(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
2020 年 6 月 11 日 (11.06.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2020/114330 A1

(51) 国际专利分类号:
G01T 1/29 (2006.01) *A61B 6/03* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/122005

(22) 国际申请日: 2019 年 11 月 29 日 (29.11.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811496270.0 2018年12月7日 (07.12.2018) CN

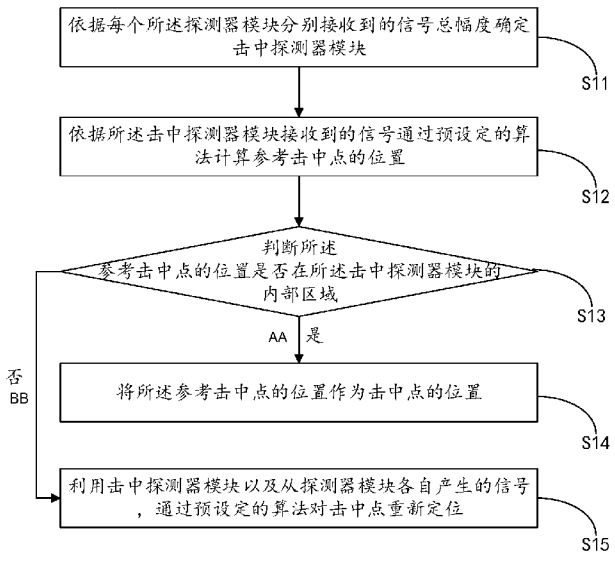
(71) 申请人: 深圳先进技术研究院 (**SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 杨永峰 (**YANG, Yongfeng**); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 章先鸣 (**ZHANG, Xianming**); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 桑子儒 (**SANG, Ziru**); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 梁栋 (**LIANG, Dong**); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 刘新 (**LIU, Xin**); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 郑海荣 (**ZHENG, Hairong**); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市科进知识产权代理事务所 (普通合伙) (**SHENZHEN KEJIN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE**); 中国广东省深圳市南山

(54) **Title:** METHOD FOR LOCATING HIT POINT OF RAY IN SCINTILLATION CRYSTAL, AND SYSTEM THEREFOR

(54) **发明名称:** 一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法及其系统



S11 Determine a hit detector module according to the total amplitude of signals respectively received by all detector modules
S12 Calculate the position of a reference hit point by means of a pre-set algorithm and according to a signal received by the hit detector module
S13 Determine whether the position of the reference hit point is located in an internal area of the hit detector module
S14 Take the position of the reference hit point as the position of a hit point
S15 Use the hit detector module and the respective signals generated by the detector modules to relocate the hit point by means of the pre-set algorithm
AA Yes
BB No

图 1

(57) **Abstract:** Disclosed are a method for locating a hit point of a ray in a scintillation crystal, and a system therefor. The method comprises the following steps: determining a hit detector module according to the total amplitude of signals respectively received by all detector modules (S11); calculating the position of a reference hit point by means of a pre-set algorithm and according to a signal received by the hit detector module (S12); determining whether the position of the reference hit point is located in an internal area of the hit detector module (S13); when the position of the reference hit point is located in the internal area of the hit detector module, taking the position of the reference hit point as the position of a hit point (S14); and when the position of the reference hit point is located in an edge area of the hit detector module, using the hit detector module and the respective signals generated by the detector modules to

WO 2020/114330 A1

[见续页]

区粤兴三道二号虚拟大学园产业化基地A701室, Guangdong 518055 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, 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, 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))。

relocate the hit point by means of the pre-set algorithm (S15).

(57) 摘要：一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法及其系统，方法包括以下步骤：依据每个探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块（S11），依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置（S12），判断所述参考击中点的位置是否在所述击中探测器模块的内部区域（S13），当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的内部区域时，将所述参考击中点的位置作为击中点的位置（S14），当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的边缘区域时，利用击中探测器模块以及从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位（S15）。

一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法及其系统

技术领域

本发明涉及核探测器技术领域，具体而言，涉及一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法及其系统。

背景技术

目前，正电子发射断层成像(Positron Emission Tomography，简称 PET)能够定量和无创地测量由正电子发射核素标记的生物分子在生物体内随时间的变化情况，被广泛用于肿瘤、心血管疾病和神经疾病等的早期诊断。

PET 包含几十个或几百个 PET 探测器模块，PET 探测器模块主要包含闪烁晶体和光探测器，PET 探测器模块间彼此紧靠，围绕成平板形状或圆柱形状。

PET 的工作原理为向人体注射含有正电子放射性核素标记的药物，正电子放射性核素湮灭时产生两个能量为 511 keV 夹角在 180°附近的伽马射线，伽马射线与 PET 探测器模块中的闪烁晶体发生相互作用，产生大量闪烁光子，光探测器能探测到闪烁光子的强度分布，通过闪烁光子的分布可计算射线的作用位置，即击中点的位置。画线连接两个伽马射线的击中点可以得到一条响应线，代表正电子发射核素位于这条线上；通过大量响应线最终能确定正电子核素的具体位置，进而定位病灶区域。

因此，准确定位病灶区域要求准确定位响应线，即准确定位射线在探测器中的击中点。通常，根据探测器模块的信号总幅度确定击中点位于哪一个 PET 探测器模块，然后只使用该探测器模块所产生的信号来计算射线的击中点。但是，当射线击中某一个 PET 探测器模块的边缘区域时，闪烁光子可能只有一部分被该 PET 探测器模块接收到，而另一部分则被该 PET 探测器模块相邻的

模块所采集，闪烁光子收集不完全可能导致击中点的定位不准确。

更具体的，对于基于切割晶体阵列的 PET 探测器，现有技术中存在切割晶体阵列的边缘晶条分辨不清楚的问题，其中切割晶体阵列由多个相同的长方体晶条组成，晶条之间按行列整齐排列。对于基于连续晶体的 PET 探测器，现有技术中存在连续晶体边缘位置分辨率变差的问题，其中连续晶体是内部未经切割的整块晶体。对于基于半连续晶体的 PET 探测器，现有技术中存在半连续晶体沿其连续方向的晶体边缘区域处位置分辨率差的问题。半连续晶体是由若干个连续晶体薄片组成的晶体，其中薄片沿 PET 扫描仪的轴向方向是连续的，沿 PET 扫描仪的径向方向是切割的，即由若干个薄片组成。

有鉴于此，如何解决上述问题，是本领域技术人员关注的重点。

发明内容

本发明的第一目的在于提供一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法，以解决现有技术中在晶体边缘击中点定位不够准确的问题。

本发明的第二目的在于提供一种用于确定击中点位置的电子系统，以解决现有技术中在晶体边缘击中点定位不够准确的问题。

本发明的第三目的在于提供一种可读写存储介质，以解决现有技术中生成的击中点的位置可能不准确的问题。

为了实现上述目的，本发明实施例采用的技术方案如下：

第一方面，本发明实施例提供了一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法，应用于核技术成像系统，所述核技术成像系统包括多个探测器模块，每个所述探测器模块均包括闪烁晶体，所述射线在闪烁晶体中的击中点定位方法包括以下步骤：

依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块；

依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置；

当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的内部区域时，将所述参考击中点的位置作为击中点的位置。

当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的边缘区域时，利用击中探测器模块以及每个从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位。

第二方面，本发明实施例还提供了一种用于确定击中点位置的电子系统，应用于核技术成像系统，所述核技术成像系统包括多个探测器模块，每个所述探测器模块均包括闪烁晶体，所述用于确定击中点位置的电子系统包括：

击中探测器模块确定单元，用于依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块；

位置计算单元，用于依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置；

击中点确定单元，用于当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的内部区域时，将所述参考击中点的位置作为击中点的位置。

击中点确定单元还用于当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的边缘区域时，利用击中探测器模块以及每个从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位。

第三方面，本发明实施例还提供了一种可读写存储介质，其上存储有运行程序，该运行程序被处理器执行时实现上述方法。

相对现有技术，本发明具有以下有益效果：

本发明提供了一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法及其系统，其中，通过依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块，然后依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置，当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的内部区域时，将所述参考击中点的位置作为击中点的位置，当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的边缘区域时，依据所述参考击中点的位置，所有探测器模块的安装位置，确定所有靠近所述参考击中点的相邻探测器模块；依次将所有所述相邻探测器模块的信号总幅度与预设定的信号幅度阈值进行比较，将信号总幅度大于所述预设定的信号幅度阈值的相邻探测器模块确定为从探测器模块。利用击中探测器模块以及从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位。由于本发明对作用在探测器模块边缘区域和内部区域的事件分别采用不同的定位方法，当射线作用在探测器边缘区域时，同时利用击中探测器和从探测器各自产生的信号进行定位，从而能获得更完整的光分布信息，从而提高了射线击中探测器边缘区域时的定位精度，进而整体上使得击中点的定位精度更高。

附图说明

图 1 示出了本发明实施例提供的射线在闪烁晶体中的击中点确定方法的流程图。

图 2 示出了本发明实施例提供的射线在闪烁晶体上的信号幅度分布图。

图 3 示出了本发明实施例提供的基于切割晶体阵列的 PET 探测器的结构示意图。

图 4 示出了本发明实施例提供的基于半连续晶体的 PET 探测器的结构示

意图。

图 5 示出了本发明实施例提供的图 1 中步骤 S105 的子步骤的流程图。

图 6 示出了本发明实施例提供的用于确定击中点位置的电子系统的模块示意图。

图 7 示出了本发明实施例提供的击中点确定单元的子模块示意图。

图标：11-闪烁晶体；12-耦合件；13-光导；14-光探测器；100-用于确定击中点位置的电子系统；110-击中探测器模块确定单元；120-位置计算单元；130-判断单元；140-击中点确定单元；141-从探测器模块确定模块；142-击中点确定模块。

具体实施方式

为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

请参照图 1，本发明实施例提供了一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法，应用于核技术成像系统，该核技术成像系统含有多个探测器模块，其中，探测器模块指可以独立探测并定位入射射线的最小单元，且每个探测器模块均含有闪烁晶体 11 与光探测器 14，一般还包含光导 13。在本实施例中，对于闪烁晶体 11 的材料不作限定，可以是任何一种有机或无机闪烁晶体，例如硅酸镥晶体；对于闪烁晶体 11 的宏观结构不作限定，可以是连续晶体，切割晶体阵列，半连续晶体等任何一种能实现伽马射线探测的晶体宏观结构；光探测器 14 的种类也不作限定，例如硅光电倍增管（SiPM, Silicon Photomultipliers, or MPPCs Multi-Pixel Photon Counters）；其通常包含大于等于 1 个的读出单元数

目，每个读出单元均可以独立输出信号，读出单元也称为像素。该射线在闪烁晶体中的击中点定位方法包括：

步骤 S11，依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块。

在本实施例中，击中探测器模块为与能量为 511keV 的伽马射线发生相互作用的模块。根据相互作用种类的不同，伽马射线在探测器模块中产生的闪烁光子数目也不同；另外，射线探测是一个随机过程，其中包含统计涨落，所以 511keV 伽马射线击中某个探测器模块所产生的信号总幅度在一个范围内变化。本实施例确定击中探测器模块的方法为将每个所述探测器模块接收到的信号总幅度与预设定的幅度范围进行比较，将信号总幅度落在所述预设定的幅度范围内的探测器模块作为击中探测器；例如，预设定的幅度范围可以是 350-650keV，也可以根据实际情况选择其他合适的范围，本实施例对此并不做任何限定。

在本实施例中，由于单位时间内放射性核素的衰变个数可能大于一个，因此可能出现单位时间内不止一个 511keV 伽马射线与探测器模块发生相互作用并产生信号，因此击中探测器模块的数量可以不止一个，例如，击中探测器模块的数量为两个。

步骤 S12，依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置。

在确定了击中探测器模块后，可依据该击中探测器模块接收到的信号与预设定的算法计算参考击中点的位置。

其中，本实施例所述的预设定的算法包括但不限于重心法，加权重心法，最小二乘法，最大似然法，神经网络等方法。

下面以重心法为例进行说明，每个探测器模块均包括多个像素，且多个像素按阵列相邻排布，首先，依据公式$x=\frac{\sum_1^n A_i\times C_i}{\sum_1^n A_i}$确定所述参考击中点在水平面 x 方向上的位置，其中，n 表示光探测器 14 的像素个数，A_i表示第 i 个像素的信号幅度，C_i表示第 i 个像素在 x 方向上的位置坐标，x表示参考击中点在水平面 x 方向上的位置坐标。然后，依据公式$y=\frac{\sum_1^n A_i\times d_i}{\sum_1^n A_i}$确定所述参考击中点在水平面 y 方向上的位置，其中，n 表示光探测器 14 的像素个数，A_i表示第 i 个像素的信号幅度，d_i表示第 i 个像素在 y 方向上的位置坐标，y表示参考击中点在水平面 y 方向上的位置坐标。依据每个像素的信号幅度可确定(x,y)坐标，即确定所述参考击中点在水平面中的位置。

步骤 S13，判断所述参考击中点的位置是否在所述击中探测器模块的内部区域，如果是，则执行步骤 S14，如果否，则执行步骤 S15。

在本实施例中，每个探测器模块均分为内部区域与边缘区域，其中，边缘区域指在水平面内，闪烁晶体 11 中距离其边界小于阈值的区域，内部区域为闪烁晶体 11 中除边缘区域以外的区域，且水平面与光探测器 14 的法线垂直，例如，对于一个 50mm×50mm×10mm 的闪烁晶体 11，阈值可能设置为 10mm，即边缘区域为水平面 x 或 y 方向上距离闪烁晶体 11 的边界小于 10mm 的晶体区域。

同时，请参阅图 2，其中，图 2 中 a 图为现有技术仅使用单个探测器模块的信号确定击中点的说明。当入射射线在探测器中发生相互作用，并以 4π 立体角发射大量闪烁光子时，由于参考击中点位于边缘区域，朝击中点右侧发射的闪烁光子大部分在晶体边界被反射回晶体中间，导致光分布畸变；小部分逃逸到相邻探测器中，仅有很小部分未经反射且被该光探测器 14 正常收集。可以明白的，此时，单个探测器模块只能探测到一部分的光分布信息，反射的闪

烁光子导致光子分布的重心位于实际击中点的左侧，从而使定位产生误差。图2中b为实施例提供的定位方法，在探测器模块之间设置有耦合件12，用来减弱闪烁光子在晶体边界的反射，耦合件12的材料不作限定，例如空气，或硅油。当参考击中点位于边缘区域时，有一部分闪烁光能逃逸到相邻探测器中并被探测到。联合击中探测器和其相邻（从）探测器的信号能探测到更完整的光分布信息，从而光子分布重心与实际击中点更接近，从而定位击中点的误差较小。

有鉴于此，在本实施例中，需进行参考击中点的位置的判断。

步骤S14，将所述参考击中点的位置作为击中点的位置。

当参考击中点的位置在击中探测器模块的内部区域时，即表示射线的信号已大部分被该击中探测器模块所采集，从探测器含有的光子分布信息较少，可能与噪声水平相当。因此，此时利用该击中探测器模块即可准确计算出击中点的位置。

步骤S15，利用击中探测器模块以及从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位。

当在参考击中点的位置处于边缘区域时，单个探测器模块只能探测到一部分的光分布信息，此时通过击中探测器模块与从探测器模块的信号进行对击中点的重新定位，从而更加准确地定位击中点，进而提升成像系统的空间分辨率。

具体地，请参阅图3，步骤S15包括：

子步骤S151，依据所述参考击中点的位置，所有探测器模块的安装位置，每个探测器模块接收到的信号总幅度以及预设定的信号幅度阈值确定所述从探测器模块。

其中，需要说明的是，在本实施例中，从探测器模块指紧挨击中探测器模

块，同样收集到射线的信号，且信号较大的探测器模块。

其中，子步骤 S151 包括：

子步骤 S1511，依据所述所有探测器模块的安装位置确定靠近所述参考击中点的位置的相邻探测器模块。

由于信号集中于射线的击中点附近，因此从探测器模块需要选择与参考击中点相邻的探测器模块。

本实施例中，所有的探测器模块按相邻的方式排列，即大多数探测器模块的四周均设置有探测器模块，可以理解地，当该参考击中点的位置确定之后，即可确定参考击中点更靠近击中探测器模块的哪一侧，进而根据所有探测器模块的安装位置找到与该侧相邻的探测器模块。其中，当参考击中点位于晶体的角落，可能有三个相邻探测器模块；当位于晶体某个边界的正中间时，可能只有一个相邻探测器模块，因此相邻的探测器模块可以是一个，也可以是多个。

子步骤 S1512，依次将所述相邻探测器模块中的每个探测器模块的信号总幅度与预设定的信号幅度阈值进行比较，将大于所述预设定的信号幅度阈值的探测器模块确定为从探测器模块。

如果从探测器信号太小，那么探测器自身噪声相对于信号来说则过大，因此要选择信号较大的相邻探测器模块作为从探测器模块。确定所述预设定的信号幅度阈值需要事先估计探测器模块内的噪声水平。进一步地，在本实施例中，通过依次将相邻探测器模块中的每个探测器模块的信号总幅度与预设定的信号幅度进行比较的方式，例如，当阈值设置为 70keV 时，信号总幅度大于 70keV 的相邻探测器模块就是从探测器模块。

由于需要通过比较的方式确定从探测器模块的数量，因此可能出现每个相邻的探测器模块的信号总幅度均小于阈值的情况，即可能出现从探测器模块数

量为零的情况，例如，相邻的探测器模块的数量为 3，当从探测器模块的数量为 0；当然地，从探测器模块的数量也可以为多个，本实施例对此并不做任何限定。

步骤 S15 还包括：

子步骤 S152，通过所述预设定的算法，用所述击中探测器模块以及所述从探测器模块各自产生的的信号对击中点重新定位。

确定从探测器模块后，利用从探测器模块与击中探测器模块的各自产生的信号对击中点进行重新定位，其中，预设定的算法与步骤 S102 中所述的算法相同，即包括但不限于重心法，加权重心法，最小二乘法，最大似然法及以这些方法为基础的改进方法。计算过程中，为了提高信号的信噪比，可以仅使用从探测器模块的部分信号，例如最靠近击中探测器的那部分像素的信号；也可以使用从探测器的所有信号进行定位。

此外，本方法可以用于任何基于闪烁晶体 11 的，含有多个探测器模块的探测器面阵或核技术成像系统，例如 X/伽马射线照相机，计算机断层扫描(Computed Tomography)，正电子断层成像扫描仪等。进一步地，对于正电子断层成像扫描仪，请参阅图 4，本方法可以用在基于切割晶体阵列的 PET 探测器来实施，用来解决现有技术中切割晶体阵列的边缘晶条分辨不清楚的问题，其中切割晶体阵列由多个相同的长方体晶条组成，晶条之间按行列整齐排列。本方法还可以用在基于连续晶体的 PET 探测器中，用来解决现有技术中连续晶体边缘位置分辨率变差的问题，其中连续晶体是内部未经切割的整块晶体。请参阅图 5，本方法还可以用在基于半连续晶体的 PET 探测器中，用来解决现有技术中半连续晶体沿其连续方向的晶体边缘区域处位置分辨率差的问题。半连续晶体是由若干个连续晶体薄片组成的晶体，其中薄片沿 PET 扫描仪的轴

向方向是连续的，沿 PET 扫描仪的径向方向是切割的，即由若干个薄片组成。

第二实施例

请参阅图 6，本发明实施例还提供了一种确定击中点位置的电子系统，应用于核技术成像系统，该核技术成像系统多个探测器模块，其中，探测器模块指可以独立探测并定位入射线的最小单元，且每个探测器模块均包括闪烁晶体 11 与光探测器 14，该用于确定击中点位置的电子系统 100 包括：

击中探测器模块确定单元 110，用于依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块。

可以理解的，通过击中探测器模块确定单元 110 可执行步骤 S11。

位置计算单元 120，用于依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置。

可以理解的，通过位置计算单元 120 可执行步骤 S12。

判断单元 130，用于判断所述参考击中点的位置是否在所述击中探测器模块的内部区域。

可以理解的，通过判断单元 130 可执行步骤 S13。

击中点确定单元 140，用于将所述参考击中点的位置作为击中点的位置。

可以理解的，通过击中点确定单元 140 可执行步骤 S14。

击中点确定单元 140 还用于利用击中探测器模块以及从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位。

可以理解的，通过击中点确定单元 140 可执行步骤 S15。

其中，请参阅图 7，所述击中点确定单元 140 包括：

从探测器模块确定模块 141，用于依据所述参考击中点的位置，所有探测器模块的安装位置，每个探测器模块接收到的信号总幅度以及预设定的信号幅

度阈值确定所述从探测器模块。

可以理解的，通过从探测器模块确定模块 141 可执行子步骤 S151。

具体地，从探测器模块确定模块 141 用于依据所述所有探测器模块的安装位置确定靠近所述参考击中点的位置的相邻探测器模块，并依次将所述相邻探测器模块中的每个探测器模块的信号总幅度与预设定的信号幅度阈值进行比较，将大于所述预设定的信号幅度阈值的探测器模块确定为从探测器模块。

击中点确定模块 142，用于通过所述预设定的算法，利用所述击中探测器模块以及所述从探测器模块的信号，对击中点重新定位。

可以理解的，通过击中点确定模块 142 可执行子步骤 S152。

第三实施例

本发明实施例还揭示了一种可读写存储介质，该运行程序被处理器执行时实现本发明前述实施例揭示的射线在闪烁晶体 11 中的击中点定位方法。

综上所述，本发明提供了一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法及其系统，其中，通过依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块，然后依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置，再当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的内部区域时，将所述参考击中点的位置作为击中点的位置，并且当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的边缘区域时，利用击中探测器模块以及从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位。由于本发明提供的射线在闪烁晶体中的击中点定位方法及其系统能够在确定集中探测器模块后，依据参考击中点的位置判断该位置在击中探测器模块的内部或者边缘，同时在参考击中点的位置处于击中探测器的中间位置时，将其作为击中点的位置，并在其处于击中探测器的边缘位置时，能够利用集中探测器和从探测

器模块对击中点进行重新定位。通过判断参考击中点的位置，能够实现分情况的确定击中点的位置，使得击中点的定位精度更高。

需要说明的是，在本文中，诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

权 利 要 求

1.一种射线在闪烁晶体中的击中点定位方法，应用于核技术成像系统，其特征在于，所述核技术成像系统包括多个探测器模块，每个所述探测器模块均包括闪烁晶体，所述射线在闪烁晶体中的击中点定位方法包括以下步骤：

依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块；

依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置；

当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的内部区域时，将所述参考击中点的位置作为击中点的位置；

当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的边缘区域时，利用击中探测器模块以及每个从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位。

2.如权利要求1所述的射线在闪烁晶体中的击中点定位方法，其特征在于，所述利用击中探测器模块以及每个从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位的步骤包括：

依据所述参考击中点的位置，所有探测器模块的安装位置，每个探测器模块接收到的信号总幅度以及预设定的信号幅度阈值确定所述从探测器模块；

通过所述预设定的算法，用所述击中探测器模块以及所述从探测器模块各自产生的信号对击中点重新定位。

3.如权利要求2所述的射线在闪烁晶体中的击中点定位方法，其特征在于，所述依据所述参考击中点的位置，所有探测器模块的安装位置，每个探测器模块接收到的信号总幅度以及预设定的信号幅度阈值确定所述从探测器模块的步

骤包括：

依据所述所有探测器模块的安装位置确定靠近所述参考击中点的位置的相邻探测器模块；

依次将所述相邻探测器模块中的每个探测器模块的信号总幅度与预设定的信号幅度阈值进行比较，将大于所述预设定的信号幅度阈值的探测器模块确定为从探测器模块。

4. 如权利要求 1 所述的射线在闪烁晶体中的击中点定位方法，其特征在于，所述依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块的步骤包括：

将每个所述探测器模块接收到的信号总幅度与预设定的幅度范围进行比较，并将信号总幅度落在所述预设定的幅度范围内的探测器模块作为击中探测器。

5. 如权利要求 1 所述的射线在闪烁晶体中的击中点定位方法，其特征在于，所述边缘区域指在水平面内，闪烁晶体中距离其边界小于阈值的区域，所述水平面与光探测器的法线垂直，所述内部区域为所述闪烁晶体中除所述边缘区域以外的区域。

6. 如权利要求 1 所述的射线在闪烁晶体中的击中点定位方法，其特征在于，所述探测器模块还包括光探测器，所述光探测器的读出单元数目大于或等于 1 个，且每个读出单元均可独立输出信号。

7. 一种用于确定击中点位置的电子系统，应用于核技术成像系统，其特征在于，所述核技术成像系统包括多个探测器模块，每个所述探测器模块均包括闪烁晶体，所述用于确定击中点位置的电子系统包括：

击中探测器模块确定单元，用于依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块；

位置计算单元，用于依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置；

击中点确定单元，用于当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的内部区域时，将所述参考击中点的位置作为击中点的位置；

击中点确定单元还用于当所述参考击中点的位置位于所述击中探测器模块的边缘区域时，利用击中探测器模块以及每个从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位。

8．如权利要求 7 所述的用于确定击中点位置的电子系统，其特征在于，所述击中点确定单元包括：

从探测器模块确定模块，用于当所述参考击中点的位置在预设定的边缘位置时，依据所述参考击中点的位置，所有探测器模块的安装位置，每个探测器模块接收到的信号总幅度以及预设定的信号幅度阈值确定所述从探测器模块；

击中点确定模块，用于通过所述预设定的算法，利用所述击中探测器模块以及每个所述从探测器模块各自产生的信号，对击中点重新定位。

9．如权利要求 8 所述的用于确定击中点位置的电子系统，其特征在于，所述从探测器模块确定模块用于依据所述所有探测器模块的安装位置确定靠近所述参考击中点的位置的相邻探测器模块，并依次将所述相邻探测器模块中的每个探测器模块的信号总幅度与预设定的信号幅度阈值进行比较，将大于所述预设定的信号幅度阈值的探测器模块确定为从探测器模块。

10.一种可读写存储介质，其上存储有运行程序，其特征在于，该运行程序被处理器执行时实现如权利要求 1-6 任一项所述的方法。

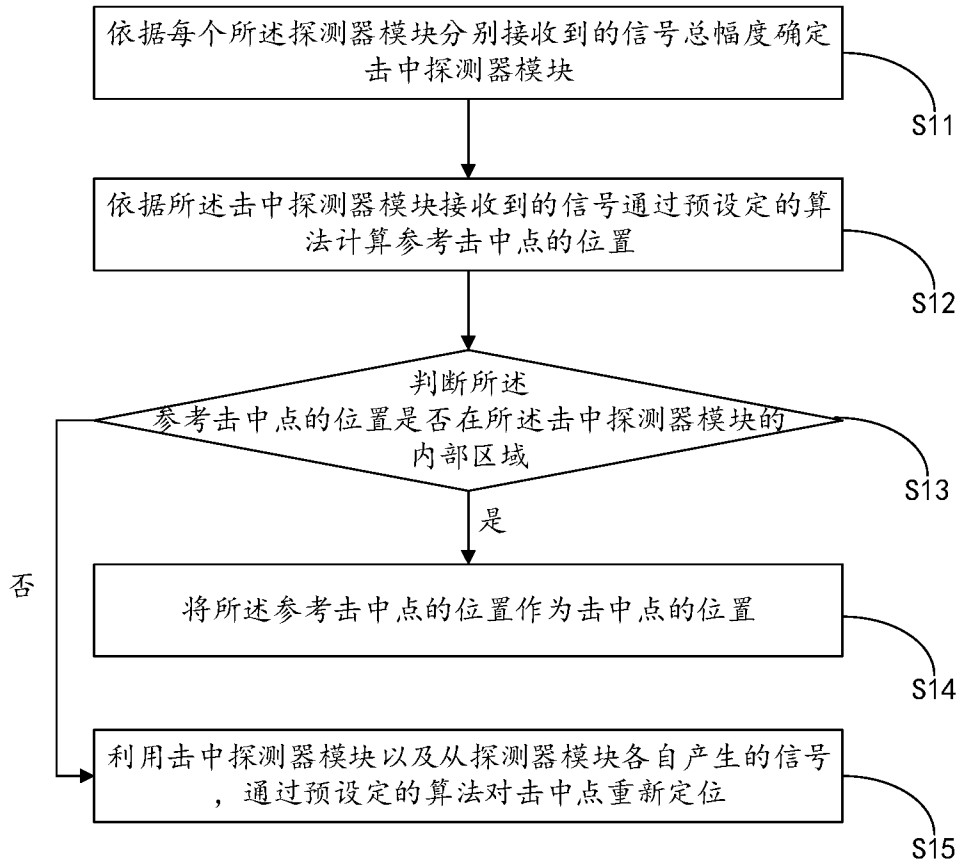

依据每个所述探测器模块分别接收到的信号总幅度确定击中探测器模块
S11
依据所述击中探测器模块接收到的信号通过预设定的算法计算参考击中点的位置
S12
判断所述参考击中点的位置是否在所述击中探测器模块的内部区域
S13
是
否
将所述参考击中点的位置作为击中点的位置
S14
利用击中探测器模块以及从探测器模块各自产生的信号，通过预设定的算法对击中点重新定位
S15

图 1

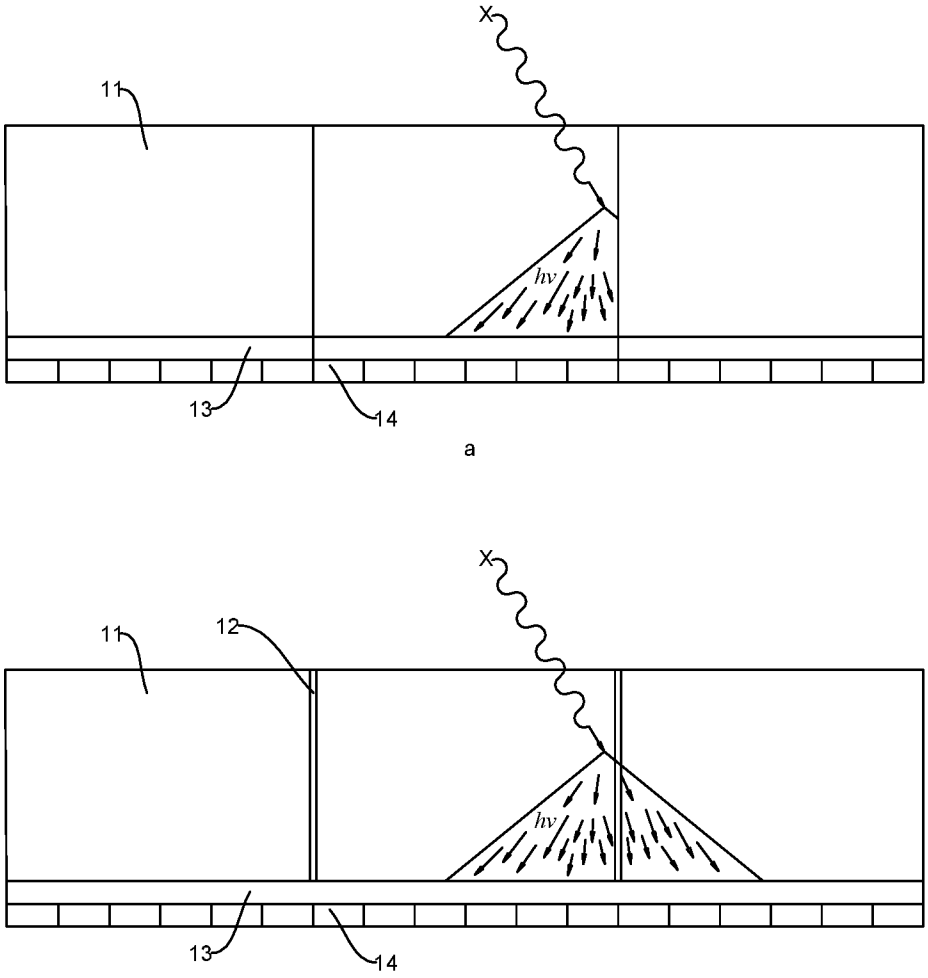

X
11
hv
13
14
a
X
11
12
hv
13
14
b

图 2

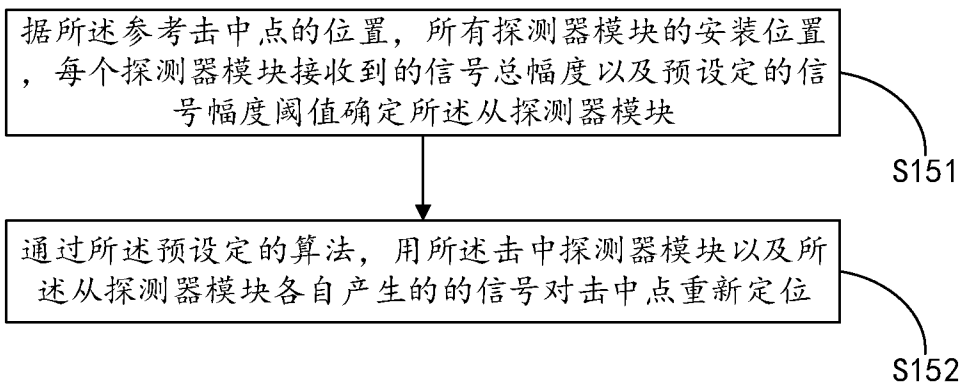

据所述参考击中点的位置，所有探测器模块的安装位置，每个探测器模块接收到的信号总幅度以及预设定的信号幅度阈值确定所述从探测器模块
S151
通过所述预设定的算法，用所述击中探测器模块以及所述从探测器模块各自产生的的信号对击中点重新定位
S152

图 3

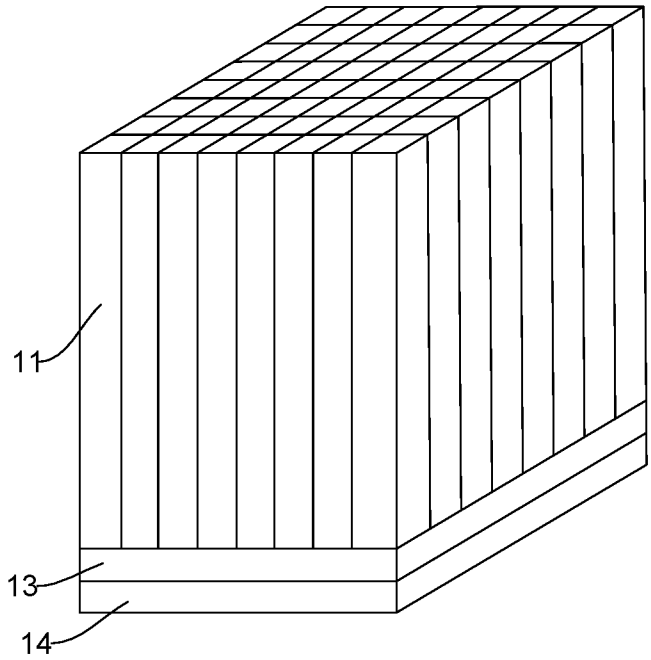


图 4

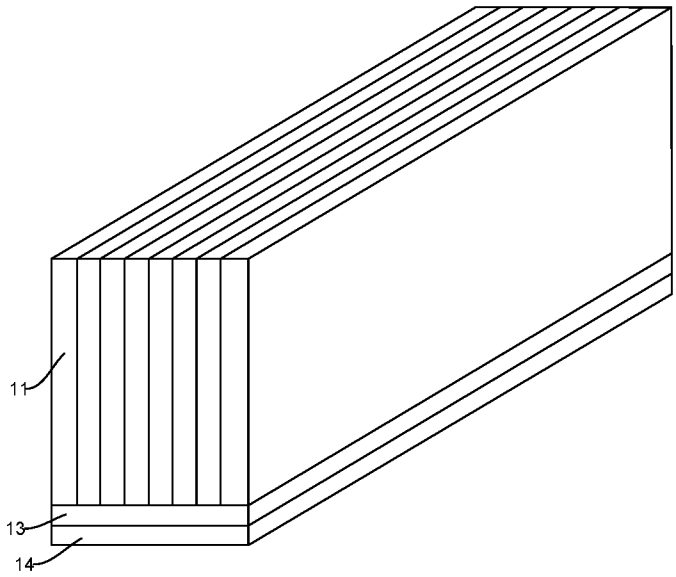


图 5

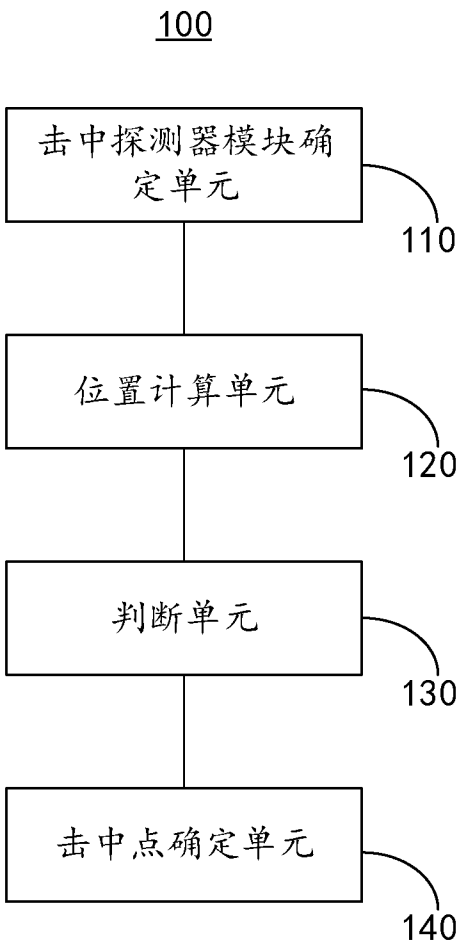

100
击中探测器模块确定单元
110
位置计算单元
120
判断单元
130
击中点确定单元
140

图 6

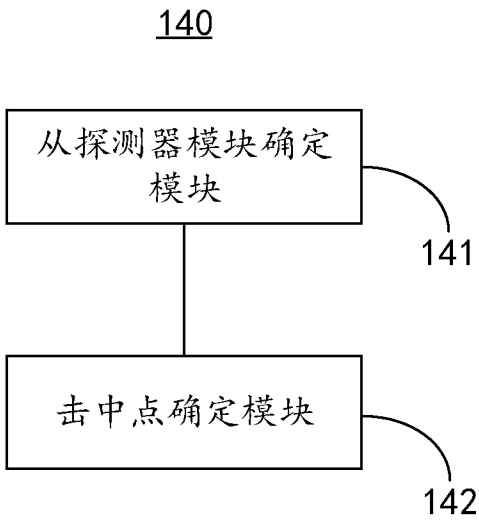

140
从探测器模块确定模块
141
击中点确定模块
142

图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/122005

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T 1/29(2006.01)i; A61B 6/03(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)

G01T1/-; A61B6/-

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, VEN, GOOGLE: 正电子发射断层, 伽马, 闪烁体, 闪烁晶体, 位置, 定位, 边缘, 边界, 校正, positron emission tomography, PET, gamma, γ, scintilla+, position+, locat+, margin, edge, correct+, calibrat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109521459 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 26 March 2019 (2019-03-26) claims 1-10, description, paragraphs 0011-0022 and 0038-0087, and figures 1-7	1-10
Y	CN 106556857 A (WUHAN ZHONGPAI TECHNOLOGY CO., LTD.) 05 April 2017 (2017-04-05) description, paragraphs 0032-0091, and figures 2-7	1-10
Y	CN 107110981 A (PETSYS ELECTRONICS, MEDICAL PET DETECTORS, SA) 29 August 2017 (2017-08-29) description, paragraphs 0007-0011	1-10
A	CN 104508513 A (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 08 April 2015 (2015-04-08) entire document	1-10
A	CN 101839991 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 22 September 2010 (2010-09-22) entire document	1-10
A	CN 104932000 A (NEUSOFT MEDICAL SYSTEMS CO., LTD.) 23 September 2015 (2015-09-23) entire document	1-10

☑ 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	Date of mailing of the international search report
11 February 2020	**27 February 2020**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088** **China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102141632 A (TOSHIBA CORPORATION; TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS CORPORATION) 03 August 2011 (2011-08-03) entire document	1-10
A	CN 104035122 A (NEUSOFT MEDICAL SYSTEMS CO., LTD.) 10 September 2014 (2014-09-10) entire document	1-10
A	CN 107250844 A (UNIVERSITY OF EDINBURGH REGENTS) 13 October 2017 (2017-10-13) entire document	1-10
A	US 2018196144 A1 (CANON MEDICAL SYSTEMS CORP.) 12 July 2018 (2018-07-12) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/122005

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109521459	A	26 March 2019	None			
CN	106556857	A	05 April 2017	WO	2018072722	A1	26 April 2018
				CN	106556857	B	02 April 2019
CN	107110981	A	29 August 2017	JP	2017538132	A	21 December 2017
				WO	2016062799	A1	28 April 2016
				US	10203419	B2	12 February 2019
				US	2017336519	A1	23 November 2017
				EP	3210042	A1	30 August 2017
CN	104508513	A	08 April 2015	WO	2014020471	A3	10 April 2014
				US	2015192685	A1	09 July 2015
				WO	2014020471	A2	06 February 2014
				CN	104508513	B	29 August 2017
				US	9753153	B2	05 September 2017
				EP	2880464	A2	10 June 2015
CN	101839991	A	22 September 2010	CN	101839991	B	12 June 2013
CN	104932000	A	23 September 2015	CN	104932000	B	28 November 2017
CN	102141632	A	03 August 2011	US	8080780	B2	20 December 2011
				US	2011155898	A1	30 June 2011
				JP	2011137821	A	14 July 2011
				JP	5718633	B2	13 May 2015
				CN	102141632	B	18 June 2014
CN	104035122	A	10 September 2014	None			
CN	107250844	A	13 October 2017	US	9989658	B2	05 June 2018
				EP	3230768	A1	18 October 2017
				US	2017276809	A1	28 September 2017
				WO	2016092314	A1	16 June 2016
				JP	2018506021	A	01 March 2018
US	2018196144	A1	12 July 2018	JP	2018112455	A	19 July 2018
				US	10359519	B2	23 July 2019

国际检索报告

国际申请号 PCT/CN2019/122005

A. 主题的分类

G01T 1/29(2006.01)i; A61B 6/03(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)

G01T1/-; A61B6/-

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,VEN,GOOGLE:正电子发射断层，伽马，闪烁体，闪烁晶体，位置，定位，边缘，边界，校正，positron emission tomography, PET, gamma, γ,scintilla+, position+, locat+, margin, edge, correct+, calibrat+

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
PX	CN 109521459 A (深圳先进技术研究院) 2019年 3月 26日 (2019-03-26) 权利要求1-10，说明书0011-0022、0038-0087段，图1-7	1-10
Y	CN 106556857 A (武汉中派科技有限责任公司) 2017年 4月 5日 (2017-04-05) 说明书0032-0091段，图2-7	1-10
Y	CN 107110981 A (派西斯电子医疗PET探测仪股份公司) 2017年 8月 29日 (2017-08-29) 说明书0007-0011段	1-10
A	CN 104508513 A (皇家飞利浦有限公司) 2015年 4月 8日 (2015-04-08) 全文	1-10
A	CN 101839991 A (清华大学) 2010年 9月 22日 (2010-09-22) 全文	1-10
A	CN 104932000 A (沈阳东软医疗系统有限公司) 2015年 9月 23日 (2015-09-23) 全文	1-10
A	CN 102141632 A (株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社) 2011年 8月 3日 (2011-08-03) 全文	1-10

☑ 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（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	国际检索报告邮寄日期
2020年 2月 11日	2020年 2月 27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 周宏卉 电话号码 86-(010)-62089913

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/122005

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
A	CN 104035122 A (沈阳东软医疗系统有限公司) 2014年 9月 10日 (2014 - 09 - 10) 全文	1-10
A	CN 107250844 A (爱丁堡大学董事会) 2017年 10月 13日 (2017 - 10 - 13) 全文	1-10
A	US 2018196144 A1 (CANON MEDICAL SYSTEMS CORP) 2018年 7月 12日 (2018 - 07 - 12) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/122005

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	109521459	A	2019年 3月 26日	无			
CN	106556857	A	2017年 4月 5日	WO	2018072722	A1	2018年 4月 26日
				CN	106556857	B	2019年 4月 2日
CN	107110981	A	2017年 8月 29日	JP	2017538132	A	2017年 12月 21日
				WO	2016062799	A1	2016年 4月 28日
				US	10203419	B2	2019年 2月 12日
				US	2017336519	A1	2017年 11月 23日
				EP	3210042	A1	2017年 8月 30日
CN	104508513	A	2015年 4月 8日	WO	2014020471	A3	2014年 4月 10日
				US	2015192685	A1	2015年 7月 9日
				WO	2014020471	A2	2014年 2月 6日
				CN	104508513	B	2017年 8月 29日
				US	9753153	B2	2017年 9月 5日
				EP	2880464	A2	2015年 6月 10日
CN	101839991	A	2010年 9月 22日	CN	101839991	B	2013年 6月 12日
CN	104932000	A	2015年 9月 23日	CN	104932000	B	2017年 11月 28日
CN	102141632	A	2011年 8月 3日	US	8080780	B2	2011年 12月 20日
				US	2011155898	A1	2011年 6月 30日
				JP	2011137821	A	2011年 7月 14日
				JP	5718633	B2	2015年 5月 13日
				CN	102141632	B	2014年 6月 18日
CN	104035122	A	2014年 9月 10日	无			
CN	107250844	A	2017年 10月 13日	US	9989658	B2	2018年 6月 5日
				EP	3230768	A1	2017年 10月 18日
				US	2017276809	A1	2017年 9月 28日
				WO	2016092314	A1	2016年 6月 16日
				JP	2018506021	A	2018年 3月 1日
US	2018196144	A1	2018年 7月 12日	JP	2018112455	A	2018年 7月 19日
				US	10359519	B2	2019年 7月 23日