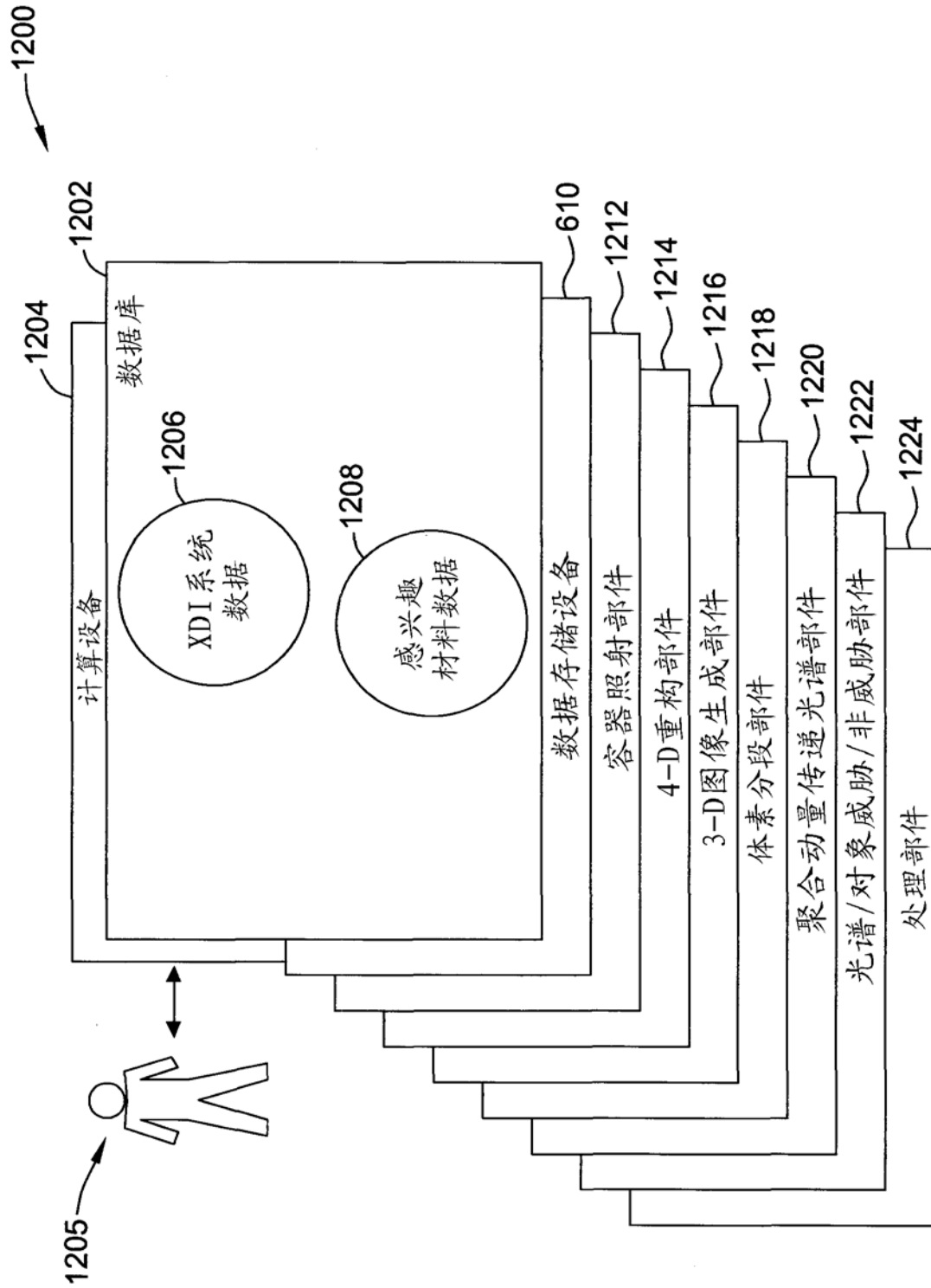


图 24