



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 97121430.1

[43] 授权公告日 2003 年 3 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1103053C

[22] 申请日 1997. 8. 30 [21] 申请号 97121430.1

[30] 优先权

[32] 1996. 8. 30 [33] US [31] 705389

[71] 专利权人 施卢默格海外有限公司

地址 巴拿马巴拿马城

[72] 发明人 B · 乔里安 C · 斯托勒尔

审查员 杨 哲

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

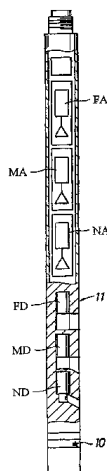
代理人 张志醒 王忠忠

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 7 页

[54] 发明名称 核谱学系统中用于调整和甄别脉冲形状的方法

[57] 摘要

一种检测、处理、调整和识别核谱系统中信号脉冲形状以区分各种长度脉冲和堆积脉冲从而避免数据丢失和核谱失真的方法，该方法基于数字脉冲采样和检测技术，以与随时出现的实际脉冲异步的固定频率对一个核脉冲群采样。分析表示核粒子或伽马射线与核探测器之间相互作用的脉冲形状从而确定脉冲长度。探测核粒子或伽马射线，形成含有表示所说粒子或伽马射线的脉冲的一个信号；以固定频率对脉冲采样，以形成脉冲群的数字图象；通过对大于一个阈值的连续采样的第一数目的脉冲数计数和通过对大于该阈值的连续采样的第二数目的脉冲数计数来确定脉冲长度；求得连续采样的第一和第二数目的比值；用该比值来调整脉冲长度。



1、一种分析包含在脉冲群中的电脉冲形状的方法，所说脉冲表示核粒子或伽马射线与核探测器之间的相互作用，该方法包括以下步骤：

- 5 a) 探测所说粒子或伽马射线，产生含有表示所说粒子或伽马射线的脉冲的一个信号；
- b) 以固定频率对在步骤 a) 中得到的脉冲采样，以形成该脉冲群的数字图象；
- c) 通过对大于一个预定阈值电平连续采样值的数目进行计数来测量该脉冲长度；
- 10 d) 计算大于所说阈值电平的脉冲的平均数目；和
- e) 将所说脉冲的平均数目与一个预定的数目比较，并根据测量的脉冲长度与所需脉冲长度之间的比较结果调整该脉冲长度。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：步骤 c) 还包括通过对具有第一预定数目的大于所说阈值电平的连续采样值的脉冲数目进行计数来测量该脉冲长度，该方法还包括以下步骤：

- 15 f) 对具有第二预定数目的大于所说阈值电平的连续采样值的脉冲的第二数目进行计数；
- g) 确定所说脉冲的第一数目与所说第二数目的比值；和
- h) 将该比值与一个期望比值比较，并根据比较结果调整脉冲长度。

20 3、一种分析包含在脉冲群中的电脉冲形状的方法，所说脉冲表示核粒子或伽马射线与核探测器之间的相互作用，该方法包括以下步骤：

- a) 探测所说粒子或伽马射线，产生含有表示所说粒子或伽马射线的脉冲的一个信号；
- b) 以固定频率对在步骤 a) 中得到的脉冲采样，以形成该脉冲群信号的数字图
- 25 象；
- c) 确定在一组大于一个预定阈值的连续采样值中最大采样值的幅值；
- d) 将对应于一个有效采样值的阈值调节为等于在步骤 c) 中确定的幅值的预定一部分；
- e) 将具有多于预定数目的幅值大于所说阈值的采样值的脉冲识别为一个堆
- 30 积脉冲；和

f) 剔除所述堆积脉冲。

4、如权利要求 3 所述的方法，还包括以下步骤：

g) 确定该脉冲之下的面积，该面积值是所有大于所说阈值的连续采样值与在该阈值之前和之后的预定数目的采样值之和；

5 h) 将所测量的面积与一个或多个预定脉冲形状进行比较；和

i) 如果所测量面积与所说的一个或多个预定脉冲形状基本不一致，则将该脉冲识别为一个堆积脉冲。

5、如权利要求 3 所述的方法，还包括以下步骤：

10 g) 确定该脉冲之下的面积，该面积值是所有大于所说阈值的连续采样值与在该阈值之前的预定数目的采样值之和；

h) 对于一个采样值的预定数目 n ，预测当包含第 $n+1$ 个脉冲时所得到的面积值；

i) 将包含第 $n+1$ 个采样值时测得的面积与预测的包含第 $n+1$ 个采样值时的面积比较；和

15 j) 如果所测量的面积不在预测面积的预定范围之内，则将该脉冲识别为一个堆积脉冲。

6、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于：步骤(c)还包括确定在大于预定阈值的第二组连续采样值中的一个第二采样值的幅值，并求出最大采样值的幅值与所说第二采样值的幅值的比值的步骤；以及，步骤(e)还包括如果该比值小于一个
20 个预定数值则将该脉冲识别为一个堆积脉冲的步骤。

7、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于：根据大于阈值的采样值的一个预定数目，步骤(c)还包括以下步骤：测量该脉冲达到峰值的时间，并判定所测得的达到峰值时间是否落入达到峰值时间的一个预定范围内；以及，步骤(e)还包括如果该达到峰值时间测量值不在所说的预定范围内则将该脉冲识别为一个堆积脉
25 冲的步骤。

核谱学系统中用于调整 and 甄别脉冲形状的方法

5 本发明涉及一种探测和处理脉冲信号的方法，具体地说，本发明涉及在核谱学系统中用于调整 and 甄别信号脉冲形状的方法。

在核谱学应用中，需要测量入射的核粒子能量。在许多情况下是通过测量这些粒子在核探测器中作用的能量来完成这种测量的。这种能量是以一个连续的脉冲群形式体现的，这个脉冲群的长度在理论上是无限长的。为了得到表示作用在
10 探测器中的总能量的一个信号，通常需要对一个电流信号进行积分。一般来说，在电荷积分时间 and 对处理高脉冲速率的需要之间必须找到一种折衷方案。通常，对于一组不同脉冲以低计数率进行探测很少产生问题，所以可以使用常规的探测装置。但是，有时脉冲的频率或者重复率会在很宽的范围内变化，使得连续脉冲之间的间隔有时变得非常短。因此，这些信号的随机特征 and 产生的高速率在放大
15 器中必然产生一组“堆积”或者一序列重叠的脉冲。这种堆积常常形成一个由两个或多个经过放大的单一探测信号构成的脉冲，其中所说的每个探测信号表示探测到的伽马射线、中子或者其他核辐射。这种堆积现象导致数据丢失 and/或能谱失真。所以，重要的是，首先要从堆积脉冲中识别出各个脉冲，其次当已经探测到堆积脉冲时，适当地处理这些脉冲以恢复原来不同的脉冲，或者至少剔除那些堆
20 积而成并且不表示单个粒子作用在核探测器中的能量的脉冲。

这类脉冲是利用核谱分析仪或脉冲高度分析仪进行分析的。一种核谱分析仪可以包括一个闪烁体探测器、一个光电倍增管、一个耦合器（通常是一个电容器）、一个前置放大器、一个脉冲整形电路 and 一个脉冲高度分析仪。已知的脉冲高度分析仪包括相互连接的一个脉冲探测器（或者是一个堆积探测器和一个堆积
25 处理电路）、一个模数转换器（ADC） and 一个存储器，其不同的信道对应于所探测脉冲的一个给定幅值；脉冲高度分析仪还可以包括设置在 ADC 上游的一个输入门，用于当 ADC 忙时，即当该 ADC 正在处理一个探测脉冲时，阻止其它脉冲进入 ADC。

如上所述，如果两个脉冲在同一积分间隔内到达，就会产生一个偏置的“加
30 和”脉冲（堆积脉冲）。这种堆积不仅导致能谱失真，而且使得无法探测到其中

任何一个脉冲。脉冲形状也会影响到堆积脉冲的探测。所以，利用一个脉冲整形装置来兼顾积分时间和计数率性能，该装置设置在脉冲数字化和脉冲在能谱（存储器）中累加之前。新型高速电子电路提供了高速率核谱探测性能。但是，这种系统对于脉冲形状的变化更加敏感，并且要求电子信号的形状在较大范围的工作状态下保持不变。能够影响脉冲形状的主要因素是电子元器件特性的改变和核传感器随时间和/或温度的变化。

有一种能谱分析方法就是在授予 Bronislaw Seeman 的美国专利 US-5067090 中介绍的数字积分技术。按照这种核谱分析技术，对于以其幅度作为粒子，如利用所说辐射探测器捕获的例如伽马射线等粒子能量的一种量度的脉冲的脉冲高度分析是通过以下步骤进行的：（1）以给定速率连续地（异步地）将所探测到的信号转换成数字采样信号；和（2）处理每个数字采样信号以形成每个所探测到的核事件的数字图象。该方法包括探测脉冲到达的步骤，即通过将每个输入采样信号与一个阈值比较，从而确定该采样信号是否表示一个脉冲。更具体地说，是计算出输入采样值和与核事件无关的基本信号之间的差值，并与所说阈值比较。记录任一探测到的脉冲的到达时间。此外，连续地测算基本信号值（基线），并且在每一采样时间到时予以更新，从而产生一个当前的基本信号值；可取的是，该更新值为输入采样值与以前的采样值的加权平均值。一旦探测到一个脉冲，就通过加和每个采样值（表示该脉冲）与当前的基本信号值之间的差值计算出所说脉冲的能量，所得加和值连续地累计在一个寄存器中。在能量计算过程中，将累计的加和值与一个预置值比较，在溢出的情况下重新设置所说寄存器。可取的是，对于每个脉冲，在所說的脉冲能量计算过程中，将恰好位于表示该脉冲的第一个采样值之前的那个采样值，以及恰好位于表示该脉冲的最后一个采样值之后的那个采样值都考虑在内。

Seeman 的专利还包括探测彼此之间在时间上接近的连续脉冲的堆积的步骤。这个探测步骤包括对表示所探测的核事件的采样值的数目计数和将该计数与一个预定的最大计数值比较的步骤。该采样步骤可以利用一个快速模数转换器（ADC）进行。

在 Seeman 专利中所述的数字积分技术，由于它实质上是计算脉冲下面的面积，所以对于脉冲形状是十分敏感的。通过改变电子元器件的温度或使用时间以及改变核探测器的脉冲响应特性可以影响到脉冲形状。大部分闪烁体探测器在高

于室温的高温下会输出快得多的脉冲。

稳定脉冲形状的一种可行的技术记载在授予 R.Adolph 和 B.A.Roscoe 的美国专利 US-5132540 中。这种方法通过按照给定的关系保持堆积脉冲数目和将这个数目与总计数比较来调整脉冲形状。这种方法具有在低计数率情况下比较慢和不可靠的缺点，其中脉冲堆积的总计数是非常小的。

其它核测量应用需要通过辨别从核探测器输出的脉冲形状来区分相互作用的种类。当前，大部分脉冲形状甄别工作依赖于复杂而通常并不稳定的模拟电路。不幸的是，这些技术的使用需要相当多的专业知识。因此，仍然需要有一种能够对不同长度的脉冲和堆积脉冲进行甄别的简单的方法。

10 本发明的一个目的是开发一种能够调整核谱学系统中脉冲形状的方法。

本发明的第二个目的是开发一种能够区分正常脉冲和堆积脉冲的方法。

本发明的再一个目的是提供一种能够高速率地和以高精度分析信号脉冲形状的方法。

本发明基于数字采样技术，该方法以恒定速率对核脉冲信号群进行采样。对于每个脉冲能够获得许多采样值的事实使得许多过去通常是利用复杂的模拟和数字电路进行的脉冲群分析操作，例如：（1）脉冲积分（确定脉冲下面的面积），（2）脉冲形状甄别，（3）剔除堆积脉冲和（4）确定信号到达时间（多标度分析），可以利用一种紧凑的数字装置来进行。本发明涉及数字脉冲群分析的前三个方面。

20 数字采样和积分技术是获取核谱学数据的一种新型方法。这技术的主要优点是具有非常高的速度和取消了核模数转换器（ADCs）中传统的采样和保持电路。图2表示了数字积分器的基本原理。按照给定的采样频率对从探测器输出的信号进行异步采样。如果一个脉冲超过了预定的数字阈值，就会触发脉冲探测逻辑电路。这种方法的一种可能的实施方式是将大于所说阈值的所有采样值与在该脉冲之前的第一个采样值和在该脉冲之后的第一个采样值相加。将大于阈值的采样值数目多于预置值（例如6）的脉冲剔除，并作为堆积脉冲计数。还根据在一个脉冲期间内所测得的采样值数目进行脉冲形状补偿（延长或缩短脉冲）。

剔除堆积脉冲是以类似于美国专利 US-5067090 中所述的一种原理为基础的，这种方法利用脉冲形状甄别来区分正常脉冲和堆积脉冲。按照这种方法，正常脉冲具有2-6个大于阈值的采样值。任何具有多于6个大于阈值的采样值的

脉冲都被认为是一个堆积脉冲。在本发明中,利用包含其它信息的算法扩展了上述方法。本发明的算法能够完成下述任务,例如:(1)使指示堆积产生的脉冲长度作为脉冲幅度的函数,(2)使堆积剔除阈值(超过阈值的采样值数目)与脉冲峰值建立联系,(3)利用从阈值到峰值的时间确定脉冲的存在,(4)以
5 预定的方式利用一种归纳方法,这种方法假定:对于一个给定脉冲,采样值与以前的采样值相关,和(5)利用上述任务的结合。本发明提供一种处理脉冲的改进方法和调整脉冲形状的直接方法。本发明还能够区分由中子和(不希望的)伽马射线产生的信号(脉冲形状甄别)或者能够实现在核谱学中需要区分不同脉冲形状
10 的其它任务。由探测器产生的中子和伽马射线信号的脉冲形状是彼此不同的。两种成分的幅值之间的比率依赖于闪烁体材料中粒子的电离密度。因此,按照一种数字方法,可以通过观察最大脉冲电压与后面一个时间点的电压的比率区别这些信号。

图1为本发明使用的密度记录仪的示意图。

图2表示一个采样脉冲。

15 图3a表示补偿不足的采样脉冲。

图3b表示具有正确和所需形状的采样脉冲。

图3c表示过补偿的采样脉冲。

图4为调整脉冲形状的算法的流程图。

图5表示低计数率(RR)情况下调整比值的一个实例,该调整比值是在脉
20 冲形状补偿恒定设置时计数率的函数。

图6表示指示堆积的脉冲长度,该脉冲长度是脉冲幅度的函数。

图7表示本发明使堆积剔除阈值与脉冲峰值建立关系。

图8表示本发明利用从阈值到峰值的时间确定脉冲存在。

图9a表示本发明中,对于一个给定脉冲形状,采样值与以前的采样值相关。

25 图9b为本发明的一个流程图,其中对于一个给定的脉冲形状,采样值与以前的采样值相关。

图10表示在脉冲形状甄别基础上剔除堆积的一种普通方法的流程图。

图11表示在利用液体闪烁体的中子谱仪中脉冲形状甄别的三种响应。

本发明提供一种对由一种仪器诸如图1所示的密度记录仪探测的信号进行脉
30 冲形状分析的快速方法。这种仪器包含一个伽马射线源10,一个近距离设置的伽

马射线探测器 ND，一个中距离设置的伽马射线探测器 MD 和一个远距离设置的伽马射线探测器 FD。这三个伽马射线探测器是衰减型的，在现有技术中这种伽马射线探测器都设置在距离伽马射线源足够远的位置（远大于伽马射线从射线源到探测器的平均自由路径长度，这个距离通常为 5 厘米）使得计数率随着构成和
5 与之相邻的覆盖材料的密度增加而降低。探测器 ND、MD、和 FD 分别位于距射线源 10 逐渐增大的距离处。射线源 10 可以是任何适合的伽马射线源例如铯 137。在探测器周围围绕着一层高密度屏蔽材料 11 例如钨。信号分析仪 NA、MA 和 FA 设置在探测器上面。每个分析仪分析来自相应探测器的信号。

参见图 2，以预定的采样频率在每个脉冲期间从信号 15 中异步地选取采样
10 值 16。由于信号是异步采样的，需要有探测核探测器中脉冲出现的步骤和确保该脉冲既不是由于电子部分或者探测器噪声产生，也不是由于在短时间间隔内产生的两个或多个脉冲的堆积而产生的步骤。如果采样信号大于一个预定（数字）阈值电平 17，并且有 2 个或多个连续的采样值保持在这个阈值之上，则认为存在一个脉冲。如果有 6 个以上的连续采样值保持大于阈值，则认为该脉冲是堆积脉
15 冲。

上述脉冲探测和甄别方法是针对具有固定形状的脉冲的。但是，脉冲形状并不总是固定的，所以在某些情况下需要调整脉冲波形。能够引起脉冲形状产生变化的两种原因是电子元器件随时间和温度的变化，更主要的是探测器特性的变化，例如 NaI 闪烁晶体发射具有一定时间延迟的光。在大约 21 °C（70°F）的室
20 温下该时间常数大约为 240Ns。随着温度的增加，这个时间常数变短。这种时间缩短导致产生更短的“过补偿”脉冲。图 3 表示各种形状的脉冲。在图 3a 中，由于脉冲补偿不足，该脉冲持续时间太长。在图 3b 中，脉冲经过补偿使得该脉冲具有如图 2 所示的所需形状。图 3c 表示一个过短的脉冲（过补偿的）。图 3a 和图 3c 中的脉冲形状必须予以调整以获得正确形状。通过调节脉冲整形放大器中的
25 脉冲整形滤波器可以实现这种修正。

根据脉冲长度进行脉冲形状补偿

脉冲形状可以根据脉冲长度进行补偿。对于给定的脉冲高度，在没有噪声的情况下，大于阈值的采样值数目总是恒定的。由于采样过程的异步特性存在少许偏差。但是，如果有噪声重叠在该脉冲上，脉冲长度的分布就会变得较长。这个
30 结果意味着即使对于固定形状的脉冲，也会存在具有不同测量长度的脉冲。但是，

对于给定的脉冲高度，大于阈值的平均采样值数目是脉冲长度的最佳量度。于是，可以将该平均脉冲长度用于一个调整回路中以保持脉冲形状固定。此外，有可能在一定的脉冲幅度范围内（而不是在一个幅度上）进行脉冲长度测量以增加高频脉动量和增加计数统计量。

- 5 图 4 表示这种脉冲长度补偿方法的流程图。在这个流程图中，是从探测信号 20 中得到光谱数据的。方框 21 对这个信号采样，并对采样的数目计数以确定大于预定阈值幅值的连续采样值的数目。确定五个采样脉冲的数目和六个采样脉冲的数目。方框 22 确定五个采样脉冲与六个采样脉冲的比值。在方框 23，所确定的比值与一个预先确定的调整比值进行比较。如果在步骤 24 判断出五个采样脉冲与六个采样脉冲的比值大于该调整比值，那么在步骤 25 应将这些脉冲拉长。如果在步骤 24 判断出五个采样脉冲与六个采样脉冲的比值不大于该调整比值，则在步骤 26 缩短这些脉冲。在将脉冲缩短或拉长之后，在步骤 27 清除缓存器，并利用所获取的数据重复该方法。

参见步骤 23，可以通过实验或通过理论计算和模拟确定调整比值（RR）。

- 15 在本发明中，调整比值不需要是一个常数，但是应当是总计数率的函数。这是由于随着计数率的增加，堆积脉冲的数目增加，进而导致未探测的堆积脉冲数目增加。

- 堆积脉冲是由在时间上没有完全分开，从而被探测为一个脉冲的两个独立脉冲重叠构成的。堆积脉冲平均来说长度大于正常脉冲。这意味着随着计数率的增加，六个采样长脉冲的数目也增大。对于固定的脉冲形状，这种现象使调整比值减小。于是固定脉冲形状的调整比值还成为计数率的函数（对光谱形状的依赖程度更小）。因此在一个采样的情况下，调整比值变为：

$$RR = RR_0 + c \cdot TCR$$

- 其中 TCR 为总计数率， RR_0 为低计数率的调整比值， c 是一个常数，RR 为采用计数率修正的调整比值。图 5 表示对于脉冲形状补偿的一个恒定设置比值 RR 作为计数率的函数的一个实例。在图 5 中，垂直轴为调整比值，水平轴为总采样计数率。用标号 28 和 29 表示的调整比值曲线是实际测量得出的。它表明在这种情况下，调整比值是计数率的线性函数。

脉冲形状甄别

- 30 核谱学中的某些应用需要根据在核探测器中产生的电信号的形状区分这些

信号。通常这是利用复杂的模拟电路完成的，这种电路需要进行大量的细微调节，并且易于发生漂移。数字脉冲采样的原理使得这种应用可以采用数字技术和数字处理。下面的一节内容给出脉冲形状甄别的一些例子，更概括地说是介绍甄别技术。

5 根据脉冲形状甄别剔除堆积脉冲

如上所述，在美国专利 US-5067090 中所述的数字积分器采用了一种脉冲形状甄别技术以区分正常脉冲和堆积脉冲。这种甄别技术的简单原理如下所述：

- 正常脉冲具有 2 - 6 个大于阈值的采样值
- 任何具有多于 6 个大于阈值的采样值的脉冲就是一个堆积脉冲。

10 这种已获成功的技术，可以扩展到那些要求根据比脉冲长度更复杂的判据进行形状甄别和不仅仅包含脉冲长度判据的应用中。

如图 6 所示的一种应用将表示堆积产生的脉冲长度作为脉冲幅值的函数。在这个实施例中，确定一个具体脉冲是否为堆积脉冲所需的采样数目依赖于脉冲 29a 的幅值 29。如图所示，脉冲 30 具有幅值 10，脉冲 31 具有幅值 6。脉冲 15 30 可以具有用于判断脉冲堆积的六个采样限值，脉冲 31 可以具有用于判断脉冲堆积的四个采样限值。这反映出这样的事实，即具有较小幅值的脉冲具有较少的大于一个预定阈值的采样值。在实施这个实施例之前，首先确定一组预定幅值和相应的采样限值。在上述过程中存取这组幅值和相应的采样限值。在将阈值设置为一个相当高的值以便能够不受噪声的影响进行甄别的情况下，这是十分重要的。 20 的。

图 7 表示将堆积脉冲剔除阈值与脉冲峰值建立联系的技术的应用结果。在这个实施例中，检测脉冲采样值的阈值电平正比于该脉冲幅值。在这一应用中首先利用一个预定的阈值检测该脉冲。但是，当确定该脉冲幅值后，又将该阈值设置为所检测幅值的一部分。这样确保了对于较小幅值的脉冲能够剔除适合的堆积脉 25 冲。在图 7 中，阈值 34 适合于脉冲幅值 36。对于具有该幅值一半的脉冲，阈值应当减小到一个较低的电平值 35。这个较低的电平值 35 必须有所限制以避免由于噪声影响造成错误剔除。这要求将脉冲检测（阈值与之相交）之前的几个采样值存储起来，从而可以利用新的阈值重新分析该脉冲群。

在本发明的另一实施例中，利用从阈值到峰值的时间确定单个脉冲的存在。 30 脉冲堆积常常使到达脉冲峰值的时间较长。于是还可以根据脉冲检测获得的到达

峰值时间过长的结果执行堆积脉冲剔除。图 8 表示两个脉冲，一个具有正确的形状 38，另一个 37 具有不正确的脉冲形状。到达峰值的时间可以用不同的方法测量：

1、可以确定具有最大幅值的采样值的量级。这是一种非常粗略的到达峰值
5 时间测量方法，

2、可以确定峰值的矩心：

矩心 = (求和 ($H_i i$)) / n

其中 i 为大于阈值的采样值的数目。 H 为该采样值的高度， n 是大于阈值的
采样值的总数目。按照一种不同的方法，在阈值计算中可以包括在阈值之前和之
10 后的预定数目的采样值。那些矩心处于预定范围中的脉冲被接受，并且将它们的
面积和/或它们的到达峰值时间存储在不同的直方图中。剔除其它脉冲并将它们的
面积和/或到达峰值的时间存储在各直方图中可以利用平均的到达峰值时间调整
脉冲形状。

图 9a 和图 9b 表示一种更通用脉冲形状甄别方法。按照这种方法，将一个脉
15 冲的采样值与由前面的采样值预测的值连续比较。在该实施例中检测大于阈值的
第一个采样值。然后预测第二个采样值的允许值的范围。将第二个采样值与该预
测值比较。如果该采样值不在预测范围内，就对其作上标记（堆积）。重复这一
过程直到一个采样值低于该阈值。如果任何一个采样值都在预测范围以外，则将
该脉冲标记为一个堆积脉冲。根据脉冲的类型，使“正常”或“堆积”直方图累
20 计增加。在某些应用中只对堆积脉冲计数，而不将它们存储在直方图中就足够了。

图 10 表示了用于脉冲形状甄别的一种更复杂的方法。按照这种方法根据许
多条件区分脉冲，并进行分类。这使得在核粒子探测器中能区分不同事件的不同
脉冲形状。

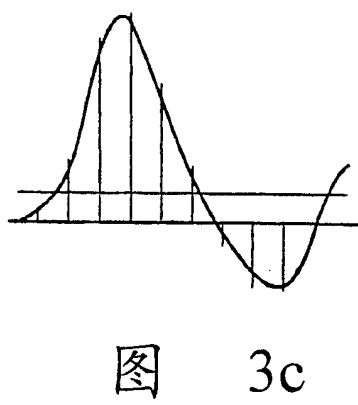
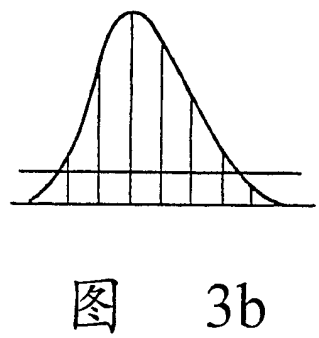
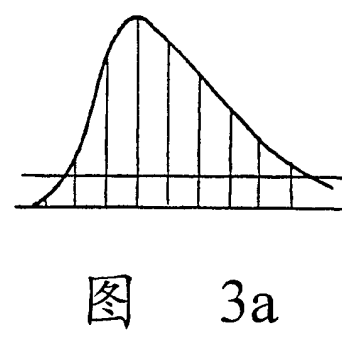
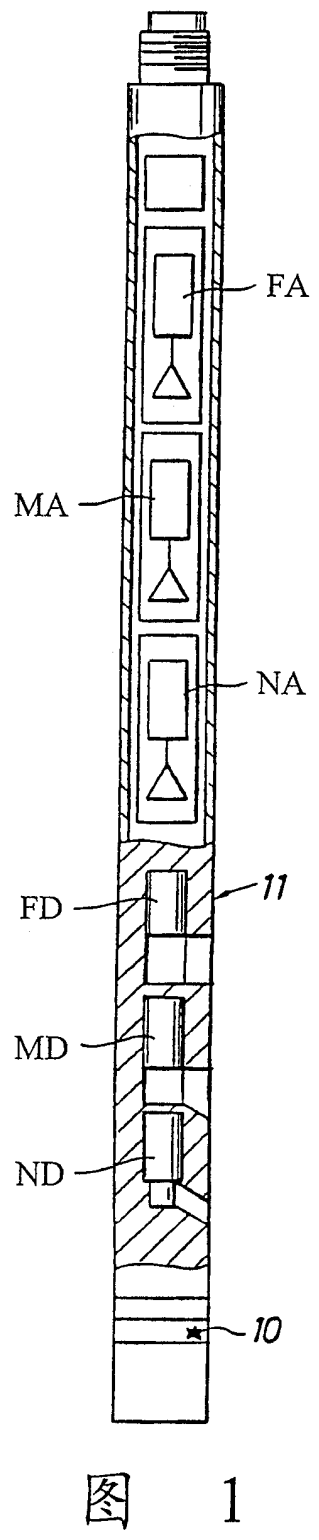
在另一个不同的实施例中将获得脉冲形状与一种预定形状进行比较。这
25 可以在比较两个脉冲之前将它们的面积进行归一化处理而实现。如果平均偏差、
均方差或其它适合的量度处于预定的限值内，则认为这些脉冲是一致的。通过构
成预定脉冲形状与被检测形状之间的相互关联可以进行更加复杂的分析。利用一
组脉冲形状能够区别许多脉冲形状从而剔除堆积脉冲和/或进行脉冲形状甄别。

甄别脉冲形状以区别核信号

30 在利用液体闪烁体进行中子探测时，常常需要区分由中子产生的信号和由伽

马射线产生的不希望有的信号。由探测器产生的这些信号在脉冲形状上是彼此不同的。图 11 示意性表示了对 α 粒子 46、快中子(质子) 47 和伽马射线 48 的三种测量结果。垂直轴表示光发射强度, 水平轴表示时间。所有三种脉冲都由至少两种成分组成。两种成分幅度之间的比值依赖于这些粒子在闪烁体材料中的电离密度。所以, 按照一种数字方法, 可以通过观察最大的脉冲电压与在一个较晚时间点(例如 300ns 之后) 的电压之间的比值来区分这些信号。与此同时, 在不影响甄别中子和伽马射线或 α 粒子的前提下可以对该脉冲进行适合的积分, 即汇集闪烁体发出的大部分光。

尽管针对一种具体的探测器描述了本发明的装置和方法, 但是本发明的原理可以应用于许多其它的记录仪器, 例如中子密度仪、碳/氧检测仪以及许多其它非核探测器。本发明的装置和方法与现有技术相比具有明显的优点。前面已经结合优选实施例介绍了本发明。但是, 本发明并不局限于此。在不脱离本发明的发明构思的前提下可以对本发明的基本设计进行改变、改进和改善。此外, 对于本领域技术人员来说在得益于上述的教导之后显然可以作出这些改变、改进和改善。所有这些改变、改进和改善都在本发明的范围之内, 本发明的范围由所附的权利要求书 限定。



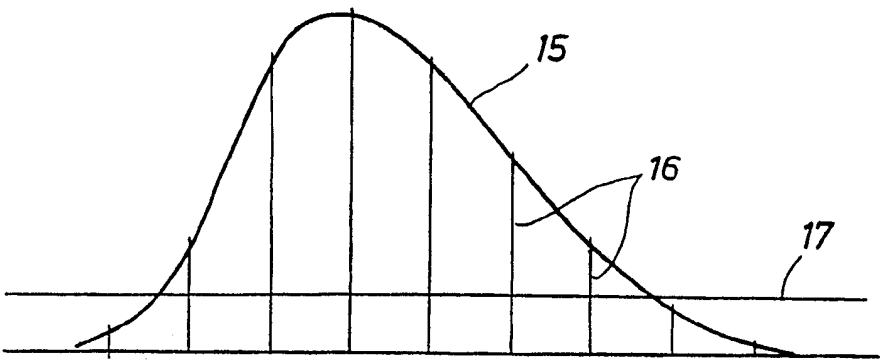


图 2

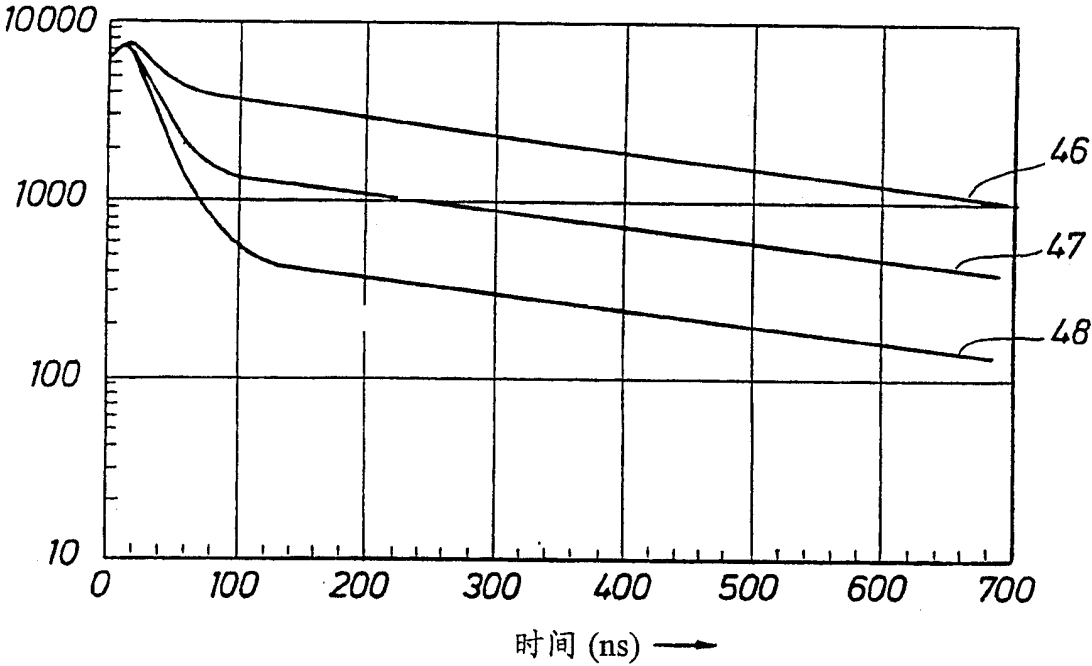


图 11

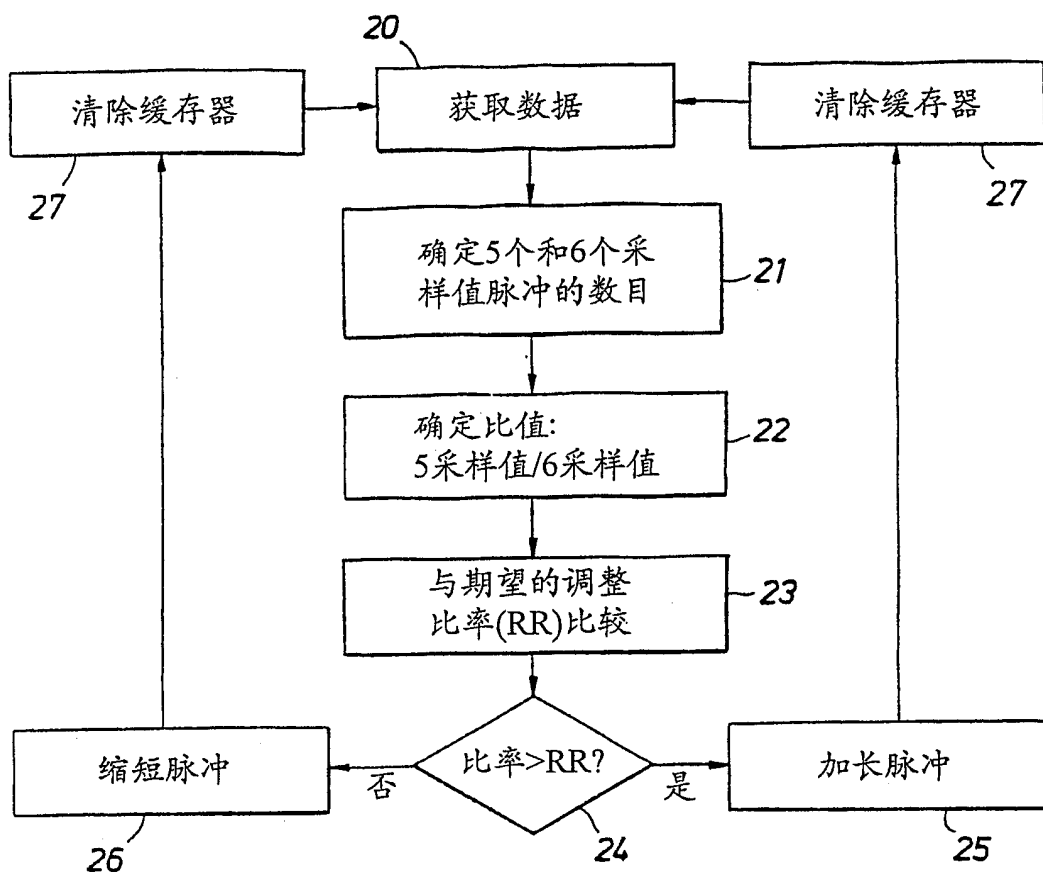


图 4

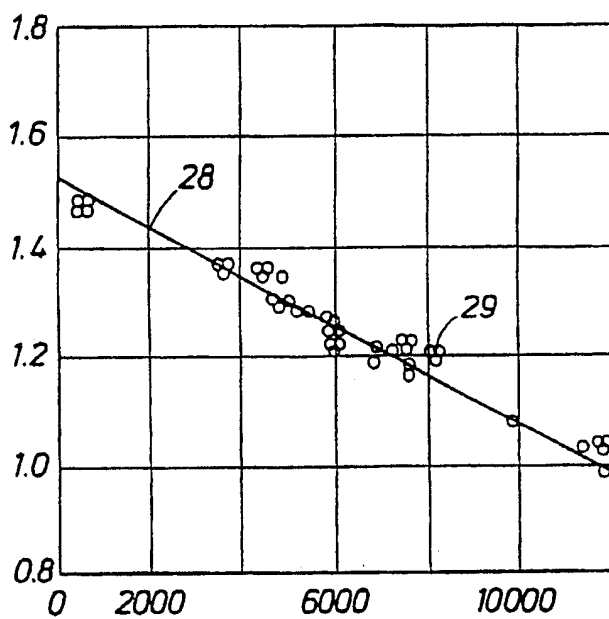


图 5

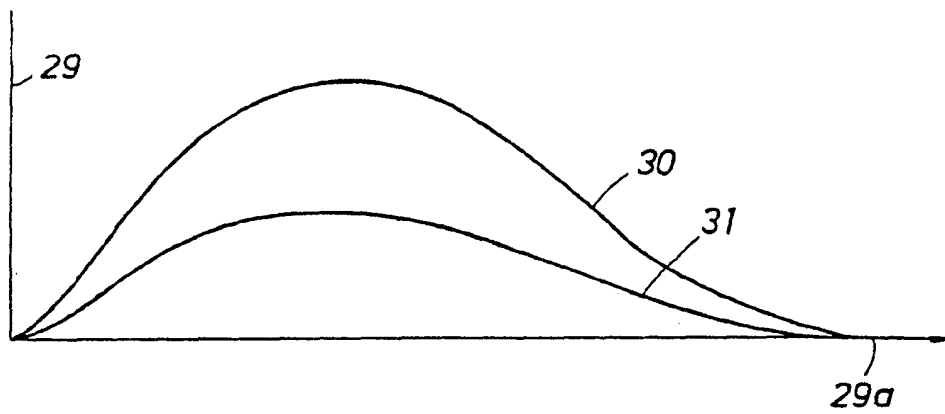


图 6

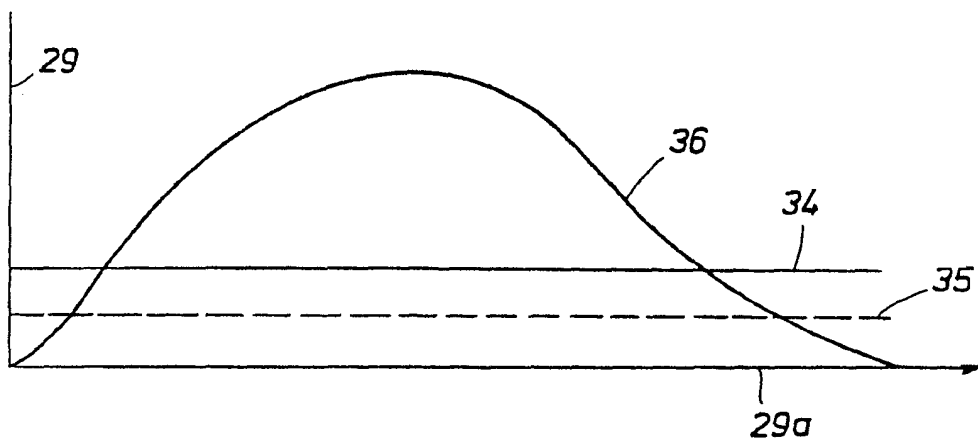


图 7

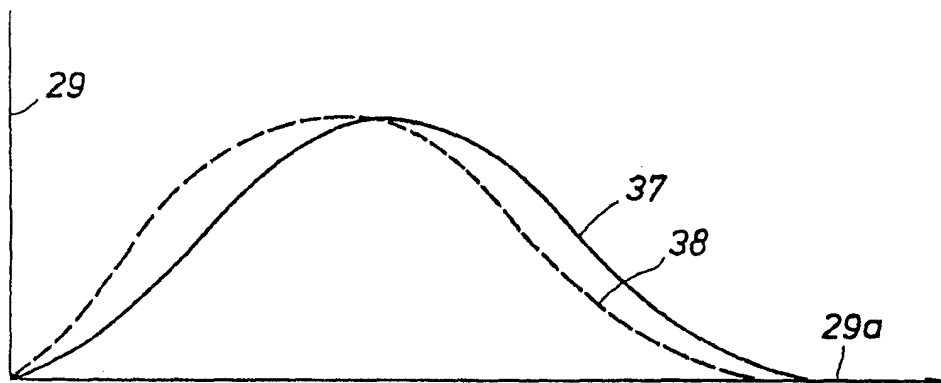


图 8

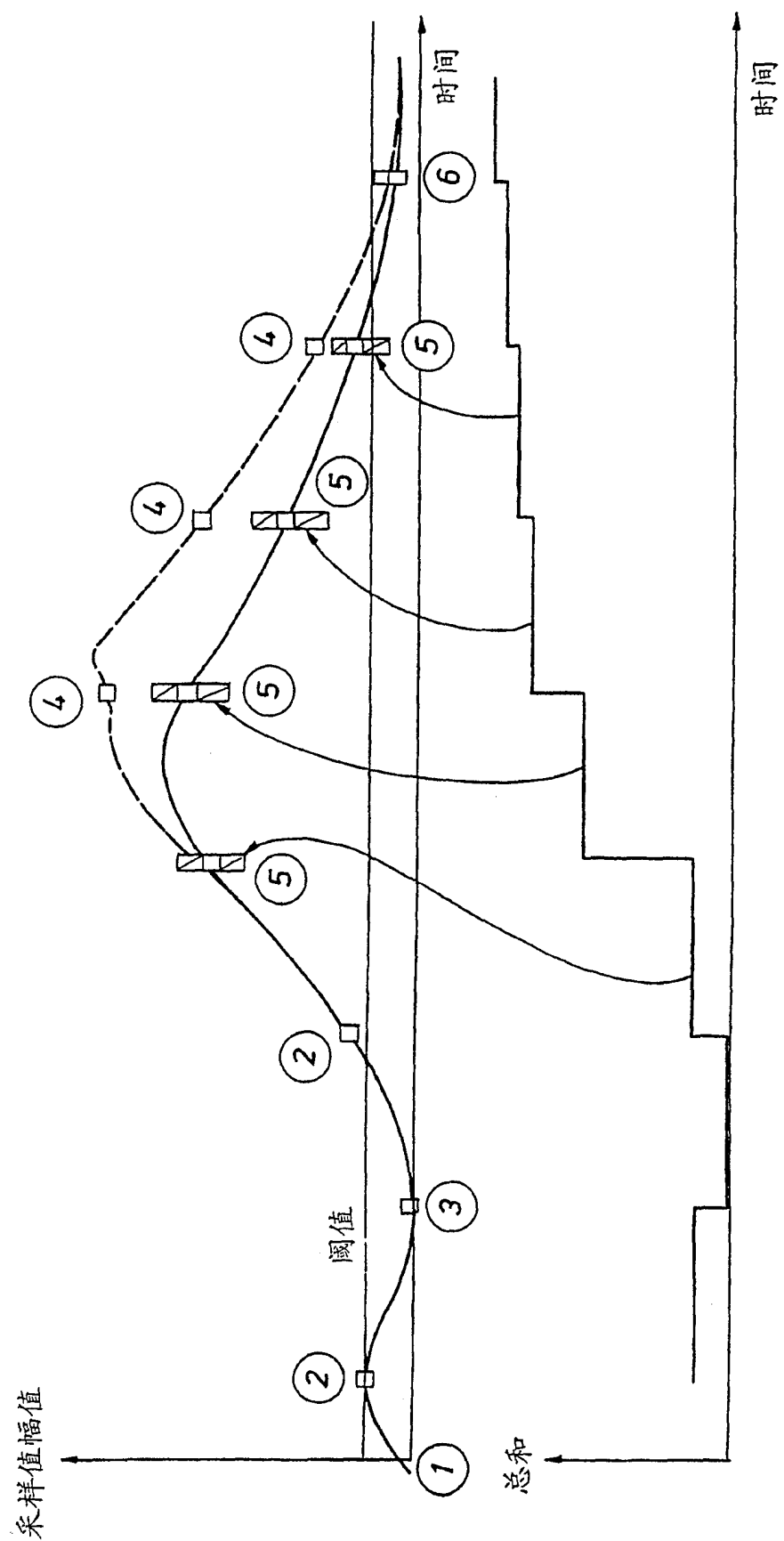


图 9a

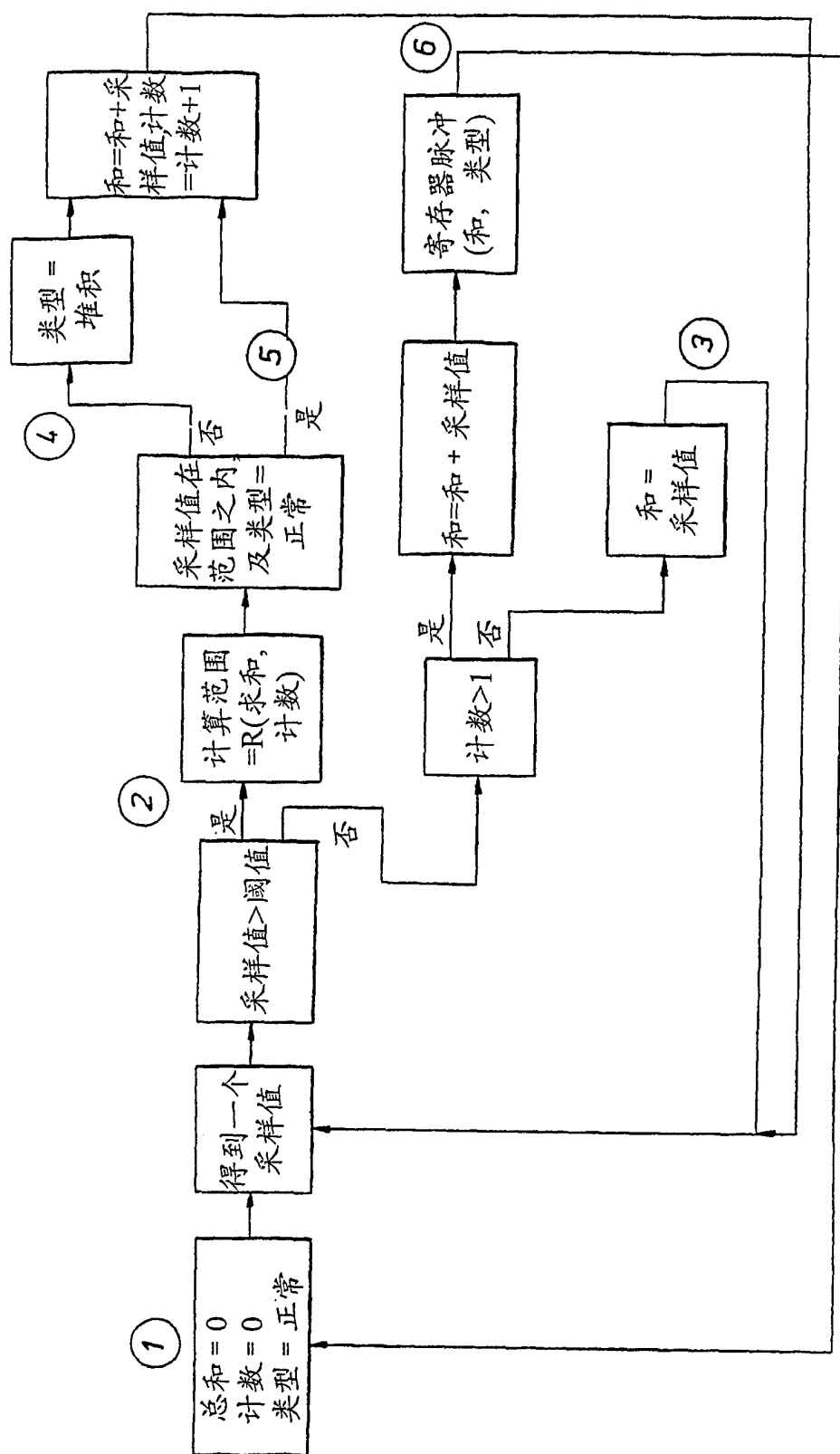


图 9b

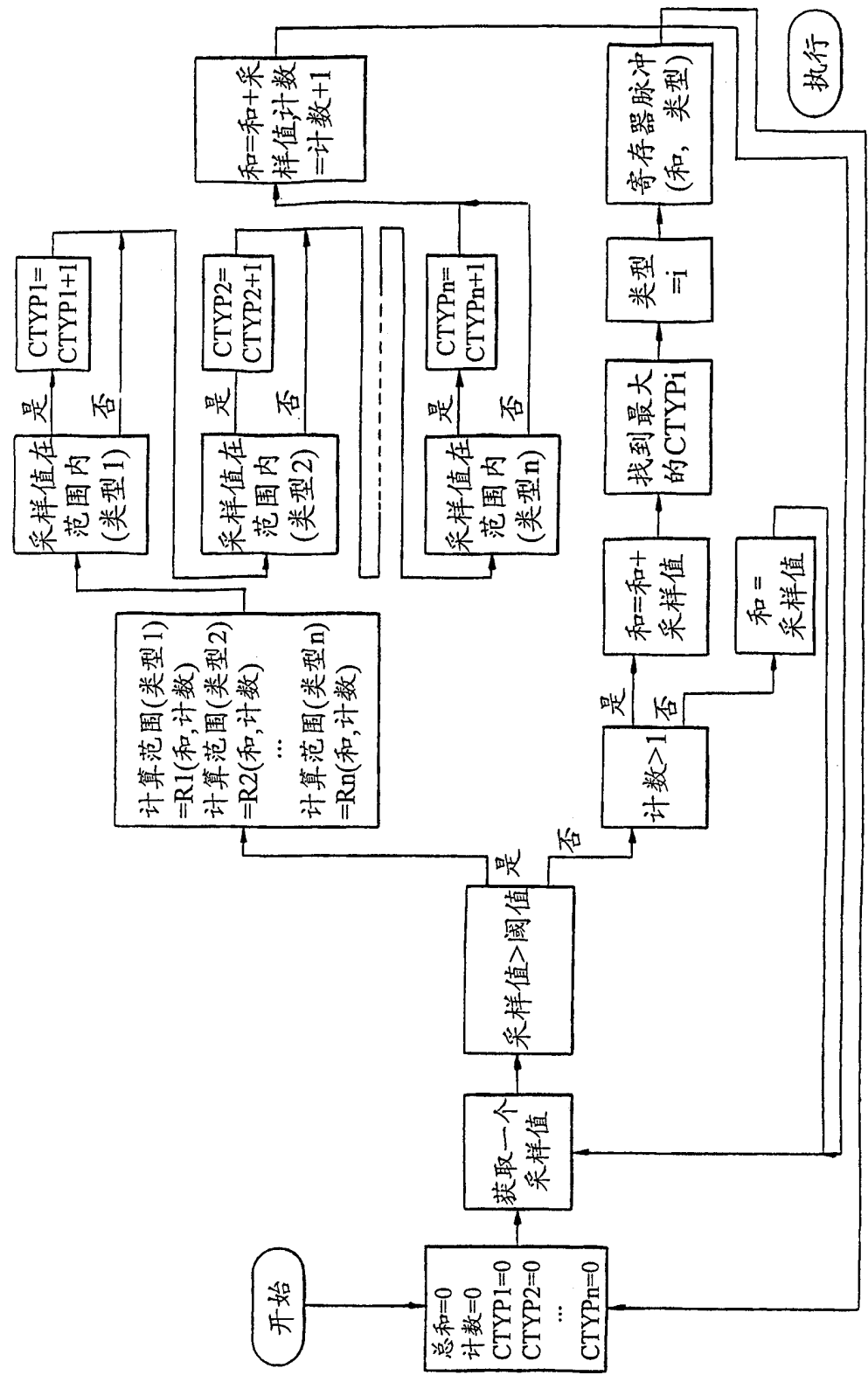


图 10