

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2009 年 11 月 12 日 (12.11.2009)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2009/135376 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 23/08 (2006.01) G01N 23/083 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2009/000155
- (22) 国际申请日: 2009 年 2 月 16 日 (16.02.2009)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
200810106278.1 2008 年 5 月 9 日 (09.05.2008) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华大学, Beijing 100084 (CN)。同方威视技术股份有限公司 (NUCTECH COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国北京市海淀区双清路同方大厦 A 座 2 层, Beijing 100084 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 王学武 (WANG, Xuewu) [CN/CN]; 中国北京市海淀区双清路同方大厦 A 座 2 层, Beijing 100084 (CN)。钟华强 (ZHONG, Huaqiang) [CN/CN]; 中国北京市海淀区双清路同方大厦 A 座 2 层, Beijing 100084 (CN)。李清华 (LI, Qinghua) [CN/CN]; 中国北京市海淀区双清路同方大厦 A 座 2 层, Beijing 100084 (CN)。王小兵 (WANG, Xiaobing) [CN/CN]; 中国北京市海淀区双清路同方大厦 A 座 2 层, Beijing 100084 (CN)。
- (74) 代理人: 中科专利商标代理有限责任公司 (CHINA SCIENCE PATENT & TRADEMARK AGENT LTD); 中国北京市海淀区王庄路 1 号清华同方科技大厦 B 座 25 层, Beijing 100083 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR INSPECTING OBJECT WITH A FORWARD DIRECTION SCATTER RADIATION

(54) 发明名称: 利用前向散射辐射检查物体的方法及其设备

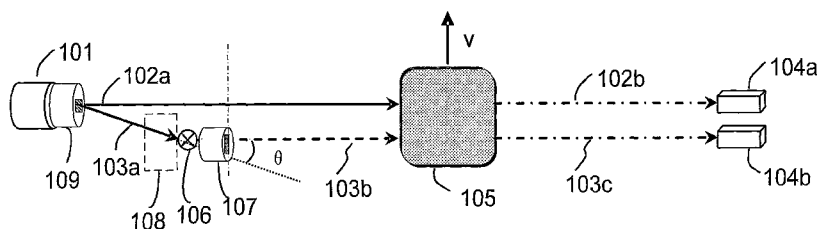


图1 / Fig. 1

(57) Abstract: A method and device for inspecting an object with a forward direction scatter radiation are disclosed. The method includes following steps: detecting the first penetrating value produced by interaction between the first radiation generated by a radiation source (101) and the object inspected (105); interacting the second radiation generated by the radiation source (101) and a scattering body (106) to produce the forward direction scatter radiation (103a) at a certain angle with the second radiation; detecting the second penetrating value produced by interaction between the forward direction scatter radiation (103a) and the object inspected (105); and acquiring the material property information of the object inspected (105) with the first penetrating value and the second penetrating value detected.

[见续页]

WO 2009/135376 A1

(57) 摘要:

一种利用前向散射辐射来检查物体的方法和设备。该方法包括下述步骤：探测辐射源（101）产生的第一辐射与被检物体（105）相互作用产生的第一穿透值；使辐射源（101）产生的第二辐射与散射体（106）相互作用，以产生与该第二辐射成预定角度的前向散射辐射（103a）；探测该前向散射辐射（103a）与被检物体（105）相互作用后的第二穿透值；以及利用探测的第一穿透值和第二穿透值来获取该被检物体（105）的材料属性信息。

利用前向散射辐射检查物体的方法及其设备

技术领域

本发明涉及对物体进行辐射检查，特别涉及对海运、航空集装箱等大中型客体中的材料进行检查的方法及设备。

5 背景技术

在现有的利用 X 射线辐射成像领域中，早期主要采用的方法是让单能射线与被检物体相互作用后，探测与被检物体作用后的射线来得到图像。这种方法能够反映出被检物体的形状和质量厚度的变化，但却不能对物体的材料进行识别。后来，利用双能法识别物质的有效原子序数的方法被提出，并很快被应用到医学
10 成像和行李检测等各个领域。双能法识别物质的理论基础是不同能量的 X 射线与物体相互作用时，其产生的物理反应与物体的材料属性和 X 射线的能量相关。在不同的能量区域，光电效应、康普顿效应和电子对效应产生的几率分别占主要地位。射线与不同原子序数的物质相互作用，也随原子序数的变化而单调变化。所以，通过精确探测不同能量的 X 射线与同一物体发生作用后的射线，能够判
15 断物体的材料属性。

但这是不仅要求两种能量的 X 射线在能量上有较大的差异，而且对射线的探测精度和产生的 X 射线的稳定程度都提出了很高的要求。同时，对于运动物体的检测，如行李检测，还面临着对不同能量射线对同一体素的精确匹配问题。对于运动物体较快的检测时，匹配不同能量 X 射线对同一物体的穿透值变得尤
20 其明显。如在大中型的客体检查中，即集装箱，航空箱等，往往要求检测速度较快，而物体往往都有很高的质量厚度，致使 X 射线的穿透剂量通常都较小。因此，如何得到不同能量的 X 射线和如何精确探测并匹配不同能量对同一物体的穿透值，成为了双能法辐射成像进一步应用的瓶颈。

在专利文献 1（US 6,069,936 A）和专利文献 2（WO 00/43760 A2）中提出了
25 利用单一辐射源，通过材料吸收的办法调制出双能能谱的方法。

此外，专利文献 3（WO 2004/030162 A2）披露了由一个加速器交替产生高低两种能谱的射线。在专利文献 3 中，通过材料吸收法得到的两束 X 射线的能谱之间差异有限，导致准确的材料识别的范围受到限制，而加速器交替产生高低

能两种不同能谱射线的方法，对加速器的稳定性要求过于苛刻，使得该方法很难被应用。

专利文献 4 (US 2007/0098142 A1) 提出了同时探测后向散射辐射和前向散射辐射的方法来增大信息量，却没有提出将其应用于物质识别。

5 发明内容

本发明公开了一种利用前向散射辐射检查物体的方法及其设备，在让单能辐射源产生射线束与被检物体相互作用的同时，利用该射线束与一散射体相互作用产生前向散射辐射，并让前向散射辐射与同一被检物体相互作用，利用相互作用的结果进行基于曲线拟合的计算和分析，实现了对不同材料的有效原子序数的识别，从而实现对物体的非侵入性检查。

在本发明的一个方面，提出了一种利用前向散射辐射检查物体的方法，包括步骤：探测辐射源产生的第一辐射与被检物体相互作用后的第一穿透值；使辐射源产生的第二辐射与散射体相互作用，以产生与该第二辐射成预定角度的前向散射辐射；探测该前向散射辐射与被检物体相互作用后的第二穿透值；以及利用探测的第一穿透值和第二穿透值来获取该被检物体的材料属性信息。

优选地，所述第一辐射和所述第二辐射由同一辐射源产生。

优选地，所述辐射源为 X 光机、放射性同位素或粒子加速器。

优选地，所述第一辐射和所述第二辐射的发射路径相同或者是同一辐射的两个部分。

20 优选地，所述第一辐射和所述第二辐射的发射路径成一角度。

优选地，所述的前向散射辐射与所述第一辐射的发射路径平行。

优选地，所述的散射体由低 Z 材料构成。

优选地，所述低 Z 材料包括 C、B 和有机材料的至少之一。

优选地，在所述第一辐射与探测器之间设置至少一个准直系统。

25 优选地，在所述散射体与探测器之间设置至少一个准直系统。

优选地，所述的准直系统是一放射状的扇形准直器。

优选地，所述的准直系统使得散射体产生的前向散射成一扇面后，与被检物体相互作用。

优选地，所述的准直系统紧挨着探测器系统而设置。

优选地，所述的准直系统为具有一系列通孔的准直孔，每一个探测器前设置有一准直孔。

优选地，所述的准直孔放置于以散射体中心为圆心的弧线上。

优选地，所述的辐射源是双靶粒子加速器。

- 5 优选地，所述的双靶粒子加速器利用粒子偏转系统使加速的粒子产生偏转，以轰击双靶至少之一。

优选地，所述的双靶如下设置：在垂直于被检物体运动方向上的位置有偏差。

- 10 优选地，给偏转方向的靶加上散射体，以及散射体的中心与未偏转方向的靶点在垂直于被检物体运动方向上对齐。

优选地，所述的对前向散射辐射的探测采用的是高灵敏度的探测器晶体。

优选地，所述的识别物质材料属性的步骤包括：分别计算第一辐射和散射辐射对同一体素的衰减值。

- 15 优选地，所述方法还包括根据两个平行辐射间的距离对同一体素衰减值的匹配过程。

优选地，所述的物质材料属性是指该物体中所含物质的等效原子序数。

优选地，所述的识别材料的步骤包括：利用预先对已知材料属性的物质进行采样，并通过采样点拟合得到用于识别未知材料属性的区分函数来进行材料识别。

- 20 优选地，所述预定角度小于 15 度。

- 在本发明的另一方面，提出了一种利用前向散射辐射检查物体的设备，包括：产生高能射线的辐射源；第一准直系统，使得辐射源可产生扇形的第一辐射，同时产生与第一辐射成预定角度的第二辐射；散射体，用于从所述第二辐射产生前向散射辐射；第二准直系统，让散射体产生的前向散射辐射以一点源形式向被
25 检物体发射扇形束；第一探测器阵列，用于探测第一辐射穿透被检物体的第一穿透值；第二探测器阵列，用于探测前向散射辐射穿透被检物体的第二穿透值；以及
与第一和第二探测器阵列相连的处理器，用于对第一和第二探测值进行处理，得到物体的材料属性。

优选地，所述的第二辐射为扇形束或笔形束。

- 30 优选地，所述第一辐射与经过准直后的前向散射辐射相平行。

优选地，所述的辐射源是粒子加速器、X光机或放射性同位素。

优选地，所述的散射体的中心与产生辐射源的发射点在同一水平高度。

优选地，所述第二准直系统为一由重金属构成的辐射状准直器，辐射的中心点为散射体的中心。

5 优选地，所述的第二准直系统是一双喇叭口状的准直系统。

优选地，所述第一探测器阵列和所述第二探测器阵列相互平行，并在垂直于物体运动方向上对齐。

在本发明的又一方面，提出了一种利用前向散射辐射检查物体的设备，包括：能产生预定角度的第一辐射和第二辐射的加速器；用于从第二辐射产生前
10 向散射辐射的散射体；第一准直系统，让第一辐射成扇形状发射；第二准直系统，让第二辐射与散射体相互作用后产生的前向散射成扇形状发射；第一探测器阵列，用于探测第一辐射穿透被检物体的第一穿透值；第二探测器阵列，用于探测前向散射辐射穿透被检物体的第二穿透值；与第一和第二探测器阵列相连的处理器，用于对第一和第二穿透值进行处理，得到物体的材料属性；控制系统，与所
15 述的加速器和所述第一和第二探测器阵列连接，用于改变辐射源的工作参数，以及
与探测器系统的同步采集。

优选地，所述的散射体的中心与第一辐射的发射点在同一水平高度。

优选地，所述第一辐射与经过准直后的前向散射辐射相平行。

优选地，所述第一准直系统和第二准直系统完全相同。

20 优选地，所述第一探测器阵列和所述第二探测器阵列相互平行，并在垂直于物体运动方向上对齐。

在本发明的再一方面，提出了一种利用前向散射辐射检查物体的设备，包括：能产生高能射线的辐射源；用于从所述高能射线产生前向散射辐射的散射体；第一探测器阵列，用于探测第一辐射穿透被检物体的第一穿透值；第二探测
25 器阵列，用于探测前向散射辐射穿透被检物体的第二穿透值；第一准直系统，用于第一探测器阵列；第二准直系统，用于第二组探测器阵列，用于准直一定角度的前向散射；与所述第一和第二探测器阵列相连的处理器，用于对第一和第二穿透值进行处理，以得到物体的材料属性。

优选地，所述散射体位于辐射源前，用于产生前向散射辐射。

30 优选地，所述的第一探测器阵列和第二探测器阵列在垂直于物体运动方向

上有偏差。

优选地，所述的处理器适用于匹配两束不同辐射与物体同一部分相互作用后的穿透值。

5 优选地，所述的第二准直系统排列成一圆弧，该圆弧的圆心即为散射体的中心。

利用本发明的方法和设备，可以实现能谱差别较大的两种高能射线束，从而方便准确识别物体的物质属性。本发明可以应用在海关、港口、机场对货物进行不开箱检查，也可用于生物学研究或医学检测。

10 附图说明

从下面结合附图的详细描述中，本发明的上述特征和优点将更明显，其中：

图 1 是根据本发明实施例的利用 X 射线的前向散射辐射来实现双能法检查被检物体的示意图；

图 2A 到 2E 是根据本发明实施例对射线进行准直的各种准直系统示意图；

15 图 3 是根据本发明实施例，实现物质识别的流程图；

图 4A 到 4C 是根据本发明实施例，实现精确探测穿透值的示意图；

图 5 是根据本发明实施例，利用非平行探测器实现双能检查被检物的示意图；以及

图 6 是根据本发明实施例，利用双靶加速器实现双能检查被检物的示意图。

20

具体实施方式

下面，参考附图详细说明本发明的优选实施方式。在附图中，虽然示于不同的附图中，但相同的附图标记用于表示相同的或相似的组件。

25 根据双能法实现物质识别的物理原理，要求与被检物体相互作用的两种能量的 X 射线有明显能量（能谱）差异，同时要求两种不同能量的 X 射线与被检物的同一体素相互作用后被探测到，从而保证对物质材料属性的准确识别。

按照本发明的实施例，在对被检物体进行辐射成像检查时，首先需要由一辐射源产生能谱相对稳定的高能 X 射线，该高能 X 射线与被检物体相互作用后能被精确探测。同时，该高能 X 射线与散射体相互作用后，能够产生较大剂量的
30 前向散射能谱。也就是，一固定角度的 X 射线散射与物体相互作用后的前向散

射的穿透辐射仍然能被探测器探测到有效信号。

X 射线与物体相互作用后，产生的前向散射辐射有很大一部份来源于射线与物体的韧致辐射，因此散射能谱的平均能量要明显低于入射散射体的 X 射线的能量。也就是说前向散射辐射与辐射源产生的高能 X 射线之间存在明显的能谱差异是能够实现的。但 X 射线与散射体相互作用后得到的前向散射辐射的剂量会较原有的 X 射线剂量降低很多。因此，为了利用前向散射辐射来实现对被检物体材料的识别，需要让前向散射辐射与被检物体的同一位置发生相互作用后，仍然能被探测器精确的探测。

本发明实施例中进行的辐射成像是基于线列成像，即被检物体运动，一探测器的线阵列每次探测 X 射线与物体的一个截面作用后的衰减值。因此，可以采用的前向散射辐射也就只能基于一定的角度范围。高能 X 射线与物体相互作用后产生的前向散射辐射的能量通常要小于与物体相互作用前的 X 射线的能量。随着散射辐射与入射 X 射线的夹角不断增大，散射辐射的平均能量将快速下降。当夹角增大到一定程度时，散射辐射中的高能光子所占的比例将不再有明显变化，此时低能光子的比例达到最大值。如果继续增大夹角，只会使低能光子的比例下降。因此，在同时考虑到能谱差异和剂量大小情况下，最好选择探测 $<15^{\circ}$ 范围内的前向散射辐射。

图 1 是根据本发明实施例利用 X 射线的前向散射辐射来实现双能法检查被检物体的示意图。

图 1 中，辐射源 101，例如是 X 光机、放射性同位素或粒子加速器，可以稳定发生具有较高能量（能谱）的 X 射线，例如 10MeV 的射线。直接从辐射源 101 发射的 X 射线可能是一空间角很大的锥形束，而在本发明实施例的系统只需要采集一面束。因此需要对锥形束进行整形准直。为了实现同时采集辐射源 101 直接发射的高能 X 射线（以下称为直接发射辐射）和高能 X 射线与散射体 106 相互作用后产生的前向散射辐射，准直系统 109 把原锥形 X 射线束准直为两束扇形 X 射线束 102a 和 103a。准直系统 109 的具体结构参见图 2A 示意图。射线束 102a 和 103a 几乎有完全相同的能谱，因为它们是辐射源 101 发射的 X 射线束的两个部分。

在要求被检物的扫描速度不高的情况下，如采用交替采集直接发射辐射和前向散射辐射时，这两束射线可以为同一射线束。此时需要一控制系统使在采集直

接发射辐射时，射线不与散射体相互作用。而采集前向散射辐射时，射线与散射体相互作用后，再与被检物相互作用。

射线束 102a 与被检物体 105 直接发生作用，被物体 105 衰减后的辐射即为穿透辐射 102b。附图标记 104a 表示一适合探测较大剂量的探测器系统，通常情况下是一线探测器阵列。该探测器阵列 104a 可以是气体探测器也可以是固体探测器。当然，探测器阵列 104a 和探测器阵列 104b 可以不同，前者采用探测效率较低的晶体而后者可采用探测效率高的晶体另外，探测器阵列 104b 的尺寸可以大于探测器阵列 104a 的尺寸，并且探测前向散射辐射的探测器，即探测器阵列 104b，可以采用多层的探测器，从而进一步提高针对具有不同能量的 X 射线的探测效果，提高了探测效果和探测精度。

穿透辐射 102b 被探测器阵列 104a 探测到后将通过传输控制系统传送到数据处理工作站，并被记录保存下来。射线束 103a 是用于与散射体 106 相互作用后产生用于检测物体的前向散射辐射。散射辐射 103a 和直接发射辐射 102a 不是两平行束，而是成一定夹角发射，该角度即为决定要采集的前线散射辐射的角度。该角度的取值应该小于 60 度，从而保证采集的射线为散射体发射的前向散射射线。射线束 103a 在与散射体 106 相互作用前，可经过一准直系统 108 进行准直。但准直系统 108 并不是必须的，只有当射线束 103a 为一扇形束并与球状的散射体 106 相互作用时，才需要通过经过像图 2B 这样的准直系统。如果准直器 109 准直后得到的射线束 103a 为一笔形束，则不在需要像图 2B 那样的准直系统。

根据本发明的实施例，该散射体 106 为一由低 Z 材料构成的球体，例如 C、B 或者有机材料。

射线束 103a 与散射体 106 相互作用后，产生各个角度的前向散射，而本发明的实施例要利用的辐射主要只是与入射射线成预定角度 θ 的那部分前向散射辐射。该 θ 角度也正是射线束 103a 和射线束 102a 之间的夹角。因此利用由重金属制成的准直系统 107 进一步对散射体产生的前向散射进行准直后，便得到用于穿透被检物体 105 的前向散射辐射 103b。前向散射辐射 103b 为一扇面的 X 射线束，平均能量要明显低于射线束 102a，并且与射线束 102a 互相平行。前向散射的中心点为散射体的中心点。

前向散射辐射 103b 与物体 105 相互作用后，被物体 105 衰减后的辐射即为穿透辐射 103c。探测器阵列 104b 为一适合探测较低剂量的探测器系统。穿透辐

射 103c 被 104b 探测到后也将通过传输控制系统传送到数据处理工作站, 并被记录保存下来, 并由数据处理工作站中的处理器进行后面描述的处理过程, 以得到物体的材料属性。

被检物体 105 和其他包括辐射源在内的所有检测系统之间存在相对匀速的位移。在这里可以认为物体 105 在垂直射线束 102a 和 103b 的方向上以匀速 V 朝一个方向运动。因此, 分别由探测器阵列 104a 和 104b 探测并记录下来的值可以根据速度 V 的和辐射源发射 X 射线的频率来对匹配射线束 102a 和 103b 对物体的同一体素相互作用后的穿透值。当辐射源是 101 为连续模式的辐射源时, 如放射性同位素的放射源, 可以根据探测器的采集频率来对精确匹配探测值。

辐射源 101 可以经过像图 2A 那样的准直系统得到两束 X 射线。准直器 201 将作为图 1 中的所示的准直系统 109, 其为一圆柱体状, 由高 Z 材料构成。

图 2A 中的狭缝 202 是用于产生 102a 的准直缝, 如侧视图所示, 圆柱体中间开的缝为一喇叭口状, 以实现射线束 102a 是一点源形式的成像方法。狭缝 203 用于产生射线束 103a。狭缝 202 和 203 之间成一 θ 角。狭缝 203 可以是一喇叭状的准直缝, 这时发射的射线束 103a 也为一扇形束。

作为另一实施例, 该狭缝 203 也可以是一细窄的长方形准直缝, 此时发射的射线束 103a 则为一笔形束。

当射线束 103a 为一扇形束时, 为了实现点源成像的方式, 可以将图 2B 中的准直器 205a 作为图 1 中的准直系统 108。准直器 205a 的准直缝与射线束 103a 的扇面相垂直。也就是说, 如果准直器 205b 是产生射线 103a 的准直缝, 例如狭缝 203, 则在位置 108 处放置的准直器将是准直器 205a, 此时准直器 205a 和 205b 将正交得到一个产生一个笔形状射线束的准直系统即 205c, 从而实现入射到散射体的线束为一笔形细束, 并使得散射体是近似点源发射散射。这就保证了整个前向散射成像系统仍然是个点源成像系统。

当散射体为一较大体积的球状体的情况下, 为了满足点源成像对点源大小的要求, 还需要对产生的前向散射射线进行方向上的准直。将图 1 中的准直系统 107 实现为一个辐射发散状的准直器, 如图 2C 和图 2D 所示的准直器 206。

准直器 206 可以由高 Z 材料制成, 并采用线切割或相关的激光工艺得到辐射状的通孔。该扇形准直系统是以散射体 106 的中心为发散的。由散射体 106 产生的散射辐射, 将通过这些发散状的准直通孔向外发射。从而形成一扇面的前

向散射射线束 103b, 进一步保证了点源成像对点源的大小限制。

此外, 散射体也可以不是一球状体而是采用立方体状。在这种情况下, 需要采用一双喇叭状的准直系统如图 2E 中的准直器 222 所示。辐射源产生的射线束 103a 与立方体状的散射体 221 相互作用后, 产生的前向散射经过准直系统 222 后向外发射, 与物体相互作用后被探测系统 223 所采集。根据成像路径可知, 此
5 时的成像方式也近似于一点源成像。

对于上述实施例中的散射体, 其中心的水平高度与辐射源发射射线的中心水平高度相同, 从而保证两种不同能量的射线的与被检物体发生相互作用的路径相互平行。

10 为了提高探测精度, 尤其是在探测前向散射辐射的探测器系统上可以使用一方向准直孔。图 4 所示, 由低 Z 材料制成的长方柱形散射体 410 产生的前向散射辐射与被检物体 411 相互作用以后, 经过准直孔 412, 进入探测器晶体 413, 从而被探测并记录。准直孔 412 为一立方体的通孔, 由高 Z 材料制成。

准直孔 412 紧挨着探测器晶体 413。因此只有在垂直与探测晶体的正向探测
15 面的射线才能进入被探测, 其它方向的较低能量的辐射将被准直孔所屏蔽, 提高了对方向的准直, 进一步提高了探测精度。

图 3 示意了本发明实施例的对材料识别的流程。根据本发明的实施例, 在对未知物体的检查之前要先根据已知材料得到材料识别的函数。

在步骤 S110, 先通过辐射源 101 发射的 X 射线 102a 和散射体发射的前向散
20 射辐射 103b 与不同厚度的已知材料相互作用的探测得到穿透值。在这里选用已知材料是根据材料的原子序数来选择。

在步骤 S120, 匹配两种能量对相同厚度的各种物质的穿透值。其实可以先计算这两种能量的透明度, 即 (穿透剂量/未与被检物体相互作用的辐射剂量)。然后, 再计算这两种能量的比值。

25 在步骤 S130, 按照不同材料分组, 根据 S120 步骤中得到的比值, 拟合出各种材料随厚度的变化曲线, 该曲线的函数即为识别材料的函数。该函数可以用来对物体的材料进行识别。

对一未知物体检测时, 在步骤 S210, 采集两种能量与该物体的材料相互作用后的穿透值, 并做数据匹配。然后在在步骤 S220 中, 根据匹配好的两种能量的透明度比值求出在 S130 中得到的拟合函数的函数值, 用该函数值与已知材料
30

的函数值相比较，从而判断被检物的材料属性。

最后，为了使得检查人员能方便的分析结果，将根据识别结果和灰度信息，按照预定义的表征颜色表，根据物质的有效原子序数和灰度而标识为不同的颜色，从而产生表示物体的材料属性的特征图像。该图像中不同的物质用不同的颜色表示。

此外，图5为根据本发明实施例利用X射线的前向散射辐射来实现双能法检查被检物体的另一结构示意图。根据本实施例，辐射源501以点源方式稳定地对外发射高能X射线，散射体502直接紧挨着辐射源501的靶点，当散射体502在射线发射方向上的尺寸不大时，可以等效地认为用于与被检物体509相互作用的射线是以点源形式由散射体502的中心发射出来。经过散射体502后的射线经由准直系统503后，分成两束成 θ 角的扇形束504A和504B，与被测物体509相互作用。准直系统503与上述的准直系统201的结构相同。此时，射线束504A为射线源直接发射的辐射再经过散射体后，得到有着更高能量的硬化后能谱。而射线束504B因为与入射辐射成一定角度，其能量将会明显小于504A，将作为前向散射辐射来穿透被检物体。与物体相互作用后的穿透辐射505a, 505b分别被探测器阵列506和507所探测并记录。探测器阵列506是适合于探测较大剂量的探测器晶体，而探测器阵列507为有更高探测效率的探测晶体。为进一步提高对穿透辐射在方向上的准直，在探测器阵列507的探测器晶体前可安装准直通孔508。该准直通孔的结构和作用与上述的准直孔412相同。探测器阵列507与探测器阵列506并不平行，而是成 θ 角，从而实现探测两种不同能量射线与物体相互作用的穿透值。

虽然该实施例中，两束不同能量的射线与被检物的相互作用路径不同，但在对要求物质识别精度不是很高，或者被检物较薄时，这种方法仍有很好的实用价值。因为该实施方法的系统相对简单，而且可以在很多现有的单能X射线成像系统上做升级。

图6为根据本发明实施例利用X射线的前向散射辐射来实现双能法检查被检物体的又一结构示意图。图6中的采用双靶的加速器作为辐射源。附图标记607表示一束电子束，在加速管中被加速。附图标记601为一粒子偏转系统，通过预设定的时序控制该系统。

当要得到高能的X射线时，粒子偏转系统601不让电子束607产生偏转，电子束607经过偏转系统601后，按照原来的方向607b飞行，并轰击金属靶603的第一

部分后，产生高能X射线。（确保此处的删除不会导致公开不充分）X射线经过准直系统605后，成一扇形状射线束608b。射线束608b与被检物体609相互垂直，在与被检物发生相互作用后，探测器阵列610b探测并记录，该高能X射线与物体相互作用后的穿透值。如图6所示，靶603的两个部分成一定角度，不同角度的粒子束被加速后，轰击与其相应的靶区，产生不同角度的两束X射线。

当要得到能量较低的X射线时，电子束607经过偏转系统601时，偏转系统601使电子束偏转一定的角度 θ 后，按路径607a向前飞行。附图标记602为一粒子聚焦系统，偏转后的电子束在见过粒子聚焦系统602时被很好地聚焦后轰击金属靶603的第二部分，产生高能X射线。附图标记604表示一与靶603的第二部分的形状完全相同的散射体。散射体604紧挨着靶603的第二部分，而且与靶603有相同的水平高度。在垂直于被检物的运动方向上，散射体604与产生高能射线608b的金属靶603的第二部分对齐。由散射体604产生的前向散射经过准直器605后成一扇形状的射线束608a。前向散射辐射608a和608b相互平行。前向散射辐射608a与被检物609相互作用后，被探测器阵列610a采集并记录。附图标记610b和610a分别适合探测大剂量和小剂量的X射线。匹配两探测器阵列对物体同一体素的探测值，从而实现物质材料属性的识别。

此外，在上述所有的实施例中，对两种能量的射线采用不同的探测晶体的方法也可以根据实际情况都采用较高探测效率的探测器晶体。

上面的描述仅用于实现本发明的实施方式，本领域的技术人员应该理解，在不脱离本发明的范围的任何修改或局部替换，均应该属于本发明的权利要求来限定的范围，因此，本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

权 利 要 求

1、一种利用前向散射辐射检查物体的方法，包括步骤：

探测辐射源产生的第一辐射与被检物体相互作用后的第一穿透值；

5 使辐射源产生的第二辐射与散射体相互作用，以产生与该第二辐射成预定角度的前向散射辐射；

探测该前向散射辐射与被检物体相互作用后的第二穿透值；以及

利用探测的第一穿透值和第二穿透值来获取该被检物体的材料属性信息。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述第一辐射和所述第二辐射由同一
10 辐射源产生。

3、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中，所述辐射源为 X 光机、放射性同位素或粒子加速器。

4、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中，所述第一辐射和所述第二辐射的发射路径相同或者是同一辐射的两个部分。

15 5、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中，所述第一辐射和所述第二辐射的发射路径成一角度。

6、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述的前向散射辐射与所述第一辐射的发射路径平行。

7、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述的散射体由低 Z 材料构成。

20 8、如权利要求 7 所述的方法，其中所述低 Z 材料包括 C、B 和有机材料的至少之一。

9、如权利要求 1 所述的方法，其中，在所述第一辐射与探测器之间设置至少一个准直系统。

10、如权利要求 1 所述的方法，其中，在所述散射体与探测器之间设置至
25 少一个准直系统。

11、如权利要求 10 所述的方法，其中，所述的准直系统是一放射状的扇形准直器。

12、如权利要求 10 或 11 所述的方法，其中，所述的准直系统使得散射体产生的前向散射成一扇面后，与被检物体相互作用。

30 13、如权利要求 10 所述的方法，其中，所述的准直系统紧挨着探测器系统

而设置。

14、如权利要求 10 或 13 所述的方法，其中，所述的准直系统为具有一系列通孔的准直孔，每一个探测器前设置有一准直孔。

5 15、如权利要求 14 所述的方法，其中，所述的准直孔放置于以散射体中心为圆心的弧线上。

16、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述的辐射源是双靶粒子加速器。

17、如权利要求 16 所述的方法，其中，所述的双靶粒子加速器利用粒子偏转系统使加速的粒子产生偏转，以轰击双靶至少之一。

10 18、如权利要求 16 所述的方法，其中，所述的双靶如下设置：在垂直于被检物体运动方向上的位置有偏差。

19、如权利要求 18 所述的方法，其中，给偏转方向的靶加上散射体，以及散射体的中心与未偏转方向的靶在垂直于被检物体运动方向上对齐。

20、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述的对前向散射辐射的探测采用的是高灵敏度的探测器晶体。

15 21、如权利要求 1 所述的方法，其中，所述的识别物质材料属性的步骤包括：

分别计算第一辐射和散射辐射对同一体素的衰减值。

22、如权利要求 21 所述的方法，还包括根据两个平行辐射间的距离对同一体素衰减值的匹配过程。

20 23、如权利要求 21 所述的方法，其中，所述的物质材料属性是指该物体中所含物质的等效原子序数。

24、如权利要求 21 所述的方法，其中，所述的识别材料的步骤包括：

利用预先对已知材料属性的物质进行采样，并通过采样点拟合得到用于识别未知材料属性的区分函数。

25 25、如权利要求 1 所述的方法，其中所述预定角度小于 15 度。

26、一种利用前向散射辐射检查物体的设备，包括：

产生高能射线的辐射源；

第一准直系统，使得辐射源可产生扇形的第一辐射，同时产生与第一辐射成预定角度的第二辐射；

30 散射体，用于从所述第二辐射产生前向散射辐射；

第二准直系统，让散射体产生的前向散射辐射以一点源形式向被检物体发射扇形束；

第一探测器阵列，用于探测第一辐射穿透被检物体的第一穿透值；

第二探测器阵列，用于探测前向散射辐射穿透被检物体的第二穿透值；以

5 及

与第一和第二探测器阵列相连的处理器，用于对第一和第二探测值进行处理，得到物体的材料属性。

27、如权利要求 26 所述的设备，其中，所述的第二辐射为扇形束或笔形束。

10 28、如权利要求 26 所述的设备，其中，所述第一辐射与经过准直后的前向散射辐射相平行。

29、如权利要求 26 所述的设备，其中，所述的辐射源是粒子加速器、X 光机或放射性同位素。

30、如权利要求 26 所述的设备，其中，所述的散射体的中心与产生辐射源的发射点在同一水平高度。

15 31、如权利要求 26 所述的设备，其中，所述第二准直系统为一由重金属构成的辐射状准直器，辐射的中心点为散射体的中心。

32、如权利要求 26 所述的设备，其特征在于，所述的第二准直系统是一双喇叭口状的准直系统。

20 33、如权利要求 26 所述的设备，其特征在于，所述第一探测器阵列和所述第二探测器阵列相互平行，并在垂直于物体运动方向上对齐。

34、一种利用前向散射辐射检查物体的设备，包括：

能产生预定角度的第一辐射和第二辐射的加速器；

用于从第二辐射产生前向散射辐射的散射体；

第一准直系统，让第一辐射成扇形状发射；

25 第二准直系统，让第二辐射与散射体相互作用后产生的前向散射成扇形状发射；

第一探测器阵列，用于探测第一辐射穿透被检物体的第一穿透值；

第二探测器阵列，用于探测前向散射辐射穿透被检物体的第二穿透值；

30 与第一和第二探测器阵列相连的处理器，用于对第一和第二穿透值进行处理，得到物体的材料属性；

控制系统，与所述的加速器和所述第一和第二探测器阵列连接，用于改变辐射源的工作参数，以及与探测器系统的同步采集。

35、如权利要求 34 所述的设备，其中，所述的散射体的中心与第一辐射的发射点在同一水平高度。

5 36、如权利要求 34 所述的设备，其中，所述第一辐射与经过准直后的前向散射辐射相平行。

37、如权利要求 34 所述的设备，其中，所述第一准直系统和第二准直系统完全相同。

10 38、如权利要求 34 所述的设备，其中，所述第一探测器阵列和所述第二探测器阵列相互平行，并在垂直于物体运动方向上对齐。

39、一种利用前向散射辐射检查物体的设备，包括：

能产生高能射线的辐射源；

用于从所述高能射线产生前向散射辐射的散射体；

第一探测器阵列，用于探测第一辐射穿透被检物体的第一穿透值；

15 第二探测器阵列，用于探测前向散射辐射穿透被检物体的第二穿透值；

第一准直系统，用于第一探测器阵列；

第二准直系统，用于第二组探测器阵列，用于准直与第一辐射成一定角度的前向散射；

20 与所述第一和第二探测器阵列相连的处理器，用于对第一和第二穿透值进行处理，以得到物体的材料属性。

40、如权利要求 39 所述的设备，其中，所述散射体位于辐射源前，用于产生前向散射辐射。

41、如权利要求 39 所述的设备，其中，所述的第一探测器阵列和第二探测器阵列在垂直于物体运动方向上有偏差。

25 42、如权利要求 39 所述的设备，其中，所述的处理器适用于匹配两束不同辐射与物体同一部分相互作用后的穿透值。

43、如权利要求 39 所述的设备，其中，所述的第二准直系统排列成一圆弧，该圆弧的圆心即为散射体的中心。

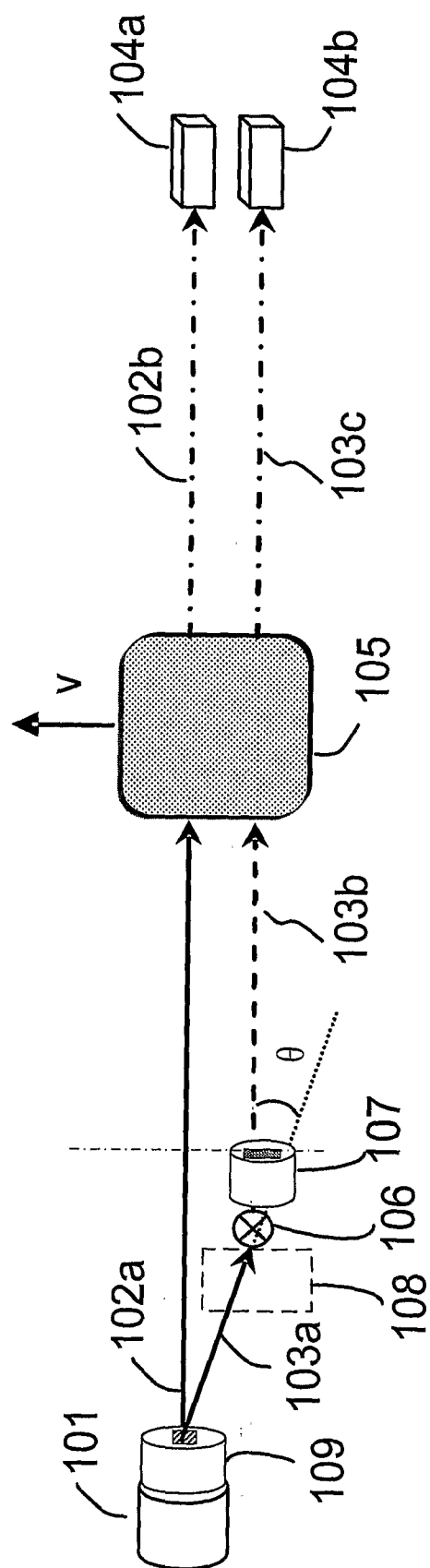


图 1

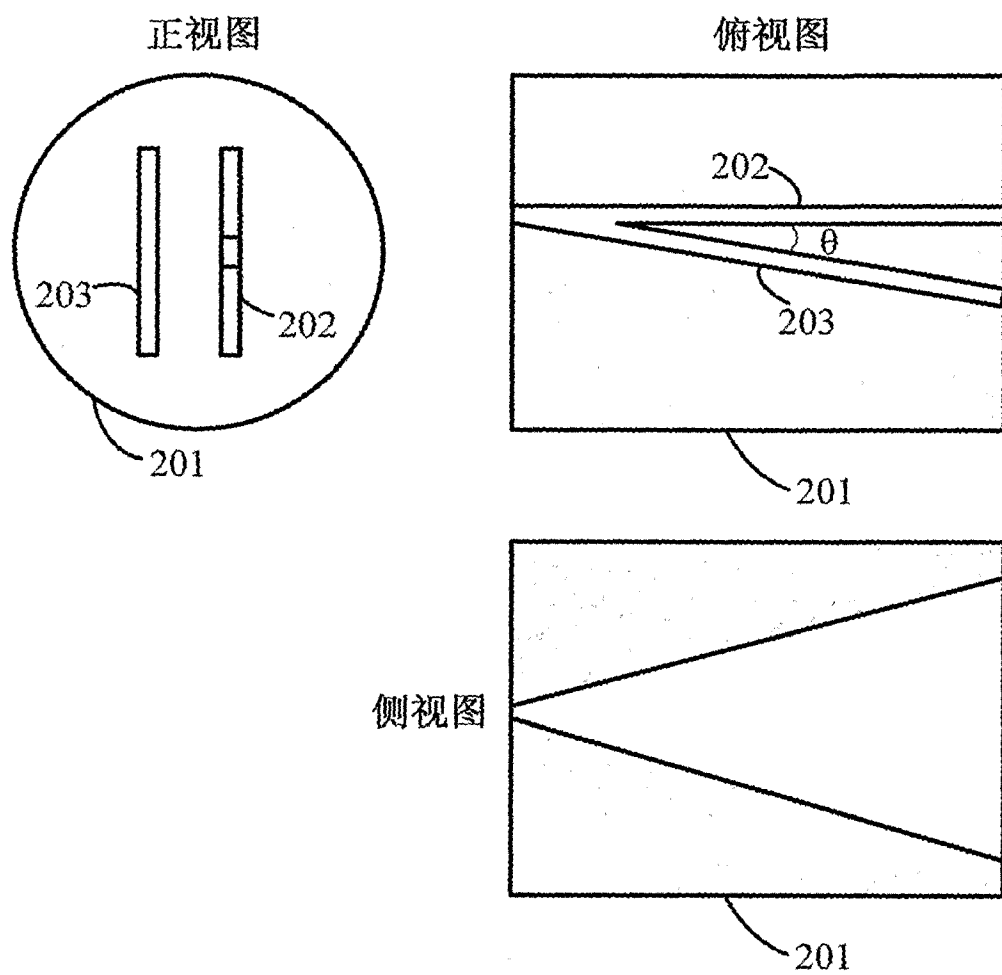


图 2A

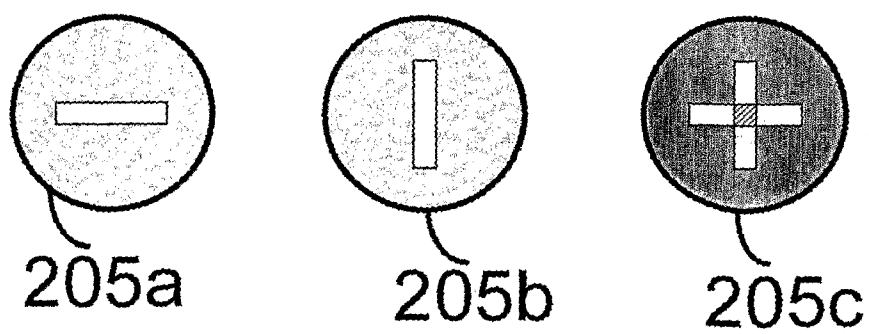


图 2B

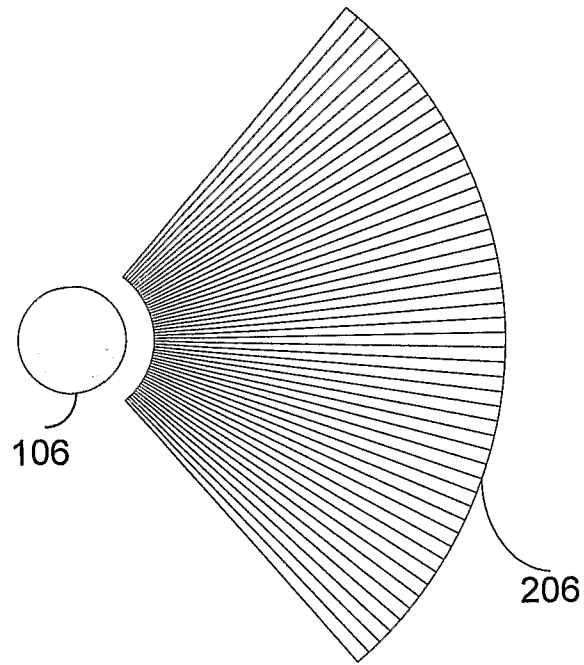


图 2C

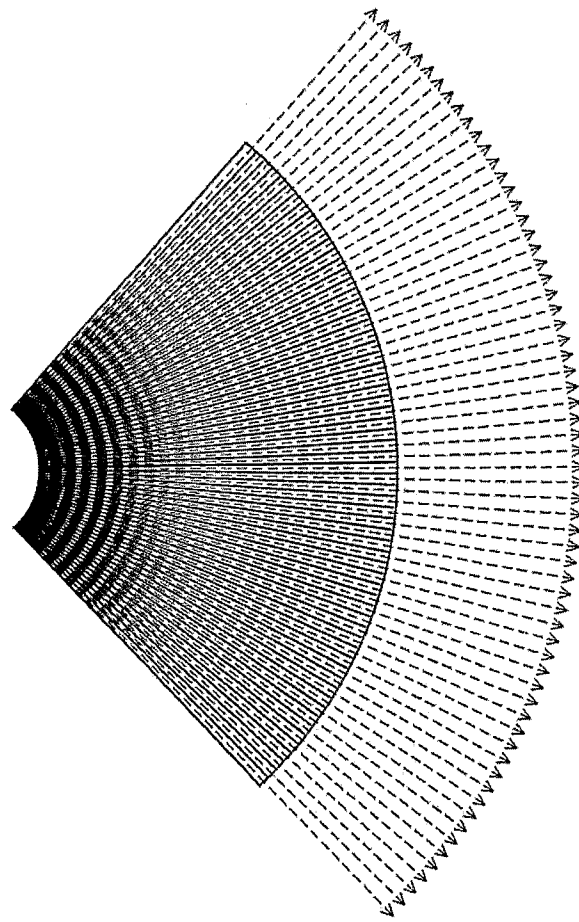


图 2D

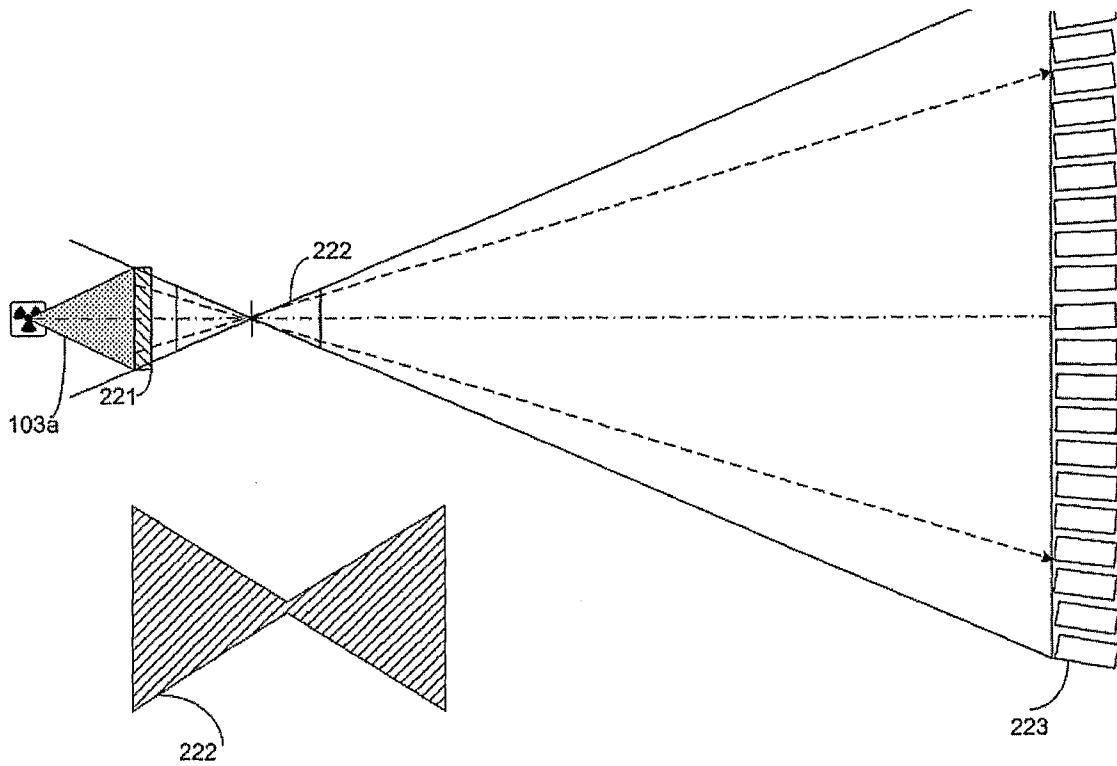


图 2E

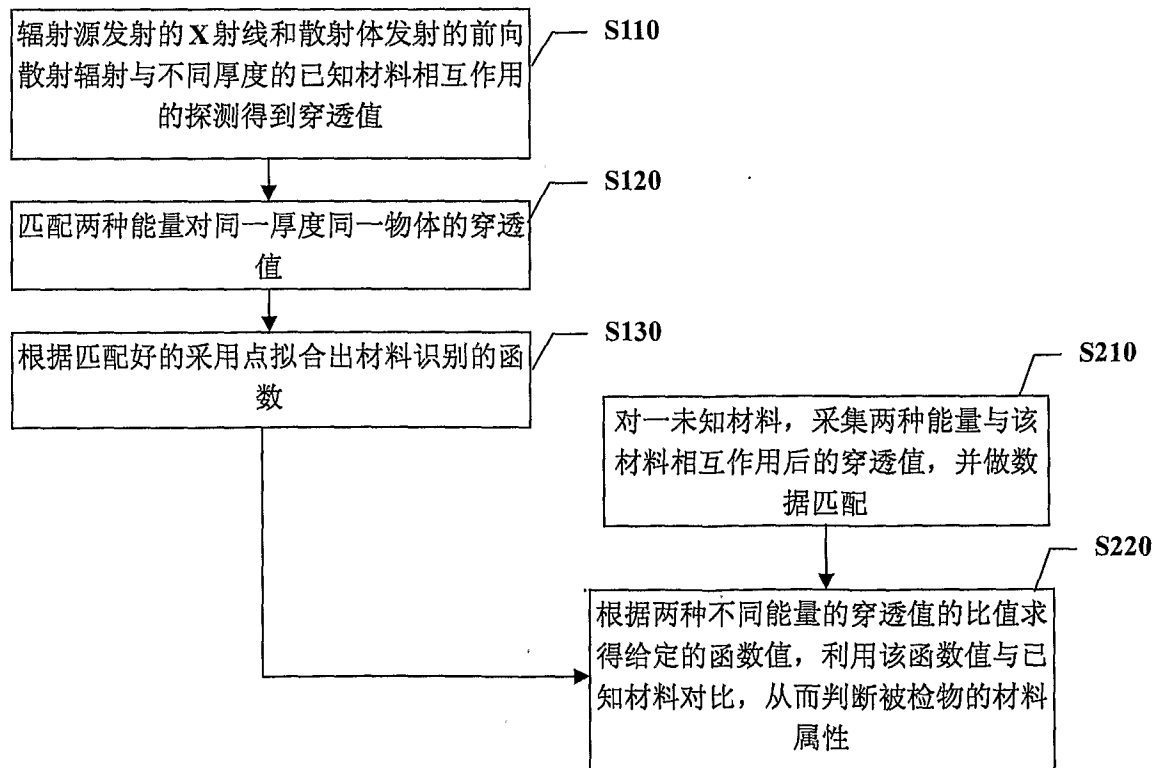


图 3

IP080151

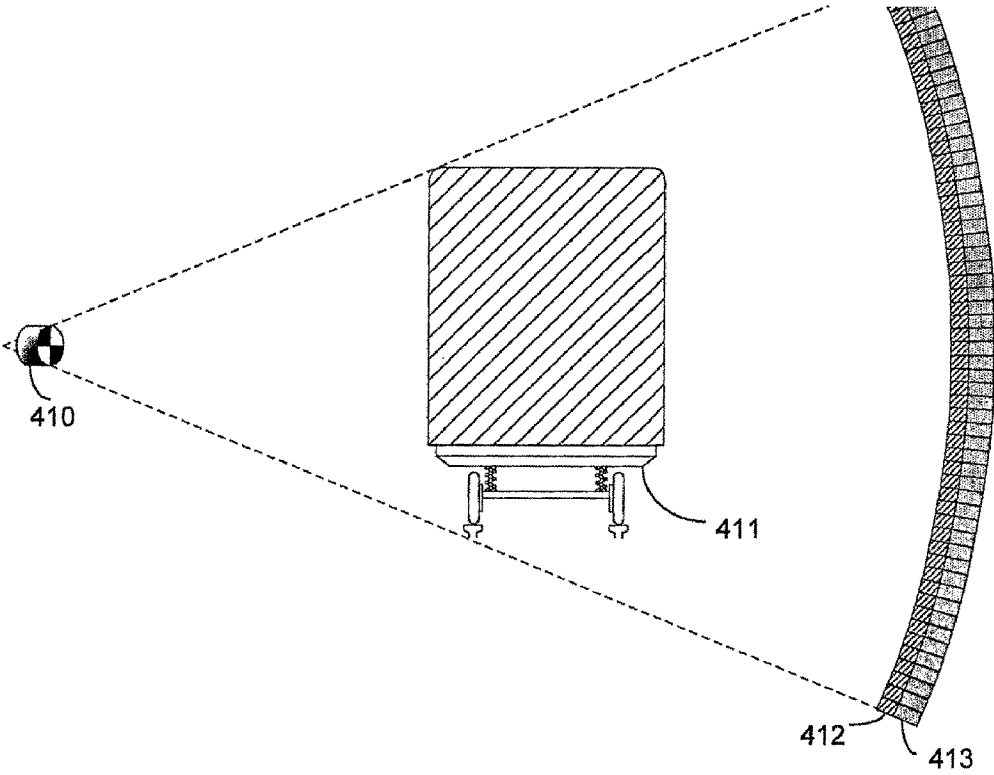


图 4A

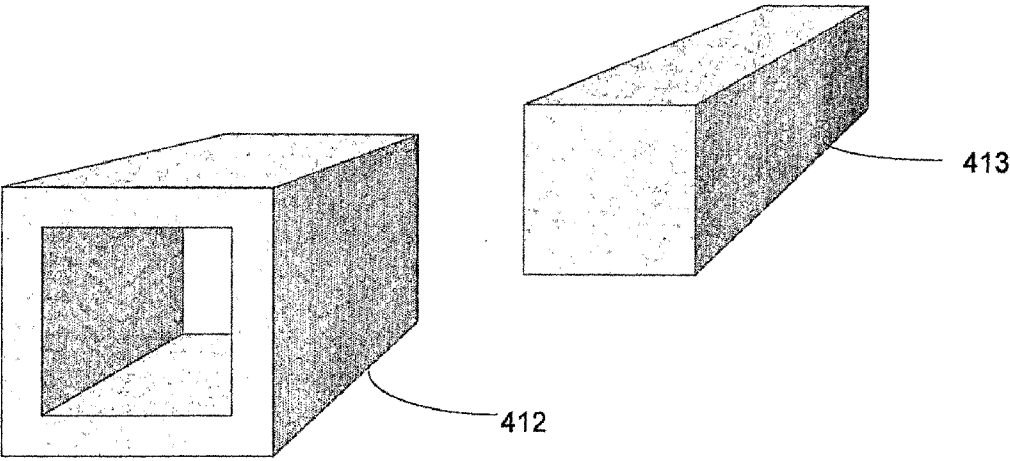


图 4B

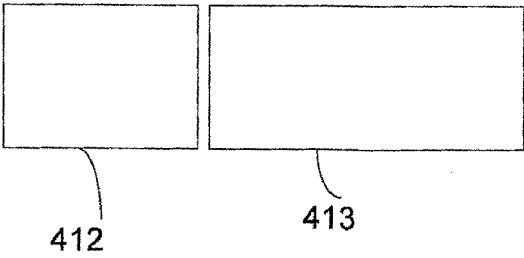


图 4C

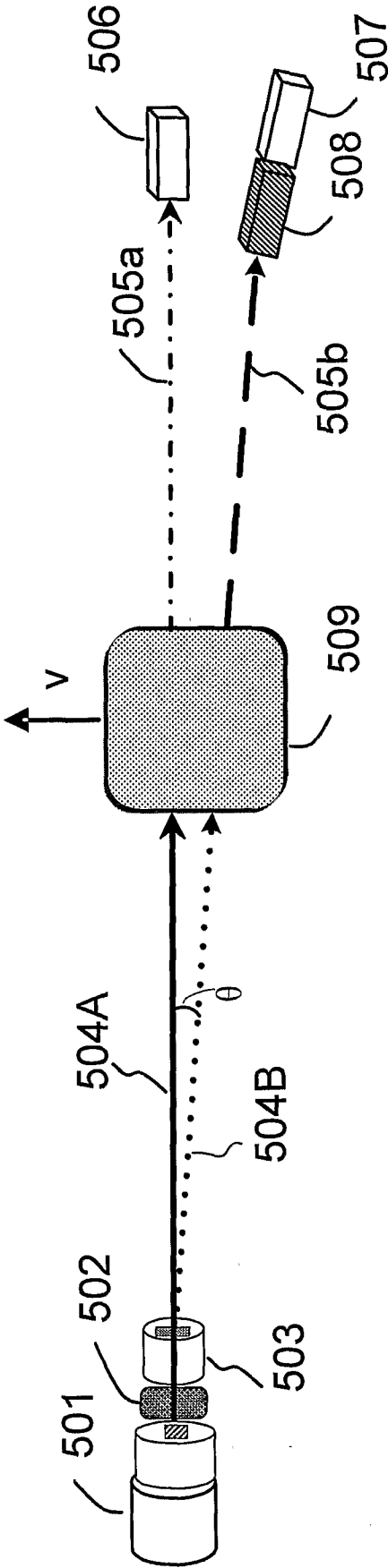
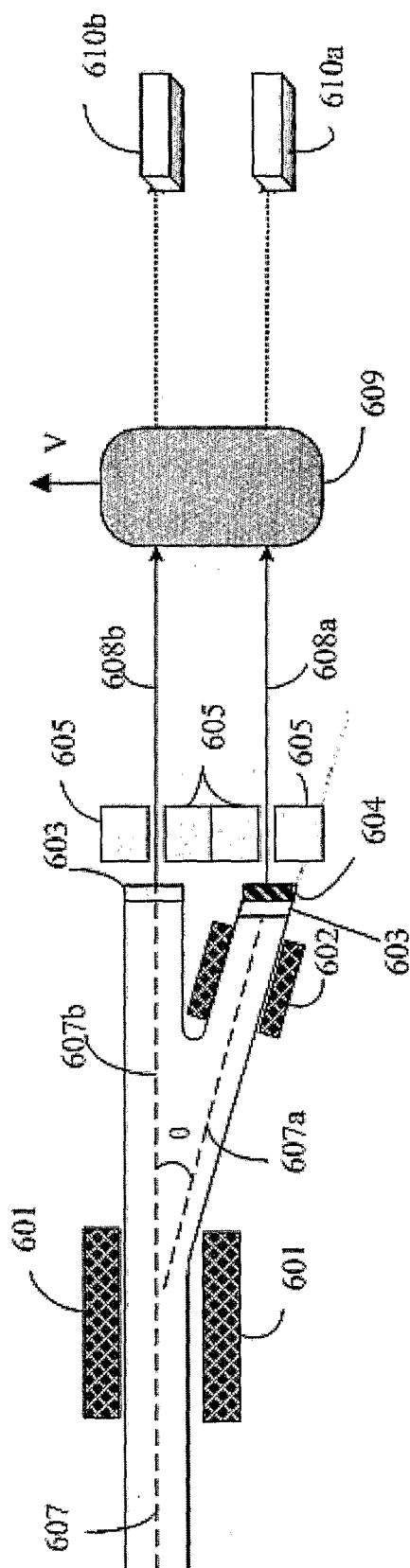


图 5



9
[X]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2009/000155

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G01N23, G01V5

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT,WPI,EPODOC,PAJ: scatter+, energy+, material+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN201222039Y (TSINGHUA UNIVERSITY et al.), 15 Apr. 2009 (15.04.2009), claims 1-15	26, 29-35, 37-43
A	CN101074937A (TSINGHUA UNIVERSITY et al.), 21 Nov. 2007 (21.11.2007), whole document	1-43
A	US6069936A (EG & G ASTROPHYSICS), 30 May 2000 (30.05.2000), whole document	1-43
A	US2007/0098142A1 (AMERICAN SCIENCE & ENG INC), 03 May 2007 (03.05.2007) , whole document	1-43
A	JP1-167641A (NIPPON STEEL CORP), 03 Jul. 1989 (03.07.1989) , whole document	1-43

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&”document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May 2009(12.05.2009)

Date of mailing of the international search report

28 May 2009 (28.05.2009)

Name and mailing address of the ISA/CN

The State Intellectual Property Office, the P.R.China
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China
100088

Facsimile No. 86-10-62019451

Authorized officer

YANG, Lisha

Telephone No. (86-10)62085661

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2009/000155

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN201222039Y	15.04.2009	None	
CN101074937A	21.11.2007	ITTO20070169 A	05.06.2007
		GB2438278 A	21.11.2007
		DE102007019034 A	22.11.2007
		FR2901358 A	23.11.2007
		WO2007134513 A	29.11.2007
		AU2007252162 A	29.11.2007
		US2007286329 A	13.12.2007
US6069936A	30.05.2000	WO9909400 A	25.02.1999
		CA2301160 A	25.02.1999
		AU8779498 A	08.03.1999
		EP1005640 A	07.06.2000
		JP2001516023T	25.09.2001
US2007/0098142A1	03.05.2007	WO2007051092 A	03.05.2007
		EP1949139 A	30.07.2008
		CN101379415 A	04.03.2009
JP1-167641A	03.07.1989	JP6056355B	27.07.1994
		JP1935349C	26.05.1995

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2009/000155

Continuation of : CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N23/08 (2006.01) i

G01N23/083 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2009/000155

A. 主题的分类

见附加页

按照国际专利分类表(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G01N23, G01V5

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT,WPI,EPODOC,PAJ: 散射, 能量, 双能, 多能, 材料, 能, scatter+, energy+, material+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
E	CN201222039Y (清华大学 等), 15.4 月 2009 (15.04.2009), 权利要求 1-15	26, 29-35, 37-43
A	CN101074937A (清华大学 等), 21.11 月 2007 (21.11.2007), 全文	1-43
A	US6069936A (EG & G ASTROPHYSICS), 30.5 月 2000 (30.05.2000), 全文	1-43
A	US2007/0098142A1 (AMERICAN SCIENCE & ENG INC), 03.5 月 2007 (03.05.2007), 全文	1-43
A	JP1-167641A (NIPPON STEEL CORP), 03.7 月 1989 (03.07.1989), 全文	1-43

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

12.5 月 2009 (12.05.2009)

国际检索报告邮寄日期

28.5 月 2009 (28.05.2009)

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

授权官员

杨莉莎

电话号码: (86-10) 62085661

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2009/000155

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN201222039Y	15.04.2009	无	
CN101074937A	21.11.2007	ITTO20070169 A	05.06.2007
		GB2438278 A	21.11.2007
		DE102007019034 A	22.11.2007
		FR2901358 A	23.11.2007
		WO2007134513 A	29.11.2007
		AU2007252162 A	29.11.2007
		US2007286329 A	13.12.2007
US6069936A	30.05.2000	WO9909400 A	25.02.1999
		CA2301160 A	25.02.1999
		AU8779498 A	08.03.1999
		EP1005640 A	07.06.2000
		JP2001516023T	25.09.2001
US2007/0098142A1	03.05.2007	WO2007051092 A	03.05.2007
		EP1949139 A	30.07.2008
		CN101379415 A	04.03.2009
JP1-167641A	03.07.1989	JP6056355B	27.07.1994
		JP1935349C	26.05.1995

主题的分类

G01N23/08 (2006.01) i

G01N23/083 (2006.01) i