



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102257380 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 23

(21) 申请号 200980151276. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009. 12. 14

G01N 23/20 (2006. 01)

(30) 优先权数据

G01T 1/36 (2006. 01)

0823093. 0 2008. 12. 19 GB

G01V 5/00 (2006. 01)

G01N 23/087 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 06. 20

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2009/051705 2009. 12. 14

(87) PCT申请的公布数据

W02010/070327 EN 2010. 06. 24

(71) 申请人 克罗梅克有限公司

地址 英国达拉谟

(72) 发明人 马科斯·鲁宾逊

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 周靖 郑霞

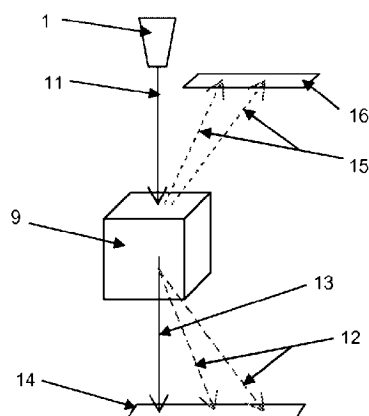
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 6 页

(54) 发明名称

表征材料的设备和方法

(57) 摘要

本发明描述了用于从物体获取放射线相互作用数据以能够更好地确定所述物体的组成的设备和方法。使用放射源和放射线探测器搜集透射的和散射的放射线, 优选包括来自至少一个前向散射模式的放射线。探测器系统能够探测和搜集关于入射的放射线的光谱可解析的信息。每一强度数据集在所述源的光谱的在至少三个能带上被解析, 且然后可将该数据进行数值处理以能够更好地确定所述物体的组成。



1. 一种用于从物体获取放射线相互作用数据以确定关于所述物体的组成的信息的设备,所述设备包括:

放射源和放射线探测器系统,所述放射线探测器系统与所述放射源间隔开,以限定这两者之间的扫描区域且搜集关于与所述扫描区域中的物体相互作用后入射到所述探测器系统的放射线的使用信息,所述探测器系统能够探测和搜集关于入射放射线的光谱可解析的信息;

其中所述放射线探测器系统包括第一探测器装置和至少又一个探测器装置,所述第一探测器装置被安置成搜集透射过物体后入射到所述第一探测器装置的放射线的第一强度数据集,所述至少又一个探测器装置被安置成搜集与物体发生散射相互作用后入射到所述至少又一个探测器装置的放射线的另外的数据集;

其中所述设备还包括第一数据处理模块和至少又一个数据处理模块,所述第一数据处理模块适于解析在所述源的光谱内的至少三个能带上的所述第一强度数据集,所述至少又一个数据处理模块适于解析在所述源的光谱内的至少三个能带上的所述另外的强度数据集。

2. 根据权利要求1所述的设备,包括探测器装置,该探测器装置被安置成搜集与物体发生前向散射相互作用后入射到该探测器装置的放射线的至少一个数据集。

3. 根据权利要求1或权利要求2所述的设备,包括另外的探测器装置,该另外的探测器装置被安置成搜集与物体发生反向散射相互作用后入射到该另外的探测器装置的放射线的另外的强度数据集。

4. 根据前述任何一项权利要求所述的设备,其中每个数据处理模块适于解析在至少一些密切对应的能带上的其各自的强度数据集。

5. 根据前述任何一项权利要求所述的设备,其中每个数据处理模块还包括分析模块,以分析在至少一些所解析的能带上的能量解析的数据,并从所述能量解析的数据数值地获取表征被测物体和/或组成被测物体的材料的放射线吸收行为的信息。

6. 根据权利要求5所述的设备,其中所述分析模块包括一装置,该装置在至少一些解析的能带上同时数值地分析多个能量解析的数据集,以从这种组合分析中数值地获取表征被测物体和/或组成被测物体的材料的放射线散射行为的信息。

7. 根据前述任何一项权利要求所述的设备,其中所述探测器系统包括线性探测器,其中所述线性探测器的第一部分与所述源和被测物体成直线以搜集透射信息,且所述探测器的其余部分离开该直线以便搜集前向散射的放射线。

8. 根据权利要求7所述的设备,其中所述线性探测器从与所述源和被测物体成直线的第一部分在两个方向上都向外延伸。

9. 根据权利要求7或8所述的设备,其中所述探测器系统包括两个正交的线性探测器。

10. 根据前述任意一项权利要求所述的设备,还包括另外的探测器,该探测器设置在所述源和所述物体之间,且离开在所述源和所述物体之间的这样的直线,以搜集反向散射的放射线。

11. 根据前述任意一项权利要求所述的设备,其中所述放射源包括用于发送选自诸如x-射线和/或伽马射线的高能量电磁放射线和亚原子微粒放射线的高能量放射线的源,且所述探测系统相应地适于探测此光谱中的放射线。

12. 根据前述任意一项权利要求所述的设备,还包括准直器,所述准直器用于准直所述源的放射线以产生发射的笔形波束。

13. 根据前述任意一项权利要求所述的设备,其中所述探测器系统由固有地能够展示在所述源的光谱的至少一部分上的光谱可变的响应的材料制成。

14. 根据权利要求 13 所述的设备,其中所述探测器包括选自碲化镉、碲锌镉 (CZT)、碲锰镉 (CMT)、锗、溴化镧、溴化钽的半导体材料。

15. 根据权利要求 13 或 14 所述的设备,其中所述探测器包括半导体材料或形成为包括 II-IV 族半导体材料的块状晶体的材料。

16. 一种从物体获取放射线相互作用数据以确定关于所述物体的组成信息的方法,所述方法包括以下步骤:

提供放射源和放射线探测器系统,所述探测器系统与所述放射源间隔开以限定这两者之间的扫描区域,所述探测器系统具有第一探测器装置和至少又一个探测器装置,能够探测和搜集关于在所述源的光谱的至少一部分上的光谱可解析的入射放射线的信息;

将被测物体放置到所述扫描区域中;

安置所述第一探测器装置以搜集透射过所述物体后入射到所述第一探测器装置的放射线的第一强度数据集,并搜集这种数据集;

安置所述至少又一个探测器装置以搜集与所述物体发生散射相互作用后入射到所述至少又一个探测器装置的放射线的另外的强度数据集,并搜集这种数据集;

在所述源的光谱内的至少三个能带上解析所述第一强度数据集;

在所述源的光谱内的至少三个能带上解析所述另外的强度数据集。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,还包括安置探测器装置以搜集与物体发生前向散射相互作用后入射到该探测器装置的放射线的至少一个数据集的步骤。

18. 根据权利要求 16 或 17 所述的方法,还包括安置另外的探测器装置以搜集与物体发生反向散射相互作用后入射到该另外的探测器装置的放射线的另外的强度数据集。

19. 根据权利要求 16 到 18 中的一项所述的方法,还包括数值地处理每个强度数据集的解析数据以从该解析数据获取表征所述被测物体的放射线吸收和 / 或散射行为的信息的步骤。

20. 根据权利要求 18 所述的方法,其中结合适当的关系来数值地处理每个解析的强度数据集以产生表示材料组成的输出结果,其中通过所述适当的关系,预期的强度能够与所述材料组成的某个方面相关。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其中同时数值地处理透射数据和散射数据以获取对组成的更准确的表示。

表征材料的设备和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对材料进行表征的设备和方法。

[0002] 本发明尤其涉及在期望获取关于物体的内部成分和 / 或组成的信息的场合, 使用诸如 x- 射线或伽马射线的高能量放射线来扫描物体的设备和方法。

背景技术

[0003] 本发明对于涉及可能期望获取关于物体的内部成分和 / 或组成的信息的场合尤其有用, 所述物体例如包括含有多种组成元素或材料、包含液体或液体样本等的物体, 例如用于识别目的, 用于库存控制或质量控制目的, 用于监视随时间的变化并且尤其是降解, 在安全机构或类似的场所用于检测危险或禁止材料, 例如用来筛查行李进入或离开受限区域。

[0004] x- 射线吸收已被用作筛查物体的基础, 以在三维空间创建物体的成分或组成相对于彼此的某种形式的代表性图像, 并获取其可能的组成的某些迹象。物体越厚或越密, 则其将 x- 射线波束衰减得越多。通过使用适当的探测器和适当的源, 能够生成基于一个物体或一组物体的吸收情况的筛查的项目的图像形式的放射照片。

[0005] 已知来自发射的 x- 射线的光谱信息可用于给出所扫描的物体的材料成分或组成的另外的信息。已知任何材料的 x- 射线的吸收特性可在光谱上变化, 且这种影响尤其取决于原子数量。这已导致了双频带或双能量探测器的出现, 所述双谱带或双能量探测器能够从 x- 射线发射的全光谱分别识别低能带和高能带。最近, 能够更有效地解析关于发射的 x- 射线的光谱信息的探测器的出现导致了在较大范围的谱带区分和生成较多的图像的设备的出现。例如, US5943388 描述了一种使用碲化镉探测器在横越至少三个能带成像且生成至少三个图像的系统。

[0006] 这种系统允许显示具有光谱能量解析度的透射放射照片, 这可有助于清理与在宽光谱单色图像中出现的不相干的信息, 所述单色图像仅显示整个光谱的平均强度, 尤其是物体在透射路径中包括多种组成元素或材料的情况。他们并不总是以这种方式搜集数据以允许获取表征材料的信息。期望更高效地进行该内容。

[0007] 即使具有这种解析度, 这种设备仍可能被 x- 射线路径上重叠的物体所困惑。此外, 它们通常将不给出关于物体的结晶或多晶性质。

[0008] 多晶材料散射 x- 射线, 且最终的 x- 射线图像可能几乎探测不到这种多晶材料, 因为没有被该材料吸收的 x- 射线的非常大的部分将被散射, 并因此没有被探测器接收到。这是不幸的, 因为在安全 x- 射线筛查中, 许多征兆项目在本质上是多晶的, 尤其是诸如 CP4、RDX、PETN 和其专有的剂型的塑料炸药、药物和类似物, 且因此通过使用传统的 x- 射线系统难以探测。

[0009] US5313511 概述了一种用于针对使用双能量探测器探测的透射波束、反向散射波束和前向散射波束产生独立的图像的系统。前散射波束和后散射波束仅包含强度信息, 且不能与传输图像组合以用于更准确的成像和材料识别。

发明内容

[0010] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于从物体获取放射线相互作用数据以确定关于物体的组成信息的设备,所述设备包括:

[0011] 放射源和放射线探测器系统,所述放射线探测器系统与所述放射源间隔开以限定这两者之间的扫描区域,且搜索在与所述扫描区域的物体相互作用后关于入射到所述探测器系统的放射线的使用信息,所述探测器系统能够探测和搜集关于入射的放射线的光谱可解析的信息;

[0012] 其中所述放射线探测器系统包括第一探测器装置及至少又一个探测器装置,第一探测器装置被安置成搜集在放射线透射穿过物体后入射到其上的放射线的第一强度数据集,至少又一个探测器装置被安置成搜集在与物体发生散射相互作用后入射到其上的放射线的又一强度数据集;

[0013] 且其中所述设备还包括第一数据处理模块,其适于解析在所述源的光谱内的至少三个能带上的所述第一强度数据集;

[0014] 及至少又一个数据处理模块,其适于解析在所述源的光谱内的至少三个能带上的所述又一强度数据集。

[0015] 根据本发明,通过在源的光谱内的至少三个能带上进行光谱解析,来处理透射数据集和至少又一个散射数据集,以确定关于物体的组成信息。又一散射的数据集特别优选包括由适当的又一探测器搜集的前向散射的强度数据的数据集。前向散射的强度数据例如可为相干散射的强度数据和 / 或不相干散射的强度数据。

[0016] 在一个可能的实施方式中,可搜集多个相干和 / 或不相干的前向和 / 或反向散射的模式的数据集。例如,多个另外的探测器装置可被安置成搜集在与物体发生多个不同的散射相互作用后入射到其上的放射线的多个另外的强度数据集,如上所述,每一种强度的数据集由另外的数据处理模块进行处理。在这种情况下,多个另外的数据集的至少一个优选是前向散射的强度数据的数据集。前向散射的强度数据例如可为相干散射的强度数据和 / 或不相干散射的强度数据。

[0017] 探测器系统能够探测和搜集关于入射的放射线的光谱可解析的信息,在某种意义上,其适于将入射放射线同时区分为在源的光谱的多个分开的能带。例如,探测器系统在源的光谱的至少一部分表现出光谱可变的响应,从而允许这种同时将入射放射线区分到多个能带中。数据处理模式适于利用系统的这种特性,使得每个将随之产生的强度数据集解析为在源的光谱的至少三个这样的能带中。

[0018] 根据本发明,第一探测器装置被安置成搜集透射的放射线的第一强度数据集,且至少又一个探测器装置被安置成搜集又一个散射的优选为前向散射的强度数据的强度数据集。可从相干的前向散射的放射线和 / 或不相干的散射放射线搜集前向散射的强度数据。

[0019] 这比通过仅使用单独由吸收(透射)提供的信息捕捉了更相关的信息,即使当在至少三个能带上进行光谱解析时。通过将该数据与已知存在的且也是在至少三个能带上光谱可解析的散射数据进行组合,可得到更多的信息,以便用于识别所感兴趣的材料。从这点看,散射数据和透射数据在光谱上都意义重大。将透射数据与前向散射的数据或反向散射

的数据或甚至将所有这三者（所有这些都是光谱可解析的）进行组合提供了用于材料识别的更好的方法。

[0020] 可搜集多个散射的数据集。另外的散射数据集可包括前向散射和 / 或反向散射。对于某些应用,可能需要使用透射和单个散射模式,诸如仅单个前向散射的模式,对于其他应用,使用透射和多个前向散射的模式,而对于某些应用,使用透射及前向散射和反向散射。在下文讨论具有这些能力的实例,但是本发明的概述不限于此。

[0021] 因此,根据本发明的一个优选的实施方式,提供了一种用于从物体获取放射线相互作用数据以确定关于物体的组成信息的设备,所述设备包括:

[0022] 放射源和放射线探测器系统,所述放射线探测器系统与所述放射源间隔开以限定这两者之间的扫描区域,且在与所述扫描区域的物体相互作用后搜集关于入射到所述探测器系统的放射线的使用信息,所述探测器系统能够探测和搜集关于入射的放射线的光谱可解析的信息;

[0023] 其中所述放射线探测器系统包括第一探测器装置、第二探测器装置及第三探测器装置,所述第一探测器装置被安置成搜集在透射穿过物体后入射到其上的放射线的第一强度数据集,所述第二探测器装置被安置成搜集在与物体发生前向散射相互作用后入射到其上的放射线的第二强度数据集;所述第三探测器装置被安置成搜集在与物体发生反向散射相互作用后入射到其上的放射线的第三强度数据集;

[0024] 且其中所述设备还包括第一数据处理模块,其适于解析在所述源的光谱内的至少三个能带上的所述第一强度数据集;

[0025] 及第二数据处理模块,其适于解析在所述源的光谱内的至少三个能带上的所述第二强度数据集;

[0026] 及第三数据处理模块,其适于解析在所述源的光谱内的至少三个能带上的所述第三强度数据集。

[0027] 有优势地,本发明的设备对于给定的物体能够例如同时地或紧接地生成针对透射的放射线和散射到至少一个散射探测器位置的放射线的强度数据,并将这种数据解析为多个能量箱 (energy bin)。入射放射线的吸收和入射放射线的散射都是可随能量发生特性变化的特征材料行为。

[0028] 虽然本发明不限于具体的操作理论,使用在文献中及互联网上可得到的针对周密受控的系统几何结构的好的预测工具,材料与离子放射线的相互作用将众所周知。对于具有在 10keV 到 16keV 之间的能量的光子而言,主要起作用的物理过程是光电效应、汤普逊 (相干) 散射和康普顿 (不相干) 散射。对于许多材料而言,康普顿 (不相干) 散射将是特别重要的前向散射模式。

[0029] 由此可知,原则上有可能对能量解析的强度数据集中的的一个或两者进行数值分析并从该分析信息获得表征组成被测物体或可与其联系的部分的材料的的行为的信息,并给出被测物体的组成信息。

[0030] 因此,在一个更完整的优选实施方式中,第一数据处理模块可还包括分析模块,以在至少一些解析的能带上分析能量解析的第一数据集,并从其数值地获取表征被测物体和 / 或组成被测物体的材料的放射线吸收行为的信息。类似地,另外的数据处理模块可还包括分析模块,以在至少一些解析的能带上分析能量解析的另外的数据集,并从其数值地获取

表征被测物体和 / 或组成被测物体的材料的放射线散射行为的信息。

[0031] 用于透射的放射线和散射的放射线的至少一种模式（优选包括前向散射的放射线，例如，在优选的情况中，前向散射的放射线和反向散射的放射线）的强度数据集优选被解析为相应的多个能量箱，所述多个能量箱中的一个或多个紧密对应，且例如实质上相同。

[0032] 可组合用于透射的放射线和用于散射的放射线（例如在优选的情况中，前向散射的放射线和反向散射的放射线）的强度数据集，以给出关于材料组成的更详细的信息或给出物体的成分或组成的更详细的图像。可用这种方式组合来自能量箱的任何组合的数据集的任何组合的信息。这种组合在数据集被解析为能量箱的场合特别便利，所述能量箱的至少一部分在范围上紧密对应，例如实质上相同。因此，该分析模块优选包括一装置，所述装置在一个或多个解析的能带上共同数值地分析多个能量解析的数据集，以通过从该组合分析数值地获取表征被测物体和 / 或组成被测物体的材料的放射线散射行为的信息。

[0033] 类似地，如果基于多个能量解析的数据集进一步改进该设备以用于生成图像，这些可包括由来自多个能量解析的数据集的强度的表示构成的组合图像，所述能量解析的数据集在至少一些解析的能带上被组合。该设备优选包括成像模块，以基于多个能量解析的数据集生成图像，且尤其生成这种组合图像。

[0034] 通过类推，由根据本发明的又一个方面可见，本发明提供了：

[0035] 一种从物体获取放射线相互作用数据以确定关于所述物体的组成信息的方法，所述方法包括以下步骤：

[0036] 提供放射源和放射线探测器系统，所述探测器系统与所述放射源间隔开以限定其间的扫描区域，所述探测器系统具有第一探测器装置和至少又一个探测器装置，其能够探测和搜集关于在所述源的光谱的至少一部分上光谱可解析的入射放射线的信息；

[0037] 将被测物体放置到所述扫描区域，并例如使物体相对于所述扫描区域移动并从而进入 / 通过所述扫描区域；

[0038] 安置所述第一探测器装置以搜集在穿过所述物体透射后入射到其上的放射线的第一强度数据集，并搜集这种数据集；

[0039] 安置所述至少又一个探测器装置以搜集在与所述物体发生散射相互作用后入射到其上的放射线的又一强度数据集，并搜集这种数据集；

[0040] 在所述源的光谱内的多个且优选至少三个能带上解析所述第一强度数据集，并优选对所解析的数据进一步进行数值处理以从其获取表征被测物体的放射线吸收行为的信息；

[0041] 在所述源的光谱内的至少三个能带上解析所述又一强度数据集，并优选对所解析的数据进一步进行数值处理，以从其获取表征被测物体的放射线散射行为的信息。

[0042] 优选地，从多个另外的探测器搜集多个另外的数据集，例如，包括前向散射和 / 或反向散射。对于某些应用，可能需要使用透射和前向散射，对于其他应用，使用透射和反向散射，而对于某些应用，使用透射及前向散射和反向散射。

[0043] 因此，通过类推亦可见，根据一个优选实施方式，本发明提供了：

[0044] 一种从物体获取放射线相互作用数据以确定关于所述物体的组成的信息的方法，所述方法包括以下步骤：

[0045] 提供放射源和放射线探测器系统，所述探测器系统与所述放射源间隔开以限定

其间的扫描区域,所述探测器系统具有第一探测器装置、第二探测器装置和第三探测器装置,其能够探测和搜集关于在所述源的光谱的至少一部分上光谱可解析的入射放射线的信息;

[0046] 将被测物体放置到所述扫描区域,且例如使物体相对于所述扫描区域移动并从而进入/通过所述扫描区域;

[0047] 安置所述第一探测器装置以搜集在穿过所述物体透射后入射到其上的放射线的第一强度数据集,并搜集这种数据集;

[0048] 安置至少一个第二探测器装置以搜集在与所述物体发生前向散射相互作用后入射到其上的放射线的第二强度数据集,并搜集这种数据集;

[0049] 安置至少一个第三探测器装置以搜集在与所述物体发生反向散射相互作用后入射到其上的放射线的第三强度数据集,并搜集这种数据集;

[0050] 在所述源的光谱内的至少三个能带上解析所述第一强度数据集,并优选对所解析的数据进一步进行数值处理,以从其获取表征被测物体的放射线吸收行为的信息;

[0051] 在所述源的光谱内的至少三个能带上解析所述第二强度数据集,并优选对所解析的数据进一步进行数值处理,以从其获取表征被测物体的放射线散射行为的信息;

[0052] 在所述源的光谱内的至少三个能带上解析所述第三强度数据集,并优选对所解析的数据进一步进行数值处理,以从其获取表征被测物体的放射线散射行为的信息。

[0053] 优选的方法特征将由技术人员通过本文描述的优选的设备特征类比地进行推断,反之亦然。

[0054] 本发明的目的是使用吸收的和散射的放射线信息,优选包括至少一个前向散射的模式,和例如多个前向散射和/或反向散射的模式,以作为提供更准确的材料识别能力的方法。优选地,以组合的方式对来自数据集的适当的组合的数据在能量箱的适当的组合内进行数值处理。该组合在数据集被解析为紧密相应于能量箱的场合特别方便。

[0055] 目的是生成强度数据集,从其可以数值地获取特定组成信息,而不是仅仅生成用于成像的数据。

[0056] 因此该设备仅需要简单的波束几何结构,例如可使用被准直以产生入射放射线的简单笔形波束的源来操作。使用包括入射到单个的能量选择性的探测器上的 x- 射线的准直的笔形波束的设备的原因在于需要查看当波束传播通过物体时, x- 射线波束的强度是如何随能量变化的。在优选的情况中,所述设备包括准直器以准直源放射线来产生发射的笔形波束,及所述方法包括这种波束的使用。

[0057] 特定组成信息的获取是可能的,原因在于本发明的用户能够通过单个设备和/或根据前述方法(优选同时地或紧接地)搜集来自从源直接透射穿过物体的放射线和来自源的被物体散射的放射线的强度数据。此外,这些数据集集中的每一个被解析为在至少三个能带上的能量解析的数据集。所解析的数据集被分开和组合地进行数值处理,例如通过组合在相应的能量箱,以给出更好的材料特征。

[0058] 本发明的设备的第一探测器装置搜集透射的放射线。另外的探测器装置搜集来自一个或多个散射相互作用的散射的放射线。例如,第二探测器装置探测前向散射和/或第三探测器装置探测反向散射。放置第二探测器装置,以使得所述探测器离开物体-源线一可测量角度/位置以探测前向散射。这允许对于给定的散射几何结构搜集强度数据。这通

过第二数据处理模块在多个能带上被解析。第三探测器装置设置在 x- 射线源和物体之间，使得所述探测器离开物体 - 源线一可测量角度 / 位置以探测反向散射。这通过第三数据处理模块在多个能带上被解析。第二和第三数据处理模块的解析的能带在很大程度上对应于第一数据处理模块的能带。

[0059] 前向散射的光子能量由 $E_{ph} = hc / \lambda$, 其中 h 是普朗克常数, c 是光速。根据本发明, 对于透射或散射的强度数据集, 可以确定强度随波长和几何结构的变化。材料与离子放射线的相互作用众所周知, 且可使用建立的数值关系, 从而可以从能量解析的数据集数值地获取材料组成信息。

[0060] 应该理解上述内容参考了一种探测器系统, 其包括第一和另外的探测器装置, 例如, 第一、第二和第三探测器装置, 其建议不多于此, 根据本发明的设备提供了在与源和物体成一直线的第一位置的探测能力以测量透射的放射线强度, 且至少一种在该直线之外的探测能力以测量散射的强度, 例如, 在优选的情况中, 在至少一个前向散射的位置, 更优选地, 两个另外的在该直线之外的探测能力以测量在至少一个前向散射的位置和至少一个反向散射的位置的散射强度。

[0061] 特别地, 对于用于探测透射的波束和前向散射的第一和第二探测器装置没有要求其物理上分立和分开的结构。本发明也可例如包括一个用于第一和第二探测器装置的组合的探测器系统, 其中, 组合探测器的区域或部件被一体地设置, 用于探测直接透射的和离线散射的放射线。这种探测器可同时搜集透射的和前向散射的信息。类似地, 本发明可包括用于第一和第二探测器装置的单个探测器, 其通过适当的光栅扫描紧接地建立第一和第二数据集。在这种情况下需要的是, 设备包括与源和物体成一直线的某种形式的装置以测量透射的放射线强度、在该直线之外 (且与之成一个可测量的角度) 的至少一个另外的装置以测量前向散射的强度、在优选的情况中在该直线之外 (且与之成一个可测量的角度) 且在源和物体之间的至少一个另外的装置以测量反向散射的强度。用于探测反向散射的任何第三探测器装置将典型地为物理上分立的且分开的结构。

[0062] 类似地, 第一和另外的数据处理模块、分析模块等可包括在单个设备中, 尤其便于第一和另外的强度数据集的组合处理。

[0063] 如很好地理解的, 对于不同的材料, 根据诸如在下面的实例中给出的那些已知的物理定律, 吸收特性 (因此对于给定的能量的透射的强度) 和散射行为 (因此对于给定的能量箱, 以强度的给定的前向散射和反向散射的模式在第二和第三数据集中搜集的强度) 两者对称地变化, 且以关于入射的放射线能量的方式变化。上述的本发明的设备或方法如此搜集能量解析的数据集, 针对经由第一探测器装置的透射强度和针对另外的探测器装置的散射强度, 且例如针对经由第二探测器装置在至少一个第二探测器位置的前向散射的强度和针对经由第三探测器装置在至少一个第三探测器位置的反向散射的强度, 据此, 根据和通过应用这些已知的物理定律, 获取组成信息本质上是可能的。

[0064] 准确的设备特征和 / 或借此来随后处理数据的方法不具体限制本发明。对于本发明而言, 这种表示透射的和散射的放射线的能量解析的数据已足够了, 例如, 对于单个物体以这种方式同时地或紧接地搜集前向散射的和反向散射的放射线。在下文给出适当的数值关系及适当的数值处理算法的实例, 但不限制本发明的最宽的范围。

[0065] 根据本发明的探测器系统, 和 / 或第一和另外的探测器装置中的每一个可包括单

个线性或平面探测器或组成多元件系统的多个分立的探测器元件。平面探测器可由分立的探测器元件的二维阵列和 / 或在复合元件上的可分别寻址的像素的二维阵列组成。线性探测器可包括分立探测器元件的线性阵列和 / 或在线性复合元件上的可分别寻址的像素的阵列。探测器可能能够在空间上解析入射的放射线,以便通过上述的固有的空间解析度和光栅扫描的任何组合来搜集强度信息的至少第一和第二数据集。

[0066] 在一个优选的实施方式中,探测器系统包括至少一个线性探测器(该术语包括线性探测器阵列),其中线性探测器的第一部分与源和被测物体成一直线以搜集透射的信息(且构成可独立寻址的第一探测器装置),探测器的其余部分在该直线之外以便搜集前向散射的放射线(且因此成为如上定义的可独立寻址的第二探测器装置)。探测器的其余部分搜集在至少一个且优选多个散射位置处散射的放射线,且因此成为如上描述的第二探测器装置。另外的第三探测器装置优选设置在源和物体之间,且在源和物体之间的直线之外(且与之成一个可测量的角度)以搜集反向散射的放射线。

[0067] 在一个可行的实施方式中,线性探测器包括第一和第二探测器装置,其从与源和被测物体成一直线的第一部分在两个方向向外延伸以定义该第二探测器装置。在可选的布置中,线性探测器从与源和被测物体成一直线的第一部分仅在一个方向向外延伸。在另一实例中,线性探测器的向外延伸的部分优选包括多个可分别寻址的第二探测器装置,例如多个分立的元件或可独立寻址的区域,从其可以获取针对相应的多个散射位置的强度信息。

[0068] 结合包括被准直以产生笔形波束的源的源放射线的优选实施方式,考虑这种包括第一和第二探测器装置的探测器的操作,可以看出,来自源的入射的放射线与物体的相互作用将产生与物体的吸收特性直接相关的透射的强度,其冲击在探测器阵列的中央的第一部分,前向散射的放射线的圆锥体从其向外延伸,并通过多个第二区域在各个散射位置可以分别检测到。在优选的情况中,另外的反向散射的放射线从物体的后侧朝着源向外延伸,通过单个或多个第三探测器区域在各个散射几何结构可分别检测到该放射线。

[0069] 可选地,如果探测器系统包括用于测量透射和前向散射的波束的第一和第二探测器装置,则能够得到同样的结果。所述探测器系统包括分立的探测器元件或可独立寻址的探测器部分的区域阵列,所述区域阵列具有用于探测透射的放射线的中心区域和用于探测在各个散射角度的前向散射的放射线的从中心区域向外延伸的区域。

[0070] 放射源能够产生在需要的操作带宽内的在较宽范围的能量上的宽光谱发射。放射源优选包括发出诸如离子放射线的高能量放射线的源,例如诸如 x-射线和 / 或伽马射线的高能量电磁放射线,或亚原子粒子放射线,且所述探测系统被相应地适于探测在该光谱的放射线。放射源例如是宽带 x-射线或伽马射线源,其能够在 x-射线或伽马射线能量的较宽范围内产生宽光谱发射。

[0071] 源可为单个宽光谱源,通过其可识别多个带宽或单一的能量。例如,源可为单个宽光谱 x-射线源。可选地或另外地,根据本发明的方法,可提供具有窄带宽或以一个或多个离散的能量产生入射放射线的源以提供某些能量用于比较。在这种情况下,放射源是包括在不同的能量的源的组合的多重源,以提供所必需的总光谱,所述光谱被扩展以允许通过探测器在多个能量 / 能量带进行解析。

[0072] 例如,多重源包括具有相对较低的能量谱的 x-射线源,例如在低于 60keV 操作和

例如在 10 到 50keV, 及一个或多个以较高的能量例如高于 100keV 产生放射线的放射性同位素源。

[0073] 该源优选能够产生足够宽的光谱的放射线, 以使得能够具有对于本发明的性能所必需的光谱解析度。优选地, 源产生在 20keV 到 1MeV 的范围的至少一个或多个部分的放射线, 更优选地在 20keV 到 160keV 的范围的至少一部分, 例如其主要部分。例如, 源产生在给定范围内的至少 20keV 的至少一个带宽的范围的放射线。例如, 光谱为至少三个 10keV 带能够在所述范围被解析。

[0074] 优选提供准直器以从源产生适当的几何结构的发射波束。发射波束的几何结构将决定探测器系统的最有用的几何结构。最简单的, 特别是如果该设备仅用于搜集光谱解析的透射数据以用于数值地获取质量衰减系数的目的, 则可提供简单有效的一维“笔形”波束。

[0075] 本发明利用多光谱解析的原理来搜集可能与扫描区域的物体的组成相关的有用信息。探测器系统适于产生关于透射或散射的放射线的光谱信息。即, 探测器在源的放射线的光谱的至少一个实质性部分表现出光谱可变的响应, 这允许获取光谱信息。可解析在多个能带的强度数据。

[0076] 此外, 代替仅用此来产生物体的多带多光谱图像, 这能够仅给出关于组成的有限的指示信息, 通过处理能量解析的信息来数值分析数据集以获得具有比较性的数值结果, 所述数值结果以量化的方式表示数据的结果数据集, 其比起仅通过多光谱图像实现, 能够更具体地表征物体的组成的一个方面。

[0077] 所述探测器适于至少在至少三个更优选地至少五个能带进行解析的程度上产生关于透射的放射线的光谱信息。将输出解析为 8 或 16 个这样的能带可能是方便的。

[0078] 只要解析了至少三个特定的能带, 每个的带宽不直接关于本发明, 且通过任何适合的方法来全部或部分地将光谱划分为分开的带可以获得有用的结果。例如, 整个光谱或其实质性部分可被简单地划分在该多个带宽之间, 每个数据项可视为表示在整个带上的强度的测量, 例如平均强度。可选地, 可在相同的基础上想象和分析多个相对较宽但其间具有离散的间隙的带。可选地, “带”甚至可窄到点, 在该点处它们几乎接近在单一能量的强度的估值。如本文使用的, 在能量“带”的强度的概念包括在这种离散的单一能量的强度的评估及在窄或宽的带宽上的能量的强度的评估。对于透射的放射线, 优选宽带, 窄带用于识别特定的散射模式。

[0079] 必要的是, 探测器系统能够以可被数据处理设备光谱解析的方式来探测放射线。优选地, 探测器系统在放射源的光谱的至少一实质性部分上表现出光谱可变的响应, 这允许获取详细的光谱信息。优选地, 探测器系统或组成多元件系统的一些或所有的分立的探测器元件可适于产生光谱解析, 原因在于其表现出直接的光谱响应。特别地, 系统或元件由被选取的材料制成, 所述材料固有地作为直接的材料特性表现直接的可变的电响应, 例如对源光谱的不同部分的光电响应。

[0080] 例如, 探测器系统或元件包括半导体材料或优选形成为块状晶体 (例如, 形成为块状单晶, 其中在该文中的块状晶体表示厚度至少为 500 μm , 优选为至少 1mm) 的材料。组成半导体的材料优选选自碲化镉、碲锌镉 (CZT)、碲锰镉 (CMT)、锗、溴化镧、溴化钽。II-IV 族半导体, 尤其是那些列出的, 在这点上尤其优选。组成半导体的材料优选选自碲化镉、碲

锌镉 (CZT)、碲锰镉 (CMT) 及其合金, 例如包括晶体 $\text{Cd}_{1-(a+b)}\text{Mn}_a\text{Zn}_b\text{Te}$, 其中 $a+b < 1$, 且 a 和 / 或 b 可为 0。

[0081] 将理解虽然本文为了方便扫描物体做了一些参考, 但这不应视为将本发明的应用限制到扫描单一的同类物体。确实, 对于许多设想的应用, “物体” 可能由多种同类的材料组成和 / 或作为多种微粒的容器或其他聚积物, 因此任何透射的放射性可能传递通过具有变化的特性的多种不同的材料。本发明的一个特别的优势是其可促进这种变化的材料的解析。

[0082] 最基本的, 本发明能够基于在光谱的不同的解析部分上的特有的透射 / 散射行为, 从所搜集的数据数值地获取材料的识别的改进的表示。不要求特定的波束几何结构。没有必要生成图像。本发明不排除这种可能性, 即本发明形成由扫描成像系统提供的信息的一部分且补充了由扫描成像系统提供的信息, 但是不要求这种额外的复杂度。

[0083] 在一些实例中, 优选地, 本发明形成由扫描成像系统提供的信息的一部分且补充了由扫描成像系统提供的信息。根据该可行的实施方式, 在探测器装置搜集的关于放射线入射的信息的数据集用于生成在扫描区域的物体的图像。特别地, 在一种可行的操作模式, 组合在源的光谱内的多个频带上光谱解析的每一数据集来生成组合图像。如果需要这种操作模式, 可提供图像创建模块以从该强度数据集创建图像, 且可提供图像显示器以显示该图像。

[0084] 对于给定的扫描事件, 信息与透射的数据集中固有的特征材料数据相关, 并因此通过单个扫描事件可获得在透射路径中的物体的材料组成, 例如, 由适当的几何结构的单波束 (例如, 笔形波束或锥形波束) 扫描的静止物体。在这种情况下, 该方法仅包括将物体放置到扫描区域以获得该单个扫描和关于入射到探测器的放射线的信息的数据的单个数据集。经常优选这种简单的布置。

[0085] 可选地, 该设备适于搜集关于在单个扫描位置的物体的使用中的透射和散射的强度数据, 例如其包括将物体保持在扫描位置的装置, 该扫描位置诸如可将物体放置到其中的容器或可将物体放置到其上的平台。另外地或可选地, 其可包括传送带以将物体传送进该扫描位置和传送出该扫描位置。

[0086] 在本发明的一个更完整的实施方式中, 第一和另外的能量解析的强度数据集中的每个可结合适当的关系进行数值地处理, 以产生表示材料组成的输出结果, 通过所述适当的关系可将预测的强度与材料组成的某一方面相关联。在一个特别优选的实施方式中, 该方法的数值分析步骤, 以及通过类比该设备的相关模块, 同时处理透射数据和散射数据以获取组成的更准确的表示。

[0087] 例如, 以允许从材料常数或类似的特有的材料物理特性的数据集提取的方式, 对能量解析的强度数据进行数值处理。该材料常数或类似的特性可与适当的数据库进行比较, 所述适当的数据库例如包括针对相似成分的材料尤其是目标材料等的这种数据的库。优选地, 根据本发明的该实施方式的设备包括实现所述数值分析步骤的数值分析模块、含有该数据库的数据寄存器、和比较器模块, 所述比较器模块实现输出结果与数据库中的数据的比较步骤以建立材料组成的表示。

[0088] 本发明允许基于数值分析从搜集的且光谱解析的透射和散射数据来识别材料, 例如基于针对至少一种且优选为在给定的应用中可能遇到的目标材料和 / 或物体的等效数

值分析,参考表征光谱解析的透射 / 散射数据的适当数据库,所述数值分析提供了材料成分的表示。该数据库可包括任何适当形式的信息,所述信息可以数值方式关联到强度数据的数值分析的结果,根据本发明,所述强度数据是在解析的能带上搜集的。该数据库可包括标准预设的参考材料和 / 或用户输入的参考材料,和 / 或根据前述方法可从已知的材料生成参考数据。即,数据库可由系统建立,其能够实际上随着时间“学习”材料特性。该数据库可包括电子存储的数据和 / 或存储在诸如印刷资源的硬介质上的数据,且可被在本地和 / 或远程地、手动和 / 或自动地保持和访问,所有这些都不与本发明的方法的该实施方式直接相关。

[0089] 通常将理解本发明的方法中的数值步骤可通过适当的一组机器可读的指令或代码来实现。这些机器可读的指令可装载到通用计算机、专用计算机或其他可编程的数据处理设备以产生用于实现规定的数值步骤,特别由其产生如本文所述的计算装置。

[0090] 这些机器可读的指令也可存储在计算机可读介质中,所述计算机可读介质可引导计算机或其他可编程的数据处理装置以特定的方式运行,使得存储在计算机可读介质中的指令产生包括指令装置的制造物件以实现本发明的方法中的一些或所有的数值步骤。计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程的设备以产生能够实现计算机执行的过程的机器,使得在计算机或其他可编程的设备上执行指令,从而提供用于实现本发明的方法的一些或所有数值步骤的步骤。将理解,步骤可通过专用硬件和 / 或计算机指令的任何适当的组合的方式来实现,且可通过用于执行该步骤的设备的方式来实现,所述设备包括专用硬件和 / 或计算机指令的任何适当的组合。

[0091] 附图描述

[0092] 现在将仅通过实例并参考附图对本发明进行描述,其中:

[0093] 图 1 是根据本发明的一个实施方式的设备的示意性表示,所述设备被建立以扫描物体并获取发射的和散射的放射线;

[0094] 图 2 和 3 图示了线性阵列探测器的可能布置;

[0095] 图 4 图示了用于探测发射的和前向散射的放射线的探测区域的可能的布置的平面图;

[0096] 图 5 图示了用于探测反向散射的放射线的探测区域的可能的布置的平面图;

[0097] 图 6 是根据本发明的一个实施方式的数据处理设备的示意性表示;

[0098] 图 7 示出了根据本发明的一个实施方式的用于数据处理的源光谱和能带;

[0099] 图 8 示出了作为能量的函数的水的光子截面,其比较了光电效应、汤普逊(相干)散射和康普顿(不相干)散射的效果;

[0100] 图 9 示出了 100mm 水的透射曲线。

具体实施方式

[0101] 参考图 1,使用适当的 x-射线源来在探测器 4 的方向引导 x-射线经由扫描区。

[0102] 探测器 4 包括能够分辨入射的 x-射线的光谱的材料,在具体的实例中包括碲化镉,虽然技术人员将认识到其他材料选择可能是合适的。为了探索该光谱解析度,x-射线源 1 发出在较宽的能量谱上的 x-射线。

[0103] 放射源 1 必须产生用于表征散射的、适合的光谱范围上的能量分布,其通常是

x-射线源。钨是最适合的目标,但可以使用其他的。

[0104] 可选地,可以使用多个光源。在一个实例中,这可以是校准的 x-射线源以产生具有设计的在约 10 到 50keV 操作的光谱的笔形波束和至少一个较高能量例如大于 100keV 的放射性同位素源。在实例中,提供了 122keV 的钴-57 源。

[0105] 可以提供分立的多个源和探测器。

[0106] 将 x-射线源 1 进行适当的校准以产生主笔形波束 11。将主波束 11 对准物体 9。探测器设备 4 设置在物体的相对侧的探测区域 DZ 中。

[0107] 尤其在图示的实施方式中,在探测区域接收的放射线受到以三种方式与物体的相互作用的影响。首先,放射线被物体 9 吸收,尤其根据下面的等式 (1),这以随着入射的放射线能量而改变特性的方式影响最终透射的波束 13。

[0108] 其次,根据本发明,放射线由构成物体 9 的材料前向散射。各种相干和不相干机制,通常汤普逊(相干)散射和康普顿(不相干)散射中的一个或两者占主导。这产生了入射的放射线的散射,所述入射的放射线以对于给定的材料的各种材料特性所特有的方式被散射。这通过产生以典型的能量和散射几何结构的放射线 12 的多个散射的“圆锥体”在图中示意性地示出。每个散射的圆锥体的结果是在探测区域 DZ 上圆形的覆盖区。散射的圆锥体被示出为图示在探测区域 DZ 以多个散射角探测散射强度的方法,且不应作为表示散射的特定机理,所述散射的特定机理需要产生强度峰值的离散的圆锥体。

[0109] 再次,主要通过构成物体 9 的材料的低原子数元素,将放射线反向散射。对于给定的材料,反向散射的放射线具有用于入射的放射线的特征能量(波长)的散射特征角。这通过以特征能量和散射几何结构产生放射线 15 的多个散射的“圆锥体”,在图中示意性地示出。再次,“圆锥体”的表示用于示意性图示的目的,不意在表示散射的特定机理。

[0110] 根据本发明的探测器系统能够探测被分解到多个能量箱中的前向散射的强度和反向散射的强度,且以多个不同的前向散射和反向散射的角度探测,探测器系统能够生成结果,从该结果能够获得表示产生所测量的散射几何/强度分布的材料的组成的信息。

[0111] 在图 1,单个像素探测器 4 被图示在直接透射位置(即,作为上文定义的第一探测器装置)。没有示出散射探测器。在探测区域水平面 DZ,每个图示的放射线的前向散射的圆锥体在中心透射线以外呈现圆形的迹线。每个图示的放射线的反向散射的圆锥体在放射源 1 和物体 9 之间呈现圆形的迹线。此外,在已知的角度的单个像素探测器或在适当的扫描图案上的单个探测器装置也可用于搜集反向散射的信息。

[0112] 在图 2 和 3 中图示了用于线性阵列探测器的可选的布置,所述线性阵列探测器能够同时搜集三组数据。在图 2 中,线性阵列探测器 14 被安置成使得阵列的一端与主透射波束 13 在一条直线上并探测透射的强度,而阵列的其余部分在探测区域的水平面向外延伸以探测在多个不同的散射角的散射波束 12。又一个线性阵列 16 位于放射源 1 和物体 9 之间且不接触源和物体 9 之间的线,以探测在多个不同的散射角的散射的波束 15。

[0113] 在图 3 中,在可选的布置中,线性阵列 14 以透射波束 15 为中心并在两个方向向外延伸,以探测在多个不同的散射位置的散射波束 17。另外的线性阵列 16 位于源 1 和物体 9 之间的区域,在阵列 16 之间具有足够的间隙以用于入射波束 11 从源通向物体。探测器 16 探测在多个不同的散射位置的散射波束 15。

[0114] 在图 4 中呈现了用于探测透射的和前向散射的波束的尤其优选的布置,其中两个

线性阵列探测器 18 在扫描迹线水平面正交布置,从而以所示的方式从表示特征的前向散射的放射圆 19 获得信息。

[0115] 在图 5 中呈现了用于探测反向散射的波束的尤其优选的布置,其中 4 个线性阵列探测器 16 在扫描迹线水平面正交布置从而以所示的方式从表示特征的反向散射的放射圆 20 获得信息。在区域 2 提供了间隙以用于入射波束从源通向物体。

[0116] 在图 6 中呈现了由上述设备搜集的数据的解析的一般示意性表示。 x -射线源 1 与第一探测器装置 21a 和第二探测器装置 21b 的形式的横向间隔开的探测器及又一个探测器 21c 共同限定了其间的扫描区域 Z。在使用时,待扫描的物体以通常的方式放入扫描区域,例如,放在适当的物体平台上或经由适当的传送带传送过来。

[0117] 在示出的实例中,材料 9 的样本位于扫描区域 Z。图示了来自 x -射线源的入射波束 11。前向散射的波束 12 被适当的机构散射,例如,其可能为不相干的康普顿散射,并入射到第一探测器装置 21a 上。透射波束 13 入射到探测器装置 21b 上。反向散射的波束 15 入射到探测器装置 21c 上。优选实施方式中的探测器装置包括碲化镉探测器单元的线性阵列。

[0118] 探测器阵列 21a、21b、21c 与处理器 22 进行数据通信。探测器阵列用于以熟悉的方式生成强度信息的数据集。阵列中的材料的固有光谱解析允许处理器 22 通过参考存储在数据寄存器 23 中的能带边界并根据本发明的原理,在多个预置的频带/能带上区别地处理该数据集。

[0119] 源 1 产生在相对宽的能量光谱上的 x -射线,这样可以采用该解析。源 1 优选为钨源,其给出 x -射线强度(I)对波长(λ)的特征图,如图 7 所示。图 7 示出了该光谱如何被划分为连续的相对宽的带 b1 到 b5 以根据本发明的原理操作系统。

[0120] 计算模块 24 对于放射线相互作用过程的变化,根据本发明的普遍原理使用已知的物理关系执行数值计算,所述放射线相互作用过程以光谱变化的方式影响投射的和散射的强度,所述物理关系将强度变化与初始放射线能量光谱相关联。这些已知的关系可用于生成特征材料特性数据,参考先前在数据寄存器 25 中存储的参考数据,从这些特性数据可以获得与材料组成相关的信息。以任何方式,例如经由显示器 27 或通过另一适合的警示系统,可将如此产生的最终数据识别给该扫描系统的用户。该设备的任何数据处理或存储元件,例如包括处理器 22、数据寄存器 23、计算模块 24 和数据寄存器 25 中的一个或多个,可以通过适当编程的数据处理器装置诸如专用或通用计算机来提供。

[0121] 透射的强度信息的第一数据集通过至少在一定程度上解析入射能量/波长和从与源和物体成一直线的探测器或探测器阵列的一部分获得的透射强度之间的关系来生成,以用于根据本发明的原理进行数值分析。可参考已知的将尤其涉及光电吸收的透射强度与入射强度相关联的适合的数值关系对该数据进行数值分析。

[0122] 前向散射的强度信息的第二数据集通过至少在一定程度上解析入射能量/波长和从远离直线的探测器或探测器阵列的一部分获得的强度之间的关系来生成,以用于根据本发明的原理进行数值分析。可参考已知的将尤其涉及汤普逊(相干)散射或康普顿(不相干)散射效果的前向散射的强度与入射强度相关联的适合的数值关系,对该数据进行数值分析。

[0123] 根据本发明的原理,反向散射的强度信息的第三数据集通过至少在一定程度上解

析入射能量 / 波长和从探测器 21c 获得的强度之间的关系来生成。可参考已知的将反向散射的强度与入射强度相关联的适合的数值关系对该数据进行数值分析。

[0124] 各个能量解析的数据集可分别或共同地进行数值分析以生成与组成相关的信息。

[0125] 现在将更加详细地描述本发明的一些可能的实施方式,所述实施方式包括基于强度比率分析对频率特定的数据集进行适当数值分析,以得到与组成相关的量化信息的频率可比较的数据集。将认识到这些仅为实例且本发明的原理可应用于将产生与组成相关的量化信息的任何数值分析技术,这作为从多光谱解析的数据集获取有用数据的方法,所述有用数据作为可单独从图像获取的信息的替代物。

[0126] 在第一数据集的可能的数值分析中,获取了能量解析的数据集,所述数据集包括至少关于在多个能带的透射的放射线的强度的数据,且例如,包括代表在给定的谱带的透射的放射线的平均强度或至少足够代表其一部分的数据。优选通过应用比较函数到至少一对能量特定的强度数据集尤其是平均强度数据集,来执行对至少这对数据集的数值分析以产生比较数据集。然而,更优选地,数值分析步骤包括对于至少一对能量特定的数据集来确定强度比,例如平均强度比(即,如先前定义的在给定的能带或至少其一部分的平均强度的比率)。

[0127] 强度比可表示透射的放射线的数据集的尤其有用的量化,所述量化能够特别表征特定材料的组成。

[0128] 在适当且可应用的场合,在任何频率特定的数据集之间的比较的过程之前或作为该过程的一部分,可将不同的数值权重系数应用于不同的频率特定的数据集的数据,以在不背离本发明的原理的情况下产生适当修改的 / 有意义的结果的数据集。这种权重例如可校正给定的源光谱中的强度变化,可校正任何类型的噪声,或用于可能需要考虑以改善该数值结果的任何其他因素。

[0129] 透射强度可通过诸如比尔 - 朗伯吸收定律的质量衰减关系进行描述。

$$[0130] \quad I/I_0 = \exp[-(\mu / \rho) \rho t] \quad (1)$$

[0131] 其中, μ / ρ = 质量衰减系数,材料常数,其为材料的加权的元素组成的特征。I 是最终强度, I_0 是初始强度, ρ 是材料的密度, t 是材料的厚度。

[0132] 放置本发明的设备的第一探测器装置,使得探测器与物体 - 源线成一直线以搜集透射的放射线。这允许搜集强度数据并通过第一数据处理模块在多个能带解析该强度数据,从该强度数据,通过以某种适当的方式应用该定律,从能量解析的数据集可以数值地获取材料组成信息。

[0133] 因此,该方法优选包括应用诸如上面的等式 (1) 的质量衰减关系的方法,例如,评估在给定的强度数据集中的针对至少两对能带的强度数据项之间的比率,且例如每个连续的这种能带使用与强度数据集相关的质量衰减系数得到函数关系中的数值指示符;

[0134] 将其与表示特征质量衰减系数的数据库进行比较,尤其例如与表示诸如可疑材料的目标材料的特征质量衰减系数进行比较,以便获得在透射路径中产生该强度数据集的材料的可能材料成分表示。

[0135] 通过类比,在该实施方式中,适当的设备包括:计算装置,其评估在给定的强度数据集中的针对至少两对能带的强度数据项之间的比率,例如每个连续的这种能带使用与强度数据集相关的质量衰减系数得到函数关系中的数值指示符;及更优选又一个数据寄存

器,以存储该数值指示符;表示特征质量衰减系数的数据的数据库,且特别地,例如具有表示诸如可疑材料的目标材料的特征的质量衰减系数;比较器,其将数值指示符与库中的数据进行比较,并从中获取在透射路径中的产生该强度数据集的材料的可能的材料成分表示。

[0136] 根据该实施方式,对于每一这样的扫描事件,至少两对如此解析的强度数据项测量的比率,例如连续的强度数据项测量的比率,被数值地获取,以提供代表性信息,所述信息可与产生这种强度图案所必需的质量衰减系数相关。与给定的扫描事件相关的大多数变量相对于来自源的入射放射线的频率/能量恒定。然而,该质量衰减系数以特有的方式随着能量变化。对于给定的扫描事件,通过对在至少三个不同的能带上的强度数据执行这种比率分析来产生至少两个比率,能够得到表示质量衰减系数和入射的放射线能量之间的函数关系的数据。因此,能够得出关于可应用于对于给定的扫描事件、通过被测材料的透射路径的特定的质量衰减系数的推论。然后对表示不同材料和/或目标物体的质量衰减系数的数据的适当数据库进行比较,以给出对被扫描的物体的更具代表性的表示。

[0137] 去除另外的项的最简单的方式之一是以不同的能量取得透射的比率,例如在多个连续的不同能量的连续读数的比率。可以看出比率在原理上将去除作为常数项的材料厚度和密度。因此这将使质量衰减系数成为将影响透射比的唯一的剩余项。

[0138] 优选对结果库进行比较。因此,优选地,该设备还包括下述中的一个或多个:另外的数据寄存器,其用于存储这种比较数据;用于已知材料的已知数据的数据库;及比较器,比较数据寄存器中的可比较数据与库中的数据并从中获取在透射路径中的材料的可能的材料成分的表示。

[0139] 本发明的设备具有计算装置,其至少通过应用比较函数到至少一对频率特定的强度数据集来实现至少一对能量特定的数据集之间的比较,以确定至少一对频率特定的数据集的强度比以产生频率可比较的数据集。该设备可选地还具有比较器,以比较数据寄存器中的频率可比较的数据与库中的数据。可以想象组合适当的硬件和软件及组合自动和用户输入的计算步骤的计算装置和/或比较器和/或库的任何适当的形式。例如,计算装置和/或比较器和/或库包括适当编程的数据处理设备,诸如适当编程的通用或专用计算机。

[0140] 在某些情况下,由于与波束的吸收相反的波束的过度散射,质量衰减吸收关系的使用可能失败。在简单的仅识别透射强度的设备,该散射信息会丢失,且这具有妨碍材料识别过程的影响。

[0141] 本发明利用了如下事实,即,根据已知的关系,散射事件通常也表征被测材料。

[0142] 图8和9图示了在检测和处理透射、相干散射和不相干散射中采用的原理。在一般情况下,对于具有10keV和160keV之间的能量的光子来说,主要起作用的物理过程是光电效应、汤普逊(相干)散射和康普顿(不相干)散射。用于水的散射截面的相对幅值在图8(注意这是Log:Log图)中示出。在30到40keV(对于较重的元素,这更高,例如,对于HCl为60keV),在光电和康普顿散射控制的过程之间存在过渡。通过查究该过渡,我们可发现更多关于材料特性的信息。广义地说,光电效应由原子数(Z)控制,因此其易受到材料的元素组成的影响。康普顿散射由波束路径中的电子数控制,因此其易受到材料的物理密度的影响。

[0143] 在电子和光学显微镜中,材料特性中的细微差别经常通过暗场技术暴露出来。主

要的直线通过的波束被阻止（通常经由棱镜或机械波束阻止）且图像对比度由散射的或衍射的放射线控制。用于诸如通过本发明实施的系统的类似方法可将配置从吸收控制的切换到散射控制的进行对比。

[0144] 图 9 中的曲线是规范化透射 (I/I_0) 的计算。如同人们预期的, 由于光电相互作用平均自由行程随着能量而增加, 所以透射增加。通过任意增大康普顿散射截面, 紫色曲线夸大了康普顿散射对透射强度的影响。绿色曲线是由典型的实验液体扫描器的散射控制的输出。

[0145] 存在几种方式, 其中可以调节对比机制以适合测量或可以顺序选取多个对比机制。在如上所示的基本布局中, 可以使用多个探测器告知散射的放射线的分布。例如, 对于圆柱地准直的波束, 探测器或其分别寻址的部分可以设置在主系统轴上, 另一探测器或其分别寻址的部分可以远离轴设置。由于来自前者的信号将是吸收控制的而来自后者的信号是散射控制的, 差别分析将提供关于材料特性的有用的见识。如上所述, 可将该方案扩展到如上所述的探测器的线性或二维阵列以更好地绘出强度分布。可通过使用探测器准直器进一步完善该一般示意图, 以优先选择主要（直射）的或次要（散射）的光子。可选地, 可通过电子或软件切换来选取单个探测器或探测器的组合或探测器的分别寻址的区域, 以解析散射的或透射的光子信号。

[0146] 这些实例示出了本发明的原理, 由此以可在数值分析中利用的方式搜集光谱解析的透射 / 散射数据, 所述数值分析提供了更好地识别呈现的材料的潜力。

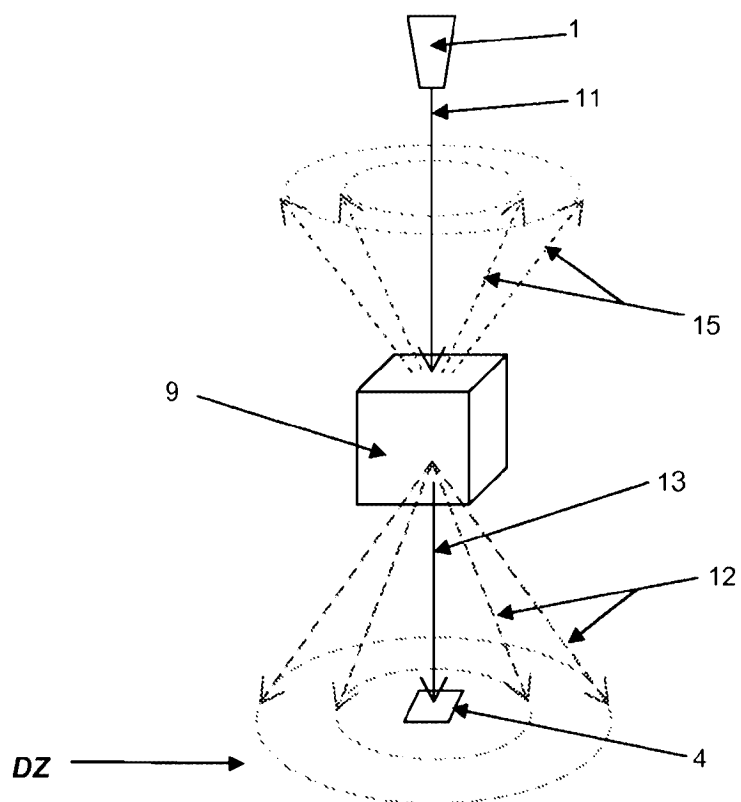


图 1

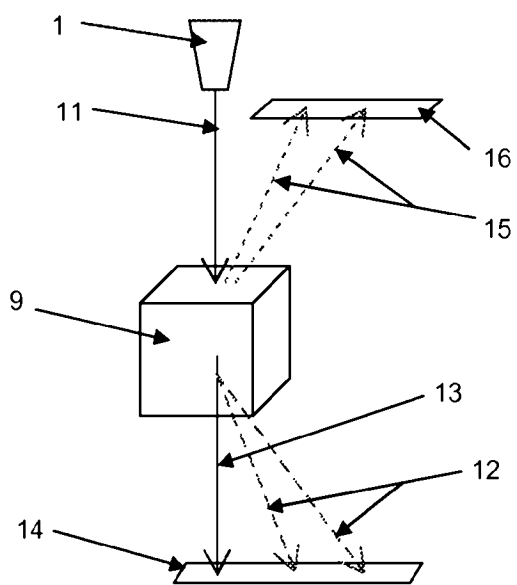


图 2

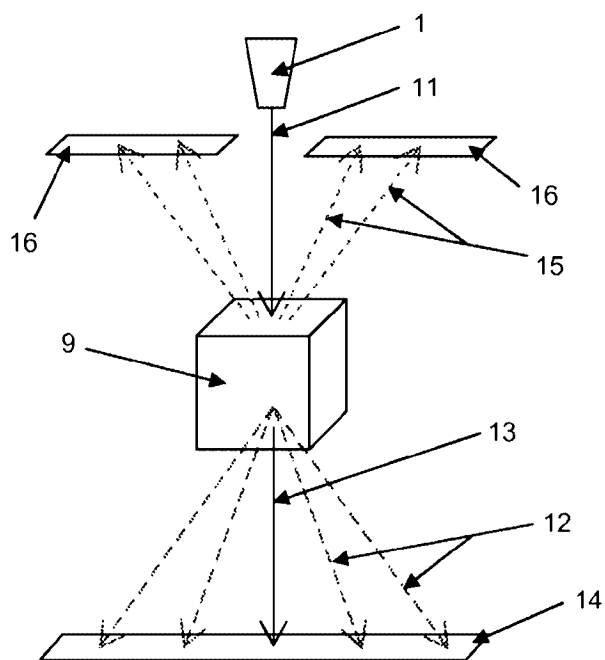


图 3

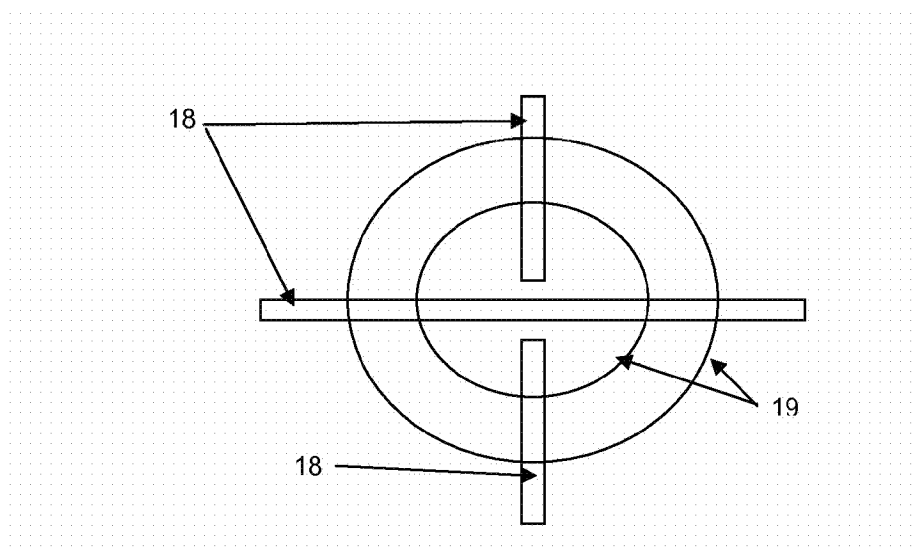


图 4

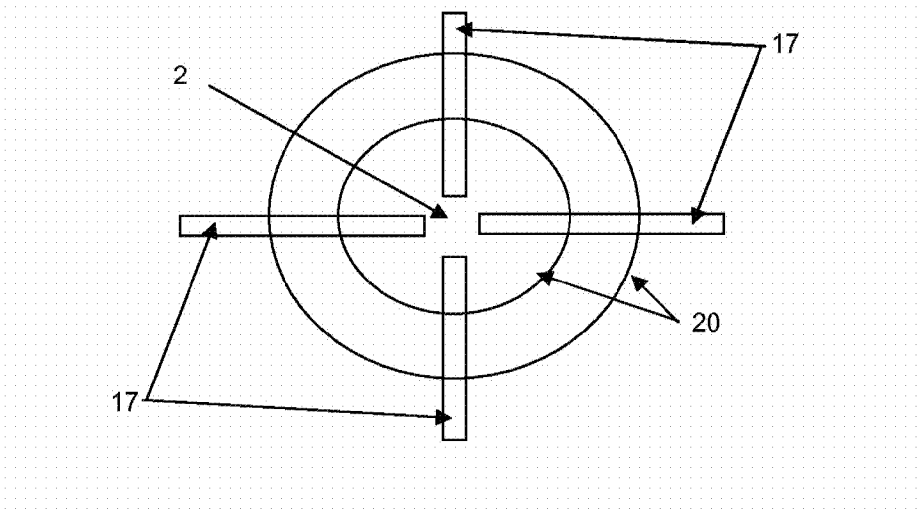


图 5

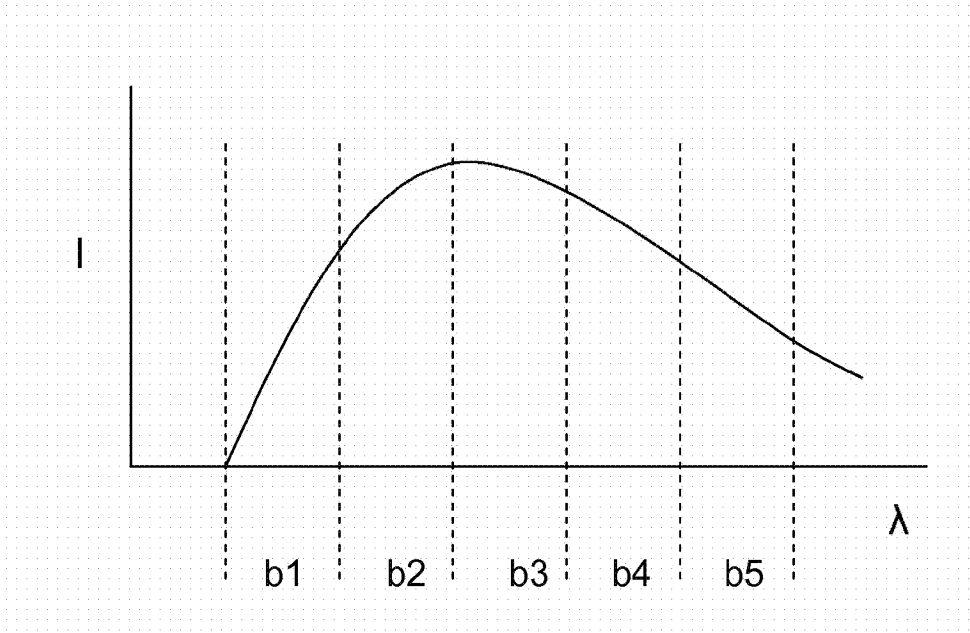


图 7

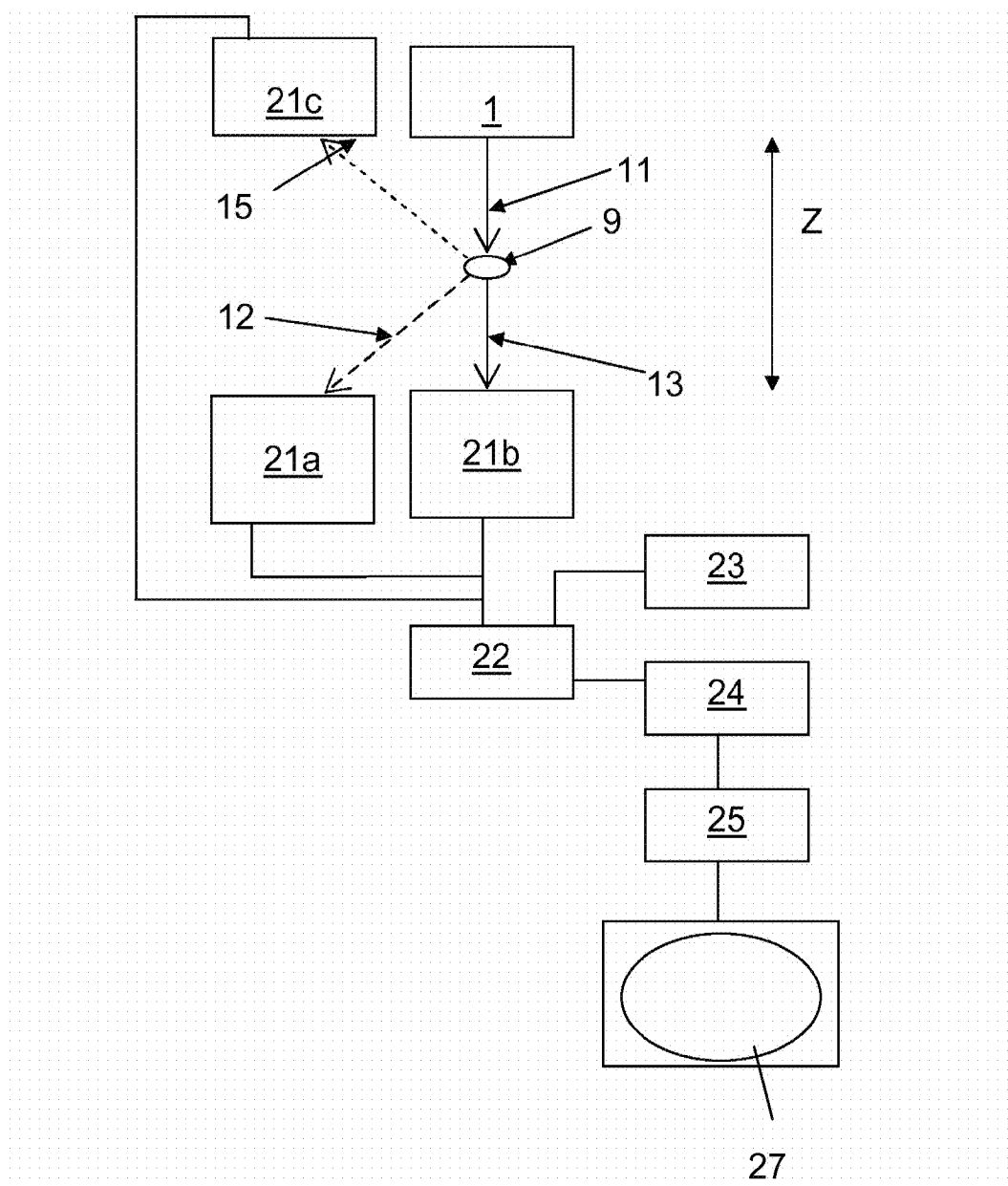


图 6

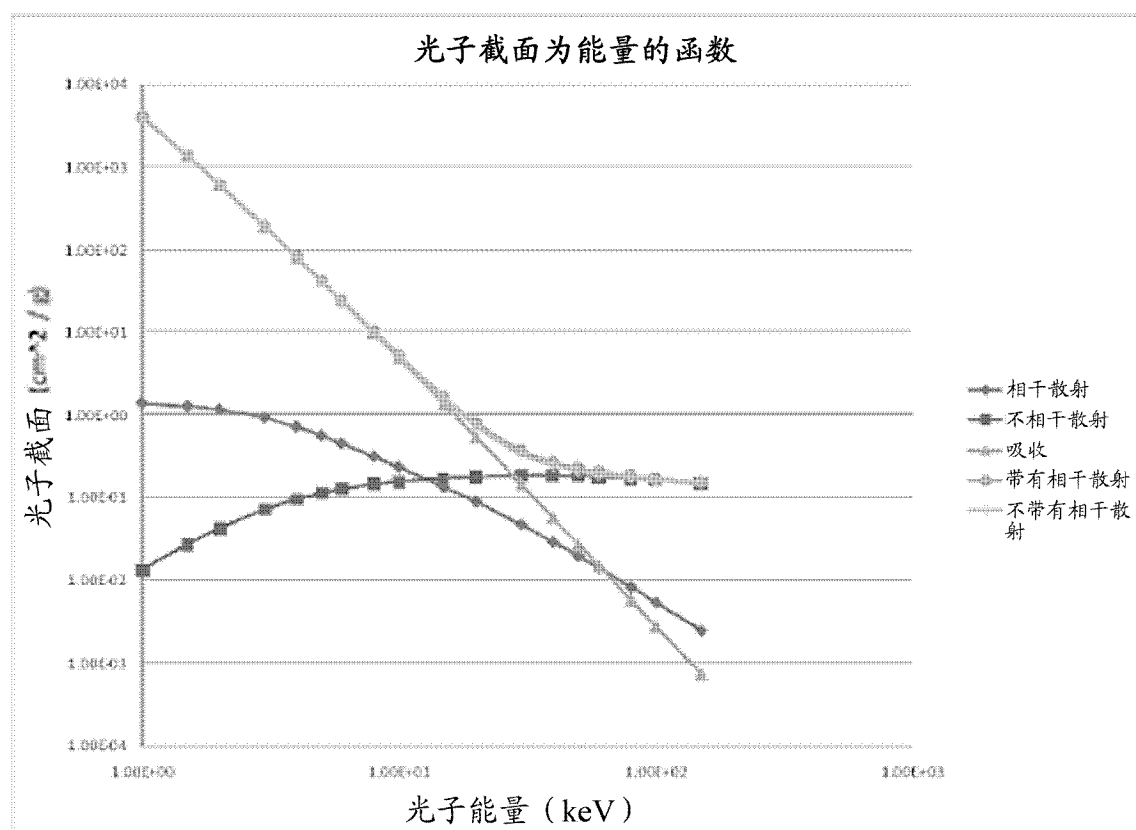


图 8

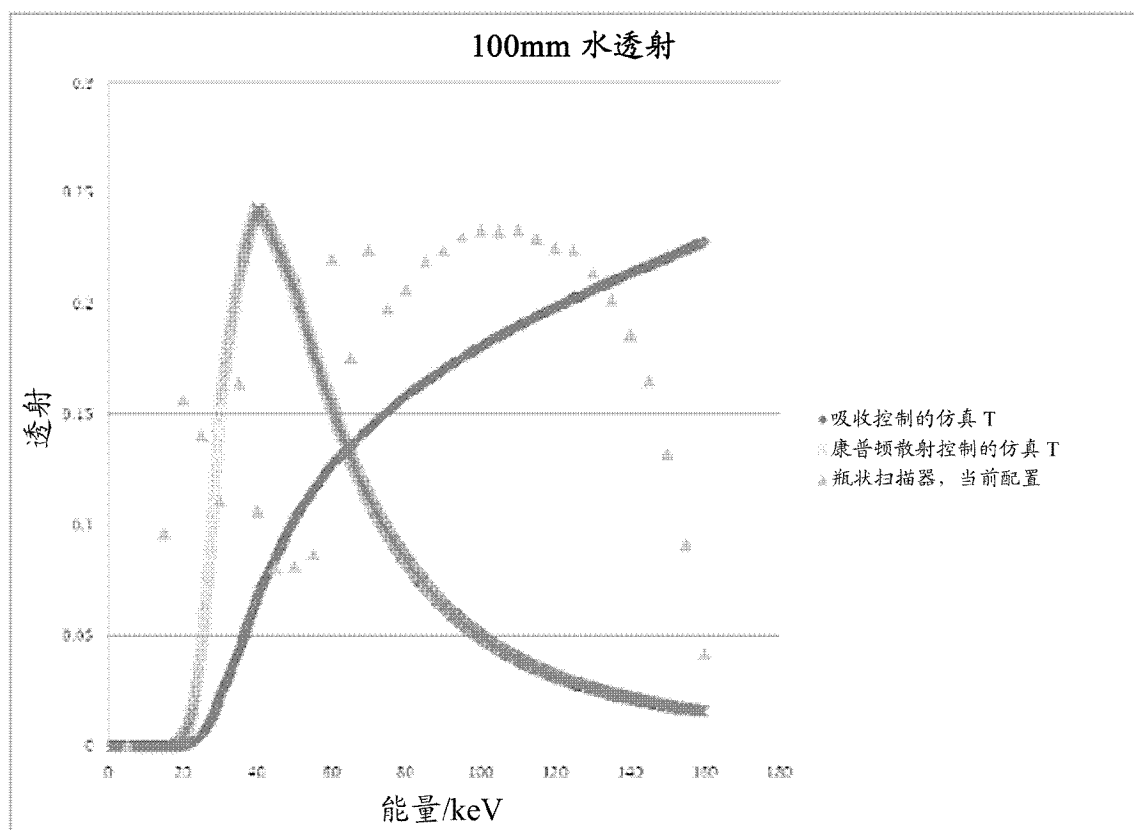


图 9