

# (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  
2011年12月22日 (22.12.2011)

PCT

(10) 国际公布号  
WO 2011/157045 A1

- (51) 国际专利分类号: *A61B 6/02* (2006.01) *G01T 1/161* (2006.01) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/000006
- (22) 国际申请日: 2011年1月4日 (04.01.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权: 201010200478.0 2010年6月13日 (13.06.2010) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 苏州瑞派宁科技有限公司 (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. (SU ZHOU)) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市高新区培源路 2 号微系统园 M2-101, Jiangsu 215163 (CN)。 华中科技大学 (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 谢庆国 (XIE, Qingguo) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 刘晶晶 (LIU, Jingjing)
- (74) 代理人: 南京众联专利代理有限公司 (NANJING ZHONGLIAN PATENT AGENCY CO., LTD); 中国江苏省南京市中山北路 49 号江苏机械大厦, Jiangsu 210008 (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, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,

[见续页]

(54) Title: POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY METHOD AND DEVICE WITH APPLICATION ADAPTABILITY

(54) 发明名称: 一种应用适应性的正电子发射断层成像方法及装置

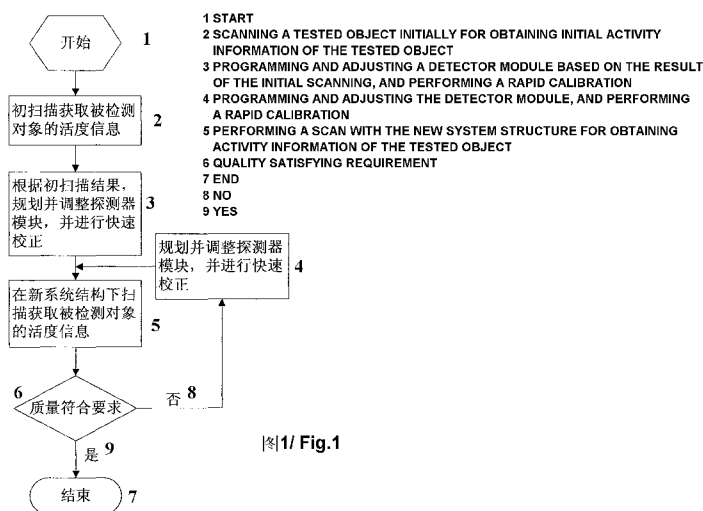


图1/ Fig.1

(57) Abstract: A positron emission tomography method and a device with application adaptability. The method includes: 1. scanning a tested object initially for obtaining initial activity information of the tested object; 2. programming and adjusting a detector module based on the result of the initial scan so as to obtain a new system structure, and rapidly calibrating the new system structure; 3. performing a scan with the new system structure for obtaining activity information of the tested object; 4. analyzing the activity information of the tested object obtained at step 3. If quality of the activity information can satisfy requirements of the application, the scan is finished; otherwise programming and adjusting the detector module is repeated, rapid calibration is performed, and the activity information of the tested object is obtained again with the new system structure until the activity information satisfies requirements of the application. The device includes a detector module (1), a detector control module (2), an image reconstruction module (3) and a detector programming module (4).

[见续页]



WO 2011/157045 A1



---

PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, **本国际公布:**  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。  
TG)。

---

**(57) 摘要:**

一种应用适应性的正电子发射断层成像方法及装置。所述方法包括: 1.初扫描被检测对象, 获得被检测对象的初步的活度信息; 2.根据初扫描结果, 规划并调整探测器模块, 获得新的系统结构, 并对新系统结构进行快速校正; 3.在新的系统结构下进行扫描, 获取被检测对象的活度信息; 4.分析步骤 3 所获得的被检测对象的活度信息; 若其活度信息质量应用需求, 则结束扫描, 否则, 重新规划并调整探测器模块, 并进行快速校正, 在新结构下重新获得被检测对象的活度信息直至其满足应用需求。所述装置包括探测器模块(1), 探测器控制模块(2), 图像重建模块(3)和探测器规划模块(4)。

## 一种应用适应性的正电子发射断层成像方法及装置

### 技术领域

本发明涉及一种应用适应性的正电子发射断层成像方法及装置，属于正电子发射断层成像（Positron Emission Tomography，以下简称 PET）领域。

### 背景技术

正电子发射断层成像（Positron Emission Tomography，以下简称 PET）是一种非侵入性的造影方法，能无创、定量、动态地评估人体内各种器官的代谢水平、生化反应、功能活动和灌注，能够对肿瘤、心脏系统疾病和神经系统疾病进行早期诊断和分析，在重大疾病的预防和治疗中具有独特的应用价值。PET 成像需要对被检测人体、动物或生物体注射标记有放射性同位素的药物。这些放射性同位素在被检测对象的组织中遇到电子湮灭产生一对  $\gamma$  光子。被检测对象外围的探测器接收  $\gamma$  光子并将其转化为电信号。这些电信号经过一系列的处理，最后通过图像重建方法获得被检测对象的活度分布图像。[Miles N. Wernick, John N. Aarsvold, Emission Tomography: The Fundamentals of PET and SPECT, Elsevier Academic Press, 2004]

PET 成像仪主要包括探测器模块、电子学模块、图像重建模块。其中，探测器模块接收并沉积  $\gamma$  光子，并将其转换为电信号；电子学模块处理并传输这些电信号；图像重建模块对系统所获得的信号进行处理，获得被检测对象的活度分布图像。PET 系统搭建完毕后，探测器模块在检测过程中固定不动，或以固定模式围绕固定中心进行旋转 [Michael E. Phelps, PET Physics, Instrumentation, and Scanners, Springer, 2006]。并且，对待同一个检测对象，一般进行一次检测，或进行多次不相关检测，未根据具体检测对象的特点调整探测器模块的布局 and 性能。

目前，小动物 PET 在空间分辨率、时间分辨率、能量分辨率、灵敏度、计数率等方面获得了相比针对人体的 PET（以下简称“人体 PET”，若无特殊说明，“PET”亦指“人体 PET”）更高的性能。其主要原因在于，由于容积效应影响，小动物 PET 若要获得与人体 PET 同等的成像性能，需要研发更优性

能的探测器模块设计方案。若人体 PET 采用小动物 PET 的探测器模块设计方案，则人体 PET 与小动物 PET 系统的闪烁晶体成本与两者探测环的半径的平方呈正比。取人体 PET 在垂直轴向的可视域 (Field of View, 以下简称 FOV) 为 60cm、小动物 PET 在垂直轴向的 FOV 为 12cm、人体 PET 和小动物 PET 轴向 FOV 相同，则，人体 PET 的闪烁晶体的成本至少是小动物 PET 的 25 倍。

以空间分辨率这一性能为例作为说明人体 PET 和小动物 PET 的差异性。空间分辨率是 PET 成像仪中最重要的性能之一。空间分辨率越高，意味着能够检测到更小的病灶，而早期癌症的病发灶往往尺寸较小，因而，高的空间分辨率的 PET 仪器能够提高早期癌症检测率。过去，许多研究者一直致力于提高 PET 系统的空间分辨率。PET 成像仪的空间分辨率主要受探测器固有空间分辨率、正子范围、 $\gamma$  光子非共线性等限制[Craig S Levin, Edward J Hoffman, "Calculation of positron range and its effect on the fundamental limit of positron emission tomography system spatial resolution," *Physics in Medicine and Biology*, vol. 44, pp. 781-799, 1999]。目前，人体 PET 成像仪的空间分辨率约为 2mm~10mm 半高宽(Full Width at Half Maximum, 以下简称 FWHM)，垂直轴向的 FOV 约为 50~70cm，其闪烁晶体在切向一般约为 4mm~8mm 宽[F Lamare, A Turzo, Y Bizais, C Cheze Le Rest, D Visvikis, "Validation of a Monte Carlo simulation of the Philips Allegro/GEMINI PET systems using GATE," *Physics in Medicine and Biology*, vol. 51, pp. 943-962, 2006][Brad J. Kemp, Chang Kim, John J. Williams, Alexander Ganin, Val J. Lowe, "NEMA NU 2-2001 performance measurements of an LYSO-based PET/CT system in 2D and 3D acquisition modes," *Journal of Nuclear Medicine*, vol. 47, pp. 1960-1967, 2006]; 用于小动物的 PET 成像仪的空间分辨率约为 1mm~2mm FWHM，垂直轴向的 FOV 约为 10cm~15mm，其闪烁晶体在切向一般约为 1mm~2mm 宽[Laforest Richard, Longford Desmond, Siegel Stefan, Newport Danny F., Yap Jeffrey, "Performance evaluation of the microPET-Focus-F120," in *IEEE 2004 Nuclear Science Symposium Conference Record*, vol. 5, pp. 2965-2969, 2004][Cristian C Constantinescu, Jogeshwar Mukherjee, "Performance

evaluation of an Inveon PET preclinical scanner,” Physics in Medicine and Biology, vol. 54, pp. 2885-2899, 2009]。为了获得和小动物 PET 成像仪一样或更高的空间分辨率，并保持大 FOV 的 PET 成像仪，则需要采用大量的切割得更细的晶体，其增长倍数与两者探测环的半径的平方呈正比。随着晶体数量的增加，将导致需要更多、更快的光电倍增器件和大量的后端电子学通道，从而造成整个 PET 系统的成本急剧增加。

## 发明内容

本发明的目的在于提供一种应用适应性的正电子发射断层成像方法及装置，该成像方法能够以较低的系统成本实现较高的系统性能，相应的成像装置不增加系统成本，仅仅通过成像方法的改变，就将系统性能提高了几倍到几十倍，在被检测对象的感兴趣区域获取高质量图像。

本发明提供了一种应用适应性的正电子发射断层成像方法步骤如下：

- I、初扫描，获得被检测对象的初步的活度信息；
- II、根据步骤 I 获取的初扫描结果，规划探测器模块的性能、布局和成像参数，并调整探测器模块，获得新的系统结构，并对新的系统结构进行快速校正；
- III、在新的系统结构下扫描，获取被检测对象的活度信息；
- IV、分析步骤 III 获得的被检测对象的活度信息，若其质量能满足应用需求，则，结束扫描；否则，重新规划探测器模块的性能、布局和成像参数，并调整探测器模块，并进行快速校正，重复步骤 III-IV。

上述步骤 II 的具体方法如下：

- a、根据初扫描获取的被检测对象的活度信息，提取感兴趣区域的位置和大小；
- b、根据感兴趣区域的位置和大小，结合被检测对象的特性，及成像性能需求，规划探测器模块的性能、布局和成像参数；
- c、根据规划的结果调整探测器模块，获取新的系统结构；
- d、对新的系统结构进行快速校正。

本发明提供的一种应用适应性的正电子发射断层成像装置，包括探测器模块、探测器控制模块、图像重建模块和探测器规划模块；探测器模块的输出端与探测器控制模块相连，探测器控制模块的输出端分别与探测器模块和图像重建模块相连，图像重建模块的输出端与探测器规划模块相连，探测器规划模块的输出端与探测器控制模块相连；

具体的：探测器模块用于接收并沉积  $\gamma$  光子，包含多个独立的探测器模组，每个探测器模组具有独立的电子学系统；并将探测器模组的信息传递至探测器控制模块；所述探测器模组的信息包括探测器模组的性能、布局、成像参数、探测获得的事件信息；探测器控制模块用于根据从探测器规划模块接收的规划的探测器模组的性能、布局和成像参数控制探测器模组，并传递探测器模组的信息至图像重建模块；图像重建模块用于对从探测器控制模块获取的探测器模组信息进行处理；探测器规划模块用于规划探测器模组的性能、布局和成像参数，并将规划的结果传递至探测器控制模块。

本发明提供的一种应用适应性的正电子发射断层成像装置的第二种结构方式，包括探测器模块、探测器控制模块、图像重建模块和探测器规划模块；探测器模块的输出端分别与探测器控制模块、图像重建模块相连，探测器控制模块的输出端分别与探测器模块和图像重建模块相连，图像重建模块的输出端与探测器规划模块相连，探测器规划模块的输出端与探测器控制模块相连；

具体的：探测器模块用于接收并沉积  $\gamma$  光子，包含多个独立的探测器模组，每个探测器模组具有独立的电子学系统；并将探测器模组的性能、布局 and 成像参数传递至探测器控制模块，将探测获得的事件信息传递至图像重建模块；探测器控制模块用于根据从探测器规划模块接收的规划的探测器模组的性能、布局 and 成像参数控制探测器模组，并传递探测器模组的性能、布局 and 成像参数至图像重建模块；图像重建模块用于对从探测器模块和探测器控制模块获取的探测器模组的性能、布局、成像参数和探测获得的事件信息进行处理；探测器规划模块用于规划探测器模组的性能、布局 and 成像参数，并将规划的结果传递至探测器控制模块。

本发明提供的一种应用适应性的正电子发射断层成像装置的第三种结

构方式，包括探测器模块、探测器控制模块、图像重建模块和探测器规划模块；探测器模块的输出端与图像重建模块相连，探测器控制模块的输出端与探测器模块相连，图像重建模块的输出端与探测器规划模块相连，探测器规划模块的输出端与探测器控制模块相连；

具体的：探测器模块用于接收并沉积  $\gamma$  光子，包含多个独立的探测器模组，每个探测器模组具有独立的电子学系统；并将探测器模组的信息传递至图像重建模块；所述探测器模组的信息包括探测器模组的性能、布局、成像参数、探测获得的事件信息；探测器控制模块用于根据从探测器规划模块接收的规划的探测器模组的性能、布局和成像参数控制探测器模组，并传递探测器模组的性能、布局和成像参数至探测器模块；图像重建模块用于对从探测器模块获取的探测器模组信息进行处理；探测器规划模块用于规划探测器模组的性能、布局和成像参数。

本发明的优点在于：通过利用一定数量的高性能探测器模块组成的探测系统，在被检测对象的感兴趣区域获得与完全采用高性能的探测器模块的系统一致或能够相比的图像质量，节约系统建造成本。

## 附图说明

图 1 为本发明应用适应性的正电子发射断层成像方法的工作流程图；

图 2 为本发明应用适应性的正电子发射断层成像装置的结构示意图；

图 3 为本发明模拟的被检测对象；

图 4 为本发明实例的系统探测器模块的布局图。

图中：1、探测器模块；2、探测器控制模块；3、图像重建模块；4、探测器规划模块。

## 具体实施方式

下面结合附图和实例对本发明作进一步的详细说明。

如图 1 所示，本发明应用适应性的正电子发射断层成像方法为：

(1) 初扫描，获得被检测对象的初步的活度信息；

根据被检测对象的结构特点、成像特点和成像性能需求，基于成像系统中探测器模块的性能和几何尺寸，规划探测器模块以环绕方式布局包围被检测对象，可以采用具有规则的几何形状的探测环，如圆形、椭圆形等；或者采用非规则的凸集形状；或者根据被检测对象的结构特点，采用类似被检测对象的几何形状的探测环，如针对乳腺扫描时采用类乳腺形状。包围被检测对象的探测环上的各个探测器模块可以具有不同的性能和成像参数。

获取检测对象的活度信息时可以通过 CT, 或棒源, 或图谱进行衰减校正。[Paul E. Kinahan, Bruce H. Hasegawa, Thomas Beyer, "X-ray-based attenuation correction for positron emission tomography/computed tomography scanners," *Seminars in Nuclear Medicine*, vol. 33, pp. 166-179, 2003]

图像重建时，可以采用解析的或迭代的重建方法，包括 FBP (Filtered Back Projection)、MLEM (Maximum Likelihood Expectation Maximization)、OSEM (Ordered Subset Expectation Maximum)、MAP (Maximum a Posteriori) 等方法。[Andrew J. Reader, Habib Zaidi, "Advances in PET Image Reconstruction," *Clin.*, pp. 173-190, 2007]

(2) 根据步骤 (1) 获取的初扫描结果，规划探测器模块的性能、布局和成像参数，并调整探测器模块，获得新的系统结构，并对新的系统结构进行快速校正；其具体实现步骤为：

(2.1) 根据初扫描获取的被检测对象的活度信息，提取感兴趣区域的位置和大小。可以采用人工、半自动或全自动的方法提取感兴趣区域的位置和大小。

[Dewalle-Vignion AS, EI Abiad A, Betrouni N, Hossein-Foucher C, Huglo D, Vermandel M, "Thresholding methods for PET imaging: A review," *Medicine Nucleaire*, vol. 34, no. 2, pp. 119-131, 2010]

(2.2) 根据感兴趣区域的位置和大小，结合被检测对象的特性，及成像性能需求，规划探测器模块的性能、布局和成像参数。探测器模块的性能包括固有空间分辨率、时间分辨率、能量分辨率、灵敏度和计数率；成像参数包括探测器参数、电子学参数和图像重建参数。包围被检测对象的探测环



上的各个探测器模块可以具有不同的性能和成像参数。

规划布局时，根据感兴趣区域的位置和大小、被检测对象的结构特点和成像特点、成像性能需求，基于成像系统中探测器模块的性能和几何尺寸，规划探测器模块以环绕方式布局包围被检测对象，可以采用具有规则的几何形状的探测环，如圆形、椭圆形；也可以采用非规则的凸集形状；也可以根据被检测对象的结构特点，采用类似被检测对象的几何形状的探测环，如针对乳腺扫描时采用类乳腺形状。

#### (i) 探测器模块的布局

探测器模块可以在横断层面上组成一个探测环包围被检测对象，可以以平板模式进行组合布局。平板模式指有两个或两个以上的探测器模块的探测面在同一平面上，且相邻两个探测器模块的探测面的某条边重合。其布局方式可以有以下几种：

(2.2.1) 探测器模块在探测环上等间隔地分布。探测环的大小可以根据被检测对象、检测部位和感兴趣区域的位置和大小进行调整。

(2.2.2) 探测器模块以部分聚集的方式分布在探测环上，可以有单个或多个聚集的探测器模块。

(2.2.2.1) 单个聚集的探测器模块分布可以以如下方式进行布局：

①所有的探测器模块聚集在靠近感兴趣区域的位置。

②部分探测器模块聚集在靠近感兴趣区域的位置，剩余部分探测器模块可以等间隔地分布在剩余探测环上。

(2.2.2.2) 多个聚集的探测器模块可以采用多种对称的方式分布在探测环上，其中，对称的聚集的探测器模块之间的探测器模块个数可以不同，对称时，以聚集的探测器模块在横断面上的中心作为参考点。对称方式包括：

①关于某一中心对称。

②关于某一穿过某中心的直线对称。其对称轴可以为：

(a) 某个聚集的或非聚集的探测器模块的参考点与该中心组成的直线；

(b) 某两个中心组成的直线。

其中，该中心为探测环的中心，或者感兴趣区域的中心，或者感兴趣区域中某一局部区域的中心，或者检测对象的中心。该中心可以是几何中心或

者重心。

③关于两个聚集的，或两个非聚集的，或一个聚集一个非聚集的探测器模块的参考点的连线对称。

(ii) 探测器参数。包括探测模块供电电压、位置谱校正参数、归一化校正参数、光电倍增管增益校正参数等。

(iii) 电子学参数。包括电压阈值、时间窗、能量窗、死时间校正参数、基线校正参数、全局时钟校正参数等。

(iv) 图像重建参数。包括系统响应矩阵、事件信息筛选判据等。

(2.3) 根据规划的结果调整探测器模块，获取新的系统结构；

(2.4) 对新的系统结构进行快速校正（本发明中并不区分校正和校准，统一称为“校正”）。从图像和系统的层面上进行的补偿和优化，包括归一化校正、死时间校正、随机符合校正、散射校正等；从探测器和电子学的层面进行的补偿和优化，包括光电倍增管增益校准、位置校准、能量校准、时间校准、基线漂移校准、全局时钟校准等。

(3) 在新的系统结构下扫描，获取被检测对象的活度信息；

在获取检测对象的活度信息时可以应用步骤（1）获取的初扫描的活度信息作为先验信息，或应用前一次或某一次系统结构时获取的活度信息作为先验信息，或同时结合应用多次系统结构时获取的活度信息作为先验信息，然后利用该先验信息进行新布局下的图像重建。

衰减校正方法和图像重建方法参见步骤（1）。

(4) 分析步骤（3）获得的被检测对象的活度信息，若其质量能满足应用需求，则，结束扫描；否则，重新规划探测器模块的性能、布局和成像参数，并调整探测器模块，并进行快速校正，重复步骤（3）-（4）。

在重新规划探测器模块参数时，可以利用步骤（1）获得的初扫描结果，也可以利用一次或多次步骤（3）获得的扫描结果，也可以同时利用步骤（1）和一次或多次步骤（3）获得的扫描结果。

分析的质量参数包括空间分辨率、灵敏度、信噪比、对比度等，和（或）用户自行定义的衡量标准。[National Electrical Manufacturers Association, NEMA Standards Publication NU 2-2007, Performance

Measurements of Small Animal Positron Emission Tomographs, 2007]

规划方法、调整探测器模块参数和快速校正参见步骤(2)。

如图2所示,本发明应用适应性的正电子发射断层成像装置,包括探测器模块1、探测器控制模块2、图像重建模块3和探测器规划模块4四部分。共有三种结构方式:

第一种结构方式,如图2(a)所示:探测器模块1的输出端与探测器控制模块2相连,探测器控制模块2的输出端分别与探测器模块1和图像重建模块3相连,图像重建模块3的输出端与探测器规划模块4相连,探测器规划模块4的输出端与探测器控制模块2相连;

(一)探测器模块1用于接收并沉积 $\gamma$ 光子,包含多个独立的探测器模组,每个探测器模组具有独立的电子学系统,具有多自由度运动能力;并将探测器模组的信息传递至探测器控制模块2;所述探测器模组的信息包括探测器模组的性能、布局、成像参数、探测获得的事件信息;

(二)探测器控制模块2用于根据从探测器规划模块4接收的规划的探测器模组的性能、布局和成像参数控制探测器模组,并传递探测器模组的信息至图像重建模块3;

(三)图像重建模块3用于对从探测器控制模块2获取的探测器模组信息进行处理,获得被检测对象的活度信息;

(四)探测器规划模块4用于规划探测器模组的性能、布局和成像参数,并将规划的结果传递至探测器控制模块2。

第二种结构方式,如图2(b)所示:探测器模块1的输出端分别与探测器控制模块2、图像重建模块3相连,探测器控制模块2的输出端分别与探测器模块1和图像重建模块3相连,图像重建模块3的输出端与探测器规划模块4相连,探测器规划模块4的输出端与探测器控制模块2相连;

(一)探测器模块1用于接收并沉积 $\gamma$ 光子,包含多个独立的探测器模组,每个探测器模组具有独立的电子学系统,具有多自由度运动能力;并将探测器模组的性能、布局和成像参数传递至探测器控制模块2,将探测获得的事件信息传递至图像重建模块3;

(二) 探测器控制模块 2 用于根据从探测器规划模块 4 接收的规划的探测器模組的性能、布局 and 成像参数控制探测器模組，并传递探测器模組的性能、布局 and 成像参数至图像重建模块 3；

(三) 图像重建模块 3 用于对从探测器模块 1 和探测器控制模块 4 获取的探测器模組的性能、布局、成像参数和探测获得的事件信息进行处理，获得被检测对象的活度信息；

(四) 探测器规划模块 4 用于规划探测器模組的性能、布局 and 成像参数，并将规划的结果传递至探测器控制模块 2。

第三种结构方式，如图 2 (c) 所示：探测器模块 1 的输出端与图像重建模块 3 相连，探测器控制模块 2 的输出端与探测器模块 1 相连，图像重建模块 3 的输出端与探测器规划模块 4 相连，探测器规划模块 4 的输出端与探测器控制模块 2 相连；

(一) 探测器模块 1 用于接收并沉积  $\gamma$  光子，包含多个独立的探测器模組，每个探测器模組具有独立的电子学系统，具有多自由度运动能力；并将探测器模組的信息传递至图像重建模块 3；所述探测器模組的信息包括探测器模組的性能、布局、成像参数、探测获得的事件信息；

(二) 探测器控制模块 2 用于根据从探测器规划模块 4 接收的规划的探测器模組的性能、布局 and 成像参数控制探测器模組，并传递探测器模組的性能、布局 and 成像参数至探测器模块 1；

(三) 图像重建模块 3 用于对从探测器模块 1 获取的探测器模組信息进行处理，获得被检测对象的活度信息；

(四) 探测器规划模块 4 用于规划探测器模組的性能、布局 and 成像参数，并将规划的结果传递至探测器控制模块 2。

实例：

下面以如图 3 所示的模拟的检测对象为例对本发明的实施作进一步说明。图 3 中，白色区域代表感兴趣区域，稍灰区域代表感兴趣区域所在器官/组织，最黑的区域代表被检测对象横断面上的其它器官/组织。

如图 4 所示为图 3 所示的模拟检测对象成像时系统探测器模块的布局图。

步骤 (1) 中, 初扫描时, 采用如图 4 (a) 所示的探测器模块等间隔分布在规则的圆形探测环上的布局进行检测。

图 4 (b) - (g) 为探测器规划模块规划的不同布局的系统结构, 分别为: (b) 改变探测系统半径, 探测器模块等间隔分布在圆形探测环上; (c) 改变探测系统半径, 探测器模块无间隔地分布在圆形探测环上; (d) 探测器模块全部聚集在靠近感兴趣区域的位置; (e) 部分探测器模块聚集在靠近感兴趣区域的位置, 其它探测器模块等间隔地分布在圆形探测环上; (f) 部分探测器模块间关于圆形探测环圆心呈对称放置, 图中左边 5 个聚集的模块与右边 3 个聚集的模块关于圆形探测环圆心呈对称关系, 上面两个紧靠的探测器模块与下面两个紧靠的探测器模块关于左边 5 个聚集的模块与感兴趣区域的连线对称, 亦关于左边 5 个聚集的模块与右边 3 个聚集的模块的参考点连线对称; (g) 部分探测器模块间关于圆形探测环圆心呈对称放置, 图中左边 5 个聚集的模块与右边 3 个聚集的模块关于圆形探测环圆心呈对称关系, 其它探测器模块等间隔地分布在圆形探测环上。

在本实例图中所示的每个探测器模块亦可以采用平板模式, 且每个探测器模块亦可以不一样大小。探测环亦可以采用其它规则形状的探测环, 或者采用非规则的凸集形状的探测环, 或者采用类被检测对象的几何形状的探测环。

以上所述为本发明的示范实例, 并不代表实际探测器规划模块的规划结果, 本发明也并不局限于该实例和附图所公开的内容。所以, 凡是不脱离本发明所公开的精神下完成的等效或修改, 都落入本发明保护的范围。

本发明公开了一种应用适应性的正电子发射断层成像方法及装置。本成像方法首先初扫描被检测对象, 获得初步的活度信息; 然后根据初扫描结果, 规划并调整探测器模块, 获得新的系统结构, 并对新系统结构进行快速校正; 再在新的系统结构下扫描, 获取被检测对象的活度信息, 若其质量满足应用需求, 则结束扫描, 否则, 重新规划并调整探测器模块, 并进行快速校正, 在新结构下重新获得被检测对象的活度信息直至其质量满足应用需求。本成

像装置包括探测器模块、探测器控制模块、图像重建模块和探测器规划模块。该成像方法能以较低的系统成本实现较高的系统性能，将系统性能提高了几倍到几十倍，节约系统建造成本，在被检测对象的感兴趣区域获取高质量图像。

## 权 利 要 求

1、一种应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述成像方法步骤如下：

I、初扫描，获得被检测对象的初步的活度信息；

II、根据步骤 I 获取的初扫描结果，规划探测器模块的性能、布局和成像参数，并调整探测器模块，获得新的系统结构，并对新的系统结构进行快速校正；

III、在新的系统结构下扫描，获取被检测对象的活度信息；

IV、分析步骤III获得的被检测对象的活度信息，若其质量能满足应用需求，则，结束扫描；否则，重新规划探测器模块的性能、布局和成像参数，并调整探测器模块，并进行快速校正，重复步骤III-IV。

2、根据权利要求 1 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述步骤 I 中的初步扫描方法为：根据被检测对象的结构特点、成像特点和成像性能需求，基于成像系统中探测器模块的性能和几何尺寸，规划探测器模块以环绕方式布局包围被检测对象。

3、根据权利要求 2 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述的环绕方式布局采用具有规则的几何形状的探测环；或者采用非规则的凸集形状；或者根据被检测对象的结构特点，采用类似被检测对象的几何形状的探测环。

4、根据权利要求 1 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述步骤 II 的具体方法如下：

a、根据初扫描获取的被检测对象的活度信息，提取感兴趣区域的位置和大小；

b、根据感兴趣区域的位置和大小，结合被检测对象的特性，及成像性能需求，规划探测器模块的性能、布局和成像参数；

c、根据规划的结果调整探测器模块，获取新的系统结构；

d、对新的系统结构进行快速校正。

5、根据权利要求 4 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述步骤 a 中的感兴趣区域的位置和大小的提取可以采用人工、半

自动或全自动的方法。

6、根据权利要求 4 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：在所述步骤 b 中探测器模块的性能包括固有空间分辨率、时间分辨率、能量分辨率、灵敏度和计数率；成像参数包括探测器参数、电子学参数和图像重建参数。

7、根据权利要求 4 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：在所述步骤 b 中探测器模块的布局规划根据感兴趣区域的位置和大小、被检测对象的结构特点和成像特点、成像性能需求，基于成像系统中探测器模块的性能和几何尺寸，规划探测器模块以环绕方式布局包围被检测对象。

8、根据权利要求 7 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述的环绕方式布局采用具有规则的几何形状的探测环；或者采用非规则的凸集形状；或者根据被检测对象的结构特点，采用类似被检测对象的几何形状的探测环。

9、根据权利要求 7 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述探测器模块在探测环上的分布为：等间隔地分布。

10、根据权利要求 7 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述探测器模块在探测环上的分布为：探测器模块以部分聚集的方式分布在探测环上，有单个或多个聚集的探测器模块。

11、根据权利要求 10 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述的多个聚集的探测器模块之间以多种对称方式分布在探测环上。

12、根据权利要求 11 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：对称的聚集的探测器模块具有不同个数的探测器模块。

13、根据权利要求 11 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述的对称方式为关于某一中心对称；或为关于一条穿过某中心的直线为对称轴对称，该对称轴可以为某个聚集的或非聚集的探测器模块与该中心组成的轴，或为某两个中心组成的轴。

14、根据权利要求 13 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，



其特征是：所述中心为探测环的中心，或感兴趣区域中心，或感兴趣区域中某一局部区域的中心，或检测对象的中心。

15、根据权利要求 14 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述中心是几何中心或者重心。

16、根据权利要求 11 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述的对称方式为关于两个聚集的，或两个非聚集的，或一个聚集一个非聚集的探测器模块的参考点的连线对称。

17、根据权利要求 10 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述单个聚集的探测器模块在探测环上的分布为：全部探测器模块聚集在靠近感兴趣区域的位置；或部分探测器模块聚集在靠近感兴趣区域的位置，剩余部分探测器模块全部等间隔地分布在剩余探测环上。

18、根据权利要求 1 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述步骤 I 和步骤 III 中获取检测对象的活度信息时通过 CT，或棒源，或图谱进行衰减校正。

19、根据权利要求 1 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述步骤 III 中获取检测对象的活度信息时可以应用步骤 I 获取的初扫描的活度信息作为先验信息，或应用前一次或某一次系统结构时获取的活度信息作为先验信息，或同时结合应用多次系统结构时获取的活度信息作为先验信息，然后利用该先验信息进行新布局下的图像重建。

20、根据权利要求 1 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述步骤 IV 中重新规划探测器模块性能、布局 and 参数时，利用步骤 I 获得的初扫描结果或者利用一次或多次步骤 III 获得的扫描结果，又或者同时利用步骤 I 和一次或多次步骤 III 获得的扫描结果。

21、根据权利要求 1 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法，其特征是：所述步骤 IV 中分析被检测对象的活度信息的质量，该质量是空间分辨率、灵敏度、信噪比、对比度或为用户自行定义的衡量标准中的一个或多个。

22、一种用于根据权利要求 1 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法的成像装置，其特征是：所述成像装置包括探测器模块 (1)、探测器控

制模块(2)、图像重建模块(3)和探测器规划模块(4):

所述探测器模块(1)的输出端与探测器控制模块(2)相连,所述探测器控制模块(2)的输出端分别与探测器模块(1)和图像重建模块(3)相连,所述图像重建模块(3)的输出端与探测器规划模块(4)相连,所述探测器规划模块(4)的输出端与探测器控制模块(2)相连;

所述探测器模块(1)用于接收并沉积 $\gamma$ 光子,包含多个独立的探测器模组,所述每个探测器模组具有独立的电子学系统;并将探测器模组的信息传递至探测器控制模块(2);所述探测器模组的信息包括探测器模组的性能、布局、成像参数、探测获得的事件信息;

所述探测器控制模块(2)用于根据从探测器规划模块(4)接收的规划的探测器模组的性能、布局和成像参数控制探测器模组,并传递探测器模组的信息至图像重建模块(3);

所述图像重建模块(3)用于对从探测器控制模块(2)获取的探测器模组信息进行处理;

所述探测器规划模块(4)用于规划探测器模组的性能、布局和成像参数,并将规划的结果传递至探测器控制模块(2)。

23、一种用于根据权利要求1所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法的成像装置,其特征是:所述成像装置包括探测器模块(1)、探测器控制模块(2)、图像重建模块(3)和探测器规划模块(4):

所述探测器模块(1)的输出端分别与探测器控制模块(2)、图像重建模块(3)相连,所述探测器控制模块(2)的输出端分别与探测器模块(1)和图像重建模块(3)相连,所述图像重建模块(3)的输出端与探测器规划模块(4)相连,所述探测器规划模块(4)的输出端与探测器控制模块(2)相连;

所述探测器模块(1)用于接收并沉积 $\gamma$ 光子,包含多个独立的探测器模组,所述每个探测器模组具有独立的电子学系统;并将探测器模组的性能、布局和成像参数传递至探测器控制模块(2),将探测获得的事件信息传递至图像重建模块(3);

所述探测器控制模块(2)用于根据从探测器规划模块(4)接收的规划

的探测器模組的性能、布局 and 成像参数控制探测器模組，并传递探测器模組的性能、布局 and 成像参数至图像重建模块 (3)；

所述图像重建模块 (3) 用于对从探测器模块 (1) 和探测器控制模块 (2) 获取的探测器模組的性能、布局、成像参数和探测获得的事件信息进行处理；

所述探测器规划模块 (4) 用于规划探测器模組的性能、布局 and 成像参数，并将规划的结果传递至探测器控制模块 (2)。

24、一种用于根据权利要求 1 所述的应用适应性的正电子发射断层成像方法的成像装置，其特征是：所述成像装置包括探测器模块 (1)、探测器控制模块 (2)、图像重建模块 (3) 和探测器规划模块 (4)；

所述探测器模块 (1) 的输出端与图像重建模块 (3) 相连，所述探测器控制模块 (2) 的输出端与探测器模块 (1) 相连，所述图像重建模块 (3) 的输出端与探测器规划模块 (4) 相连，所述探测器规划模块 (4) 的输出端与探测器控制模块 (2) 相连；

所述探测器模块 (1) 用于接收并沉积  $\gamma$  光子，包含多个独立的探测器模組，所述每个探测器模組具有独立的电子学系统；并将探测器模組的信息传递至图像重建模块 (3)；所述探测器模組的信息包括探测器模組的性能、布局、成像参数、探测获得的事件信息；

所述探测器控制模块 (2) 用于根据从探测器规划模块 (4) 接收的规划的探测器模組的性能、布局 and 成像参数控制探测器模組，并传递探测器模組的性能、布局 and 成像参数至探测器模块 (1)；

所述图像重建模块 (3) 用于对从探测器模块 (1) 获取的探测器模組信息进行处理；

所述探测器规划模块 (4) 用于规划探测器模組的性能、布局 and 成像参数。

附 图

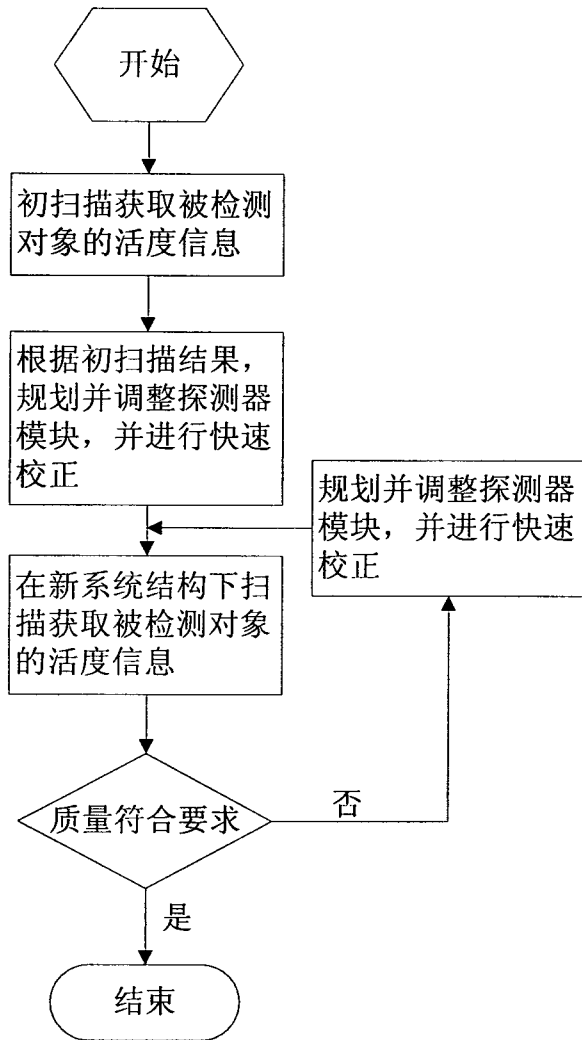


图 1

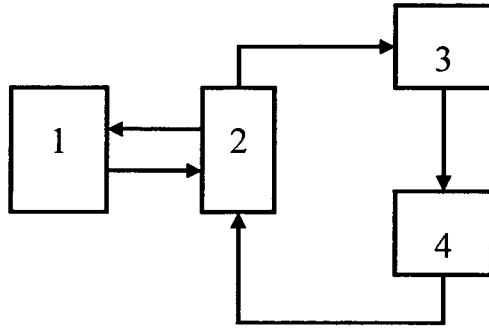


图 2 (a)

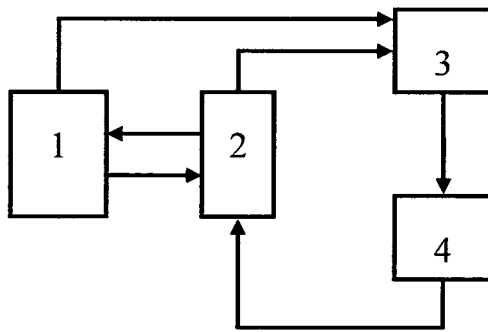


图 2 (b)

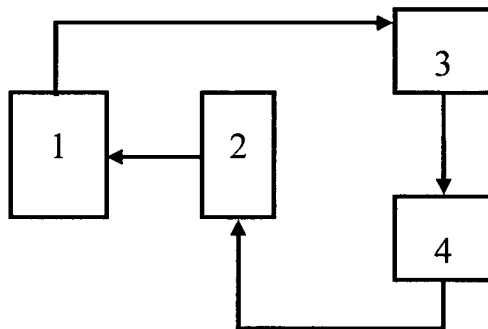


图 2 (c)

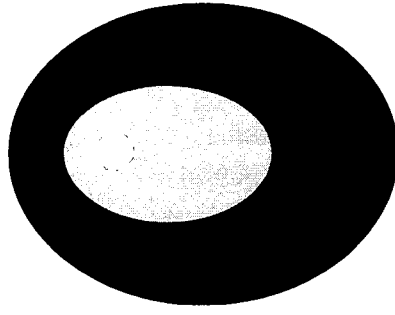


图 3

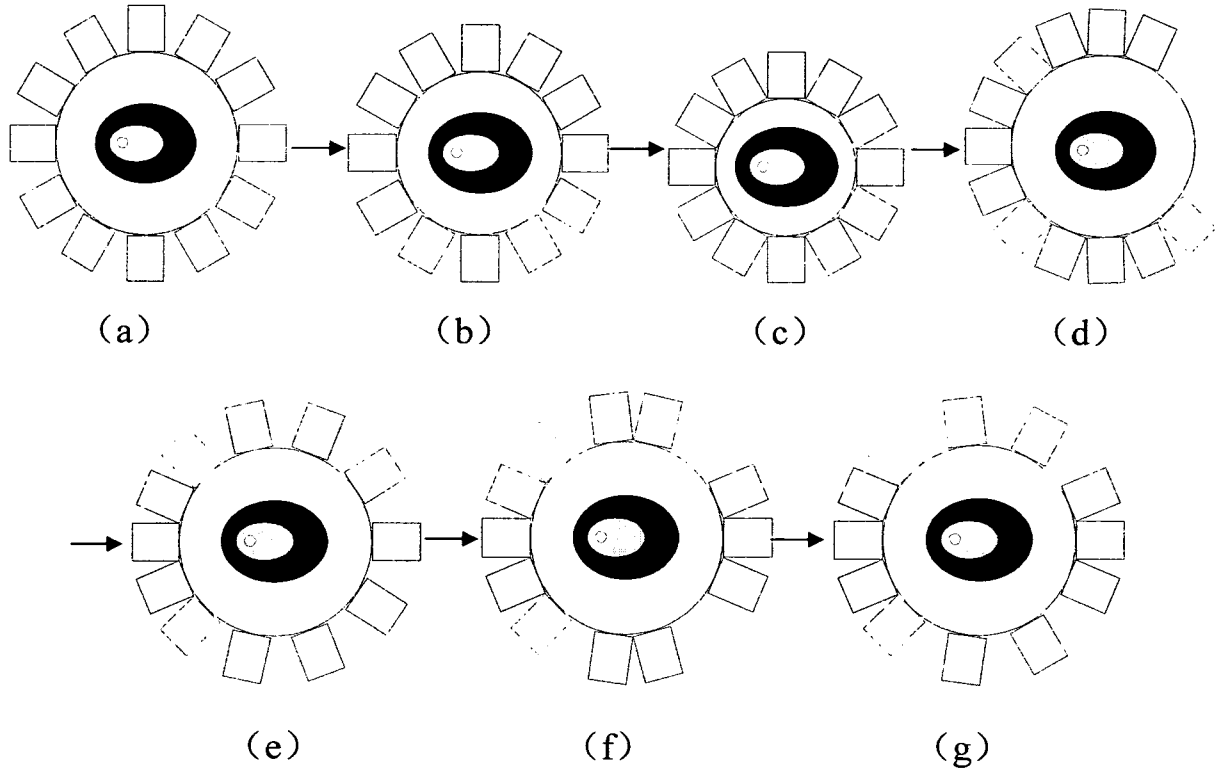


图 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2011/000006

## 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: A61B6, G01T1

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)

CPRSABS, SIPOABS, CNKI  
pet, positron, adjust+, detector?, regulat+, calibrat+

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	CN101856236A (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. (SU ZHOU) et al), 13 Oct. 2010(13.10.2010), claims 1-24.	1-24
A	US5825031A (UNIV TEXAS), 20 Oct. 1998(20.10.1998), column 4 lines 29-60 in the specification, figures 2A-2C.	1-24
A	US6744053B2 (UNIV TEXAS), 01 Jun. 2004(01.06.2004), column 4 lines 7 to 61 in the specification, figures 1-3.	1-24
A	US5900636A (ADAC LAB), 04 May 1999(04.05.1999), the whole document.	1-24
A	US4980552A (UNIV CALIFORNIA), 25 Dec. 1990(25.12.1990), the whole document.	1-24

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search  
23 Mar. 2011(23.03.2011)

Date of mailing of the international search report  
**07 Apr. 2011 (07.04.2011)**

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  
**ZHANG Hongmei**  
Telephone No. (86-10)62085626

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2011/000006

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN101856236A	13.10.2010	none	
US5825031A	20.10.1998	none	
US6744053B2	01.06.2004	US2002148970 A1	17.10.2002
		WO02079802 A2	10.10.2002
		EP1352264 A2	15.10.2003
		JP2004533607T	04.11.2004
		AU2002303075 A1	15.10.2002
		CA2434479 A1	10.10.2002
US5900636A	04.05.1999	WO9854597 A1	03.12.1998
		DE19882431 B4	27.12.2007
		DE19882431T1	31.05.2000
		JP2002511930T	16.04.2002
		AU6554098 A	30.12.1998
US4980552A	25.12.1990	WO9016001 A2	27.12.1990
		JP4506259T	29.10.1992



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/000006

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B6/02 (2006.01) i

G01T1/161(2006.01) i

## A. 主题的分类

参见附加页

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)

IPC: A61B6, G01T1

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))

CPRSABS, SIPOABS, CNKI

正电子, 成像, pet, positron, adjust+, detector?, regulat+, 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
P, X	CN101856236A(苏州瑞派宁科技有限公司 等), 13.10 月 2010(13.10.2010), 权利要求 1-24.	1-24
A	US5825031A (UNIV TEXAS), 20.10 月 1998(20.10.1998), 说明书第 4 栏 29 行至 60 行, 图 2A-2C.	1-24
A	US6744053B2 (UNIV TEXAS), 01.6 月 2004(01.06.2004), 说明书第 4 栏 7 行至 61 行, 图 1-3.	1-24
A	US5900636A (ADAC LAB), 04.5 月 1999(04.05.1999), 全文.	1-24
A	US4980552A (UNIV CALIFORNIA), 25.12 月 1990(25.12.1990), 全文.	1-24

 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

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

23.3 月 2011(23.03.2011)

国际检索报告邮寄日期

07.4 月 2011 (07.04.2011)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局  
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

张红梅

电话号码: (86-10) 62085626

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
**PCT/CN2011/000006**

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101856236A	13.10.2010	无	
US5825031A	20.10.1998	无	
US6744053B2	01.06.2004	US2002148970 A1	17.10.2002
		WO02079802 A2	10.10.2002
		EP1352264 A2	15.10.2003
		JP2004533607T	04.11.2004
		AU2002303075 A1	15.10.2002
		CA2434479 A1	10.10.2002
US5900636A	04.05.1999	WO9854597 A1	03.12.1998
		DE19882431 B4	27.12.2007
		DE19882431T1	31.05.2000
		JP2002511930T	16.04.2002
		AU6554098 A	30.12.1998
US4980552A	25.12.1990	WO9016001 A2	27.12.1990
		JP4506259T	29.10.1992

**A. 主题的分类**

A61B6/02 (2006.01) i

G01T1/161(2006.01) i