



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108398245 A

(43)申请公布日 2018.08.14

(21)申请号 201810520850.2

(22)申请日 2018.05.28

(71)申请人 南昌大学

地址 330031 江西省南昌市红谷滩新区学府大道999号

(72)发明人 邓贞宙

(74)专利代理机构 苏州中合知识产权代理事务所(普通合伙) 32266

代理人 高海棠

(51)Int.Cl.

G01M 11/02(2006.01)

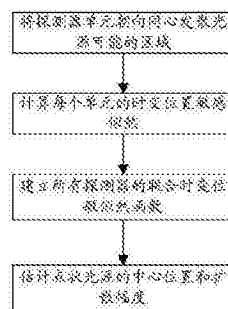
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种同心发散光源的检测方法与装置

(57)摘要

本发明公开了一种同心发散光源的检测方法,包括如下步骤:将探测器单元朝向同心发散光源可能击中的区域;通过在线或者离线计算,获得每个单元的时变位置敏感似然概率函数;在给定的时间区间内,通过第一性原理计算和蒙特卡洛仿真,建立所有探测器的联合时变位敏似然函数;通过最大化所有探测器的联合时变位敏似然函数估计点状光源的中心位置和扩散幅度,将满足最大化所有探测器联合时变位敏似然函数的点状光源参数作为点状光源属性的估计值。一种同心发散光源的检测装置,包括探测器几何分布模块、光子探测单元模块、探测单元联合概率密度函数设定模块、联合概率密度函数最大化模块。本发明特别适合在体的小动物成像和浅表的临床诊断。



1. 一种同心发散光源的检测方法,其特征在于:包括如下步骤:

S1:将探测器单元朝向同心发散光源可能击中的区域;

S2:通过在线或者离线计算,获得每个单元的时变位置敏感似然概率函数;

S3:在给定的时间区间内,通过第一性原理计算和蒙特卡洛仿真,建立所有探测器的联合时变位敏似然函数;

S4:通过最大化所有探测器的联合时变位敏似然函数估计点状光源的中心位置和扩散幅度,将满足最大化所有探测器联合时变位敏似然函数的点状光源参数作为点状光源属性的估计值。

2. 根据权利要求1所述的一种同心发散光源的检测方法,其特征在于:将探测器单元朝向同心发散光源可能击中的区域,并用多个探测器单元检测每个光子的多维信息。

3. 根据权利要求1所述的一种同心发散光源的检测方法,其特征在于:所检测的同心光源探测器检测光源发出光子击中探测器的瞬时时间。

4. 根据权利要求1所述的一种同心发散光源的检测方法,其特征在于:每个单元的时变位置敏感似然概率随发光的位置显著变化,每个探测单元接受光子的概率的标准差在0.05以上。

5. 根据权利要求1所述的一种同心发散光源的检测方法,其特征在于:在检测过程中,光源发光的时间与发光次数的乘积小于0.1。

6. 根据权利要求1所述的同心发散光源的检测方法,其特征在于:所述方法中包含在给定的时间区间内,建立所有探测器的联合时变位敏似然函数。

7. 根据权利要求1所述的同心发散光源的检测方法,其特征在于:所述方法包含了通过最大化所有探测器的联合时变位敏似然函数估计点状光源的中心位置和扩散幅度。

8. 一种同心发散光源的检测装置,其特征在于:探测器几何分布模块、光子探测单元模块、探测单元联合概率密度函数设定模块、联合概率密度函数最大化模块;

所述探测器几何分布模块,用于将探测器单元朝向同心发散光源可能的区域;

所述光子探测单元模块,用于计算每个单元的时变位置敏感似然;

所述探测单元联合概率密度函数设定模块,用于在给定的时间区间内,建立所有探测器的联合时变位敏似然函数;

所述联合概率密度函数最大化模块,通过最大化所有探测器的联合时变位敏似然函数估计同心光源的中心位置和扩散幅度。

一种同心发散光源的检测方法与装置

技术领域

[0001] 本发明涉及数字信号处理、光电信号处理和核检测技术领域,具体是一种同心发散光源的检测方法与装置。

背景技术

[0002] 同心发散光源是指某种中心发散的光源,这种光源的体积小于或者等于5cm或者小于总视场范围面积或者体积的5%。由于同心发散光源广泛出现于光学成像、辐射成像和高能粒子成像当中,所以针对同心发散光源的检测方法,将成为改变相关领域最为基本的技术革新,并彻底改变其系统的架构和数据处理方式。传统的同心发散光源检测采用各种平面相机技术并在此基础上进行相关的三维重建(光学相机);或者量测待成像物体某种分布在多维空间上的投影,例如CT、SPECT、PET等。由于捕获的光子计数远远小于可以捕获的光子总数的上限,传统的光源检测方法在灵敏度和分辨率上都受到了巨大的限制。

[0003] 因此,针对上述技术问题,有必要针对能够获取的单光子时间、能量、位置等多维信息,提供一种新的同心发散光源的检测方法与装置,以克服传统光学探测中所没有检测到的多维信息。定制地捕获单个同心发散光源发光事件的角度(2-D)、时间(1-D)、位置(3-D)、能量(1-D)共7维信息中的全部数据或者部分数据。

发明内容

[0004] 本发明目的在于克服现有技术的不足,适应现实发展,提供一种同心发散光源的检测方法与装置,该方法与装置能有效地读出一个同心发散光源发光事件的多个光子的电信号样本,通过多光子时间符合,剔除自发光事件,增大重构图像信噪比,避免基线漂移对读出信号的影响。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种同心发散光源的检测方法,其包括如下步骤:

[0007] S1:将探测器单元朝向同心发散光源可能击中的区域;

[0008] S2:通过在线或者离线计算,获得每个单元的时变位置敏感似然概率函数;

[0009] S3:在给定的时间区间内,通过第一性原理计算和蒙特卡洛仿真,建立所有探测器的联合时变位敏似然函数;

[0010] S4:通过最大化所有探测器的联合时变位敏似然函数估计点状光源的中心位置和扩散幅度,将满足最大化所有探测器联合时变位敏似然函数的点状光源参数作为点状光源属性的估计值。

[0011] 优选地,在上述的同心发散光源的检测方法中,所述同心发散光源发光事件是指在一个同心发散光源内单次发光事件,发光的光子数大于等于3,发光的计数率小于探测器死时间的倒数的十分之一。

[0012] 优选地,在上述的同心发散光源的检测方法中,所述的光源发光的时间与发光次数的乘积小于0.1。

[0013] 优选地,在上述的同心发散光源的检测方法中,所述时间符合是指多个单光子(不少于10个)事件在很短的时间(例如1ms)内发生,即认为这多个单光子事件属于同一次同心发散光源发光事件。

[0014] 优选地,在上述的同心发散光源的检测方法中,所述光子在孔内的相对位置是指光子在探测器模组孔内的相对位置,这个相对位置和射线入射角度有直接的关系。

[0015] 优选地,在上述的同心发散光源的检测方法中,所述探测器的感光孔是指建造在探测器底座上的孔状几何,这些孔用于确定同心发散光源发光事件辐射发生的位置。

[0016] 一种同心发散光源的检测装置,探测器几何分布模块、光子探测单元模块、探测单元联合概率密度函数设定模块、联合概率密度函数最大化模块;

[0017] 所述探测器几何分布模块,用于将探测器单元朝向同心发散光源可能的区域;

[0018] 所述光子探测单元模块,用于计算每个单元的时变位置敏感似然;

[0019] 所述探测单元联合概率密度函数设定模块,用于在给定的时间区间内,建立所有探测器的联合时变位敏似然函数;

[0020] 所述联合概率密度函数最大化模块,通过最大化所有探测器的联合时变位敏似然函数估计同心光源的中心位置和扩散幅度。

[0021] 从上述技术方案可以看出,通过采用本发明的同心发散光源的检测方法与装置,能有效提高装置的成像信噪比,抵御自发光和背景光影响,在发光效率不高或者发光光子数不多的情况下尤为有效。

[0022] 本发明的优点和积极效果:

[0023] (1) 更高的检测效率。本发明理论上在检测效率上等于或者接近全立体角视角,比准直孔和透镜覆盖的立体角多,所以大幅度提升了检测效率;

[0024] (2) 多视角全3D的探测器设计,一次扫描即可同时获取无数视角的同心发散光源发光事件光子信息;

[0025] (3) 抵御背景光和生物体自发光的时间符合设计,有利于降低成像的背景噪声;

[0026] (4) 全事件读出设计可以全面的读出同心发散光源发光事件丰富的多维信息:角度(2-D)、时间(1-D)、位置(3-D)、能量(1-D)。具体为以事件的形式记录光电器件的电信号。

附图说明

[0027] 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,下面描述中的有关本发明的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0028] 图1为本发明的同心发散光源的检测方法的流程图。

[0029] 图2为本发明的同心发散光源的检测装置的装置结构图。

[0030] 图3为本发明的同心发散光源的检测器输出的多路事例信号。

[0031] 图4为本发明的同心发散光源的检测到的事例按时间分布及其期望函数。

[0032] 图5为本发明的同心发散光源的检测到的光源的展宽估计的过程。

[0033] 图6为本发明同心发散光源的测试假体的剖面一的重建结果。

[0034] 图7为本发明同心发散光源的测试假体的剖面二的重建结果。

[0035] 图8为本发明同心发散光源的测试假体的剖面三的重建结果。

[0036] 图9为本发明同心发散光源的测试假体的剖面四的重建结果。

[0037] 图10为本发明同心发散光源的检测装置的输出的高计数率脉冲信号。

[0038] 图2中标记含义如下:100-探测器几何分布模块,200-光子探测单元模块,300-探测单元联合概率密度函数设定模块,400-联合概率密度函数最大化模块。

具体实施方式

[0039] 本发明公开了一种同心发散光源的检测方法与装置,该方法与装置能有效地实现事件到达时间的标记,提升模块及装置的时间分辨率,并通过时间符合的光子信号样本探测同心发散光源发光事件的多维信息。

[0040] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行详细地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下,所获得的所有其他实施例,均属于本发明保护的范围。

[0041] 如图1所示,本发明所述的同心发散光源的检测方法与装置通过以事件列表的数据形式采集单光子信号,再利用时间符合和估计理论甄别出同心发散光源发光事件的位置、展宽等其它参数,具体的方法步骤为:

[0042] S1:将探测器单元朝向同心发散光源可能击中的区域;

[0043] S2:通过在线或者离线计算,获得每个单元的时变位置敏感似然概率函数;

[0044] S3:在给定的时间区间内,通过第一性原理计算和蒙特卡洛仿真,建立所有探测器的联合时变位敏似然函数;

[0045] S4:通过最大化所有探测器的联合时变位敏似然函数估计点状光源的中心位置和扩散幅度,将满足最大化所有探测器联合时变位敏似然函数的点状光源参数作为点状光源属性的估计值。

[0046] 以上同心发散光源的检测方法中,所述同心发散光源发光事件是指单个同心发散光源发射光子流的事件。

[0047] 以上同心发散光源的检测方法中,所述的单光子事件是指同心发散光源发射光子流的事件、背景光事件或者自发光事件中的一个光子被光子探测器吸收的单个独立事件。

[0048] 以上同心发散光源的检测装置中,所述时间符合是指多个单光子(不少于10个)事件在很短的时间内(例如1ms)发生,即认为这多个单光子事件属于同一次同心发散光源发光事件。

[0049] 以上同心发散光源的检测装置中,所述光子在孔内的相对位置是指光子在探测器模组孔内的相对位置,这个相对位置和射线入射角度有直接的关系。

[0050] 以上同心发散光源的检测装置中,所述同心发散光源发光事件发生的位置是指发射带电粒子时光源在生物体中的位置,不同位置射入探测器的感光孔的相对位置不同。

[0051] 以上同心发散光源的检测装置中,所述探测器的感光孔是指建造在探测器底座上的孔状几何,这些孔用于确定同心发散光源发光事件发生的位置。

[0052] 如图2所示,本发明公开的单光子时间分辨的同心发散光源的检测装置,其包括探测器几何分布模块100、光子探测单元模块200、探测单元联合概率密度函数设定模块300、

联合概率密度函数最大化模块400。

[0053] 探测器几何分布模块100,用于将探测器单元朝向同心发散光源可能的区域。

[0054] 光子探测单元模块200,用于计算每个单元的时变位置敏感似然。

[0055] 探测单元联合概率密度函数设定模块300,用于在给定的时间区间内,建立所有探测器的联合时变位敏似然函数。

[0056] 联合概率密度函数最大化模块400,通过最大化所有探测器的联合时变位敏似然函数估计点状光源的中心位置和扩散幅度。

[0057] 如图3、图4及图10所示,图3为本发明的探测器模组用于计算位置的思路信号,图4为本发明的同心发散光源的检测到的事例按时间分布及其期望函数,图10为本发明同心发散光源的检测装置的输出的高计数率脉冲信号。结合图3、图4及图10,下面通过几个具体的实施例,对本发明的同心发散光源的检测方法与装置做进一步描述。本发明提出的单光子时间分辨的同心发散光源的检测方法与装置,其涉及到的参数、滤波器设计、时间符合处理需要根据与获取数据的特点进行调节以达到良好的同心发散光源发光事件辐射分辨性能和较短的脉冲持续时间。此处列出所涉及的应用实施例处理数据的参数。

[0058] 实例1:

[0059] 此处列出本实施例1处理数据的参数:

[0060] 步骤(1)所用的实际装置为使用暗箱尺寸为 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ 。射源为511keV的正电子湮灭伽马光子 ^{18}F -FDG,注射总活度为1豪居里,实验对象为25cm长的大鼠。采用红光增强的硅光电倍增管,探测器采用环状结构;

[0061] 步骤(2)符合时间约为2ns,符合判断采用离线式的时间符合处理;

[0062] 步骤(3)采用解析的同心发散光源发光事件重建方法,直接绘出同心发散光源发光事件的时间和位置,光子发射过程中,假定向所有方向发射光子的概率相等,计算似然概率采用第一性原理方法;

[0063] 步骤(4)采用解析的光源分布重建方法,直接绘出同心发散光源发光事件的时间、位置及光源的大小。

[0064] 实例2:

[0065] 此处列出本应用实例2处理数据的参数:

[0066] 步骤(1)所用的实际装置为使用暗箱尺寸为 $1.8\text{m} \times 1.8\text{m} \times 1.8\text{m}$ 。射源为511keV的 ^{124}I -NaI。采用红光增强的光电倍增管,探测器采用由平板构成的箱体结构;

[0067] 步骤(2)符合时间约为10ns,符合判断采用在线式的时间符合处理;

[0068] 步骤(3)采用迭代的同心发散光源发光事件重建方法,逼近式绘出同心发散光源发光事件的时间和位置,图5是逼近最优解的过程示意图;

[0069] 步骤(4)采用迭代的光源分布重建方法,逼近式绘出同心发散光源发光事件的时间和位置。

[0070] 本发明的方法和装置除了可以用于生物体(例如人体和小动物)的光学成像,同样可以用于辐射带电微粒的核技术,包括核检测、核分析、核医学仪器。

[0071] 本发明提供的同心发散光源的检测方法中。通过时间符合,剔除生物体的自发光和背景光。通过单光子事件在孔内的相对位置判断同心发散光源发光事件的时间和位置,比背景技术中的单视角或者电流电荷读出的同心发散光源发光事件成像方法的成像质量

好,捕获的同心发散光源发光事件光子多。

[0072] 本发明公开的同心发散光源的检测方法中,注入可发射带电粒子的同位素可用于标记生物体中的生化和生理过程;读出带电粒子发出同心发散光源发光事件光子射向探测器模组的光子计数和每个计数的时间;对读到的时间进行时间符合;通过光子在孔内的相对位置来估计同心发散光源发光事件发生的位置;对估计的同心发散光源发光事件的位置和时间进行重建,获得核素的分布。

[0073] 采用本发明的同心发散光源的检测装置,能有效提高装置的成像信噪比,抵御生物组织自发光影响,特别适合于小动物等成像深度要求不高的活体成像。

[0074] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此,旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0075] 上述实施例仅是本发明的较优实施方式,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修饰、修改及替代变化,均属于本发明技术方案的范围。

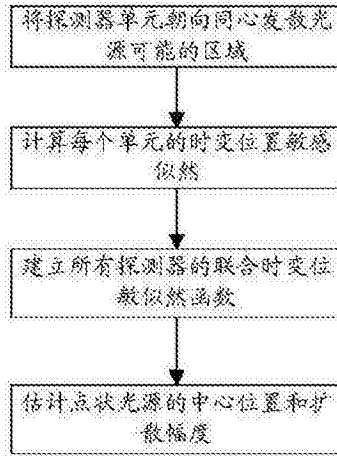


图1

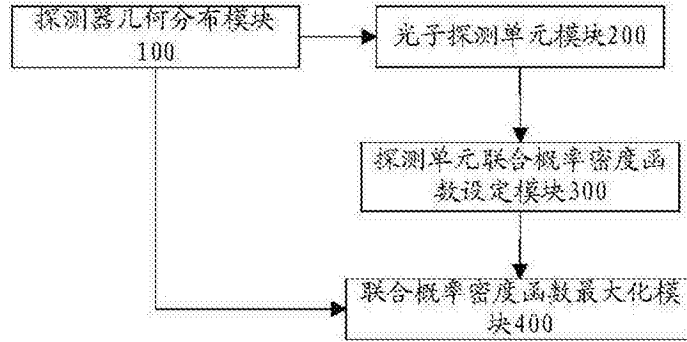


图2

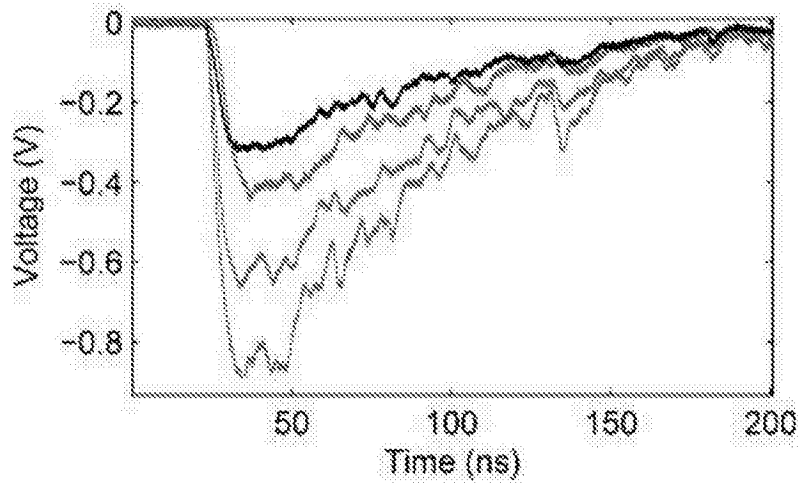


图3

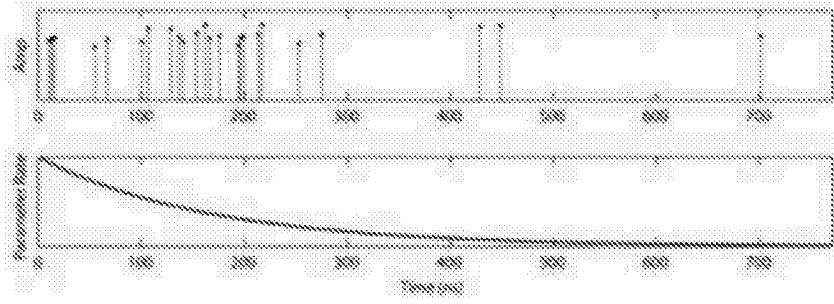


图4

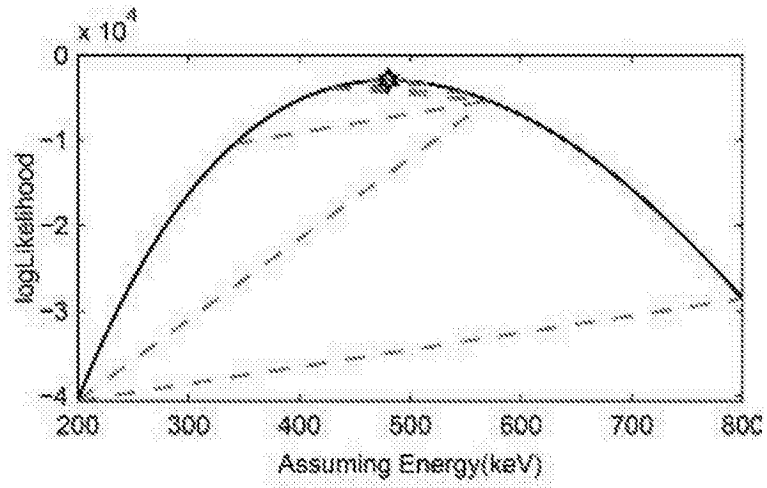


图5

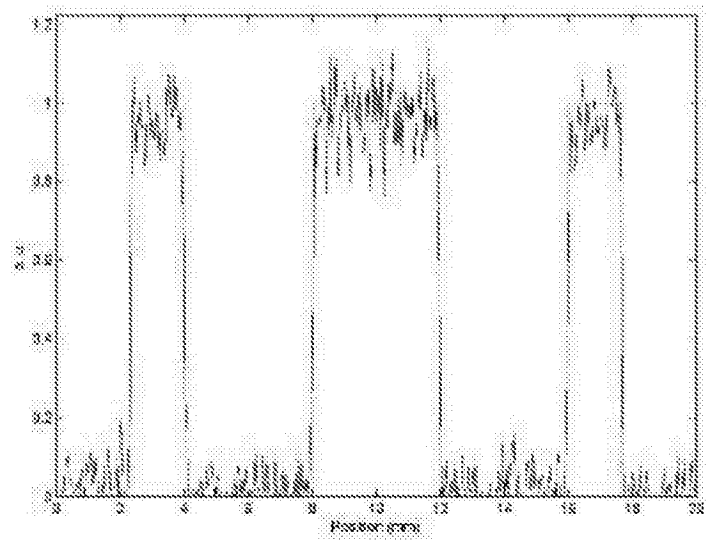


图6

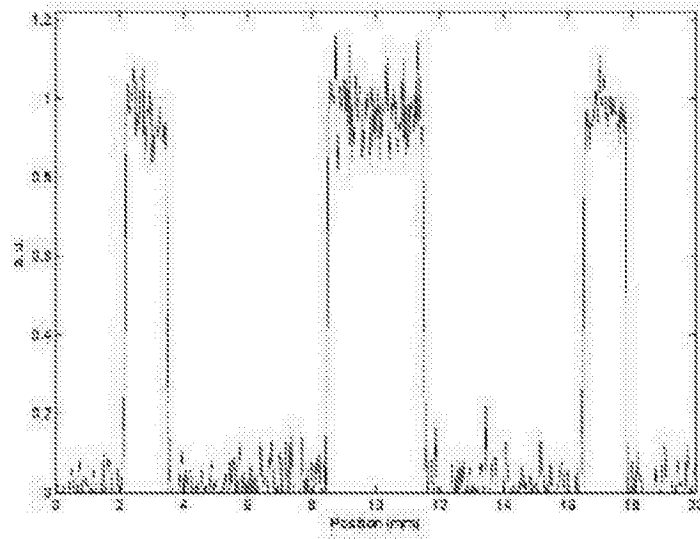


图7

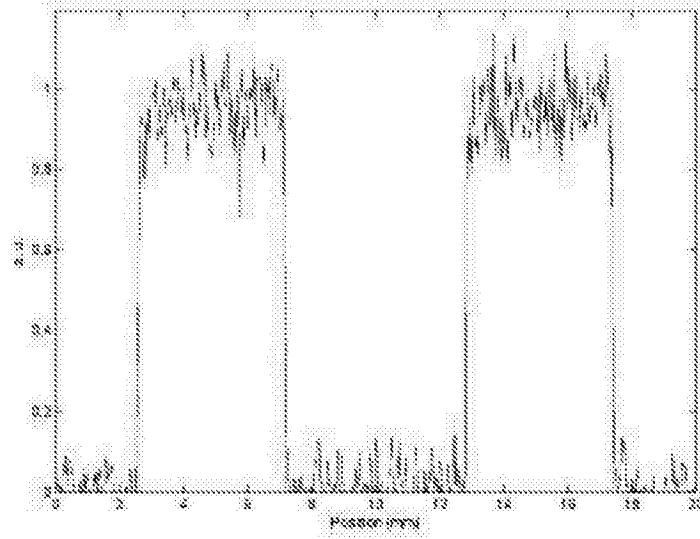


图8

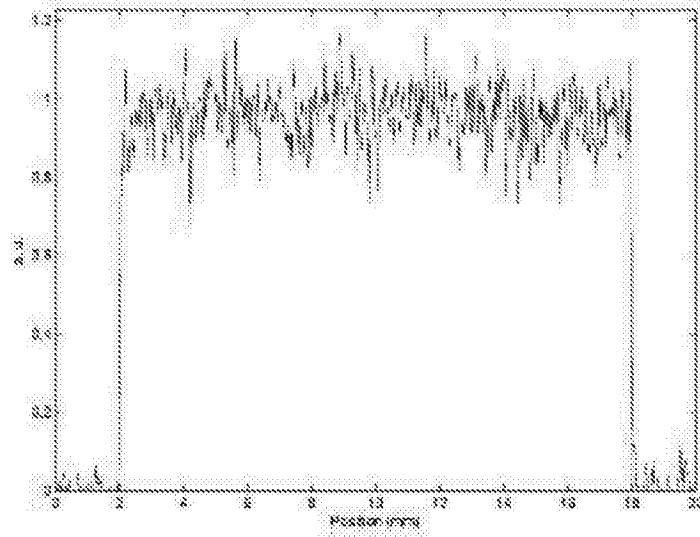


图9

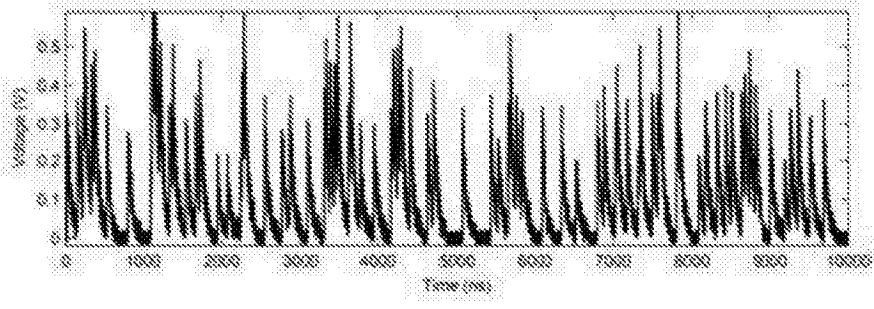


图10