

(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
2023 年 7 月 6 日 (06.07.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/124459 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 11/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/127110
- (22) 国际申请日: 2022 年 10 月 24 日 (24.10.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202111627470.7 2021 年 12 月 28 日 (28.12.2021) CN
- (71) 申请人: 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: 图雅高娃(TUYA, Gaowa); 中国北京市
海淀区双清路同方大厦 A 座 2 层, Beijing 100084
(CN)。 胡春煊(HU, Chunxuan); 中国北京市海
淀区双清路同方大厦 A 座 2 层, Beijing 100084
(CN)。 赵崑(ZHAO, Kun); 中国北京市海淀区

双清路同方大厦 A 座 2 层, Beijing 100084 (CN)。
靳增雪(JIN, Zengxue); 中国北京市海淀区双清
路同方大厦 A 座 2 层, Beijing 100084 (CN)。 马
志丹(MA, Zhidan); 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: 北京东方亿思知识产权代理有限责
任公司(BEIJING EAST IP LTD.); 中国北京市东
城区东长安街 1 号东方广场东方经贸城东
2 座 1601 室, Beijing 100738 (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,
PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE,

(54) Title: GAMMA CAMERA IMAGING METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称: 伽马相机成像方法和装置

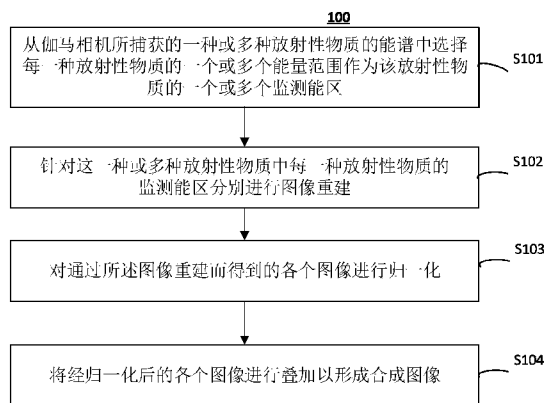


图 3

- S101 Select, from an energy spectrum of one or more radioactive substances captured by a gamma camera, one or more energy ranges of each radioactive substance to serve as one or more monitoring energy regions of the radioactive substance
- S102 Respectively perform image reconstruction for the monitoring energy regions of each of the one or more radioactive substances
- S103 Normalize images obtained by means of the image reconstruction
- S104 Superimpose the normalized images to form a composite image

(57) Abstract: The present disclosure provides a gamma camera imaging method and device. The method comprises: selecting, from an energy spectrum of one or more radioactive substances captured by a gamma camera, one or more energy ranges of each radioactive substance to serve as one or more monitoring energy regions of the radioactive substance; respectively performing image reconstruction for the monitoring energy regions of each of the one or more radioactive substances; normalizing images obtained by means of the image reconstruction; and superimposing the normalized images to form a composite image.

(57) 摘要: 本公开提供伽马相机成像方法和装置。该方法包括: 从伽马相机所捕获的一种或多种放射性物质的能谱中选择每一种放射性物质的一个或多个能量范围作为该放射性物质的一个或多个监测能区; 针对这一种或多种放射性物质中每一种放射性物质的监测能区分别进行图像重建; 对通过图像重建而得到的各个图像进行归一化; 以及将经归一化后的各个图像进行叠加以形成合成图像。

SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, 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))。

伽马相机成像方法和装置

相关申请的交叉引用

本申请要求享有于 2021 年 12 月 28 日提交的名称为“伽马相机成像方法和装置”的中国专利申请 202111627470.7 的优先权，该申请的全部内容通过引用并入本文中。

技术领域

本发明涉及伽马相机的技术领域，尤其涉及伽马相机成像方法和装置。

背景技术

伽马相机应用于核安全和核检测领域，主要功能是对放射性物质污染区域的辐射场进行动态和静态成像，并与光学成像图像进行融合，得到放射性物质分布信息。

现有伽马相机通常采用线性数据处理方法，即对接收到的信号不做区分，对所有有效能量段的信号一起进行投影图像恢复和原始图像重建。因为数据处理过程中有量化损失和近似处理，重建图像后，亮斑的背景里经常有统计波动和阴影。之后使用亮度阈值或显著度阈值等对图像区域进行筛选，只选取部分比较明显的成像图像与光学图像进行融合。

发明内容

根据本申请的一方面，提供了一种伽马相机成像方法，该方法包括：从伽马相机所捕获的一种或多种放射性物质的能谱中选择每一种放射性物质的一个或多个能量范围作为该放射性物质的一个或多个监测能区；针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质的监测能区分别进行图像重建；对通过所述图像重建而得到的各个图像进行归一化；以及将经归一

化后的各个图像进行叠加以形成合成图像。

在一些实施例中，所述选择包括：从所述能谱中进行遍历寻峰，将寻峰结果与预定核素库记载的放射性物质各分支能量进行对比，以确定所述一种或多种放射性物质；针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质，将该放射性物质的分支中分支比较高或能量较低的分支确定为该放射性物质的要进行监测的一个或多个分支；以及针对每一种放射性物质的所述一个或多个分支中的每一个分支，将以该分支的中心能量为中心并以该分支对应谱峰的半高宽为宽度的能量范围确定为该放射性物质的一个或多个监测能区之一。

在一些实施例中，所述伽马相机成像方法还包括：针对通过所述图像重建而得到的各个图像，确定每一个所述图像中是否有封闭区域；在所述图像中存在封闭区域的情况下，如果所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度之比小于预定阈值，则自适应地调整与该图像相应的监测能区的能量范围。

在一些实施例中，所述自适应地调整包括：对待调整的监测能区，以预定能量步长为单位进行逐步尝试扩增或减少，直到所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度达到所述预定阈值为止。

在一些实施例中，所述伽马相机成像方法还包括：在所述图像中不存在封闭区域的情况下，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。

在一些实施例中，所述伽马相机成像方法还包括：在所述图像中不存在封闭区域的情况下，在预定时间后，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。

根据本申请的另一方面，提供一种伽马相机成像装置，包括：选择模块，从伽马相机所捕获的一种或多种放射性物质的能谱中选择每一种放射性物质的一个或多个能量范围作为该放射性物质的一个或多个监测能区；图像重建模块，针对所述一种或多中放射性物质中每一种放射性物质的监测能区分别进行图像重建；归一化模块，对通过所述图像重建而得到的各个图像进行归一化；以及叠加模块，将经归一化后的各个图像进行叠加以形成合成图像。

在一些实施例中，选择模块包括：寻峰模块，从所述能谱中进行遍历寻峰，将寻峰结果与预定核素库记载的放射性物质各分支能量进行对比，以确定所述一种或多种放射性物质；分支确定模块，针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质，将该放射性物质的分支中分支比较高或能量较低的分支确定为该放射性物质的要进行监测的一个或多个分支；以及能区确定模块，针对每一种放射性物质的所述一个或多个分支中的每一个分支，将以该分支的中心能量为中心并以该分支对应谱峰的半高宽为宽度的能量范围确定为该放射性物质的一个或多个监测能区之一。

在一些实施例中，图像重建模块还包括：封闭区域确定模块，针对通过所述图像重建而得到的各个图像，确定每一个所述图像中是否有封闭区域；以及能区调整模块，在所述图像中存在封闭区域的情况下，如果所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度之比小于预定阈值，则自适应地调整与该图像相应的监测能区的能量范围。

在一些实施例中，能区调整模块被配置为：对待调整的监测能区，以预定能量步长为单位进行逐步尝试扩增或减少，直到所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度达到所述预定阈值为止。

在一些实施例中，图像重建模块还包括舍弃模块，该舍弃模块被配置为在所述图像中不存在封闭区域的情况下，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。在一些实施例中，该舍弃模块被配置为在所述图像中不存在封闭区域的情况下，在预定时间后，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。

根据本申请的另一方面，提供一种伽马相机成像装置，包括：存储器，存储有指令；处理器，被配置为执行所述存储器中存储的所述指令以执行根据上述的伽马相机成像方法。

根据本申请的另一方面，提供一种计算机可读存储介质，存储有指令，所述指令在被处理器执行时使得所述处理器执行上述的伽马相机成像方法。

根据本申请的又一方面，提供一种伽马相机，包括上述任一种伽马相机成像装置。

根据本申请的实施例的伽马相机成像方法和装置通过对每种放射性物质的每个监测能区进行单独分析，能够将所有的放射性物质考虑在内，并降低了本底噪声，从而提高了信噪比。此外，根据本申请的实施例的伽马相机成像方法和装置还能在动态测量模式下仅刷新运动的放射性物质的投影图像，使得运动物质和静止物质的成像互不影响。

附图说明

通过参考附图会更加清楚地理解本发明的特征和优点，附图是示意性的而不应理解为对本发明进行任何限制，在附图中：

图 1 示出伽马相机从三个放射性源（Am241，Co57，Ba133）捕获的能谱的图示；

图 2 示出伽马相机使用常规方法对图 1 的三个放射性源（Am241，Co57，Ba133）的能谱进行图像重建得到的示例图像。

图 3 图示出根据本申请的实施例的伽马相机成像方法的流程图；

图 4 示出伽马相机从三个放射性源（Am241，Co57，Ba133）捕获的能谱的图示；

图 5 图示出伽马相机使用本申请实施例的方法对图 4 的三个放射性源（Am241，Co57，Ba133）的能谱进行图像重建得到的示例合成图像；

图 6 图示出伽马相机从高能放射性物质（例如 Co60）捕获的能谱的图示；

图 7 示出伽马相机使用常规方法对两个放射性源（Am241，Co57）进行图像重建得到的图像和使用本申请实施例的方法对同样的放射性源进行图像重建得到的图像的对比示意图。

图 8 图示出根据本申请的实施例的伽马相机成像装置的框图；以及

图 9 图示出可用于实现根据本申请的实施例的伽马相机成像装置的计算装置的示例框图。

具体实施方式

下面将详细描述本申请的各个方面的特征和示例性实施例。为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及具体实施例，对本申请进行进一步详细描述。应理解，此处所描述的具体实施例仅意在解释本申请，而不是限定本申请。对于本领域技术人员来说，本申请可以在不需要这些具体细节中的一些细节的情况下实施。下面对实施例的描述仅仅是为了通过示出本申请的示例来提供对本申请更好的理解。

伽马相机监测结果的呈现方式是图像，通过人眼观察屏幕上的图像来判断放射性物质的分布和种类，因此放射性物质能否成像是影响伽马相机监测结果的关键。而成像的基本条件是统计学角度观测到辐射源发出的伽马事件个数超过环境本底伽马事件的一定比例，即信噪比达到一定阈值后，才能通过统计和图像处理得到比较理想的分析结果。

在实际使用场合，要达到指定信噪比有一定难度。原因是由于探测器的尺寸材料等限制，高能量粒子的探测效率不高。而对于低能量粒子，环境中又存在相当数量的环境本底噪声。因此传统伽马相机探测距离通常不太远而且需要测量时间比较长。

图 1 示出伽马相机从三个放射性源（Am241，Co57，Ba133）捕获的能谱的图示。图 1 中包括图 1(a)和图 1(b)，其中横轴表示能量，以道值为单位，纵轴表示计数值。在图 1(a)，以实线框标记出 Am241 所产生的能谱区域，以点划线框标记出 Co57 所产生的能谱区域，以虚线框标记出 Ba133 所产生的能谱区域。在图 1(b)中，浅灰色区域提供有效信息，而深灰色区域提供噪声信息（在该示例中，只使用全能峰而不用康普顿散射坪数据作为有效信息来成像）。对于伽马相机的数据处理来说，当浅灰色区域的面积与深灰色区域的面积相比达到一定比率时，才能保证伽马相机比较好的成像。

在能成像的前提下，如果多种放射性物质的强弱差距较大，重建图像中的各个放射性点源形成的亮斑的亮度也差异很大。弱源的亮斑容易淹没在强源形成的统计波动背景里，由于亮度值难以超过筛选阈值，所以不会被选取以用于与光学图像融合，或者即使能被选取以用于与光学图像融

合，其亮度也非常弱，很难肉眼观察到。

图 2 示出伽马相机使用常规方法对图 1 的三个放射性源（Am241，Co57，Ba133）的能谱进行图像重建得到的示例图像。该图像中横纵坐标是伽马相机成像图像的像素刻度。在该图像中，只能观察到能谱中 Am241 的两个谱峰代表的亮斑，而无法观测到 Co57 和 Ba133。因此，常规方法未能对来自所有放射源的信息进行充分展现。

根据本申请的实施例提供了一种伽马相机成像方法和装置，其能够充分利用各放射性源的有效信息，最优化显示视野里的放射性物质分布情况。

图 3 图示出根据本申请的实施例的伽马相机成像方法的流程图。如图 3 所示，根据本申请的实施例的伽马相机成像方法 100 包括：S101-S104。

在步骤 S101，从伽马相机所捕获的一种或多种放射性物质的能谱中选择每一种放射性物质的一个或多个能量范围作为该放射性物质的一个或多个监测能区。

对于步骤 S01，在一些实施例中，对监测能区的选择可以包括：从所述能谱中进行遍历寻峰，将寻峰结果与预定核素库记载的放射性物质各分支能量进行对比，以确定所述一种或多种放射性物质；针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质，将该放射性物质的分支中分支比较高或能量较低的分支确定为该放射性物质的要进行监测的一个或多个分支；以及针对每一种放射性物质的所述一个或多个分支中的每一个分支，将以该分支的中心能量为中心并以该分支对应谱峰的半高宽为宽度的能量范围确定为该放射性物质的一个或多个监测能区之一。

应理解，针对一种放射性物质可选择一个监测能区，也可以选择多个监测能区，针对不同放射性物质所选择的监测能区也可能有重叠。此外，关于每一种放射性物质的分支的确定，主要考虑了两个标准，即分支比和能量，因为伽马相机的探测器对高能量伽马粒子的探测效率很低，尽量选择能量较低的分支；因为分支比越高，等量放射性物质产生的伽马粒子个数越多，所以尽量选择分支比较高的分支。应理解，在此所使用的术语“较低”和“较高”是放射性物质的各分支相比较而言的。

在步骤 S102，针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质的监测能区分别进行图像重建。

对于步骤 S102，图像重建可根据需要选择常用的相关解码方法或统计学解码方法。

在一些实施例中，根据本申请的伽马相机成像方法还包括：针对通过图像重建而得到的各个图像，确定每一个图像中是否有封闭区域；在图像中存在封闭区域的情况下，如果封闭区域与封闭区域以外的背景区域的对比度之比小于预定阈值，则自适应地调整与该图像相应的监测能区的能量范围。在一些实施例中，自适应地调整可以包括：对待调整的监测能区，以预定能量步长为单位进行逐步尝试扩增或减少，直到所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度达到所述预定阈值为止。自适应调整的能量范围由探测器的分辨率和相邻峰的距离决定，一般而言，如果伽马相机的能量标定比较准确，自适应调整的程度并不大，例如，一般可选择2~5个半高宽范围。

伽马相机可工作在静态测量模式下和动态测量模式下。在静态测量模式下，根据本申请的方法还可以包括：在图像中不存在封闭区域的情况下，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。替代地，在动态测量模式下，根据本申请的方法还可以包括：在图像中不存在封闭区域的情况下，在预定时间后，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。由于在动态测量模式中，放射性物质的动态运动可能使得图像重建所得图像中出现封闭区域，因此，在持续观测预定时间后仍无封闭区域才进行数据舍弃。通过舍弃不能成像的监测能区数据，不但可以减小计算量，而且还可以减少本底噪声影响。

在步骤 S103，对通过图像重建而得到的各个图像进行归一化。对于步骤 S103，在归一化中，将像素值从最大最小值区间归一化到零到一区间。因为各个图像都归一化到了相等的最大值，相当于对弱源图像做了增强。

在步骤 S104，将经归一化后的各个图像进行叠加以形成合成图像。对于步骤 S104，图像叠加可以采用不同颜色通道，以清楚地呈现出各放射性物质的分布。

根据本申请的实施例的伽马相机成像方法，对每个监测能区的数据单独进行分析，则在该能区外的其他信息都被排除，只有该能区内的本底事件构成噪声，此噪声相对于整体本底来说减少了很多，因此该方法能够有效地提高信噪比。此外，根据本申请的实施例的伽马相机成像方法对每个监测能区的数据单独进行分析的另一个好处是，动态模式下，实时检测到某放射性物质的运动时，可以只清除该放射性物质的所选监测能区的投影图像来进行刷新，而不清除其他监测能区，因此在使用相同监测能区的情况下，运动物质和静止物质的成像互不影响。

图 4 示出伽马相机从三个放射性源（Am241，Co57，Ba133）捕获的能谱的图示。在图 4 中，横轴表示能量，以道值为单位，纵轴表示计数值，并且浅灰色区域提供有效信息，而深灰色区域提供噪声信息。如图 4 所示，根据本申请实施例的伽马相机成像方法从总能谱中确定出 4 个监测能区，包括了 Am241 的两个分支（在图中以谱峰示出，依次称为第一谱峰和第二谱峰），Co57 的一个分支（称为第三谱峰），Ba133 的一个分支（称为第四谱峰），它们是最优信噪比区域。对于这四个监测能区，分别进行成像。Ba133 的 355keV 处的特征峰，由于其最优信噪比区域也达不到阈值要求，而无法成像。

对这四个监测能区通过图像重建而得到的各个图像进行归一化，并将经归一化后的各个图像进行叠加以形成合成图像。图 5 图示出伽马相机使用本申请实施例的方法对图 4 的三个放射性源（Am241，Co57，Ba133）的能谱进行图像重建得到的示例合成图像。在图 5 中，第一谱峰和第二谱峰重建得到 Am241 的图像，第三谱峰重建得到 Ba133 的图像，第四谱峰重建得到 Co57 的图像，其中在图片中用箭头指示出成像位置。

与利用常规方法获得的成像图（如图 2 所示）相比，根据本申请实施例的伽马相机成像方法获得的成像图（如图 5 中所示）包含了更多有关放射性物质的信息。因为伽马相机的探测效率和能量分辨率不高，弱峰重峰出现概率较大，常规的基于曲线形状的寻峰方法不能很好地寻峰，所以本方法使用类似核素库寻峰的遍历方法。因为伽马相机可探测的放射性物质种类不多，即使对所有可探测的放射性物质都进行遍历计算，计算量和实

时处理的速度也在可接受范围内。有些特殊情况，如高能量的放射性物质（例如 Co60），因为提高了信噪比，仅累积几十个伽马事件即可成较好的像，反而能减少测量时间。例如，图 6 中 Co60 的能谱其最优成像能区在 300~450 道（如图中以框线示出），虽然在能谱上完全观测不到峰形，根据本申请实施例的方法却可以得到很明显的重建图像。

本申请实施例的方法主要显示伽马相机视野内的放射性物质的种类和分布。对伽马相机的应用场景来说，放射性物质的存在性和位置信息更重要，而相对强弱的重要性较低，如果需要检查放射性物质强弱信息，可另行用普通显示模式再进行显示。

作为另一示例，图 7 示出伽马相机使用常规方法对两个放射性源（Am241，Co57）进行图像重建得到的图像和使用本申请实施例的方法对同样的放射性源进行图像重建得到的图像的对比示意图。图 7 包括左边的图 7(a) 和右边的图 7(b)，其中图 7(a) 是利用常规方法获得的伽马图像，而图 7(b) 是利用本申请实施例的方法获得的伽马图像。在伽马相机测量的辐射场视野内，有 Am241 和 Co57 两个放射性点源。从左边的图像中只能看到中间偏左位置的 Am241 亮斑，因为 Am241 源的活度较大，背景整体很亮，所以遮蔽了 Co57 的亮斑。从右边的图像中可以看见两个点源（Am241，Co57）的成像（靠左为 Am241，靠右为 Co57）都比较明显。需注意，根据本申请实施例的方法可以对各重建图像以不同的颜色通道来进行合成使得所得的伽马图像是彩图，例如，Am241 可以青色表示，Co57 可以红色显示。各颜色通道可以与示例不同，根据需求来设置。

下面描述根据本申请的实施例的伽马相机成像装置。图 8 图示出根据本申请的实施例的伽马相机成像装置的框图。如图 8 所示，根据本申请的实施例的伽马相机成像装置 800 包括选择模块 801、图像重建模块 802、归一化模块 803、和叠加模块 804。具体地，选择模块 801 从伽马相机所捕获的一种或多种放射性物质的能谱中选择每一种放射性物质的一个或多个能量范围作为该放射性物质的一个或多个监测能区；图像重建模块 802 针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质的监测能区分别进行图像重建；归一化模块 803 对通过所述图像重建而得到的各个图像进行归

一化；以及叠加模块，将经归一化后的各个图像进行叠加以形成合成图像。

在一些实施例中，选择模块 801 包括：寻峰模块 8011，从所述能谱中进行遍历寻峰，将寻峰结果与预定核素库记载的放射性物质各分支能量进行对比，以确定所述一种或多种放射性物质；分支确定模块 8012，分支确定模块，针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质，将该放射性物质的分支中分支比较高或能量较低的分支确定为该放射性物质的要进行监测的一个或多个分支；以及能区确定模块 8013，针对每一种放射性物质的所述一个或多个分支中的每一个分支，将以该分支的中心能量为中心并以该分支对应谱峰的半高宽为宽度的能量范围确定为该放射性物质的一个或多个监测能区之一。

在一些实施例中，图像重建模块 802 包括：封闭区域确定模块 8021，针对通过所述图像重建而得到的各个图像，确定每一个图像中是否有封闭区域；以及能区调整模块 8022，在图像中存在封闭区域的情况下，如果封闭区域与封闭区域以外的背景区域的对比度之比小于预定阈值，则自适应地调整与该图像相应的监测能区的能量范围。

在一些实施例中，能区调整模块 8022 被配置为：对待调整的监测能区，以预定能量步长为单位进行逐步尝试扩增或减少，直到所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度达到所述预定阈值为止。

在一些实施例中，图像重建模块 802 还包括舍弃模块 8023，该舍弃模块 8023 被配置为在图像中不存在封闭区域的情况下，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。在一些实施例中，舍弃模块 8023 被配置为：在图像中不存在封闭区域的情况下，在预定时间后，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。

上述根据本申请的实施例的伽马相机成像方法和装置可用于伽马相机中以获得增强的伽马图像，从而用于与光学图像融合来识别放射性物质及其分布信息。根据本申请的实施例的伽马相机成像方法和装置通过对每种放射性物质的每个监测能区进行单独分析，能够将所有的放射性物质考虑在内，并降低了本底噪声，从而提到了信噪比。此外，根据本申请的实施

例的伽马相机成像方法和装置还能在动态测量模式下仅刷新运动的放射性物质的投影图像，使得运动物质和静止物质的成像互不影响。

在一些实施例中，本申请还提供一种伽马相机成像装置，包括：存储器，存储有指令；处理器，被配置为执行所述存储器中存储的所述指令以执行根据上述的伽马相机成像方法。

在一些实施例中，本申请还提供一种伽马相机，包括上述的伽马相机成像装置。

图 9 图示出可用于实现根据本申请的实施例的伽马相机成像装置的计算装置的示例框图。如图所示，计算装置 900 可包括一个或多个处理器或处理器核心 901 和存储器 902。对于本申请（包括权利要求书）而言，术语“处理器”和“处理器核心”可被视为同义词，除非上下文明确地另有要求。处理器 901 可包括任何类型的处理器，例如中央处理单元、微处理器，等等。处理器 901 可被实现为具有多核心的集成电路，例如，多核心微处理器。在实施例中，存储器 902 可以是系统存储器。在一些实施例中，存储器 902 可与处理器 901 集成。计算装置 900 可包括大容量存储装置 903（例如，磁盘、硬盘驱动器、易失性存储器（例如，动态随机访问存储器（dynamic random-access memory, DRAM）、致密盘只读存储器（compact disc read-only memory, CD-ROM）、数字多功能盘（digital versatile disk, DVD），等等）。一般而言，存储器 902 和/或大容量存储装置 903 可以是任何类型的临时性和/或持久性存储，包括但不限于易失性和非易失性存储器、光学、磁性和/或固态大容量存储，等等。易失性存储器可包括但不限于静态和/或动态随机访问存储器。非易失性存储器可包括但不限于电可擦除可编程只读存储器、相变存储器、电阻式存储器，等等。

计算装置 900 还可包括输入/输出（I/O）装置 904（例如，显示器（例如，触摸屏显示器）、键盘、光标控制、遥控器、游戏控制器、图像捕捉装置，等等）和通信接口 905（例如网络接口卡、调制解调器、红外接收器、无线电接收器（例如，蓝牙），等等）。通信接口 905 可以以有线或无线地方式与其他设备进行通信以交换数据。例如，通过该通信接口

905，伽马成像可被传输以与光学成像融合。

上述计算装置 900 的元素可经由系统总线 906 相互耦合，系统总线 906 表示一个或多个总线。在多个总线的情况下，它们可由一个或多个总线桥（未示出）来桥接。这些元素的每一者可执行本领域中已知的其传统功能。具体地，可以采用存储器 902 和大容量存储装置 903 来存储用于伽马相机成像装置的操作的编程指令的工作拷贝和永久拷贝。各种元素可由（一个或多个）处理器 901 所支持的汇编指令或者可被编译成这种指令的高级别语言来实现。编程指令的永久拷贝可在工厂被放入大容量存储装置 903 中，或者在现场通过例如分发介质（未示出）（比如致密盘（CD）），或者通过通信接口 905（从分发服务器（未示出））来分发。因此，在一些实施例中，本申请提供一种计算机可读存储介质，存储有指令，所述指令在被处理器执行时使得所述处理器执行上述的伽马相机成像方法。

各元件的数目、能力和/或容量可以有变化，这取决于计算装置 900 是被用作固定的计算装置，还是被用作移动计算装置。在各种实现方式中，计算装置 900 可包括膝上型电脑、上网本、笔记本、超极本、智能电话、平板设备、个人数字助理（personal digital assistant, PDA）、超移动 PC、移动电话或者数码相机的一个或多个组件。在另外的实现方式中，计算装置 900 可以是任何其他处理数据的电子装置。

以上对本发明的实施例的详细描述涵盖了许多具体细节，以便提供对本发明的全面理解。但是，对于本领域技术人员来说显而易见的是，本发明可以在不需要这些具体细节中的一些细节的情况下实施。上面对实施例的描述仅仅是为了通过示出本发明的示例来提供对本发明更清楚的理解。本发明绝不限于下面所提出的任何具体配置和方法步骤，而是在不脱离本发明的教导的前提下覆盖了相关元素、部件和方法步骤的任何修改、替换和改进。

应当注意，在权利要求中，单词“包含”或“包括”并不排除存在未列在权利要求中的元件或组件。位于元件或组件之前的冠词“一”或“一个”也并不排除存在多个这样的元件或组件的情况。

此外，还应当注意，本说明书中使用的语言主要是为了可读性和教导的目的而选择的，而不是为了解释或者限定本发明的主题而选择的。因此，在不偏离所附权利要求书的范围和精神的情况下，对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。关于本发明的范围，说明书中所做的描述都是说明性的，而非限制性的，本发明的范围由所附权利要求书限定。

权 利 要 求 书

1.一种伽马相机成像方法，包括：

5 从伽马相机所捕获的一种或多种放射性物质的能谱中选择每一种放射性物质的一个或多个能量范围作为该放射性物质的一个或多个监测能区；

针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质的监测能区分别进行图像重建；

对通过所述图像重建而得到的各个图像进行归一化；以及

将经归一化后的各个图像进行叠加以形成合成图像。

10 2. 根据权利要求 1 所述的伽马相机成像方法，其中，所述选择包括：

从所述能谱中进行遍历寻峰，将寻峰结果与预定核素库记载的放射性物质各分支能量进行对比，以确定所述一种或多种放射性物质；

15 针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质，将该放射性物质的分支中分支比较高或能量较低的分支确定为该放射性物质的要进行监测的一个或多个分支；以及

针对每一种放射性物质的所述一个或多个分支中的每一个分支，将以该分支的中心能量为中心并以该分支对应谱峰的半高宽为宽度的能量范围确定为该放射性物质的一个或多个监测能区之一。

3. 根据权利要求 1 所述的伽马相机成像方法，还包括：

20 针对通过所述图像重建而得到的各个图像，确定每一个所述图像中是否有封闭区域；

在所述图像中存在封闭区域的情况下，如果所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度之比小于预定阈值，则自适应地调整与该图像相应的监测能区的能量范围。

25 4. 根据权利要求 3 所述的伽马相机成像方法，其中，所述自适应地调整包括：对待调整的监测能区，以预定能量步长为单位进行逐步尝试扩增或减少，直到所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度达到所述预定阈值为止。

5. 根据权利要求 3 所述的伽马相机成像方法，还包括：

在所述图像中不存在封闭区域的情况下，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。

6. 根据权利要求 3 所述的伽马相机成像方法，还包括：

5 在所述图像中不存在封闭区域的情况下，在预定时间后，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。

7. 根据权利要求 1 所述的伽马相机成像方法，其中，所述叠加包括：将经归一化后的各个图像以不同的颜色通道进行叠加以形成所述合成图像。

8. 一种伽马相机成像装置，包括：

10 选择模块，从伽马相机所捕获的一种或多种放射性物质的能谱中选择每一种放射性物质的一个或多个能量范围作为该放射性物质的一个或多个监测能区；

图像重建模块，针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质的监测能区分别进行图像重建；

15 归一化模块，对通过所述图像重建而得到的各个图像进行归一化；以及

叠加模块，将经归一化后的各个图像进行叠加以形成合成图像。

9. 根据权利要求 8 所述的伽马相机成像装置，其中，所述选择模块包括：

20 寻峰模块，从所述能谱中进行遍历寻峰，将寻峰结果与预定核素库记载的放射性物质各分支能量进行对比，以确定所述一种或多种放射性物质；

25 分支确定模块，针对所述一种或多种放射性物质中每一种放射性物质，将该放射性物质的分支中分支比较高或能量较低的分支确定为该放射性物质的要进行监测的一个或多个分支；以及

能区确定模块，针对每一种放射性物质的所述一个或多个分支中的每一个分支，将以该分支的中心能量为中心并以该分支对应谱峰的半高宽为宽度的能量范围确定为该放射性物质的一个或多个监测能区之一。

10. 根据权利要求 8 所述的伽马相机成像装置，其中，所述图像重建

模块包括：

封闭区域确定模块，针对通过所述图像重建而得到的各个图像，确定每一个所述图像中是否有封闭区域；以及

5 能区调整模块，在所述图像中存在封闭区域的情况下，如果所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度之比小于预定阈值，则自适应地调整与该图像相应的监测能区的能量范围。

11. 根据权利要求 10 所述的伽马相机成像装置，其中，所述能区调整模块被配置为：对待调整的监测能区，以预定能量步长为单位进行逐步尝试扩增或减少，直到所述封闭区域与所述封闭区域以外的背景区域的对比度
10 达到所述预定阈值为止。

12. 根据权利要求 10 所述的伽马相机成像装置，其中，所述图像重建模块还包括舍弃模块，所述舍弃模块被配置为在所述图像中不存在封闭区域的情况下，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。

13. 根据权利要求 10 所述的伽马相机成像装置，其中，所述图像重建
15 模块还包括舍弃模块，所述舍弃模块被配置为在所述图像中不存在封闭区域的情况下，在预定时间后，将与该图像相应的监测能区的数据舍弃。

14. 一种伽马相机成像装置，包括：

存储器，存储有指令；

20 处理器，被配置为执行所述存储器中存储的所述指令以执行根据权利要求 1-7 中任一项所述的方法。

15. 一种计算机可读存储介质，存储有指令，所述指令在被处理器执行时使得所述处理器执行根据权利要求 1-7 中任一项所述的方法。

16. 一种伽马相机，包括如权利要求 8-14 中任一项所述的伽马相机成像装置。

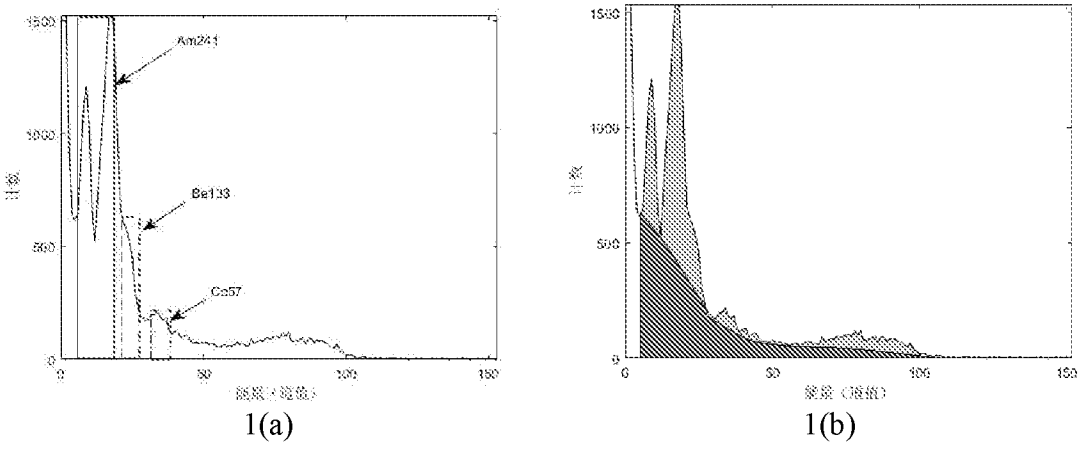


图 1

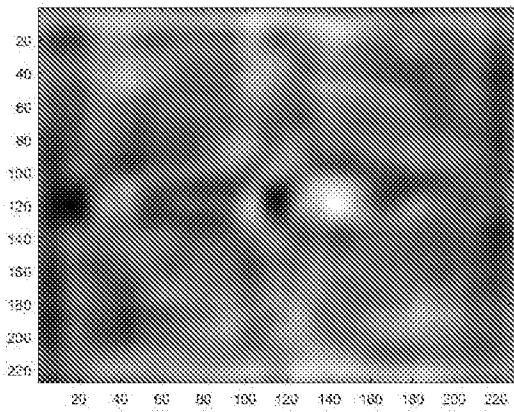


图 2

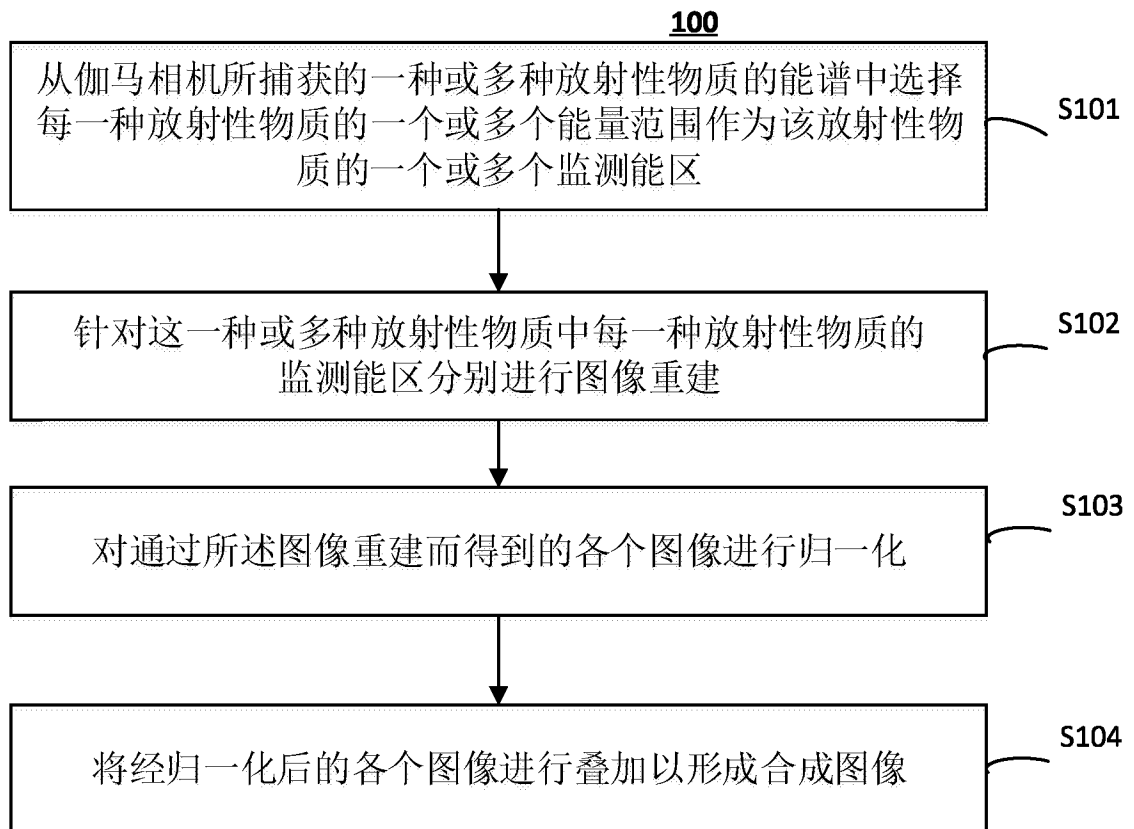


图 3

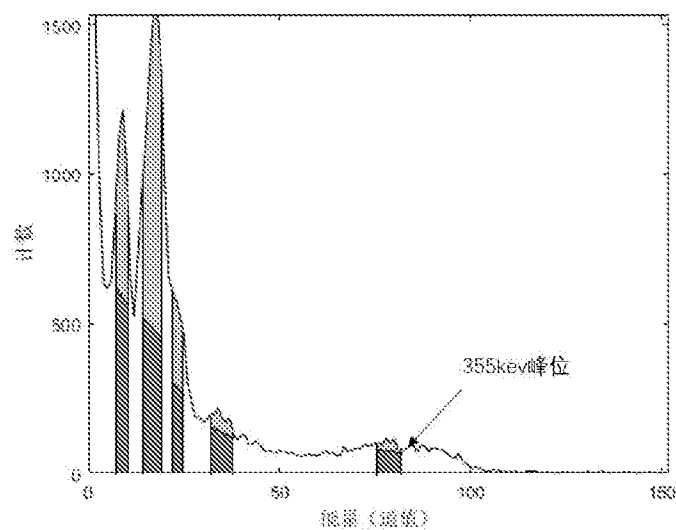


图 4

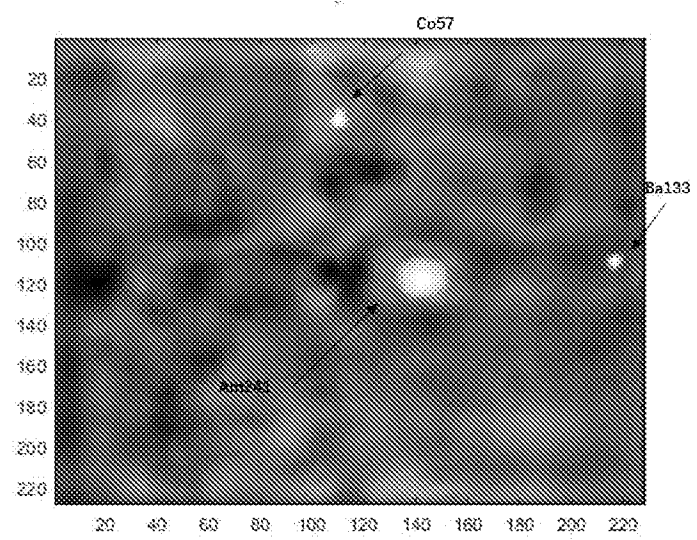


图 5

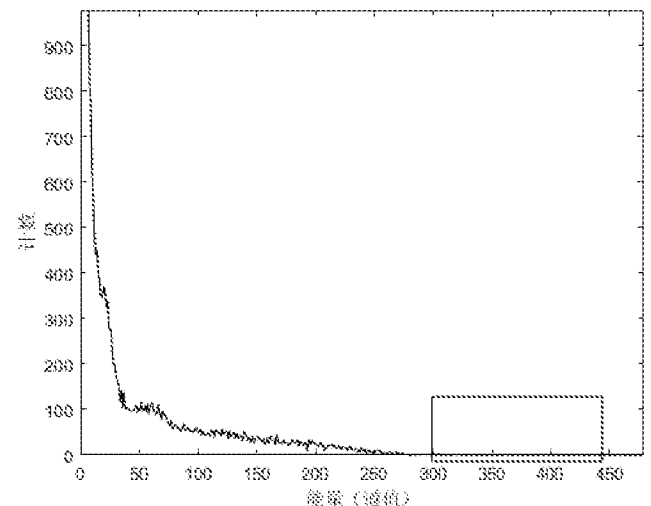


图 6

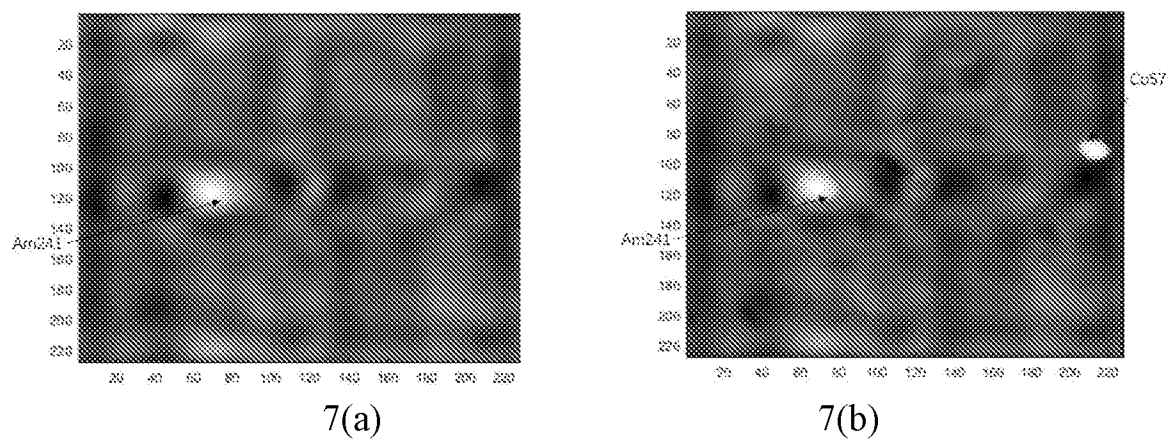


图 7

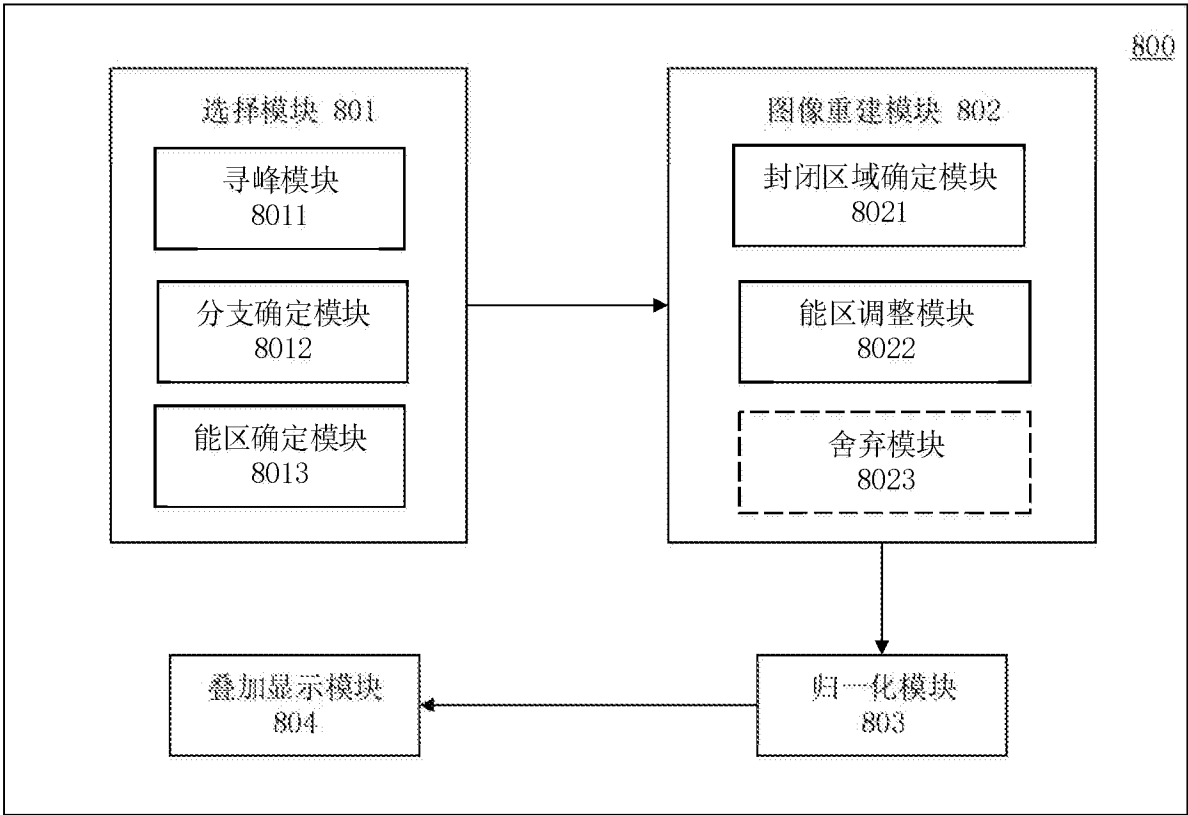


图 8

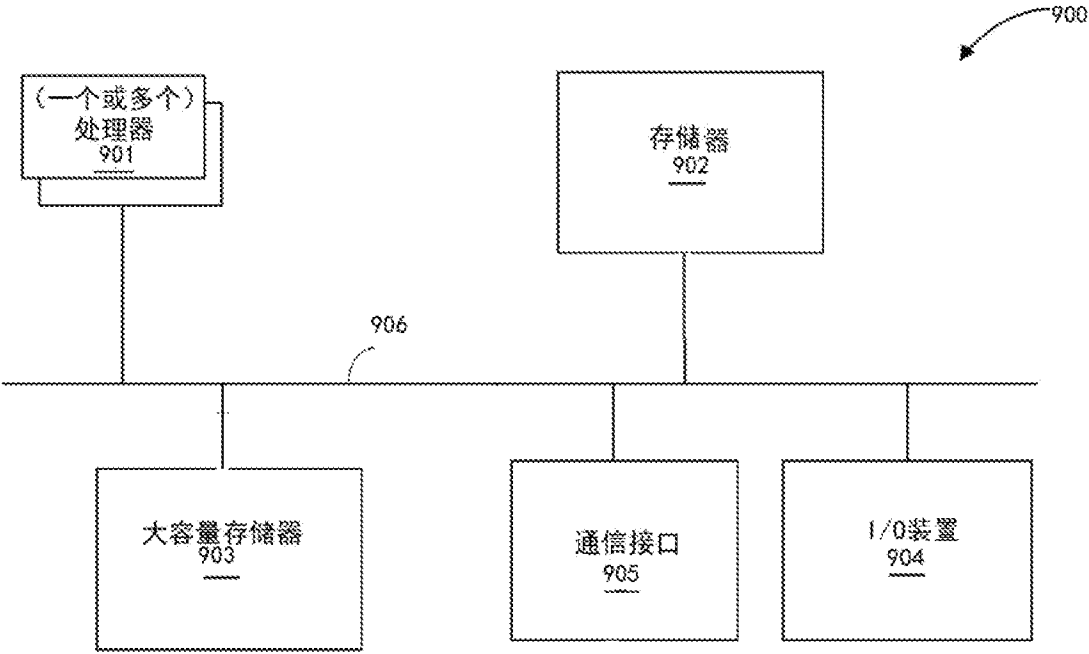


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/127110

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 11/00(2006.01)i

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)

G06T 11/-, G06T 5/-

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)

CNABS, CNTXT, ENTXT, ENTXTC, DWPI, CNKI: 伽马, 相机, 放射性, 图像, 重建, 合成, gamma, camera, radioactive, image, reconstruction, synthesis

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 110599562 A (CHENGDU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 20 December 2019 (2019-12-20) description, paragraphs [0006]-[0032]	1-16
X	CN 111179365 A (INSTITUTE OF HIGH ENERGY PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 19 May 2020 (2020-05-19) description, paragraphs 0012-0053	1-16
X	US 6628983 B1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS N.V.) 30 September 2003 (2003-09-30) description, column 3, line 44 to column 11, line 13	1-16
A	CN 110428765 A (WUHAN YUNYAOCHUXIAO TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 November 2019 (2019-11-08) entire document	1-16



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

22 November 2022

Date of mailing of the international search report

30 November 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/127110

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110599562	A	20 December 2019	None			
CN	111179365	A	19 May 2020	None			
US	6628983	B1	30 September 2003	EP	1264197	A2	11 December 2002
				JP	2004512512	A	22 April 2004
				WO	0234136	A2	02 May 2002
				WO	0234136	A3	11 July 2002
CN	110428765	A	08 November 2019	CN	110428765	B	16 October 2020

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/127110

A. 主题的分类 G06T 11/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (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) G06T 11/-, G06T 5/- 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)) CNABS, CNTXT, ENTXT, ENTXTC, DWPI, CNKI: 伽马, 相机, 放射性, 图像, 重建, 合成, gamma, camera, radioactive, image, reconstruction, synthesis																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 110599562 A (成都理工大学) 2019年12月20日 (2019 - 12 - 20) 说明书第0006-0032段</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 111179365 A (中国科学院高能物理研究所) 2020年5月19日 (2020 - 05 - 19) 说明书第0012-0053段</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 6628983 B1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 2003年9月30日 (2003 - 09 - 30) 说明书第3栏第44行至第11栏第13行</td> <td>1-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110428765 A (武汉云摇初晓科技有限公司) 2019年11月8日 (2019 - 11 - 08) 全文</td> <td>1-16</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 110599562 A (成都理工大学) 2019年12月20日 (2019 - 12 - 20) 说明书第0006-0032段	1-16	X	CN 111179365 A (中国科学院高能物理研究所) 2020年5月19日 (2020 - 05 - 19) 说明书第0012-0053段	1-16	X	US 6628983 B1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 2003年9月30日 (2003 - 09 - 30) 说明书第3栏第44行至第11栏第13行	1-16	A	CN 110428765 A (武汉云摇初晓科技有限公司) 2019年11月8日 (2019 - 11 - 08) 全文	1-16
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	CN 110599562 A (成都理工大学) 2019年12月20日 (2019 - 12 - 20) 说明书第0006-0032段	1-16															
X	CN 111179365 A (中国科学院高能物理研究所) 2020年5月19日 (2020 - 05 - 19) 说明书第0012-0053段	1-16															
X	US 6628983 B1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 2003年9月30日 (2003 - 09 - 30) 说明书第3栏第44行至第11栏第13行	1-16															
A	CN 110428765 A (武汉云摇初晓科技有限公司) 2019年11月8日 (2019 - 11 - 08) 全文	1-16															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
<table border="0"> <tr> <td> * 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 (如具体说明的) “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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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 (如具体说明的) “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													
* 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 (如具体说明的) “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 2022年11月22日		国际检索报告邮寄日期 2022年11月30日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (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		受权官员 富瑶 电话号码 62411887															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/127110

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110599562	A	2019年12月20日	无			
CN	111179365	A	2020年5月19日	无			
US	6628983	B1	2003年9月30日	EP	1264197	A2	2002年12月11日
				JP	2004512512	A	2004年4月22日
				WO	0234136	A2	2002年5月2日
				WO	0234136	A3	2002年7月11日
CN	110428765	A	2019年11月8日	CN	110428765	B	2020年10月16日