

(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
2021年2月25日 (25.02.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/031711 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01T 1/29 (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/099959
- (22) 国际申请日: 2020年7月2日 (02.07.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910764960.8 2019年8月19日 (19.08.2019) CN
- (71) 申请人: 苏州瑞派宁科技有限公司 (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD (SUZHOU)) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市高新区锦峰路8号17栋, Jiangsu 215163 (CN)。
- (72) 发明人: 赵安江(ZHAO, Anjiang); 中国江苏省苏州市高新区锦峰路8号17栋, Jiangsu 215163 (CN)。
- (74) 代理人: 北京远大卓悦知识产权代理事务所 (普通合伙) (CHINA FARFIR INTELLECTUAL PROPERTY); 中国北京市西城区阜成门外大街2号万通新世界A711室, Beijing 100037 (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, IT, 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, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

(54) **Title:** METHOD AND APPARATUS FOR IDENTIFYING LOCATION SPECTRUM, AND COMPUTER STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 一种识别位置谱的方法、装置以及计算机存储介质

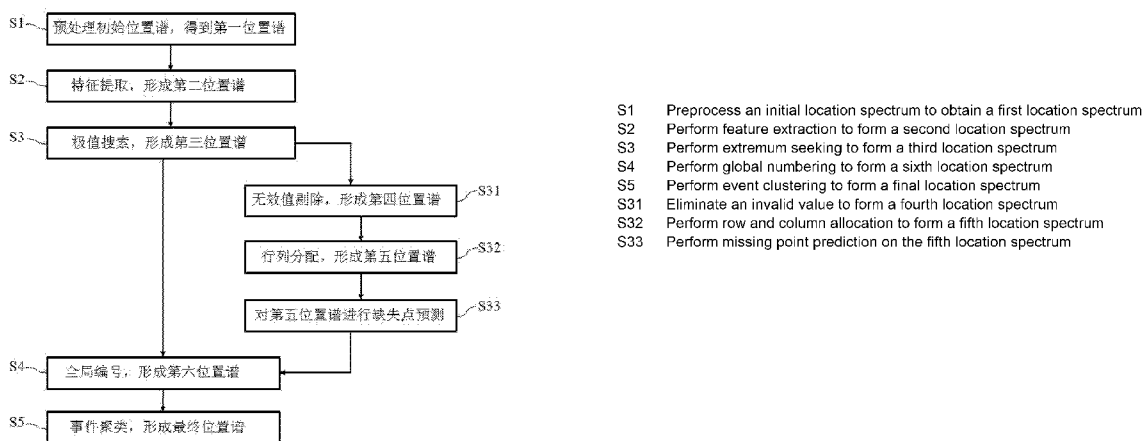


图1

(57) **Abstract:** A method and apparatus for identifying a location spectrum, and a computer storage medium. The method comprises: performing preprocessing on an initial location spectrum to obtain a first location spectrum (S1); performing feature extraction on the first location spectrum to obtain a plurality of second location spectra (S2); performing extremum seeking on the second location spectra to obtain N extremum points and form a third location spectrum (S3); performing global numbering on the extremum points in the third location spectrum to form a sixth location spectrum (S4); and according to the extremum points in the sixth location spectrum, clustering a single event to obtain a final location spectrum (S6). The apparatus comprises a preprocessing module (10), a feature extracting module (20), an extremum seeking module (30), a global numbering module (40), and an event clustering module (50). The method for identifying the location spectrum is implemented when a program in the computer storage medium is executed. The method for identifying the location spectrum can fully automatically process any location spectrum according to a requirement, can efficiently and highly accurately identify the location spectrum having a fuzzy edge and severe deformation, and supports the effective identification of the location spectrums generated by detectors having different structures.

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)。

根据细则4.17的声明:

- 关于发明人身份(细则4.17(i))
- 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种识别位置谱的方法、装置以及计算机存储介质, 方法包括: 对初始位置谱进行预处理以得到第一位置谱(S1); 对第一位置谱进行特征提取, 得到多个第二位置谱(S2); 对第二位置谱进行极值搜索, 得到N个极值点并形成第三位置谱(S3); 对第三位置谱中的极点值进行全局编号, 形成第六位置谱(S4); 根据第六位置谱中的极值点对单事件进行聚类以获得最终位置谱(S6)。装置包括预处理模块(10)、特征提取模块(20)、极值搜索模块(30)、全局编号模块(40)和事件聚类模块(50)。计算机存储介质的程序被执行时实现识别位置谱的方法。识别位置谱的方法可根据需要全自动化的对任意的的位置谱进行处理, 可高效率、高准确度地实现对边缘模糊、形变严重的位置谱的识别, 支持对不同结构探测器生成的位置谱进行有效识别。

一种识别位置谱的方法、装置以及计算机存储介质

技术领域

本发明涉及图像处理领域，更具体地涉及一种识别位置谱的方法、装置以及计算机存储介质。

背景技术

正电子发射断层成像（Positron Emission Tomography，以下简称 PET）是一种非侵入式的造影方法。PET 的基本原理是将能够产生正电子的放射性核素标记于分子探针上并注入生物体内部，放射性核素衰变产生的正电子与生物体内的负电子碰撞发生湮灭，同时释放出一对能量均为 511 keV 且运动方向相反的 γ 光子，通过采用环绕生物体布置的位置灵敏型辐射探测器将接收的 γ 光子转换为电信号，从而获得湮灭事件的能量、位置和时间信息，进一步地通过湮灭符合技术，得到湮灭事件所在响应线的位置，并通过二维或三维断层重建算法获得放射性核素在生物体内部的分布，从而实现在体外观测生物体内的生理、生化变化过程。

PET 成像设备通过位于前端的辐射探测器可以获取湮灭事件的位置信息，辐射探测器通常采用晶体阵列与光电转换器件（比如光电倍增管或者硅光电倍增管）耦合的结构形式，即先将晶体（也称为闪烁晶体）切割成一定规格的晶体条，再由若干个晶体条按一定规则排列组成晶体阵列（晶体阵列也可称为模块），之后将晶体阵列与光电转换器件耦合形成辐射探测器。当进行辐射探测时，数量众多的 γ 光子以不同角度飞行，当 γ 光子入射到晶体阵列中的某一根晶体条上时，晶体条与 γ 光子相互作用产生荧光，这些荧光随之传递至光电倍增器件并通过光电倍增器件转换为相应的电信号输出，利用该电信号，可以计算出 γ 光子入射位置的坐标 (x, y) ，坐标系 XOY 可以根据晶

体阵列的横截面建立。最后根据位置坐标信息判断 γ 光子是从哪个晶体条入射的。

理想情况下，位置坐标和晶体条之间的对应关系为线性关系，也就是说，当按照晶体条的尺寸大小成比例的划分位置坐标 (x, y) 的动态变化范围时，每个范围与一个晶体条的截面所覆盖的坐标区域线性对应。然而在实际应用中，由于受到辐射探测器空间响应非线性、晶体条制作规格不完全一致、物理特性存在一定的差异以及康普顿散射等因素的影响，使得线性对应关系总是呈现非线性特征。为确保对应关系的准确性，就必须建立位置谱，在位置谱中为晶体条和位置坐标 (x, y) 定义准确的对应关系。为了满足 PET 成像设备的高位置分辨率的要求，这一对应关系就必须非常准确，因此，怎样建立合理正确的位置谱就成为本领域关注的焦点。

建立位置谱时，通常需要用到二维位置散点图，或者称为二维位置柱状图，该图记录了每个坐标位置上测量到的入射 γ 光子的事例数。现有的几种建立位置谱的方法都是基于实验测量的散点图，它们的总体思路都是先确定出每个晶体条的边界，然后利用边界信息建立位置谱。Rogers 等人用每个小区域的质心点作为该区域的峰值点，然后找出其周围的局部极小值点，以这些局部极小值点作为对应晶体条的边界，该方法的优点在于晶体条上不会出现探测死区，任意位置坐标都有晶体条与之对应，没有被舍弃的闪烁事例，不会降低探测系统的灵敏度。这种方法比较直观易于理解，但缺乏严谨的理论基础。Stronger 和 Johnson 等人以高斯混合分布模型 (Gaussian mixture model, 简称 GMM) 为理论基础给出了为晶体阵列建立位置谱的方法，该方法提高了所建位置谱的精度，然而具体实现时依然存在需要进一步完善的地方，比如，在寻找局部峰值点时多次使用平均值删除法容易造成误删除，同时，在寻找局部峰值点时采用晶体条数目为循环中止条件，找到的局部峰值点中可能存在伪局部峰值点，从而漏选真正的局部峰值点。现有技术中还可以通过半自动或者自动化的位置谱分割的方法，比如使用分水岭算法来获得晶体位置的极值点，通过直线拟合的方式来查找未识别的位置点，并分割出位置谱。但是该方

法也存在位置谱边缘模糊、形变严重难以准确识别的问题。

总之，现有技术中实现位置谱分割的方法适用性较差，对于边缘模糊、形变严重的位置谱的识别效果不佳，准确度较低；同时，现有技术只能针对具有某种特征的位置谱进行有效识别，无法解决不同的辐射探测器生成的位置谱的特征不一、差异较大的问题。

发明内容

本发明的目的是提供一种识别位置谱的方法、装置以及计算机存储介质，从而解决上述现有技术中的至少一种问题。

为了解决上述技术问题，本发明的技术方案是提供一种识别位置谱的方法，位置谱为光子的二维位置分布图，位置谱包含从探测器输出的单事件中提取所有光子的位置信息，该方法包括以下步骤：

步骤 S1：对初始位置谱进行预处理以得到第一位置谱；

步骤 S2：对所述第一位置谱进行特征提取，得到多个第二位置谱；

步骤 S3：对所述第二位置谱进行极值搜索，得到 N 个极值点，所述极值点形成第三位置谱，其中，N 为所述探测器中闪烁晶体的数量；

步骤 S4：对所述第三位置谱中的所述极值点进行全局编号，形成第六位置谱；

步骤 S5：根据所述第六位置谱中的所述极值点对所述单事件进行聚类，形成最终位置谱，完成位置谱的分割。

根据本发明的一个实施例，在所述步骤 S1 中，所述预处理的具体步骤为：选取第一高斯模板的尺寸大小和第一方差，将所述初始位置谱与所述第一高斯模板进行卷积处理以得到第一位置谱。

根据本发明的一个实施例，在所述步骤 S2 中，特征提取的具体步骤包括：

步骤 S21：确定一组第二方差 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ ，n 为自然数，根据每一个所述第二方差 σ_n 和相同的尺寸大小生成 n 个第二高斯模板，记为

g;

步骤 S22: 求每一个所述第二高斯模板与第一位置谱卷积后的 Hessian 矩阵,

$$H(L) = \begin{bmatrix} L_{xx} & L_{xy} \\ L_{xy} & L_{yy} \end{bmatrix}$$

, 其中, x、y 为所述位置谱的图像中对应的正交坐标轴;

步骤 S23: 计算 n 个 Hessian 矩阵的行列式: $D = L_{xx} \times L_{yy} - L_{xy}^2$, 得到 n 个第二位置谱。

根据本发明的一个实施例, 在所述步骤 S22 中, 求 Hessian 矩阵的具体步骤包括:

第一步, 根据不同的所述第二方差计算所述第二高斯模板关于 x 的二阶偏导:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{x^2}{\sigma^2} - 1 \right)$$

第二步, 根据不同的所述第二方差计算所述第二高斯模板关于 y 的二阶偏导:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial y^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{y^2}{\sigma^2} - 1 \right)$$

第三步, 根据不同的所述第二方差计算所述第二高斯模板关于 x 的偏导后再计算关于 y 的偏导:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x \partial y} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{xy}{\sigma^2} \right)$$

第四步, 对上述三种偏导进行规范化, 即乘上 σ^2 , 之后将三种偏导分别与第一位置谱进行卷积操作, 得到 n 个 L_{xx} , L_{xy} , L_{yy} , 从而获得 n 个 Hessian 矩阵, 其中 g 为第二高斯模板, x、y 为所述探测器中所述闪烁晶体的横截面对应的正交坐标轴。

根据本发明的一个实施例, 在上述步骤 S3 中, 进行极值搜索之

前需要对多个所述第二位置谱进行形态学膨胀处理以得到膨胀位置谱。

根据本发明的一个实施例，在上述步骤 S3 中，极值搜索的具体步骤是在多个所述膨胀位置谱中搜索最大的 N 个值以得到所述第三位置谱。

根据本发明的一个实施例，在所述步骤 S4 中，全局编号的具体步骤包括：

步骤 S41：获取所有所述极值点的位置坐标和位置响应半径；

步骤 S42：提取所述极值点的所述位置坐标在所述位置响应半径范围内的区域；

步骤 S43：计算每个所述区域内在行/列方向上的相应维度坐标的最小值；

步骤 S44：对 N 个最小值进行排序，第 $m \times (n-1) + 1$ 到第 $m \times n$ 个最小值对应的极值点隶属于第 n 行/列，m 为行/列上的闪烁晶体数量，n 为自然数；

步骤 S45：根据所述极值点所分配的行/列按闪烁晶体阵列实际的几何顺序进行编号，将编号显示在极值点周围以形成所述第六位置谱。

根据本发明的一个实施例，在所述步骤 S5 中，事件聚类是指获得位置谱中极值点的所述位置坐标后，对所有单事件按照位置信息进行聚类，生成晶体对照表并获得位置谱的分割结果。

根据本发明的一个实施例，事件聚类的具体步骤包括：

步骤 S51：任意选取一个所述单事件的位置坐标，计算所述位置坐标与 N 个所识别出的所述极值点的所述位置坐标之间的距离；

步骤 S52：在所述步骤 S51 的 N 个距离中选取最短的距离所在的极值点作为所述步骤 S51 中所述位置坐标的晶体聚类；

步骤 S53：遍历所有的所述单事件的位置坐标，获得所有所述位置坐标对应的晶体聚类，将不同类别用折线区分开来以形成所述最终位置谱。

根据本发明的一个实施例，该方法还包括以下步骤：

步骤 S31：对所述第三位置谱中无效的极值点进行剔除以形成第四位置谱；

步骤 S32：对剔除后的所有极值点进行行列分配以形成第五位置谱；

步骤 S33：对所述第五位置谱中缺失的极值点进行预测。

根据本发明的一个实施例，在所述步骤 S31 中，对所述第三位置谱中无效的极值点进行剔除的具体步骤包括：

步骤 S311：根据所述极值点的位置坐标和第二方差大小提取出所有极值点的位置分布区域图像；

步骤 S312：确定一个初始分割阈值 T ，将位置分布区域图像中小于初始分割阈值 T 的像素点的数目占有所有像素点数目的比例记为 w_0 ，平均灰度记为 u_0 ；将位置分布区域图像中大于初始分割阈值 T 的像素点的数目占有所有像素点数目的比例记为 w_1 ，平均灰度记为 u_1 ；

步骤 S313：按照公式 $k = w_0 \times w_1 \times (u_0 - u_1)^2$ 计算类间方差 k ；

步骤 S314：遍历初始分割阈值 T 的值，使得类间方差 k 最大，从而获得闪烁晶体的位置分布区域图像的二值化图像；

步骤 S315：取得二值化图像中心一个邻域并计算像素和，若该邻域内的像素和的值为 0，则认定该极值点为无效的极值点。

根据本发明的一个实施例，在所述步骤 S32 中，行列分配的具体步骤可以包括：

步骤 S321：将步骤 S31 中识别的极值点的位置坐标按照对应的维度坐标的大小分别进行排序；

步骤 S322：抽取第 $m \times (n-1) + 1$ 到第 $m \times n$ 个极值点作为第 n 行/列的模糊行集， m 为每一行上的晶体数量， n 为自然数；

步骤 S323：从第 n 行/列的模糊行集中随机抽取 p 个极值点作为参与拟合的点集 S ，剩余极值点的集合记为余集 R ， p 为拟合曲线所需的样本数；

步骤 S324：对点集 S 中的极值点进行二次曲线拟合；

步骤 S325: 对余集 R 中的所有极值点求取与拟合的二次曲线的误差和 E;

步骤 S326: 重复步骤 S323-步骤 S325 的过程, 直至在迭代次数内获得的误差和 E 的最小值或者误差和 E 小于设定的最小容忍阈值, 得到第 n 行/列极值点的分布曲线;

步骤 S327: 将已经识别的极值点按照行列分配原则分配至每一行/列的分布曲线上。

根据本发明的一个实施例, 所述行列分配原则包括就近分配原则和冲突分配原则。

根据本发明的一个实施例, 所述就近分配原则包括: 按照极值点和分布曲线交点之间的距离最近分配; 一个分布曲线的交点处最多占据一个极值点, 一个极值点仅能分配给一个交点。

根据本发明的一个实施例, 所述冲突分配原则包括: 通过分布曲线的交点找到对应的多个极值点; 对每个对应的极值点分别寻找最近的两个交点; 判断每个极值点距离两个最近的交点的距离之和的大小, 距离之和最大的极值点分配至有冲突的分布曲线的交点。

根据本发明的一个实施例, 在所述步骤 S33 中, 对缺失的极值点进行预测的具体步骤是: 找到未分配极值点的交点坐标, 并且将该交点的位置坐标赋予给当前行和当前列上缺失的极值点。

本发明还提供一种识别位置谱的装置, 所述装置包括: 预处理模块、特征提取模块、极值搜索模块、全局编号模块以及事件聚类模块, 所述预处理模块接收通过探测器输出的初始位置谱并对所述初始位置谱进行预处理以形成第一位置谱; 所述特征提取模块接收所述第一位置谱并对所述第一位置谱进行特征提取以得到第二位置谱; 所述极值搜索模块接收所述第二位置谱并对所述第二位置谱进行极值搜索以得到第三位置谱; 所述全局编号模块对所述第三位置谱进行全局编号以形成第六位置谱; 所述事件聚类模块对所述第六位置谱中的单事件进行聚类以形成最终位置谱, 完成位置谱的分割。

根据本发明的一个实施例, 所述装置进一步包括: 无效值剔除模

块、行列分配模块以及缺失点预测模块，所述无效值剔除模块剔除所述第三位置谱中无效的极值点并形成第四位置谱；所述行列分配模块对所述第四位置谱中的极值点进行分配以形成第五位置谱；所述缺失点预测模块对所述第五位置谱中缺失的极值点进行预测。

本发明还提供了一种计算机存储介质，该计算机存储介质上存储有计算机程序，该计算机程序被执行时实现如上述任一实施例中记载的方法。

通过本发明提供的位置谱分割的方法、装置以及计算机存储介质，可以根据需要全自动化的对任意的的位置谱进行处理，也可以根据需要对位置谱进行划分后处理，可以高效率、高准确度地实现对边缘模糊、形变严重的位置谱的识别，同时支持对不同结构探测器生成的位置谱进行有效识别。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是根据本发明的一个实施例的识别位置谱的方法的步骤示意图；

图 2 是根据本发明的一个实施例的识别位置谱的方法的效果示意图，其中，初始位置谱（左）通过 SiPM（硅光电倍增管）探测器获取，初始位置谱经过滤波处理后可以得到第一位置谱（右）；

图 3 是根据图 2 的识别位置谱的方法的第二位置谱的示意图，其中通过对第一位置谱进行特征提取后得到的其中一个第二位置谱；

图 4 是根据本发明一个实施例的识别位置谱的方法对图 2 所示的第二位置谱进行形态学膨胀后的位置谱示意图；

图 5 是根据图 4 的识别位置谱的方法的第四位置谱的示意图，其中通过对第二位置谱进行极值搜索后得到第三位置谱；

图 6 是根据本发明一个实施例的经过分割后的最终位置谱的示意图，其中初始位置谱通过 SiPM 探测器获取；

图 7 是根据本发明另一个实施例的识别位置谱的方法的效果示意图，其中，初始位置谱（左）通过 PSPMT（位置灵敏型光电倍增管）探测器获取，初始位置谱经过滤波处理后可以得到第一位置谱（右）；

图 8 是根据图 6 的识别位置谱的方法的第二位置谱的示意图，其中通过对第一位置谱进行特征提取后得到其中一个第二位置谱；

图 9 是根据本发明一个实施例的识别位置谱的方法对图 7 所示的第二位置谱进行形态学膨胀后的位置谱示意图；

图 10 是根据本发明一个实施例的识别位置谱的方法对图 8 所示的位置谱进行极值搜索后得到的第三位置谱的示意图；

图 11 是根据本发明一个实施例的识别位置谱的方法的第四位置谱的示意图，其中通过对第三位置谱进行无效值剔除后得到第四位置谱，白色圆圈标记的是识别错误需要剔除的极值点；

图 12 是根据本发明一个实施例的识别位置谱的方法的分配冲突的示意图；

图 13 是根据图 11 的识别位置谱的方法的分配冲突后的结果示意图；

图 14 是根据本发明一个实施例的经过行列分配后的第五位置谱的示意图，其中初始位置谱通过 SiPM 探测器获取；

图 15 是根据本发明另一个实施例的经过行列分配后的第五位置谱示意图，其中初始位置谱通过 PSPMT 探测器获取；

图 16 是根据本发明一个实施例的识别位置谱的方法经过全局编号的第六位置谱的示意图；

图 17 是根据本发明另一个实施例的的经过分割后的最终位置谱的示意图，其中初始位置谱通过 PSPMT 探测器获取；

图 18 是根据本发明一个实施例的识别位置谱的装置的结构示意图。

具体实施方式

以下结合具体实施例，对本发明做进一步说明。应理解，以下实施例仅用于说明本发明而非用于限制本发明的范围。

需要说明的是，当部件/零件被称为“设置在”另一个部件/零件上，它可以直接设置在另一个部件/零件上或者也可以存在居中的部件/零件。当部件/零件被称为“连接/联接”至另一个部件/零件，它可以是直接连接/联接至另一个部件/零件或者可能同时存在居中部件/零件。本文所使用的术语“连接/联接”可以包括电气和/或机械物理连接/联接。本文所使用的术语“包括/包含”指特征、步骤或部件/零件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、步骤或部件/零件的存在或添加。本文所使用的术语“和 / 或”包括一个或多个相关所列项目的任意的和所有的组合。

除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中所使用的术语只是为了描述具体实施例的目的，而并不是旨在限制本发明。

另外，在本发明的描述中，术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的和区别类似的对象，两者之间并不存在先后顺序，也不能理解为指示或暗示相对重要性。此外，在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

如图 1 所示，本发明提供的识别位置谱的方法可以包括以下步骤：

步骤 S1：对初始位置谱进行预处理以得到第一位置谱；

步骤 S2：对第一位置谱进行特征提取，得到多个第二位置谱；

步骤 S3：对第二位置谱进行极值搜索，得到 N 个极值点，这些极值点形成第三位置谱，其中，N 为探测器中闪烁晶体的数量；

步骤 S4：对第三位置谱中的极值点进行全局编号，形成第六位置谱；

步骤 S5：根据第六位置谱中的极值点对单事件进行聚类，形成最终位置谱，完成位置谱的分割。

更具体地，在上述步骤 S1 之前，本领域技术人员可以通过本领域常用的设备或者方法获取初始位置谱，比如通过 SiPM 探测器和多

阈值采样方法获取初始位置谱，或者通过 PSPMT 探测器和多阈值采样方法方法获取初始位置谱，即，本申请中的初始位置谱可以是现有技术中通过任何方法和设备所获取的位置谱。本领域技术人员公知的是，位置谱是通过从 PET 探测器输出的单事件数据中提取的位置信息所形成的所有光子的二维位置分布图，图像中每一个像素值表示该二维坐标上落入光子的数目，图像中的光斑表示了不同晶体条所产生的光子的位置分布，像素值越大表示落入该位置的光子数量越多。本申请中的初始位置谱可以是边缘清晰、形变较小的位置谱，也可以是边缘模糊、形变严重的位置谱。在本领域中，位置谱的边缘的清晰度和形变的大小可以通过本领域技术人员的经验进行判断，其并不是本领域中难以确定的，在此不再赘述。

在上述步骤 S1 中，对初始位置谱进行预处理的具体方法可以采用二维高斯滤波，具体地，本领域技术人员可以根据实际经验或者随机选定第一高斯模板的尺寸大小和第一方差，然后将初始位置谱与第一高斯模板进行卷积处理，得到第一位置谱。第一高斯模板、第一高斯模板的尺寸大小和第一方差的选择以及卷积操作均属于本领域技术人员的常规技术选择，其并不是本领域中难以确定的，在此不再赘述。通过预处理可以使得初始位置谱中的每一个光斑变得更加均匀和明显，即初始位置谱中的光斑的形状和分布更加接近二维高斯函数，如图 2 所示。

在上述步骤 S2 中，由于第一位置谱的主要特征在于局部的光斑，为了能够在更广的范围内正确的识别光斑，需要对第一位置谱中的光斑进行特征提取，因此，可以采用基于求导的微分方法，针对光斑分布特征以判断光斑与微分算子的相似性。光斑的分布特征指光斑在二维坐标上的分布，可以是光斑的排布形状等，比如中间计数高、四周计数低，即光斑中间清晰、四周较弱等特征。特征提取的具体步骤可以包括：

步骤 S21：确定一组第二方差 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ （其中 n 为自然数），根据每一个第二方差 σ_n 和相同的尺寸大小生成一个二维高斯模板，即生成 n 个第二高斯模板，记为 g ，同时根据探测器中闪烁晶体的横截

面建立与位置谱的图像对应的正交坐标系 XOY;

步骤 S22: 求每一个第二高斯模板和第一位置谱卷积后的解, 即求 Hessian 矩阵:

首先, 根据不同的第二方差计算第二高斯模板关于 x 的二阶偏导:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{x^2}{\sigma^2} - 1 \right)$$

其次, 根据不同的第二方差计算第二高斯模板关于 y 的二阶偏导:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial y^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{y^2}{\sigma^2} - 1 \right)$$

再次, 根据不同的第二方差计算第二高斯模板关于 x 的偏导后再计算关于 y 的偏导:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x \partial y} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{xy}{\sigma^2} \right)$$

最后, 对上述三种偏导进行规范化, 即乘上 σ^2 , 之后将三种偏导分别与第一位置谱进行卷积操作, 得到 n 个 L_{xx} , L_{xy} , L_{yy} , 从而可以获得 n 个 Hessian 矩阵, 即

$$H(L) = \begin{bmatrix} L_{xx} & L_{xy} \\ L_{xy} & L_{yy} \end{bmatrix}$$

步骤 S23: 计算 n 个 Hessian 矩阵的行列式, 即 $D = L_{xx} \times L_{yy} - L_{xy}^2$, 得到 n 个第二位置谱, 如图 3 所示。

在上述步骤 S21 中, 本领域技术人员可以根据实际经验或者随机选定第二方差的具体值, 这并不是本领域中难以确定的, 在此不再赘述。

在上述步骤 S3 中, 进行极值搜索之前可以对 n 个第二位置谱进行形态学膨胀操作得到 n 个膨胀位置谱, 如图 4 所示; 极值搜索即在 n 个膨胀位置谱中搜索最大的 N 个值, 同时获得 N 个值对应的位置坐标和第二方差的值, 从而以形成第三位置谱, N 为 PET 探测器中对应的闪烁晶体的数目, N 个最大值对应的位置即识别出的 N 个极

值点，每个极值点所在的膨胀位置谱对应着第二高斯模板方差的大小；通常取 3 倍的第二高斯模板方差作为每个晶体在第三位置谱上的半径，如图 5 所示。

对于排列整齐、分布清晰的位置谱，当经过步骤 S1-S3 的处理后，即可进行步骤 S4。在步骤 S4 中，全局编号可以通过极值点邻域排序的方式进行，具体步骤可以包括：

步骤 S41：获取所有极值点的位置坐标和位置响应半径，其中，极值点的位置坐标与原始建立的 XOY 坐标系保持一致，位置响应半径可以根据实际晶体条的横截面尺寸选取，比如通常取 3 倍的第二高斯模板方差作为每个极值点的位置响应半径；

步骤 S42：提取极值点的位置坐标在位置响应半径范围内的区域，若极值点个数为 N，则提取的区域个数也为 N；

步骤 S43：计算每个区域内在行/列方向上对应坐标的最小值；具体地，比如对行进行判断时，需要判断整个区域内所有点中最小的 y 值；对列进行判断时，需要判断整个区域内所有点中最小的 x 值；

步骤 S44：对 N 个最小值进行排序，则第 $m \times (n-1) + 1$ 到第 $m \times n$ 个最小值对应的极值点隶属于第 n 行/列，m 为行/列上的晶体数量，n 为自然数；

步骤 S45：根据极值点所分配的行/列按晶体阵列实际的几何顺序进行编号，将编号显示在极值点周围以形成第六位置谱，如图 6 所示，其中的数字为经过全局编号的结果。

在上述步骤 S5 中，事件聚类是指在获得位置谱中极值点的位置坐标后，需要对所有单事件按照位置信息进行聚类，生成晶体对照表（crystal lookup table）。由于正电子与电子湮灭后产生一对能量相同、方向相反的光子，每一个被探测到的光子事件都包含了湮灭的位置、时间和能量信息，为了准确的判断位置信息，就需要对所有单事件进行聚类，判断每一个光子事件来源于哪一根晶体条，将每一个光子事件与位置谱的光斑对应起来。具体地，事件聚类可以包括以下步骤：

步骤 S51：任意选取一个单事件的位置坐标，计算该位置坐标与 N 个所识别出的极值点的位置坐标之间的距离，N 为晶体数量；

步骤 S52: 在步骤 S51 的 N 个距离中选取最短的距离所在的晶体作为步骤 S51 中位置坐标的晶体聚类;

步骤 S53: 遍历所有单事件的位置坐标, 获得所有位置坐标的晶体聚类, 从而形成最终位置谱, 如图 6 所示。

此外, 在上述步骤 S5 中, 还可以采用已识别晶体的极值点位置来初始化 GMM (高斯混合模型) 中的高斯函数均值、初始化 SOM (自组织映射算法) 中的初始神经元权值、初始化 KNN (K-近邻算法) 算法中的聚集点中心以高效率地获得单事件的晶体聚类, 具体步骤不再赘述。

在上述步骤 S51 中, 单事件的位置坐标本质上是位置谱的像素编号。光斑代表着晶体, 比如对于 13×13 排列的晶体条, 其总共的像素值为 256×256 , 表示光子可能会打中的 256×256 个位置, 因此, 对于 256×256 像素大小的位置谱, 对于第一行第一列的单事件位置, 其位置坐标为 (1, 1), 对于第 i 行第 j 列的单事件位置, 其位置坐标为 (i, j)。

在上述实施例中, 步骤 S1-步骤 S5 能够以更高的准确度、更快的速度、更高的效率处理、识别位置谱, 尤其适用于排列整齐、分布位置清晰的位置谱, 比如图 2 所示的通过 SiPM (硅光电倍增管) 探测器获取的初始位置谱。但是, 对于对于排列杂乱、分布模糊的位置谱, 比如图 7 所示的通过 PSPMT (位置灵敏型光电倍增管) 探测器获取的初始位置谱, 按照上述步骤 S1-S3 进行处理之后, 可能会得到较多错误的极值点, 因此, 需要在极值搜索之后进行无效值剔除、行列分配和缺失点预测以提高对模糊分布的晶体进行识别和预测的效果。

根据本发明的另一个实施例, 本发明提供的识别位置谱的方法的步骤还可以包括以下步骤:

步骤 S1: 对初始位置谱进行预处理以得到第一位置谱;

步骤 S2: 对第一位置谱进行特征提取, 得到多个第二位置谱;

步骤 S3: 对第二位置谱进行极值搜索, 得到 N 个极值点, N 为探测器中闪烁晶体的数量; 其中, 在极值搜索后需要进行步骤 S31-

步骤 S33;

步骤 S31: 对第三位置谱中无效的极值点进行剔除, 得到第四位置谱;

步骤 S32: 对剔除后的所有极值点进行行列分配, 形成第五位置谱;

步骤 S33: 对缺失的极值点进行预测以形成第三位置谱;

步骤 S4: 对第三位置谱中的极值点进行全局编号, 形成第六位置谱;

步骤 S5: 根据对第六位置谱中的极值点对单事件进行聚类, 形成最终位置谱, 完成位置谱的分割。

上述步骤 S1 和步骤 S2 中的具体方法与上一实施例中相似或者相同, 在此不再赘述, 比如, 对于通过 PSPMT (位置灵敏型光电倍增管) 探测器获取的初始位置谱, 其排列杂乱、分布模糊, 经过预处理后的效果如图 7 所示; 进行特征提取后的位置谱如图 8 所示, 进行形态学膨胀和极值搜索后的效果分别如图 9、图 10 所示。

在上述步骤 S31 中, 对无效的极值点进行剔除的具体步骤可以包括:

步骤 S311: 根据极值搜索所识别出的极值点的位置坐标和第二方差大小提取出所有极值点的位置分布区域图像, 如图 10 所示;

步骤 S312: 确定一个初始分割阈值 T , 将位置分布区域图像中小于初始分割阈值 T 的像素点的数目占有所有像素点数目的比例记为 w_0 , 平均灰度记为 u_0 ; 将位置分布区域图像中大于初始分割阈值 T 的像素点的数目占有所有像素点数目的比例记为 w_1 , 平均灰度记为 u_1 ; 将整体位置分布区域图像的平均灰度记为 u ;

步骤 S313: 按照公式 $k = w_0 \times w_1 \times (u_0 - u_1)^2$ 计算类间方差 k ;

步骤 S314: 遍历初始分割阈值 T 的值, 使得类间方差 k 最大, 从而获得晶体的位置分布区域图像的二值化图像;

步骤 S315: 取得二值化图像中心一个邻域并计算像素和, 若该邻域内的像素和的值为 0, 则认定该极值点为错误识别的极值点, 即无效的极值点, 如图 11 所示, 白色圆圈标记的是识别错误的极值点。

在上述步骤 S32 中,行列分配的具体步骤可以按照晶体排列的行或者列进行,在此以行分配举例,行列分配的具体步骤可以包括:

步骤 S321: 将步骤 S31 中识别的极值点的位置坐标按照对应的维度坐标的大小分别进行排序;

步骤 S322: 若按照 x 坐标排序,则抽取第 $m \times (n-1) + 1$ 到第 $m \times n$ 个极值点作为第 n 行的模糊行集, m 为每一行上的晶体数量, n 为自然数;

步骤 S323: 从第 n 行的模糊行集中随机抽取 p 个极值点作为参与拟合的点集 S, 剩余极值点的集合记为余集 R, p 为拟合曲线所需的样本数;

步骤 S324: 对点集 S 中的极值点进行基于最小二乘法的二次曲线拟合;

步骤 S325: 对余集 R 中的所有极值点求取与拟合的二次曲线的误差和 E;

步骤 S326: 重复步骤 S323-步骤 S325 的过程, 直至在迭代次数内获得的误差和 E 的最小值或者误差和 E 小于设定的最小容忍阈值, 此时拟合的二次曲线即为第 n 行极值点的分布曲线;

步骤 S327: 将已经识别的极值点按照行列分配原则分配至每一行/列的分布曲线上。

在上述步骤 S323-步骤 S325 中, 基于最小二乘法进行曲线拟合是本领域技术人员容易实现的, 在此不再赘述。

在上述步骤 S326 中, 误差和 E 的最小容忍阈值可以通过多次试验确定, 本领域技术人员通过多次的试验结果, 可以很容易的确定最小容忍阈值的范围, 在此不再赘述。

在上述步骤 S327 中, 行列分配原则的本质是将位置谱上的极值点分配给行、列分布曲线的交点, 行列分配原则包括就近分配原则和冲突分配原则。

对于就近分配原则, 包括: 第一、按照极值点和分布曲线交点之间的距离最近分配; 第二、一个分布曲线的交点处最多占据一个极值点, 一个极值点仅能分配给一个交点。

对于冲突分配原则，具体地，对于一个交点对应多个极值点的情况，如图 12 所示，空心圆表示极值点，实心圆表示分布曲线的交点，当多个极值点与某个分布曲线的交点的距离相同时，该交点便会对应多个极值点。如图 12 中 $l_{A1}=l_{B1}$ ，则表示分布曲线的交点 c 同时对应极值点 A 和 B， l 为极值点与分布曲线交点之间的距离。此时，冲突分配原则按照以下步骤进行：

第一、通过分布曲线的交点找到对应的多个极值点，比如，交点 c 对应的两个极值点 A 和 B；

第二、对每个对应的极值点分别寻找最近的两个交点，比如，极值点 A 最近的两个交点分别为 a 和 c，极值点 B 最近的两个交点分别为 c 和 d；

第三、判断每个极值点距离两个最近的交点的距离之和的大小，距离之和最大的极值点分配至有冲突的分布曲线的交点，比如，图 12 中极值点 A 与交点 c、a 之间的距离分别为 l_{A1} 、 l_{A2} ，极值点 B 与交点 c、d 之间的距离分别为 l_{B1} 、 l_{B2} ，极值点 A 与两个最近的交点 c、a 之间的距离之和 $l_{A1}+l_{A2}$ 小于极值点 B 与两个最近的交点 c、d 之间的距离之和 $l_{B1}+l_{B2}$ ，因此极值点 B 分配至交点 c，极值点 A 分配至与其距离最近的另外一个交点 a，分配结果如图 13 所示。

对于通过 PSPMT（位置灵敏型光电倍增管）探测器获取的初始位置谱，其经过极值搜索和无效值剔除后的位置谱如图 11 所示，经过行列分配之前的位置谱如图 14 所示，可以看到其中一些极值点共享了相同的分布曲线交点；经过行列分配之后的位置谱如图 15 所示，可以看到经过行列分配之后所有的极值点和分布曲线的交点一一对应。

进一步地，由于经过错误识别和剔除以后，最终识别出的晶体的数目或者极值点的数量要少于目标数目，因此需要进一步对缺失晶体的位置进行预测，即进行步骤 S33。在上述步骤 S33 中，对缺失的极值点进行预测是根据分布曲线交点行列分配的结果进行的，经过行列分配之后，所有识别的极值点都有且只有一个分布曲线的交点与之对应，缺失点预测即找到未分配极值点的交点坐标，并且将该交点坐标

赋予给当前行和当前列上缺失的极值点。

本领域技术人员需要注意的是，对于排列杂乱、分布模糊的位置谱，由于其需要进行无效值剔除、行列分配以及缺失点预测的步骤，步骤 S4 可以根据行列分配后的结果直接进行，在此不再赘述。

虽然本发明提供了如上述实施例或流程图所述的方法操作步骤，但基于常规或者无需创造性的劳动在所述方法中可以包括更多或者更少的操作步骤。在逻辑性上不存在必要因果关系的步骤中，这些步骤的执行顺序不限于本发明实施例提供的执行顺序。

通过本发明提供的位置谱分割的方法，可以根据需要对任意的位位置谱进行处理，也可以根据需要对位置谱进行划分后处理，比如对于边缘模糊、性变严重的位置谱，可以直接按照步骤 S1-步骤 S2-步骤 S3-步骤 S31、步骤 S32、步骤 S33-步骤 S4-步骤 S5 进行分割，对于排列整齐、分布清晰的位置谱，可以按照步骤 S1-步骤 S2-步骤 S3-步骤 S4-步骤 S5 进行分割。总之，通过本发明提供的方法，可以高效率、高准确度地实现对边缘模糊、形变严重的位置谱的识别，同时支持对不同结构探测器生成的位置谱进行有效识别。

进一步地，如图 18 所示，本发明还提供了一种基于上述方法的识别位置谱的装置，该装置包括预处理模块 10、特征提取模块 20、极值搜索模块 30、全局编号模块 40 和事件聚类模块 50，其中，预处理模块 10 接收通过探测器输出的初始位置谱并对初始位置谱进行预处理以形成第一位置谱；特征提取模块 20 接收第一位置谱并对第一位置谱进行特征提取以得到第二位置谱；极值搜索模块 30 接收第二位置谱并对第二位置谱进行极值搜索以得到第三位置谱；全局编号模块 40 对第三位置谱进行全局编号以形成第六位置谱；事件聚类模块 50 对第六位置谱中的单事件进行聚类以形成最终位置谱，完成位置谱的分割。

初始位置谱可以通过本领域常用的设备或者方法获取，比如通过 SiPM 探测器和多阈值采样方法获取初始位置谱，或者通过 PSPMT 探测器和传统的时间间隔采样方法获取初始位置谱。

更具体地，预处理模块 10 可以采用二维高斯滤波对初始位置谱

进行预处理，预处理模块 10 根据本领域技术人员通过实际经验或者随机设定的第一高斯模板的尺寸大小和第一方差，然后将初始位置谱与第一高斯模板进行卷积处理，得到第一位置谱。通过预处理可以使得初始位置谱中的每一个光斑变得更加均匀和明显，即初始位置谱中的光斑的形状和分布更加接近二维高斯函数，如图 2 所示。

进一步地，为了能够在更广的范围内正确的识别光斑，需要对第一位置谱中的光斑进行特征提取，特征提取模块 20 可以采用基于求导的微分方法，针对光斑分布特征以判断光斑与微分算子的相似性。光斑的分布特征指光斑在二维坐标上的分布，可以是光斑的排布形状等，比如中间计数高、四周计数低，即中间光斑清晰、四周光斑较弱等特征。特征提取模块 20 可以按照下述具体步骤进行特征提取：

步骤 S21：预设一组第二方差 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ （其中 n 为自然数），根据每一个第二方差 σ_n 和相同的尺寸大小生成一个二维高斯模板，即生成 n 个第二高斯模板，记为 g；

步骤 S22：求每一个第二高斯模板和第一位置谱卷积后的解，即求 Hessian 矩阵：

首先，根据不同的第二方差计算第二高斯模板关于 x 的二阶偏导：

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{x^2}{\sigma^2} - 1 \right)$$

其次，根据不同的第二方差计算第二高斯模板关于 y 的二阶偏导：

$$\frac{\partial^2 g}{\partial y^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{y^2}{\sigma^2} - 1 \right)$$

再次，根据不同的第二方差计算第二高斯模板关于 x 的偏导后再计算关于 y 的偏导：

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x \partial y} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{xy}{\sigma^2} \right)$$

最后，对上述三种偏导进行规范化，即乘上 σ^2 ，之后将三种偏导分别与第一位置谱进行卷积操作，得到 n 个 L_{xx} , L_{xy} , L_{yy} ，从而可以

获得 n 个 Hessian 矩阵，即

$$H(L) = \begin{bmatrix} L_{xx} & L_{xy} \\ L_{xy} & L_{yy} \end{bmatrix}$$

步骤 S23: 计算 n 个 Hessian 矩阵的行列式, 即 $D = L_{xx} \times L_{yy} - L_{xy}^2$, 得到 n 个第二位置谱, 如图 3 所示。

极值搜索模块 30 可以对 n 个第二位置谱进行形态学膨胀操作得到 n 个膨胀位置谱, 然后极值搜索模块 30 在 n 个膨胀位置谱中搜索最大的 N 个值作为极值点以得到第三位置谱, N 为 PET 探测器中对应的闪烁晶体的数目。

对于排列整齐、分布清晰的位置谱, 当经过预处理模块 10、特征提取模块 20、极值搜索模块 30 的处理后, 即可通过全局编号模块 40 进行全局编号, 全局编号可以通过极值点邻域排序的方式进行, 具体步骤可以包括:

步骤 S41: 获取所有极值点的位置坐标和位置响应半径, 其中, 极值点的位置坐标与原始建立的 XOY 坐标系保持一致, 位置响应半径可以根据实际晶体条的横截面尺寸选取, 比如通常取 3 倍的第二高斯模板方差作为每个极值点的位置响应半径;

步骤 S42: 提取极值点的位置坐标在位置响应半径范围内的区域, 若极值点个数为 N , 则提取的区域个数也为 N ;

步骤 S43: 计算每个区域内在行/列方向上对应坐标的最小值; 具体地, 比如对行进行判断时, 需要判断整个区域内所有点中最小的 y 值; 对列进行判断时, 需要判断整个区域内所有点中最小的 x 值;

步骤 S44: 对 N 个最小值进行排序, 则第 $m \times (n-1) + 1$ 到第 $m \times n$ 个最小值对应的极值点隶属于第 n 行/列, m 为行/列上的晶体数量, n 为自然数;

步骤 S45: 根据极值点所分配的行/列按晶体阵列实际的几何顺序进行编号, 将编号显示在极值点周围以形成第六位置谱, 如图 6 所示, 其中的数字为经过全局编号的结果。

最后, 事件聚类模块 50 对所有单事件按照位置信息进行聚类,

生成晶体对照表 (crystal lookup table)。事件聚类模块 50 可以按照以下步骤处理：

步骤 S51：任意选取一个单事件的位置坐标，计算该位置坐标与 N 个所识别出的极值点的位置坐标之间的距离，N 为晶体数量；

步骤 S52：在步骤 S51 的 N 个距离中选取最短的距离所在的晶体作为步骤 S51 中位置坐标的晶体聚类；

步骤 S53：遍历所有单事件的位置坐标，获得所有位置坐标的晶体聚类，从而形成最终位置谱，如图 6 所示。

对于对于排列杂乱、分布模糊的位置谱，比如图 7 所示的通过 PSPMT（位置灵敏型光电倍增管）探测器获取的初始位置谱，经过预处理模块 10、特征提取模块 20、极值搜索模块 30 的处理后，可能会得到较多错误的极值点，因此，需要在极值搜索模块之后采用无效值剔除模块 60、行列分配模块 70 和缺失点预测模块 80 处理以提高对模糊分布的晶体进行识别和预测的效果。无效值剔除模块 60、行列分配模块 70 和缺失点预测模块 80 的处理步骤与上述第二实施例中的无效值剔除步骤、行列分配步骤和缺失点预测步骤相同，在此不再赘述。无效值剔除模块 60 针对错误识别区域的特征来进行适应性的错误剔除工作，可以解决分布模糊的位置谱经过特征提取会得到错误的极值点的问题，能够有效剔除大部分识别错误的极值点位置。行列分配模块 70 可以使所有识别的极值点都有且只有一个拟合曲线的交点与之对应。缺失点预测模块 80 可以获得未分配极值点的交点坐标，同时将该交点坐标赋予给当前行和当前列上缺失的极值点。

通过本发明提供的位置谱分割的装置，可以根据需要对任意的位位置谱进行处理，也可以根据需要对位置谱进行划分后处理，比如，对于排列整齐、分布清晰的位置谱，可以直接通过预处理模块、特征提取模块、极值搜索模块、全局编号模块和事件聚类模块进行分割；对于边缘模糊、形变严重的位置谱，可以额外采用无效值剔除模块、行列分配模块和缺失点预测模块进行分割。总之，通过本发明提供的装置，可以高效率、高准确度地实现对边缘模糊、形变严重的位置谱的识别，同时支持对不同结构探测器生成的位置谱进行有效识别。

本发明还提供了一种计算机存储介质，该计算机存储介质存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时可以实现上述方法实施例中的步骤，比如：对初始位置谱进行预处理以得到第一位置谱；对第一位置谱进行特征提取，得到多个第二位置谱；对第二位置谱进行极值搜索，得到N个极值点，通过这些极值点形成第三位置谱，其中，N为探测器中闪烁晶体的数量；对第三位置谱中的极值点进行全局编号，形成第六位置谱；根据第六位置谱中的极值点对单事件进行聚类，形成最终位置谱，完成位置谱的分割。另外，该计算机程序被执行时也可以实现对第三位置谱中无效的极值点进行剔除以得到第四位置谱以及对剔除后的所有极值点进行行列分配以形成第五位置谱。

关于该实施例的详细描述，可以参照上述实施例中对位置谱的分割方法的详细描述，在此不再赘叙。

本发明的计算机存储介质可以包括能够携带计算机程序代码的任何实体或装置，比如ROM/RAM、磁盘、光盘、闪存等存储器，在此不再一一列举。

上述实施例阐明的装置、模块等，具体可以由计算机芯片和/或实体实现，或者由具有某种功能的产品来实现。为了描述的方便，描述以上装置时以功能分为各种模块分别描述。当然，在实施本发明的实施例时可以把各模块的功能集成在同一个或多个计算机芯片中实现。

以上所述的，仅为本发明的较佳实施例，并非用以限定本发明的范围，本发明的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰，皆落入本发明专利的权利要求保护范围。本发明未详尽描述的均为常规技术内容。

权利要求书

1.一种识别位置谱的方法，所述位置谱为光子的二维位置分布图，所述位置谱包含从探测器输出的单事件中提取的所有光子的位置信息，其特征在于，所述方法包括以下步骤：

步骤 S1：对初始位置谱进行预处理以得到第一位置谱；

步骤 S2：对所述第一位置谱进行特征提取，得到多个第二位置谱；

步骤 S3：对所述第二位置谱进行极值搜索，得到 N 个极值点，所述极值点形成第三位置谱，其中，N 为所述探测器中闪烁晶体的数量；

步骤 S4：对所述第三位置谱中的所述极值点进行全局编号，形成第六位置谱；

步骤 S5：根据所述第六位置谱中的所述极值点对所述单事件进行聚类，形成最终位置谱，完成位置谱的分割。

2.根据权利要求 1 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，在所述步骤 S1 中，所述预处理的具体步骤为：选取第一高斯模板的尺寸大小和第一方差，将所述初始位置谱与所述第一高斯模板进行卷积处理以得到第一位置谱。

3.根据权利要求 1 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，在所述步骤 S2 中，特征提取的具体步骤包括：

步骤 S21：确定一组第二方差 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ ，n 为自然数，根据每一个所述第二方差 σ_n 和相同的尺寸大小生成 n 个第二高斯模板，记为 g；

步骤 S22：求每一个所述第二高斯模板与所述第一位置谱卷积后的 Hessian 矩阵，

$$H(L) = \begin{bmatrix} L_{xx} & L_{xy} \\ L_{xy} & L_{yy} \end{bmatrix}$$

其中，x、y 为所述位置谱的图像中对应的正交坐标轴；

步骤 S23：计算 n 个 Hessian 矩阵的行列式： $D = L_{xx} \times L_{yy} - L_{xy}^2$ ，得到 n 个第二位置谱。

4.根据权利要求 3 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，在所述步骤 S22 中，求 Hessian 矩阵的具体步骤包括：

第一步, 根据不同的所述第二方差计算所述第二高斯模板关于 x 的二阶偏导:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{x^2}{\sigma^2} - 1 \right)$$

第二步, 根据不同的所述第二方差计算所述第二高斯模板关于 y 的二阶偏导:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial y^2} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{y^2}{\sigma^2} - 1 \right)$$

第三步, 根据不同的所述第二方差计算所述第二高斯模板关于 x 的偏导后再计算关于 y 的偏导:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x \partial y} = \frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{xy}{\sigma^2} \right)$$

第四步, 对上述三种偏导进行规范化, 即乘上 σ^2 , 之后将三种偏导分别与所述第一位置谱进行卷积操作, 得到 n 个 L_{xx}, L_{xy}, L_{yy} , 从而获得 n 个 Hessian 矩阵。

5. 根据权利要求 1 所述的识别位置谱的方法, 其特征在于, 在上述步骤 S3 中, 进行极值搜索之前需要对多个所述第二位置谱进行形态学膨胀处理以得到膨胀位置谱。

6. 根据权利要求 5 所述的识别位置谱的方法, 其特征在于, 在上述步骤 S3 中, 极值搜索的具体步骤是在多个所述膨胀位置谱中搜索最大的 N 个值以得到所述第三位置谱。

7. 根据权利要求 1 所述的识别位置谱的方法, 其特征在于, 在所述步骤 S4 中, 全局编号的具体步骤包括:

步骤 S41: 获取所有所述极值点的位置坐标和位置响应半径;

步骤 S42: 提取所述极值点的所述位置坐标在所述位置响应半径范围内的区域;

步骤 S43: 计算每个所述区域内在行/列方向上的相应维度坐标的最小值;

步骤 S44: 对 N 个最小值进行排序, 第 $m \times (n-1) + 1$ 到第 $m \times n$ 个最小值

对应的极值点隶属于第 n 行/列， m 为某一行/列上的闪烁晶体数量， n 为自然数；

步骤 S45：根据所述极值点所分配的行/列按闪烁晶体阵列实际的几何顺序进行编号，将编号显示在极值点周围以形成所述第六位置谱。

8.根据权利要求 7 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，在所述步骤 S5 中，事件聚类是指获得位置谱中极值点的所述位置坐标后，对所有单事件按照位置信息进行聚类，生成晶体对照表并获得位置谱的分割结果。

9.根据权利要求 8 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，事件聚类的具体步骤包括：

步骤 S51：任意选取一个所述单事件的位置坐标，计算所述位置坐标与 N 个所识别出的所述极值点的所述位置坐标之间的距离；

步骤 S52：在所述步骤 S51 的 N 个距离中选取最短的距离所在的极值点作为所述步骤 S51 中所述位置坐标的晶体聚类；

步骤 S53：遍历所有的所述单事件的位置坐标，获得所有所述位置坐标对应的晶体聚类，将不同类别用折线区分开来以形成所述最终位置谱。

10.根据权利要求 3 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，所述步骤 S3 中还包括以下步骤：

步骤 S31：对所述第三位置谱中无效的极值点进行剔除以形成第四位置谱；

步骤 S32：对剔除后的所有极值点进行行列分配以形成第五位置谱；

步骤 S33：对所述第五位置谱中缺失的极值点进行预测以形成所述第三位置谱。

11.根据权利要求 10 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，在所述步骤 S31 中，对所述第三位置谱中无效的极值点进行剔除的具体步骤包括：

步骤 S311：根据所述极值点的位置坐标和第三方差大小提取出所有极值点的位置分布区域图像；

步骤 S312：确定一个初始分割阈值 T ，将位置分布区域图像中小于初始分割阈值 T 的像素点的数目占有所有像素点数目的比例记为 w_0 ，平均灰度记为 u_0 ；将位置分布区域图像中大于初始分割阈值 T 的像素点的数目占有所有像

素点数目的比例记为 w_1 ，平均灰度记为 u_1 ；

步骤 S313：按照公式 $k = w_0 \times w_1 \times (u_0 - u_1)^2$ 计算类间方差 k ；

步骤 S314：遍历初始分割阈值 T 的值，使得类间方差 k 最大，从而获得闪烁晶体所产生单事件的位置分布区域图像的二值化图像；

步骤 S315：取得二值化图像中心一个邻域并计算像素和，若该邻域内的像素和的值为 0，则认定该极值点为无效的极值点。

12. 根据权利要求 10 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，在所述步骤 S32 中，行列分配的具体步骤可以包括：

步骤 S321：将步骤 S31 中识别的极值点的位置坐标按照对应的维度坐标的大小分别进行排序；

步骤 S322：抽取第 $m \times (n-1) + 1$ 到第 $m \times n$ 个极值点作为第 n 行/列的模糊行集， m 为每一行上的晶体数量， n 为自然数；

步骤 S323：从第 n 行/列的模糊行集中随机抽取 p 个极值点作为参与拟合的点集 S ，剩余极值点的集合记为余集 R ， p 为拟合曲线所需的样本数；

步骤 S324：对点集 S 中的极值点进行二次曲线拟合；

步骤 S325：对余集 R 中的所有极值点求取与拟合的二次曲线的误差和 E ；

步骤 S326：重复步骤 S323-步骤 S325 的过程，直至在迭代次数内获得的误差和 E 的最小值或者误差和 E 小于设定的最小容忍阈值，得到第 n 行/列极值点的分布曲线；

步骤 S327：将已经识别的极值点按照行列分配原则分配至每一行/列的分布曲线上。

13. 根据权利要求 10 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，所述行列分配原则包括就近分配原则和冲突分配原则。

14. 根据权利要求 13 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，所述就近分配原则包括：按照极值点和分布曲线交点之间的距离最近分配；一个分布曲线的交点处最多占据一个极值点，一个极值点仅能分配给一个交点。

15. 根据权利要求 13 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，所述冲突分配原则包括：通过分布曲线的交点找到对应的多个极值点；对每个对应的极值点分别寻找最近的两个交点；判断每个极值点距离两个最近的交点的距

离之和的大小，距离之和最大的极值点分配至有冲突的分布曲线的交点。

16.根据权利要求 15 所述的识别位置谱的方法，其特征在于，在所述步骤 S33 中，对缺失的极值点进行预测的具体步骤是：找到未分配极值点的交点坐标，并且将该交点的位置坐标赋予给当前行和当前列上缺失的极值点。

17.一种识别位置谱的装置，其特征在于，所述装置包括：

预处理模块，所述预处理模块接收通过探测器输出的初始位置谱并对所述初始位置谱进行预处理以形成第一位置谱；

特征提取模块，所述特征提取模块接收所述第一位置谱并对所述第一位置谱进行特征提取以得到第二位置谱；

极值搜索模块，所述极值搜索模块接收所述第二位置谱并对所述第二位置谱进行极值搜索以得到第三位置谱；

全局编号模块，所述全局编号模块对所述第三位置谱进行全局编号以形成第六位置谱；以及

事件聚类模块，所述事件聚类模块对所述第六位置谱中的单事件进行聚类以形成最终位置谱，完成位置谱的分割。

18.根据权利要求 17 所述的识别位置谱的装置，其特征在于，所述装置进一步包括：

无效值剔除模块，所述无效值剔除模块剔除所述第三位置谱中无效的极值点并形成第四位置谱；

行列分配模块，所述行列分配模块对所述第四位置谱中的极值点进行分配以形成第五位置谱；以及

缺失点预测模块，所述缺失点预测模块对所述第五位置谱中缺失的极值点进行预测。

19.一种计算机存储介质，其特征在于，所述计算机存储介质上存储有计算机程序，所述计算机程序被执行时实现如权利要求 1-16 任一项所述方法的步骤。

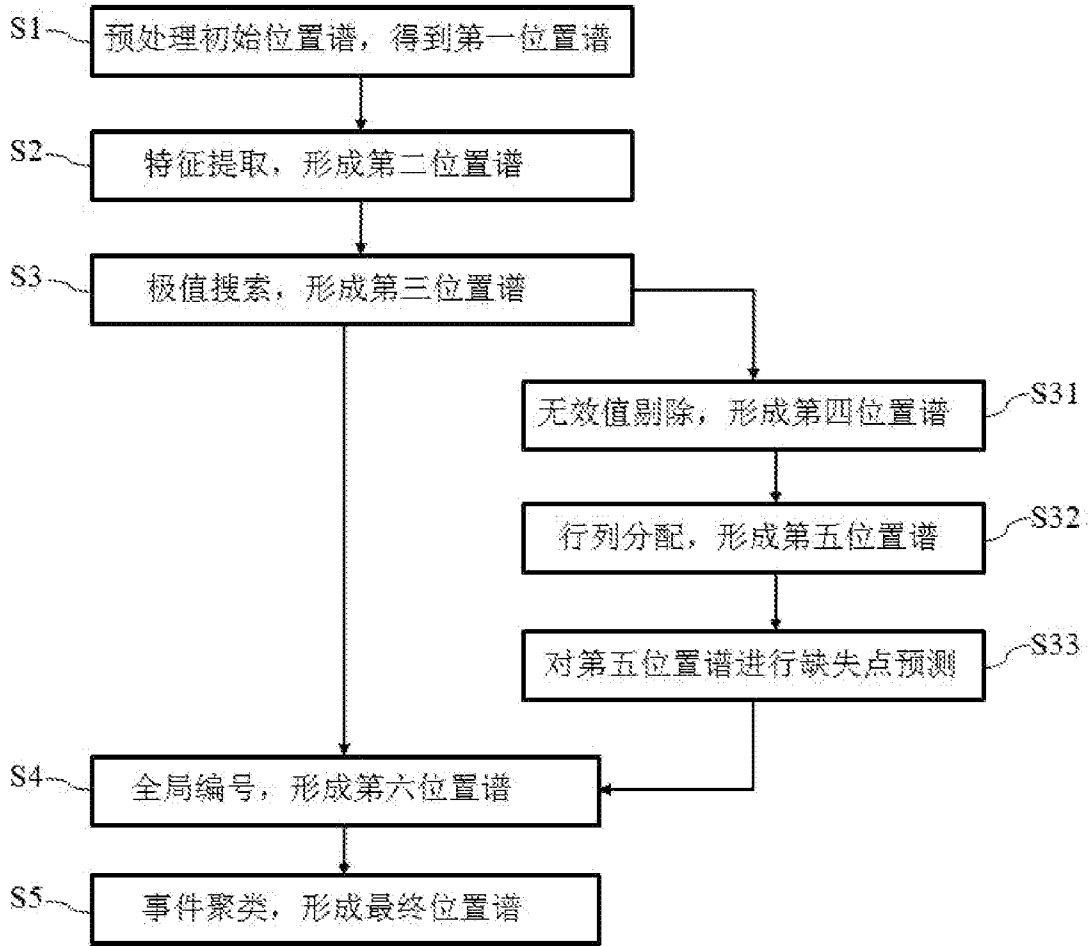


图 1

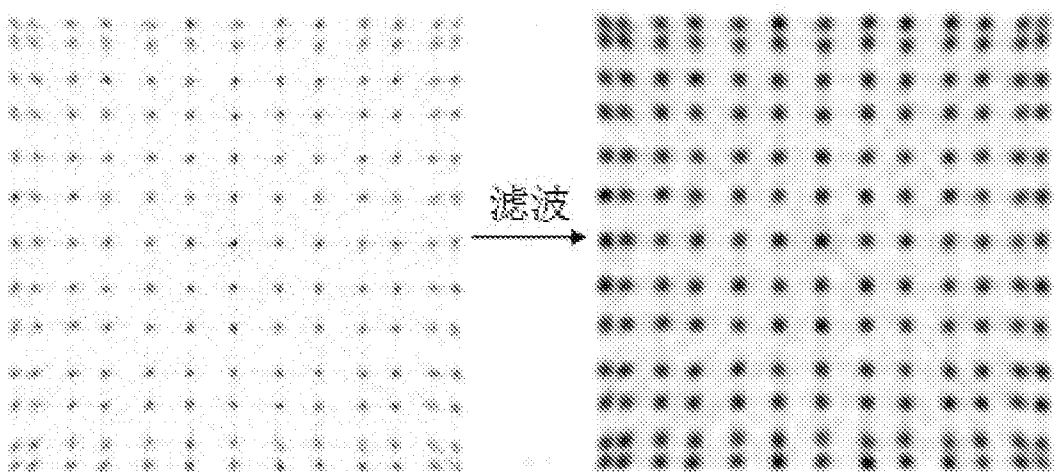


图 2

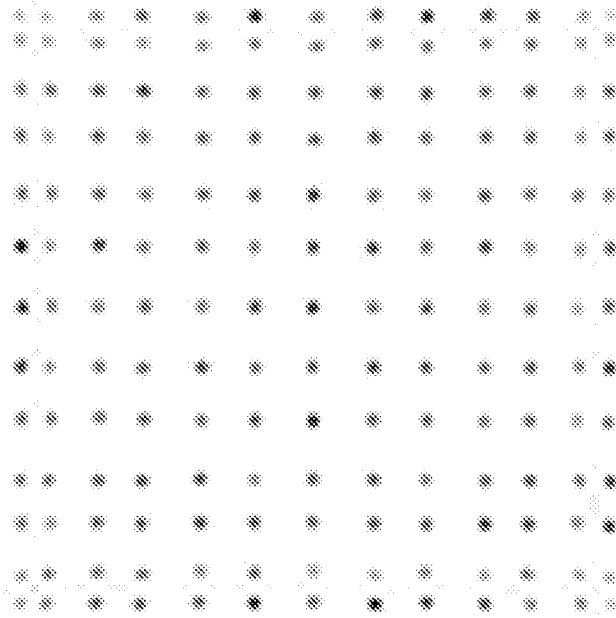


图 3

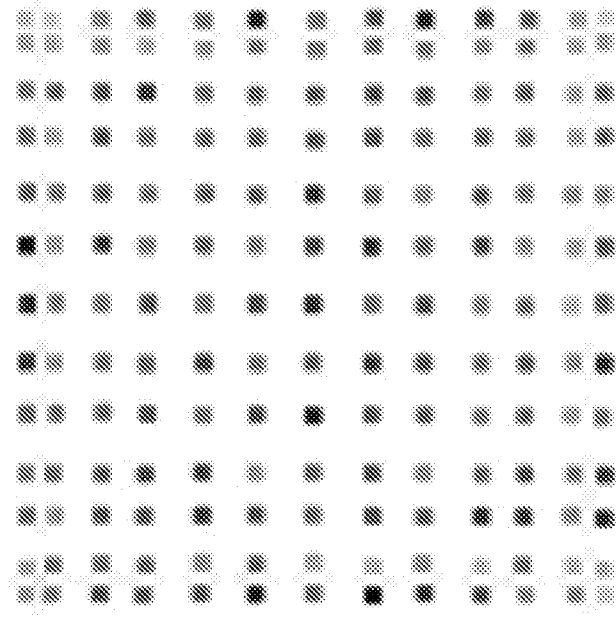


图 4

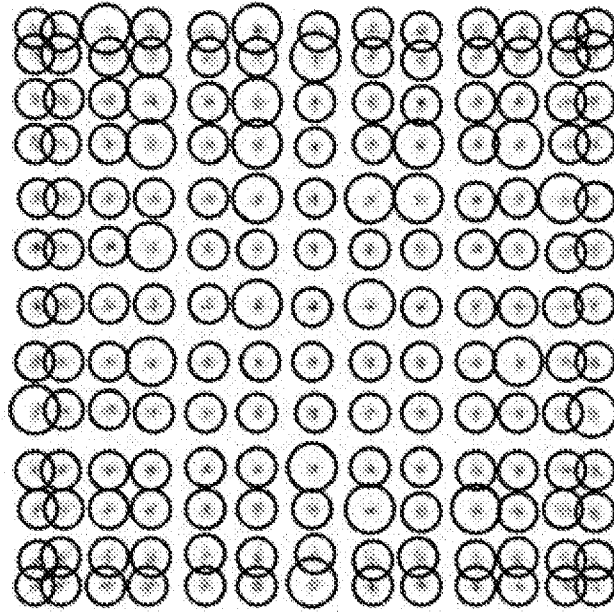


图 5

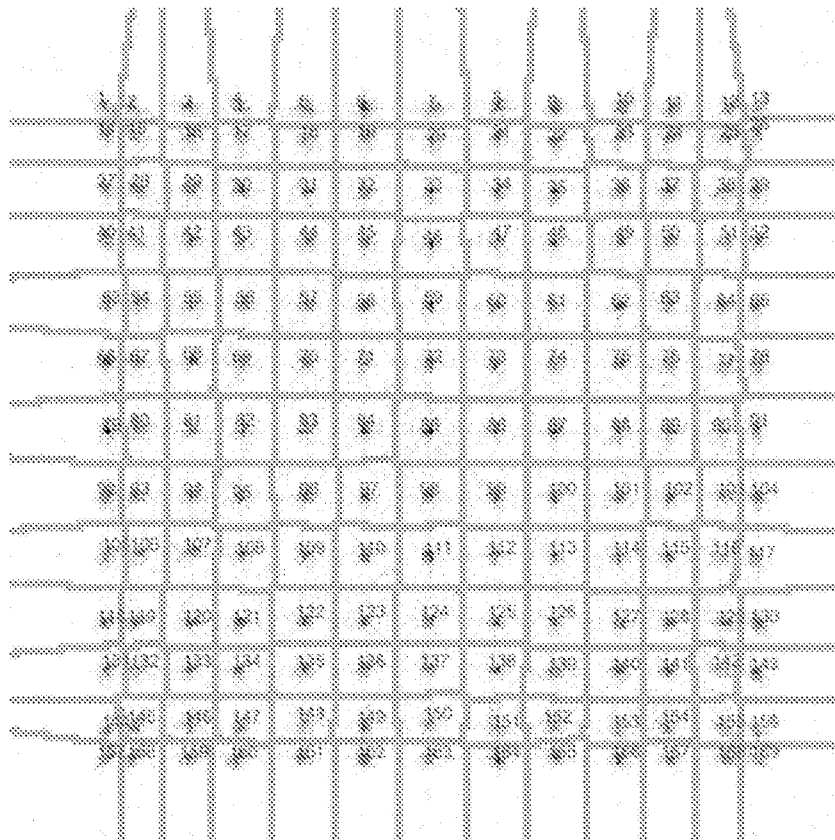


图 6

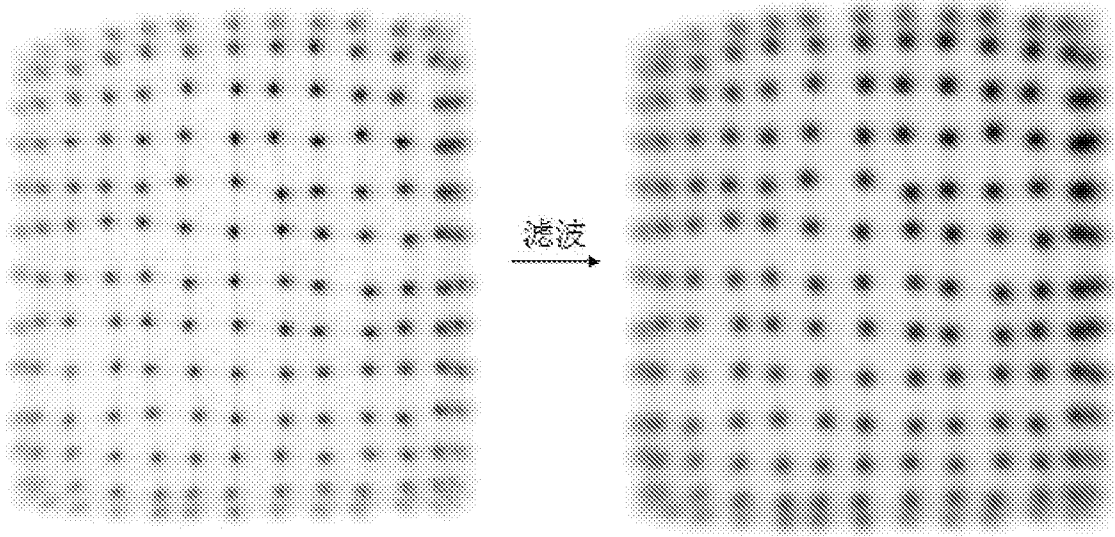


图 7

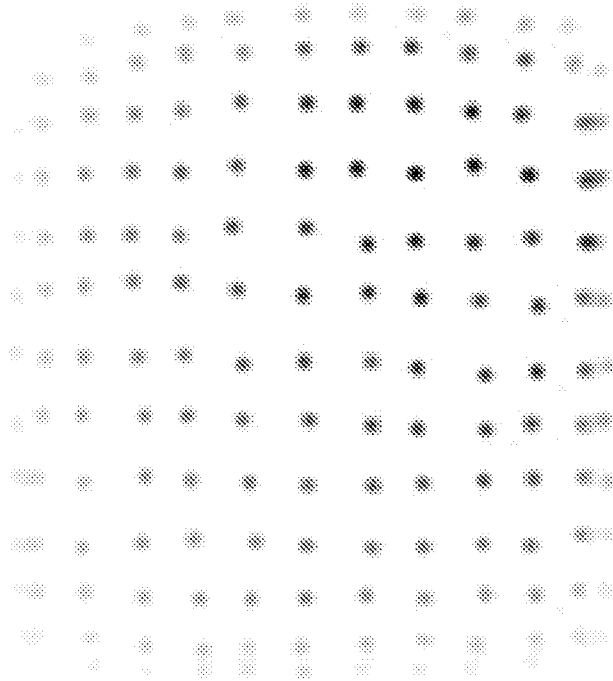


图 8

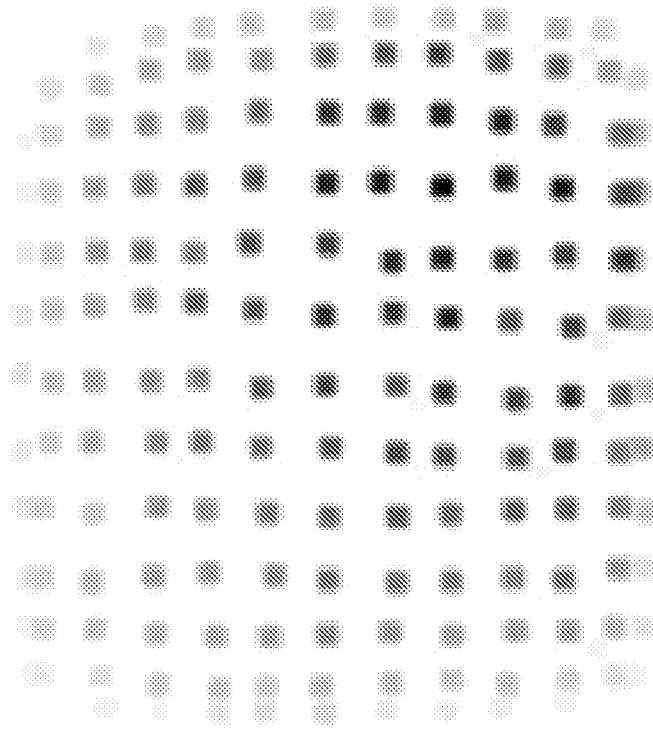


图 9

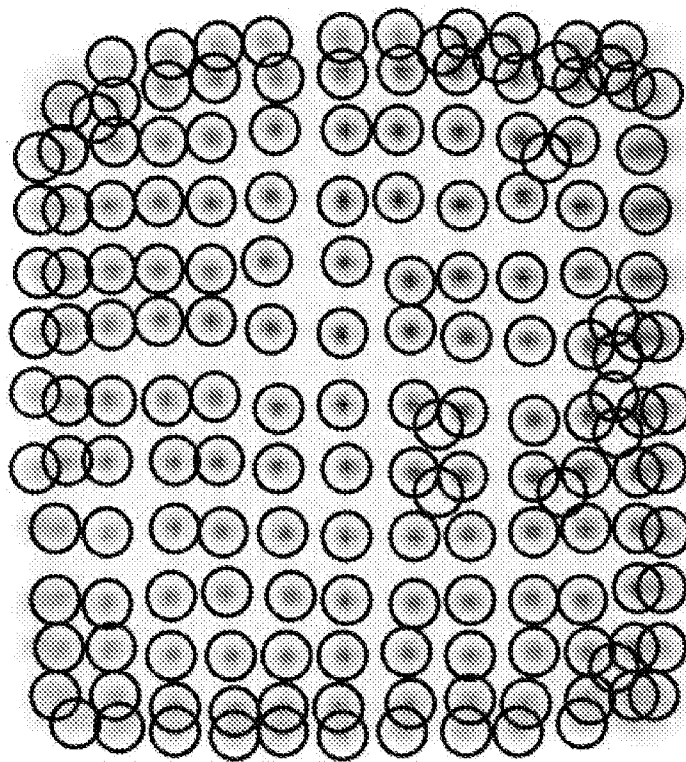


图 10

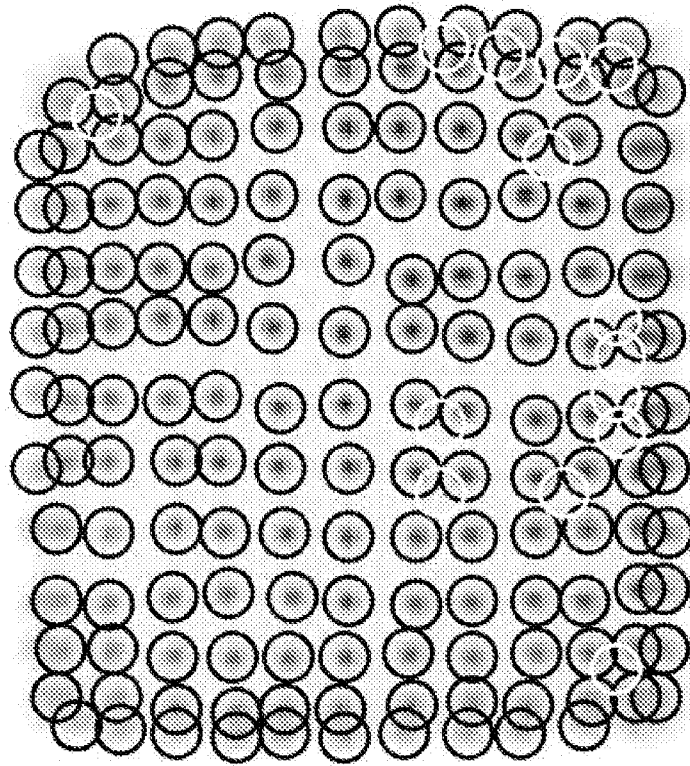


图 11

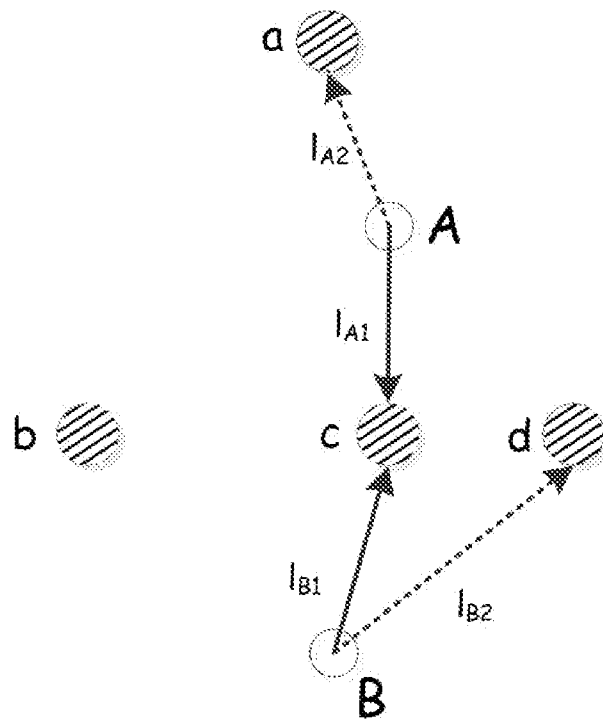


图 12

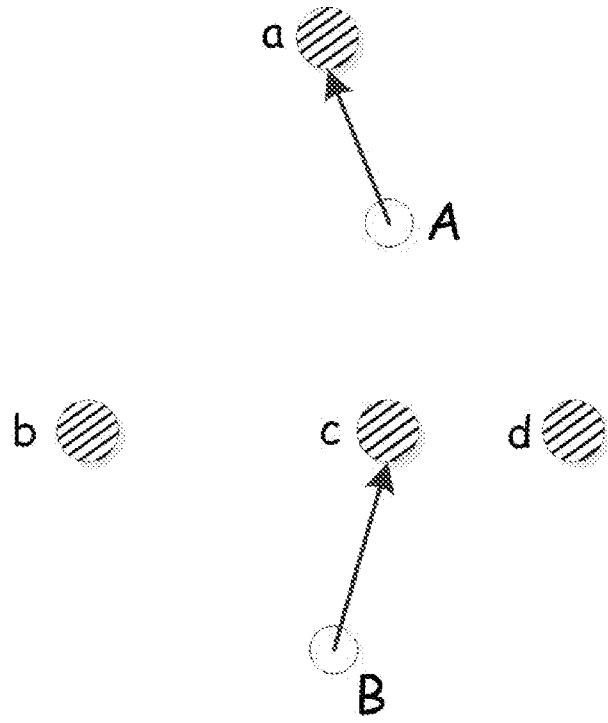


图 13

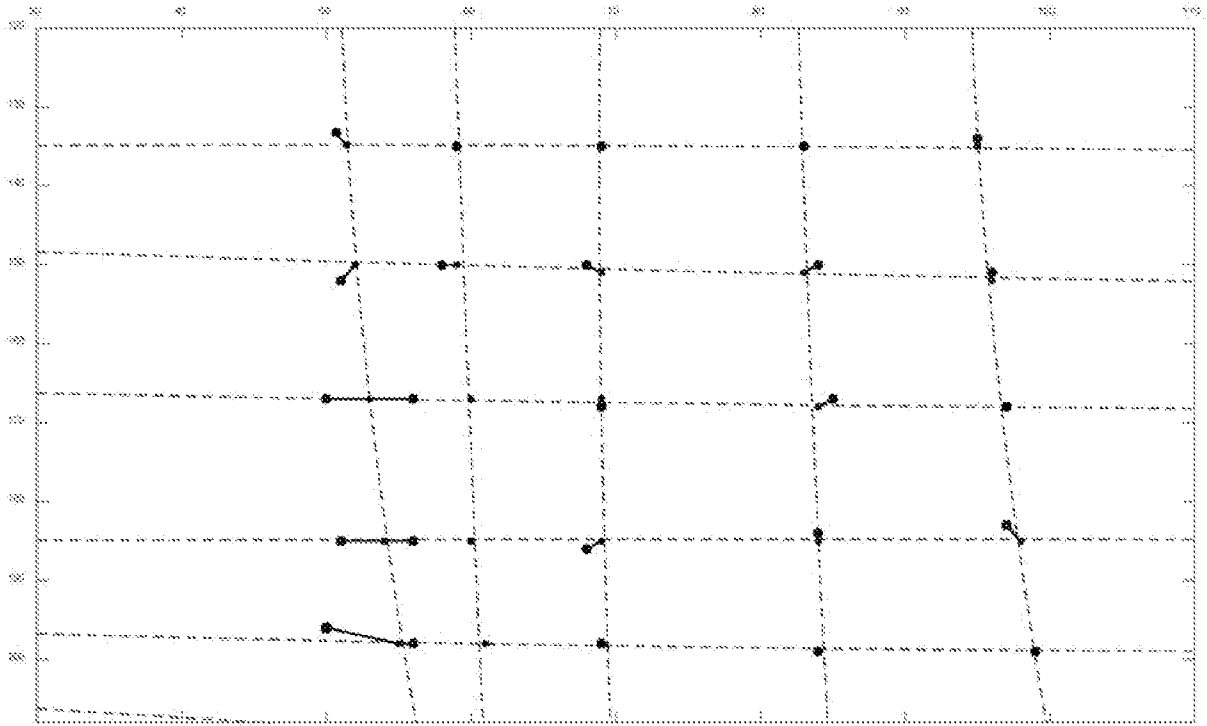


图 14

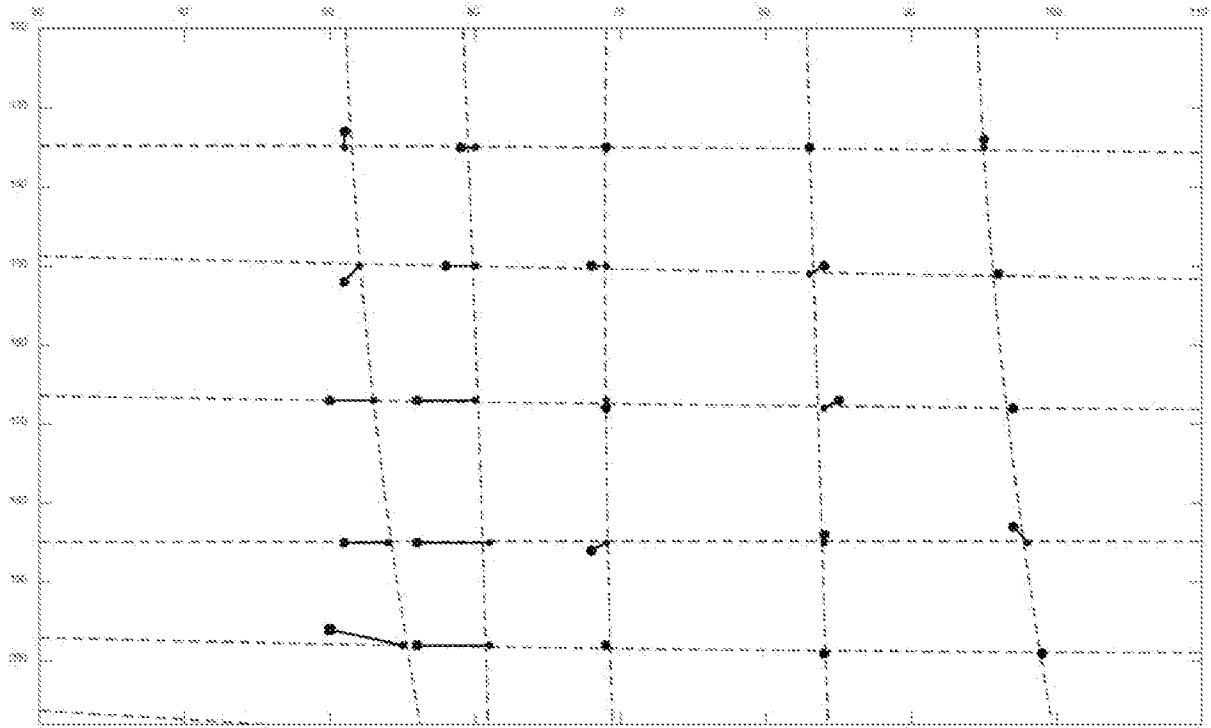


图 15

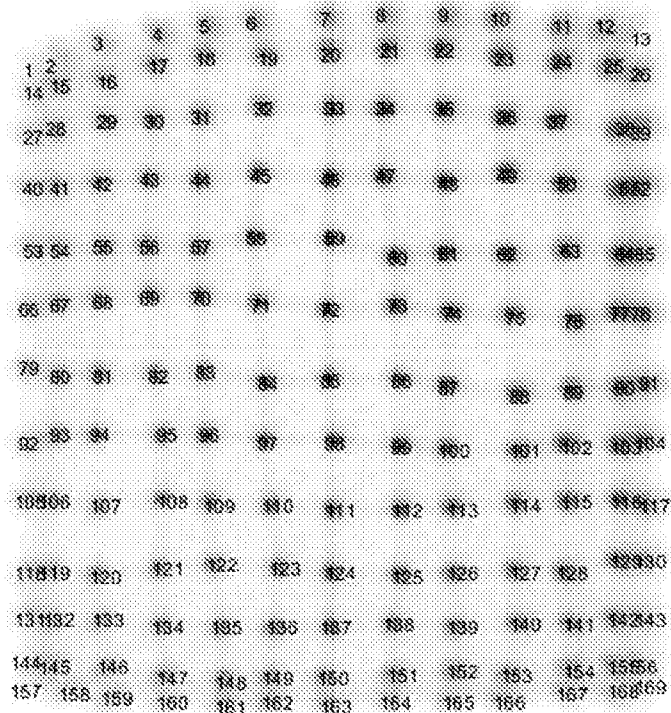


图 16

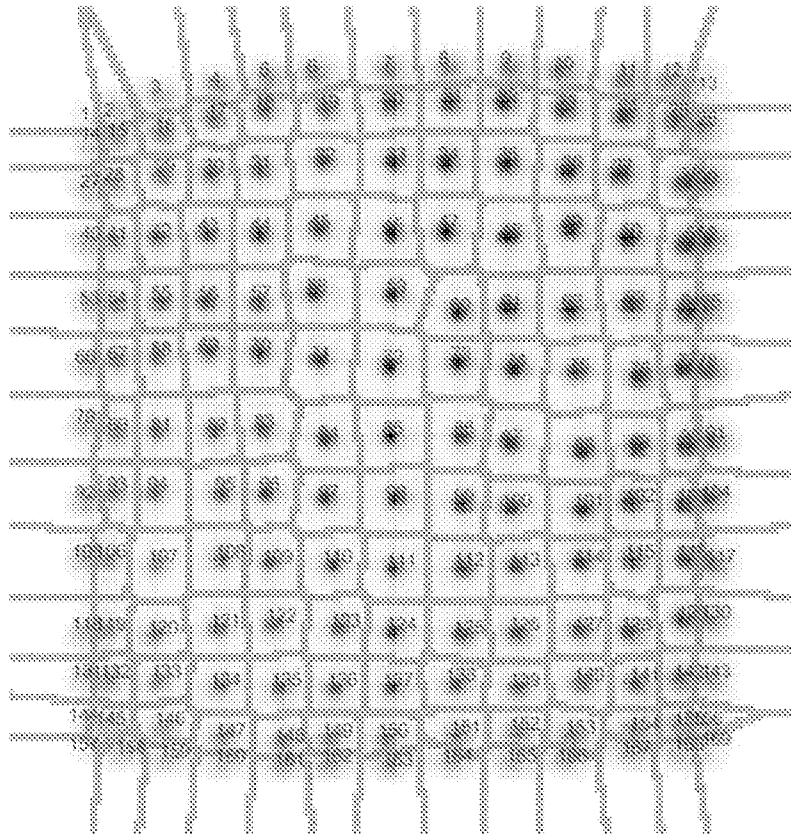


图 17

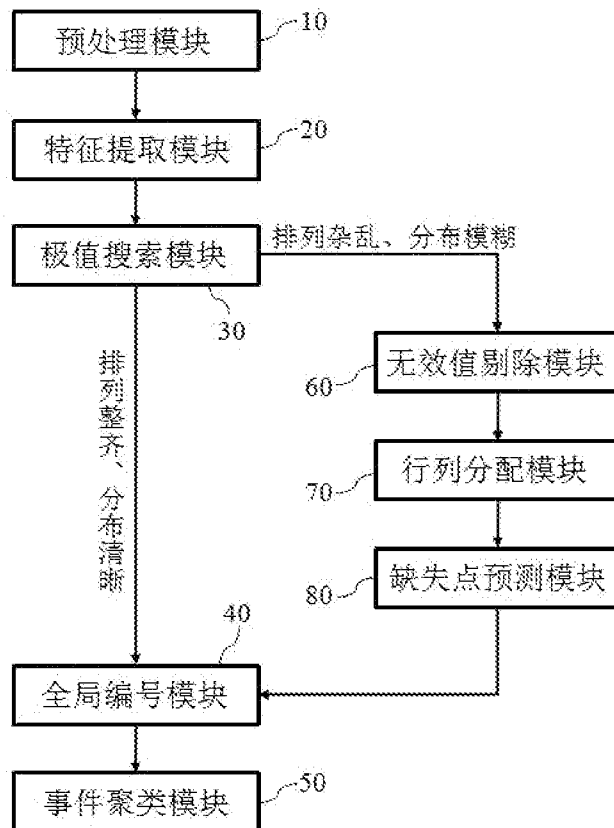


图 18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/099959

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01T 1/29(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)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/-; G06T7/-; G06T9/-; G06T11/-		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, USTXT, EPTXT, WOTXT: 正电子, 位置, 晶体, 极值, 高斯, 卷积, 方差, 图像, 分割, 位置表, 预测, 剔除, photon, remove, spectrum, delete, information, look-up table, segment, convolution, position, Gauss, PET, Hessian, crystal, extreme, limit, pole, max, point, filter		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110471102 A (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. (SUZHOU)) 19 November 2019 (2019-11-19) description, paragraphs [0091]-[0191], and figures 1 and 18	1-19
X	CN 104732541 A (BEIJING NOVEL MEDICAL EQUIPMENT CO., LTD.) 24 June 2015 (2015-06-24) description paragraphs [0041]-[0079], [0083] to [0085], [0104] to [0111], figure 8	1-2, 5-9, 17, 19
Y	CN 104732541 A (BEIJING NOVEL MEDICAL EQUIPMENT CO., LTD.) 24 June 2015 (2015-06-24) description paragraphs [0041]-[0079], [0083] to [0085], [0104] to [0111], figure 8	3-4
Y	CN 101996325 A (BEIHANG UNIVERSITY) 30 March 2011 (2011-03-30) description paragraphs [0037]-[0048], [0062], figure 1	3-4
A	CN 106526651 A (SHANGHAI UNITED IMAGING HEALTHCARE CO., LTD.) 22 March 2017 (2017-03-22) entire document	1-19
<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 "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 07 September 2020		Date of mailing of the international search report 28 September 2020
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

International application No.

PCT/CN2020/099959

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103914860 A (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. (SUZHOU)) 09 July 2014 (2014-07-09) entire document	1-19
A	WO 2015010393 A1 (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. SU ZHOU) 29 January 2015 (2015-01-29) entire document	1-19
A	陈忻等 (CHEN, Xin et al.). "PET探测器晶体位置快速在线辨识算法 (Fast online crystal identification algorithm in positron emission tomography)" 《中国科技论文》(China Sciencepaper), Vol. 8, No. 4, 30 April 2013 (2013-04-30), ISSN: 2095-2783, entire document	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/099959

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110471102	A	19 November 2019	None			
CN	104732541	A	24 June 2015	CN	104732541	B	20 July 2018
CN	101996325	A	30 March 2011	CN	101996325	B	04 September 2013
CN	106526651	A	22 March 2017	CN	106526651	B	23 August 2019
				US	2016321808	A1	03 November 2016
				US	9928437	B2	27 March 2018
CN	103914860	A	09 July 2014	CN	103914860	B	15 March 2017
WO	2015010393	A1	29 January 2015	CN	104337531	B	28 December 2016
				CN	104337531	A	11 February 2015
				US	10149657	B2	11 December 2018
				US	2016324498	A1	10 November 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/099959

<p>A. 主题的分类</p> <p>G01T 1/29(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)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/-; G06T7/-; G06T9/-; G06T11/-</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>CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI, USTXT, EPTXT, WOTXT: 正电子, 位置, 晶体, 极值, 高斯, 卷积, 方差, 图像, 分割, 位置表, 预测, 剔除, photon, remove, spectrum, delete, information, look-up table, segment, convolution, position, Gauss, PET, Hessian, crystal, extreme, limit, pole, max, point, filter</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>PX</td> <td>CN 110471102 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2019年 11月 19日 (2019 - 11 - 19) 说明书[0091]-[0191]段、图1, 18</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 104732541 A (北京永新医疗设备有限公司) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 说明书第[0041]-[0079], [0083]至[0085], [0104]至[0111]段、图8</td> <td>1-2, 5-9, 17, 19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104732541 A (北京永新医疗设备有限公司) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 说明书第[0041]-[0079], [0083]至[0085], [0104]至[0111]段、图8</td> <td>3-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101996325 A (北京航空航天大学) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 说明书第[0037]-[0048], [0062]段、图1</td> <td>3-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106526651 A (上海联影医疗科技有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103914860 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2014年 7月 9日 (2014 - 07 - 09) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2015010393 A1 (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. SU ZHOU) 2015年 1月 29日 (2015 - 01 - 29) 全文</td> <td>1-19</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	PX	CN 110471102 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2019年 11月 19日 (2019 - 11 - 19) 说明书[0091]-[0191]段、图1, 18	1-19	X	CN 104732541 A (北京永新医疗设备有限公司) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 说明书第[0041]-[0079], [0083]至[0085], [0104]至[0111]段、图8	1-2, 5-9, 17, 19	Y	CN 104732541 A (北京永新医疗设备有限公司) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 说明书第[0041]-[0079], [0083]至[0085], [0104]至[0111]段、图8	3-4	Y	CN 101996325 A (北京航空航天大学) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 说明书第[0037]-[0048], [0062]段、图1	3-4	A	CN 106526651 A (上海联影医疗科技有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 全文	1-19	A	CN 103914860 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2014年 7月 9日 (2014 - 07 - 09) 全文	1-19	A	WO 2015010393 A1 (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. SU ZHOU) 2015年 1月 29日 (2015 - 01 - 29) 全文	1-19
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 110471102 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2019年 11月 19日 (2019 - 11 - 19) 说明书[0091]-[0191]段、图1, 18	1-19																								
X	CN 104732541 A (北京永新医疗设备有限公司) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 说明书第[0041]-[0079], [0083]至[0085], [0104]至[0111]段、图8	1-2, 5-9, 17, 19																								
Y	CN 104732541 A (北京永新医疗设备有限公司) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 说明书第[0041]-[0079], [0083]至[0085], [0104]至[0111]段、图8	3-4																								
Y	CN 101996325 A (北京航空航天大学) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 说明书第[0037]-[0048], [0062]段、图1	3-4																								
A	CN 106526651 A (上海联影医疗科技有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 全文	1-19																								
A	CN 103914860 A (苏州瑞派宁科技有限公司) 2014年 7月 9日 (2014 - 07 - 09) 全文	1-19																								
A	WO 2015010393 A1 (RAYCAN TECHNOLOGY CO., LTD. SU ZHOU) 2015年 1月 29日 (2015 - 01 - 29) 全文	1-19																								
<p><input checked="" 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: “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</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 9月 7日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 9月 28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) 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>授权官员</p> <p>黄伟</p> <p>电话号码 86-(10)-53962388</p>																								

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	陈忻 等. “PET探测器晶体位置快速在线辨识算法” 中国科技论文, 第8卷, 第4期, 2013年 4月 30日 (2013 - 04 - 30), ISSN: 2095-2783, 全文	1-19

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/099959

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	110471102	A	2019年 11月 19日	无			
CN	104732541	A	2015年 6月 24日	CN	104732541	B	2018年 7月 20日
CN	101996325	A	2011年 3月 30日	CN	101996325	B	2013年 9月 4日
CN	106526651	A	2017年 3月 22日	CN	106526651	B	2019年 8月 23日
				US	2016321808	A1	2016年 11月 3日
				US	9928437	B2	2018年 3月 27日
CN	103914860	A	2014年 7月 9日	CN	103914860	B	2017年 3月 15日
WO	2015010393	A1	2015年 1月 29日	CN	104337531	B	2016年 12月 28日
				CN	104337531	A	2015年 2月 11日
				US	10149657	B2	2018年 12月 11日
				US	2016324498	A1	2016年 11月 10日