

(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4月2日 (02.04.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/063232 A1

(51) 国际专利分类号:
G01T 1/29 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/102536

(22) 国际申请日: 2019年8月26日 (26.08.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

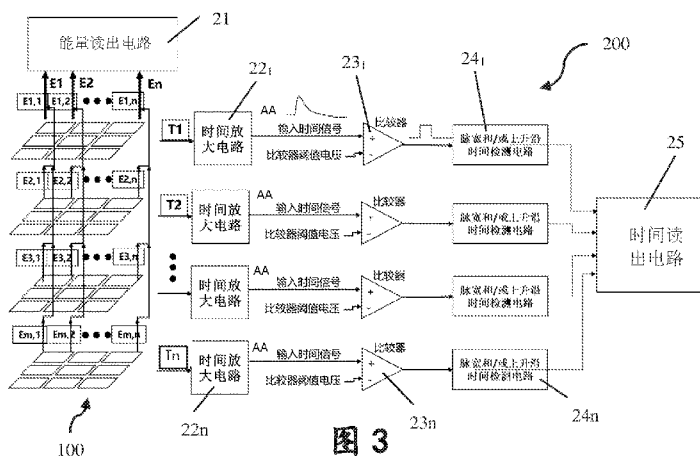
(30) 优先权:
201811155545.4 2018年9月30日 (30.09.2018) CN

(71) 申请人: 中派科技(深圳)有限责任公司 (ZHONGPAI S&T (SHENZHEN) CO., LTD) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区科技南十二路18号长虹科技大厦903, Guangdong 518063 (CN).

(72) 发明人: 解强强(XIE, Qiangqiang); 中国广东省深圳市南山区科技南十二路18号长虹科技大厦903, Guangdong 518063 (CN)。 谢思维(XIE, Siwei); 中国湖北省武汉东湖开发区关东工业园东信路11号C、D栋1-4层, Hubei 430074 (CN)。 张仁冬(ZHANG, Rendong); 中国广东省深圳市南山区科技南十二路18号长虹科技大厦903, Guangdong 518063 (CN)。 赵指向(ZHAO, Zhixiang); 中国上海市闵行区东川路800号文选医学楼309室, Shanghai 200240 (CN)。 杨静梧(YANG, Jingwu); 中国广东省深圳市南山区科技南十二路18号长虹科技大厦903, Guangdong 518063 (CN)。 黄秋(HUANG, Qiu); 中国上海市徐汇区番禺路801弄10-1302号, Shanghai 200030 (CN)。 彭旗宇(PENG, Qiyu); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路1037号喻园二期4-3-302, Hubei 430074 (CN)。

(54) Title: PET DEVICE, MULTILAYER CRYSTAL PET DETECTOR, AND ELECTRONIC READING MODULE AND METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: PET设备、多层晶体PET探测器及其电子读出模块和方法



21 Energy reading circuit
221, 22n Time amplification circuit
231, 23n Comparator
241, 24n Pulse width and/or rising edge; time detection circuit
25 Time reading circuit
AA Input time signal

(57) Abstract: A PET device, a multilayer crystal PET detector, and an electronic reading module and an electronic reading method for the multilayer crystal PET detector (100). The multilayer crystal PET detector (100) comprises n layers of discrete scintillation crystal arrays (11) and n layers of photoelectric converter arrays (12); the discrete scintillation crystal arrays (11) and the photoelectric converter arrays (12) are arranged at intervals, each layer of photoelectric converter array (12) comprises m photoelectric converters, each of the photoelectric converters converts an optical signal to obtain an energy signal and a time signal; the time signals of the m photoelectric converters at each layer are combined together, the energy signals of the m photoelectric converters at each layer are



WO 2020/063232 A1

(74) 代理人: 北京睿邦知识产权代理事务所
(普通合伙) (RUIBANG&PARTNERS); 中国北京市东城区夕照寺街4号东玖大厦B座409室, Beijing 100061 (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))。

outputted separately, but the energy signals of the photoelectric converters between layers are connected and combined in a one-to-one correspondence, so that the multilayer crystal PET detector has m energy channels and n time channels.

(57) 摘要: 一种PET设备、多层晶体PET探测器、多层晶体PET探测器(100)的电子读出模块及电子读出方法, 多层晶体PET探测器(100)包括n层离散闪烁晶体阵列(11)和n层光电转换器阵列(12), 离散闪烁晶体阵列(11)与光电转换器阵列(12)间隔排列, 每层光电转换器阵列(12)包括m个光电转换器, 光电转换器对光信号进行转换而获得能量信号和时间信号, 每层中的m个光电转换器的时间信号合并一起, 每层中的m个光电转换器的能量信号单独输出, 但层间的光电转换器的能量信号一一对应连接合并, 以使多层晶体PET探测器具有m个能量通道和n个时间通道。

PET 设备、多层晶体 PET 探测器及其电子读出模块和方法

5 技术领域

本发明涉及正电子放射成像领域,具体地,涉及正电子放射成像(PET)设备、多层晶体 PET 探测器、多层晶体 PET 探测器的电子读出模块及电子读出方法。

10 背景技术

正电子放射成像 (Positron Emission Computed Tomography, 简称 PET) 技术以生物体中代谢活跃度作为检测标准,在重大疾病的早期诊断中起到良好的效果。目前在正电子放射成像领域广泛使用的探测器中以离散晶体为闪烁晶体组成的探测器技术最为成熟。离散晶体探测器使用二维排列的闪烁晶体阵列与光电转换器耦合,在一个光电转换器上往往耦合了长条形离散晶体,利用重心法和光共享等方法获取光子的反应位置和深度 (DOI, Depth of Interaction) 信息。

离散晶体组成的 PET 探测器具有解码算法简单、边缘效应较轻、空间分辨率高等优点,但是由于传统离散晶体探测器接收到的光子在晶体内反射多次才到达光电转换器,因此需要辅助方法才能获取 γ 光子的反应深度信息。

而基于离散晶体的多层晶体 PET 探测器,其模型如图 1 所示。其中 1 为探测器读出信号排线,2 为光电转换器阵列,3 为离散闪烁晶体阵列,4 为多层晶体 PET 探测器,5 为单层探测器,多层晶体 PET 探测器可利用康普顿散射原理可以获取反应深度信息。多层晶体 PET 探测器缩短了 γ 光子在晶体中的传播时间并增大了晶体的总长度,因此改善了探测器的时间分辨率,提高了对 γ 光子的拦截能力。然而,多层晶体 PET 探测器因每层都有光电转换器阵列,探测器的时间通道和能量通道的总数据量很大,这一一定程度上降低了探测器的处理效率。

30

发明内容

根据本发明的一个方面,提供一种处理效率高的多层晶体 PET 探测器。

本发明的多层晶体 PET 探测器,包括 n 层离散闪烁晶体阵列和 n 层光电转换器阵列,所述离散闪烁晶体阵列与所述光电转换器阵列间隔排列,每层所述光电转换器阵列包括 m 个光电转换器,所述光电转换器用于对其检测到的可见光子的光信号进行转换而获得能量信号和时间信号,每层中的 m 个光电转换器的时间信号合并一起,每层中的 m 个光电转换器的能量信号单独输出,但层间的光电转换器的能量信号一一对应连接合并,以使所述多层晶体 PET 探测器具有 m 个能量通道和 n 个时间通道。

优选地,层间的光电转换器的能量信号从第一层至第 n 层一一对应串联连接。

优选地, n 层光电转换器阵列中的 $n \times m$ 个能量信号通过排线连到一块集线板,且在所述集线板上层间的光电转换器的能量信号一一对应连接合并以获得 m 个能量通道。

根据本发明的另一个方面,提供一种电子读出模块,用于上述的多层晶体 PET 探测器中,与所述光电传感器阵列连接,所述电子读出模块包括能量读出电路和时间读出电路,所述能量读出电路用于读取 m 个能量通道的能量信号,所述时间读出电路用于读取 n 个时间通道的的时间信号。

优选地,所述电子读出模块还包括:

n 个时间放大电路,与 n 个时间通道一一对应连接;
 n 个比较器,与 n 个时间放大电路一一对应连接;以及
 n 个时间检测电路,与 n 个比较器一一对应连接;

其中,所述时间放大电路用于将时间信号输入到所述比较器;所述比较器用于将输入的时间信号与阈值电压比较得到输出值并传送至所述时间检测电路;所述时间检测电路用于将输出值输入至所述时间读出电路。

根据本发明的另一个方面,提供一种上述多层晶体 PET 探测器的电子读出方法,包括:

步骤 S100:判断是否有跨层康普顿散射,若无,进行步骤 S200;若有,进行步骤 S300;

步骤 S200:根据时间信号判断反应所在探测器层数,基于该层的 m 个能量通道信息解码 γ 光子的位置和反应深度信息;

步骤 S300:基于时间信号比较不同层的能量大小,然后根据能量比较

的结果确定光子反应所在的层面。

优选地，在所述步骤 S300 中，在设定所述比较器的阈值电压之后，基于不同的时间信号响应会使比较器的输出脉冲长度不同，通过比较时间信号的脉宽或者触发时间，确认发生康普顿散射的响应位置。

5 根据本发明的另一个方面，提供一种正电子放射成像设备，所述正电子发射成像设备包括数据处理模块、上述的多层晶体 PET 探测器、以及上述的电子读出模块，所述数据处理模块与上述电子读出模块连接，用于对所述能量信号和所述时间信号进行数据处理和图像重建，以获得待成像对象的扫描图像。

10 本发明由于将能量通道合并、时间通道不合并，从而具有如下优点：

(1) 电路更为简单，只需要提供单层光电转换器数量的能量通道和探测器层数数量的时间通道，即可采集足够的数据。

(2) 没有跨层康普顿散射的情况下，由于每次事件只有一层的 SiPM 阵列有时间信号，从而可以根据 n 层的时间信号来确定反应深度。

15 (3) 具有跨层康普顿校准能力，在有跨层康普顿散射的情况下，每次事件有多于一层的 SiPM 阵列有时间信号，通过比较时间信号的脉宽或者触发时间，能够确认发生康普顿散射的响应位置。

(4) 由于把单层所有 SiPM 的时间信号连在一起，时间性能相较于不分层的设计并没有下降。

20 综上所述可以看出，本发明缩减了读出通道，处理效率高、电路实现简单、具有 DOI 能力、跨层康普顿校准能力和良好时间性能。

在发明内容中引入了一系列简化形式的概念，这将在具体实施方式部分中进一步详细说明。本发明内容部分并不意味着要试图限定出所要求保护的技术方案的关键特征和必要技术特征，更不意味着试图确定所要求保护的
25 技术方案的保护范围。

以下结合附图，详细说明本发明的优点和特征。

附图说明

30 本发明的下列附图在此作为本发明的一部分用于理解本发明。附图中示出了本发明的实施方式及其描述，用来解释本发明的原理。在附图中，图 1 为现有技术的多层晶体 PET 探测器的模型图；

图 2 为根据本发明实施例的多层晶体 PET 探测器的分解图；

图 3 为根据本发明实施例的电子读出模块用于多层晶体 PET 探测器的示意图；

图 4 为不同的时间信号响应与比较器的输出脉冲长度比较示意图；

5 图 5 为根据本发明实施例的正电子发射成像设备的示意图。

其中，附图标记为

1—探测器读出信号排线

2—光电转换器阵列

3—离散闪烁晶体阵列

10 4—多层晶体 PET 探测器

5—单层探测器

100—探测器

11—离散闪烁晶体阵列

12—光电转换器阵列

15 200—电子读出模块

21—能量读出电路

22_i、22_n—时间放大电路

23_i、23_n—比较器

24_i、24_n—时间检测电路

20 25—时间读出电路

300—数据处理模块

具体实施方式

在下文的描述中，提供了大量的细节以便能够彻底地理解本发明。然而，本领域技术人员可以了解，如下描述仅涉及本发明的较佳实施例，本发明可以无需一个或多个这样的细节而得以实施。此外，为了避免与本发明发生混淆，对于本领域公知的一些技术特征未进行描述。

本发明提供一种多层晶体 PET 探测器，结合参阅图 2 和图 3，多层晶体 PET 探测器 100 包括 n 层离散闪烁晶体阵列 11 和 n 层光电转换器阵列 12，n 层离散闪烁晶体阵列 11 和 n 层光电转换器阵列 12 在高度方向上呈上下间隔排列，即，如图 2 所示，在高度方向上，一层离散闪烁晶体阵列、一层光电转换器阵列、一层离散闪烁晶体阵列、一层光电转换器阵列……

这样一层间隔一层的排列。

图 2 所示的多层晶体 PET 探测器包括 n 层探测器，每单层探测器包括一层离散闪烁晶体阵列 11 和一层光电转换器阵列 12，就单层探测器而言，离散闪烁晶体阵列 11 由多个闪烁晶体（图 2 中，离散闪烁晶体阵列 11 的行数为 a ，列数为 b ，闪烁晶体的个数为 $a \times b$ ）耦合而成，耦合而成的闪烁晶体阵列具有上表面和下表面，光电转换器阵列 12 由多个光电传感器（图 2 中，光电转换器阵列 12 的行数为 d ，列数为 c ，光电传感器的个数为 $c \times d$ ）耦合而成，光电转换器阵列 12 耦合在离散闪烁晶体阵列 11 的上表面，每个光电传感器耦合有多个闪烁晶体，用于检测伽玛光子与离散闪烁晶体阵列 11 发生反应所产生的可见光子或紫外光，并对其检测到的可见光子的光信号进行转换而获得能量信号和时间信号。

再一次参阅图 2，多层晶体 PET 探测器的层数为 n ， n 大于 2，其最上层的探测器为顶层探测器，最下层的探测器为底层探测器。 γ 光子可穿透前 $n-1$ 层到达顶层探测器然后被顶层探测器的闪烁晶体拦截转化成紫外光或者可见光，也可被底层探测器的闪烁晶体直接拦截转化成紫外光或者可见光，也可直接穿过所有离散闪烁晶体阵列。不考虑康普顿散射时，当 γ 光子在底层晶体反应，有且仅有底层探测器采集到能量；当 γ 光子在第 m 层晶体反应，有且仅有第 m 层探测器模块采集到能量；通过判断收集到能量的探测器，可以确定 γ 光子的反应深度。

结合参阅图 3，为了提高探测器的处理效率，每层光电转换器阵列包括 m 个（ $m=c \times d$ ）光电转换器，每层中的 m 个光电转换器的时间信号合并一起，每层中的 m 个光电转换器的能量信号单独输出，但层间的光电转换器的能量信号一一对应连接合并，以使多层晶体 PET 探测器具有 m 个能量通道和 n 个时间通道。

示例性地，层间的光电转换器的能量信号从第一层至第 n 层一一对应串联连接。以 4 层结构为例，假设每层有 $3 \times 3=9$ 个传感器，输出 9 个能量信号和 9 个时间信号，9 个时间信号直接连在一起，形成 1 个时间信号，连接方式可如下：

(a) 第一层的信号（9 个能量信号和 1 个时间信号），通过排线连到第二层，进行能量信号合并（按照一一对应的关系，两两合并直接连接在一起），时间信号不合并；

(b) 第二层合并后的信号 (9 个能量信号和 2 个时间信号), 通过排线连到第三层, 进行能量信号合并 (按照一一对应的关系, 两两合并直接连接在一起), 时间信号不合并;

5 (c) 第三层合并后的信号 (9 个能量信号和 3 个时间信号), 通过排线连到第四层, 进行能量信号合并 (按照一一对应的关系, 两两合并直接连接在一起), 时间信号不合并;

(d) 第四层合并后的信号 (9 个能量信号和 4 个时间信号), 送入后继电路进行能量和时间测量。

10 示例性地, n 层光电转换器阵列中的 $n \times m$ 个能量信号通过排线连到一块集线板, 且在集线板上层间的光电转换器的能量信号一一对应连接合并以获得 m 个能量通道。同样以 4 层结构为例, 假设每层有 $3 \times 3 = 9$ 个传感器, 输出 9 个能量信号和 9 个时间信号, 9 个时间信号直接连在一起, 形成 1 个时间信号, 连接方式可如下:

15 (a) 第 1, 2, 3, 4 层的信号通过排线连到一块集线板。共 $4 \times 9 = 36$ 个能量信号, 和 4×1 个时间信号。

(b) 在集线板上合并 36 路能量信号 (按照一一对应的关系, 4 个合并直接连接在一起), 时间信号不合并。

(c) 9 个能量信号和 4 个时间信号, 送入后继电路进行能量和时间测量。

20 再一次参阅图 3, 本发明提供一种的电子读出模块 200, 用于上述的多层晶体 PET 探测器 100 中, 与光电传感器阵列 12 连接, 电子读出模块 200 包括能量读出电路 21 和时间读出电路 25, 能量读出电路 21 与 m 个能量通道连接用于读取 m 个能量通道的能量信号, 时间读出电路 25 与 n 个时间通道用于读取 n 个时间通道的的时间信号。

25 需要说明的是, 由于能量读出电路 21 与时间读出电路 25 的电路结构除了与多层晶体 PET 探测器的连接方式不同于现有技术外, 其它结构与现有技术基本相同, 在此就不对其多做赘述。

30 示例性地, 电子读出模块 200 还包括 n 个时间放大电路 $22_1, \dots, 22_n$, n 个比较器 $23_1, \dots, 23_n$, 以及 n 个时间检测电路 $24_1, \dots, 24_n$ 。 n 个时间放大电路 $22_1, \dots, 22_n$ 与 n 个时间通道 T_1, \dots, T_n 一一对应连接; n 个比较器 $23_1, \dots, 23_n$, 与 n 个时间放大电路一一对应连接; n 个时间检测电路

24₁……、24_n与n个比较器一一对应连接。其中，每个时间放大电路用于将时间信号输入到与之相连的比较器；每个比较器用于将输入的时间信号与其阈值电压比较得到输出值并传送至与之相连的时间检测电路；每个时间检测电路用于将输出值输入至时间读出电路 25。

5 基于上述结构的电子读出模块 200 的设置，多层晶体 PET 探测器在进行电子读出时，包括：

步骤 S100：判断是否有跨层康普顿散射，若无，进行步骤 S200；若有，进行步骤 S300，可以通过不同层 SiPM 的能量判断是否有跨层康普顿散射，如果只有一层 SiPM 光电探测器有能量信号说明没有发生跨层康普顿散射现象，如果有两层或者多层探测器有能量信号则说明存在跨层康普顿现象；

10 步骤 S200：根据时间信号判断反应所在探测器层数，基于该层的 m 个能量通道信息解码 γ 光子的位置和反应深度信息；

步骤 S300：基于时间信号比较不同层的能量大小，然后根据能量比较的结果确定光子反应所在的层面。

15 优选地，在所述步骤 S300 中，在设定所述比较器的阈值电压之后，基于不同的时间信号响应会使比较器的输出脉冲长度不同，通过比较时间信号的脉宽或者触发时间，确认发生康普顿散射的响应位置。

具体来说，本发明多层晶体 PET 探测器在进行电子读出时，多层探测器阵列在接收到 γ 光子未出现跨层康普顿散射的情况下，每次事件只有一层的 SiPM 光电转换器序列能接收到时间信号，因此可以根据时间信号判断反应所在探测器层数，使用该层的 m 个能量通道信息结合定位算法可以解码 γ 光子的位置和反应深度信息。当 γ 光子反应发生了跨层康普顿散射的情况下，不能直接用能量信号来确定反应深度，但是 n 层探测器的光电转换器的 n 个时间通道没有合并，在发生跨层康普顿散射的情况下可以使用时间信号来比较不同层的能量大小，然后根据能量比较的结果确定光子反应所在的层面，结合参阅图 4，在设定比较器阈值电压之后，不同的时间信号响应会使比较器的输出脉冲长度不同，这也就根据时间信号达到了判定层间能量大小的作用。

25 根据本发明的另一个方面，提供一种正电子放射成像设备，所述正电子发射成像设备包括数据处理模块 300、上述的多层晶体 PET 探测器 100、以及上述的电子读出模块 200。数据处理模块 300 与电子读出模块 200 连

接，用于对所述能量信息和所述时间信息进行数据处理和图像重建，以获得待成像对象的扫描图像。示例性地，数据处理模块 300 可以采用现场可编程门阵列 (FPGA)、数字信号处理器 (DSP)、复杂可编程逻辑器件 (CPLD)、微控制单元 (MCU) 或中央处理单元 (CPU) 等实现。

- 5 本发明已经通过上述实施例进行了说明，但应当理解的是，上述实施例只是用于举例和说明的目的，而非意在将本发明限制于所描述的实施例范围内。此外本领域技术人员可以理解的是，本发明并不局限于上述实施例，根据本发明的教导还可以做出更多种的变型和修改，这些变型和修改均落在本发明所要求保护的范围内。本发明的保护范围由附属的权利要求书及其等效范围所界定。
- 10

权 利 要 求 书

- 1、一种多层晶体 PET 探测器，包括 n 层离散闪烁晶体阵列及 n 层光电转换器阵列，所述离散闪烁晶体阵列与所述光电转换器阵列间隔排列，
- 5 每层所述光电转换器阵列包括 m 个光电转换器，所述光电转换器用于对其检测到的可见光子的光信号进行转换而获得能量信号和时间信号，其特征在于，每层中的 m 个光电转换器的时间信号合并一起，每层中的 m 个光电转换器的能量信号单独输出，但层间的光电转换器的能量信号一一对应连接合并，以使所述多层晶体 PET 探测器具有 m 个能量通道和 n 个时间通道。
- 10 2、根据权利要求 1 所述的多层晶体 PET 探测器，其特征在于，层间的光电转换器的能量信号从第一层至第 n 层一一对应串联连接。
- 3、根据权利要求 1 所述的多层晶体 PET 探测器，其特征在于， n 层光电转换器阵列中的 $n \times m$ 个能量信号通过排线连到一块集线板，且在所述集线板上层间的光电转换器的能量信号一一对应连接合并以获得 m 个能量通
- 15 道。
- 4、一种电子读出模块，用于权利要求 1-3 中任意一项所述的多层晶体 PET 探测器中，与所述光电传感器阵列连接，其特征在于，所述电子读出模块包括能量读出电路和时间读出电路，所述能量读出电路用于读取 m 个能量通道的能量信号，所述时间读出电路用于读取 n 个时间通道的时间信号。
- 20 5、根据权利要求 4 所述的电子读出模块，其特征在于，还包括：
 n 个时间放大电路，与 n 个时间通道一一对应连接；
 n 个比较器，与 n 个时间放大电路一一对应连接；以及
 n 个时间检测电路，与 n 个比较器一一对应连接；
- 其中，所述时间放大电路用于将时间信号输入到所述比较器；所述比
- 25 较器用于将输入的时间信号与阈值电压比较得到输出值并传送至所述时间检测电路；所述时间检测电路用于将输出值输入至所述时间读出电路。
- 6、一种权利要求 1-3 中所述多层晶体 PET 探测器的电子读出方法，其特征在于，包括：
- 步骤 S100：判断是否有跨层康普顿散射，若无，进行步骤 S200；若有，
- 30 进行步骤 S300；
- 步骤 S200：根据时间信号判断反应所在探测器层数，基于该层的 m 个

能量通道信息解码 γ 光子的位置和反应深度信息；

步骤 S300：基于时间信号比较不同层的能量大小，然后根据能量比较的结果确定光子反应所在的层面。

7、根据权利要求 6 所述的电子读出方法，其特征在于，在所述步骤 5 S300 中，在设定所述比较器的阈值电压之后，基于不同的时间信号响应会使比较器的输出脉冲长度不同，通过比较时间信号的脉宽或者触发时间，确认发生康普顿散射的响应位置。

8、一种正电子放射成像设备，其特征在于，所述正电子发射成像设备包括数据处理模块、如权利要求 1-3 中任一项所述的多层晶体 PET 探测器、10 以及如权利要求 4-5 中任一项所述的电子读出模块，所述数据处理模块与所述电子读出模块连接，用于对所述能量信号和所述时间信号进行数据处理和图像重建，以获得待成像对象的扫描图像。

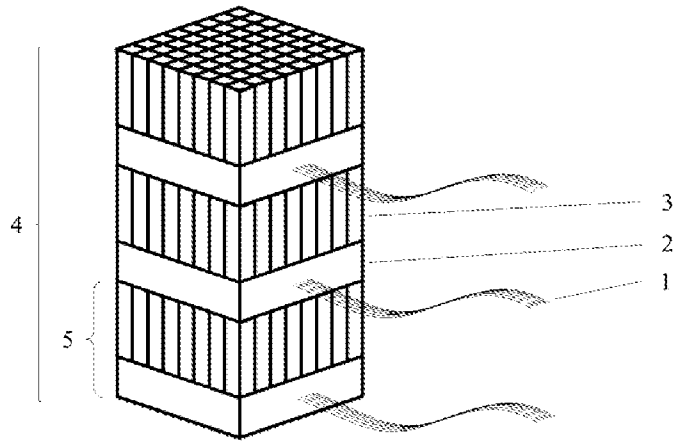


图 1

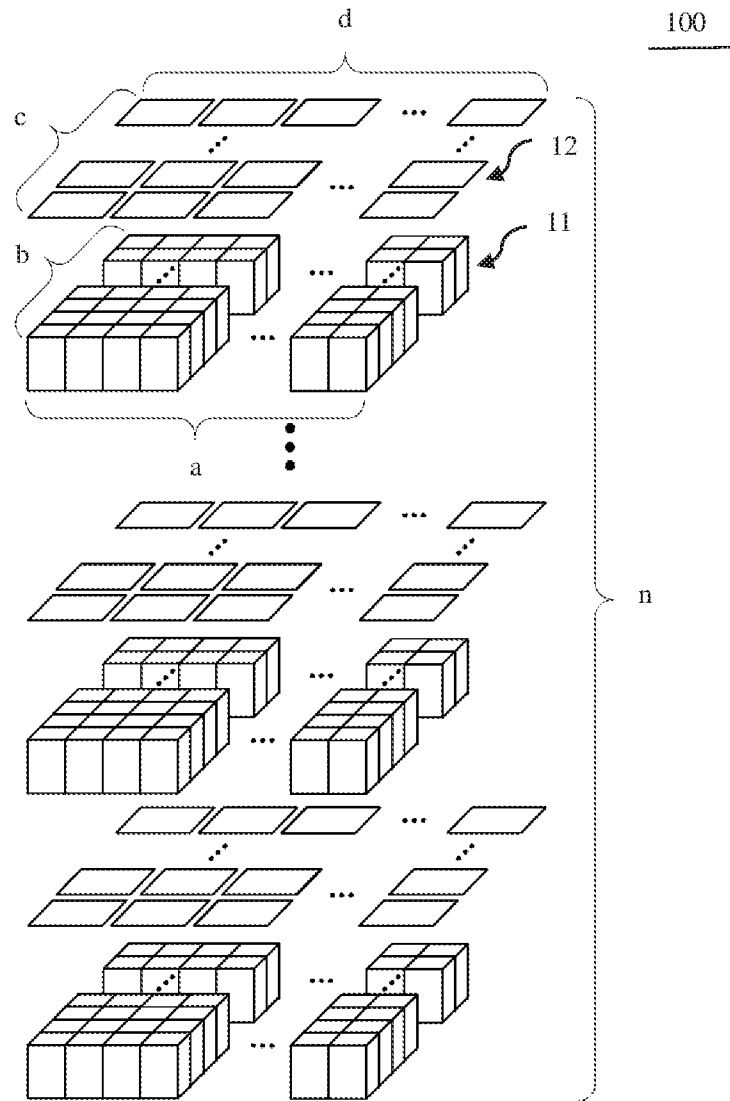


图 2

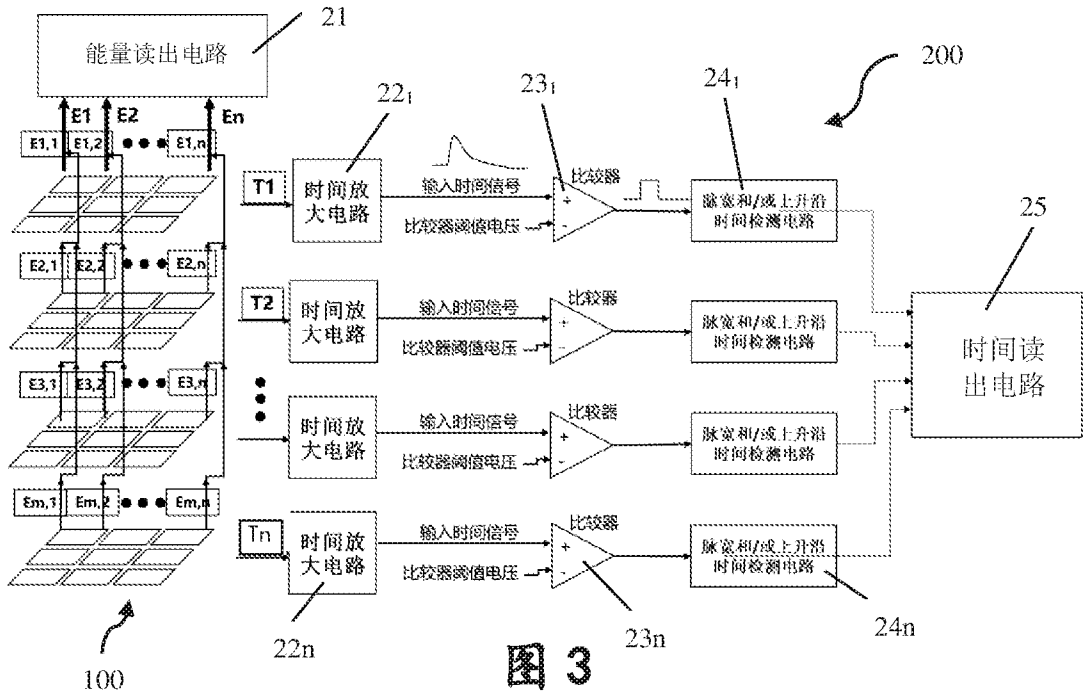


图 3

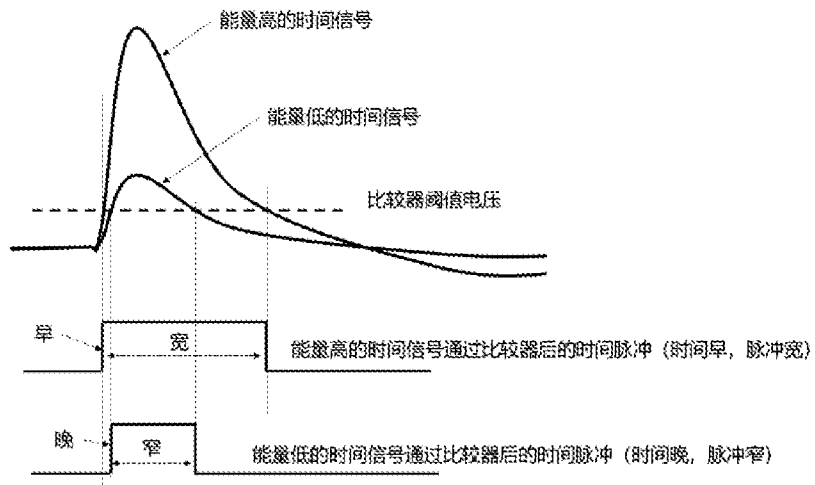


图 4

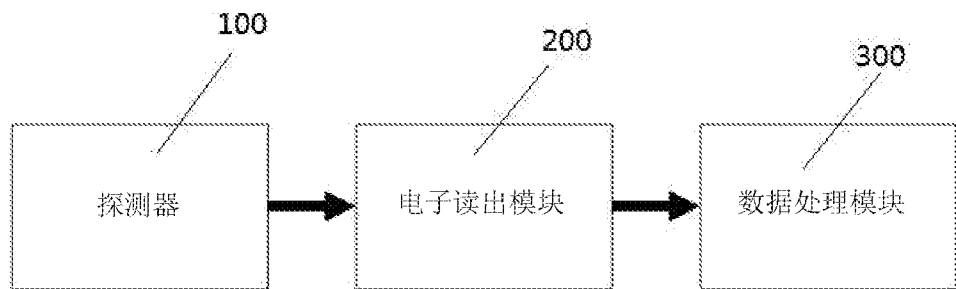


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/102536

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01T 1/29(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/+; : G01T3/+		
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)		
CNTXT; CNABS; VEN; WEB OF KNOWLEDGE: 闪烁晶体阵列, 离散, 光电转换器阵列, 排列, 光信号, 能量信号, 时间信号, PET; scintillator array, disperse, scatter, PMT array, arrange, light signal, energy signal, time signal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 103513266 A (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. (SUZHOU)) 15 January 2014 (2014-01-15) description, paragraphs 0027-0037	1-5, 8
Y	CN 1916660 A (HITACHI LTD.) 21 February 2007 (2007-02-21) embodiments 1 and 2	1-5, 8
A	CN 103513266 A (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. (SUZHOU)) 15 January 2014 (2014-01-15) entire document	6, 7
A	CN 1916660 A (HITACHI LTD.) 21 February 2007 (2007-02-21) entire document	6, 7
A	CN 101248370 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.) 20 August 2008 (2008-08-20) entire document	1-8
A	EP 2360493 A1 (BERGEN TEKNOLOGIOVERFORING AS) 24 August 2011 (2011-08-24) entire document	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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
06.1月219		20 November 2019
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/102536

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013012809 A1 (BROOKHAVEN SCIENCE ASS LLC et al.) 24 January 2013 (2013-01-24) entire document	1-8
.....		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/102536

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103513266	A	15 January 2014	CN	103513266	B	28 December 2016
CN	1916660	A	21 February 2007	EP	1754982	A2	21 February 2007
				JP	2007051896	A	01 March 2007
				US	2008277589	A1	13 November 2008
				US	7750310	B2	06 July 2010
				JP	3852858	B1	06 December 2006
CN	101248370	A	20 August 2008	EP	1922564	B1	14 December 2011
				CN	101248370	B	11 July 2012
				RU	2401440	C2	10 October 2010
				US	2010176301	A1	15 July 2010
				WO	2007023401	A1	01 March 2007
				JP	2009506316	A	12 February 2009
				EP	1922564	A1	21 May 2008
				US	8884239	B2	11 November 2014
				AT	537466	T	15 December 2011
				RU	2008111491	A	10 October 2009
EP	2360493	A1	24 August 2011	US	2011198504	A1	18 August 2011
WO	2013012809	A1	24 January 2013		None		

<p>A. 主题的分类</p> <p>G01T 1/29 (2006.01) i</p> <p>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</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G01T1/+; ; G01T3/+</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNXTX;CNABS;VEN;WEB OF KNOWLEDGE: 闪烁晶体阵列、离散、光电转换器阵列、排列、光信号、能量信号、时间信号、PET; scintillator array、disperse、scatter、PMT array、arrange、light signal、energy signal、time signal</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <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>Y</td> <td>CN 103513266 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2014年 1月 15日 (2014 - 01 - 15) 说明书0027-0037段</td> <td>1-5, 8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 1916660 A (株式会社日立制作所) 2007年 2月 21日 (2007 - 02 - 21) 实施方式1-2</td> <td>1-5, 8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103513266 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2014年 1月 15日 (2014 - 01 - 15) 全文</td> <td>6-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1916660 A (株式会社日立制作所) 2007年 2月 21日 (2007 - 02 - 21) 全文</td> <td>6-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101248370 A (皇家飞利浦电子股份有限公司) 2008年 8月 20日 (2008 - 08 - 20) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 2360493 A1 (BERGEN TEKNOLOGIOVERFORING AS) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2013012809 A1 (BROOKHAVEN SCIENCE ASS LLC等) 2013年 1月 24日 (2013 - 01 - 24) 全文</td> <td>1-8</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	Y	CN 103513266 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2014年 1月 15日 (2014 - 01 - 15) 说明书0027-0037段	1-5, 8	Y	CN 1916660 A (株式会社日立制作所) 2007年 2月 21日 (2007 - 02 - 21) 实施方式1-2	1-5, 8	A	CN 103513266 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2014年 1月 15日 (2014 - 01 - 15) 全文	6-7	A	CN 1916660 A (株式会社日立制作所) 2007年 2月 21日 (2007 - 02 - 21) 全文	6-7	A	CN 101248370 A (皇家飞利浦电子股份有限公司) 2008年 8月 20日 (2008 - 08 - 20) 全文	1-8	A	EP 2360493 A1 (BERGEN TEKNOLOGIOVERFORING AS) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文	1-8	A	WO 2013012809 A1 (BROOKHAVEN SCIENCE ASS LLC等) 2013年 1月 24日 (2013 - 01 - 24) 全文	1-8
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
Y	CN 103513266 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2014年 1月 15日 (2014 - 01 - 15) 说明书0027-0037段	1-5, 8																								
Y	CN 1916660 A (株式会社日立制作所) 2007年 2月 21日 (2007 - 02 - 21) 实施方式1-2	1-5, 8																								
A	CN 103513266 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2014年 1月 15日 (2014 - 01 - 15) 全文	6-7																								
A	CN 1916660 A (株式会社日立制作所) 2007年 2月 21日 (2007 - 02 - 21) 全文	6-7																								
A	CN 101248370 A (皇家飞利浦电子股份有限公司) 2008年 8月 20日 (2008 - 08 - 20) 全文	1-8																								
A	EP 2360493 A1 (BERGEN TEKNOLOGIOVERFORING AS) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文	1-8																								
A	WO 2013012809 A1 (BROOKHAVEN SCIENCE ASS LLC等) 2013年 1月 24日 (2013 - 01 - 24) 全文	1-8																								
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																										
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>06.1月219</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2019年 11月 20日</p>																									
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN)</p> <p>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>受权官员</p> <p>孙劭</p> <p>电话号码 86-(010)-62085645</p>																									

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/102536

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	103513266	A	2014年 1月 15日	CN	103513266	B	2016年 12月 28日
CN	1916660	A	2007年 2月 21日	EP	1754982	A2	2007年 2月 21日
				JP	2007051896	A	2007年 3月 1日
				US	2008277589	A1	2008年 11月 13日
				US	7750310	B2	2010年 7月 6日
				JP	3852858	B1	2006年 12月 6日
CN	101248370	A	2008年 8月 20日	EP	1922564	B1	2011年 12月 14日
				CN	101248370	B	2012年 7月 11日
				RU	2401440	C2	2010年 10月 10日
				US	2010176301	A1	2010年 7月 15日
				WO	2007023401	A1	2007年 3月 1日
				JP	2009506316	A	2009年 2月 12日
				EP	1922564	A1	2008年 5月 21日
				US	8884239	B2	2014年 11月 11日
				AT	537466	T	2011年 12月 15日
				RU	2008111491	A	2009年 10月 10日
EP	2360493	A1	2011年 8月 24日	US	2011198504	A1	2011年 8月 18日
WO	2013012809	A1	2013年 1月 24日		无		

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)